

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA
GESTIONALE**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE,
NUCLEARI, AERONAUTICHE E DI METTALLURGIA*

TESI DI LAUREA

in

SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO

**ANALISI ENERGETICA ED ECONOMICA DEGLI EDIFICI IN
FUNZIONE DELLA DIRETTIVA EUROPEA 2009/28/CE SULLE
FONTI RINNOVABILI: DISAMINA DEL RECEPIMENTO DELLA
REGIONE EMILIA-ROMAGNA CON LA DGR 1366/2011.**

CANDIDATO

MARCO CHIARINI

RELATORE:

Chiar.mo Prof.

EMILIO FERRARI

Anno Accademico 2010/11
Sessione III

*Il primo passo di ogni grande sapere
è il sapere di non sapere.*
(Tiziano Terzani)

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	7
2	QUADRO NORMATIVO.....	9
2.1	DIRETTIVA 2009/28/CE	9
2.2	PIANO NAZIONALE DI AZIONE	11
2.2.1	STRATEGIA	13
2.2.2	CONSUMI FINALI DI ENERGIA	14
2.2.3	OBIETTIVI PER LE ENERGIE RINNOVABILI.....	15
2.2.4	MISURE DI SOSTEGNO PER IL CONSEGUIMENTO DEGLI OBIETTIVI.....	21
2.3	REGIMI DI INCENTIVAZIONE DELLE ENERGIE RINNOVABILI	22
2.3.1	QUARTO CONTO ENERGIA	22
2.3.2	CLASSI E TIPOLOGIE DI IMPIANTO	24
2.3.3	PREMI - MAGGIORAZIONE DEGLI INCENTIVI	25
2.3.4	TIPOLOGIE DI CONNESSIONE ALLA RETE.....	25
2.3.5	TARIFFE INCENTIVANTI DEL QUARTO CONTO ENERGIA	26
2.4	DELIBERA REGIONALE 1366/2011	31
3	ENERGIE RINNOVABILI	37
3.1	BIOMASSE.....	37
3.2	EOLICO	40
3.3	SOLARE.....	42
3.3.1	SOLARE TERMICO	43
3.3.2	FOTOVOLTAICO.....	46
3.4	ENERGIA AEROTERMICA, IDROTERMICA, GEOTERMICA	51
3.4.1	LA POMPA DI CALORE	51
3.4.2	EFFICIENZA DELLA POMPA DI CALORE	53
4	CALCOLI ENERGETICI.....	55
4.1	CALCOLO DEL CONSUMO ENERGETICO DELL'EDIFICIO ..	55

4.2	COPERTURA DEL CONSUMO ENERGETICO DA FONTI RINNOVABILI	56
4.2.1	POMPA DI CALORE	57
4.2.2	SOLARE FOTOVOLTAICO	58
4.2.3	SOLARE TERMICO	59
5	APPLICAZIONE DEI CALCOLI A CASI REALI	61
5.1	VILLETTA MONOFAMILIARE	61
5.1.1	PROGETTO	61
5.1.2	CALCOLO DEI CONSUMI ENERGETICI	63
5.1.3	CALCOLO DELLA COPERTURA DEL CONSUMO CON FONTI RINNOVABILI	72
5.1.4	CONFRONTO ECONOMICO	96
5.1.5	EMISSIONE DI ANIDRIDE CARBONICA	107
5.2	ASILO NIDO INTERAZIENDALE	109
5.2.1	CALCOLI ENERGETICI	111
5.2.2	CALCOLO DELLA COPERTURA DEL CONSUMO CON FONTI RINNOVABILI	116
5.2.3	CONFRONTO ECONOMICO	121
5.2.4	EMISSIONE DI ANIDRIDE CARBONICA	127
6	CONCLUSIONE	129
6.1	VILLETTA MONOFAMILIARE	129
6.2	ASILO NIDO INTERAZIENDALE	130
	BIBLIOGRAFIA	132
	SITI INTERNET	132

1 INTRODUZIONE

Inutile ricordare, anche in questa sede quale sia stato l'interesse internazionale nei confronti della cosiddetta questione ambientale a partire già dagli anni '70; tale interesse è stato attivato in particolare da due fattori: il primo di tipo sociale, legato al rispetto dell'ambiente e al mantenimento di un certo standard qualitativo di vita; il secondo legato principalmente all'aspetto economico. L'energia gioca, infatti, un ruolo fondamentale nel mercato mondiale ed è un settore strategico non solo per aziende private ma anche per i Paesi stessi.

L'Unione Europea è stata la prima e principale istituzione ad occuparsi di energia in termini di impatto ambientale; negli ultimi anni ha emanato diverse direttive con lo scopo di diminuire l'impatto ambientale dei settori maggiormente inquinanti ovvero i processi industriali, il settore trasporti ed il settore del riscaldamento/raffrescamento degli edifici. Queste direttive favoriscono sia il risparmio energetico, sia l'utilizzo di fonti rinnovabili con lo scopo di diminuire l'impatto ambientale ma anche di rendere maggiormente indipendente gli stati europei dagli stati ricchi di riserve di combustibili fossili, dai quali viene acquistata la maggior parte dell'energia, con un conseguente svantaggio economico. In questa sede si analizzerà in particolare la direttiva 2009/28/CE sull'utilizzo delle fonti rinnovabili in ambito civile, relativamente al riscaldamento/raffrescamento degli edifici e al riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

Questa tesi si propone di verificare l'effetto di tale direttiva, recepita dal Governo Italiano attraverso il D.Lgs 28/2011, sulla progettazione di nuovi edifici, i relativi impianti di riscaldamento/raffrescamento e l'installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, quali impianti fotovoltaici, impianti solari termici e lo sfruttamento dell'energia aerotermica, così come quella idrotermica o geotermica fornita dalle pompa di calore. In sostanza verrà effettuato un bilancio economico degli investimenti iniziali, delle spese future e dei guadagni dovuti all'incentivazione nazionale della produzione di energia da fonti rinnovabili, di due edifici diversi, un'abitazione civile ed un asilo nido. Per quanto

riguarda l'abitazione verranno confrontati i bilanci economici di quattro diverse classi energetiche, dalla classe energetica C alla classe energetica A+. Per ciò che riguarda invece l'asilo verranno confrontati i bilanci di tre soluzioni impiantistiche differenti. Tutte queste soluzioni strutturali o impiantistiche avranno in comune il soddisfacimento degli obblighi previsti dalla delibera regionale Emilia Romagna n. 1366 del 2011, che recepisce il corrispettivo D.Lgs 28/2011, in particolare l'obbligo dell'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili a copertura del 50% del consumo energetico previsto per il riscaldamento, il raffrescamento ed il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

Un altro obiettivo di questa tesi è quello di verificare quale delle soluzioni strutturali o impiantistiche presenta la minor emissione di anidride carbonica nell'ambiente, ovvero il principale obiettivo delle direttive finora citate.

Si verificherà quindi se il sistema di norme, direttive e incentivi favoriscono o meno soluzioni costruttive tali da ridurre al massimo le emissioni di gas serra in generale.

Prima di effettuare queste verifiche, verrà descritto il quadro normativo che ci riguarda, relativo quindi alle Direttive europee, ai Decreti Legislativi del Governo Italiano, e alle Delibere Regionali della Regione Emilia-Romagna. In seguito verranno analizzate anche le tipologie di fonti energetiche rinnovabili, con particolare attenzione a quelle più utilizzate nel settore del riscaldamento degli edifici, come gli impianti solari in genere e le pompe di calore attraverso le energie aerotermiche, idrotermiche e geotermiche.

2 QUADRO NORMATIVO

L'Unione Europea tramite la direttiva 2009/28 promuove l'utilizzo e lo sviluppo delle fonti rinnovabili imponendo agli Stati membri un limite minimo di produzione energetica da fonti rinnovabili entro il 2020. Come sarà dettagliato in seguito, ogni Stato membro avrà una propria percentuale di produzione minima di energia da fonti rinnovabili in funzione del consumo energetico del Paese per riscaldamento/raffrescamento residenziale, consumi industriali e consumi nei trasporti.

Tale normativa ha imposto all'Italia di legiferare in tali termini per ottenere un trend di aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili che portasse a superare il limite minimo imposto all'Italia. Il nostro paese ha così sviluppato una serie di normative sulle fonti rinnovabili e sul risparmio energetico tali da poter conseguire questo obiettivo. In particolare il Decreto Legislativo 28/2011 sulle fonti rinnovabili e che recepisce l'omologo europeo.

Dato che in Italia, per quanto riguarda la normativa energetica in ambito edilizio, le Regioni possono legiferare, in termini più restrittivi, liberamente, valuteremo come la regione Emilia-Romagna si sia espressa in tali termini. La regione Emilia-Romagna infatti, attraverso la direttiva 1366 del 2011, impone dei limiti sul risparmio energetico in ambito edilizio ed impone anche un limite minimo di utilizzo di fonti rinnovabili, a copertura dei fabbisogni di energia, pari al 50% a partire dal 2015. In seguito vengono descritte in ordine: la direttiva europea, il Piano di Azione Nazionale posto in atto dall'Italia ed infine la normativa regionale dell'Emilia-Romagna.

2.1 DIRETTIVA 2009/28/CE

La nuova direttiva sulle energia da fonti rinnovabili, che fa parte del pacchetto energia-clima, sorge nel quadro della lotta al cambiamento climatico, ma senza dimenticare il fondamento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico. Infatti, il 23 gennaio 2008, la

Commissione Barroso ha proposto una direttiva che costringeva gli Stati membri a raggiungere complessivamente una quota del 20% di energia da fonti rinnovabile nel bilancio di energia finale. Nel dicembre 2008, in tempo record, il Consiglio dei ministri e il Parlamento europeo raggiunsero un accordo. Il 5 giugno 2009 fu pubblicata nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea la direttiva 2009/28 sulla promozione dell'uso delle energie da fonti rinnovabili. Se quello che è più noto nei riguardi di questa direttiva è l'obbligo di raggiungere il 20% entro il 2020 forse quello che veramente farà leva sulla produzione di energia da fonti rinnovabili sarà l'obbligo per ogni Stato membro di adottare un piano di azione nazionale per l'energia da fonti rinnovabili. I piani di azione nazionale, in linea con il principio di sussidiarietà, fissano gli obiettivi nazionali per gli Stati membri per la quota di energia da fonti rinnovabili consumate nel settore dei trasporti, dell'elettricità, del riscaldamento e del raffrescamento entro il 2020. In questo modo gli Stati membri sono costretti a riflettere sui sotto settori, già citati, permettendo loro di identificare le aree e le varie energie più idonee per raggiungere in un modo economico il proprio obiettivo nazionale. Se l'obiettivo globale dell'Unione europea è di raggiungere una quota del 20% di energia da fonti rinnovabili, la Commissione ha sviluppato una metodologia che mirava a fissare per ogni singolo Stato membro un proprio obiettivo. La situazione di partenza, le possibilità di sviluppo dell'energia da fonti rinnovabili ed il mix energetico variano da uno Stato membro all'altro, occorre pertanto procedere ad un'allocazione giusta ed adeguata che tenesse conto della diversa situazione di partenza e delle possibilità degli Stati membri, come anche il livello attuale dell'energie da fonti rinnovabili. La Commissione ha anche tenuto conto della situazione economica di ogni Stato membro ponderando l'obiettivo secondo il PIL. Con questa metodologia l'Italia si è vista attribuire una quota del 17%. Le quote variano da un minimo del 10% per Malta ad un massimo del 49% per la Svezia. Per evitare che il raggiungimento degli obiettivi sia rimandato al 2020 la direttiva ha previsto una traiettoria "indicativa" con dei punti di verifica nel 2012, 2014, 2016, 2018.

Come previsto dall'art. 4 della direttiva 2009/28/CE e sulla base dell'allegato VI di questa direttiva, la Commissione il 30 Giugno 2009 ha

adottato un modello per i piani d'azione nazionali. L'obiettivo di questo modello è di guidare ed aiutare gli Stati membri nell'elaborazione dei propri piani nazionali, assicurare la completezza di questi piani, permettere di paragonare i vari piani tra loro e consentire alla Commissione di valutare la messa in opera del piano. Gli Stati membri dovranno conformarsi al modello nella presentazione dei propri piani d'azione. Tale modello è costituito di 29 pagine, 13 tabelle ed innumerevoli requisiti. Il modello, molto dettagliato, costringe gli Stati membri ad essere meticolosi nel definire gli obiettivi, dal 2010 al 2020, per ogni anno ed ogni sotto settore. Allo stesso tempo, gli Stati membri dovranno fornire informazioni dettagliate sui regimi di sostegno, le procedure amministrative nonché informazioni e formazione di supporto al raggiungimento degli obiettivi. La direttiva, oltre a prevedere l'obbligo di raggiungere complessivamente il 20% di energia da fonti rinnovabile nel bilancio finale, prevede per ogni Stato membro un obbligo vincolante affinché raggiunga entro il 2020 una quota del 10% del consumo finale di energia da fonti rinnovabili nel settore dei trasporti.

2.2 PIANO NAZIONALE DI AZIONE

La direttiva 2009/28/CE stabilisce un quadro comune per la promozione dell'energia da fonti rinnovabili e fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e per la quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti. Secondo quanto previsto all'art. 4 della direttiva, ogni Stato membro adotta un piano di azione nazionale per le energie rinnovabili. I piani di azione nazionali per le energie rinnovabili fissano gli obiettivi nazionali degli Stati membri per la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel settore dei trasporti, dell'elettricità e del riscaldamento e raffreddamento nel 2020, tenendo conto degli effetti di altre misure politiche relative all'efficienza energetica sul consumo finale di energia, e delle misure appropriate da adottare per raggiungere detti obiettivi nazionali generali, inerenti:

- a) la cooperazione tra autorità locali, regionali e nazionali;
- b) i trasferimenti statistici o i progetti comuni pianificati;

- c) le politiche nazionali per lo sviluppo delle risorse della biomassa esistenti e per lo sfruttamento di nuove risorse della biomassa per usi diversi;
- d) le procedure amministrative e le specifiche tecniche;
- e) l'informazione e la formazione;
- f) le garanzie di origine;
- g) l'accesso e il funzionamento delle reti;
- h) la sostenibilità di biocarburanti e bioliquidi.

Nel corso degli anni, tale Piano, laddove lo Stato non rispetti le traiettorie indicative e i target intermedi definiti per il raggiungimento degli obiettivi, dovrà essere aggiornato prevedendo opportune misure correttive che pongano in evidenza le ragioni dell'eventuale scostamento ed i criteri per l'assorbimento del medesimo. Per agevolare la predisposizione dei Piani di Azione nazionali la Commissione Europea ha redatto un format all'interno del quale sono stati individuati i requisiti minimi da inserire nei piani; il format è stato approvato con decisione 2009/548/CE.

Con la legge comunitaria 2009 il Parlamento ha conferito delega al Governo per il recepimento della direttiva 2009/28/CE, fissando specifici criteri per l'esercizio della delega. Tali criteri prevedono, tra l'altro, che sia garantito il conseguimento degli obiettivi mediante la promozione congiunta di efficienza energetica e un utilizzo equilibrato delle fonti rinnovabili per la produzione e il consumo di energia elettrica, calore e biocarburanti. Inoltre, bisognerà favorire le cooperazioni internazionali, la semplificazione amministrativa, lo sviluppo delle reti, il sistema di monitoraggio e la cooperazione tra autorità locali, regionali e nazionali. Gli stessi criteri, comunque, indicano l'esigenza di perseguire gli obiettivi tenendo conto, come peraltro deve essere usuale nell'ordinaria attività amministrativa, del rapporto costi-benefici relativo al singolo strumento o misura introdotti. In coerenza con le indicazioni del Parlamento, il Piano delinea una strategia e le relative misure di attuazione, aggiuntive e in alcuni casi correttive di quelle esistenti.

2.2.1 STRATEGIA

Questo paragrafo sintetizza la strategia del Governo italiano nello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili e ne descrive le principali linee di azione. Gli strumenti per l'attuazione delle linee d'azione sono descritti nel dettaglio nei paragrafi successivi. Il Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili si inserisce in un quadro più ampio di sviluppo di una strategia energetica nazionale ambientalmente sostenibile e risponde ad una molteplicità di obiettivi che saranno meglio delineati nel documento programmatico (Strategia Energetica Nazionale). Tra questi, tenuto conto delle specificità nazionali, assumono particolare rilievo:

- 1) la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, data l'elevata dipendenza dalle importazioni di fonti di energia;
- 2) la riduzione delle emissioni di gas climalteranti, data la necessità di portare l'economia italiana su una traiettoria strutturale di riduzione delle emissioni e di rispondere degli impegni assunti in tal senso dal Governo a livello europeo ed internazionale;
- 3) il miglioramento della competitività dell'industria manifatturiera nazionale attraverso il sostegno alla domanda di tecnologie rinnovabili e lo sviluppo di politiche di innovazione tecnologica.

Il documento disegna le principali linee d'azione per le fonti rinnovabili, in un approccio organico per il perseguimento degli obiettivi strategici. Le linee d'azione si articolano su due piani: la governance istituzionale e le politiche settoriali. La governance istituzionale comprende principalmente:

- a) il coordinamento tra la politica energetica e le altre politiche, tra cui la politica industriale, la politica ambientale e quella della ricerca per l'innovazione tecnologica;
- b) la condivisione degli obiettivi con le Regioni, in modo da favorire l'armonizzazione dei vari livelli di programmazione pubblica, delle legislazioni di settore e delle attività di autorizzazione degli impianti e delle infrastrutture, con la definizione di un *burden sharing* regionale che possa responsabilizzare tutte le istituzioni coinvolte nel raggiungimento degli obiettivi.

Con riferimento invece al livello di politica settoriale, le linee d'azione sono delineate sulla base del peso di ciascuna area d'intervento sul consumo energetico lordo complessivo.

Per quanto riguarda i consumi per riscaldamento/raffrescamento, pur rappresentando una porzione molto rilevante dei consumi finali nazionali, sono caratterizzati da un basso utilizzo di rinnovabili per la loro copertura. Lo sviluppo delle fonti rinnovabili a copertura di questi consumi rappresenta dunque una linea d'azione di primaria importanza, da perseguire con azioni di sviluppo sia delle infrastrutture che dell'utilizzo diffuso delle rinnovabili. Tra le prime rientrano lo sviluppo di reti di teleriscaldamento, la diffusione di cogenerazione con maggiore controllo dell'uso del calore, l'immissione di biogas nella rete di distribuzione di rete gas naturale. Riguardo alle seconde, sono necessarie misure aggiuntive per promuovere l'utilizzo diffuso delle fonti rinnovabili a copertura dei fabbisogni di calore, in particolare nel settore degli edifici, che peraltro possono essere funzionali anche al miglioramento dell'efficienza energetica. Consumi di carburante nel settore dei trasporti. Il consumo di carburante nel settore dei trasporti rappresenta la seconda grandezza nel consumo finale di energia. La capacità produttiva nazionale di biocarburanti, attualmente stimata in circa 2,0 milioni di ton/anno, è in principio adeguata al rispetto dell'obiettivo, ma oltre al ricorso a importazione di materia prima è assai probabile anche l'importazione di una quota di biocarburanti. L'apporto di biocarburanti nei consumi non è tuttavia la sola voce considerata per il miglioramento delle prestazioni energetiche ed ambientali del settore dei trasporti in Italia, e si è dunque considerato anche un più marcato ricorso all'elettricità. Questa linea d'azione deve quindi coordinare diversi tipi di intervento, volti anche al miglioramento dell'efficienza energetica nei trasporti e allo sviluppo del trasporto elettrico, secondo lo scenario di evoluzione considerato nel modello generale.

2.2.2 CONSUMI FINALI DI ENERGIA

Il consumo finale lordo di energia per l'Italia nel 2005 è stato pari a 141,2 Mtep. Secondo lo scenario tendenziale Baseline dello studio Primes 2007, preso a riferimento dalla Commissione Europea, nel 2020 il consumo finale

loro di energia dell'Italia potrebbe raggiungere il valore di 166,5 Mtep. Tale studio prende in considerazione tutte e sole le misure di contenimento dei consumi attuate o programmate al momento della sua elaborazione. Nel 2008 il consumo finale lordo di energia dell'Italia è stato pari a 131,6 Mtep. L'aggiornamento 2009 tiene conto dell'effetto della crisi economica e delle misure di contenimento dei consumi programmate all'atto della sua pubblicazione, stima per l'Italia al 2020 un consumo finale lordo di 145,6 Mtep. Al fine di formulare l'ipotesi di consumo finale lordo al 2020, si è supposto uno sforzo supplementare sull'efficienza energetica, in coerenza con quanto previsto dalla Legge 99/2009. Attuando tale sforzo supplementare, i consumi finali lordi del nostro Paese nel 2020 potrebbero essere contenuti a un valore pari a 131,2 Mtep, compatibile con l'obiettivo di riduzione del 20% dei consumi primari rispetto allo scenario del 2007. La figura sottostante esemplifica il criterio per il fabbisogno dell'intera Unione.

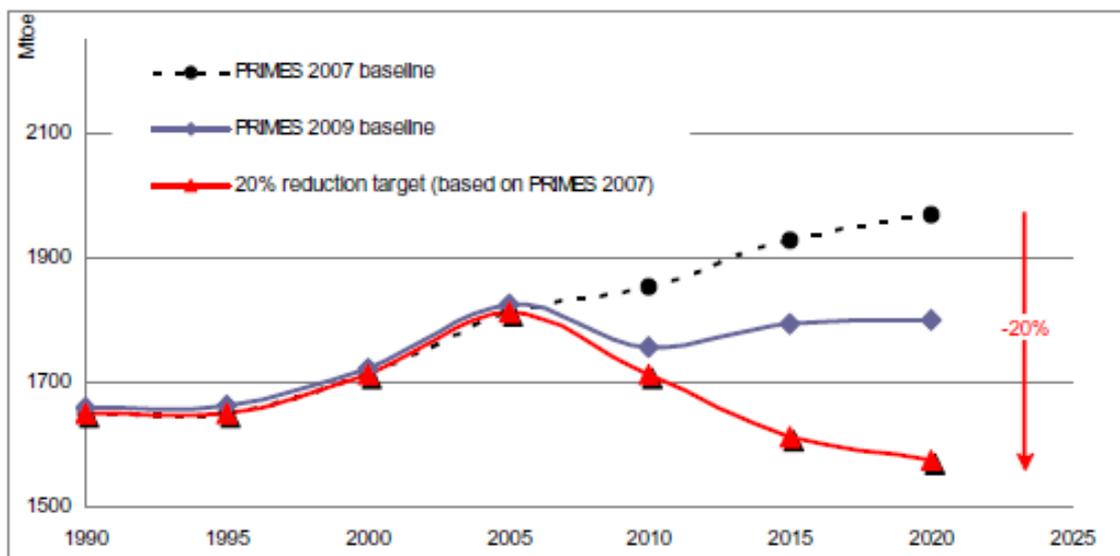


Figura 2.1 Andamento dei consumi europei

2.2.3 OBIETTIVI PER LE ENERGIE RINNOVABILI

L'Italia ha assunto l'obiettivo, da raggiungere entro l'anno 2020, di coprire con energia da fonti rinnovabili il 17% dei consumi finali lordi. L'obiettivo assegnato è dunque dato da un rapporto. A tal fine, per il calcolo del numeratore sono stati presi in considerazione i seguenti dati:

- l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (considerando per idroelettrico ed eolico i valori secondo le formule di normalizzazione previste dall'allegato II della direttiva);
- l'energia da fonti rinnovabili fornita mediante teleriscaldamento e teleraffrescamento più il consumo di altre energie da fonti rinnovabili nell'industria, nelle famiglie, nei servizi, in agricoltura, in silvicoltura e nella pesca, per il riscaldamento, il raffreddamento e la lavorazione, inclusa l'energia catturata dalle pompe di calore (secondo la formula prevista dall'allegato VII della direttiva);
- il contenuto energetico (previsto dall'allegato III della direttiva) dei biocarburanti che rispettano i criteri di sostenibilità.
- l'energia relativa alle misure di cooperazione internazionale previste dalla direttiva (trasferimenti statistici e progetti comuni con altri Stati membri o progetti comuni con Paesi terzi).

Per il calcolo del denominatore deve essere considerato il consumo finale lordo, definito dalla direttiva come: “i prodotti energetici forniti a scopi energetici all'industria, ai trasporti, alle famiglie, ai servizi, compresi i servizi pubblici, all'agricoltura, alla silvicoltura e alla pesca, ivi compreso il consumo di elettricità e di calore del settore elettrico per la produzione di elettricità e di calore, incluse le perdite di elettricità e di calore con la distribuzione e la trasmissione”. Oltre all'obiettivo generale sopra indicato, la direttiva prevede che, sempre al 2020, in ogni Stato sia assicurata una quota di copertura dei consumi nel settore trasporti mediante energie da fonti rinnovabili pari al 10%. Per il calcolo del numeratore di questo obiettivo specifico dovranno essere presi in considerazione:

- il contenuto energetico (previsto dall'allegato III della direttiva) dei biocarburanti che rispettano i criteri di sostenibilità, moltiplicando per un fattore 2 il contenuto energetico dei biocarburanti di seconda generazione (biocarburanti prodotti a partire da rifiuti, residui, materie cellulosiche di origine non alimentare e materie lignocellulosiche);

- l'energia elettrica da fonti rinnovabili consumata nei trasporti, moltiplicando per un fattore 2,5 la quota di questa consumata nei trasporti su strada.

Per il calcolo del denominatore di questo obiettivo andranno invece inclusi esclusivamente la benzina, il diesel, i biocarburanti consumati nel trasporto su strada e su rotaia e l'elettricità, moltiplicando per un fattore 2,5 la quota di quest'ultima consumata nei trasporti su strada. Le tabelle seguenti illustrano gli obiettivi che l'Italia intende raggiungere nei tre settori – elettricità, calore, trasporti – ai fini del soddisfacimento dei target stabiliti dalla Direttiva 2009/28/CE. In conformità al format del Piano, sono altresì riportati obiettivi per le diverse tecnologie, i quali sono naturalmente indicativi e non esprimono un impegno del Governo o un vincolo per gli operatori, sebbene utili per orientare le politiche pubbliche e fornire segnali agli operatori per una più efficiente allocazione di risorse. Gli obiettivi al 2020 sono confrontati con i valori del 2005, anno preso a riferimento dalla Direttiva 2009/28/CE.

Quadro complessivo:

	2005			2020		
	Consumi da FER	Consumi finali lordi (CFL)	FER / Consumi	Consumi da FER	Consumi finali lordi (CFL)	FER / Consumi
	[Mtep]	[Mtep]	[%]	[Mtep]	[Mtep]	[%]
Elettricità	4,846	29,749	16,29%	9,112	31,448	28,97%
Calore	1,916	68,501	2,80%	9,520	60,135	15,83%
Trasporti	0,179	42,976	0,42%	2,530	39,630	6,38%
Trasferimenti da altri Stati	-	-	-	1,144	-	-
Totale	6,941	141,226	4,91%	22,306	131,214	17,00%
Trasporti ai fini dell'ob.10%	0,338	39,000	0,87%	3,419	33,975	10,06%

Tabella 2.1 Obiettivi al 2020

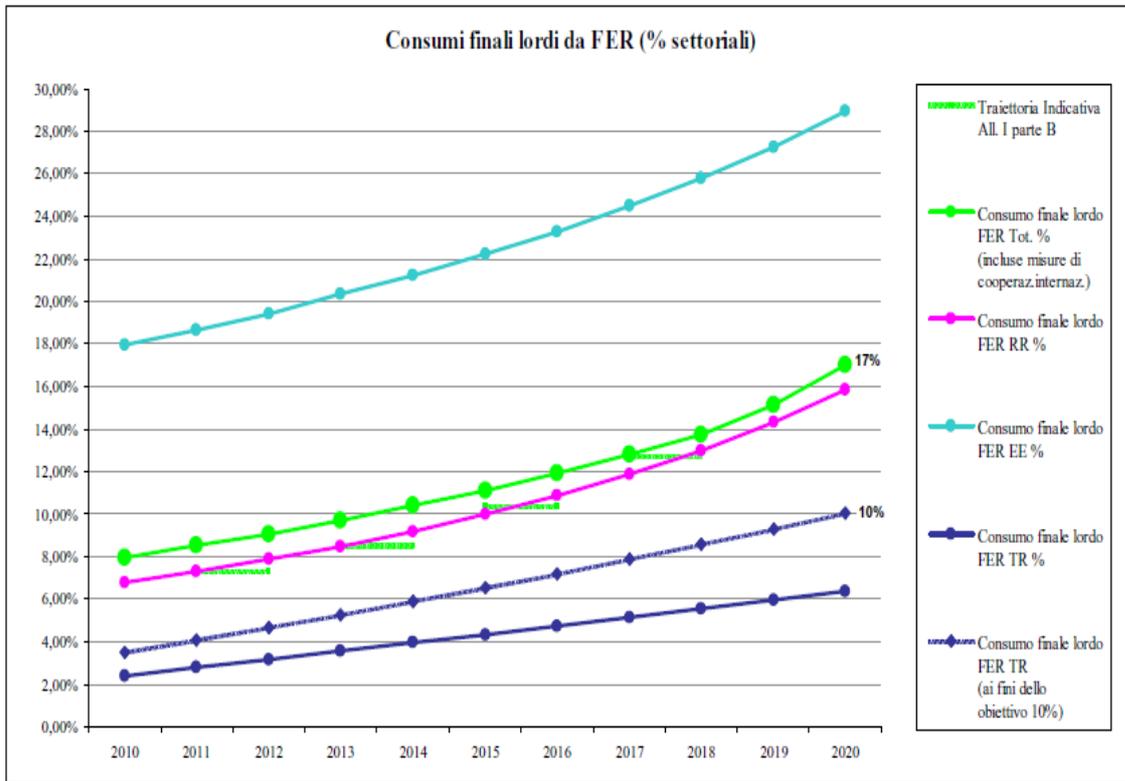


Figura 2.2 Consumi finali lordi da FER (%)

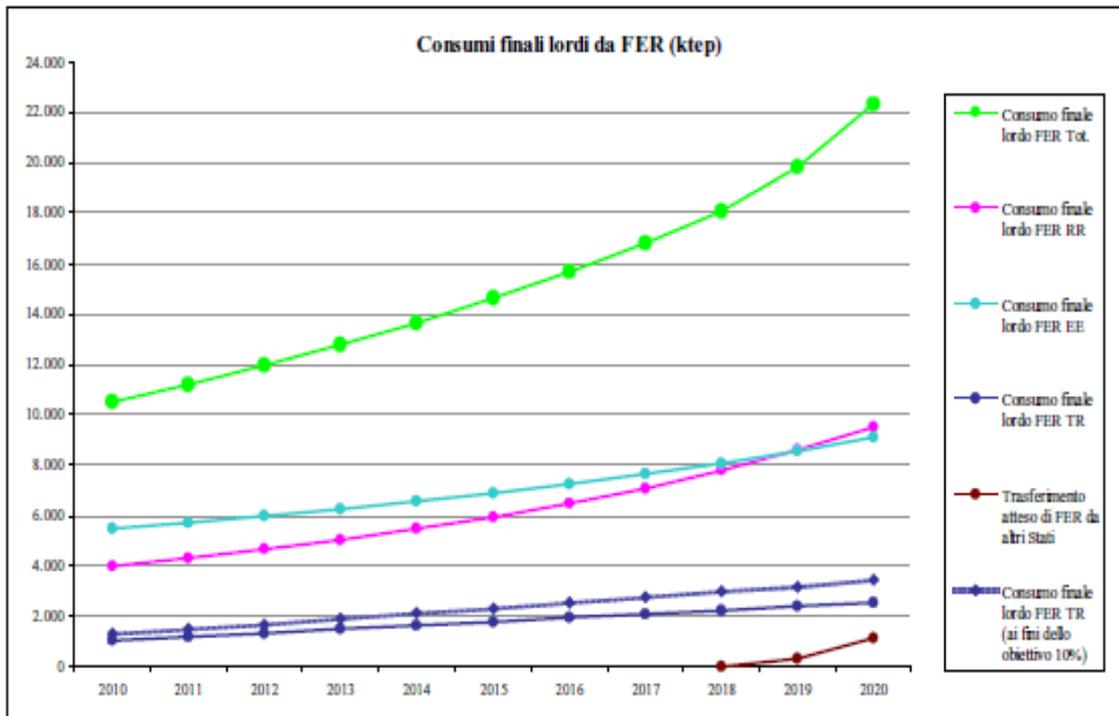


Figura 2.3 Consumi finali lordi da FER (ktep)

Elettricità:

	2005					2020				
	Potenza installata FER-E	Energia				Potenza installata FER-E	Energia			
		Produzione Lorda FER-E	Percentuale su FER-E Tot.		Percentuale su CFL-E		Produzione Lorda FER-E	Percentuale su FER-E Tot.		Percentuale su CFL-E
			(4.846 ktep = 56.349 GWh)	(29.749 ktep = 345.921 GWh)				(9.112 ktep = 105.950 GWh)	(31.448 ktep = 365.677 GWh)	
MW	GWh	[ktep]	[%]	[%]	MW	GWh	[ktep]	[%]	[%]	
Idroelettrica	13.890	43.762	3.763	77,66%	12,65%	15.732	42.000	3.612	39,64%	11,49%
< 1MW	409	1.851	159	3,29%	0,54%	771	2.554	220	2,41%	0,70%
1MW –10 MW	1.944	7.390	636	13,11%	2,14%	3.711	11.434	983	10,79%	3,13%
> 10MW	11.537	34.521	2.969	61,26%	9,98%	11.250	28.012	2.409	26,44%	7,66%
Geotermica	671	5.324	458	9,45%	1,54%	1.000	7.500	645	7,08%	2,05%
Solare	34	31	3	0,06%	0,01%	8.500	11.350	976	10,71%	3,10%
fotovoltaico	34	31	3	0,06%	0,01%	8.000	9.650	830	9,11%	2,64%
a concentrazione	-	-	-	-	-	500	1.700	146	1,60%	0,46%
Maree e moto ondoso	-	-	-	-	-	3	5	0,4	0,00%	0,00%
Eolica	1.635	2.558	220	4,54%	0,74%	16.000	24.095	2.072	22,74%	6,59%
onshore	1.635	2.558	220	4,54%	0,74%	15.000	21.600	1.858	20,39%	5,91%
offshore	-	-	-	-	-	1.000	2.495	215	2,35%	0,68%
Biomassa	1.990	4.674	402	8,30%	1,35%	4.650	21.000	1.806	19,82%	5,74%
solida	1.706	3.476	299	6,17%	1,00%	3.000	11.500	989	10,85%	3,14%
biogas	284	1.198	103	2,13%	0,35%	750	3.200	275	3,02%	0,88%
bioliquidi	-	-	-	-	-	900	6.300	542	5,95%	1,72%
Totale	18.220	56.349	4.846	100,00%	16,29%	45.885	105.950	9.112	100,00%	28,97%

Tabella 2.2 Obiettivi al 2020 – Energia Elettrica

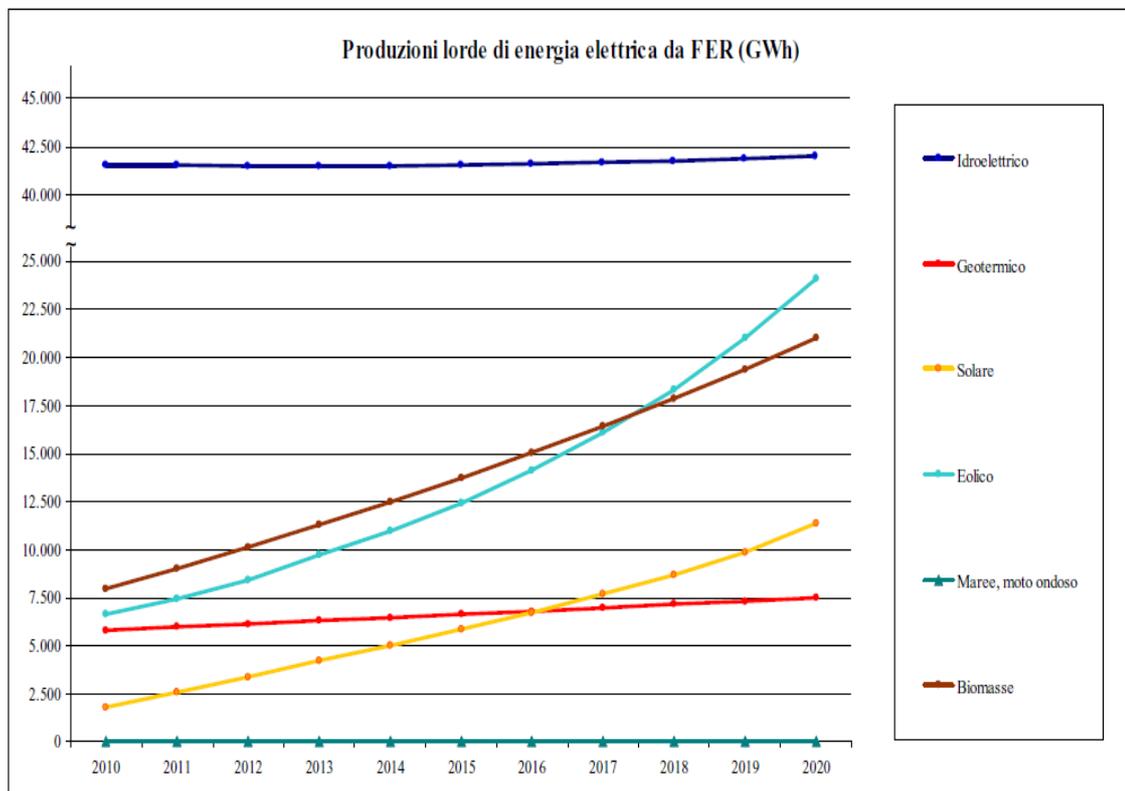


Figura 2.4 Produzioni lorde di Energia Elettrica da FER (GWh)

Riscaldamento e raffrescamento:

	2005			2020		
	Produzione Lorda FER-H	Percentuale su FER-C Tot. (1.916 ktep)	Percentuale su CFL-C (68.501 ktep)	Produzione Lorda FER-C	Percentuale su FER-C Tot. (9.520 ktep)	Percentuale su CFL-C (60.135 ktep)
	[ktep]	[%]	[%]	[ktep]	[%]	[%]
Geotermica (escluse pdc)	23	1,19%	0,03%	100	1,05%	0,17%
Solare	27	1,43%	0,04%	1.400	14,71%	2,33%
Biomassa:	1.655	86,34%	2,42%	5.520	57,98%	9,18%
solida	1.629	84,99%	2,38%	5.185	54,46%	8,62%
biogas	26	1,35%	0,04%	141	1,49%	0,24%
bioliquidi	-	-	-	194	2,04%	0,32%
En.rin.da pompe di calore:	212	11,04%	0,31%	2.500	26,26%	4,16%
di cui aerotermica	176	9,17%	0,26%	1.875	19,69%	3,12%
di cui geotermica	19	1,01%	0,03%	450	4,73%	0,75%
di cui idrotermica	16	0,86%	0,02%	175	1,84%	0,29%
Totale	1.916	100,00%	2,80%	9.520	100,00%	15,83%

Tabella 2.3 Obiettivi al 2020 – Riscaldamento-Raffrescamento

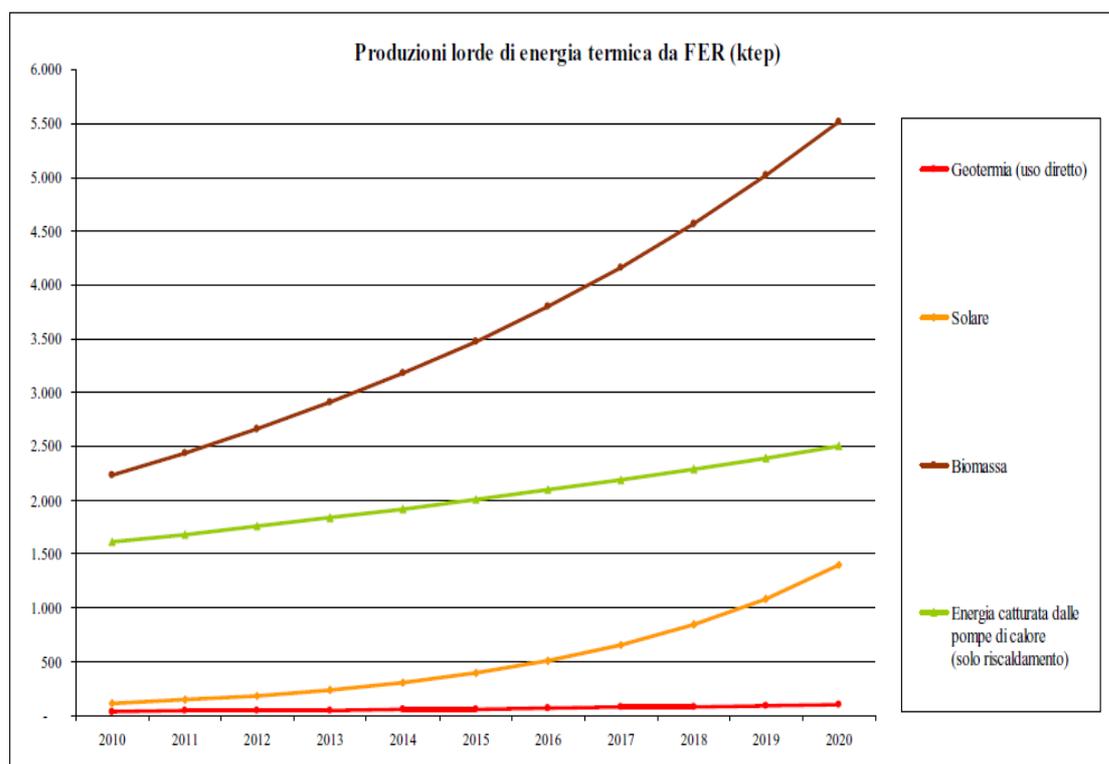


Figura 2.5 Produzioni lorde di Energia Termica da FER

2.2.4 MISURE DI SOSTEGNO PER IL CONSEGUIMENTO DEGLI OBIETTIVI

Il Piano di azione nazionale contiene e descrive l'insieme delle misure (economiche, non economiche, di supporto, di cooperazione internazionale) necessarie per raggiungere gli obiettivi previsti. L'efficace realizzazione di tutte le misure e l'integrazione degli effetti delle singole azioni può consentire di arrivare al traguardo, ma con la consapevolezza:

- della verosimile insufficienza delle sole misure nazionali, integrabile opportunamente e secondo logiche di efficienza con i programmi di cooperazione;
- della necessità di intervenire lungo il percorso per superare possibili limiti e criticità dell'azione, per modificare o migliorare talune delle misure, per adattare i regimi di sostegno ad una realtà economica ed energetica in continua trasformazione, per valorizzare i vantaggi di nuove applicazioni tecnologiche.

Numerosi sono i meccanismi di sostegno già attivi per sopperire agli insufficienti livelli di remunerazione ad oggi assicurati dai soli meccanismi di mercato agli investimenti nel settore delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica. Al fine di raggiungere i propri obiettivi nazionali, l'Italia intende potenziare e razionalizzare i meccanismi di sostegno già esistenti, in un'ottica integrata di:

- efficacia per concentrare gli sforzi lungo direzioni di massimo contributo agli obiettivi;
- efficienza per introdurre flessibilità nel supporto degli incentivi limitando i loro apporti allo strettamente necessario a sopperire le *défaillances* del mercato;
- sostenibilità economica per il consumatore finale, che è il soggetto che sostiene gran parte dell'onere da incentivazione;
- ponderazione del complesso delle misure da promuovere nei tre settori in cui agire: calore, trasporti, elettricità.

In questo contesto, tenuto conto del quadro complessivo degli obiettivi da raggiungere, appare necessario e conveniente, in un'ottica di sviluppo di lungo periodo:

- procedere alla razionalizzazione dell'articolato sistema di misure esistenti per l'incentivazione delle rinnovabili per la produzione di elettricità in modo da poter conseguire, tenuto conto dell'attuale trend di crescita, l'aumento della produzione dai circa 5,0 Mtep del 2008 ai circa 9,1 Mtep previsti nel 2020;
- prevedere un deciso potenziamento delle politiche di promozione delle rinnovabili nel settore del calore allo scopo di riuscire a ottenere il consistente incremento di utilizzo del calore da rinnovabili dai circa 3,2 Mtep del 2008 ai circa 9,5 Mtep previsti nel 2020;
- prevedere anche il rafforzamento delle misure di promozione delle rinnovabili nel settore dei trasporti allo scopo di conseguire, anche in questo caso, un forte incremento dell'utilizzo delle rinnovabili nei trasporti dai circa 0,7 Mtep del 2008 ai circa 2,5 Mtep previsti nel 2020.

2.3 REGIMI DI INCENTIVAZIONE DELLE ENERGIE RINNOVABILI

2.3.1 QUARTO CONTO ENERGIA

Il 7 Marzo 2011 il Presidente della Repubblica Italiana ha firmato il nuovo Decreto Rinnovabili 2011, che modifica le regole di incentivazione e di autorizzazione anche degli impianti fotovoltaici. Il decreto è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale N° 71 del 28 Marzo 2011, ed è pertanto in vigore dal 29 Marzo 2011.

Queste le principali caratteristiche del quarto Conto Energia:

- Il quarto Conto Energia prevede un nuovo sistema di regolazione automatica del livello degli incentivi in relazione alla potenza installata che entrerà a regime a partire dal 2013. Nel periodo transitorio è previsto una diminuzione progressiva necessaria per allineare il nostro Paese ai livelli comunitari e assicurare la salvaguardia degli investimenti in corso. Inoltre un tetto di spesa

massima ed un registro tenuto dal Gse solo sui grandi impianti (superiori a 1 MWp su tetto e 200 kWp a terra), consentiranno di limitare i fenomeni speculativi. La tariffa percepita viene determinata dal momento dell'entrata in esercizio dell'impianto, con la garanzia del rispetto dell'iter di connessione da parte del gestore di rete, in conformità con i tempi e le relative sanzioni previste dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas. Con questo nuovo sistema si prevede di raggiungere la grid parity – e cioè la competitività della tecnologia - già al 2017.

- a vantaggio dei consumatori e della qualità del Made in EU, vengono inoltre introdotti determinati requisiti di garanzia, efficienza e innovazione degli impianti, al rispetto dei quali sono previsti livelli di incentivazione più elevati.

Come funziona il quarto Conto energia? Le componenti incentivanti sono diverse, alcune sono specifiche della tipologia di impianto. A grandi linee l'incentivazione si avvale di tre componenti:

- L'incentivo viene corrisposto sulla base della quantità totale di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. Il meccanismo incentivante avviene tramite l'erogazione di un importo prefissato a fronte di ogni kilowattora (kWh) prodotto dall'impianto, ad un prezzo che supera il prezzo di acquisto della stessa quantità di energia. L'impianto prevede un contatore che misura la quantità di energia prodotta dall'impianto fotovoltaico e su quella base verrà corrisposto l'incentivo.
- L'energia così prodotta, tolta la quota usata in loco, può essere immessa e venduta in rete o utilizzata per compensare i consumi effettivi (si veda oltre in "Tipologia di connessione in rete"). Questo ricavo si somma agli incentivi di cui sopra.
- Risparmio sulla bolletta della energia elettrica: l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico e consumata direttamente costituisce un mancato prelievo dalla rete di distribuzione, e quindi non pagata dall'utente.

L'erogazione degli incentivi è garantita costante e per un periodo di 20 anni. La potenza massima installabile da parte di persone fisiche senza partita IVA è di 20 kWp. Per impianti di taglia superiore è necessaria la partita IVA (Risoluzione Agenzia delle Entrate 13/E del 19/1/2009).

2.3.2 CLASSI E TIPOLOGIE DI IMPIANTO

Il quarto Conto Energia prevede tre classi di impianto. Le diverse classi, insieme alla potenza, alla tipologia e al momento di entrata in esercizio determinano l'ammontare della tariffa incentivante.

a) Impianto fotovoltaico normale

- Piccoli impianti
 - impianti realizzati su edificio con potenza non superiore a un MegaWp [1000 kWp];
 - impianti appartenenti alla categoria "*altri impianti*" con potenza non superiore ai 200 kWp operanti in regime di *Scambio sul Posto*;
 - impianti realizzati *su edifici* ed aree delle Amministrazioni pubbliche, senza limiti di potenza.
- Grandi impianti:
 - impianti fotovoltaici che non appartengono alla definizione di piccoli impianti, quindi principalmente:
 - impianti fotovoltaici realizzati *su edificio* con potenza superiore ad un MWp [1000 kWp];
 - impianti a terra (o comunque appartenenti alla categoria "*altri impianti*", non su edificio) anche di potenza non superiore ai 200 kWp in regime di *Scambio sul Posto*;
 - impianti a terra (o comunque appartenenti alla categoria "*altri impianti*", non su edificio) con potenza superiore ai 200 kWp)

b) Impianto fotovoltaico innovativo: un impianto che utilizza moduli e componenti speciali, sviluppati ad hoc per sostituire elementi architettonici.

c) Impianto fotovoltaico a concentrazione: un impianto che utilizza moduli fotovoltaici in cui la luce solare viene concentrata sulle celle per aumentarne la produttività.

Gli impianti i cui moduli costituiscono elementi costruttivi di pergole, serre, barriere acustiche, tettoie e pensiline hanno diritto a una tariffa pari alla media aritmetica fra la tariffa spettante per “impianti fotovoltaici realizzati su edifici” e la tariffa spettante per “altri impianti fotovoltaici”. Al fine di garantire la coltivazione sottostante, le serre a seguito dell'intervento devono presentare un rapporto tra la proiezione al suolo della superficie totale dei moduli fotovoltaici installati sulla serra e della superficie totale della copertura della serra stessa non superiore al 50%. I fabbricati rurali sono equiparati agli edifici, sempreché accatastati prima della data di entrata in esercizio dell'impianto fotovoltaico.

2.3.3 PREMI - MAGGIORAZIONE DEGLI INCENTIVI

La componente incentivante della tariffa individuata dal quarto Conto Energia è incrementata:

- a) del 5% per gli impianti fotovoltaici non su edificio, qualora i medesimi impianti siano ubicati in zone classificate alla data di entrata in vigore del decreto dal pertinente strumento urbanistico come industriali, miniere, cave o discariche esaurite, area di pertinenza di discariche o di siti contaminati
- b) del 5% per i piccoli impianti, realizzati da comuni con popolazione inferiore a 5000 abitanti sulla base dell'ultimo censimento Istat effettuato prima della data di entrata in esercizio dei medesimi impianti, dei quali i predetti comuni siano soggetti responsabili;
- c) di 5 centesimi di euro/kWh per gli impianti su edificio, installati in sostituzione di coperture in eternit o comunque contenenti amianto;
- d) del 10% per gli impianti il cui costo di investimento (totale dei costi strettamente necessari per la realizzazione a regola d'arte dell'impianto fotovoltaico) per quanto riguarda i componenti diversi dal lavoro, sia per non meno del 60% riconducibile ad una produzione realizzata all'interno della Unione Europea.

2.3.4 TIPOLOGIE DI CONNESSIONE ALLA RETE

Nel quarto Conto Energia non ci sono variazioni rispetto al terzo Conto Energia: le modalità di connessione sono infatti regolamentate da delibere

della Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG). Per impianti non superiori a 200 kWp, il responsabile dell'impianto potrà connettersi alla rete e aderire al nuovo Conto Energia in modalità diverse:

1. Cessione in rete: l'utente consumerà direttamente l'energia prodotta solo nel momento e nella quantità in cui è prodotta. L'energia prodotta in eccesso rispetto ai consumi verrà ceduta e venduta in rete. E' richiesto il possesso di Partita IVA.
2. Scambio sul posto: il rimborso dell'energia prelevata dalla rete, per una quantità non superiore alla energia immessa in rete, avverrà a cura del GSE. Eventuali eccedenze di produzione di energia in un anno verranno remunerate a richiesta, oppure conteggiate negli anni successivi,

Per impianti di potenza superiore ai 200 kWp, l'unica modalità di connessione è la cessione in rete.

2.3.5 TARIFFE INCENTIVANTI DEL QUARTO CONTO ENERGIA

IMPIANTI NORMALI

Per gli impianti che possono accedere alle tariffe incentivanti del quarto Conto Energia connessi nel 2012:

	1° SEM. 2012		2° SEM 2012	
	Impianti sugli edifici	altri impianti fotovoltaici	Impianti sugli edifici	altri impianti fotovoltaici
	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]
1≤P≤3	0,274	0,240	0,252	0,221
3<P≤20	0,247	0,219	0,227	0,202
20<P≤200	0,233	0,206	0,214	0,189
200<P≤1000	0,224	0,172	0,202	0,155
1000<P≤5000	0,182	0,156	0,164	0,140
P>5000	0,171	0,148	0,154	0,133

Tabella 2.4

Per gli impianti che possono accedere alle tariffe incentivanti del quarto Conto Energia connessi nel primo semestre 2013:

	Impianti sugli edifici		altri impianti fotovoltaici	
	tariffa onnicomprensiva	tariffa autoconsumo	tariffa onnicomprensiva	tariffa autoconsumo
1≤P≤3	0,375	0,230	0,346	0,201
3<P≤20	0,352	0,207	0,329	0,184
20<P≤200	0,299	0,195	0,276	0,172
200<P<1000	0,281	0,183	0,239	0,141
1000<P≤5000	0,227	0,149	0,205	0,127
P>5000	0,218	0,140	0,199	0,121

Tabella 2.5

Le riduzioni programmate per i semestri successivi sono individuate dalla tabella seguente e sono applicate alle tariffe vigenti nel semestre precedente.

	1° semestre	2° semestre
2013		9%
2014	13%	13%
2015	15%	15%
2016	30%	30%

Tabella 2.6

IMPIANTI INNOVATIVI

Impianti che possono accedere alle tariffe incentivanti del quarto Conto Energia installati nel 2012

	<i>1° SEM. 2012</i>	<i>2° SEM 2012</i>
Intervallo di potenza	Tariffa corrispondente	Tariffa corrispondente
[kW]	[€/kWh]	[€/kWh]
$1 \leq P \leq 20$	0,418	0,410
$20 < P \leq 200$	0,380	0,373
$P > 200$	0,352	0,345

Tabella 2.7

Impianti che possono accedere alle tariffe incentivanti del quarto Conto Energia installati nel primo semestre del 2013

Intervallo di potenza	tariffa onnicomprensiva	tariffa autoconsumo
[kW]	[kW]	[€/kWh]
$1 \leq P \leq 20$	0,543	0,398
$20 < P \leq 200$	0,464	0,361
$P > 200$	0,432	0,334

Tabella 2.8

Le riduzioni programmate per i semestri successivi sono individuate dalla tabella seguente e sono applicate alle tariffe vigenti nel semestre precedente.

	1° semestre	2° semestre
2013		3%
2014	4%	4%

Tabella 2.9

IMPIANTI A CONCENTRAZIONE

Impianti che possono accedere alle tariffe incentivanti del quarto Conto Energia installati nel 2012

	<i>1° SEM. 2012</i>	<i>2° SEM 2012</i>
Intervallo di potenza	Tariffa corrispondente	Tariffa corrispondente
[kW]	[€/kWh]	[€/kWh]
$1 \leq P \leq 200$	0,352	0,345
$200 < P \leq 1000$	0,304	0,298
$P > 1000$	0,266	0,261

Tabella 2.10

Impianti che possono accedere alle tariffe incentivanti del quarto Conto Energia installati nel 2013

	tariffa onnicomprensiva	tariffa autoconsumo
[kW]	[kW]	[€/kWh]
$1 \leq P \leq 200$	0,437	0,334
$200 < P \leq 1000$	0,387	0,289
$P > 1000$	0,331	0,253

Tabella 2.11

Le riduzioni programmate per i semestri successivi sono individuate dalla tabella seguente e sono applicate alle tariffe vigenti nel semestre precedente.

	1° semestre	2° semestre
2013		3%
2014	4%	4%

Tabella 2.12

2.4 DELIBERA REGIONALE 1366/2011

La regione Emilia-Romagna delibera nel 2011 attraverso la DGR 1366 in materia di contenimento energetico e certificazione energetica in ambito edilizio, in particolare la 1366 riprende le linee guida fornite dalla precedente delibera 156 del 2008. In questa sede valuteremo, della delibera, esclusivamente la parte riguardante il contributo minimo di produzione di energia rinnovabile. Di seguito vengono riportati i commi interessati:

20) Per tutte le categorie di edifici, così come classificati in base alla destinazione d'uso all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nel caso di nuova costruzione di edifici, di ristrutturazione integrale di edifici esistenti, di nuova installazione di impianti di climatizzazione in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi è obbligatoria la predisposizione delle opere necessarie a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento, in presenza di tratte di rete ad una distanza inferiore a metri 1000 ovvero in presenza di progetti previsti dai vigenti strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica e in corso di realizzazione. 21) Per tutte le categorie di edifici, così come classificati in base alla destinazione d'uso all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, è fatto obbligo in sede progettuale di prevedere l'utilizzo di fonti rinnovabili a copertura di quota parte dei consumi di energia termica dell'edificio. A tal fine: a) nel caso di interventi di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici in edifici esistenti, l'impianto termico e/o l'impianto tecnologico idrico-sanitario deve essere progettato e realizzato in modo da garantire la copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria; b) nel caso di edifici di nuova costruzione o di edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti e nei casi di cui alla Parte Prima, punto 3.1 lettera b), l'impianto termico e/o l'impianto tecnologico idricosanitario deve essere progettato e realizzato in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del: -50% dei

consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali dei consumi di energia termica:

- b1) per gli interventi per i quali la richiesta di titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 fino al 31 dicembre 2014: del 35% della somma dei consumi complessivamente previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento
- b2) per gli interventi per i quali la richiesta di titolo edilizio è presentata a partire dal 1° gennaio 2015: del 50% della somma dei consumi complessivamente previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento

I limiti di cui alle precedenti lett. a) e lett. b) sono: - ridotti del 50% per gli edifici situati nei centri storici di cui all'art. A-7 della L.R. n. 20/00; - incrementati del 10% per gli edifici pubblici. Gli obblighi di cui alle precedenti lett. a) e lett. b) non possono essere assolti tramite impianti da fonti rinnovabili che producano esclusivamente energia elettrica utilizzata per la produzione diretta di energia termica (effetto Joule) per la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento. In caso di utilizzo di pannelli solari termici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda. Gli obblighi di cui alle precedenti lett. a) e lett. b) si intendono soddisfatti anche:

- con l'installazione nell'edificio o nel complesso edilizio di unità di micro o piccola cogenerazione ad alto rendimento e in grado di produrre energia termica a copertura di quote equivalenti dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento, aventi caratteristiche conformi a quanto specificato in Allegato 15;
- mediante il collegamento alle reti di teleriscaldamento di cui al precedente punto 20, che copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di acqua calda sanitaria;
- mediante la partecipazione in quote equivalenti in potenza di impianti di produzione di energia termica alimentati da fonti rinnovabili o da unità di cogenerazione ad alto rendimento, anche

nella titolarità di un soggetto diverso dall'utente finale e realizzati anche mediante conversione di impianti esistenti, siti nel territorio del comune dove è ubicato l'edificio o in un ambito territoriale sovracomunale nel caso di specifici accordi.

22) Per tutte le categorie di edifici, così come classificati in base alla destinazione d'uso all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, nel caso di edifici di nuova costruzione o di edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, è fatto obbligo in sede progettuale di prevedere l'utilizzo delle fonti rinnovabili a copertura di quota parte dei consumi di energia elettrica dell'edificio. A tale fine è obbligatoria l'installazione sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze di impianti per la produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, asserviti agli elettrici dell'edificio, con caratteristiche tali da garantire il contemporaneo rispetto delle condizioni seguenti: a) potenza elettrica P installata non inferiore a 1 kW per unità abitativa e 0,5 kW per ogni 100 m² di superficie utile energetica di edifici ad uso non residenziale; b) potenza elettrica P installata non inferiore a:

- $P = S_q / 65$, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 e fino al 31 dicembre 2014,
- $P = S_q / 50$, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata a partire dal 1° gennaio 2015,

dove S_q è la superficie coperta dell'edificio misurata in m². In caso di utilizzo di pannelli solari fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda. I limiti di cui alle precedenti lett. a) e lett. b) sono:

- ridotti del 50% per gli edifici situati nei centri storici di cui all'art. A-7 della L.R. n. 20/00;
- incrementati del 10% per gli edifici pubblici.

Gli obblighi di cui al presente punto si intendono soddisfatti anche:

- i. con l'installazione nell'edificio o nel complesso edilizio di unità di micro o piccola cogenerazione ad alto rendimento in grado di coprire quote equivalenti in potenza elettrica di impianti

alimentati da fonti rinnovabili, aventi caratteristiche conformi a quanto specificato in Allegato 15;

- ii. con la copertura di una quota equivalente in potenza elettrica mediante il collegamento ad un sistema efficiente di utenza (SEU) o a una rete locale di utenza (RLU), come definiti in Allegato 1, alimentate da fonti rinnovabili o da unità di cogenerazione ad alto rendimento, oppure mediante il collegamento alle reti di teleriscaldamento di cui al precedente punto 20, unicamente quando queste siano asservite a unità di cogenerazione ad alto rendimento;
- iii. mediante la partecipazione in quote equivalenti in potenza di impianti di produzione di energia elettrica, anche nella titolarità di un soggetto diverso dall'utente finale, alimentati da fonti rinnovabili, da reflui energetici da processo produttivo altrimenti non utilizzabili, ovvero da impianti di cogenerazione ad alto rendimento, siti nel territorio del comune dove è ubicato l'edificio medesimo o in un ambito territoriale sovracomunale nel caso di specifici accordi.

23) Il rispetto dei requisiti di cui ai precedenti punti 21 e 22 è condizione necessaria per il rilascio del titolo abilitativo, fatte salve le disposizioni seguenti. Le valutazioni concernenti il dimensionamento ottimale dell'impianto e l'eventuale impossibilità tecnica di ottemperare, in tutto o in parte, alle disposizioni di cui ai precedenti punti 21 e 22 devono essere evidenziate dal progettista nella relazione tecnica di cui al successivo punto 25, e dettagliate esaminando tutte le diverse opzioni tecnologiche disponibili. In tali casi, è fatto obbligo di ottenere un indice di prestazione energetica complessiva dell'edificio (EP_{tot}) che risulti inferiore rispetto al corrispondente valore limite (EP_{tot-lim}) determinati conformemente a quanto indicato al precedente punto 1, nel rispetto della seguente formula:

Dove:

- % obbligo è il valore della percentuale della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento che deve essere coperta, ai sensi del punto 21, tramite fonti rinnovabili;

- %effettiva è il valore della percentuale effettivamente raggiunta dall'intervento;
- Pobbligo è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati ai sensi del punto 22;
- Peffettiva è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata sull'edificio.

28) Ai fini della determinazione dell'indice di prestazione energetica EP, la quantità di energia resa disponibile dalle pompe di calore da considerarsi energia da fonti rinnovabili, ERES, di origine aerotermica, geotermica o idrotermica, è calcolata in base ai criteri di cui all'allegato VII della Direttiva 28/2009, applicando la seguente metodologia. Nel caso di pompe di calore elettriche, si considera: $SPF = 0,4 * SCOP = E_{pdc} / E_{p,pdc}$ dove:

- SPF è il fattore di rendimento definito dall'allegato VII della direttiva 2009/28/CE
- SCOP (Seasonal coefficient of performance) è il fattore di rendimento stagionale medio stimato sulla base del metodo normalizzato
- E_{pdc} è l'energia fornita dalla pompa di calore durante la stagione (kWh/anno) data dalla sommatoria dell'energia fornita dalla pompa di calore per unità di calcolo, nei mesi di riscaldamento
- $E_{p,pdc}$ è l'energia primaria consumata dalla pompa di calore durante l'intera stagione di riscaldamento (kWh/anno)
- 0,4 è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria fissato dall'AEEG con apposita determinazione.

Per i soli impianti a pompa di calore con $SPF > 1,15$ si procede al computo dell'energia rinnovabile secondo l'equazione: $ERES = E_{pdc} * [1 - (1/(SPF))]$ (kWh/anno) Per impianti per i quali non sia verificata in condizione di esercizio la prestazione $SPF > 1,15$ non si può effettuare il calcolo di ERES. Nel caso di pompe di calore a gas si applicano le medesime disposizioni, considerando il fattore 0,4 pari a 1 fino alla determinazione di un più appropriato valore.

I calcoli effettuati per la verifica delle percentuali di copertura da fonti rinnovabili, fatti sui seguenti casi reali, seguiranno le prescrizioni di tale delibera regionale Emilia-Romagna.

3 ENERGIE RINNOVABILI

Con il termine energie rinnovabili si intendono quelle forme di energia generate da fonti che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate ^[1] o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani" e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future. Sono quindi forme di energia alternative alle tradizionali fonti fossili e molte di esse hanno la particolarità di essere anche energie pulite ovvero di non immettere in atmosfera sostanze nocive quali ad esempio la CO₂ che è un cosiddetto gas serra. Al contrario, quelle "non rinnovabili", sia per avere lunghi periodi di formazione, di molto superiori a quelli di consumo attuale (in particolare fonti fossili quali petrolio, carbone, gas naturale), sia per essere presenti in riserve esauribili sulla scala dei tempi umana (in particolare l'isotopo 235 dell'uranio, l'elemento attualmente più utilizzato per produrre energia nucleare), sono limitate nel futuro.

Di seguito vengono descritte le fonti rinnovabili comunemente utilizzate.

3.1 BIOMASSE

La biomassa è energia solare legata chimicamente, è il frutto della fotosintesi clorofilliana, le piante utilizzano la luce solare, anidride carbonica e acqua per dare vita a sostanze organiche più complesse, come la cellulosa, gli zuccheri e gli oli. L'uso energetico delle biomasse può contribuire alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti (CO₂, CH₄, NO_x, ecc.) e di sostanze volatili tossiche (VOCs, benzene, particolato, ecc).

Il contenuto in carbonio originario delle biomasse deriva da processi di fotosintesi vegetale, ovvero quella reazione biologica tramite la quale le piante trasformano la luce solare, l'acqua e l'anidride carbonica in carboidrati e ossigeno, secondo la formula: $CO_2 + H_2O + \text{energia solare} \rightarrow C_n (H_2O)_m + O_2$ Questa prima definizione di biomassa contiene

implicitamente il concetto di fonte rinnovabile, in quanto esclude tutte le biomasse fossilizzate e derivati, i cui tempi di formazione, dell'ordine dei milioni di anni, non sono comparabili con i tempi di sfruttamento della risorsa, ben più rapidi considerando l'attuale tasso di consumo. Il termine biomasse, inteso come insieme delle sostanze organiche di origine vegetale o animale, racchiude un'ampia gamma di prodotti di origine dedicata o derivanti da scarti e residui di varie produzioni, che spaziano da quelle agricole - forestali e agroindustriali ai rifiuti domestici: Si possono distinguere quindi 4 tipi principali di biomasse: Legnose; Erbacee; Semi e frutti; Reflui zootecnici.

Allo stato naturale, la biomassa è costituita da una frazione umida e da una frazione secca (sostanza secca, ss), composta essenzialmente di fibra grezza. La scelta del processo di conversione energetica è legata quindi alle proprietà chimico-fisiche della biomassa, in particolare al rapporto C/N, tra il contenuto di carbonio (C) e di azoto (N), e della sua umidità. Una volta stabilito il contenuto d'umidità, a seconda del tipo di biomassa, si individua il processo di conversione più adatto. I metodi di conversione della biomassa in energia sono essenzialmente due:

- Metodi biologici (*decomposizione aerobica, anaerobica, fermentazione alcoolica, produzione di metanolo, estrazione di oli e produzione di biodiesel*), i processi di conversione biochimica permettono di ricavare energia per reazione chimica dovuta al contributo di enzimi, funghi e micro-organismi, che si formano nella biomassa sotto particolari condizioni, e vengono impiegati per quelle biomasse in cui il rapporto C/N sia inferiore a 30 e l'umidità alla raccolta superiore al 30%. Risultano idonei alla conversione biochimica le colture acquatiche, alcuni sottoprodotti colturali (foglie di barbabietola, ortive, patata, ecc), nonché la biomassa eterogenea immagazzinata nelle discariche controllate. Tra i metodi biologici, il recupero di energia elettrica e termica da biogas ottenuto da digestione anaerobica è una delle filiere di energie rinnovabili più interessanti. La digestione anaerobica è un processo di conversione di tipo biochimico, che avviene in assenza di ossigeno, consistente nella demolizione, ad opera di micro-organismi, di sostanze organiche

complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale, che produce un gas (biogas) costituito per il 50÷70% da metano e per la restante parte soprattutto da CO₂ ed avente un potere calorifico medio dell'ordine di 23.000 kJ/Nm³. Il biogas così prodotto viene raccolto, compresso ed immagazzinato e può essere utilizzato come combustibile per alimentare lo stesso processo di bioconversione, ovvero veicoli a gas o caldaie a gas per produrre calore e/o energia elettrica.

- Metodi termici (*combustione diretta, pirolisi, carbonizzazione, massificazione, steam explosion e gassificazione*), i processi di conversione termochimica sono basati sull'azione del calore che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia e sono utilizzabili per i prodotti ed i residui cellulosici e legnosi in cui il rapporto C/N abbia valori superiori a 30 ed il contenuto di umidità non superi il 30%. Le biomasse più adatte sono dunque la legna e tutti i suoi derivati, i più comuni sottoprodotti colturali di tipo ligno - cellulosico (paglia di cereali, residui di potature di viti, fruttiferi, ecc) e taluni scarti di lavorazione (pula, gusci, lolla, noccioli, ecc). Per quanto riguarda i processi di combustione termica, la combustione diretta costituisce la tecnologia maggiormente assodata e diffusa. La pirolisi risulta ancora poco sviluppata anche a causa degli alti costi e la gassificazione, sempre per analoghe diseconomie, si trova nel passaggio dalla scala pilota alle esperienze effettive su scala reale. Tutti i processi di conversione delle biomasse in energia si basano quindi sull'estrazione del contenuto calorifico della sostanza usata o nell'immagazzinamento di questo in un vettore energetico differente, usato in un secondo momento. Per avere una quantificazione dell'energia immagazzinata è necessario però considerare il potere calorifico della sostanza. Per quanto riguarda l'utilizzo di biomasse per riscaldamento degli edifici si utilizza il metodo termico per la produzione di energia, in particolare si usa frequentemente la legna oppure il pellett, ovvero cippato di legno compresso.

3.2 EOLICO

L'energia eolica è il prodotto della conversione dell'energia cinetica del vento in energia meccanica e quindi in energia elettrica. La fonte eolica ha origine dal riscaldamento disomogeneo della superficie terrestre da parte del sole, dalla irregolarità della superficie della terra e dalla sua rotazione. Per effetto dell'inclinazione dell'asse terrestre si creano aree della superficie terrestre irraggiate in modo irregolare che generano grandi masse d'aria in movimento. Il movimento di queste masse d'aria provoca un gigantesco motore meteorologico globale, il quale è dovuto essenzialmente alla differenza di irraggiamento sulla superficie terrestre, che dà origine nelle zone più irraggiate a masse di aria calda, mentre in quelle meno irraggiate a masse di aria fredda. Le zone più irraggiate sono evidentemente quelle più vicine all'equatore, mentre le più fredde sono quelle in corrispondenza dei poli. L'uomo ha impiegato la sua forza sin dall'antichità. La spinta dell'aria in rapido movimento è stata sfruttata per navigare, per muovere le pale dei mulini utilizzati con lo scopo di macinare i cereali, per spremere olive e per pompare l'acqua. Quindi la tecnologia eolica è molto antica, ma solo da pochi decenni l'energia eolica viene impiegata per produrre elettricità. Lo sviluppo e la diffusione dell'energia eolica, come in generale delle altre Fer, è dovuto principalmente alla crisi petrolifera del 1979 e, in anni più recenti, alla situazione climatica globale. In questo contesto l'eolico, attraverso i moderni mulini a vento (aerogeneratori), assume un ruolo di primo piano nel sostituire le fonti convenzionali basate sui combustibili fossili, principale causa dell'inquinamento atmosferico e del crack del '79, e nel soddisfare il fabbisogno mondiale di elettricità. Lo sviluppo più grande per quanto riguarda i moderni aerogeneratori si è avuto proprio intorno agli anni '80, dove le nuove conoscenze aerodinamiche sviluppate nel settore aeronautico sono state implementate ed adattate per la progettazione e lo sviluppo dei nuovi profili alari delle pale che contraddistinguono, in termini di efficienza, i moderni impianti eolici. I moderni mulini a vento sono chiamati aerogeneratori, il cui principio di funzionamento è lo stesso dei mulini a vento: il vento che spinge le pale. Ma nel caso degli aerogeneratori il movimento di rotazione delle pale viene trasmesso ad un generatore che produce elettricità. A decorrere dagli anni ottanta, le dimensioni degli

aerogeneratori e la loro potenza e affidabilità hanno avuto una crescita continua, mentre la loro diffusione è aumentata con un andamento pressoché esponenziale: l'Europa, soprattutto in virtù del contributo di Danimarca, Germania e Spagna, è in posizione dominante, sia in termini di mercato che di sviluppo tecnologico. In generale, dunque, ai fini dello sfruttamento dell'energia eolica in un determinato sito, è importante effettuare una descrizione del vento tenendo conto di tutti questi aspetti. Si può così realizzare una "caratterizzazione" del vento, che assume come parametri: velocità del vento; distribuzione di frequenza dell'intensità (curva di Weibull) e della direzione del vento (rosa dei venti); intensità delle possibili turbolenze. La distribuzione della risorsa sul territorio dipende dalla sua orografia orizzontale e verticale, in quanto è proprio l'andamento altimetrico del terreno e la sua struttura a variare la forma e le caratteristiche dello strato limite della vena fluida del vento. Ai fini della modellizzazione del vento, effettuata solitamente sullo strato limite planetario (variazione della velocità del vento con la quota sopra la superficie del pianeta), di solito si riporta il profilo di strato limite più semplice e di immediata trattabilità: il modello di Hellmann (1916) che è puramente esponenziale, ed è basato su una relazione che lega la velocità ad una quota di riferimento con quella ad un'altra quota.

Una volta effettuata la caratterizzazione del vento nel sito considerato, si tratta di definire le caratteristiche di funzionamento dell'impianto eolico che dovrebbe sorgervi: è possibile definire la produttività di un impianto eolico in relazione alle "ore equivalenti di funzionamento". Considerando la produzione annua di energia di un impianto, vengono definite tali le ore di funzionamento in cui la potenza prodotta sia costantemente uguale a quella installata. L'impianto funziona trasformando l'energia cinetica delle masse di aria in movimento, in energia di rotazione delle pale degli aerogeneratori, che viene poi convertita in energia elettrica tramite opportuni alternatori. La capacità produttiva degli impianti, misurata in kWh prodotti all'anno per kW installato, può essere classificata in:

- bassa: valore medio 100 kWh/kW;
- media: valore medio 700 kWh/kW;
- alta: valore medio 2100 kWh/kW;

- molto alta: valore medio 2400 kWh/kW.

Oltre che in base alla capacità produttiva, gli aerogeneratori si possono classificare in base alle loro dimensioni ed alla potenza prodotta. Per la precisione, la potenza degli aerogeneratori varia da alcuni W a 4500 W, con dimensioni dei rotori delle turbine comprese tra 1 e 112 m. Sono considerati di piccola taglia gli aerogeneratori di potenza fino a 100 kW; di grande taglia quelli di potenza superiore a 1000 kW; di media taglia quelli di potenza compresa in questo range, anche se tale suddivisione si deve considerare indicativa e strettamente correlata allo sviluppo della tecnologia. Microeolico-Per microeolico si intendono impianti portatili, capaci di fornire meno di 1 kW a strutture come camper, cucine da campo, ospedali da campo; hub, server e router wireless per computer portatili in spiagge o campeggi; barche a vela, yacht, ecc. Questa piccola quantità di potenza è sufficiente a fornire corrente per qualche lampada fluorescente, frigoriferi ecologici, computer laptop, ventilatori, ma non ad alimentare resistenze elettriche di forni, phon, scaldabagno o lavatrici.

3.3 SOLARE

L'energia solare è la fonte primaria di energia sulla Terra che rende possibile la vita. L'energia solare è infatti quella normalmente utilizzata dagli organismi autotrofi, cioè quelli che eseguono la fotosintesi, detti anche "vegetali" (da cui derivano i combustibili fossili); gli altri organismi viventi sfruttano invece l'energia chimica ricavata dai vegetali o da altri organismi che a loro volta si nutrono di vegetali e quindi in ultima analisi sfruttano anch'essi l'energia solare, seppur indirettamente. Da essa derivano più o meno direttamente quasi tutte le altre fonti energetiche disponibili all'uomo quali i combustibili fossili, l'energia eolica, l'energia del moto ondoso, l'energia idroelettrica, l'energia da biomassa con le sole eccezioni dell'energia nucleare, dell'energia geotermica e dell'energia delle maree. Può essere utilizzata direttamente a scopi energetici per produrre calore o energia elettrica con varie tipologie di impianto. Dal punto di vista energetico si tratta di un'energia alternativa ai classici combustibili fossili, rinnovabile e pulita. Può essere opportunamente sfruttata attraverso diverse

tecnologie e a diversi fini anche se in diverse sue tecnologie di sfruttamento soffre di variabilità e intermittenza di produzione ovvero non piena programmabilità dovuta ai cicli giorno-notte e alla copertura nuvolosa. Mediamente il Sole irradia alle soglie dell'atmosfera terrestre 1367 W/m^2 , nota come costante solare e distribuita secondo lo spettro solare. Tenendo conto del fatto che la Terra è una sfera che oltretutto ruota, l'irraggiamento solare medio o insolazione è, alle latitudini europee, di circa 200 W/m^2 . Moltiplicando questo valore medio di potenza per metro quadro per il valore della superficie dell'emisfero terrestre istante per istante esposto al sole, si ottiene una potenza superiore ai 50 milioni di GW (per poter fare un paragone, si tenga presente che la potenza media di una grande centrale elettrica si aggira attorno ad 1 GW). La quantità di energia solare che arriva sul suolo terrestre è quindi enorme, circa diecimila volte superiore a tutta l'energia usata dall'umanità nel suo complesso, ma poco concentrata, nel senso che è necessario raccogliere energia da aree molto vaste per averne quantità significative, e piuttosto difficile da convertire in energia facilmente sfruttabile con efficienze accettabili.

3.3.1 SOLARE TERMICO

L'energia solare può essere utilizzata per generare elettricità (fotovoltaico) o per generare calore (solare termico). Sono tre le tecnologie principali per trasformare in energia sfruttabile l'energia del sole: Il pannello solare termico (detto anche collettore solare) è un dispositivo atto alla conversione della radiazione solare in energia termica e al suo trasferimento, per esempio, verso un accumulatore per un uso successivo. Un sistema solare termico normalmente è composto da un pannello che riceve l'energia solare, da uno scambiatore dove circola il fluido utilizzato per trasferirla al serbatoio utilizzato per immagazzinare l'energia accumulata riscaldando acqua per uso sanitario oppure per il riscaldamento di ambienti. Il sistema può avere due tipi di circolazione, naturale o forzata.

Circolazione naturale:

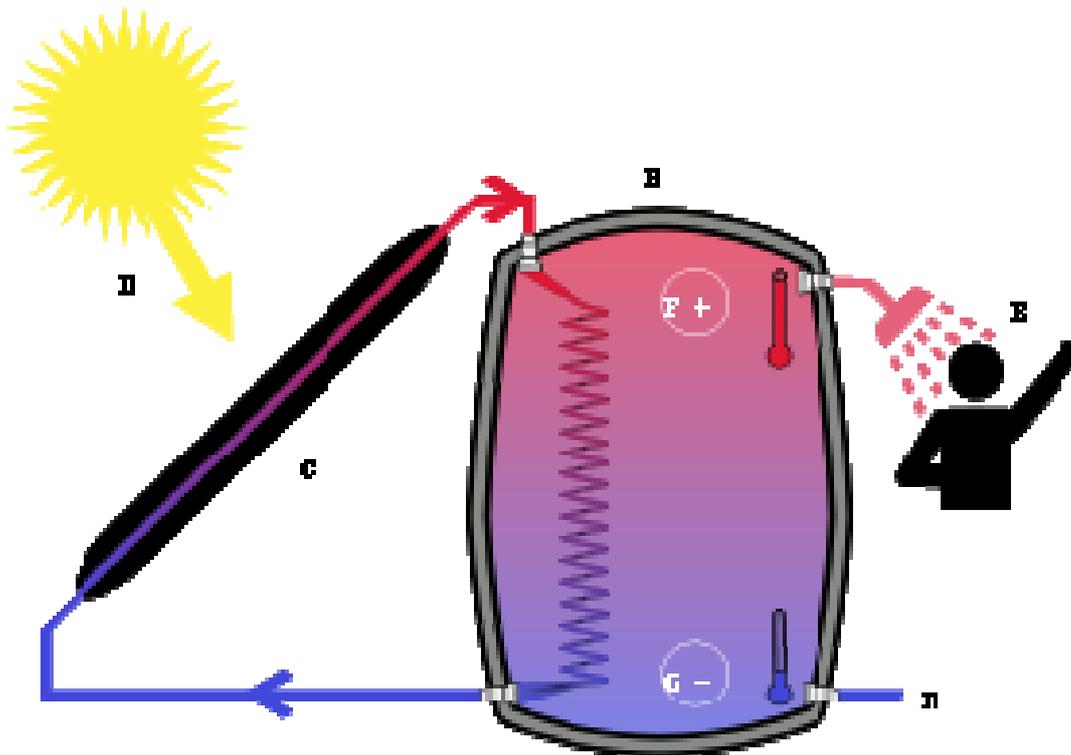


Figura 3.1 Solare termico a circolazione naturale

Schema di un impianto a circolazione naturale: (A) Entrata dell'acqua fredda; (B) Serbatoio coibentato; (C) Pannello solare termico; (D) Radiazione solare; (E) Uscita dell'acqua calda. Nel caso della circolazione naturale a termosifone, per far circolare il fluido vettore nel sistema solare, si sfrutta la convezione. Il liquido vettore riscaldandosi nel pannello solare si dilata e galleggia rispetto a quello più freddo presente nello scambiatore del serbatoio di accumulo spostandosi, quindi, nello scambiatore posto più alto rispetto al pannello solare cedendo il suo calore all'acqua sanitaria del secondario. Questa tipologia è più semplice di quella a circolazione forzata. Non esiste consumo elettrico dovuto alla pompa di circolazione e alla centralina solare differenziale presente nel sistema a circolazione forzata.

Circolazione forzata

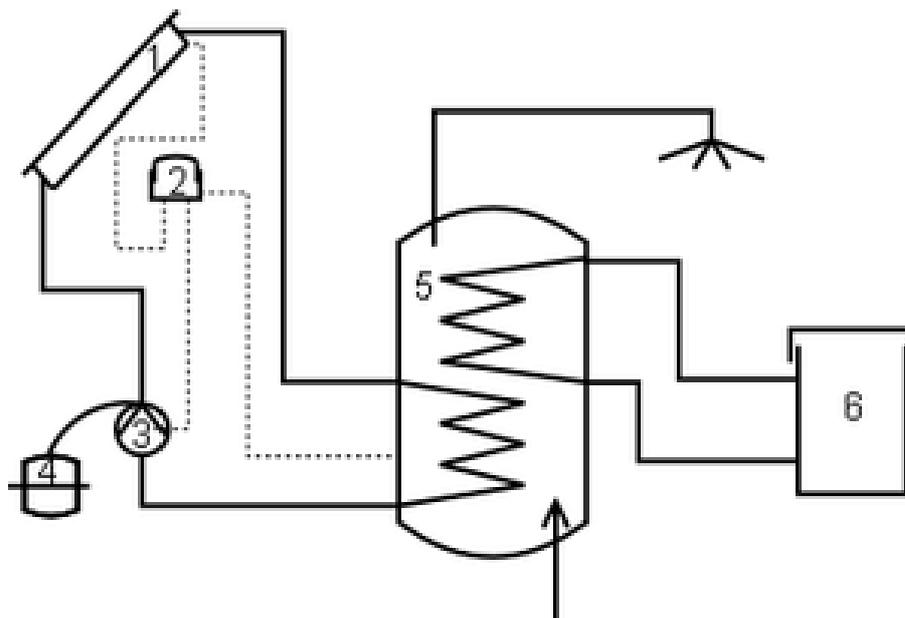


Figura 3.2 Solare termico a circolazione forzata

Schema di un impianto a circolazione forzata: 1) Pannello solare; 2) regolatore; 3) Pompa; 4) Pressostato; 5) Serbatoio d'acqua; 6) Altra fonte di calore (caldaia, pompa di calore ecc.). La circolazione del liquido avviene con l'aiuto di pompe solo quando nei pannelli il fluido vettore si trova ad una temperatura più elevata rispetto a quella dell'acqua contenuta nei serbatoi di accumulo. Per regolare la circolazione ci si avvale di sensori elettrici che confrontano la temperatura del fluido vettore nel collettore con quella nel serbatoio di accumulo (termocoppia). In tali impianti ci sono meno vincoli per l'ubicazione dei serbatoi di accumulo. Normalmente, il circuito idraulico collegato al pannello è chiuso e separato da quello dell'acqua che riscalda, posizionando una serpentina nel serbatoio come scambiatore di calore. Le serpentine possono anche essere due tre o quattro nel caso si voglia anche preriscaldare il fluido dell'impianto di riscaldamento tramite l'acqua del serbatoio o integrazione ad un termocamino o caldaia.

Tipologie di collettori:

- il collettore piano è il sistema più utilizzato per ottenere le basse temperature, cioè comprese fra i 50 °C e i 90 °C, che si ottengono facilmente facendo riscaldare al sole superfici piane. Un collettore piano è costituito da: una lastra trasparente di vetro (se si tratta di

pannelli vetrati), che fa passare le radiazioni in arrivo e blocca quelle in uscita; un assorbitore di rame, che è un buon conduttore di calore, in esso sono ricavati molti canali dove circola acqua o aria; isolante termico, che impedisce la dispersione di calore.

- i pannelli solari termici sottovuoto sono in grado di garantire un maggiore apporto energetico anche in condizioni di basso irraggiamento o basse temperature esterne, esistono principalmente due tipi di collettori sottovuoto, detti anche collettori a tubi sottovuoto, quelli che contengono un tubo a U in cui circola direttamente il liquido che assorbe il calore e quelli Heat pipe che contengono un tubo in rame chiuso alle estremità contenente un liquido in bassa pressione che evapora riscaldandosi e si condensa nella parte alta del tubo cedendo il calore all'acqua sovrastante.

3.3.2 FOTVOLTAICO

La conversione della radiazione solare in energia elettrica si ottiene grazie all'effetto che si ha a partire da un materiale semiconduttore drogato quando viene investito da un flusso luminoso. Un materiale semiconduttore si definisce drogato se all'interno del suo reticolo cristallino viene posto un atomo che nell'orbita esterna presenta un numero di elettroni diverso da quello dell'atomo in questione. Nel caso del Silicio, che trova le maggiori applicazioni nel campo fotovoltaico, vuol dire porre all'interno del suo reticolo un atomo di boro o un atomo di fosforo, formando rispettivamente un reticolo con una lacuna in più nel primo caso (drogaggio di tipo P) o con un elettrone in più nel secondo caso (drogaggio di tipo N). il flusso luminoso, in pratica, apporta l'energia necessaria per far muovere delle coppie lacune/elettrone una volta che sono state messe a contatto due cristalli di questo tipo. La cella, cioè l'unione di silicio drogato di tipo P e di tipo N, diventa così un generatore elettrico.

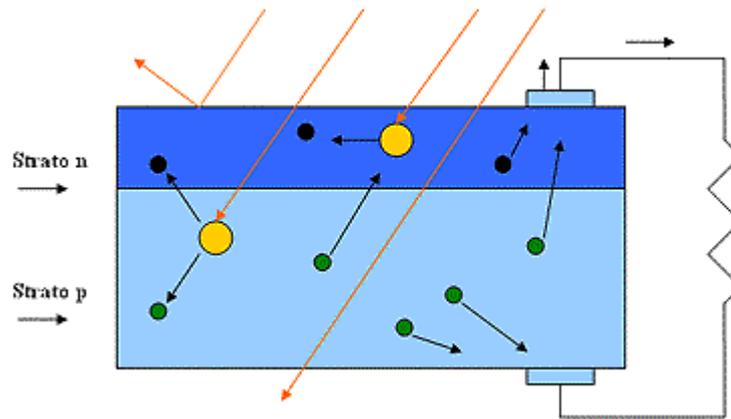


Figura 3.3 Struttura cella fotovoltaica

Soltanto una parte dell'energia solare incidente viene utilizzata per consentire il movimento delle cariche, mentre la rimanente viene trasformata in calore. Il rendimento delle celle risulta così un valore molto basso, anche se la tecnologia si sta evolvendo verso soluzioni sempre più efficienti. Dal collegamento di più celle si ottiene il modulo fotovoltaico e dal collegamento di più moduli si arriva a costruire il generatore fotovoltaico, la parte più costosa di un impianto fotovoltaico. A questo deve essere aggiunto poco altro: il sistema di gestione elettrica, le necessarie protezioni del circuito elettrico, la struttura di supporto ed un eventuale sistema di accumulo. In relazione al tipo di accumulo si può parlare di impianti stand-alone (isolati) o impianti grid-connected (connessi in rete). Nel primo caso si tratta di impianti dotati di accumulo dell'energia elettrica. Le loro applicazioni si limitano a carichi di piccola potenza e per tutte le situazioni caratterizzate da assenza di connessione alla rete elettrica, quali utenti isolate. Nel secondo caso si avranno impianti in cui il sistema di accumulo verrà ad essere costituito dalla rete elettrica stessa. In questo caso si parlerà anche di generazione distribuita, perché l'impianto verrà a costituire un generatore che si allaccerà alla rete e la rete assorbirà l'energia prodotta. Gli impianti presentano lunghi periodi di esercizio quantificabili (sulla base dell'esperienza e delle ricerche finora effettuate) nell'ordine delle decine di anni, con comportamenti prestazionali decisamente stabili e buone caratteristiche di resistenza meccanica. Richiedono poca manutenzione, limitata soprattutto ad aspetti di pulizia del territorio, dei moduli e ai componenti più delicati, come l'inverter. Attualmente sul

mercato sono presenti diversi prodotti che fanno riferimento comunque a pochi tipi di tecnologie, legate nella maggior parte dei casi all'uso del silicio come materia principale. Esistono però soluzioni alternative che presentano vantaggi e svantaggi in termini di reperibilità del materiale, efficienza della conversione, costi, affidabilità, resa nel tempo e LCA. Le celle disponibili sul mercato sono di tre tipi: monocristallino, policristallino, amorfo. A seconda della tipologia di silicio utilizzato, cambiano le efficienze e quindi le superfici da occupare a parità di potenza da produrre; infatti se si vuole installare 1 kWp con efficienza del 14% (valore di riferimento per un ottimo modulo in silicio monocristallino) sarà necessario disporre di 7.14 metri quadri di pannelli, mentre se l'efficienza scende al 12% (valore di riferimento per un buon modulo policristallino) saranno necessari 8.33 metri quadri.

Oltre alla tecnologia del silicio cristallino ci sono le celle a film sottile; queste sono costituite da sottili strati di semiconduttori applicati ad un substrato di altro materiale attraverso un processo di deposizione. I semiconduttori più utilizzati sono:

- Silicio amorfo;
- Diseleniuro di rame e indio (CIS);
- Telloruro di cadmio (CdTe).

I principali vantaggi di questa tecnologia sono: 1) Impiego molto ridotto di materiale fotosensibile per l'elevata capacità di assorbimento della radiazione solare. Lo strato può essere ridotto fino a 0.001 mm; 2) La temperatura di processo è compresa tra i 200 e i 500 °C; 3) Il processo di produzione consente di usare meno materiale e meno energia; 4) Sono più sensibili alla radiazione diffusa delle celle in silicio cristallino; 5) Risentono meno della perdita di efficienza al crescere della temperatura di funzionamento. I moduli a film sottile consentono quindi di avere una produzione in kWh annui per kWp installati superiore rispetto ai moduli in silicio cristallino anche del 15% e più. I vantaggi saranno più evidenti, quindi, in siti soggetti ad ombreggiamento, altamente inquinati o particolarmente assolati e caldi, dove le condizioni di componente diffusa della radiazione e di alta temperatura penalizzano le prestazioni dei moduli cristallini. Presentano comunque un notevole svantaggio: l'efficienza della

conversione si limita a valori compresi tra il 6 ed il 9%, quindi per poter installare la stessa potenza di picco di un impianto con il silicio cristallino occorrerà una superficie circa doppia.

In ogni caso, di molti materiali impiegabili per la costruzione dei moduli fotovoltaici, il silicio è in assoluto il più utilizzato. Il silicio viene ottenuto in wafer che vengono in seguito uniti tra loro a formare un modulo fotovoltaico. Le tipologie costruttive di celle fotovoltaiche più comuni sono:

- Silicio monocristallino: presentano efficienza dell'ordine del 16-17%. Sono tendenzialmente costosi e, dato che vengono tagliati da lingotti cilindrici, è difficile ricoprire con essi superfici estese senza sprecare materiale o spazio.
- Silicio policristallino: celle più economiche, ma meno efficienti (15-16%), il cui vantaggio risiede nella facilità con cui è possibile tagliarle in forme adatte ad essere unite in moduli.
- Silicio "ribbon": preparate da silicio fuso colato in strati piani. Queste celle sono ancora meno efficienti (13,5-15%), ma hanno l'ulteriore vantaggio di ridurre al minimo lo spreco di materiali, non necessitando di alcun taglio. Un approccio alternativo procede con la ricopertura dell'intero modulo con il materiale desiderato e il successivo disegno delle celle da parte di un laser.
- Silicio amorfo depositato da fase vapore: hanno un'efficienza bassa (8%), ma sono molto più economiche da produrre. Il silicio amorfo (Si-a) possiede un bandgap maggiore del silicio cristallino (Si-c) (1.7 eV contro 1.1 eV): ciò significa che è più efficiente nell'assorbire la parte visibile dello spettro della luce solare, ma fallisce nel raccoglierne la parte infrarossa. Dato che il silicio nanocristallino (con domini cristallini dell'ordine del nanometro) ha circa lo stesso bandgap del Si-c, i due materiali possono essere combinati creando una cella a strati, in cui lo strato superiore di Si-a assorbe la luce visibile e lascia la parte infrarossa dello spettro alla cella inferiore di silicio nano cristallino.
- CIS: basate su strati di calcogenuri (ad es. $\text{Cu}(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{SexS}_{1-x})_2$). Hanno un'efficienza fino all'11%, ma il loro costo è ancora troppo elevato.

- Celle fotoelettrochimiche: queste celle, realizzate per la prima volta nel 1991, furono inizialmente concepite per imitare il processo di fotosintesi. Questo tipo di cella permette un uso più flessibile dei materiali e la tecnologia di produzione sembra essere molto conveniente. Tuttavia, i coloranti usati in queste celle soffrono problemi di degrado se esposti al calore o alla luce ultravioletta.

A causa del naturale affaticamento dei materiali, le prestazioni di un pannello fotovoltaico comune diminuiscono di circa un punto percentuale su base annua. Per garantire la qualità dei materiali impiegati, la normativa obbliga una garanzia di minimo due anni sui difetti di fabbricazione anche sul calo di rendimento del silicio nel tempo, questa arriva minimo 20 anni. La garanzia oggi nei moduli di buona qualità è del 90% sul nominale per 10 anni e dell'80% sul nominale per 25 anni. I moduli fotovoltaici odierni hanno un tempo di vita (lifetime) stimato di 80 anni circa, anche se è plausibile ipotizzare che vengano dismessi dopo un ciclo di vita di 35-40 anni, a causa della perdita di potenza dei moduli e del miglioramento tecnologico dei nuovi prodotti ovvero per obsolescenza dei precedenti.

In relazione al sistema di incentivazione “conto energia” si deve considerare la possibilità di fruire dello “scambio sul posto”, ossia della possibilità di scalare dal fabbisogno di energia prelevata dalla rete quella che è stata immessa dal sistema di generazione. Questo vuol dire che l’energia prodotta sarà doppiamente qualificata dal punto di vista economico: primo perché riceverà il contributo a prescindere dalla sua destinazione d’uso finale, secondo perché consentirà di risparmiare i circa 20-22 centesimi di euro che viene a costare ogni kWh consumato. Bisogna però essere attenti nel dimensionamento dell’impianto, perché ogni kW prodotto ceduto alla rete eccedente il consumo, non verrà retribuito in alcun modo oltre all’incentivazione erogata dal GSE.

La produzione stimata, alle nostre latitudini (circa 45° Nord), risulta pari a circa 1100kWh/anno per kWp installato. Tale produzione annua dipende ovviamente dalle condizioni atmosferiche presenti sul territorio, ovvero dai giorni di sole e anche dall’umidità media dell’aria; un’elevata umidità comporta un minor apporto di luce sul pannello.

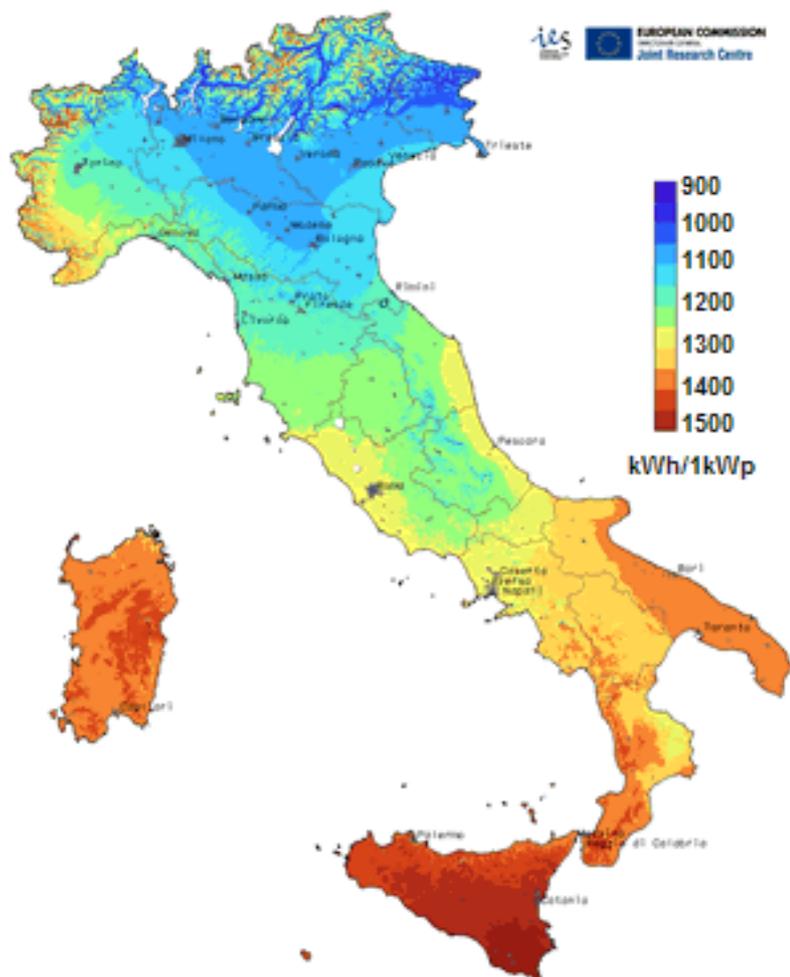


Figura 3.4 Cartina radiazione solare

3.4 ENERGIA AEROTERMICA, IDROTERMICA, GEOTERMICA

3.4.1 LA POMPA DI CALORE

La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta e secondo la nuova direttiva europea da un contributo di fonti rinnovabili; infatti le calorie immesse nel fluido da riscaldare (aria o acqua) sono la somma della corrente elettrica consumata dalla macchina e dell'energia sottratta dal cosiddetto pozzo freddo (aria esterna, acqua o terreno). La pompa di calore opera con lo stesso principio del frigorifero e del condizionatore d'aria ed è per questo che riesce a trasportare energia da una

sorgente a temperature più bassa ad una a temperatura più alta.

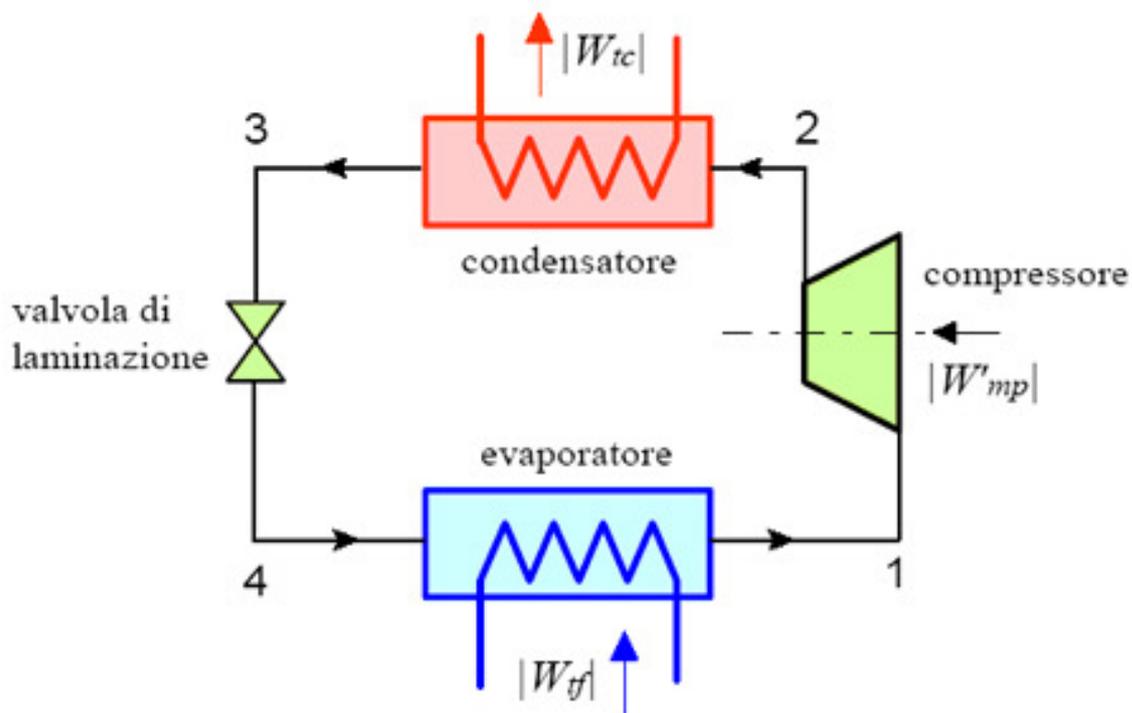


Figura 3.5 Schema di funzionamento di una pompa di calore

La pompa di calore è costituita da un circuito chiuso, percorso da uno speciale fluido (refrigerante) che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore. Il circuito chiuso è costituito da:

- un compressore
- un condensatore
- una valvola di laminazione
- un evaporatore

Il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, cioè tubi posti a contatto con un fluido di servizio (che può essere acqua o aria) nei quali scorre il fluido refrigerante. Questo cede calore al condensatore e lo sottrae all'evaporatore. I componenti del circuito possono essere sia raggruppati in un unico blocco, sia divisi in due parti (sistemi "SPLIT") ricollegate dai tubi nei quali circola il fluido refrigerante. Nel funzionamento il fluido refrigerante, all'interno del circuito, subisce le seguenti trasformazioni:

Compressione: il fluido frigorifero allo stato gassoso e a bassa pressione, proveniente dall'evaporatore, viene portato ad alta pressione; nella compressione si riscalda assorbendo una certa quantità di calore.

Condensazione: il fluido frigorifero, proveniente dal compressore, passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno.

Espansione: passando attraverso la valvola di espansione il fluido frigorifero liquido si trasforma parzialmente in vapore e si raffredda.

Evaporazione: il fluido frigorifero assorbe calore dall'esterno ed evapora completamente.

L'insieme di queste trasformazioni costituisce il ciclo della pompa di calore: fornendo energia con il compressore, al fluido frigorifero, questo, nell'evaporatore, assorbe calore dal mezzo circostante e, tramite il condensatore, lo cede al mezzo da riscaldare. Il liquido (refrigerante) passando attraverso una valvola di espansione si espande riducendo così la propria temperatura. La fonte di calore, tramite l'evaporatore, fornisce calore al liquido refrigerante il quale evapora. Nel condensatore i gas caldi cedono calore all'acqua dell'impianto di riscaldamento condensando. Il compressore comprime il gas (refrigerante) aumentandone la temperatura.

3.4.2 EFFICIENZA DELLA POMPA DI CALORE

Nel corso del suo funzionamento, la pompa di calore:

- consuma energia elettrica nel compressore
- assorbe calore nell'evaporatore, dal mezzo circostante, che può essere aria o acqua
- cede calore al mezzo da riscaldare nel condensatore (aria o acqua).

Il vantaggio nell'uso della pompa di calore deriva dalla sua capacità di fornire più energia (calore) di quella elettrica impiegata per il suo funzionamento in quanto estrae calore dall'ambiente esterno (aria-acqua). L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal coefficiente di prestazione "C.O.P." che è il rapporto tra energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) ed energia elettrica consumata. Il C.O.P. è variabile a seconda del tipo di pompa di calore e delle condizioni di funzionamento ed

ha, in genere, valori prossimi a 3. Questo vuol dire che per 1 kWh di energia elettrica consumato, fornirà 3 kWh (2580 kcal) di calore al mezzo da riscaldare.

Il mezzo esterno da cui si estrae calore è detto sorgente fredda. Nella pompa di calore il fluido frigorifero assorbe calore dalla sorgente fredda tramite l'evaporatore. Le sorgenti fredde contraddistinguono l'energia rinnovabile, e si classificano in tre categorie:

- l'aria: dalla quale si ricava l'energia aerotermica esterna al locale dove è installata la pompa di calore oppure estratta dal locale dove è installata la pompa di calore. L'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque; tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente. Nel caso si utilizzi l'aria esterna, è necessario (intorno a 0°C), un sistema di sbrinamento che comporta un ulteriore consumo di energia.
- l'acqua: dalla quale si ricava l'energia idrotermica, l'acqua di falda, di fiume, di lago quando questa è presente in prossimità dei locali da riscaldare e a ridotta profondità. L'acqua come sorgente fredda garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne; tuttavia richiede un costo addizionale dovuto al sistema di adduzione.
- terreno: dalla quale si ricava l'energia geotermica, nel quale vengono inserite le tubazioni relative all'evaporatore. Il terreno, come sorgente fredda ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria. Le tubazioni orizzontali vanno interrate ad una profondità minima da 1 a 1,5 metri per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna e mantenere i benefici effetti dell'insolazione. È necessaria una estensione di terreno da 2 a 3 volte superiore alla superficie dei locali da riscaldare. Si tratta quindi di una soluzione costosa, sia per il terreno necessario che per la complessità dell'impianto.

4 CALCOLI ENERGETICI

Per effettuare una valutazione della normativa regionale, verranno confrontati vari livelli di efficienza energetica di due edifici in funzione delle diverse quantità assolute di energia prodotta da fonti rinnovabili necessaria per ottenere il 50%. Tale confronto sarà di natura economica e ambientale; in particolare verrà analizzato in un primo caso il ritorno economico di un maggior investimento per ottenere una classe energetica migliore, a fronte di una minor spesa per il riscaldamento ed il raffrescamento degli ambienti, in un secondo caso verranno analizzate economicamente diverse soluzioni impiantistiche; verrà infine analizzata la differenza di CO₂ emessa nell'ambiente. Per effettuare tali calcoli si rende necessario il calcolo energetico dell'edificio, ovvero il fabbisogno utile di energia per mantenere una temperatura interna degli ambienti pari a 20°C in inverno, 26°C in estate (55% di umidità relativa), e per il soddisfacimento dei fabbisogni di acqua calda sanitaria. Il fabbisogno di energia per il mantenimento della temperatura desiderata degli ambienti dipende dalle caratteristiche dell'involucro dell'edificio (murature, coperture, finestre) e dall'impianto utilizzato.

4.1 CALCOLO DEL CONSUMO ENERGETICO DELL'EDIFICIO

Il calcolo dei consumi termici verrà effettuato tramite il software di calcolo "Termus" di ACCA Software. Questo programma prevede l'inserimento grafico della struttura dell'edificio; attraverso alcuni semplici comandi e la possibilità di inserire sullo sfondo il disegno cad dell'edificio risulta molto semplice inserire tutti i dati necessari al calcolo.

Termus procede quindi al calcolo delle superfici disperdenti energia e quindi al calcolo dell'energia dispersa da queste ultime verso l'esterno o verso locali non riscaldati. Le stratigrafie delle strutture vengono inserite dall'utente nell'archivio del programma.

Particolare attenzione merita l'inserimento delle strutture trasparenti (finestre), per le quali oltre all'inserimento delle strutture è necessario indicare anche se sono, e come sono, ombreggiate; l'ombreggiatura delle finestre infatti, influenza molto il comportamento termico degli edifici. Infine deve essere inserita la descrizione dell'impianto di riscaldamento che serve l'edificio.

Il programma calcola quindi l'indice di prestazione energetica dell'edificio in termini di:

- Energia utile per riscaldamento, ovvero l'energia necessaria per mantenere la temperatura desiderata negli ambiente nel periodo invernale (normalmente considerata a 20°C)
- Energia utile per acqua calda sanitaria, ovvero l'energia necessaria per riscaldare il quantitativo di acqua calda richiesto dall'utente nell'arco di una anno (tale quantitativo è normato in funzione della superficie utile dell'edificio dalla norma UNI 11300)
- Energia utile per raffrescamento, ovvero l'energia necessaria per mantenere la temperatura e l'umidità desiderata negli ambiente nel periodo estivo (normalmente considerata a 26°C – 55%)
- Energia primaria per riscaldamento in funzione dell'impianto termico, ovvero l'energia necessaria, al lordo delle dispersioni, utilizzata dal generatore di calore
- Energia primaria per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria

4.2 COPERTURA DEL CONSUMO ENERGETICO DA FONTI RINNOVABILI

Per poter verificare la percentuale di copertura del consumo energetico da fonti rinnovabili è necessario capire come calcolare tale copertura, che sarà del 50% dei consumi per riscaldamento, ACS e raffrescamento a partire dal 1 Gennaio 2015. La normativa europea prevede che il contributo di produzione di energia rinnovabile sia soddisfatto attraverso l'utilizzo di impianti solari, fotovoltaico, pompe di calore, biomassa e teleriscaldamento. Di seguito verranno analizzati alcuni casi in cui si metteranno a confronto

tradizionali tipologie di impianti di generazione del calore a metano con impianti in pompa di calore integrate con impianti fotovoltaici. La normativa europea, infatti considera come fonte rinnovabile anche l'energia aerotermica, idrotermica o geotermica fornita dalle pompe di calore e indica tale contributo corrispondente a:

$$E_{res} = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{SPF} \right)$$

Con

E_{res} – energia rinnovabile fornita dalla pompa di calore

Q_{usable} – Energia utile fornita dalla pompa di calore

SPF – rendimento medio stagionale della pompa di calore

Come si vedrà in seguito, la normativa della regione Emilia-Romagna prevede una sostanziale differenza nel calcolo dell'energia rinnovabile fornita dalle pompe di calore.

4.2.1 POMPA DI CALORE

La metodologia di calcolo delle fonti rinnovabili nel caso di utilizzo di pompe di calore viene specificata direttamente dalla normativa regionale. La normativa regionale precisa infatti che le pompe di calore forniscano un quantitativo di fonte rinnovabile pari a:

$$E_{res} = E_{pdc} * \left(1 - \left(\frac{1}{SPF} \right) \right) (\text{kWh/anno})$$

Con

$SPF = 0,40 \times SCOP = E_{pdc}/E_{p,pdc}$ (Seasonal Performance Factor)

$SCOP$ (COP medio stagionale-Coefficient of performance)

E_{pdc} – Energia utile prodotta dalla pompa di calore

Questa formula permette il calcolo dell'energia rinnovabile fornita dalla pompa di calore, ovvero l'energia aerotermica, geotermica o idrotermica ricavata rispettivamente dall'aria, dalla terra o dall'acqua.

Tale formula viene recepita dalla normativa europea ma con una sostanziale differenza; il SPF infatti risulta essere un rendimento termico essendo il SCOP moltiplicato per il coefficiente di conversione termico-elettrico stimato per la Unione Europea, la quale sancisce che tale fattore di conversione sia pari a:

$$\text{Fattore di conversione} = \frac{1}{1 \text{ TEP} * 0,000215} = \frac{1}{2,50}$$

Ovvero un kWh elettrico corrisponde a 2,5kWh termici; sostanzialmente ciò significa che, al netto delle fonti rinnovabili globalmente utilizzate in Europa, servono 2,5kWh termici di energia ottenuta da combustibili fossili per produrre 1 kWh elettrico.

TEP=11630kWh (Tonnellate equivalenti di Petrolio)

Ricordo che, in Italia, l'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas) stima un fattore di conversione pari 0,000187 TEP, il che implica che 1kWh elettrico=2,18kWh termici.

Al contrario di quanto indicato dalla Regione Emilia-Romagna, l'Unione Europea considera il contributo dato dalla pompa di calore all'utilizzo delle energia rinnovabili senza considerare il fattore di conversione elettrico-termico, e quindi indicando, per la pompa di calore, un SPF = SCOP, ovvero un rendimento elettrico (questo a mio avviso è profondamente sbagliato).

4.2.2 SOLARE FOTOVOLTAICO

L'energia fotovoltaica può essere utilizzata nel calcolo delle fonti rinnovabili quando copre un consumo di energia elettrica, generalmente può essere utilizzata per la copertura dei fabbisogni di energia elettrica per il raffrescamento e per il riscaldamento nel caso di utilizzo di una pompa di calore elettrica. Il calcolo della copertura da fonti rinnovabili in questo

particolare caso è ben indicato dalle FAQ presenti sul sito della Regione Emilia-Romagna.

Attualmente, non sono disponibili criteri di calcolo normalizzati per quantificare l'energia rinnovabile prodotta da un sistema impiantistico dotato di pompa di calore e sistema fotovoltaico. In assenza di specifiche indicazioni normative, e fino alla loro emanazione la regione Emilia-Romagna impone di utilizzare questo calcolo:

- Se $P_{fv} > P_{pdc}$

$$\%Erinn = 1 - \left(\frac{1}{SCOP} \right)$$

- Se $P_{fv} < P_{pdc}$

$$\%Erinn = \left(\left(\frac{P_{fv}}{P_{pdc}} \right) * \left(1 - \frac{1}{SCOP} \right) \right) + \left(\left(1 - \frac{P_{fv}}{P_{pdc}} \right) * \left(1 - \left(\frac{1}{0,4 * SCOP} \right) \right) \right)$$

Dove:

P_{fv} -potenza di picco dell'impianto solare fotovoltaico

P_{pdc} -potenza elettrica nominale assorbita dalla pompa di calore

$\%Erinn$ -percentuale di energia rinnovabile

Attraverso questa formula è possibile ricavare la quantità di energia rinnovabile:

$$E_{res} = \%Erinn * E_{pdc}$$

Mentre l'energia primaria risulta pari a:

$$E_{P,pdc} = E_{pdc} - E_{res}$$

4.2.3 SOLARE TERMICO

Il calcolo della produzione di energia termica da solare termico parte da alcuni dati fondamentali sui pannelli:

- Mq di superficie captante
- Scostamento rispetto al sud
- Inclinazione rispetto all'orizzontale
- Tipologia (Piani o tubi avuoto)
- Latitudine e condizioni climatiche del Comune
- Accumulo di acqua

Attraverso l'analisi di questi dati il software calcola l'effettivo utilizzo di energia solare termica per il riscaldamento o per la produzione di ACS al netto del fattore di utilizzo di tale energia. Il difetto principale di questa tecnologia è infatti che non può essere utilizzata nel momento in cui viene prodotta ma deve essere immagazzinata, in secondo luogo la produzione di energia solare termica è utile solo al raggiungimento di una certa temperatura (mediamente di 35°C) dell'acqua nel pannello; prima di raggiungere tale temperatura infatti l'acqua non può alimentare l'accumulatore, in quanto lo andrebbe a raffreddare.

In sostanza quindi la copertura di consumo energetico da solare termico è calcolata così:

$$\%E_{res} = \frac{E_{res}(termica)}{E_{utile}}$$

Ovvero il rapporto tra l'energia solare termica effettivamente utilizzata e l'energia necessaria.

5 APPLICAZIONE DEI CALCOLI A CASI REALI

5.1 VILLETTA MONOFAMILIARE

Il primo fabbricato analizzato è una villetta monofamiliare di prossima costruzione nel comune di Minerbio in provincia di Bologna, disposta su due piani, con struttura in cemento cellulare. Di queste villette verranno valutate situazioni energetiche differenti, ovvero aumentando il livello di isolamento termico si verificherà il trade-off tra maggior investimento iniziale e la spesa per il consumo energetico negli anni.

In particolare verranno analizzate quattro diverse classi energetiche (classe C, classe B, classe A, classe A+) integrate con un livello di copertura da energie rinnovabili pari al 50% come previsto dalla normativa regionale a partire dal 1 Gennaio 2015.

5.1.1 PROGETTO



Figura 5.1 Piante Piano terra – Piano primo

Come si evince dalle figure, il progetto prevede la costruzione di una villetta monofamiliare tradizionale disposta su due piani con zona giorno al piano terra e zona notte al piano primo. La disposizione risulta essere disallineata con l'asse della strada; questo permette di avere il lato principale disposto verso Sud.

SEZIONI

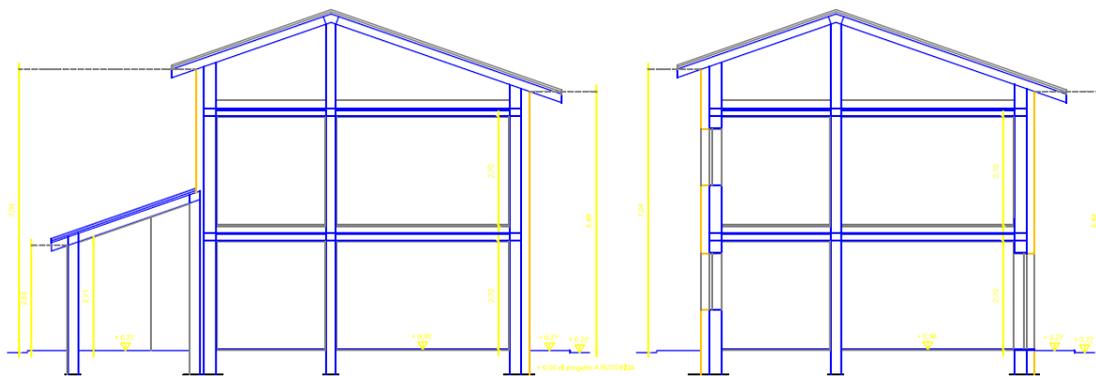


Figura 5.2

PROSPETTI NORD – EST

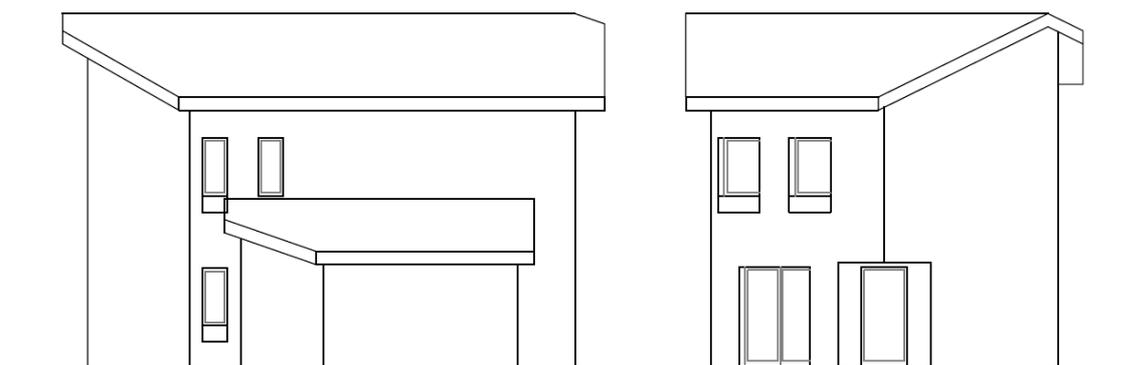


Figura 5.3

PROSPETTI SUD – OVEST

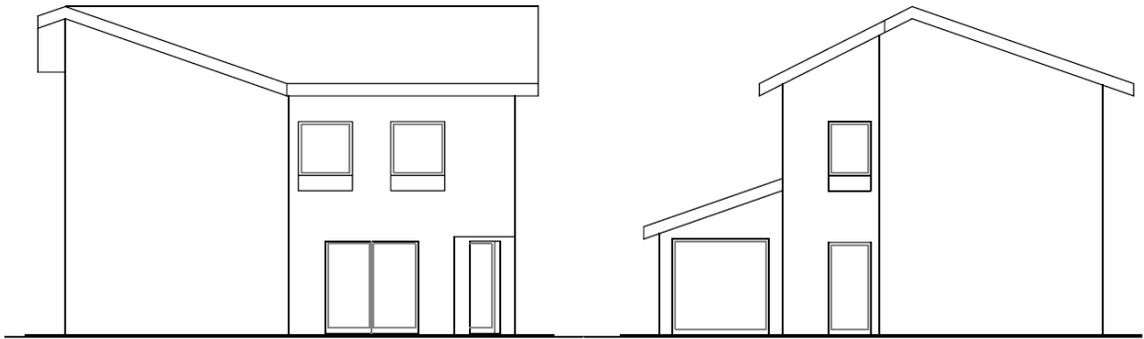


Figura 5.4

5.1.2 CALCOLO DEI CONSUMI ENERGETICI

Di seguito vengono illustrati i risultati energetici dello stesso edificio con l'indicazione dei livelli di isolamento termico considerato per ogni classe energetica che verrà valutata. In ordine quindi verranno analizzate la Classe C, Classe B, Classe A, Classe A+:

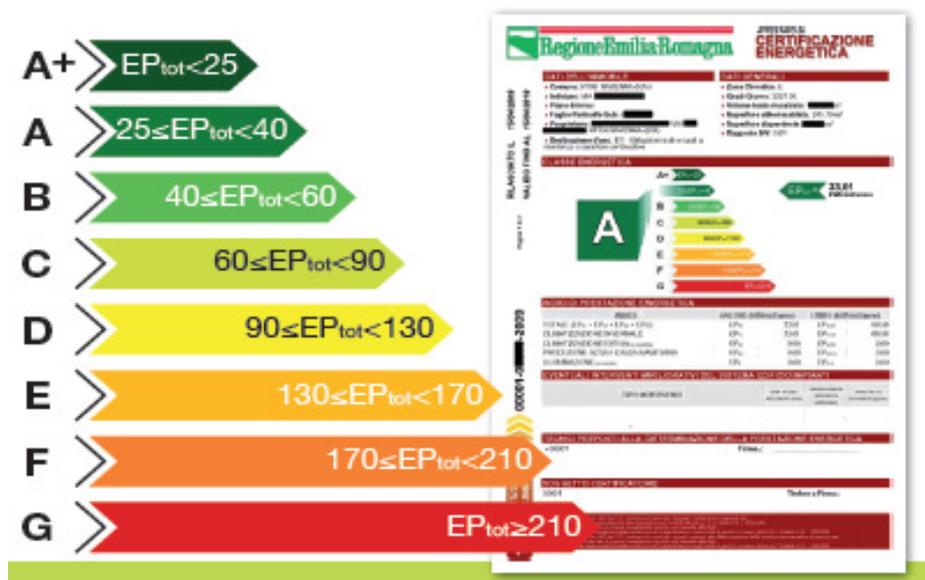


Figura 5.5

CLASSE C

La classe C è la classe energetica più alta contemplata, in quanto le classi superiori non rispettano i requisiti minimi di consumo energetico. Oltre ai limiti di consumo energetico la normativa regionale, così come quella nazionale, prevede dei limiti sulle trasmittanze termiche delle strutture opache orizzontali, verticali e sui serramenti. Nelle tabelle 5.1 sono indicati tali limiti:

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	0,36
E	0,34
F	0,33

Tab. F.1 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache verticali (pareti perimetrali verticali) tra spazi climatizzati ed ambiente esterno ovvero verso ambienti non dotati di impianto termico

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	0,32
E	0,30
F	0,29

Tab. F.2 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache orizzontali o inclinate superiori di copertura, ad eccezione degli edifici di categoria E8.

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	0,36
E	0,33
F	0,32

Tab. F.3 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache orizzontali inferiori (solai a terra) e su spazi esterni (solai su spazi aperti) nonché delle partizioni interne orizzontali (solai) tra spazi climatizzati e spazi non climatizzati, ad eccezione degli edifici di categoria E8.

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	2,4
E	2,2
F	2,0

Tab. G.1 Valore limite della Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (finestre, porte-finestre luci fisse) verticali, orizzontali o inclinate, comprensive degli infissi.

Zona Climatica	U (W/m ² K)
D	1,9
E	1,7
F	1,3

Tab. G.2 Valore limite della trasmittanza termica della sola componente vetrata dei serramenti esterni (finestre, porte-finestre luci fisse) verticali, orizzontali o inclinati.

Tabella 5.1

Per cui le stratigrafie risultano essere, come indicato nelle tabelle sottostanti. Dato che il cemento cellulare è un materiale con un discreto potere isolante, per ottenere un'abitazione in Classe energetica C è sufficiente installare un cappotto di 2 cm di spessore per le murature esterne. Dalle schede sottostanti si evince la stratigrafia completa delle strutture, le caratteristiche di ogni strato e le caratteristiche termiche globali della struttura intera. In particolare vengono indicati:

- Conduttività termica lambda ($\lambda=W/mK$) di ogni materiale
- Resistenza termica di ogni strato di materiale
- Trasmittanza globale della struttura intera
- Trasmittanza termica periodica, sfasamento e attenuazioni (ovvero i parametri caratteristici necessari per valutare le prestazioni termiche della struttura nel calcolo estivo)

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M001
 Descrizione Struttura: Muro esterno in Gasbeton + cappotto

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
3	Blocco Gasbeton	300	0.144	0.480	150.00	32.000	1	2.083
4	EPS ROEFIX LAMBDAPOP	20	0.030	1.500	0.36	4.289	1280	0.667
5	Intonaco cementizio	5	1.000	200.000	8.00	12.000	1	0.005
6	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 2.946 m²K/W					TRASMITTANZA = 0.339 W/m²K			
SPESSORE = 340 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 19.756 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 150 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.33 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.98			SFASAMENTO = 0.84 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

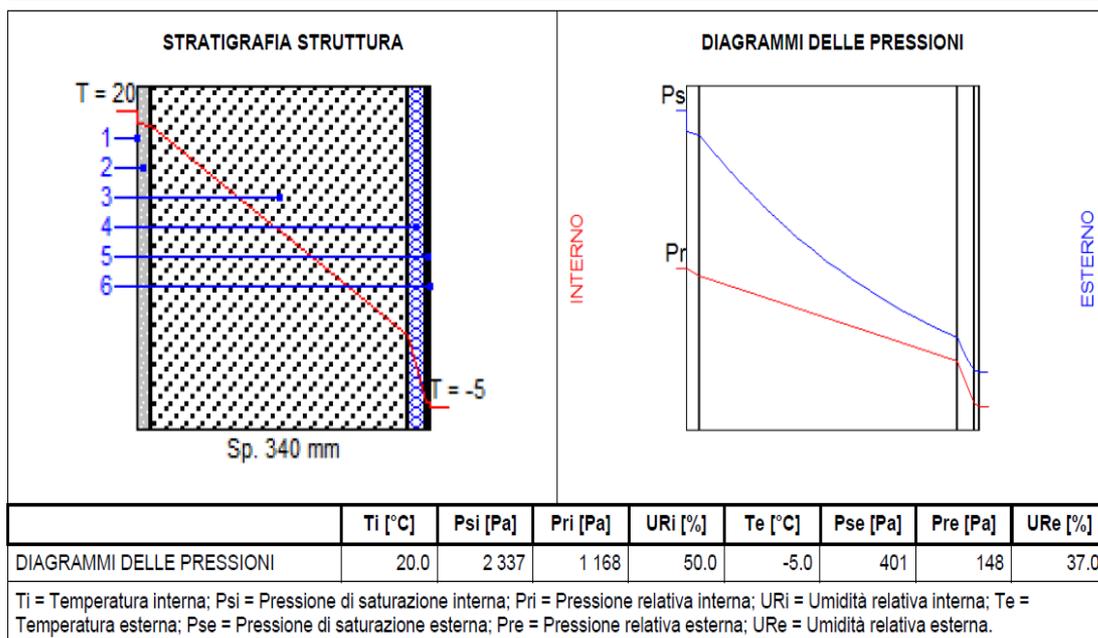


Figura 5.6

La stratigrafia del pavimento invece presenta una struttura in cemento armato isolata nella parte inferiore con uno strato in vetro cellulare espanso.

Codice Struttura: S002
 Descrizione Struttura: Pavimento

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Superiore	0		5.900			0	0.169	
2	Piastrelle.	10	1.000	100.000	23.00	0.940	840	0.010	
3	Malta di cemento.	40	1.400	35.000	80.00	8.500	1000	0.029	
4	Isocal	120	0.120	1.000	42.00	32.167	1	1.000	
5	CLS in genere - a struttura aperta - mv.1600.	400	0.730	1.825	640.00	9.650	1000	0.548	
6	Cellulare espanso - mv.150.	80	0.061	0.756	12.00	0.000	840	1.322	
7	Adduttanza Inferiore	0		5.900			0	0.169	
RESISTENZA = 3.248 m²K/W		SPESSORE = 650 mm				TRASMITTANZA = 0.308 W/m²K		CAPACITA' TERMICA AREICA = 56.525 kJ/m²K	
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.01				MASSA SUPERFICIALE = 797 kg/m²			
						SFASAMENTO = 20.43 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

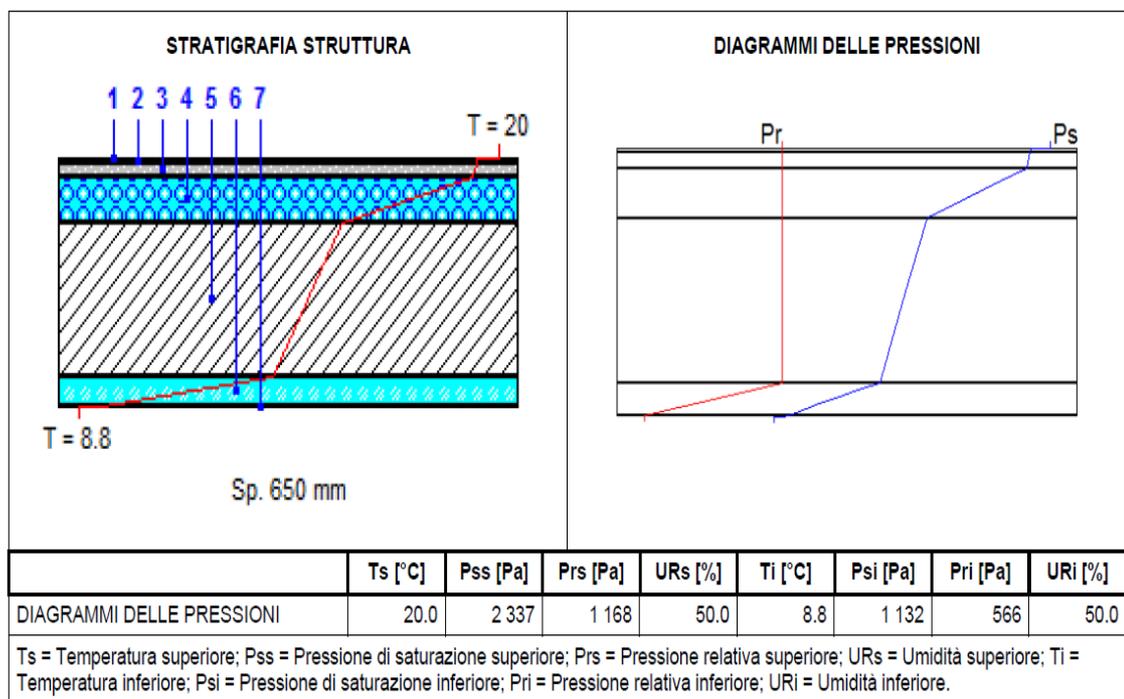


Figura 5.7

Il solaio di copertura è un tradizionale solaio in latero-cemento di spessore pari a 24cm coibentato con pannelli in polistirene espanso:

Codice Struttura: S003
 Descrizione Struttura: Solaio sottotetto

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		10.000			0	0.100
2	Polistirene - espanso estruso (con pelle) - mv.30	100	0.034	0.341	3.00	1.040	1200	2.933
3	Solaio tipo predalles (spessore struttura 200)	240		3.571	355.00	19.000	900	0.280
4	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014
5	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100
RESISTENZA = 3.427 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.292 W/m²K		
SPESSORE = 350 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA = 71.968 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 358 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.05 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.19				SFASAMENTO = 9.11 h		
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..								

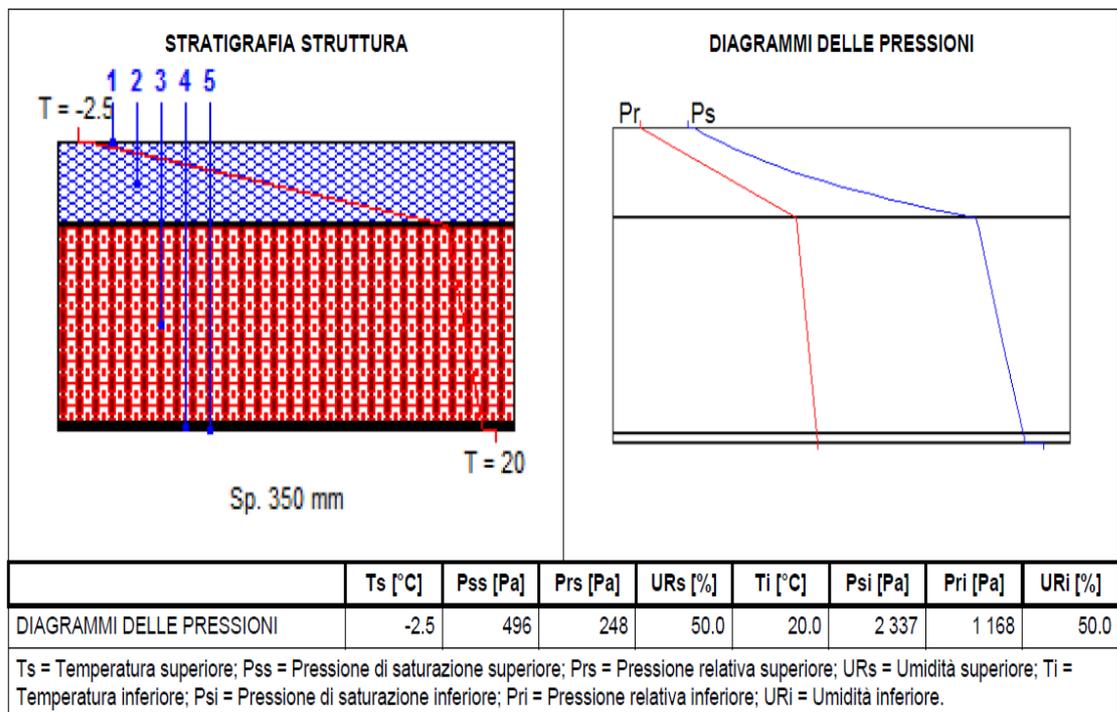
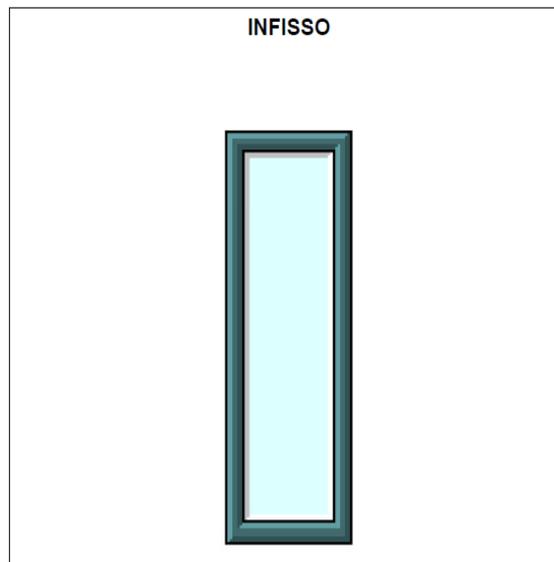


Figura 5.8

Le finestre infine sono in legno con doppi vetri aventi una camera di isolamento di 16 mm:

Codice Struttura: F004
 Descrizione Struttura: Portafinestra a 1 ante
 Dimensioni: L = 1.10 m; H = 2.37 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	2.077	0.530	6.300	1.511	1.309	0.080	1.663	0.60
Ponte Termico Infisso-Parete: W18-inf.interno-isol.cappotto+mazzetta = 0.2 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2031
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.125 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	8.000 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.601 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.663 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.511 W/m²K

Figura 5.9

Attraverso l'inserimento grafico di tutte le strutture in un progetto del software Termus si ottiene il calcolo del consumo energetico dell'edificio; in sostanza il software effettua un bilancio delle dispersioni termiche e degli

apporti gratuiti di calore, quindi avremo che il fabbisogno di energia sarà dato dalla somma algebrica:

- Delle dispersioni attraverso gli elementi strutturali confinanti con l'esterno o con locali non riscaldati

$$Q = U * Sup * GG * \frac{24}{1000}$$

Dove:

U – Trasmittanza termica dell'elemento

Sup – Superficie disperdente

GG – GradiGiorno della località

- Dispersione attraverso la ventilazione degli ambienti
- Apporti solari tramite gli elementi trasparenti
- Apporti gratuiti interni (persone, elettrodomestici ecc)

Il software calcola inoltre anche il rendimento dell'impianto e tramite questo calcola il consumo energetico effettivo dell'abitazione. Nei casi seguenti in cui la progettazione prevede l'installazione di una pompa di calore integrata con un impianto fotovoltaico per riscaldamento e raffrescamento non ci avvarremo del calcolo effettuato dal software del rendimento dell'impianto, bensì utilizzeremo la metodologia proposta dalla delibera regionale dell'Emilia-Romagna.

Qui di seguito viene indicato il risultato del calcolo del software per l'edificio con le caratteristiche precedentemente indicate.

ZONA: Zona 1 - Appartamento 1
 EOdc: Abitazione
 Generatore: Generatore

Destinazione d'uso: E1(1) - abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	
Volume lordo	522.33 m ³
Volume netto	294.75 m ³
Superficie lorda	153.52 m ²
Superficie netta	109.17 m ²
Altezza media netta	2.70 m
Capacità Termica	19 833.11 kJ/K
Apporti Interni medi globali	2.10 W/m ²
Ventilazione naturale	0.30 1/h
Ventilazione meccanica: assente	
Tipo di terminale: Radiatori su parete esterna isolata	
Tipologia della regolazione: Climatica più ambiente con regolatore	
Caratteristiche della regolazione: P banda prop. 1 °C	
Fabbisogno di ACS	62.32 m ³
Salto termico ACS	25.00 °C
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS	1 810.39 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale)	907.67 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (estivo)	902.71 kWh
Dispersione MASSIMA per Trasmissione (POTENZA)	3.68 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione (POTENZA)	1.25 kW
Dispersione MASSIMA per Trasmissione + Ventilazione (POTENZA)	4.93 kW
Fattore di ripresa	0.00 W / m ²

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
HTR	W/K	136.66	136.66	136.66	136.66	136.66	136.66	136.66	0.00
HVE	W/K	29.48	29.48	29.48	29.48	29.48	29.48	29.48	0.00
QhTR	MJ	1 731.47	4 684.96	6 561.47	7 220.32	5 662.00	4 401.88	1 486.06	31 748.15
QhVE	MJ	350.68	970.28	1 373.68	1 515.78	1 183.70	907.89	300.43	6 602.43
QhHT	MJ	2 082.14	5 655.24	7 935.14	8 736.10	6 845.69	5 309.77	1 786.48	38 350.58
Qsol	MJ	766.22	974.48	794.13	899.07	1 199.29	1 790.17	964.11	7 387.48
Qint	MJ	336.73	594.22	614.03	614.03	554.61	614.03	297.11	3 624.77
Qh [MJ]	MJ	1 051.62	4 105.08	6 531.48	7 227.49	5 108.31	3 012.73	682.90	27 719.62
Qh	kWh	292.12	1 140.30	1 814.30	2 007.64	1 418.98	836.87	189.69	7 699.89
QRh	kWh	3.55	6.27	6.48	6.48	5.85	6.48	3.13	38.23
QIEh	kWh	15.19	59.69	95.15	105.32	74.38	43.70	9.82	403.25
QIRh	kWh	6.20	24.36	38.84	42.99	30.36	17.84	4.01	164.59
QhRD	kWh	309.95	1 218.08	1 941.81	2 149.47	1 517.86	891.94	200.39	8 229.50
Qwl	kWh	84.32	148.80	153.76	153.76	138.88	153.76	74.40	907.67

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/83: HTR = Coefficiente globale di scambio termico per TRASMISSIONE; HVE = Coefficiente globale di scambio termico per VENTILAZIONE; QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; QhHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; Qsol = Apporti Solari; Qint = Apporti Interni; Qh [MJ] = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; Qh = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; QRh = Energia TOTALE (accumuli+distribuzione ACS) recuperata dal sistema di Riscaldamento; QIEh = Perdite di emissione; QIRh = Perdite di regolazione; QhRD = Energia termica da fornire al sottosistema di Distribuzione del Riscaldamento; Qwl = Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale).

Tabella 5.2

Scambi Termici per trasmissione e ventilazione, Apporti solari ed interni, Fabbisogno ideale per il raffrescamento (Estivo)

	Un.Mis.	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Totale
Giorni	giorno	3	30	31	31	13	108
QcTR	MJ	242.59	1 603.21	778.18	1 107.61	867.53	4 599.12
QcVE	MJ	48.30	305.60	126.32	197.37	169.70	847.29
QcHT	MJ	290.90	1 908.81	904.49	1 304.97	1 037.23	5 446.41
QcSol	MJ	216.14	2 262.93	2 443.95	2 222.97	880.80	8 026.78
QcInt	MJ	59.42	594.22	614.03	614.03	257.50	2 139.21
Qc [MJ]	MJ	-23.97	-972.78	-2 153.52	-1 533.30	-176.62	-4 860.19
Qc	kWh	-6.66	-270.22	-598.20	-425.92	-49.06	-1 350.05

Valori energetici relativi al raffrescamento, in regime di funzionamento continuo, per i giorni di attivazione indicati: Giorni = giorni di attivazione dell'impianto di raffrescamento; QcTR = Dispersione per Trasmissione; QcVE = Dispersione per Ventilazione; QcHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; QcSol = Apporti Solari; QcInt = Apporti Interni; Qc = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Raffrescamento;

Tabella 5.3

Come si evince dalla stampa dei risultati, il Termus calcola il:

- Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento
- Fabbisogno di energia termica utile per il raffrescamento
- Fabbisogno di energia termica termica utile per ACS (acqua calda sanitaria)

In questo caso, il fabbisogno energetico utile dell'edificio è pari a:

- 7.699,89 kWh per riscaldamento
- 1810,39 kWh per riscaldamento acs
- 1350,05 kWh utili per il raffrescamento

5.1.3 CALCOLO DELLA COPERTURA DEL CONSUMO CON FONTI RINNOVABILI

Per effettuare il calcolo delle copertura del consumo energetico da fonti rinnovabili partiamo, come esemplificato dalla delibera regionale Emilia-Romagna, dal fabbisogno energetico utile del fabbricato, ovvero dal fabbisogno richiesto per scaldare gli ambienti, l'acqua calda sanitaria e per raffrescare gli ambienti nel periodo estivo. Il fabbisogno utile non è l'energia effettivamente consumata dal generatore di calore. Per calcolare l'energia effettivamente consumata dal generatore di calore, cioè l'energia primaria, è necessario dividere il fabbisogno di energia utile per il rendimento termico del generatore di calore.

Di seguito vengono forniti i calcoli del fabbisogno di energia primaria e di percentuale di utilizzo di fonti rinnovabili per quanto riguarda l'edificio in Classe C appena descritto. Prima di tutto però è bene sottolineare che per riscaldare l'edificio è prevista una caldaia a condensazione a metano, con potenza termica nominale pari a 24kW; per cui, per ottenere un contributo da fonti rinnovabili del 50%, risulta necessario installare un impianto solare termico integrato con il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua calda sanitaria; in particolare per coprire il 50% del consumo con fonti rinnovabili bisogna installare ben 6 pannelli solari termici ed un bollitore da 1000 litri, con un conseguente aumento della spesa per l'impianto di riscaldamento.

L'impianto di raffrescamento invece sarà dotato di un condizionatore composto di un unità moto-condensante esterna e le necessarie macchine interne ad espansione diretta (split), integrato con un sistema solare

fotovoltaico con potenza di picco di tre kW elettrici. La normativa non prevede ancora un sistema preciso ed univoco per il calcolo del rendimento dei pannelli solari termici, il quale dipende dalla latitudine, dal clima, dall'orientamento e anche dal coefficiente di utilizzo degli apporti solari.

LUOGO DI INSTALLAZIONE

Descrizione	U.M.	Valore
Provincia		BOLOGNA
Località		MINERBIO
Latitudine	[°]	44.62
Longitudine	[°]	11.48
Altitudine s.l.m.	[m]	16.0
Gradi giorno	[-]	2291.0
Temperatura di progetto	[°C]	-5.000

Tabella 5.4

DATI CLIMATICI DI PROGETTO

Mese	T med [°C]	Radiaz [MJ/G]	Radiaz [kWh/G]	UR min [%]
Gennaio	1.179	5.642	1.567	67.23
Febbraio	4.237	8.800	2.444	60.94
Marzo	8.535	13.64	3.790	54.95
Aprile	12.86	17.29	4.802	55.33
Maggio	17.28	21.16	5.877	52.07
Giugno	21.42	23.06	6.405	51.50
Luglio	23.71	23.30	6.472	48.18
Agosto	23.33	19.74	5.485	48.92
Settembre	19.77	15.10	4.194	54.39
Ottobre	14.32	10.11	2.809	62.42
Novembre	8.178	6.069	1.686	69.52
Dicembre	3.064	4.455	1.238	70.10

Tabella 5.5

T med: Temperature medie, valore in °C

Radiaz: Radiazione solare, valore in MJ e kWh, su m²

UR min: Umidità relativa minima, valore in %

In Tabella 5.7 viene evidenziato il risultato di un calcolo fatto con il software di una nota ditta di caldaie e pannelli solari.

DATI INSTALLAZIONE

N° pannelli		6
Superficie di assorbimento totale	[m ²]	13.8
Angolo di Orientamento		SUD
Angolo Azimutale α	[°]	0.0
Inclinazione collettore β	[°]	30.0
Distanza delle schiere di collettori	[m]	2.150

Tabella 5.6

RISULTATI DEL CALCOLO - ACS

Mese	Q TOT	Q SOL	F
	[kWh]	[kWh]	[%]
Gennaio	201.5	42.33	21.01
Febbraio	182.0	72.88	40.04
Marzo	201.5	157.5	78.17
Aprile	194.8	194.8	100.0
Maggio	201.5	201.5	100.0
Giugno	194.8	194.8	100.0
Luglio	201.5	201.5	100.0
Agosto	201.5	201.5	100.0
Settembre	194.8	194.8	100.0
Ottobre	201.5	190.7	94.62
Novembre	194.8	69.32	35.59
Dicembre	201.5	34.32	17.03
Anno	2372	1756	74.04

Tabella 5.7

Q TOT : Fabbisogno termico totale
 Q SOL : Energia fornita dall'impianto solare
 F : Frazione coperta dall'impianto solare

RISULTATI DEL CALCOLO - RISCALDAMENTO

Mese	Q TOT	Q SOL	F
	[kWh]	[kWh]	[%]
Gennaio	1796	403.3	20.79
Febbraio	1359	5746.6	39.30
Marzo	1094	853.6	74.37
Aprile	658.9	698.9	100.0
Maggio	0.000	0.000	0.000
Giugno	0.000	0.000	0.000
Luglio	0.000	0.000	0.000
Agosto	0.000	0.000	0.000
Settembre	0.000	0.000	0.000
Ottobre	541.8	517.1	88.07
Novembre	1092	420.5	34.85
Dicembre	1616	312.4	16.86
Anno	8157	3778	46.31

Tabella 5.8

Q TOT: Fabbisogno termico totale

Q SOL: Energia fornita dall'impianto solare

F : Frazione coperta dall'impianto solare

Questa soluzione permette di ottenere la quota di energia rinnovabile necessaria. Risulta però evidente come questa soluzione, non sia corretta a livello impiantistico. Si nota infatti che l'impianto solare copre in misura consona il fabbisogno di riscaldamento in inverno, ma è assolutamente sovradimensionato in estate.

Comunque alla luce dei precedenti risultati è possibile calcolare ciò che maggiormente ci interessa ovvero la quota (in percentuale) di utilizzo di fonti rinnovabili. Nel foglio di calcolo di Tabella 4.9 sono stati inseriti i valori di fabbisogno di energia utile calcolati attraverso il software Termus, i valori di produzione di energia termica attraverso i collettori solari ed

infine i valori di potenza della macchina per il reffrescamento e l'impianto fotovoltaico ad essa integrata.

Il calcolo della quota di fonti si ricava da :

$$\%Erinn = Erinn/Q$$

Dove

Erinn – è la quota di solare termico che effettivamente contribuisce al fabbisogno di energia termica utile.

Q – fabbisogno di energia termica utile

Dal foglio di calcolo di Tabella 5.9 si può quindi verificare che il limite del 50% viene soddisfatto installando 6 pannelli solari termici e circa 14 mq di pannelli solari fotovoltaici che corrispondono a 2,1 kWp.

Dal foglio di calcolo si può anche verificare la spesa per il consumo energetico che risulta pari a 554€/anno, calcolati considerando un costo di 0,90€/mc di metano.

Infine è stata calcolata l'anidride carbonica immessa nell'atmosfera secondo i dati forniti dalla norma UNI EN 15603:2008

UNI EN 15603:2008 - Allegato E Fattori e coefficiente di conversione

Vettore energetico	Fattore di conversione CO ₂ (kgCO ₂ /kWh)
Olio combustibile	0,330
Gas naturale (metano)	0,277
Antracite	0,394
Lignite	0,433
Coke	0,467
Cippato di legno	0,004
Legna da ardere (ceppi)	0,014
Legno di faggio	0,013
Legno di abete	0,020
Energia elettrica dalla rete da produzione idroelettrica	0,007 (*)
Energia elettrica dalla rete da produzione termoelettrica	1,340 (*)
Elettricità dalla rete (produzione mista)	0,617 (*)
Energia termica da teleriscaldamento	Valore dichiarato dal fornitore

Tabella 5.9

CLASSE C

Superfici utile	109 mq
P.FV	2,1 kWp
Fattore conv el.	0,4
Costo CH4	0,9 €/mc
Costo EE	0,25 €/kWh

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO
<i>Fabbisogno di Energia Utile - Epdc</i>	7699,69	1810	1397,376 kWh/anno
<i>Contributo Solare Termico Primario</i>	3778	1756	kWh/anno
<i>Rendimento di generazione</i>	0,9	0,72	2,9
Ppdc	0	0	2,75 kW
% Erinn	44,16%	69,85%	53,29%
Erinn	3400,20	1264,32	744,68 kWh/anno
EP	4777,21	757,89	652,69 kWh/anno

	TOTALE	CO2
% Erinn	50%	
Erinn	5409,20 Kwh/anno	
EP	6187,79 Kwh/anno	1672 kg/anno
Spesa combustibili	554,43 €	

Tabella 5.10

CLASSE B

Il miglioramento di una classe energetica può presupporre un aumento degli spessori di isolante che coibenta le murature, le coperture ed i pavimenti, unitamente ad un miglioramento delle prestazioni delle finestre, in questo caso però risulta sufficiente l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore che evita di sprecare energia attraverso la ventilazione naturale degli ambienti. La ventilazione permette infatti di mantenere un'ottima qualità dell'aria degli ambienti interni in qualsiasi momento della giornata senza dover aprire le finestre, perlomeno nel periodo invernale.

Inoltre è possibile prevedere una pompa di calore per il riscaldamento ambienti, acs e raffrescamento estivo; ricordo che la pompa di calore permette di sfruttare al meglio l'integrazione di un impianto fotovoltaico e ottenere così più facilmente il 50% di quota rinnovabile. Considerando quindi di mantenere l'involucro uguale a quello della Classe energetica C, si prevede un impianto di ventilazione meccanica controllata capace di 140 mc/ora di ricambio d'aria con un'efficienza del recuperatore di calore pari al 90%.

Il foglio di calcolo delle fonti rinnovabili della classe B seguirà interamente le disposizioni della Regione Emilia-Romagna, che sono indicate al capitolo 3.2.2 e che dipende dalla potenza di picco dell'impianto fotovoltaico, dalla potenza elettrica assorbita dalla pompa di calore e dal suo SCOP.

ZONA: Zona 1 - Appartamento 1
EOdC: Abitazione
Generatore: Generatore

Destinazione d'uso: E1(1) - abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	
Volume lordo	520.79 m ³
Volume netto	294.75 m ³
Superficie lorda	153.52 m ²
Superficie netta	109.17 m ²
Altezza media netta	2.70 m
Capacità Termica	26 298.84 kJ/K
Apporti Interni medi globali	3.59 W/m ²
Ventilazione naturale	0.30 1/h
Ventilazione meccanica: assente	
Tipo di terminale: Pannelli isolati annegati a pavimento (disaccoppiati termicamente)	
Tipologia della regolazione: Climatica più ambiente con regolatore	
Caratteristiche della regolazione: P banda prop. 1 °C	
Fabbisogno di ACS	62.32 m ³
Salto termico ACS	25.00 °C
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS	1 810.39 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale)	907.67 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (estivo)	902.71 kWh
Dispersione MASSIMA per Trasmissione (POTENZA)	3.66 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione (POTENZA)	1.25 kW
Dispersione MASSIMA per Trasmissione + Ventilazione (POTENZA)	4.91 kW
Fattore di ripresa	0.00 W / m ²

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
HTR	W/K	135.94	135.94	135.94	135.94	135.94	135.94	135.94	0.00
HVE	W/K	29.48	29.48	29.48	29.48	29.48	29.48	29.48	0.00
QhTR	MJ	1 720.63	4 657.25	6 523.76	7 179.14	5 629.34	4 375.57	1 476.72	31 562.42
QhVE	MJ	350.68	970.28	1 373.68	1 515.78	1 183.70	907.89	300.43	6 602.43
QhHT	MJ	2 071.31	5 627.53	7 897.44	8 694.92	6 813.03	5 283.46	1 777.15	38 164.85
Qsol	MJ	704.47	902.29	735.13	834.00	1 115.05	1 634.32	878.85	6 804.11
Qint	MJ	576.32	1 017.04	1 050.95	1 050.95	949.24	1 050.95	508.52	6 203.97
Qh [MJ]	MJ	871.44	3 726.46	6 115.29	6 813.53	4 761.74	2 693.03	552.09	25 533.59
Qh	kWh	242.07	1 035.13	1 698.69	1 892.65	1 322.71	748.06	153.36	7 092.66
QRh	kWh	0.36	0.64	0.66	0.66	0.60	0.66	0.32	3.90
QIEh	kWh	2.44	10.45	17.15	19.11	13.35	7.55	1.55	71.60
QIRh	kWh	7.55	32.32	53.05	59.11	41.30	23.35	4.78	221.45
QhRD	kWh	251.70	1 077.25	1 768.23	1 970.20	1 376.77	778.30	159.37	7 381.82
Qwl	kWh	84.32	148.80	153.76	153.76	138.88	153.76	74.40	907.67

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/93: HTR = Coefficiente globale di scambio termico per TRASMISSIONE; HVE = Coefficiente globale di scambio termico per VENTILAZIONE; QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; QhHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; Qsol = Apporti Solari; Qint = Apporti Interni; Qh [MJ] = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; Qh = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; QRh = Energia TOTALE (accumuli+distribuzione ACS) recuperata dal sistema di Riscaldamento; QIEh = Perdite di emissione; QIRh = Perdite di regolazione; QhRD = Energia termica da fornire al sottosistema di Distribuzione del Riscaldamento; Qwl = Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale).

Tabella 5.11

	Un.Mis.	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Totale
Giorni	giorno	6	30	31	31	16	114
QcTR	MJ	492.26	1 591.76	770.98	1 098.67	1 105.36	5 059.02
QcVE	MJ	98.83	305.60	126.32	197.37	218.59	946.70
QcHT	MJ	591.08	1 897.36	897.29	1 296.03	1 323.95	6 005.72
QcSol	MJ	388.10	2 023.57	2 166.63	1 984.00	974.98	7 537.29
QcInt	MJ	203.41	1 017.04	1 050.95	1 050.95	542.42	3 864.77
EtaU	-	0.90	0.99	1.00	1.00	0.95	-
Qc [MJ]	MJ	-60.67	-1 154.72	-2 320.30	-1 739.33	-262.66	-5 537.68
Qc	kWh	-16.85	-320.76	-644.53	-483.15	-72.96	-1 538.25

Valori energetici relativi al raffrescamento, in regime di funzionamento continuo, per i giorni di attivazione indicati: Giorni = Giorni di attivazione dell'impianto di raffrescamento; QcTR = Dispersione per Trasmissione; QcVE = Dispersione per Ventilazione; QcHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; QcSol = Apporti Solari; QcInt = Apporti Interni; EtaU = Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche; Qc = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Raffrescamento;

Tabella 5.12

Prima di procedere al calcolo è necessario progettare il giusto contributo dell'energia solare termica, che in questo caso sarà ad integrazione della sola produzione di acqua calda sanitaria. Dati i seguenti risultati verrà quindi predisposto un unico pannello solare termico ed un bollitore con capacità pari a 200 litri.

DATI INSTALLAZIONE

N° pannelli		1
Superficie di assorbimento totale	[m ²]	2.3
Angolo di Orientamento		SUD
Angolo Azimutale α	[°]	0.0
Inclinazione collettore β	[°]	30.0

Tabella 5.13

RISULTATI DEL CALCOLO - ACS

Mese	Q TOT	Q SOL	F
	[kWh]	[kWh]	[%]
Gennaio	201.5	51	25.4
Febbraio	182.0	71	39.0
Marzo	201.5	119	59.2
Aprile	194.8	137	70.3
Maggio	201.5	159	79.1
Giugno	194.8	170	87.2
Luglio	201.5	181	90.1
Agosto	201.5	176	87.6
Settembre	194.8	139	71.3
Ottobre	201.5	111	55.2
Novembre	194.8	51	25.4
Dicembre	201.5	35	17.4
Anno	2372	1401	59.1

Tabella 5.14

Il minor fabbisogno di energia della classe B permette di utilizzare la pompa di calore anche per il riscaldamento; le pompe di calore infatti hanno prestazioni elevate solo a basse potenze e quindi non è energeticamente

efficiente installarle laddove la potenza necessaria per il riscaldamento è troppo elevata. La pompa di calore, essendo elettrica, si integra molto bene con la produzione di energie elettrica fotovoltaica, e per questo motivo è possibile installare un impianto fotovoltaico più piccolo; inoltre non viene previsto l'integrazione del riscaldamento con un impianto solare termico che, come si è visto prima non è un impianto particolarmente efficiente. I pannelli solari termici infatti non possono, per ovvie ragioni, produrre molta energia in inverno.

CLASSE	B		
Superfici utile	109	mq	
P FV	1,6	kWp	
Fattore conv el.	0,4		
Costo CH4	0,9	€/mc	
Costo EE	0,25	€/kWh	

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO
Fabbisogno di Energia Utile - E _{pd}	7092,66	1810	1538,25 kWh/anno
Contributo Solare Termico Primario	0	1401	kWh/anno
Rendimento di generazione	2,98	2,37	2,9
P _{pd}	2,5	2,66	2,75 kW
% Erinn	48,32%	77,40%	43,89%
Erinn	3427,33	1401,00	675,09 kWh/anno
EP	3665,33	409,00	863,16 kWh/anno

	TOTALE	CO2
% Erinn	53%	
Erinn	5503,42	Kwh/anno
EP	4937,49	Kwh/anno
Spesa combustibili	425,05	€
		1049 kg/anno

Tabella 5.15

CLASSE A

Per ottenere un edificio in Classe energetica A, oltre all'installazione di una pompa di calore integrata con l'impianto solare fotovoltaico e della ventilazione meccanica controllata, si rende necessario un aumento degli spessori degli isolanti delle strutture murarie, delle coperture e dei pavimenti, contestualmente ad un miglioramento delle prestazioni termiche degli infissi.

Codice Struttura: M001
 Descrizione Struttura: Muro esterno in Gasbeton + cappotto

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m ² K]	M.S. [kg/m ²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m ² K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
3	Blocco Gasbeton	300	0.144	0.480	150.00	32.000	1	2.083
4	EPS ROEFIX LAMBDAPOR	40	0.031	0.783	0.72	4.289	1280	1.278
5	Intonaco cementizio	5	1.000	200.000	8.00	12.000	1	0.005
6	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 3.558 m ² K/W					TRASMITTANZA = 0.281 W/m ² K			
SPESSORE = 360 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 20.041 kJ/m ² K			MASSA SUPERFICIALE = 151 kg/m ²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.28 W/m ² K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.98			SFASAMENTO = 0.94 h			
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..								

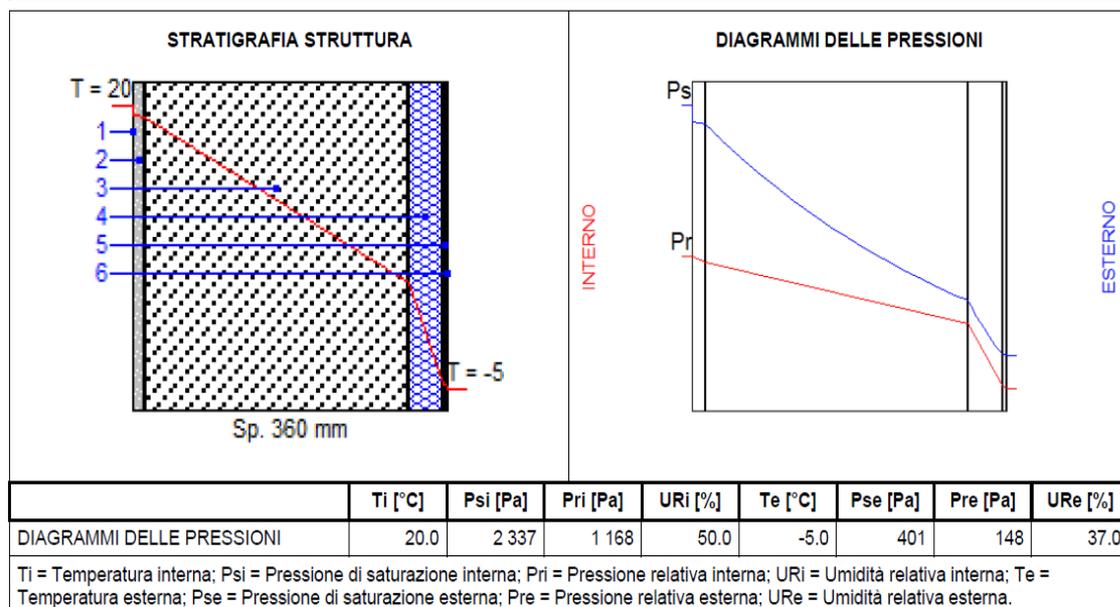


Figura 5.10

Codice Struttura: S002
 Descrizione Struttura: Pavimento

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		5.900			0	0.169
2	Piastrelle.	10	1.000	100.000	23.00	0.940	840	0.010
3	Malta di cemento.	40	1.400	35.000	80.00	8.500	1000	0.029
4	Isocal	120	0.120	1.000	42.00	32.167	1	1.000
5	CLS in genere - a struttura aperta - mv.1600.	400	0.730	1.825	640.00	9.650	1000	0.548
6	Cellulare espanso - mv.150.	100	0.061	0.605	15.00	0.000	840	1.653
7	Adduttanza Inferiore	0		5.900			0	0.169
RESISTENZA = 3.578 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA = 56.529 kJ/m²K			TRASMITTANZA = 0.279 W/m²K			
SPESSORE = 670 mm		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.01			MASSA SUPERFICIALE = 800 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		SFASAMENTO = 20.85 h						

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

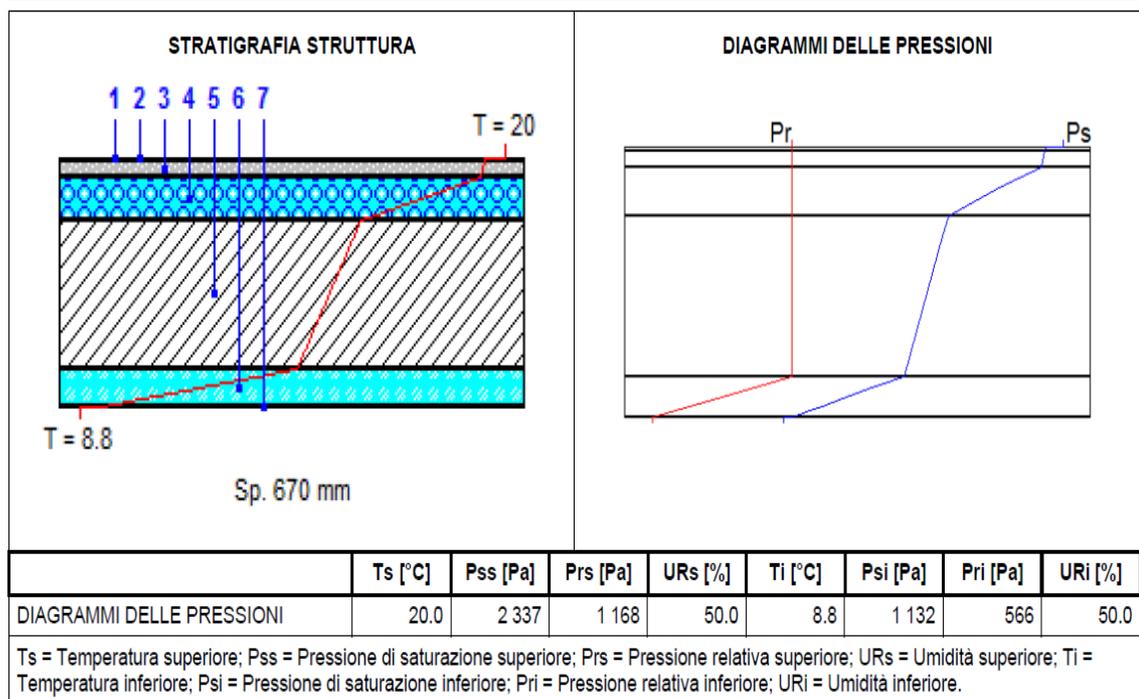


Figura 5.11

Codice Struttura: S003
 Descrizione Struttura: Solaio sottotetto

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Superiore	0		10.000			0	0.100	
2	Polistirene - espanso estruso (con pelle) - mv.30	120	0.034	0.284	3.60	1.040	1200	3.519	
3	Solaio tipo predalles (spessore struttura 200)	240		3.571	355.00	19.000	900	0.280	
4	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014	
5	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100	
RESISTENZA = 4.013 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA = 71.857 kJ/m²K				TRASMITTANZA = 0.249 W/m²K			
SPESSORE = 370 mm						MASSA SUPERFICIALE = 359 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.05 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.18				SFASAMENTO = 9.35 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

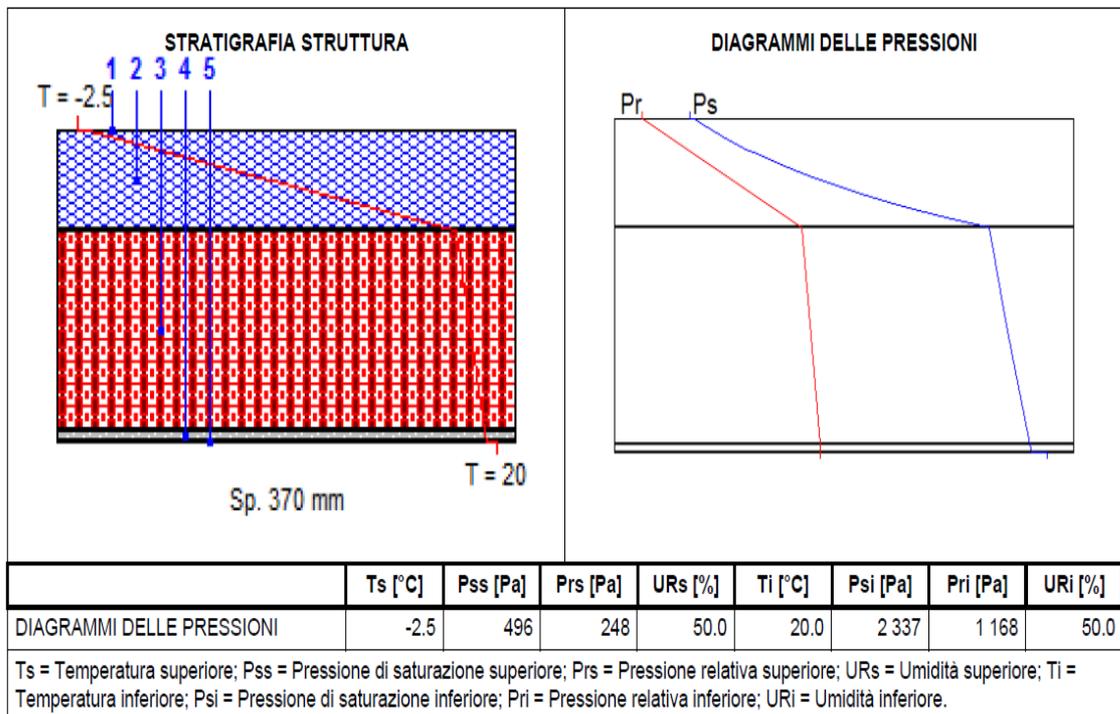
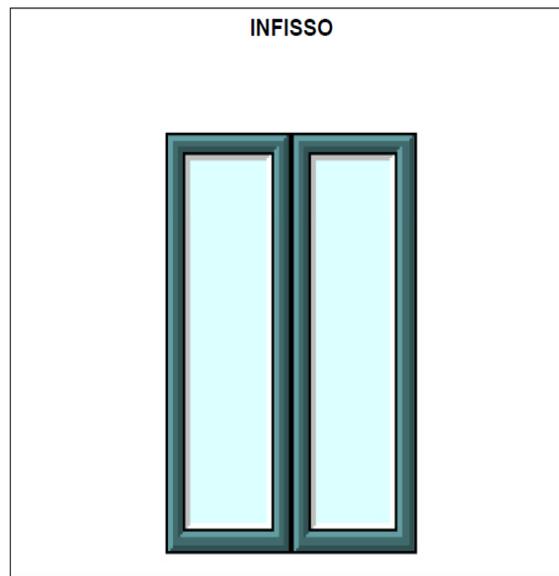


Figura 5.12

Codice Struttura: F003
 Descrizione Struttura: Portafinestra a 2 ante
 Dimensioni: L = 2.40 m; H = 2.37 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	4.597	1.091	13.000	1.208	1.309	0.080	1.410	0.60
Ponte Termico Infisso-Parete: nessuno = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.1918
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.125 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	8.000 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.709 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.410 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.208 W/m²K

Figura 5.13

Di seguito i risultati del calcolo energetico:

Scheda: GN1-ZN1

ZONA: Zona 1 - Appartamento 1
EOdC: Abitazione
Generatore: Generatore

Destinazione d'uso: E1(1) - abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	
Volume lordo	525.40 m ³
Volume netto	294.75 m ³
Superficie lorda	153.52 m ²
Superficie netta	109.17 m ²
Altezza media netta	2.70 m
Capacità Termica	19 862.75 kJ/K
Apporti Interni medi globali	2.10 W/m ²
Ventilazione naturale	0.30 1/h
Ventilazione meccanica: a doppio flusso	
Portata d'aria immessa:	150.00 m ³ /h
Efficienza del recuperatore di calore:	0.84
Ore di Funzionamento:	24.00 h
Riduzione della TEMPERATURA notturna per Free Cooling	3.00 °C
Tipo di terminale: Pannelli isolati annegati a pavimento (disaccoppiati termicamente)	
Tipologia della regolazione: Climatica più ambiente con regolatore	
Caratteristiche della regolazione: P banda prop. 1 °C	
Fabbisogno di ACS	62.32 m ³
Salto termico ACS	25.00 °C
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS	1 810.39 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale)	907.67 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (estivo)	902.71 kWh
Dispersione MASSIMA per Trasmissione (POTENZA)	2.86 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione (POTENZA)	1.25 kW
Dispersione MASSIMA per Trasmissione + Ventilazione (POTENZA)	4.12 kW
Fattore di ripresa	0.00 W / m ²

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
HTR	W/K	106.35	106.35	106.35	106.35	106.35	106.35	106.35	0.00
HVE	W/K	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	0.00
QhTR	MJ	1 350.89	3 652.02	5 112.60	5 625.35	4 412.00	3 431.92	1 159.51	24 744.29
QhVE	MJ	95.18	263.35	372.83	411.40	321.27	246.41	81.54	1 791.98
QhHT	MJ	1 446.07	3 915.37	5 485.43	6 036.75	4 733.27	3 678.34	1 241.05	26 536.27
Qsol	MJ	750.71	956.43	779.57	882.73	1 175.46	1 749.53	940.34	7 234.77
Qint	MJ	336.73	594.22	614.03	614.03	554.61	614.03	297.11	3 624.77
Qh [MJ]	MJ	463.40	2 383.72	4 095.06	4 543.14	3 019.03	1 460.11	239.36	16 203.81
Qh	kWh	128.72	662.14	1 137.52	1 261.98	838.62	405.59	66.49	4 501.06
QRh	kWh	0.36	0.64	0.66	0.66	0.60	0.66	0.32	3.90
QIEh	kWh	1.30	6.68	11.48	12.74	8.46	4.09	0.67	45.43
QIRh	kWh	4.01	20.67	35.52	39.40	26.18	12.65	2.07	140.49
QhRD	kWh	133.67	688.85	1 183.85	1 313.47	872.67	421.67	68.91	4 683.08
Qwl	kWh	84.32	148.80	153.76	153.76	138.88	153.76	74.40	907.67

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/93: HTR = Coefficiente globale di scambio termico per TRASMISSIONE; HVE = Coefficiente globale di scambio termico per VENTILAZIONE; QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; QhHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; Qsol = Apporti Solari; Qint = Apporti Interni; Qh [MJ] = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; Qh = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; QRh = Energia TOTALE (accumuli+distribuzione ACS) recuperata dal sistema di Riscaldamento; QIEh = Perdite di emissione; QIRh = Perdite di regolazione; QhRD = Energia termica da fornire al sottosistema di Distribuzione del Riscaldamento; Qwl = Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale).

Tabella 5.16

Scambi Termici per trasmissione e ventilazione, Apporti solari ed interni, Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche e Fabbisogno ideale per il raffrescamento (Estivo)

	Un.Mis.	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Totale
Giorni	giorno	11	30	31	31	18	121
QcTR	MJ	753.14	1 253.68	611.80	868.18	997.64	4 484.44
QcVE	MJ	184.25	336.96	206.77	259.80	252.95	1 240.74
QcHT	MJ	937.39	1 590.64	818.57	1 127.98	1 250.59	5 725.18
QcSol	MJ	763.50	2 201.60	2 376.74	2 163.76	1 181.23	8 686.82
QcInt	MJ	217.88	594.22	614.03	614.03	356.53	2 396.71
EtaU	-	0.92	1.00	1.00	1.00	0.96	-
Qc [MJ]	MJ	-123.56	-1 210.82	-2 172.21	-1 650.15	-333.29	-5 490.02
Qc	kWh	-34.32	-336.34	-603.39	-458.37	-92.58	-1 525.01

Valori energetici relativi al raffrescamento, in regime di funzionamento continuo, per i giorni di attivazione indicati: Giorni = Giorni di attivazione dell'impianto di raffrescamento; QcTR = Dispersione per Trasmissione; QcVE = Dispersione per Ventilazione; QcHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; QcSol = Apporti Solari; QcInt = Apporti Interni; EtaU = Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche; Qc = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Raffrescamento;

Tabella 5.17

Vediamo di seguito i risultati del calcolo attraverso il sistema previsto dalla delibera regionale per il calcolo delle fonti rinnovabili nel caso in cui sia presente una pompa di calore integrata con un impianto fotovoltaico. Per quanto riguarda il contributo solare termico verrà considerato un impianto del tutto identico all'impianto previsto per la classe energetica B, solo la pompa di calore avrà una potenza leggermente inferiore.

Dai calcoli si può notare che l'impianto fotovoltaico che sarà necessario installare per coprire il 50% dei consumi con fonti rinnovabili, non è molto inferiore a quello della classe B.

L'impianto solare termico invece sarà uguale in quanto è previsto nella Classe B; anche in questo caso un unico pannello con un bollitore da 200 litri. Questa soluzione è sufficiente per una famiglia di tre persone.

CLASSE A

Superfici utile	109 mq
P.FV	1,3 kWp
Fattore conv el.	0,4
Costo CH4	0,9 €/mc
Costo EE	0,25 €/kWh

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO	
<i>Fabbisogno di Energia Utile - E_{pd}</i>	4501,06	1810	1525,01	kWh/anno
<i>Contributo Solare Termico Primario</i>	0	1401		kWh/anno
<i>Rendimento di generazione</i>	2,98	2,37	2,9	
P _{pd}	2,3	2,66	2,75	kW
% Erinn	44,56%	77,40%	38,24%	
Erinn	2005,58	1401,00	583,23	kWh/anno
EP	2495,48	409,00	941,78	kWh/anno

	TOTALE		CO2
% Erinn	51%		
Erinn	3989,81	Kwh/anno	
EP	3846,26	Kwh/anno	824 kg/anno
Spesa combustibili	333,68	€	

Tabella 5.18

CLASSE A+

Questa classe energetica, presuppone un'elevata coibentazione delle strutture confinanti con l'esterno oppure con locali non riscaldati, infissi ad alta resistenza termica e la cura di tutti i particolari costruttivi che possano creare un ponte termico. Per ponte termico si intende una discontinuità della struttura che determina un maggior flusso di calore verso l'esterno; il ponte termico può avere due effetti:

- Aumento dei consumi energetici
- Formazione di condensa a causa della bassa temperatura superficiale (la condensa può portare alla formazione di muffe)

Se dal punto di vista della coibentazione la Classe A+ necessita di un maggior quantitativo di materiale isolante e di una maggior cura dei dettagli costruttivi, dal punto di vista della progettazione dell'impianto termico invece, trova una notevole semplificazione. Le basse potenze richieste per il riscaldamento della casa permettono di evitare l'installazione dell'impianto radiante, con un notevole risparmio economico; il riscaldamento può essere semplicemente integrato con l'impianto di ventilazione meccanica controllata inserendo una cosiddetta batteria di post, ossia uno scambiatore di calore alimentato dalla pompa di calore, che scambia energia con l'aria in ingresso agli ambienti. Ricordo che tale aria viene preriscaldata attraverso il recupero di calore effettuato tramite la macchina stessa di ventilazione.

Codice Struttura: M001
 Descrizione Struttura: Muro esterno in Gasbeton + cappotto

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
3	Blocco Gasbeton	300	0.144	0.480	150.00	32.000	1000	2.083
4	EPS ROEFIX LAMBDAPOP	200	0.031	0.157	3.60	4.289	1280	6.390
5	Intonaco cementizio	5	1.000	200.000	8.00	12.000	1	0.005
6	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 8.669 m²K/W					TRASMITTANZA = 0.115 W/m²K			
SPESSORE = 520 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 36.797 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 154 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.01 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.06			SFASAMENTO = 15.54 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

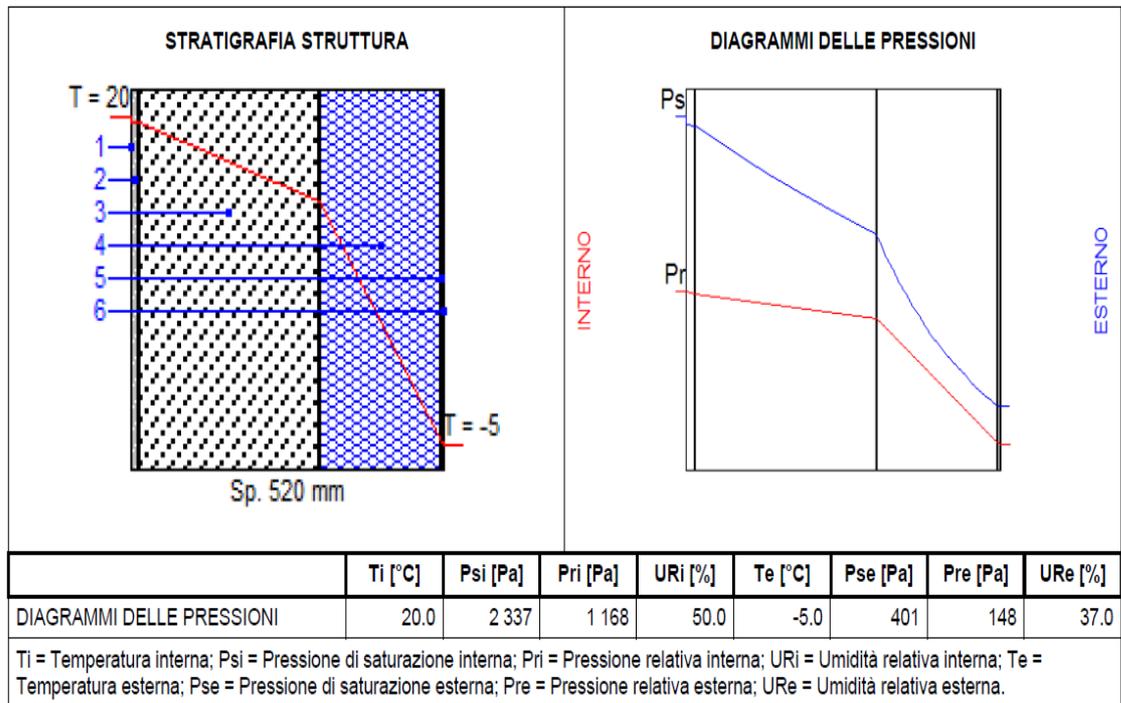


Figura 5.14

Codice Struttura: S002
 Descrizione Struttura: Pavimento

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Superiore	0		5.900			0	0.169	
2	Piastrelle.	10	1.000	100.000	23.00	0.940	840	0.010	
3	Malta di cemento.	40	1.400	35.000	80.00	8.500	1000	0.029	
4	Isocal	120	0.120	1.000	42.00	32.167	1	1.000	
5	CLS in genere - a struttura aperta - mv.1600.	400	0.730	1.825	640.00	9.650	1000	0.548	
6	Cellulare espanso - mv.150.	500	0.061	0.121	75.00	0.000	840	8.264	
7	Adduttanza Inferiore	0		5.900			0	0.169	
RESISTENZA = 10.190 m²K/W		TRASMITTANZA = 0.098 W/m²K							
SPESSORE = 1 070 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA = 56.551 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 860 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.00				SFASAMENTO = 9.72 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

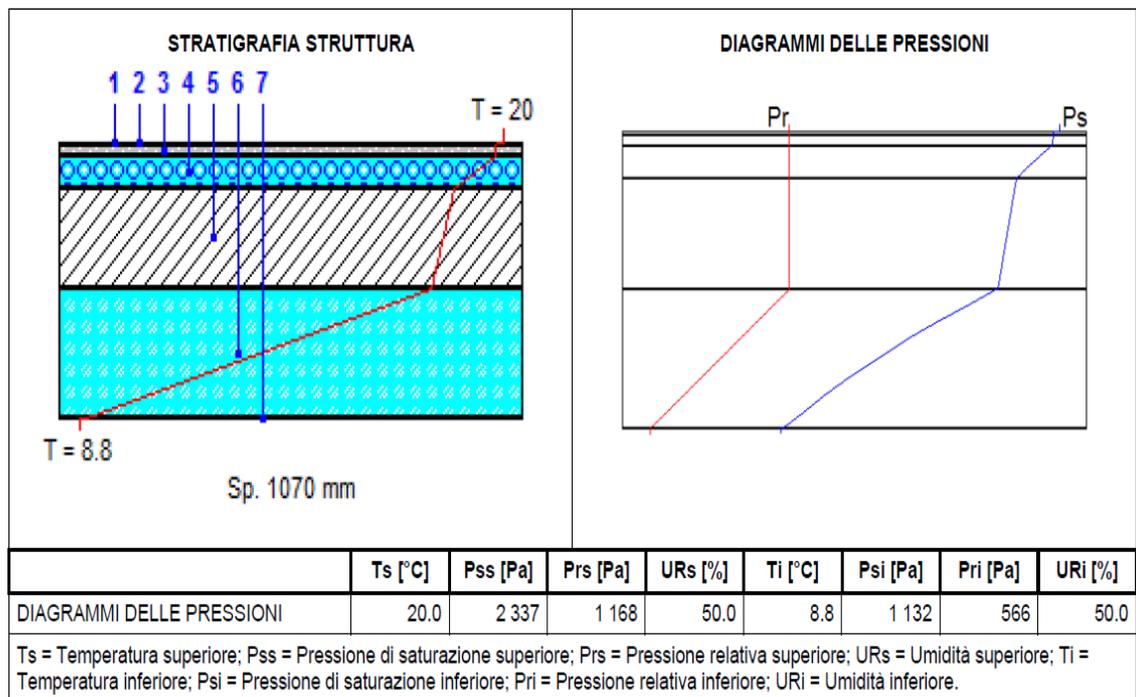


Figura 5.15

Codice Struttura: S003
 Descrizione Struttura: Solaio sottotetto

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		10.000			0	0.100
2	Polistirene - espanso estruso (con pelle) - mv.30	250	0.034	0.136	7.50	1.040	1200	7.331
3	Solaio tipo predalles (spessore struttura 200)	240		3.571	355.00	19.000	900	0.280
4	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014
5	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100
RESISTENZA = 7.826 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA = 71.483 kJ/m²K			TRASMITTANZA = 0.128 W/m²K			
SPESSORE = 500 mm		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.15			MASSA SUPERFICIALE = 363 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.02 W/m²K					SFASAMENTO = 11.66 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

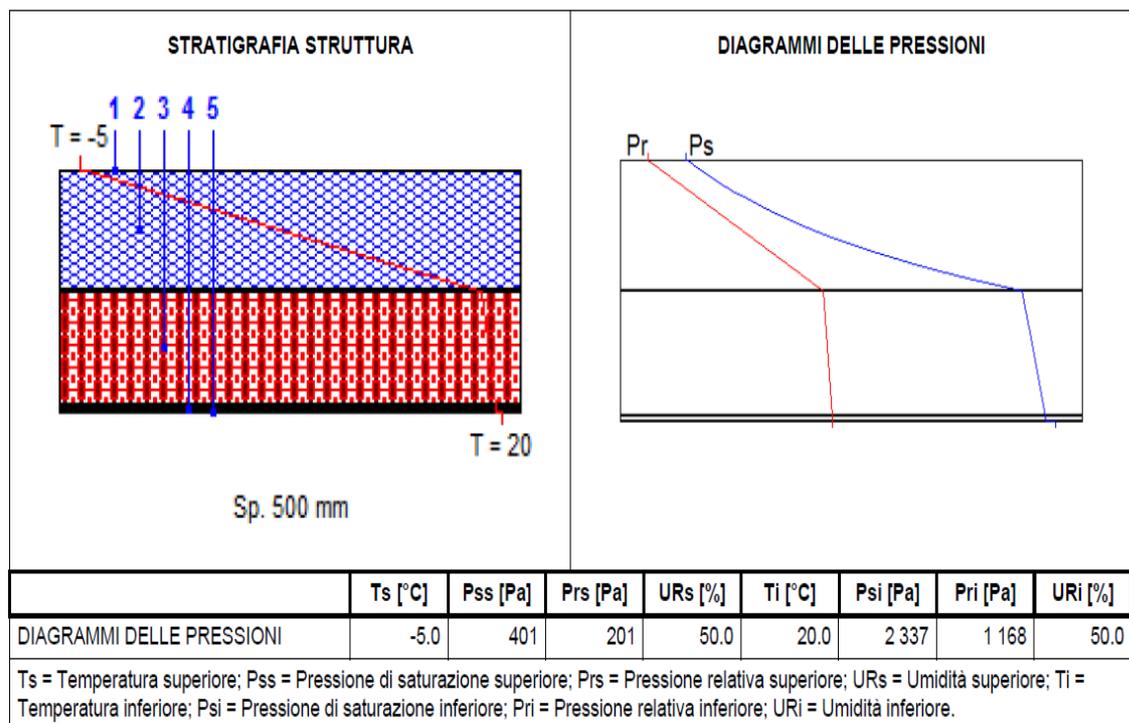
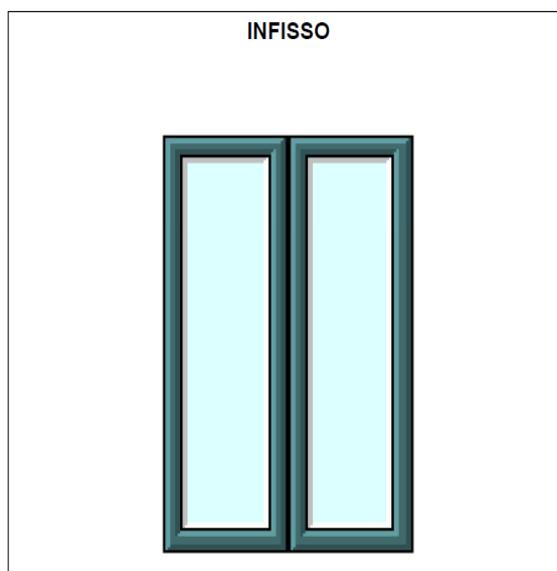


Figura 5.16

Codice Struttura: F003
 Descrizione Struttura: Portafinestra a 2 ante
 Dimensioni: L = 2.40 m; H = 2.37 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	4.597	1.091	13.000	0.728	1.207	0.080	1.003	0.58
Ponte Termico Infisso-Parete: nessuno = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.1918
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.125 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	8.000 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.997 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.003 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	0.728 W/m²K

Figura 5.17

L'aumento delle caratteristiche di isolamento termico delle strutture confinanti con l'esterno, unitamente al sistema impiantistico di riscaldamento e ventilazione controllata ed alla cura dei particolari costruttivi per la totale eliminazione dei ponti termici, porta i fabbisogni energetici a livelli molto bassi.

ZONA: Zona 1 - Appartamento 1
 EOdC: Abitazione
 Generatore: Generatore

Destinazione d'uso: E1(1) - abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	
Volume lordo	570.67 m ³
Volume netto	294.75 m ³
Superficie lorda	153.52 m ²
Superficie netta	109.17 m ²
Altezza media netta	2.70 m
Capacità Termica	22 841.12 kJ/K
Apporti Interni medi globali	2.10 W/m ²
Ventilazione naturale	0.30 1/h
Ventilazione meccanica: a doppio flusso	
Portata d'aria immessa:	150.00 m ³ /h
Efficienza del recuperatore di calore:	0.84
Ore di Funzionamento:	24.00 h
Riduzione della TEMPERATURA notturna per Free Cooling	3.00 °C
Tipo di terminale: Pannelli isolati annegati a pavimento (disaccoppiati termicamente)	
Tipologia della regolazione: Climatica più ambiente con regolatore	
Caratteristiche della regolazione: P banda prop. 1 °C	
Fabbisogno di ACS	62.32 m ³
Salto termico ACS	25.00 °C
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS	1 810.39 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale)	907.67 kWh
Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (estivo)	902.71 kWh
Dispersione MASSIMA per Trasmissione (POTENZA)	1.32 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione (POTENZA)	1.25 kW
Dispersione MASSIMA per Trasmissione + Ventilazione (POTENZA)	2.57 kW
Fattore di ripresa	0.00 W / m ²

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
HTR	W/K	49.43	49.43	49.43	49.43	49.43	49.43	49.43	0.00
HVE	W/K	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	0.00
QhTR	MJ	635.00	1 709.93	2 389.14	2 627.44	2 062.27	1 608.06	545.21	11 577.06
QhVE	MJ	95.18	263.35	372.83	411.40	321.27	246.41	81.54	1 791.98
QhHT	MJ	730.18	1 973.28	2 761.97	3 038.84	2 383.54	1 854.48	626.75	13 369.04
Qsol	MJ	547.06	717.41	574.03	663.78	871.91	1 292.20	709.70	5 376.09
Qint	MJ	336.73	594.22	614.03	614.03	554.61	614.03	297.11	3 624.77
Qh [MJ]	MJ	30.86	676.40	1 574.50	1 761.55	964.90	175.99	4.54	5 188.74
Qh	kWh	8.57	187.89	437.36	489.32	268.03	48.89	1.26	1 441.32
QRh	kWh	0.36	0.64	0.66	0.66	0.60	0.66	0.32	3.90
QIEh	kWh	0.08	1.89	4.41	4.94	2.70	0.49	0.01	14.52
QIRh	kWh	0.26	5.85	13.64	15.27	8.35	1.51	0.03	44.91
QhRD	kWh	8.55	194.99	454.75	508.86	278.49	50.22	0.98	1 496.84
Qwl	kWh	84.32	148.80	153.76	153.76	138.88	153.76	74.40	907.67

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/93: HTR = Coefficiente globale di scambio termico per TRASMISSIONE; HVE = Coefficiente globale di scambio termico per VENTILAZIONE; QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; QhHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; Qsol = Apporti Solari; Qint = Apporti Interni; Qh [MJ] = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; Qh = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; QRh = Energia TOTALE (accumuli+distribuzione ACS) recuperata dal sistema di Riscaldamento; QIEh = Perdite di emissione; QIRh = Perdite di regolazione; QhRD = Energia termica da fornire al sottosistema di Distribuzione del Riscaldamento; Qwl = Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale).

Tabella 5.19

Scambi Termici per trasmissione e ventilazione, Apporti solari ed interni, Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche e Fabbisogno ideale per il raffrescamento (Estivo)

	Un.Mis.	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Totale
Giorni	giorno	4	31	30	31	31	30	1	158
QcTR	MJ	193.60	1 210.90	595.32	297.44	416.59	877.18	42.69	3 633.72
QcVE	MJ	95.77	613.35	336.96	206.77	259.80	462.41	21.40	1 996.47
QcHT	MJ	289.37	1 824.26	932.28	504.21	676.39	1 339.59	64.09	5 630.19
QcSol	MJ	197.02	1 624.17	1 721.16	1 821.38	1 604.99	1 421.53	41.10	8 431.36
QcInt	MJ	79.23	614.03	594.22	614.03	614.03	594.22	19.81	3 129.58
EtaU	-	0.89	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	-
Qc [MJ]	MJ	-17.36	-452.27	-1 383.13	-1 931.20	-1 542.64	-681.31	-3.74	-6 011.65
Qc	kWh	-4.82	-125.63	-384.20	-536.45	-428.51	-189.25	-1.04	-1 669.90

Valori energetici relativi al raffrescamento, in regime di funzionamento continuo, per i giorni di attivazione indicati: Giorni = Giorni di attivazione dell'impianto di raffrescamento; QcTR = Dispersione per Trasmissione; QcVE = Dispersione per Ventilazione; QcHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; QcSol = Apporti Solari; QcInt = Apporti Interni; EtaU = Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche; Qc = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Raffrescamento;

Tabella 5.20

Risultati del calcolo della copertura dei consumi energetici con fonti rinnovabili.

CLASSE	A+		
Superfici utile	109	mq	
P FV	1	kWp	
Fattore conv el.	0,4		
Costo CH4	0,9	€/mc	
Costo EE	0,25	€/kWh	

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO
Fabbisogno di Energia Utile - E _{pd}	1441,32	1810	1669,9 kWh/anno
Contributo Solare Termico Primario	0	1401,06	kWh/anno
Rendimento di generazione	2,98	2,37	2,9
P _{pd}	2,3	2,66	2,75 kW
% Erinn	37,99%	77,41%	32,60%
Erinn	547,59	1401,06	544,42 kWh/anno
EP	893,73	408,94	1125,48 kWh/anno

	TOTALE	CO2
% Erinn	51%	
Erinn	2493,07	Kwh/anno
EP	2428,15	Kwh/anno
Spesa combustibili	215,14	€
		531 kg/anno

Tabella 5.21

5.1.4 CONFRONTO ECONOMICO

L'Italia, come previsto dalla normativa Europea si trova a dover coprire il proprio consumo nazionale con almeno il 17% da fonti rinnovabili entro il 2020; tale consumo si intende per i settori industriale, trasporti e residenziale che, sul territorio nazionale, incide per circa il 30%. Il Governo Italiano ha quindi previsto un piano di obblighi e incentivi per poter raggiungere questi obiettivi.

Lo scopo invece di questa tesi è quello di valutare quale sia l'effetto di questi obblighi e incentivi sulla progettazione, dal punto di vista energetico degli edifici, e quale sia l'effettivo incentivo al risparmio di emissioni di CO₂ nell'ambiente.

La valutazione prevede quindi di attualizzare la differenza tra guadagni e spese annuali in funzione di un diverso consumo energetico e di un diverso utilizzo delle fonti rinnovabili; le voci quindi che verranno analizzate sono:

- Maggior investimento iniziale per ottenere una classe energetica migliore
- Minor spesa per consumi energetici
- Guadagno ottenuto attraverso gli incentivi nazionali previsti per la produzione di energia fotovoltaica

L'attualizzazione della somma algebrica di queste voci porta ad un risultato economico che, secondo il principale obiettivo della sostenibilità ambientale dovrebbe coincidere con la minor emissione possibile di CO₂ nell'ambiente. La CO₂ viene presa come riferimento unico delle emissioni di gas inquinanti e di gas serra; è comunque giusto ritenere che una minor emissione di CO₂ corrisponda ad una minor emissione di tutti i gas inquinanti (NO_x, SO_x, monossido di carbonio, ecc) ed una minor emissione di gas serra (CH₄, clorofluorocarburi ecc.).

La stima dei costi aggiuntivi per ottenere una classe energetica inferiori non è semplice. La variabilità delle situazioni possibili infatti non permette di fare una valutazione particolarmente attendibile; è comunque possibile fare una stima della differenza delle voci di capitolato principali.

Nelle successive tabelle vengono elencate tali voci e di ognuna viene effettuata una stima dei costi. Di ogni voce viene calcolata la differenza di

spesa rispetto alla classe di riferimento, ovvero la classe C. La classe C infatti rispecchia lo standard costruttivo attuale, cioè quello che rispetta i limiti di legge previsti senza però effettuare un miglioramento sostanziale.

		CLASSE C			
ISOLANTE TETTO		€/cn 2,20	x	cm 10 =	22,00 €/mq
	materiale per posa in opera				16,50 €/mq
	posa in opera				10,00 €/mq
				totale	48,5 €/mq
		60	x	48,50	= € 2.910,00
CAPPOTTO EPS+GRAFITE		€/cn 1,80	x	cm 2 =	3,60 €/mq
	materiale per posa in opera				16,50 €/mq
	posa in opera				15,00 €/mq
				totale	35,10 €/mq
		150	x	35,1	= 5265,00
COIBENTAZIONE PAVIMENTO		€/cn 1,20	x	cm 8 =	9,60 €/mq
	materiale per posa in opera				12,00 €/mq
	posa in opera				15,00 €/mq
				total	36,60 €/mq
		60	x	36,6	= 2196,00
Finestre					
	Infisso				375 €/mq
				totale	6041,25 €/mq
VMC					
	VMC				0 €/mq
				totale	0,00 €
FV					
	Pannelli				3000 €/kWp
				totale	6300,00 €
Solare termico					
	Collettori	n. 6			1400 €/coll
				totale	8400,00 €
IMPIANTO RISC/RAFF					
	Generatore di calore				4500 €
	Radiante a pavimento				75,00 €/mq
				totale	12687,75

Tabella 5.22

CLASSE A							Differenza da classe C
ISOLANTE TETTO	€/cm	2,20	x	cm	12	= 26,40 €/mq	
materiale per posa in opera						16,50 €/mq	
posa in opera						10,00 €/mq	
					totale	52,9 €/mq	
	60	x	52,90	=	€ 3.174,00		€ 264,00
CAPPOTTO EPS+GRAFITE	€/cm	1,80	x	cm	4	= 7,20 €/mq	
materiale per posa in opera						16,50 €/mq	
posa in opera						15,00 €/mq	
					totale	38,70 €/mq	
	150	x	38,7	=	5805,00		€ 540,00
COIBENTAZIONE PAVIMENTO	€/cm	1,20	x	cm	10	= 12,00 €/mq	
materiale per posa in opera						12,00 €/mq	
posa in opera						15,00 €/mq	
					total	39,00 €/mq	
	60	x	39	=	2340,00		€ 144,00
Finestre							
Infisso					425	€/mq	
					totale	6846,75 €/mq	€ 805,50
VMC							
VMC					70	€/mq	
					totale	7641,90 €	€ 7.641,90
FV							
Pannelli					3000	€/kWp	
					totale	3900,00 €	-€ 2.400,00
Solare termico							
Collettori	n.	1			1500	€/coll	
					totale	1500,00 €	-€ 6.900,00
IMPIANTO RISC/RAFF							
Generatore di calore					8000	€	
Radiante a pavimento					50,00	€/mq	
					totale	13458,5	€ 770,75
					Totale		€ 866,15

Tabella 5.24

		CLASSE A+						<i>Differenza da classe C</i>	
ISOLANTE TETTO		€/cm	2,20	x	cm 20 =	44,00	€/mq		
	materiale per posa in opera					16,50	€/mq		
	posa in opera					15,00	€/mq		
	totale					75,5	€/mq		
	60	x	75,50	=	€ 4.530,00			€ 1.620,00	
CAPPOTTO EPS+GRAFITE		€/cm	1,50	x	cm 20 =	30,00	€/mq		
	materiale per posa in opera					16,50	€/mq		
	posa in opera					20,00	€/mq		
	totale					66,50	€/mq		
	150	x	66,5	=	9975,00			€ 4.710,00	
COIBENTAZIONE PAVIMENTO		€/cm	0,90	x	cm 50 =	45,00	€/mq		
	materiale per posa in opera					12,00	€/mq		
	posa in opera					15,00	€/mq		
	total					72,00	€/mq		
	60	x	72	=	4320,00			€ 2.124,00	
Finestre	Infisso					500	€/mq		
	totale					8055,00	€/mq	€ 2.013,75	
VMC	VMC					75	€/mq		
	totale					8187,75	€	€ 8.187,75	
FV	Pannelli					3000	€/kWp		
	totale					3000,00	€	-€ 3.300,00	
Solare termico	Collettori	n.	1			1500	€/coll		
	totale					1500,00	€	-€ 6.900,00	
IMPIANTO RISC/RAFF	Generatore di calore					7000	€		
	Radiante a pavimento					0,00	€/mq		
	totale					7000		-€ 5.687,75	
							Totale		€ 2.767,75

Tabella 5.25

Riepilogando sono stati calcolati i seguenti dati:

- Contributo energetico da fonti rinnovabili tale da soddisfare il 50% dei fabbisogni di energia
- Stima dei costi da sostenere per ottenere le classi energetiche considerate e gli impianti ad esse collegati per rispettare la normativa sulle fonti rinnovabili
- La spesa annuale per il riscaldamento ed il raffrescamento
- Il guadagno annuo ottenuto tramite gli incentivi nazionali previsti dal quarto conto energia

Attraverso questi dati siamo in grado, attualizzando la differenza tra guadagni e spese, di fare un confronto economico tra le varie classi energetiche, sia come investimento iniziale che come costo nei successivi 20 anni. Il termini di 20 anni è stato considerato pari alla durata degli incentivi erogati per la produzione di energia fotovoltaica. Successivamente sono evidenziati tali risultati, in particolare:

DATI UTILIZZATI

<i>AUMENTO COMBUSTIBILE % =</i>	3,5%
<i>TASSO D'INFLAZIONE % =</i>	2,5%
<i>TASSO BANCARIO % =</i>	3,0%
<i>INCENTIVO FOTOVOLTAICO</i>	0,227

Tabella 5.26

SPESA ANNUALE PREVISTA PER OGNI CLASSE ENERGETICA
VALUTATA NEL CORSO DI 20 ANNI:

	Spesa combustibili Classe C	Spesa combustibili Classe B	Spesa combustibili Classe A	Spesa combustibili Classe A+
2012	€ 525,62	€ 439,41	€ 333,68	€ 215,14
2013	€ 544,01	€ 454,79	€ 345,36	€ 222,67
2014	€ 563,05	€ 470,71	€ 357,45	€ 230,46
2015	€ 582,76	€ 487,18	€ 369,96	€ 238,53
2016	€ 603,16	€ 504,24	€ 382,91	€ 246,88
2017	€ 624,27	€ 521,88	€ 396,31	€ 255,52
2018	€ 646,12	€ 540,15	€ 410,18	€ 264,46
2019	€ 668,73	€ 559,06	€ 424,54	€ 273,72
2020	€ 692,14	€ 578,62	€ 439,40	€ 283,30
2021	€ 716,36	€ 598,87	€ 454,78	€ 293,21
2022	€ 741,43	€ 619,83	€ 470,69	€ 303,47
2023	€ 767,39	€ 641,53	€ 487,17	€ 314,10
2024	€ 794,24	€ 663,98	€ 504,22	€ 325,09
2025	€ 822,04	€ 687,22	€ 521,87	€ 336,47
2026	€ 850,81	€ 711,27	€ 540,13	€ 348,24
2027	€ 880,59	€ 736,17	€ 559,04	€ 360,43
2028	€ 911,41	€ 761,93	€ 578,60	€ 373,05
2029	€ 943,31	€ 788,60	€ 598,85	€ 386,10
2030	€ 976,33	€ 816,20	€ 619,81	€ 399,62
2031	€ 1.010,50	€ 844,77	€ 641,51	€ 413,60
2032	€ 1.045,87	€ 874,34	€ 663,96	€ 428,08
	€ 15.384,54	€ 12.861,36	€ 9.766,74	€ 6.296,99

Tabella 5.27

GUADAGNI RICAIVATI DALLA PRODUZIONE DI FOTOVOLTAICO,
 ATTRAVERSO IL MECCANISMO DI INCENTIVAZIONE EROGATO
 DAL GESTORI DEI SERVIZI ELETTRICI (GSE).

	incentivo FV Classe C	incentivo FV Classe B	incentivo FV Classe A	incentivo FV Classe A+
2012				
2013	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2014	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2015	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2016	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2017	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2018	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2019	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2020	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2021	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2022	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2023	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2024	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2025	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2026	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2027	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2028	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2029	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2030	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2031	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
2032	€ 464,10	€ 309,40	€ 287,30	€ 221,00
TOTALE	€ 9.282,00	€ 6.188,00	€ 5.746,00	€ 4.420,00

Tabella 5.28

ATTUALIZZAZIONE DEL BILANCIO ANNUALE TRA LE SPESE PER FONTI ENERGETICHE E GUADAGNI OTTENUTI TRAMITE GLI INCENTIVI NAZIONALI PREVISTI DAL QUARTO CONTO ENERGIA:

	Guadagni- Spese Classe C	Guadagni- Spese Classe B	Guadagni- Spese Classe A	Guadagni- Spese Classe A+
2012	€ -	€ 733,20	€ 279,70	-€ 2.570,50
2013	-€ 77,59	-€ 141,16	-€ 56,37	-€ 1,62
2014	-€ 93,27	-€ 152,05	-€ 66,12	-€ 8,92
2015	-€ 108,59	-€ 162,70	-€ 75,65	-€ 16,04
2016	-€ 123,55	-€ 173,11	-€ 84,95	-€ 22,99
2017	-€ 138,16	-€ 183,29	-€ 94,03	-€ 29,77
2018	-€ 152,44	-€ 193,25	-€ 102,91	-€ 36,40
2019	-€ 166,38	-€ 202,99	-€ 111,59	-€ 42,86
2020	-€ 180,01	-€ 212,53	-€ 120,07	-€ 49,18
2021	-€ 193,34	-€ 221,86	-€ 128,36	-€ 55,34
2022	-€ 206,36	-€ 230,99	-€ 136,46	-€ 61,37
2023	-€ 219,10	-€ 239,94	-€ 144,39	-€ 67,25
2024	-€ 231,56	-€ 248,70	-€ 152,14	-€ 73,01
2025	-€ 243,74	-€ 257,28	-€ 159,73	-€ 78,63
2026	-€ 255,66	-€ 265,69	-€ 167,15	-€ 84,12
2027	-€ 267,33	-€ 273,93	-€ 174,42	-€ 89,50
2028	-€ 278,75	-€ 282,00	-€ 181,53	-€ 94,75
2029	-€ 289,93	-€ 289,93	-€ 188,50	-€ 99,89
2030	-€ 300,88	-€ 297,69	-€ 195,32	-€ 104,92
2031	-€ 311,60	-€ 305,31	-€ 202,00	-€ 109,84
2032	-€ 322,11	-€ 312,79	-€ 208,55	-€ 114,66
TOTALE	-€ 4.160,37	-€ 3.913,98	-€ 2.470,53	-€ 3.811,56

Tabella 5.29

GRAFICI DI CONFRONTO:

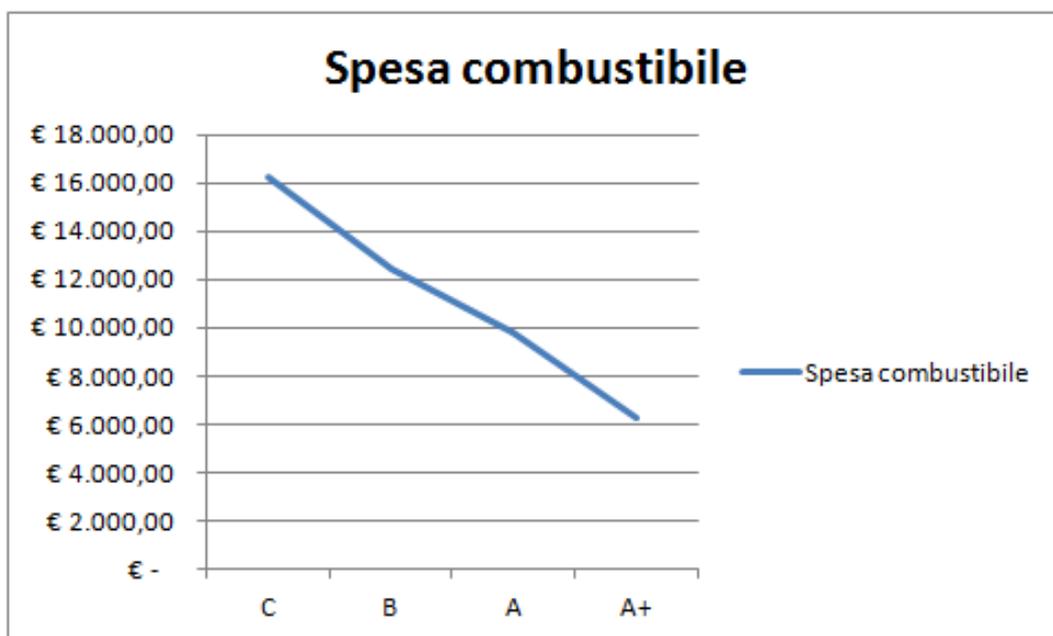


Figura 5.18

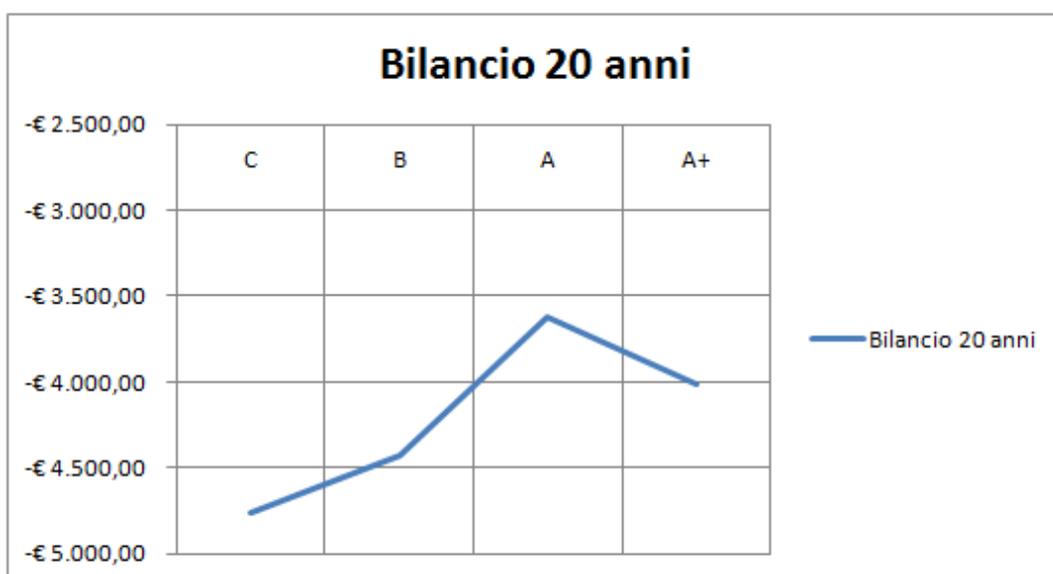


Figura 5.19

I dati sopra evidenziati permettono di stimare quale sia il bilancio economico di un maggior investimento in un edificio a basso consumo energetico, rispetto ad un edificio tradizionale che rispetta semplicemente la normativa regionale in termini di rispetto dei limiti di consumo annuale di energia per riscaldamento, riscaldamento dell'acqua calda sanitaria e per raffrescamento. Si evince così che, economicamente parlando la classe A

risulta la più vantaggiosa nell'arco di 20 anni. I risultati non evidenziano comunque una differenza sostanziale fra le varie tipologie energetiche; la differenza dopo 20 anni si aggira infatti intorno al punto percentuale rispetto alla spesa di costruzione dell'edificio. Il motivo di questa piccola differenza è dovuto in particolar modo all'incentivo della produzione fotovoltaica che permette alle classi energetiche più alte, che hanno impianti più grandi, di ottenere un vantaggio notevole; tale vantaggio riesce in buona parte a coprire la maggior spesa energetica dovuta al maggior consumo. Questo significa che nell'arco dei primi 20 anni il maggior investimento sostenuto per rendere maggiormente efficiente l'involucro edilizio non dà un riscontro evidentemente migliore.

Ovviamente, una volta scaduto il periodo di erogazione dell'incentivo fotovoltaico, la minor spesa per le fonti energetiche favorirà notevolmente le classi energetiche più basse, come si può ben vedere dal grafico seguente che considera un periodo di 40 anni.



Figura 5.20

5.1.5 EMISSIONE DI ANIDRIDE CARBONICA

L'obiettivo principale di questa tesi è valutare se il piano energetico messo in atto da Unione Europea, Stati membri e regioni, in questo caso Emilia-Romagna, induce i cittadini ad effettuare investimenti economici che coniughino un guadagno economico con un risparmio di CO₂ immessa nell'atmosfera. Di seguito vengono quindi riportati i dati di emissione in atmosfera in kg di CO₂. Ciò che si nota è che, nonostante il minor utilizzo di fonti rinnovabili, la classe energetica che produce meno CO₂ è proprio la più bassa, ovvero la classe A+. Ciò significa che il minor consumo di energia è ecologicamente più sostenibile rispetto all'utilizzo intensivo di energie rinnovabili.

E' superfluo dire che la combinazione dell'utilizzo di fonti rinnovabili e il minor fabbisogno di energia degli edifici sia il modello da seguire nel corso dei prossimi anni. Si vuole quindi evidenziare che una maggiore incentivazione, o imposizione, del risparmio energetico a scapito della produzione di energie rinnovabili potrebbe avere un effetto più importante sulla salute dell'ambiente.

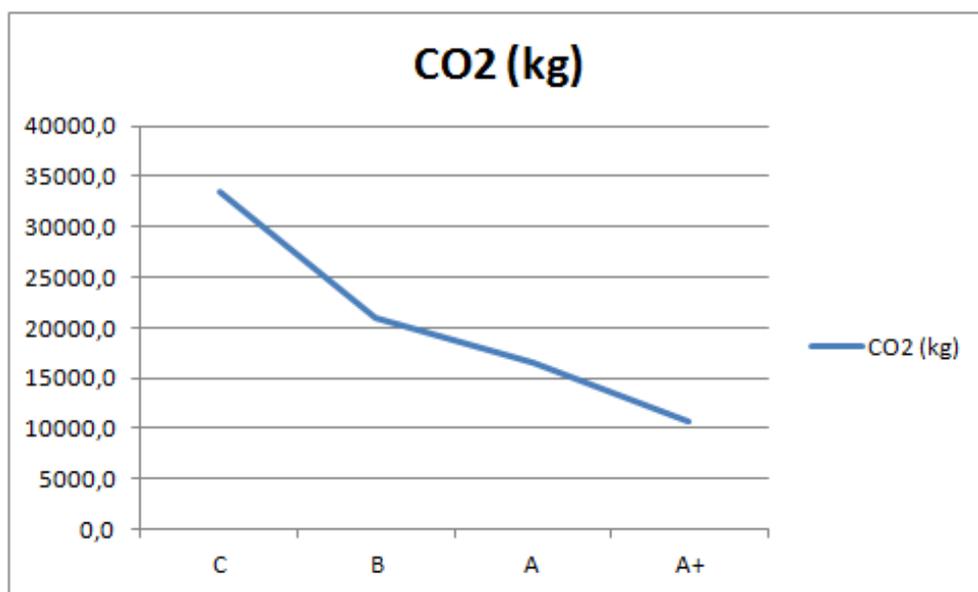


Figura 5.21

BILANCIO ANNUALE DELL'EMISSIONE IN ATMOSFERA DI ANIDRIDE CARBONICA:

	CO2 Classe C	CO2 Classe B	CO2 Classe A	CO2 Classe A+
2012				
2013	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2014	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2015	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2016	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2017	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2018	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2019	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2020	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2021	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2022	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2023	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2024	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2025	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2026	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2027	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2028	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2029	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2030	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2031	1583,4	1084,5	823,5	531,0
2032	1583,4	1084,5	823,5	531,0
	31668,5	21689,4	16470,6	10619,2

Tabella 5.30

5.2 ASILO NIDO INTERAZIENDALE

Il secondo edificio che verrà esaminato è un asilo nido, cosiddetto interaziendale perché dedicato ai figli dei dipendenti di alcune società. L'asilo in questione si chiama Cornelia e si trova ad Imola (BO). L'asilo è già stato costruito ed è già pienamente funzionante; lo scopo dell'analisi è quindi valutare la congruità degli impianti utilizzati con la normativa europea e la conseguente normativa regionale, nella fattispecie la delibera regionale dell'Emilia-Romagna 1366 del 2011, e la valutazione di alternative energeticamente ed economicamente più convenienti.

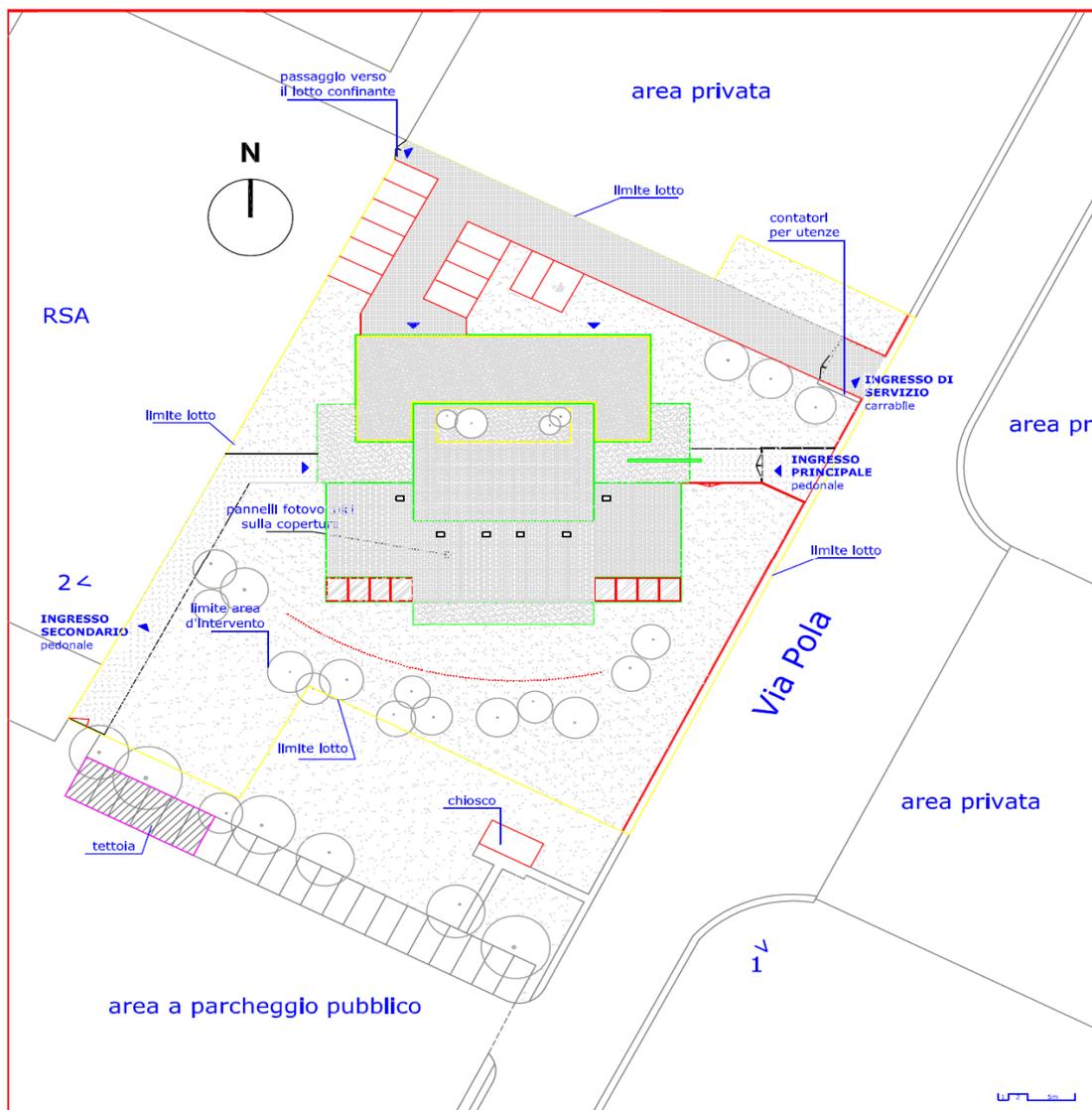


Figura 5.22 Pianta piano terreno

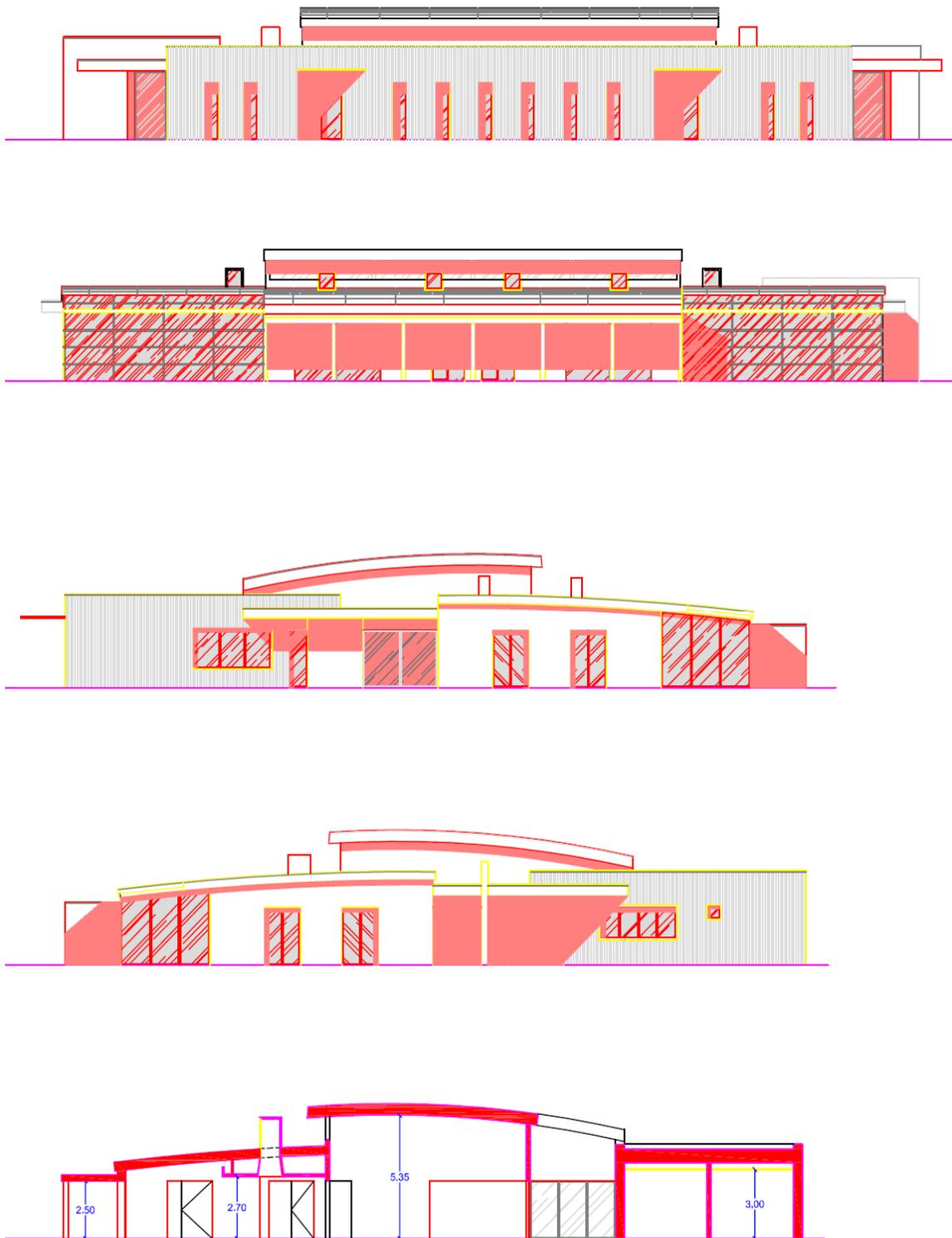


Figura 5.23 Prospetti e sezioni

Si tratta di un edificio disposto solo a piano terra, progettato in maniera tale da sfruttare a pieno gli apporti solari gratuiti. Come si vede dalla figura 4.14, l'asilo è orientato in modo tale da avere la facciata principale, ovvero quella con una maggior superficie vetrata, diretta verso Sud; si spiega così il fatto che l'edificio non sia parallelo all'asse stradale adiacente. L'orientamento della facciata principale verso Sud è fondamentale per sfruttare al massimo gli apporti solari in inverno, ma diventa controproducente nel periodo estivo, quando gli apporti solari possono provocare un surriscaldamento degli ambienti tale da renderli estremamente poco confortevoli; per questo motivo è stato previsto di piantare una serie di alberi di specie autoctone, a foglia caduca, che lascino filtrare i raggi solari in inverno e che ombreggino la facciata Sud nel periodo estivo, con un notevole vantaggio di comfort e risparmio energetico.

5.2.1 CALCOLI ENERGETICI

L'edificio è stato costruito seguendo i principi del risparmio energetico, infatti come si vedrà dalla tabella 4.39, il fabbisogno di energia termica utile è molto basso e corrisponde ad un fabbisogno specifico di energia utile pari 7,213 kWh/mc anno.

EODC: EODC Default

Volume lordo	4 522.81	m ³
Superficie lorda disperdente (1)	2 557.00	m ²
Rapporto di Forma S/V	0.57	1/m
Volume netto	3 460.43	m ³
Superficie netta	983.28	m ²
Altezza media netta	3.52	m
Superficie lorda disperdente delle Vetrate	105.99	m ²
Capacità Termica	97 989.17	kJ/K
Generatore a servizio dell'EODC: Generatore		
Caratteristiche del Generatore: standard, con produzione di ACS, senza accumulatore sul riscaldamento, senza accumulatore sull'ACS		
Tipo di Combustibile		
Potenza termica utile nominale del generatore	10.00	kW
Percentuale di impegno del generatore	100.00	%
Durata del periodo di riscaldamento	183	G
Durata del periodo di raffrescamento	176	G
Fabbisogno di ACS	383.25	m ³
Fabbisogno di Energia Primaria per ACS	11 719.38	kWh
Fabbisogno di COMBUSTIBILE per ACS	1 221.48	Nm ³
Fabbisogno TOTALE di energia elettrica per il sistema di ACS	0.00	kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per ACS (invernale)	5 875.74	kWh
Fabbisogno di Combustibile per ACS (invernale)	612.41	Nm ³
Fabbisogno TOTALE di energia elettrica per il sistema di ACS (invernale)	0.00	kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per ACS (estivo)	5 843.64	kWh
Fabbisogno di Combustibile per ACS (estivo)	609.06	Nm ³
Fabbisogno di Energia Elettrica per ACS (estivo)	0.00	kWh
Contributo di Energia Primaria per ACS da Solare Termico	0.00	kWh
Contributo di Energia Primaria per il riscaldamento da Solare Termico	0.00	kWh
Contributo di Energia Primaria per ACS da Fotovoltaico	0.00	kWh
Contributo di Energia Primaria per il riscaldamento da Fotovoltaico	0.00	kWh
Fabbisogno di Energia Primaria Netta per ACS	11 719.38	kWh
Fabbisogno di Energia Primaria Netta per il riscaldamento	33 036.57	kWh
Combustibile risparmiato per ACS da Solare Termico e Fotovoltaico	0.00	Nm ³
Combustibile risparmiato per riscaldamento da Solare Termico e Fotovoltaico	0.00	Nm ³
Fabbisogno di Combustibile netto per ACS	1 221.48	Nm ³
Fabbisogno di Combustibile netto per il riscaldamento	3 443.30	Nm ³

(1) Superficie lorda disperdente = superficie che delimita il volume lordo riscaldato verso l'esterno e verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento

Tabella 5.31

Dati Prestazione Energetica

Indice di Prestazione Energetica per la climatizzazione estiva (solo involucro)	6.068 kWh/m ³ anno
Indice di Prestazione Energetica per la climatizzazione invernale (solo involucro)	7.213 kWh/m ³ anno
Indice di Prestazione Energetica RISCALDAMENTO per AQE ed ACE	7.304 kWh/m ³ anno
Indice di Prestazione Energetica ACS per AQE ed ACE	2.591 kWh/m ³ anno
Classe Energetica Globale dell' EODc	A

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
QhTR	MJ	8 596.03	19 799.31	25 906.92	27 463.39	23 198.97	20 792.81	8 185.16	133 942.59
QhVE	MJ	4 253.58	12 478.22	18 744.29	20 415.75	16 714.65	13 252.33	4 397.94	90 256.75
QhHT	MJ	12 849.61	32 277.53	44 651.21	47 879.14	39 913.62	34 045.14	12 583.10	224 199.34
Qsol	MJ	6 557.78	8 210.16	7 038.69	7 660.46	9 915.43	13 905.66	7 592.40	60 880.58
Qint	MJ	5 776.95	10 194.62	10 534.44	10 534.44	9 514.98	10 534.44	5 097.31	62 187.20
Qwl	kWh	518.54	915.08	945.58	945.58	854.07	945.58	457.54	5 581.96
Qh [MJ]	MJ	3 935.17	15 935.56	27 914.51	30 466.04	21 950.72	13 688.49	3 557.49	117 447.97
Qh	kWh	1 093.10	4 426.54	7 754.03	8 462.79	6 097.42	3 802.36	988.19	32 624.44
QRh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QIEh	kWh	11.04	44.71	78.32	85.48	61.59	38.41	9.98	329.54
QIRh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QhRD	kWh	1 104.14	4 471.26	7 832.35	8 548.27	6 159.01	3 840.77	998.17	32 953.98
QIDh	kWh	2.77	11.21	19.63	21.42	15.44	9.63	2.50	82.59
QIAh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QIGNh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QXh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QPh	kWh	1 106.91	4 482.46	7 851.98	8 569.70	6 174.45	3 850.39	1 000.67	33 036.57
CMBh	Nm ³	115	467	818	893	644	401	104	3 443

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/93: QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; QhHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; Qsol = Apporti Solari; Qint = Apporti Interni; Qwl = Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale); Qh [MJ] = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; Qh = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; QRh = Energia TOTALE (accumuli+distribuzione ACS) recuperata dal sistema di Riscaldamento; QIEh = Perdite di emissione; QIRh = Perdite di regolazione; QhRD = Energia termica da fornire al sottosistema di Distribuzione del Riscaldamento; QIDh = Energia persa dal sistema di distribuzione del Riscaldamento; QIAh = Energia persa dall'accumulatore del Riscaldamento; QIGNh = Energia persa al Generatore per il sistema di Riscaldamento; QXh = Fabbisogno TOTALE di energia elettrica per il sistema di Riscaldamento; QPh = Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento senza il contributo di eventuali FR; CMBh = Fabbisogno di Combustibile per il Riscaldamento senza il contributo di eventuali FR (Metano).

Tabella 5.32

Si tratta di una struttura in legno ben coibentata, con finestre ad alta resistenza termica, con una trasmittanza caratteristica $U_w=1,2 \text{ W/mq}^{\circ}\text{K}$. L'asilo è inoltre dotato di un impianto di ventilazione meccanica controllata da 1200mc/h, corrispondenti a circa 0,35 volumi/h di aria ricambiata, con un'efficienza del recuperatore pari a 87%. Tale impianto, oltre ad un notevole risparmio energetico permette di mantenere un'ottima qualità dell'aria, soprattutto in un asilo nido, dove, come è naturale che sia, gli odori cattivi sono frequenti. Al di là del comfort olfattivo, l'aria pulita continuamente immessa all'interno degli ambiente permette di mantenere un livello di CO₂ prossimo ai valori esterni. Si vuole sottolineare che la bassa percentuale di CO₂ nell'aria e il conseguente aumento della percentuale di ossigeno è molto importante per la salute dei bambini, sia dal punto di vista fisico che dal punto di vista mentale. È infatti certo che una maggior quantità di ossigeno nell'aria aiuta l'attività cerebrale, e diventa quindi ovvio che la ventilazione meccanica controllata sia fondamentale in un edificio adibito a bambini che, come tutti sanno, sono in una fase continua e sorprendente di apprendimento.

Di seguito sono evidenziati alcuni particolari costruttivi.

Codice Struttura: M001
 Descrizione Struttura: Muro esterno

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Cartongesso in lastre	12	0.210	17.500	10.80	23.000	1000	0.057
3	Strato d' aria verticale - spessore tra 2 cm. e 10 cm.	40	0.550	13.750	0.05	193.000	1008	0.073
4	Pannelli di legno compensato: abete.	12	0.120	10.000	5.40	0.300	1600	0.100
5	Strato d' aria verticale - spessore tra 1 cm. e 2 cm.	10	0.065	6.500	0.01	193.000	1008	0.154
6	Pavaflex	140	0.038	0.271	7.00	1.000	1	3.684
7	Strato d' aria verticale - spessore tra 1 cm. e 2 cm.	10	0.065	6.500	0.01	193.000	1008	0.154
8	Pannelli di legno compensato: abete.	12	0.120	10.000	5.40	0.300	1600	0.100
9	Pannello Celenit N	30	0.062	2.067	0.54	38.600	1	0.484
10	Strato d' aria verticale - spessore tra 2 cm. e 10 cm.	40	0.550	13.750	0.05	193.000	1008	0.073
11	Pannello Celenit N	50	0.062	1.240	0.90	38.600	1	0.806
12	Intonaco di calce e gesso.	5	0.700	140.000	7.00	18.000	1000	0.007
13	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 5.862 m²K/W					TRASMITTANZA = 0.171 W/m²K			
SPESSORE = 361 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 19.075 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 30 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.13 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.77			SFASAMENTO = 3.86 h			
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..								

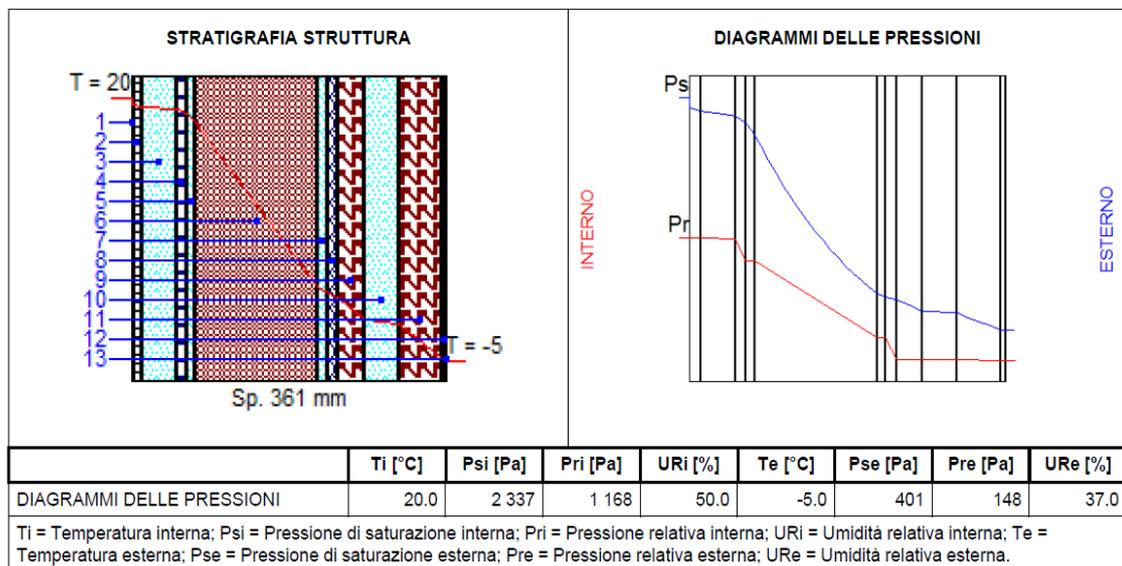


Figura 5.24

Codice Struttura: S001
 Descrizione Struttura: Tetto piano

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Superiore	0		25.000			0	0.040	
2	Pannelli di legno compensato: abete.	15	0.120	8.000	6.75	0.300	1600	0.125	
3	Pavatherm	140	0.044	0.314	23.80	38.600	1	3.182	
4	Pannello Celenit R	50	0.062	1.240	0.90	38.600	1	0.806	
5	Pannelli di legno compensato: abete.	18	0.120	6.667	8.10	0.300	1600	0.150	
6	Pannello Celenit R	50	0.062	1.240	0.90	38.600	1	0.806	
7	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100	
RESISTENZA = 5.210 m²K/W		SPESSORE = 273 mm			TRASMITTANZA = 0.192 W/m²K				
		CAPACITA' TERMICA AREICA = 8.681 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 40 kg/m²				
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.15 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.81			SFASAMENTO = 2.80 h				

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

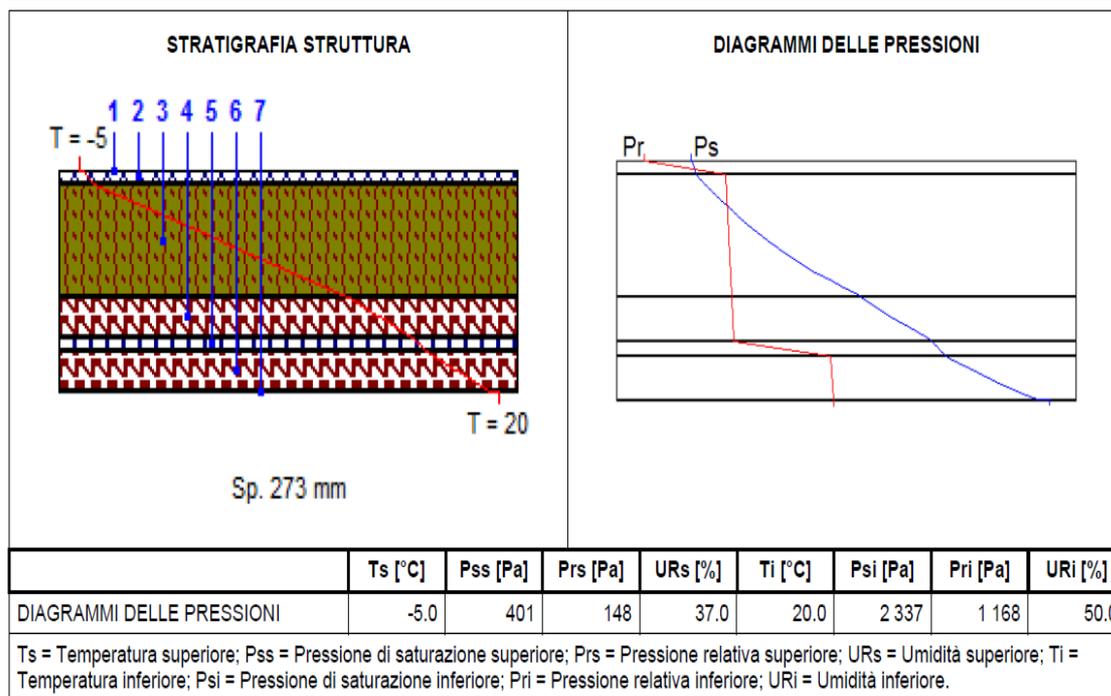
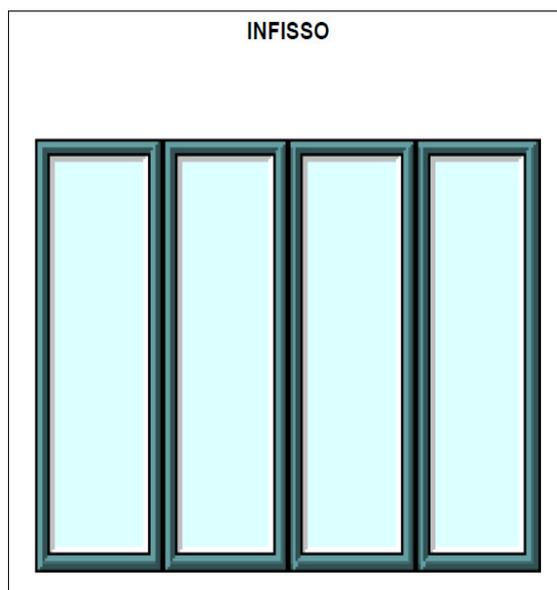


Figura 5.25

Codice Struttura: F004
 Descrizione Struttura: Finestra 4 ante
 Dimensioni: L = 3.50 m; H = 1.50 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	4.168	1.082	17.080	1.201	1.200	0.030	1.298	0.70
Ponte Termico Infisso-Parete: nessuno = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2062
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.770 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.298 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.201 W/m²K

Figura 5.26

5.2.2 CALCOLO DELLA COPERTURA DEL CONSUMO CON FONTI RINNOVABILI

Dato che l'edificio è già stato costruito, la valutazione in funzione delle direttive sulle fonti rinnovabili verrà effettuata confrontando diverse tipologie di impianto con quella effettivamente progettata. L'asilo nido attualmente viene servito da un impianto di riscaldamento collegato alla rete di teleriscaldamento dell'impianto di cogenerazione Hera di Imola. In particolare è stato installato uno scambiatore di calore con potenza pari a 70kW che serve l'impianto di riscaldamento degli ambienti e l'impianto idrico di riscaldamento dell'acqua calda sanitaria. Secondo la normativa regionale, il collegamento ad una rete di teleriscaldamento, permette di soddisfare gli obblighi di copertura del consumo con fonti rinnovabili, a condizione che l'impianto serva per intero i fabbisogni di energia per riscaldamento ambienti e acqua calda sanitaria. Partendo quindi dai fabbisogni utili di energia la tabella seguente permette di verificare l'effettiva spesa per l'energia e contestualmente la reale immissione di anidride carbonica nell'ambiente.

Per effettuare il calcolo dell'energia primaria consumata al netto delle fonti rinnovabili è stato richiesto alla centrale di cogenerazione Hera di Imola, che serve la rete di teleriscaldamento, quale sia il fattore di conversione tra energia utile ed energia primaria. Questo fattore di conversione è funzione della quota di energia rinnovabile utilizzata dall'impianto e, come si evince dal documento di figura 4.16, è pari a 0,34; in sostanza significa che la quota di combustibili fossili utilizzati per la produzione di energia è pari al 34%.

In tabella vengono proposti i risultati economici ed ambientali di tale impianto, riferito all'asilo nido Cornelia; le tariffe dell'energia acquistata dalla rete di teleriscaldamento per kWh consumato, sono state calcolate come media delle bollette finora pagate dalla società che gestisce l'asilo. Il calcolo della copertura con fonti rinnovabili dei consumi energetici non serve in quanto il solo allacciamento alla rete di teleriscaldamento soddisfa gli obblighi della normativa. Il calcolo è però utile per verificare l'effettiva spesa annuale e l'emissione di CO₂.



HERA IMOLA-FAENZA S.r.l.
Socio unico HERA S.p.A.
Via Casalegno n° 1
40026 Imola (BO)
tel. 0542.621111 - fax 0542.43170
www.gruppohera.it

Spett.li Studi tecnici
Loro Sede

Oggetto: dichiarazione del fattore di conversione dell'energia utile in energia primaria del sistema di cogenerazione e teleriscaldamento della città di Imola.

Con riferimento all'art. 3 comma 2 del Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 11 marzo 2008, ai fini della determinazione della riduzione del fabbisogno di energia primaria conseguente all'allacciamento al servizio di teleriscaldamento, si comunica che per l'anno 2009 il fattore di conversione dell'energia termica utile in energia primaria da utilizzare per il calcolo di ammissibilità alla detrazione fiscale del 55% è pari a **0,34**.

Si precisa che tale fattore è esclusivamente funzionale alla determinazione del risparmio di energia primaria (combustibile) derivante dal collegamento al sistema di cogenerazione attraverso la rete di teleriscaldamento e non si riferisce perciò alla classificazione energetica dell'edificio da allacciare.

Come indicato al comma 344 della Legge del 27 dicembre 2006, n.296, il superamento della soglia di risparmio del 20% di energia primaria rappresenta il limite di ammissibilità alla detrazione fiscale.

Distinti saluti.

HERA Imola Faenza srl
Il Dirigente Reti
Stefano Pelliconi

C.F./Part. IVA Reg. Imp. BO 02304931203
Capitale Sociale int. vers. Euro 750.000,00
Società soggetta alla direzione
ed al coordinamento di HERA S.p.A.

Figura 5.27

TELERISCALDAMENTO

P FV	<input type="text" value="0"/> kWp
Fattore conv el.	<input type="text" value="0,4"/>
Costo CH4	<input type="text" value="0,1"/> €/kWh
Costo EE	<input type="text" value="0,3"/> €/kWh

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO	
Fabbisogno di Energia Utile - Epdc	<input type="text" value="32624"/>	<input type="text" value="11133"/>	<input type="text" value="27444"/>	kWh/anno
Contributo Solare Termico Primario	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		kWh/anno
Fattore di conversione / EER	<input type="text" value="0,34"/>	<input type="text" value="0,34"/>	<input type="text" value="2,9"/>	
Potenza scambiatore / Ppdc	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="2,75"/>	kW
% Erinn	<input type="text" value="100,00%"/>	<input type="text" value="100,00%"/>	<input type="text" value="13,79%"/>	
Erinn	<input type="text" value="32624,00"/>	<input type="text" value="11133,00"/>	<input type="text" value="3785,38"/>	kWh/anno
EP	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="23658,62"/>	kWh/anno

	TOTALE	CO2
% Erinn	<input type="text" value="67%"/>	
Erinn	47542,38 Kwh/anno	
EP	23658,62 Kwh/anno	<input type="text" value="8411"/> kg/anno
Spesa combustibili	6852,81 €	

Tabella 5.33

POMPA DI CALORE GEOTERMICA

Si vuole ora valutare il caso in cui l'impianto di generazione del calore fosse stato progettato, pensando di installare una pompa di calore geotermica. Il sistema previsto è costituito da due pompe di calore modulanti in serie, la cui potenza utile termica sia pari 56kW; la potenza risulta abbastanza elevata per avere un certo margine di sicurezza data l'elevata criticità dell'utilizzo. Come si vede dai calcoli l'elevato COP della pompa di calore permette di coprire la quota di energia con appena 2,5kWp di potenza dell'impianto fotovoltaico.

GEOTERMIA

P FV	2,5 kWp
Fattore conv el.	0,4
Costo CH4	0,9 €/mc
Costo EE	0,25 €/kWh

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO	
Fabbisogno di Energia Utile - E _{pd}	32624	11133	27444	kWh/anno
Contributo Solare Termico Primario	0	0		kWh/anno
Rendimento di generazione	4,75	3,5	3,6	
P _{pd}	11,92	11,92	5,5	kW
% Erinn	53,99%	37,56%	49,49%	
Erinn	17614,19	4181,55	13583,39	kWh/anno
EP	15009,81	6951,45	13860,61	kWh/anno

	TOTALE	CO2	
% Erinn	50%		
Erinn	35379,13		Kwh/anno
EP	35821,87	5551	Kwh/anno kg/anno
Spesa combustibili	2249,06		€

Tabella 5.34

POMPA DI CALORE AD ARIA

L'ultima valutazione viene effettuata considerando una classica pompa di calore ad aria. La potenza prevista è pari a quella precedente, ovviamente si tratta di un impianto che assorbe più energia elettrica, per questo sarà necessario installare un impianto fotovoltaico più potente.

PDC ARIA

Superfici utile	109 mq
P FV	13 kWp
Fattore conv el.	0,4
Costo CH4	0,9 €/mc
Costo EE	0,3 €/kWh

	RISCALDAMENTO	ACS	RAFFRESCAMENTO	
Fabbisogno di Energia Utile - E _{pd} c	32624	11133	27444	kWh/anno
Contributo Solare Termico Primario	0	0		kWh/anno
Rendimento di generazione	3,2	2,5	2,9	
P _{pd} c	15,03	15,03	15,38	kW
% Erinn	62,42%	0,00%	57,51%	
Erinn	20363,55	0,00	15783,90	kWh/anno
EP	12260,45	11133,00	11660,10	kWh/anno

	TOTALE	CO2
% Erinn	51%	
Erinn	36147,45 Kwh/anno	
EP	35053,55 Kwh/anno	7592 kg/anno
Spesa combustibili	3076,33 €	

Tabella 5.35

5.2.3 CONFRONTO ECONOMICO

Il confronto economico verrà ora eseguito sulla base di tre voci principali:

- Investimento iniziale confrontato con l'edificio di riferimento (ovvero quello esistente e collegato alla rete di teleriscaldamento).
- Spesa prevista nel corso dei prossimi 20 anni
- Guadagni ricavati tramite l'incentivo previsto dal quarto conto energia per la produzione di energia elettrica.

Il sistema impiantistico prevede:

- Per l'edificio collegato al teleriscaldamento, un semplice scambiatore di calore; inoltre non viene previsto un impianto fotovoltaico collegato al sistema di riscaldamento in quanto non viene utilizzata energia elettrica.
- Per il sistema dotato di pompa di calore geotermica, viene prevista l'installazione di 7 sonde profonde circa 100 m l'una, tali da coprire il fabbisogno di energia termica; viene previsto inoltre un piccolo impianto fotovoltaico dato che il rendimento (COP) della pompa di calore risulta elevato e quindi soddisfa in gran parte la quota di energia da fonti rinnovabili; l'elevato COP della macchina è dovuto al fatto che il terreno (pozzo freddo) ha temperatura costante (a partire dai tre metri di profondità) intorno ai 15 °C.
- Per il sistema dotato di pompa di calore ad aria, viene prevista l'installazione di una tradizionale macchina esterna, integrato con un impianto fotovoltaico da 13 kWp.

Il calcolo viene effettuato mettendo a confronto:

- i maggiori investimenti effettuati per installare le pompe di calore rispetto al caso reale di collegamento alla rete di teleriscaldamento.
- la differenza di spesa per l'acquisto di energia
- i diversi guadagni ottenuti tramite il conto energia.

Dato che dai calcoli precedenti è stata ricavata anche l'emissione annuale in atmosfera di anidride carbonica, verrà verificato se la situazione economicamente migliore corrisponde a quella ecologicamente più efficiente.

INVESTIMENTI INIZIALI

		TELERISCALDAMENTO					
IMPIANTO	Scambiatore TLR		70	kW			
			totale	8000,00	€		
FV	Pannelli		3000	€/kWp			
			totale	0,00	€		

		GEOTERMIA				Differenza da classe C	
IMPIANTO	PDC		22000	€/PZ			
	sonde	725 X 50	€/m =	36250			
			totale	58250,00	€		€ 50.250,00
FV	Pannelli		3000	€/kWp			
			totale	7500,00	€		€ 7.500,00
					Totale		€ 57.750,00

		PDC ARIA				Differenza da classe C	
IMPIANTO	PDC		25000	€/PZ			
			totale	25000,00	€		€ 17.000,00
FV	Pannelli		3000	€/kWp			
			totale	39000,00	€		€ 39.000,00
					Totale		€ 56.000,00

Tabella 5.36

Nella pagina seguente vengono messe a confronto le varie tipologie impiantistiche dal punto vista economico di spesa per energia nell'arco di 20 anni

SPESE PER ENERGIA

	Spesa combustibili TLR	Spesa combustibili GEOTERMIA	Spesa combustibili PDC ARIA
2012	€ 6.852,81	€ 2.249,06	€ 3.076,33
2013	€ 7.092,65	€ 2.327,78	€ 3.184,00
2014	€ 7.340,90	€ 2.409,25	€ 3.295,44
2015	€ 7.597,83	€ 2.493,58	€ 3.410,78
2016	€ 7.863,75	€ 2.580,85	€ 3.530,16
2017	€ 8.138,98	€ 2.671,18	€ 3.653,71
2018	€ 8.423,85	€ 2.764,67	€ 3.781,59
2019	€ 8.718,68	€ 2.861,44	€ 3.913,95
2020	€ 9.023,84	€ 2.961,59	€ 4.050,94
2021	€ 9.339,67	€ 3.065,24	€ 4.192,72
2022	€ 9.666,56	€ 3.172,53	€ 4.339,47
2023	€ 10.004,89	€ 3.283,57	€ 4.491,35
2024	€ 10.355,06	€ 3.398,49	€ 4.648,54
2025	€ 10.717,49	€ 3.517,44	€ 4.811,24
2026	€ 11.092,60	€ 3.640,55	€ 4.979,64
2027	€ 11.480,84	€ 3.767,97	€ 5.153,92
2028	€ 11.882,67	€ 3.899,85	€ 5.334,31
2029	€ 12.298,56	€ 4.036,34	€ 5.521,01
2030	€ 12.729,01	€ 4.177,61	€ 5.714,25
2031	€ 13.174,53	€ 4.323,83	€ 5.914,25
2032	€ 13.635,64	€ 4.475,16	€ 6.121,25
TOTALE	€ 200.578,01	€ 65.828,92	€ 90.042,52

Tabella 5.37

INCENTIVO FOTOVOLTAICO

	incentivo FV TLR	incentivo FV GEOTERMIA	incentivo FV PDC ARIA
2012			
2013	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2014	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2015	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2016	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2017	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2018	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2019	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2020	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2021	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2022	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2023	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2024	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2025	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2026	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2027	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2028	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2029	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2030	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2031	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
2032	€ -	€ 605,00	€ 3.146,00
TOTALE	€ -	€ 12.100,00	€ 62.920,00

Tabella 5.38

BILANCIO ECONOMICO IN 20 ANNI

	Guadagni- Spese TLR	Guadagni- Spese GEOTERMIA	Guadagni-Spese PDC ARIA
2012	€ -	-€ 57.750,00	-€ 56.000,00
2013	-€ 6.886,07	-€ 1.672,60	-€ 36,89
2014	-€ 6.919,50	-€ 1.700,68	-€ 140,86
2015	-€ 6.953,09	-€ 1.728,32	-€ 242,31
2016	-€ 6.986,84	-€ 1.755,52	-€ 341,32
2017	-€ 7.020,76	-€ 1.782,31	-€ 437,96
2018	-€ 7.054,84	-€ 1.808,69	-€ 532,30
2019	-€ 7.089,09	-€ 1.834,69	-€ 624,41
2020	-€ 7.123,50	-€ 1.860,31	-€ 714,37
2021	-€ 7.158,08	-€ 1.885,57	-€ 802,22
2022	-€ 7.192,83	-€ 1.910,48	-€ 888,05
2023	-€ 7.227,75	-€ 1.935,05	-€ 971,91
2024	-€ 7.262,83	-€ 1.959,30	-€ 1.053,85
2025	-€ 7.298,09	-€ 1.983,23	-€ 1.133,95
2026	-€ 7.333,52	-€ 2.006,85	-€ 1.212,25
2027	-€ 7.369,11	-€ 2.030,19	-€ 1.288,81
2028	-€ 7.404,89	-€ 2.053,24	-€ 1.363,68
2029	-€ 7.440,83	-€ 2.076,02	-€ 1.436,92
2030	-€ 7.476,95	-€ 2.098,53	-€ 1.508,58
2031	-€ 7.513,25	-€ 2.120,80	-€ 1.578,69
2032	-€ 7.549,72	-€ 2.142,82	-€ 1.647,32
TOTALE	-€ 144.261,54	-€ 96.095,20	-€ 73.956,67

Tabella 5.39

Graficamente:

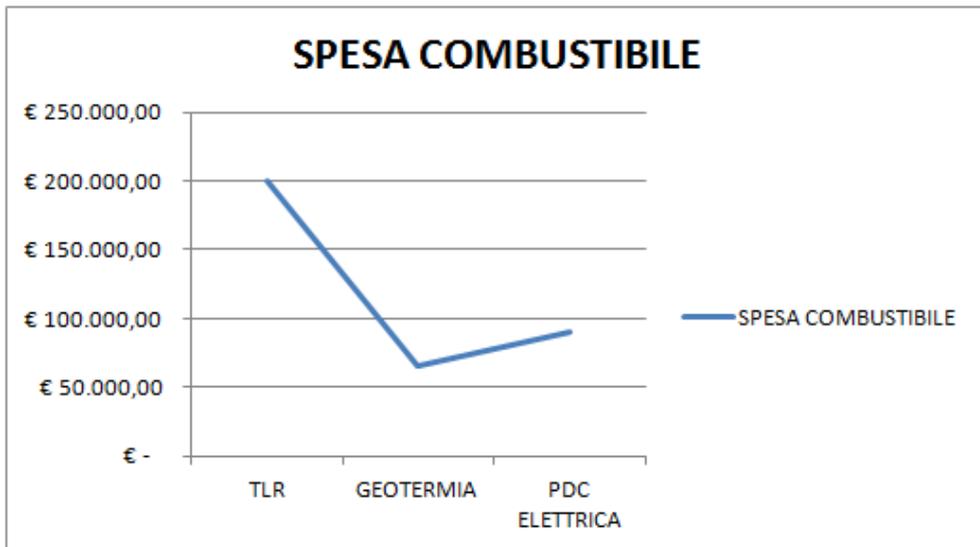


Figura 5.28

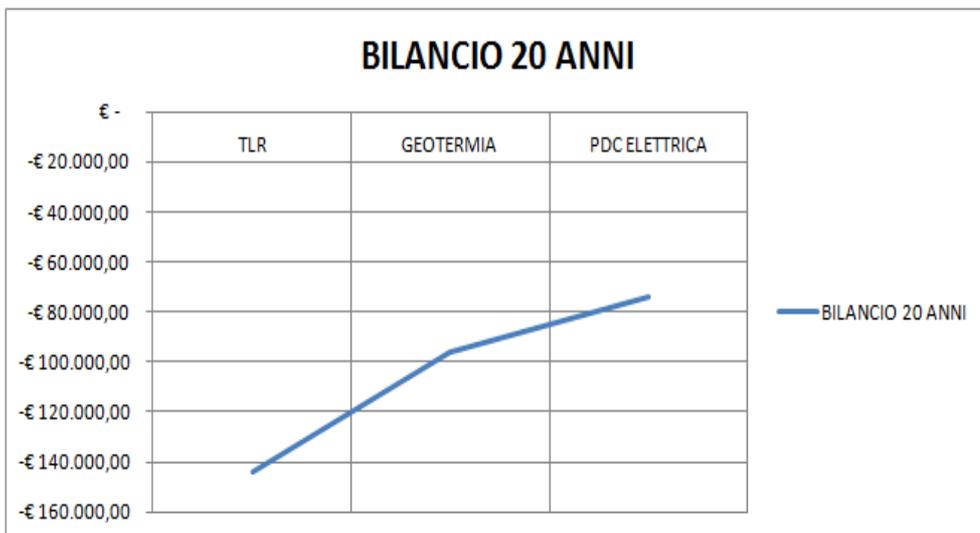


Figura 5.29

5.2.4 EMISSIONE DI ANIDRIDE CARBONICA

Come precedentemente accennato, passiamo ora al calcolo dell'anidride carbonica emessa nell'ambiente. In particolare valutiamo le tre situazioni esaminate:

- **TELERISCALDAMENTO** in questo caso è stato utilizzato un fattore di conversione di energia termica utile ed energia termica primaria pari a 0,34 come indicato dai dati forniti da Hera, gestore dell'impianto di cogenerazione che serve il teleriscaldamento. Questo significa che l'energia prodotta dall'impianto è stata sviluppata per il 66% con fonti rinnovabili di energia.
- **POMPA DI CALORE GEOTERMICA** l'emissione di anidride carbonica è dovuta all'energia elettrica assorbita dalla pompa di calore
- **POMPA DI CALORE AD ARIA** l'emissione di anidride carbonica è dovuta all'energia elettrica assorbita dalla pompa di calore.

Si noterà che la pompa di calore geotermica, visto l'alto rendimento di produzione, è il sistema impiantistico che produce la minor emissione di CO₂. Ovvero proprio quello che economicamente risulta sconveniente nei primi 20 anni.

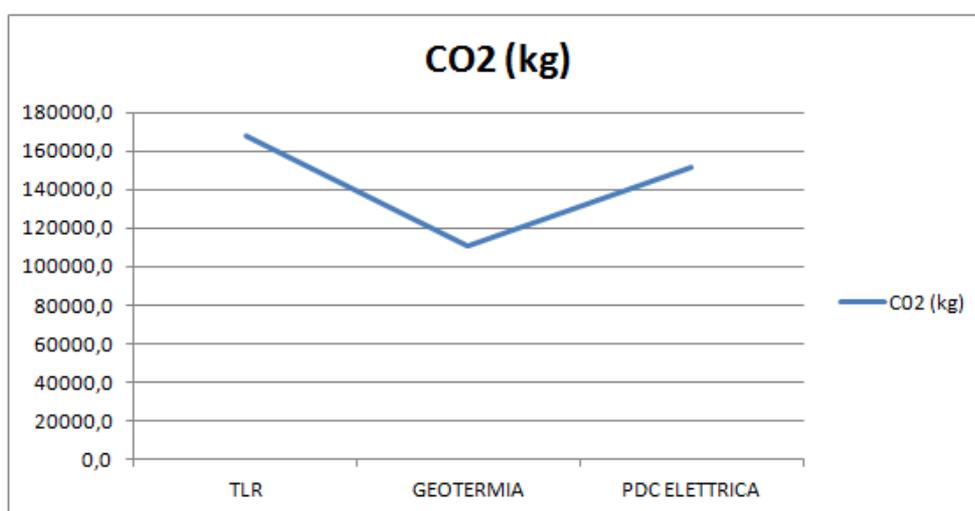


Figura 5.30

	CO2 TLR	CO2 GEOTERMIA	CO2 PDC ARIA
2012			
2013	8410,7	5550,7	7592,4
2014	8410,7	5550,7	7592,4
2015	8410,7	5550,7	7592,4
2016	8410,7	5550,7	7592,4
2017	8410,7	5550,7	7592,4
2018	8410,7	5550,7	7592,4
2019	8410,7	5550,7	7592,4
2020	8410,7	5550,7	7592,4
2021	8410,7	5550,7	7592,4
2022	8410,7	5550,7	7592,4
2023	8410,7	5550,7	7592,4
2024	8410,7	5550,7	7592,4
2025	8410,7	5550,7	7592,4
2026	8410,7	5550,7	7592,4
2027	8410,7	5550,7	7592,4
2028	8410,7	5550,7	7592,4
2029	8410,7	5550,7	7592,4
2030	8410,7	5550,7	7592,4
2031	8410,7	5550,7	7592,4
2032	8410,7	5550,7	7592,4
TOTALE	168214,8	111013,8	151847,6

Tabella 5.40

6 CONCLUSIONE

Quello che appare subito evidente dai risultati precedentemente illustrati è che le soluzioni ecologicamente più sostenibili non sono quelle anche economicamente più proficue, ciò significa che l'insieme delle direttive, degli obblighi e degli incentivi non induce al massimo risparmio di emissioni nell'ambiente.

Un secondo risultato meno evidente porta alla conclusione che l'installazione della classica caldaia a gas metano risulterà difficile; ci si trova costretti infatti, ad installare anche un impianto solare termico di notevoli dimensioni, con un conseguente costo aggiuntivo elevato; in molti casi non sarà invece possibile installare questo impianto per motivi di spazio. Vediamo ora nel dettaglio:

6.1 VILLETTA MONOFAMILIARE

Lo studio del bilancio economico della villetta monofamiliare ha portato alla conclusione che nell'arco di 20 anni il miglior investimento possibile sia quello che porta ad ottenere un edificio in Classe energetica A; soddisfacendo i requisiti richiesti di utilizzo di fonti energetiche rinnovabili con un impianto fotovoltaico di appena 1,3 kWp, si riesce ad ottenere il miglior bilancio economico tra spese e guadagni, rispetto a tutte le altre classi energetiche. Ciò che influenza il risultato sono le voci di maggior o minor investimento iniziale, le spese future in fonti energetiche ed infine l'incentivo fornito dal GSE per la produzione di energia tramite l'impianto fotovoltaico. Proprio questo incentivo è capace di influenzare il risultato del bilancio, favorendo impianti più grandi a scapito di un maggior risparmio energetico ottenuto tramite un involucro edilizio termicamente più efficiente.

Se valutiamo i risultati delle emissioni di anidride carbonica, notiamo immediatamente che l'edificio in classe A+, è quello con la minor emissione in atmosfera di CO₂; questo ci permette di dire che la maggior coibentazione termica e cura dei particolari costruttivi in funzione di una

minor dispersione di energia, portano ad una soluzione costruttiva ecologicamente più sostenibile.

Si nota quindi l'incongruenza fra la tipologia costruttiva economicamente più proficua e quella maggiormente eco-sostenibile. Quindi nel caso di costruzione di edifici ad uso residenziale, ma anche commerciale o per servizi, le istituzioni dovrebbero prevedere obblighi o incentivi che favoriscano appunto la progettazione di edifici a bassissimo consumo. Questo concetto è in realtà già anticipato con la direttiva, alquanto generica, 31/2010 dell'Unione Europea che prevede l'obbligo di costruzione di edifici cosiddetti ad "energia quasi zero" entro il 2020.

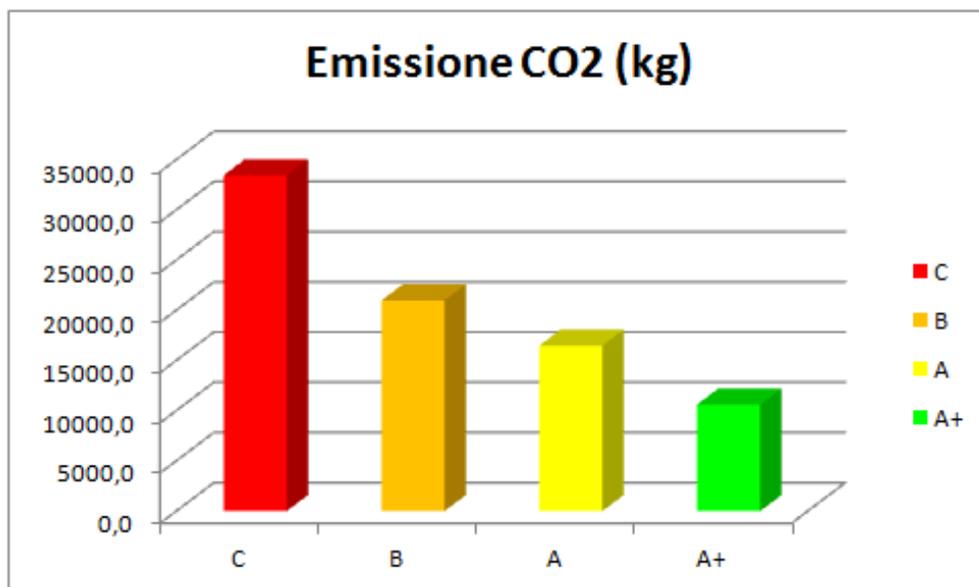


Figura 6.1 Emissione di CO2 (kg)

6.2 ASILO NIDO INTERAZIENDALE

Dato che l'asilo nido in questione era già stato costruito quando sono stati fatti i calcoli, la valutazione degli effetti della direttiva regionale è stata fatta considerando diverse ipotesi di impianto termico. In primo luogo è stata valutata la situazione esistente, cioè un impianto di riscaldamento collegato alla rete di teleriscaldamento presente sul territorio; questa soluzione soddisfa già gli obblighi previsti dalla direttiva, anche se al momento della

concessione edilizia non era ancora uscita e quindi l'edificio non era soggetto a soddisfare tali obblighi. Il soddisfacimento degli obblighi previsti dalla direttiva derivano dal fatto che l'impianto è collegato alla rete di teleriscaldamento e questo è già di per se considerata fonte rinnovabile.

Sono state quindi valutate due soluzioni che potevano essere alternative, ovvero l'installazione di una pompa di calore geotermica, oppure di una tradizionale pompa di calore ad aria.

I risultati hanno indicato che economicamente, nel corso dei primi 20 anni, la soluzione più proficua è quella che prevede l'installazione della pompa di calore ad aria; ciò è dovuto principalmente all'effetto dell'incentivo erogato dal GSE per la produzione di energia fotovoltaica. Questa soluzione risulta la più proficua anche allungando il calcolo fino a 40 anni; anche se bisogna dire che, in questo caso, il gap nei confronti dell'installazione della pompa di calore geotermica si riduce notevolmente fino ad essere quasi annullato. La pompa di calore geotermica paga più che altro in termini di investimento iniziale dovuto alla perforazione del terreno e all'installazione delle sonde. La soluzione che prevede la pompa di calore geotermica è anche quella maggiormente eco-sostenibile come si vede dal seguente grafico e sarebbe quindi auspicabile che fosse anche la più appetibile dal punto di vista economico.

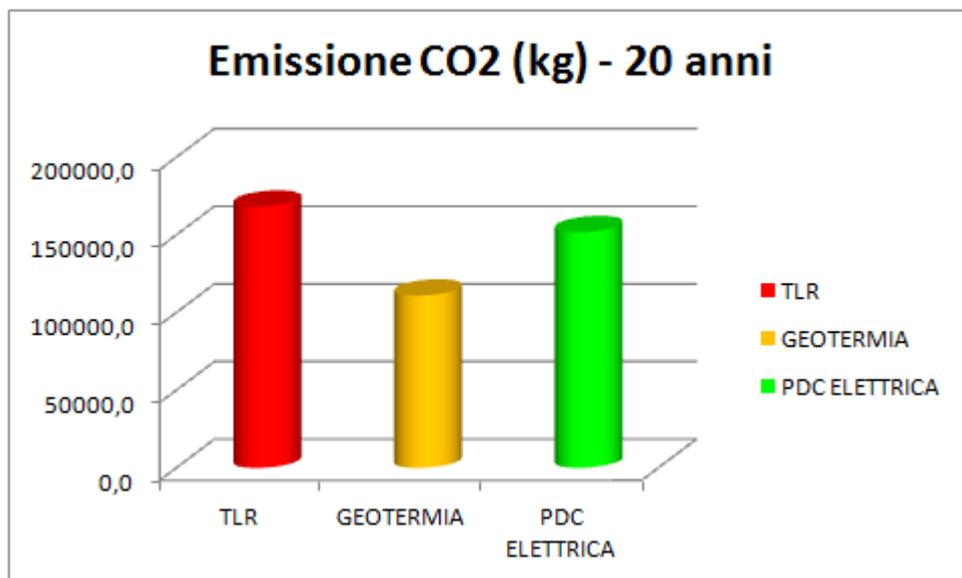


Figura 6.2

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Direttiva 2009/28/CE – Fonti rinnovabili
- ✓ D.Lgs 28/2011 – Fonti rinnovabili
- ✓ DGR 1366/2011 – Emilia-Romagna
- ✓ Pareschi A. – Impianti Industriali - Ed. Progetto Leonardo – Bologna

SITI INTERNET

- ✓ <http://imprese.regione.emilia-romagna.it/energia>
- ✓ <http://www.anit.it/>
- ✓ <http://www.enea.it/it>

RINGRAZIAMENTI

Alla fine di un'avventura intrapresa tardivamente , ma con grande impegno e un bel po' di sudore, mi sento di ringraziare tantissimo i miei genitori e mia sorella Martina, che mi hanno sempre sostenuto ed aiutato, anche economicamente, al fine di rendermi il più agevole possibile questo percorso; un grazie anche ai miei nonni, presenti e non, per il loro aiuto morale e "spirituale". Un grande abbraccio invece lo voglio dedicare a mia cugina Lisa che presto diventerà mamma.

Un grazie particolare ai miei amici tutti, che hanno sempre cercato di incentivarmi a non studiare per svagarmi con loro; e almeno per lo svago sono stati di grande aiuto.

Un ringraziamento assolutamente dovuto a Gionata, che mi ha insegnato quasi tutto ciò che conosco sul risparmio energetico; a Fabio e Manu che invece mi sopportano tutto il giorno in ufficio.

Infine, il più importante ringraziamento che posso fare a Giulia, è quello di dirle che non sarò mai in grado di spiegarle a parole quanto le sono grato.