

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA**  
*(INGEGNERIA EDILE - ARCHITETTURA)*

**DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA**

**TESI DI LAUREA**

in  
**RECUPERO E CONSERVAZIONE DEGLI EDIFICI**

**Valutazione della prestazione energetica degli edifici**

**tramite il LCCA (Life Cycle Cost Analysis).**

**Analisi comparativa con gli strumenti applicativi della direttiva**

**31/2010/CE (EPBD) e UNI EN 15459.**

CANDIDATO  
Lorenzo Santoni

RELATORE:  
Chiar.mo Prof. Riccardo Gulli

CORRELATORE  
Ing. Luca Boiardi  
Ing. Marco Alvise Bragadin

Anno Accademico [es.:2011/12]

Sessione III



# Sommario

---

<b>1</b>	<b><i>Obiettivi</i></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><i>Storia recente del settore energetico.</i></b>	<b>3</b>
2.1	La radiazione solare	3
2.2	Effetto Serra	4
2.3	IPCC. Sintesi dei cambiamenti osservati, proiettati su scala mondiale.	6
2.4	I gas serra	10
2.5	UNFCCC e Protocollo di Kioto	11
2.6	L'Europa e l'Italia.	13
<b>3</b>	<b><i>Nuova Normativa Europea</i></b>	<b>19</b>
3.1	Direttiva Europea 31/2010/CE-EPBD (Energy Performance Building Directive)	20
3.2	244/2012/UE Regolamento Delegato	22
3.3	2012.C.115.01/UE 16 gennaio 2012	25
3.3.1	Il concetto dei livelli ottimali in funzione dei costi	27
3.3.2	Categorizzazione dei costi	28
3.3.3	Raccolta dati sui costi	29
3.3.4	Tasso di sconto	29
3.3.5	Periodo di calcolo in rapporto al ciclo di vita atteso	30
3.3.6	Evoluzione dei prezzi nel tempo	31
3.3.7	Calcolo dei costi dell'energia	31
3.3.8	Trattamento della fiscalità, delle sovvenzioni e delle tariffe di alimentazione nel calcolo dei costi	31
3.3.9	Calcolo dei costi di smaltimento	32
3.3.10	Identificazione della fascia ottimale in funzione dei costi	33
3.3.11	Confronto con i requisiti attualmente in vigore negli Stati membri	33
3.3.12	Analisi di Sensibilità	34
3.3.13	Stima dell'evoluzione dei prezzi dell'energia nel lungo periodo	35
3.4	Normativa Tecnica di riferimento UNI EN15459	36
3.4.1	Parametri finanziari base	36
3.4.2	Costo globale:	37
3.4.3	Calcolo delle annualità	38
<b>4</b>	<b><i>Prestazione Energetica, il software EcoAbita.</i></b>	<b>43</b>
4.1	L'interfaccia iniziale	43
4.2	La libreria e la definizione dei pacchetti	45
4.3	La definizione delle partizioni orizzontali e verticali	47
4.4	L'impiantistica	47
4.5	La valutazione finale	50

<b>5</b>	<b><i>Life Cycle Assessment. Ecoindicatori.</i></b>	<b>51</b>
5.1	Embodied Energy	51
5.2	Global Warming Potential <sup>2</sup>	51
<b>6</b>	<b><i>Caso di studio.</i></b>	<b>53</b>
6.1	Palazzine in Via Verne (zona Corticella): Contestualizzazione	53
6.2	Storia degli edifici	56
6.3	Tecniche Costruttive	58
6.4	Descrizioni dell'involucro	59
6.4.1	Pacchetti Murari	59
6.4.2	Pacchetti Solai	59
6.4.3	Infissi	60
6.5	Impianti	60
6.5.1	Impianto di riscaldamento	60
6.5.2	Impianto per Acqua Calda Sanitaria (ACS)	61
<b>7</b>	<b><i>Interventi</i></b>	<b>63</b>
7.1	Involucro	63
7.1.1	Isolanti	63
7.1.2	Infissi	95
7.2	Impianti	96
7.2.1	Solare Fotovoltaico	96
7.2.2	Solare Termico	97
<b>8</b>	<b><i>Valutazioni Economiche nel ciclo di vita.</i></b>	<b>99</b>
8.1	Ipotesi 1F	99
8.1.1	Dati finanziari	99
8.1.2	Costi d'Investimento	101
8.1.3	Costi di Sostituzione/Manutenzione	103
8.1.4	Costi Energetici	104
8.1.5	Costi del Carbonio	105
8.1.6	Costi di smaltimento	105
8.1.7	Incentivi	105
8.1.8	Valore Residuo	108
8.1.9	Costo Globale (Finanziario/Macroeconomico)	109
8.1.10	Metodo delle annualità	110
8.2	Ipotesi 3F	112
8.2.1	Dati finanziari	112
8.2.2	Costi d'Investimento	112
8.2.3	Costi di Sostituzione	114
8.2.4	Costi di Manutenzione	114
8.2.5	Costi Energetici	115

8.2.6	Costi del Carbonio	115
8.2.7	Costi di smaltimento	115
8.2.8	Valore Residuo	116
8.2.9	Costo Globale (Finanziario/Macroeconomico)	117
8.2.10	Metodo delle annualità	119
<b>9</b>	<b><i>Risultati e Considerazioni Finali</i></b>	<b>121</b>
9.1	Dati finali	121
9.2	Analisi per tipo di isolante	122
9.3	Analisi comparata costi benefici	124
9.3.1	Costo /Beneficio Utente	125
9.3.2	Costo utente/Beneficio Sociale	126
9.4	Analisi per tipo di costo	128
9.4.1	Metodo del Costo Globale	128
9.4.2	Metodo delle annualità e quota di ammortamento annuale	129
9.5	Analisi di sensibilità del mercato energetico.	130
9.6	Algoritmo	133
9.7	Conclusioni	135
	<b><i>Allegato I Schede LCCA</i></b>	<b>137</b>
	<b><i>Allegato II Elaborati Grafici</i></b>	<b>167</b>
	<b><i>Bibliografia</i></b>	<b>169</b>
	<b><i>Direttiva di Riferimento</i></b>	<b>171</b>
	<b><i>Sitografia</i></b>	<b>172</b>
	<b><i>Indice delle figure</i></b>	<b>173</b>
	<b><i>Indice delle tabelle</i></b>	<b>175</b>
	<b><i>Indice dei grafici</i></b>	<b>177</b>
	<b><i>Ringraziamenti</i></b>	<b>179</b>



# 1 Obiettivi

---

Obiettivo di questa tesi è l'applicazione della direttiva EPBD 31/2010/CE a un caso reale, in particolare nella sua parte di valutazione economica degli interventi, poiché non ancora recepita in Italia. Essa, infatti, come verrà di seguito illustrato, lega le soluzioni tecniche ai costi dell'intero ciclo di vita dell'edificio, per permettere una più facile attuazione degli interventi. Tuttavia, prima di affrontare il tema principale della tesi nei suoi elementi più tecnici, si inizierà con una sintesi sulla principale causa dei cambiamenti climatici, l'effetto serra e gli organismi che si sono adoperati al suo contenimento.

Si proseguirà con l'illustrazione dell'evoluzione normativa in materia di risparmio energetico e l'esposizione della direttiva EPBD (recast) del 2010, successivi Regolamenti del 2012 e normativa tecnica UNI EN 15459, indicata dalla stessa direttiva come "*metodo di calcolo degli aspetti economici dei sistemi di riscaldamento e di altri sistemi che determinano la domanda e il consumo di energia dell'edificio*". Infine si concluderà con un caso di studio reale.

È giusto specificare che la metodologia illustrata in questa normativa, in realtà non è indirizzata al calcolo singoli casi di studio, ma alle autorità nazionali, le quali devono "*definire regolamenti di applicazione generale a livello nazionale*". Ciò detto, il nostro intento è di studiare e applicare una metodologia, un approccio progettuale (appunto il *Lyfe Cycle Cost Analysis*), ormai utilizzato dagli altri stati europei come la Germania e dagli U.S.A. da oltre vent'anni, che permetta la valorizzazione di aspetti tutt'altro che secondari, ma che troppo spesso passano in secondo piano, come le emissioni eccessive di CO<sub>2</sub> nell'edilizia (circa il 40% delle emissioni totali), e il risparmio economico che certe scelte progettuali possono procurare nel lungo periodo. Questa metodologia lega questi aspetti e il suo intento è di trarre maggiori vantaggi da entrambi.

## Obiettivi



## 2 Storia recente del settore energetico.

Il settore energetico, durante il XX secolo, ha acquisito sempre più importanza. Ma se in un primo momento, tutta l'attenzione si è focalizzata sul reddito dovuto allo sfruttamento delle materie prime per la produzione di energia (carbon fossile, petrolio, metano), avvicinandosi al XXI secolo ci si è reso conto che un uso scellerato delle fonti energetiche, avrebbe portato sicure e irreversibili lesioni al pianeta.

I segnali che ci hanno permesso di prendere provvedimenti, non sono pochi: surriscaldamento dell'atmosfera, scioglimento dei ghiacci, innalzamento del livello del mare. Tutto questo, come ormai tutti sappiamo, è dovuto all'effetto serra, anche se questo non è un evento dannoso a prescindere.

### 2.1 La radiazione solare

A parte una piccola quantità di energia proveniente dall'interno della Terra, l'energia che alimenta il sistema climatico del nostro pianeta proviene essenzialmente dal Sole. La Terra, infatti, riceve dal Sole energia radiante (cioè trasportata dalla radiazione elettromagnetica)

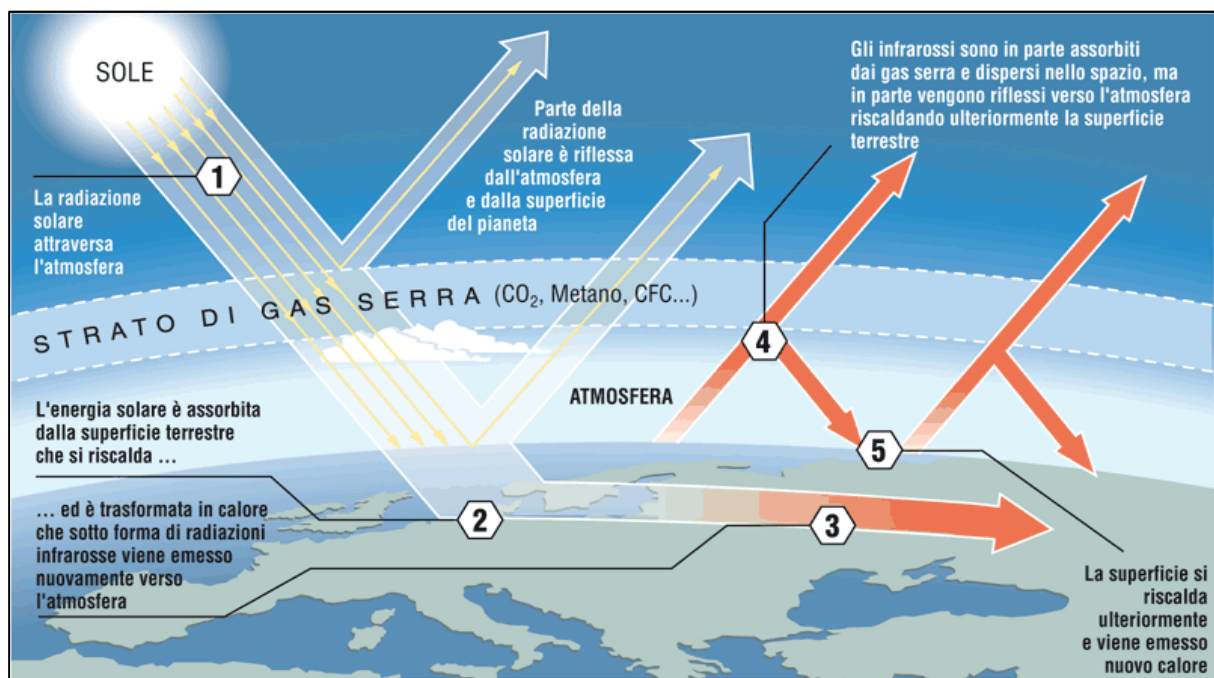


Fig. 2.1 La radiazione solare

composta per circa metà da luce visibile, da una piccola parte di ultravioletto e per il resto da infrarosso. La radiazione solare che ci colpisce in un'ora è pari a circa  $342 \text{ W/m}^2$ ; di questi solo  $235 \text{ W/m}^2$  sono assorbiti dalla superficie terrestre, mentre i restanti  $107$  sono riflessi nello spazio. La percentuale della radiazione totale incidente che viene riflessa dalla superficie terrestre è detta albedo.

L'albedo della Terra, è allora pari al 30% ( $342/107=30\%$ ). Dei  $107 \text{ W/m}^2$  riflessi nello spazio, 77 sono riflessi dalle nuvole, dai gas e dalle micro particelle presenti in atmosfera (aerosol), mentre i restanti  $30 \text{ W/m}^2$  ritornano in atmosfera perché riflessi dalle superfici chiare presenti sulla Terra, costituite prevalentemente da ghiacciai, neve e deserti. La neve ha un'elevatissima albedo, pari a 0.9, il che significa che il 90% della radiazione che la colpisce è riflessa. L'energia che non è riflessa verso lo spazio, pari a  $235 \text{ W/m}^2$ , è assorbita dalla superficie terrestre e dall'atmosfera e riemessa sotto forma di radiazione infrarossa (calore). L'atmosfera, costituita prevalentemente da azoto e ossigeno, trasparenti alla radiazione termica infrarossa, lascia sfuggire verso lo spazio queste radiazioni. Esistono, però, alcuni gas (appunto gas serra) che assorbono la radiazione termica e ne impediscono la dispersione causando il riscaldamento dell'atmosfera.

## 2.2 Effetto Serra

Questo fenomeno fisico naturale, chiamato effetto serra, è importantissimo per la vita sulla Terra, perché consente alla superficie terrestre di avere una temperatura media di  $14^\circ\text{C}$  anziché i  $-18^\circ\text{C}$  che si avrebbero in assenza di atmosfera e di gas serra.

L'effetto serra “nacque” nel 1824, quando lo scienziato francese Jean Baptiste Fourier, ne parlò per la prima volta misurandolo con l'elio termometro. Secondo questo fenomeno l'atmosfera si comporta come il vetro di una serra, cioè è “trasparente” alla radiazione solare che proviene dal Sole, mentre è parzialmente “opaca” a quella termica emessa dalla superficie terrestre. L'effetto serra è quindi un fenomeno naturale e sussiste sempre sui corpi celesti che possiedono un'atmosfera. Il vero problema quindi è dato dalla composizione dell'atmosfera che può aumentarne o diminuirne gli effetti.

Nel 1895 il chimico svedese Svante Arrhenius, dopo circa 150 anni dalla Rivoluzione Industriale, concluse che l'incremento di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera, avrebbe condotto negli anni ad un riscaldamento dell'intero Pianeta. Nel 1955 Charles Keeling confermò che i livelli di anidride carbonica stavano davvero salendo, tanto che tre anni dopo nelle Isole Hawaii, si iniziò a misurare sistematicamente la concentrazione di questo gas con la costruzione di un vero osservatorio. Alla fine degli anni '80 viene istituito il comitato di esperti delle Nazioni Unite chiamato IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) per vagliare e sintetizzare i risultati ottenuti dalle varie ricerche.

I fattori che influenzano l'effetto serra sono molti, e non tutti ben conosciuti. Si comportano in maniera diversa tra loro. Alcuni sono fenomeni locali (piogge, evaporazione, venti, annuvolamenti,...) altri hanno comportamenti più globali (campi di alta o bassa pressione, spostamenti di masse d'aria, variazione del contenuto atmosferico globale di vapore acqueo,

CO<sub>2</sub> o metano), alcuni provocano variazione di breve durata (ore, giorni) altri di lunga durata (anni, decenni, secoli):

- l'aumento di evaporazione provoca un effetto di riscaldamento: l'atmosfera diventa più umida (sale il contenuto di vapore acqueo) e l'atmosfera che diventa più umida trattiene più calore;
- l'aumento delle piogge provoca un effetto di raffreddamento, l'atmosfera diventa meno umida (perde vapore acqueo) e trattiene meno calore;
- l'aumento di nuvolosità svolge un doppio effetto, principalmente hanno un effetto di raffreddamento isolando la superficie terrestre dai raggi del sole, arrivando meno raggi dal sole meno calore entra in gioco.

In altri casi ha un effetto di riscaldamento bloccando la dispersione del calore già contenuto dall'atmosfera:

- i campi di alta/bassa pressione regolano lo spostamento "rapido" di aria più calda o più fredda, più o meno umida, intervenendo direttamente e rapidamente sulla capacità dell'atmosfera di trattenere più o meno calore;
- spostamenti di masse d'aria, cicloni, ecc. sono fortemente connessi a quanto già detto per le piogge, le nuvole, e i campi di alta o bassa pressione;
- le correnti oceaniche sembrano svolgere un ruolo importantissimo e fondamentale per riequilibrare il clima, simile a quello degli spostamenti di masse d'aria in atmosfera.

Le variazioni globali nel contenuto atmosferico di vapore acqueo, CO<sub>2</sub> e metano, provocano variazioni di più lunga durata sulla temperatura e sono equilibrate dall'effetto serra perché fortemente connesse con alcune variazioni nei mari e nella biologia presente sulla Terra, ad esempio:

- il consumo di CO<sub>2</sub> da parte delle piante (maggiore CO<sub>2</sub> c'è in atmosfera maggiore sarà il consumo da parte delle piante);
- il passaggio di vapore acqueo o CO<sub>2</sub> dai mari all'atmosfera (più è caldo più vapore e CO<sub>2</sub> passano in atmosfera ma più vapore c'è in atmosfera e più nuvolosità e piogge si avranno);
- il passaggio di metano dalle terre all'atmosfera causato dai batteri (più è caldo maggior metano viene immesso in atmosfera).

In questo ultimo secolo, però, l'intensa attività produttiva umana ha provocato un aumento della concentrazione di "gas serra" nell'atmosfera. Le cause sono dupplici: da una parte, le crescenti emissioni originate prevalentemente dai processi tradizionali di produzione di energia (combustibili fossili); dall'altra, la progressiva distruzione delle foreste che, grazie alla fotosintesi clorofilliana delle piante, sono in grado di "assorbire" l'anidride carbonica presente

nell'aria e trasformarla in materia organica funzionando come dei veri e propri "serbatoi" o "pozzi" (sink) di anidride carbonica. Se la concentrazione di gas serra continua ad aumentare ai ritmi degli ultimi decenni, c'è il rischio che si inneschi un rapido riscaldamento del clima terrestre, poiché la capacità dell'atmosfera di trattenere il calore sulla Terra diventa sempre maggiore. Un aumento eccessivo e in tempi brevi delle temperature dell'atmosfera e degli oceani avrebbe effetti drammatici sugli equilibri climatici, e notevoli impatti sull'uomo. Secondo alcuni esperti di clima, se non si modificheranno i comportamenti umani, nei prossimi 100 anni la temperatura della Terra potrebbe aumentare in media di 1.0 – 3.5°C. Altri dati ci danno un'indicazione delle variazioni intervenute nell'ultimo secolo: dalla rivoluzione industriale ad oggi la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera è aumentata del 30% e nello stesso periodo la concentrazione di metano (prima fonte di emissione risaie e allevamento) è cresciuta del 145%.

### 2.3 IPCC. Sintesi dei cambiamenti osservati, proiettati su scala mondiale.

Molti studiosi, incaricati da organizzazioni nazionali ed internazionali, tra le quali il IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), dal 1988 eseguono un continuo monitoraggio sul clima del nostro pianeta e studiano possibili effetti dell'aumento di temperatura della bassa atmosfera e della superficie terrestre.

Sulla base delle ricerche dell'IPCC, l'aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera è la maggiore causa dell'intensificazione dei seguenti fenomeni:

- Aumento della temperatura del pianeta: dal 1860 ad oggi la temperatura media della Terra è aumentata di 0.6°C e di quasi 1°C nella sola Europa. Gli scienziati prevedono un ulteriore aumento della temperatura compreso tra 1,4 e 5,8°C entro la fine del secolo;
- Aumento delle precipitazioni: soprattutto nell'emisfero Nord, e in particolare alle medie e alte latitudini. Nelle regioni tropicali e subtropicali, invece, diminuzioni delle piogge;
- Aumento nella frequenza e nell'intensità di eventi climatici estremi: non ci sono ancora dati scientifici dimostrabili, ma pare che una conseguenza dei cambiamenti climatici possa essere l'aumento di eventi catastrofici. Potrebbero verificarsi lunghi periodi di siccità, improvvise piogge eccezionali, alluvioni, ondate di caldo e di freddo eccessivo. I cicloni tropicali potrebbero essere potenziati dall'aumento delle piogge violente, dei venti e del livello del mare;
- Aumento del rischio di desertificazione in alcune zone;
- Diminuzione dei ghiacciai e delle nevi perenni: 9 ghiacciai su 10 nel mondo si stanno sciogliendo ed è probabile che entro il 2050 il 75% di quelli svizzeri scompaia;

- Crescita del livello del mare: negli ultimi 100 anni il livello del mare è aumentata di 10-25 cm e sembra che possa aumentare di altri 88 cm entro il 2100. Almeno 70 milioni di abitanti della zona costiera in Europa sarebbero a rischio;
- Perdita di biodiversità: molte specie animali non saranno in grado di adattarsi a questi rapidi cambiamenti climatici. Gli studiosi, infatti, hanno stabilito che gli ecosistemi sono in grado di adattarsi a cambiamenti pari a 1°C in un secolo. Tra gli animali più a rischio troviamo gli orsi polari, le foche, i trichechi e i pinguini;
- Problemi nella produzione alimentare: piogge eccessive e caldo intenso mettono a rischio le colture, provocando carestie e malnutrizione. La FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) sostiene che ci sarà una perdita di circa 11% di terreni coltivabili nei Paesi in via di sviluppo entro il 2080, con riduzione della produzione di cereali e conseguente aumento della fame nel mondo;
- Diffusione delle malattie: sembra che il cambiamento climatico possa favorire la diffusione di malattie tropicali come la malaria e la dengue. Infatti, le zanzare che portano queste malattie, si stanno spostando verso nord, dove la temperatura è in aumento. Inoltre, l'aumento di temperatura favorisce l'inquinamento biologico delle acque, facendo proliferare organismi infestanti.

Nell'ultimo rapporto del 2012, l'IPCC illustra la panoramica degli estremi considerati e le sintesi dei cambiamenti osservati e proiettata su scala mondiale, con la tabella che riportiamo di seguito.

		<b>Cambiamenti osservati (dal 1950)</b>	<b>Attribuzione dei cambiamenti osservati</b>	<b>Cambiamenti previsti (fino a 2100) rispetto al tardo 20 ° secolo</b>
<b>Meteo e variabili climatiche</b>	<b>Temperatura</b>	<i>Molto probabile</i> diminuzione del numero di giorni e notti insolitamente freddi alla scala globale. <i>Molto probabile</i> aumento del numero di giorni e notti insolitamente caldi alla scala globale. <i>Sicurezza</i> media nell'aumento di lunghezza o nel numero di periodi caldi o di ondate di calore in molte regioni. <i>Sicurezza</i> bassa o media per l'andamento di temperature estreme in alcune sottoregioni dovute alla mancanza di osservazioni o di un segnale variabile in sottoregioni.	<i>Probabile</i> influenza antropica sulle tendenze giorni/ notti, caldi / freddi / su scala globale. Nessuna attribuzione di tendenze a scala regionale, con poche eccezioni.	<i>Praticamente certa</i> diminuzione di frequenza e dell'entità dei giorni particolarmente freddi e notti a scala globale. <i>Praticamente certo</i> aumento nella frequenza e l'entità dei giorni insolitamente calde e notti a scala globale. Molto probabilmente aumento in lunghezza, la frequenza e / o intensità dei periodi caldi o di ondate di calore sulla maggior parte delle aree del territorio.
	<b>Precipitazioni</b>	<i>Probabile</i> un aumento statisticamente significativo del numero di episodi di precipitazioni intense (ad esempio, 95 ° percentile) in più regioni rispetto a quelle con diminuzioni statisticamente significative, ma forti variazioni regionali e subregionali nelle tendenze	<i>Media sicurezza</i> che le influenze antropiche hanno contribuito a intensificazione di precipitazioni estreme alla scala globale.	<i>Probabile</i> aumento della frequenza di forti precipitazioni o aumento in proporzione delle precipitazioni totali cadute pesanti su molte aree del mondo, in particolare nelle alte latitudini e nelle regioni tropicali, e in inverno nelle medie latitudini settentrionali.
	<b>Venti</b>	<i>Scarsa sicurezza</i> nelle tendenze per insufficienza di prove.	<i>Scarsa sicurezza</i> nelle cause di questa tendenza per insufficienza di prove.	<i>Scarsa fiducia</i> nelle proiezioni di venti estremi (con l'eccezione degli estremi del vento associati a cicloni tropicali).
<b>Fenomeni correlati a Meteo e eventi climatici estremi</b>	<b>Monsoni</b>	<i>Scarsa sicurezza</i> nelle tendenze per insufficienza di prove.	<i>Scarsa sicurezza</i> per insufficienza di prove.	<i>Scarsa fiducia</i> nei cambiamenti previsti dei monsoni, a causa di un accordo insufficiente tra modelli climatici.
	<b>El Niño e altri modi di variabilità</b>	<i>Fiducia media</i> in trend passati verso più frequenti centrali equatoriali del Pacifico El Niño-Southern Oscillation (ENSO) eventi. Prove sufficienti per ulteriori istruzioni specifiche sulle tendenze ENSO. Evoluzione probabile nel sud modalità anulare (SAM).	<i>Probabile influenza</i> antropica sulle tendenze individuate nel SAM.1 Influenza antropica sulle tendenze in North Atlantic Oscillation (NAO) sono circa la stessa probabilità di non. Nessuna attribuzione delle variazioni di ENSO.	<i>Scarsa fiducia</i> nelle proiezioni di cambiamenti nel comportamento di ENSO e gli altri modi di variabilità a causa di accordo insufficiente di proiezioni del modello.
	<b>Cicloni Tropicali</b>	<i>Scarsa fiducia</i> che qualsiasi periodo lungo osservato (ad esempio, 40 anni o più), porti ad un aumento robusto dell'attività dei cicloni tropicali.	<i>Scarsa fiducia</i> nella attribuzione di eventuali cambiamenti rilevabili nelle attività dei cicloni tropicali alle influenze antropiche (a causa di incertezze storico record di cicloni tropicali, incompleta comprensione dei meccanismi fisici, e il grado di variabilità ciclone tropicale).	<i>Probabile</i> diminuzione o nessun cambiamento nella frequenza dei cicloni tropicali. <i>Probabile</i> aumento della velocità media massima del vento, ma forse non in tutti i bacini. <i>Probabile</i> aumento forti piogge associate a cicloni tropicali.
	<b>Cicloni Extratropicali</b>	<i>Probabile</i> spostamento verso i poli in cicloni extratropicali. <i>Scarsa fiducia</i> nei cambiamenti regionali di intensità.	<i>Fiducia media</i> in una influenza antropica sullo spostamento verso i poli.	<i>Probabili</i> conseguenze sulla attività regionali dei cicloni, ma scarsa fiducia nella modalità proiezioni regionali causati solo rappresentazione parziale dei processi rilevanti nei modelli attuali. <i>Fiducia</i> _ media una riduzione del numero di media latitudine tempeste. <i>Fiducia</i> media proiettata spostamento verso i poli di media latitudine tracce tempesta.

<b>Impatti sull'ambiente fisico</b>	<b>Siccità</b>	<i>Fiducia media</i> che alcune regioni del mondo abbiano sperimentato siccità più intense e più lunghe, in particolare nell'Europa meridionale e occidentale. Esistono anche tendenze opposte.	<i>Media fiducia</i> che l'influenza antropica abbia contribuito ad alcuni cambiamenti osservati nei modelli di siccità. <i>Scarsa fiducia</i> nella attribuzione delle variazioni di siccità a livello delle singole regioni a causa di prove inconsistenti o insufficienti.	<i>Fiducia media</i> nel previsto aumento della durata e intensità delle siccità in alcune regioni del mondo, tra cui l'Europa meridionale e la regione del Mediterraneo, Europa centrale, centrale America del Nord, America Centrale e Messico, nord-est del Brasile, e Africa meridionale. Nel complesso la <i>scarsa fiducia</i> altrove, a causa della insufficiente accordo di proiezioni.
	<b>Inondazioni</b>	<i>Limitato a media evidenza</i> a disposizione per valutare i cambiamenti climatici guida osservati per magnitudo e frequenza delle inondazioni a scala regionale. Inoltre, vi è basso accordo nel contenuto di questa prova, e quindi la fiducia globale è bassa alla scala Obbligazione Globale per quanto riguarda anche il segno di questi cambiamenti. <i>Fiducia alta</i> nella tendenza alla prima comparsa di sorgenti di fiumi sui picchi per lo scioglimento della neve e ghiacciai che alimentano i fiumi.	<i>Scarsa fiducia</i> che il riscaldamento antropogenico abbia colpito l'entità o la frequenza delle inondazioni su scala globale. <i>Fiducia medio-alta</i> dell'influenza antropica sui cambiamenti in alcune componenti del ciclo dell'acqua (precipitazioni, neve sciolta) che interessano le inondazioni.	<i>Scarsa fiducia</i> nelle proiezioni globali delle variazioni di magnitudo e frequenza delle inondazioni per insufficienza di prove. <i>Fiducia media</i> (basata su un ragionamento fisico) che prevede un aumento delle precipitazioni pesanti, contribuirebbe a piovare generando inondazioni locali in alcuni bacini o regioni. <i>Molto probabilmente</i> primi sorgenti di fiumi sui picchi per lo scioglimento della neve e ghiacciai che alimentano i fiumi
	<b>Livello del mare estremo e impatti costieri</b>	<i>Probabile</i> aumento estremo globale costiero di acqua calda, relativo all'aumento del livello medio del mare nel tardo 20° secolo.	<i>Probabile</i> influenza antropica attraverso contributi medio del livello del mare.	<i>Molto probabile</i> che la media del livello del mare contribuirà alla tendenza all'aumento livelli costieri estremamente elevati. <i>Alta fiducia</i> che le posizioni attualmente attraversate come l'erosione costiera e inondazioni, continueranno a causa dell'aumento del livello del mare, in assenza di variazioni di altri fattori che contribuiscono.
	<b>Altri impatti fisici</b>	<i>Scarsa fiducia</i> nelle tendenze globali in grandi frane in alcune regioni. Probabile aumento scioglimento del permafrost, con conseguenti probabili impatti fisici.	<i>Probabile</i> influenza antropica sul scioglimento del permafrost. <i>Bassa Fiducia</i> di altre incidenze antropiche per insufficienza di prove per le andamento altri effetti fisici nelle regioni fredde.	<i>Alta fiducia</i> che i cambiamenti di ondate di calore, il ritiro dei ghiacciai, e / o degradazione del permafrost influirà fenomeni di alta montagna, come instabilità pendenza, movimenti di massa, e glaciale inondazioni sfogo lago. <i>Alta fiducia</i> che i cambiamenti di forti precipitazioni interesserà frane in alcune regioni. <i>Scarsa fiducia</i> nelle proiezioni future sui cambiamenti delle attività della sabbia.

## 2.4 I gas serra

I gas serra naturali comprendono il vapor d'acqua, l'anidride carbonica, il metano, il protossido d'azoto e l'ozono. Alcune attività dell'uomo contribuiscono ad aumentare la concentrazione in atmosfera di questi gas liberando nell'aria altri gas serra di origine esclusivamente antropogenica. Vediamo in dettaglio quali sono le caratteristiche dei principali gas ad effetto serra:

### 1. *Vapore acqueo*

Il vapore acqueo è il principale gas serra, responsabile dei 2/3 dell'effetto serra naturale per la sua abbondanza in atmosfera e per la sua efficacia. Il vapore acqueo atmosferico è parte del ciclo idrologico, un sistema chiuso di circolazione dell'acqua dagli oceani e dai continenti verso l'atmosfera in un ciclo continuo di evaporazione, traspirazione, condensazione e precipitazione. La sua concentrazione è molto variabile nello spazio, ma relativamente stabile nel tempo. Inoltre, non viene direttamente influenzata dalle attività umane, ma dipende esclusivamente dalla temperatura dell'aria. Per ogni grado Celsius in più, il contenuto di vapore nell'aria aumenta del 7%.

### 2. *Anidride carbonica*

L'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) è il principale gas serra derivante dalle attività umane ed è quello che maggiormente contribuisce all'effetto serra antropico. La CO<sub>2</sub> è uno dei principali composti del carbonio e costituisce il principale veicolo attraverso il quale il carbonio è scambiato in natura tra le riserve (o serbatoi) presenti nell'atmosfera, idrosfera, geosfera e biosfera, attraverso i processi che costituiscono il ciclo del carbonio:

- nella biosfera il carbonio è presente all'interno delle molecole organiche (es. lipidi, glucidi, ecc) con circa 2.000 miliardi di tonnellate o giga tonnellate;
- negli oceani il carbonio è sciolto in forma di carbonati e bicarbonati con 39.000 giga tonnellate;
- nella geosfera il carbonio si trova sotto forma di calcare con 90.000.000 giga tonnellate e combustibile fossile con 6.000 giga tonnellate;
- nell'atmosfera il carbonio è presente come anidride carbonica con 750 giga tonnellate. Questi serbatoi sono legati tra loro da scambi, il cui bilancio naturale, in assenza di attività umane, è pressoché in pareggio.

A partire dalla Rivoluzione Industriale, con l'intensificarsi delle attività umane, le concentrazioni di anidride carbonica in atmosfera sono aumentate ed oggi la CO<sub>2</sub> è responsabile del 65% dell'effetto serra antropico. L'anidride carbonica derivante dalle attività umane è legata principalmente alla reazione di combustione dei combustibili fossili, alla



deforestazione e al cambiamento dell'uso del suolo. La CO<sub>2</sub> può permanere in atmosfera per un periodo che varia tra i 50 e i 250 anni prima di ritornare al suolo.

### 3. *Metano*

Il metano (CH<sub>4</sub>) deriva dalla fermentazione anaerobica (cioè dalla decomposizione) della sostanza organica. In natura il metano è emesso da paludi e mangrovie, mentre le emissioni antropogeniche provengono soprattutto dall'utilizzo di combustibili fossili, dalla zootecnica, dall'agricoltura (risaie) e dalle discariche. Pur essendo più potente della CO<sub>2</sub>, il metano contribuisce al 17% dell'effetto serra antropico, per via della minor concentrazione e del più breve tempo di residenza in atmosfera rispetto all'anidride carbonica.

### 4. *Protossido di azoto*

Il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) è un gas serra molto potente e con un tempo di permanenza in atmosfera molto lungo (120 anni). Le fonti naturali di N<sub>2</sub>O sono gli oceani, le foreste pluviali e i batteri presenti nel suolo. Per quanto riguarda l'attività umana, invece, deriva principalmente da fertilizzanti azotati utilizzati in agricoltura e in alcune produzioni industriali.

### 5. *Clorofluorocarburi*

I clorofluorocarburi o CFC, a differenza dei gas precedentemente descritti, che sono tutti presenti in natura, sono stati prodotti artificialmente dall'uomo e impiegati come refrigeranti, propellenti nelle bombolette spray ed estinguenti negli impianti antincendio. Oltre ad essere responsabili della distruzione dell'ozono stratosferico (buco dell'ozono) sono dei potenti gas serra che persistono in atmosfera per migliaia di anni. Le loro emissioni si sono notevolmente ridotte grazie all'applicazione del Protocollo di Montreal (1987) che ne ha proibito l'utilizzo. Tuttavia anche i loro sostituti (idrofluorocarburi e perfluorocarburi) sono potenti gas serra.

## 2.5 UNFCCC e Protocollo di Kyoto



Fig. 2.2 protocollo di Kyoto

Nel 1992 ha luogo a Rio de Janeiro la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change* da cui l'acronimo UNFCCC o FCCC), un trattato ambientale internazionale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*), il così detto Summit della Terra. Il trattato punta alla riduzione delle emissioni dei gas serra, sulla base dell'ipotesi di riscaldamento globale. Il trattato, come stipulato originariamente, non poneva limiti obbligatori per le emissioni di gas serra alle nazioni individuali; era quindi legalmente non vincolante. Includeva però, previsioni di aggiornamenti (denominati "protocolli" o COP) che avrebbero posto i limiti obbligatori, giuridicamente vincolanti, di emissioni.

Il principale di questi è il protocollo di Kyōto (COP 3), che è diventato molto più noto della stessa UNFCCC.

Il FCCC fu aperto alle ratifiche il 9 maggio 1992 ed entrò in vigore il 21 marzo 1994. Il suo obiettivo dichiarato è "raggiungere la stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera a un livello abbastanza basso da prevenire interferenze antropogeniche dannose per il sistema climatico".

Il protocollo di Kyoto, fu sottoscritto nella città giapponese di Kyoto l'11 dicembre 1997 da più di 160 Paesi in occasione della Conferenza COP3. Questo prevede l'obbligo in capo ai Paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio ed altri cinque gas serra, ovvero metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in una misura maggiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990, anno 0, nel periodo 2008-2012.

Perché il trattato potesse entrare in vigore, si richiedeva che fosse ratificato da almeno 55 nazioni firmatarie e che le nazioni che lo avessero ratificato producessero almeno il 55% delle emissioni inquinanti; quest'ultima condizione è stata raggiunta il 16 febbraio 2005, entrando in vigore, dopo la ratifica anche da parte della Russia. Il 16 febbraio 2007 si è celebrato l'anniversario del secondo anno di adesione al protocollo di Kyōto, e lo stesso anno ricorre il decennale dalla sua stesura e con l'accordo Doha, l'estensione del protocollo si è prolungata fino al 2020 anziché al 2012.

Premesso che l'atmosfera terrestre contiene 3 milioni di megatonnellate (Mt) di CO<sub>2</sub>, e le attività umane immettono 6.000 Mt di CO<sub>2</sub>, di cui 3.000 dai Paesi industrializzati e 3.000 da quelli in via di sviluppo, con il protocollo di Kyoto, se ne dovrebbero immettere 5.850 anziché 6.000, su un totale di 3 milioni. Ad oggi, 174 Paesi e un'organizzazione di integrazione economica regionale (EEC) hanno ratificato il Protocollo o hanno avviato le procedure per la ratifica. Questi Paesi contribuiscono per il 61,6% alle emissioni globali di gas serra.

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

I sistema di meccanismi flessibili per l'acquisizione di crediti di emissioni:

- *Clean Development Mechanism* (CDM o Meccanismo di Sviluppo Pulito): consente ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti nei Paesi in via di sviluppo, che producano benefici ambientali in termini di riduzione delle emissioni di gas-serra e di sviluppo economico e sociale dei Paesi ospiti e nello stesso tempo generino crediti di emissione (CER) per i Paesi che promuovono gli interventi.

- *Joint Implementation* (JI o Attuazione Congiunta): consente ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas-serra in un altro paese dello stesso gruppo e di utilizzare i crediti derivanti, congiuntamente con il paese ospite.
- *Emissions Trading* (ET o Scambio di Emissioni): consente lo scambio di crediti di emissione tra Paesi industrializzati e ad economia in transizione; un paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo può così cedere (ricorrendo all'ET) tali "crediti" a un paese che, al contrario, non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas-serra.

## 2.6 L'Europa e l'Italia.<sup>1</sup>



Fig. 2.3 Regioni italiane con certificazione energetica

L'Italia fa i suoi primi passi verso un miglioramento climatica e un corretto uso energetico, pochi anni dopo la prima riunione del IPCC e addirittura un anno prima dell'UNFCCC. È infatti dal 1991, che si inizia a parlare di certificazione. La legge 10, pubblicata in quell'anno, la prevedeva all'articolo 30, rimandando però ad un decreto successivo la sua applicazione. Purtroppo quel decreto non è mai stato emanato, così la certificazione nella sua forma cogente rimase per tanti anni un sogno nel cassetto. L'Europa fa i suoi primi passi quasi un decennio più tardi con la Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16/12/2002 sul

rendimento energetico nell'edilizia, meglio nota come «Direttiva EPBD» (Energy Performance Building Directive), ripropone la certificazione energetica invitando gli Stati membri ad attuarla insieme ad una serie di altre misure finalizzate a migliorare l'efficienza energetica nel settore edilizio che in Europa consuma circa il 40% dell'energia. Le disposizioni contenute nella direttiva sono cinque e riguardano:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo ed il rendimento energetico integrato degli edifici;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;

<sup>1</sup> [13.B.] C. Boffa, G. Riva, G. Dall'ò, G. Murano, CTI e MCE (2012), Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia Rapporto 2012, Secondo forum nazionale sulla certificazione energetica

- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti ad importanti ristrutturazioni;
- la certificazione energetica degli edifici;
- l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di 15 anni.

Nella Direttiva si ribadisce la necessità per gli stati membri di definire una metodologia comune finalizzata alla definizione di standard minimi che possano essere applicati a diverse tipologie edilizie, così da porre le basi per l'apertura di un mercato dell'efficienza energetica in Europa. Gli edifici storici e industriali esistenti con metratura  $< 1000\text{m}^2$ , sono esclusi dal soddisfare questi standard, mentre gli edifici di nuova costruzione aventi metratura superiore devono soddisfare le cinque disposizioni precedenti e sottoporsi ad una valutazione di fattibilità tecnico-economica, per l'installazione di impianti alternativi che utilizzino fonti energetiche rinnovabili, cogenerazione, teleriscaldamento e pompe di calore.

Parallelamente è stato dato mandato al CEN, l'Ente di normazione europeo, per l'elaborazione di un pacchetto di norme che costituiscano per tutti gli Stati membri un supporto tecnico alla Direttiva.

Il pacchetto di norme CEN – EPBD si articola in 43 parti ed è così organizzato:

- fisica dell'edificio: calcolo delle dispersioni termiche per conduzione e ventilazione, apporti energetici, effetti della radiazione solare in estate e in inverno, fabbisogni energetici estivi e invernali, calcolo delle temperature;
- descrizione e proprietà (classificazione) dei sistemi di ventilazione con raffrescamento e dei sistemi di condizionamento dell'aria;
- descrizione degli impianti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda ad usi sanitari;
- norme di supporto su sistemi di illuminazione per gli edifici (compreso l'effetto della luce diurna), controlli e automazione dei servizi degli edifici, classificazione dell'ambiente interno, valutazione economico-finanziaria delle soluzioni energeticamente sostenibili;
- ispezioni: caldaie e impianti di riscaldamento, impianti di raffrescamento e condizionamento d'aria, impianti di ventilazione;
- due norme chiave su come esprimere la prestazione e la certificazione energetica degli edifici, l'uso totale dell'energia, l'energia primaria e le emissioni di CO<sub>2</sub>, la valutazione dell'uso dell'energia e la definizione dei livelli di prestazione energetica.

Il nostro Paese è tra i primi ad emanare una legge per il recepimento della Direttiva: il D.Lgs. 192/2005. La certificazione energetica obbligatoria è ovviamente prevista, ma le regole tecniche necessarie per l'attuazione vengono demandate a successivi decreti. Nell'anno

seguito viene approvato il D.Lgs. 311/06 che in teoria avrebbe dovuto integrare e completare il D.Lgs. 192/2005. In realtà non è così, almeno per ciò che riguarda la certificazione. Requisito fondamentale, per avere diritto agli incentivi offerti dal Governo nella legge Finanziaria del 2007, era che gli edifici oggetto della richiesta fossero stati certificati. Il legislatore, consapevole dell'assenza di regole per l'attuazione della certificazione, introduce nel transitorio uno strumento sostitutivo: la qualificazione energetica. A livello nazionale questo strumento rimarrà in vigore fino al 2009, anno in cui viene approvato il D.M. 26/06/2009 che contiene le Linee guida nazionali per la certificazione energetica. È questo il momento in cui la certificazione energetica vera, cioè quella eseguita da un soggetto indipendente come previsto dalla EPBD, viene resa obbligatoria su tutto il territorio italiano. Il percorso sembra semplice, ma non è così. Infatti nel periodo transitorio, dall'emanazione del Decreto Legislativo 192/2005 al D.M. 26/06/2009, alcune regioni emanano delle leggi che definiscono le regole per l'attuazione della certificazione energetica sul territorio di competenza; la Lombardia, la Liguria, il Piemonte e l'Emilia-Romagna. Inoltre la provincia autonoma di Bolzano approva le sue regole ancora prima con il sistema CasaClima. Le Regioni che si muovono prima rispetto alle linee guida nazionali lo fanno nel rispetto della legalità: la modifica al Titolo V della Costituzione rende infatti l'energia materia concorrente fra Stato e Regioni, inoltre l'articolo 17 del Decreto Legislativo 192/2005 esplicita in modo chiaro questo concetto, affermando che le Regioni e le Province autonome possono recepire in modo indipendente la Direttiva 2002/91/CE garantendo il rispetto del vincolo derivante dall'ordinamento comunitario e dei principi fondamentali contenuti nello stesso Decreto 192/2005.

L'emanazione delle linee guida nazionali avrebbe potuto creare un po' di ordine su un tema diventato sempre più complesso come quello della certificazione energetica. In realtà le cose non stanno così e l'Italia rimane il paese europeo dalle tante regole, un paese in cui le classi di prestazione energetica di livello A ha diversi significati a seconda della regione in cui ci si trova e per questo, un tecnico può certificare in una regione e non in un'altra e le procedure di calcolo sono differenti fra loro. Riportiamo in tabella il quadro legislativo a livello europeo e nazionale.

Tabella 2.1 Quadro legislativo europeo

<b>Direttiva 2002/91/CE</b> del Parlamento europeo e del Consiglio del 16/12/2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.
<b>Direttiva 2006/32/CE</b> del Parlamento europeo e del Consiglio del 5/04/2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio.
<b>Direttiva 2009/28/CE</b> del Parlamento europeo e del Consiglio del 23/04/2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
<b>Direttiva 2010/31/UE</b> del Parlamento europeo e del Consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione). Non ancora recepita.
<b>244/2012/UE Regolamento Delegato</b> che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.
<b>2012.C.115.01/UE Orientamenti</b> che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per calcolare livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi

Tabella 2.2 Quadro legislativo nazionale

<b>Ambito:</b>	<b>Legislazione:</b>
<b>Attuazione delle direttive europee</b>	<p><b>Decreto Legislativo 19/08/2005, n.192</b> "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia".</p> <p><b>Decreto Legislativo 29/12/2006, n.311</b> "Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs. 19/08/2005, n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".</p> <p><b>Decreto Legislativo 30/05/2008, n.115</b> "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE"</p> <p><b>Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (Direttiva 2009/28/CE).</b> Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2009. Testo approvato dal Senato il 12/05/2010.</p> <p><b>Decreto Legislativo 3/03/2011, n.28</b> "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".</p>
<b>Certificazione energetica</b>	<b>Decreto Ministeriale 26/06/2009</b> "Linee guida nazionali per la certificazione energetica".
<b>Requisiti energetici</b>	<b>Decreto del Presidente della Repubblica 2/04/2009, n.59</b> "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del Decreto Legislativo 19/08/2005, n.192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

<b>Detrazioni fiscali</b>	<p><b>Legge 27/12/2006, n.296</b> "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)".</p> <p><b>Legge 24/12/2007, n.244</b> "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2008).</p> <p><b>Decreto Ministeriale 11/03/08</b>, "Attuazione dell'articolo 1, comma 4, lettera a) della legge 24/12/2007, n.244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27/12/2006, n.296".</p> <p><b>Decreto-Legge 29/11/2008, n.185</b> "Misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti-crisi il quadro strategico nazionale".</p> <p><b>Decreto Ministeriale 07/04/2008</b> "Disposizioni in materia di detrazione per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art. 1, comma 349, della legge 27/12/2006, n.296" coordinato con il D.M. 19/02/07, "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art. 1, comma 349, della legge 27/12/2006, n.296".</p> <p><b>Legge 23/07/2009, n.99</b> "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia".</p> <p><b>Decreto Ministeriale 6/08/2009</b> "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art.1, comma 349, della L. 27/12/2006, n.296".</p> <p><b>Decreto Ministeriale 26/01/2010</b> "Aggiornamento del Decreto 11/03/2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici".</p> <p><b>Provvedimento dell'Agenzia delle entrate</b> "Approvazione del modello di comunicazione per lavori concernenti interventi di riqualificazione energetica che proseguono oltre il periodo d'imposta nonché delle modalità di comunicazione all'Agenzia delle entrate dei dati in possesso dell'ENEA".</p> <p><b>Modello dell'Agenzia delle Entrate</b> "Interventi di riqualificazione energetica. Comunicazione per lavori che proseguono oltre il periodo d'imposta (detrazione d'imposta del 55%); art. 29, comma 6, del D.Lgs. 185/08, convertito con modificazioni dalla L. 02/09".</p> <p><b>Decreto Legge 6/12/2011, n.201</b> "Disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici"</p> <p><b>Legge 22/12/2011, n.214</b> "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 6 dicembre 2011, n. 201, recante disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici"</p>
<b>Fotovoltaico</b>	<p><b>Delibera Authority</b> "Attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 19/02/2007, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici".</p> <p><b>Decreto Ministeriale 19/02/2007</b> "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art. 1, comma 349, della legge 27/12/2006, n.296".</p> <p><b>Deliberazione ARG/elt 74/08</b> "Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo scambio sul posto (TISP)".</p> <p><b>Decreto 5/05/2011</b> "Incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici" (Quarto conto energia)</p>
<b>Cogenerazione</b>	<p><b>Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 19 marzo 2002, n. 42</b> "Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'art.2, comma 8, del decreto legislativo 16 Marzo 1999, n.79"</p> <p><b>Decreto ministeriale 5/09/2011</b> "Regime di sostegno per la cogenerazione ad alto rendimento"</p>
<b>Piano casa</b>	<p><b>Conferenza Stato – Regioni ed Enti Locali. Intesa del 31/03/2009</b></p> <p><b>Legge 22 /05//2010, n.73</b> "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-Legge 25/03/2010, n.40, recante disposizioni urgenti tributarie e finanziarie in materia di contrasto alle frodi fiscali internazionali e nazionali operate, tra, l'altro, nella forma dei cosiddetti &lt;&lt;caroselli&gt;&gt; e &lt;&lt;cartiere&gt;&gt;, di potenziamento e razionalizzazione della riscossione tributaria anche in adeguamento alla normativa comunitaria, di destinazione dei gettiti recuperati al Finanziamento di un Fondo per incentivi e sostegno della domanda in particolari settori"</p>

	<b>Decreto Legge 25/03/2010 n.40</b> “Disposizioni urgenti tributarie e finanziarie in materie di contrasto alle frodi fiscali internazionali e nazionali operate, nella forma dei cosiddetti <<caroselli>> e <<cartiere>>, di potenziamento e razionalizzazione della riscossione tributaria anche in adeguamento alla normativa comunitaria, di destinazione dei gettiti recuperati al Finanziamento di un Fondo per incentivi e sostegno della domanda in particolari settori” (D.L. INCENTIVI)
<b>Altro</b>	<b>Testo coordinato dalla L.133/08</b> , di conversione in legge del D.Lgs. 112/08 recante disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria.

Tabella 2.3 Quadro legislativo Emilia-Romagna

<b>Emilia Romagna</b>	<b>Legislazione</b>
	<p><b>Legge Regionale n.2623/12/2004</b> “Disciplina della programmazione Energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia”</p> <p><b>06/2008</b> “Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici”</p> <p><b>Delibera Assemblea legislativa regionale 6/10/2009, n.255</b> di modifica alla D.A.L. n.156/2008.</p> <p><b>Deliberazione della Giunta regionale 20/09/2010, n.1362</b> “Modifica degli allegati di cui alla parte seconda della D.A.L. 156/08”.</p> <p><b>Deliberazione della Giunta regionale 26/09/2011, n. 1366</b> “Proposta di modifica della parte seconda - Allegati – della delibera dell’Assemblea legislativa n. 156/2008”</p> <p><b>Delibera Giunta regionale 20/06/2011, n.855</b> "Approvazione di una procedura semplificata per il riaccreditamento dei soggetti iscritti nell'elenco regionale dei soggetti certificatori istituito ai sensi della delibera dell'Assemblea legislativa n.156/2008"</p>



### 3 Nuova Normativa Europea

---

Per introdurre la normativa citiamo la stessa in alcune sue considerazioni iniziali:

*“Il Consiglio europeo del marzo 2007 ha sottolineato la necessità di aumentare l’efficienza energetica nell’Unione per conseguire l’obiettivo di ridurre del 20 % il consumo energetico dell’Unione entro il 2020 e ha chiesto che venga data rapida e piena attuazione alle priorità definite nella comunicazione della Commissione intitolata «Piano d’azione per l’efficienza energetica: Concretizzare le potenzialità». Tale piano d’azione ha identificato le significative potenzialità di risparmio energetico efficaci in termini di costi nel settore dell’edilizia. Nella risoluzione del 31 gennaio 2008, il Parlamento europeo ha invitato a rafforzare le disposizioni della direttiva 2002/91/CE e in varie occasioni, da ultimo nella risoluzione del 3 febbraio 2009 sul secondo riesame strategico della politica energetica, ha chiesto di rendere vincolante l’obiettivo di migliorare l’efficienza energetica del 20 % entro il 2020. Inoltre, la decisione n. 406/2009/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020, fissa obiettivi nazionali vincolanti di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> per i quali l’efficienza energetica nel settore edilizio rivestirà importanza cruciale e la direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili ( 7 ), prevede la promozione dell’efficienza energetica nel quadro dell’obiettivo vincolante di fare in modo che l’energia da fonti rinnovabili copra il 20 % del consumo energetico totale dell’Unione entro il 2020.[...] È necessario predisporre interventi più concreti al fine di realizzare il grande potenziale di risparmio energetico nell’edilizia, tuttora inattuato, e di ridurre l’ampio divario tra i risultati dei diversi Stati membri in questo settore.[...]”*

*Le misure per l’ulteriore miglioramento della prestazione energetica degli edifici dovrebbero **tenere conto** delle condizioni climatiche e locali, nonché dell’ambiente termico interno e dell’efficacia sotto il profilo dei costi. Tali misure non dovrebbero influire su altre prescrizioni relative agli edifici quali l’accessibilità, la sicurezza e l’uso cui è destinato l’edificio.”* .[...]

*Competenza degli Stati membri fissare requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi. Tali requisiti dovrebbero essere fissati in modo da conseguire un **equilibrio ottimale in funzione dei costi tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio**, fatto salvo il diritto degli Stati membri di fissare requisiti minimi più efficienti sotto il profilo energetico dei livelli di efficienza energetica ottimali in funzione dei costi. Occorrerebbe prevedere la possibilità per gli Stati membri di*

*sottoporre a revisione periodica i propri requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici alla luce del progresso tecnologico. [...]*

Si potrebbero citare altre considerazioni, preambolo alla normativa, e in ognuna di queste viene sottolineato la relazione con i costi del ciclo di vita. Questo perché stabilendo solo un requisito minimo di consumo e tralasciando il costo globale d'intervento, il rischio è sempre quello di rendere l'intervento migliore "fuori mercato", rallentando in questo modo l'applicazione di tecnologie all'avanguardia e l'abbassamento della CO<sub>2</sub> libera in atmosfera. L'esempio più usato è quello dell'utilizzo di un isolante termico per pareti esterne più efficiente, rispetto lo spessore utile e i risparmi di emissioni, che hanno però un costo di investimento molto più alto rispetto a quelli derivati dal petrolio. Spesso però succede che i costi di manutenzione e sostituzione di questi ultimi sono a lungo termini di gran lungo più dispendioso sia sotto il profilo economico che sotto il profilo emissivo.

### 3.1 Direttiva Europea 31/2010/CE-EPBD (Energy Performance Building Directive)

Le disposizioni contenute nella direttiva, aggiuntive rispetto le cinque della direttiva 2002/91/CE sono:

1. l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di unità immobiliari di nuova costruzione;
2. l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di unità immobiliari ed elementi edilizi sottoposti a ristrutturazioni importanti;
3. l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di elementi edilizi che fanno parte dell'involucro dell'edificio e hanno un impatto significativo sulla prestazione energetica dell'involucro dell'edificio quando sono rinnovati o sostituiti;
4. l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di sistemi tecnici per l'edilizia quando sono installati, sostituiti o sono oggetto di un intervento di miglioramento;
5. i piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero;
6. la certificazione energetica delle unità immobiliari;
7. i sistemi di controllo indipendenti per gli attestati di prestazione energetica e i rapporti di ispezione.

Ma è negli Articoli 2 e 4 (*Definizioni* , *Fissazione di requisiti minimi di prestazione energetica*), che si annida la novità di questa normativa, appunto la relazione ai costi, in tre passaggi fondamentali:

1. *«livello ottimale in funzione dei costi»: livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato, dove: il costo più basso è determinato tenendo conto dei costi di investimento legati all'energia,*

*dei costi di manutenzione e di funzionamento (compresi i costi e i risparmi energetici, la tipologia edilizia interessata e gli utili derivanti dalla produzione di energia), se del caso, e degli eventuali costi di smaltimento;*

*il ciclo di vita economico stimato è determinato da ciascuno Stato membro. Esso si riferisce al ciclo di vita economico stimato rimanente di un edificio nel caso in cui siano stabiliti requisiti di prestazione energetica per l'edificio nel suo complesso oppure al ciclo di vita economico stimato di un elemento edilizio nel caso in cui siano stabiliti requisiti di prestazione energetica per gli elementi edilizi.”*

2. *“Il livello ottimale in funzione dei costi si situa all'interno della scala di livelli di prestazione in cui l'analisi costi-benefici calcolata sul ciclo di vita economico è positiva; [...] Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché siano fissati requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici o le unità immobiliari al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi.” [...]*
3. *“Gli Stati membri non sono tenuti a fissare requisiti minimi di prestazione energetica che non siano efficaci sotto il profilo dei costi rispetto al ciclo di vita economico stimato.” [...]*

La direttiva inoltre contiene indicazioni sugli aspetti da tenere in considerazione per il calcolo della prestazione energetica all'Allegato.1, quali:

*“la prestazione energetica di un edificio è espressa in modo chiaro e comprende anche un indicatore di prestazione energetica e un indicatore numerico del consumo di energia primaria,*

*Ai fini della determinazione della metodologia di calcolo si deve tener conto almeno dei seguenti aspetti:*

*a) le seguenti caratteristiche termiche effettive dell'edificio, comprese le sue divisioni interne:*

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <i>i) capacità termica;</i>        | <i>iv) elementi di rinfrescamento; e</i> |
| <i>ii) isolamento;</i>             | <i>v) ponti termici;</i>                 |
| <i>iii) riscaldamento passivo;</i> |  |

*b) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di isolamento;*

*c) impianti di condizionamento d'aria;*

*d) ventilazione naturale e meccanica, compresa eventualmente l'ermeticità all'aria;*

*e) impianto di illuminazione incorporato (principalmente per il settore non residenziale);*

*f) progettazione, posizione e orientamento dell'edificio, compreso il clima esterno;*

*g) sistemi solari passivi e protezione solare;*

*h) condizioni climatiche interne, incluso il clima degli ambienti interni progettato;*

*i) carichi interni.*

*Il calcolo deve tener conto, se del caso, dei vantaggi insiti nelle seguenti opzioni:*

*a) condizioni locali di esposizione al sole, sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da energia da fonti rinnovabili;*

*b) sistemi di cogenerazione dell'elettricità;*

*c) impianti di teleriscaldamento e telerinfrescamento urbano o collettivo;*

*d) illuminazione naturale.*

*Ai fini del calcolo gli edifici dovrebbero essere classificati adeguatamente secondo le seguenti categorie:*

*a) abitazioni monofamiliari di diverso tipo;*

*f) alberghi e ristoranti;*

*b) condomini (di appartamenti);*

*g) impianti sportivi;*

*c) uffici;*

*h) esercizi commerciali per la vendita all'ingrosso o al dettaglio;*

*d) strutture scolastiche;*

*e) ospedali;*

*i) altri tipi di fabbricati impieganti.*

Sarà però necessario attendere i regolamenti successivi per avere un quadro metodologico comune sotto il profilo dei costi.

### 3.2 244/2012/UE Regolamento Delegato

È il primo regolamento delegato che va a integrare la direttiva 2010/31/UE istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.

Nelle definizioni troviamo tutte le tipologie di costo da considerare:

1) *costo globale*, la somma del valore attuale dei costi dell'investimento iniziale, dei costi di gestione e dei costi di sostituzione (riferiti all'anno di inizio), nonché dei costi di smaltimento, se del caso. Per il calcolo a livello macroeconomico si introduce la categoria di costo supplementare del costo delle emissioni di gas a effetto serra;

2) *costi dell'investimento iniziale*, tutti i costi incorsi fino al momento in cui l'edificio o l'elemento edilizio è consegnato al cliente, pronto per l'uso. Questi costi comprendono la progettazione, l'acquisto degli elementi edilizi, il collegamento delle forniture, l'installazione e i procedimenti di messa in servizio;

3) *costi energetici*, i costi annuali e i canoni fissi e di punta per l'energia, comprese le imposte nazionali;

4) *costi di funzionamento*, tutti i costi connessi con il funzionamento dell'edificio, fra cui le spese annuali per assicurazioni, utenze di servizi pubblici, altri oneri fissi e fiscalità;

- 5) *costi di manutenzione*, i costi annuali delle misure volte a conservare e ripristinare la qualità desiderata dell'edificio o dell'elemento edilizio. Comprendono i costi annuali di ispezione, pulizia, regolazioni, riparazioni e materiale di consumo;
- 6) *costi di gestione*, le spese annuali di manutenzione, di funzionamento ed energetiche;
- 7) *costi di smaltimento*, i costi per lo smantellamento alla fine della vita di un edificio o di un elemento edilizio, che comprendono lo smantellamento, la rimozione degli elementi edilizi non ancora giunti alla fine della loro vita utile, il trasporto e il riciclaggio;
- 8) *costo annuale*, la somma dei costi di gestione e dei costi periodici o di sostituzione sostenuti in un determinato anno;
- 9) *costo di sostituzione*, un investimento sostitutivo per un elemento edilizio, sulla base del ciclo di vita economico stimato durante il periodo di calcolo;
- 10) *costo delle emissioni di gas a effetto serra*, il valore monetario del danno ambientale causato dalle emissioni di CO<sub>2</sub> relative al consumo di energia negli edifici;

Questi però, una volta individuati, non possono essere bellamente sommati fra loro. Questo perché, per fare una corretta analisi economica, non è possibile sommare due quantità di denaro riferiti a tempi differenti.

Per questo sono state sommariamente inserite, due formule economiche, per attualizzare le varie spese, all'anno dell'intervento, rispondenti a due metodologie differenti:

“Calcolo dei costi globali per un calcolo finanziario

- 1) *Nel determinare il costo globale di una misura/pacchetto/variante per il calcolo finanziario, i prezzi pertinenti di cui tenere conto sono quelli a carico del cliente, comprensivi di tutte le imposte, dell'IVA e degli altri oneri.*
- 2) *I costi globali per gli edifici e gli elementi edilizi sono calcolati sommando i diversi tipi di costi e applicando a essi il tasso di sconto, mediante un fattore di sconto, così da esprimerli in termini di valore nell'anno iniziale, con l'aggiunta del valore residuo attualizzato, come di seguito esplicitato:”*

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_I(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

$\tau$  è il periodo di calcolo

$C_g(\tau)$  rappresenta il costo globale (riferito all'anno iniziale  $\tau_0$ ) nell'arco del periodo di calcolo

$C_I$  rappresenta il costo iniziale dell'investimento per la misura o l'insieme di misure  $j$

$C_{a,i(j)}$  rappresenta il costo annuale durante l'anno  $i$  per la misura o l'insieme di misure  $j$   
 $V_{f,\tau(j)}$  rappresenta il valore residuo della misura o dell'insieme di misure  $j$  alla fine del periodo di calcolo (attualizzato all'anno iniziale  $\tau 0$ )

$R_{d(i)}$  rappresenta il fattore di sconto per l'anno  $i$  sulla base del tasso di sconto  $r$  da calcolare

e:

$$R_d(p) = \left( \frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

dove  $p$  rappresenta il numero di anni a partire dal periodo iniziale e  $r$  rappresenta il tasso di sconto reale.

#### Calcolo dei costi globali per il calcolo macroeconomico

Nel determinare il costo globale a livello macroeconomico di una misura/pacchetto/variante, [...] occorre includere anche una nuova categoria di costo per le emissioni di gas a effetto serra, ottenendo la seguente metodologia adattata del costo globale:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_I(j) \times R_d(i)) + C_{c,i}(j) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

$C_{c,i}(j)$  rappresenta il costo delle emissioni di carbonio per la misura o l'insieme di misure  $j$  durante l'anno  $i$ .

Gli Stati membri calcolano il costo delle emissioni di carbonio delle misure/pacchetti/varianti accumulato nell'arco del periodo di calcolo moltiplicando la somma delle emissioni annuali di gas a effetto serra per i prezzi previsti per tonnellata di  $CO_2$  equivalente delle quote di emissione in ogni anno in cui sono emesse.

Tabella 3.1 Evoluzione dei prezzi del carbonio

Evoluzione del prezzo del carbonio	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Riferimento (azione framm., prezzi dei comb. fossili di rif.)	16,5	20	36	50	52	51	50
Tecnologia efficace (azione glob., prezzi dei comb. fossili bassi)	25	38	60	64	78	115	190
Tecnologia efficace (azione framm., prezzi dei comb. fossili di rif.)	25	34	51	53	64	92	147

Fonte: allegato 7.10 del documento SEC (2011) 288 final (disponibile in inglese: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2011:0288:FIN:EN:PDF>)

Anche se appartenente alla normativa 2012.C.115.01/UE che verrà affrontata fra poco, sembrava corretto al fine di spiegare il calcolo macroeconomico, citarne alcune righe: *“L'obiettivo dell'esercizio di calcolo a livello macroeconomico è quello di preparare, con cognizione di causa, la fissazione di requisiti minimi di prestazione energetica generalmente applicabili e comporta una più ampia prospettiva che tiene conto del bene pubblico e nella quale gli investimenti in efficienza energetica e i relativi costi e benefici sono valutati alla luce di alternative strategiche, tenendo conto delle esternalità. Gli investimenti nell'efficienza energetica degli edifici vengono valutati in rapporto ad altre misure strategiche per ridurre il consumo di energia, la dipendenza dall'energia e le emissioni di CO<sub>2</sub>. Una prospettiva di investimento tanto ampia funziona inoltre relativamente bene con l'energia primaria in quanto «valuta» della prestazione energetica, mentre una prospettiva di puro investimento privato può funzionare sia con l'energia primaria che con l'energia fornita.*

*Nella pratica, tuttavia, non sarà possibile cogliere tutti i benefici diretti e indiretti per la società, in quanto alcuni sono intangibili o non quantificabili o non possono essere monetizzati. Alcuni costi e benefici esterni possono tuttavia essere rilevati grazie a metodologie riconosciute di quantificazione e di calcolo.”*

### 3.3 2012.C.115.01/UE 16 gennaio 2012

Questi sono gli orientamenti che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 e va ad integrare ulteriormente la direttiva 2010/31/UE .

Le tre normative, nel loro insieme, servono non tanto per avere un metodo di calcolo da

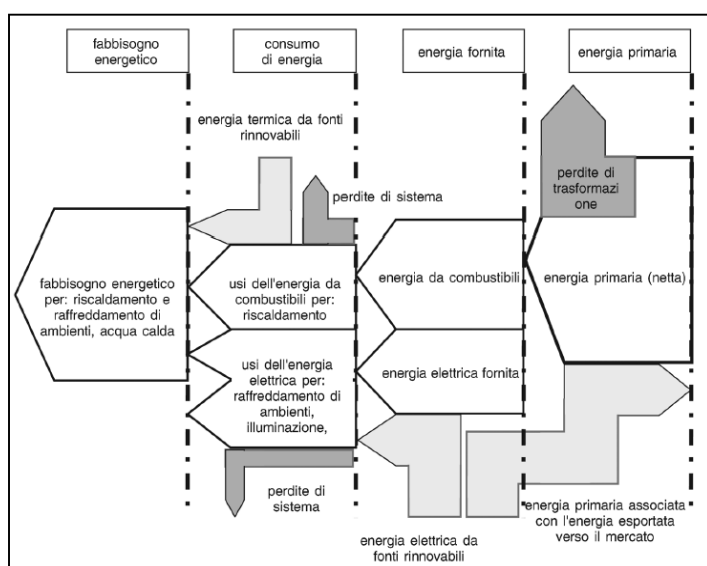


Fig. 3.1 Illustrazione schematica dello schema di calcolo

attuare caso per caso, ma per formare un “parco immobiliare” degli edifici che possiamo prendere utilizzare per la definizione dei prerequisiti minimi in funzione dei costi, suddivisi in prima battuta per destinazione d’uso (“*abitazioni monofamiliare, condomini di appartamenti/multifamiliari, edifici uso uffici*”) e successivamente secondo

caratteristiche secondarie importanti per le ristrutturazioni avvenute o necessarie (*età,*

*dimensione, condizioni climatiche, orientamento e ombra, prodotti da costruzione in strutture portanti e altre strutture, Edifici protetti come patrimonio designato).* Addirittura, nel qual caso il parco immobiliare sia troppo eterogeneo questi orientamenti prevedono che si proceda con la *“Creazione di un «edificio virtuale» che, per ciascun parametro pertinente, includa i materiali e sistemi di uso più comune.”*

La normativa prosegue con l’*“Identificazione delle misure di efficienza energetica, delle misure basate sull’energia da fonti rinnovabili o dei pacchetti/varianti di tali misure per ciascun edificio di riferimento“*, in cui vengono indicati le misure da prendere in considerazione ai fini del calcolo prestazionale e alcuni metodi per ridurre le combinazioni di questi elementi, in modo da semplificare i calcoli e il *“Calcolo del fabbisogno di energia primaria derivante dell’applicazione di misure e pacchetti a un edificio di riferimento”*, in cui vengono riportate le definizioni delle voci più importanti (Sorgente di energia, Vettore energetico, Limite del sistema, ecc...) e le indicazioni per riuscire a conseguire risultati affidabili, quali la definizione del sistema di calcolo, la definizione dei limiti del sistema, le norme EN per le stime energetiche, la definizione del comfort termico.

Si arriva poi alla parte più interessante per quello che riguarda il fine di questa tesi: *“Calcolo del costo globale in termini di valore attuale netto per ciascun edificio di riferimento”*.

*“Il termine «costi globali» è tratto dalla norma EN 15459 e corrisponde al concetto che nella letteratura è chiamato generalmente «analisi del costo del ciclo di vita».[...] Il calcolo dei costi globali prende in considerazione i costi [...] precedentemente indicati tutti con riferimento all'anno di inizio. La metodologia del costo globale ha il vantaggio di consentire l'uso di un periodo uniforme di calcolo (tenendo conto degli impianti con un lungo ciclo di vita mediante il loro valore residuale, rispetto al metodo delle annualità) e di poter utilizzare il calcolo del costo del ciclo di vita (LCC) che pure si basa sul calcolo del valore attuale netto.*

*È bene notare che la metodologia del costo globale, quale prescritta nel regolamento, non comprende i costi diversi da quelli dell'energia (ad esempio il costo dell'acqua).[...] Il concetto del costo globale non è inoltre del tutto in linea con una valutazione completa del ciclo di vita (LCA) che tenga conto di tutti gli impatti ambientali nel corso del ciclo di vita, compresa la cosiddetta energia «grigia». [...] Siamo tuttavia liberi di includere nella metodologia l'intero costo del ciclo di vita e a tal fine [...]”* possiamo avvalerci delle norme EN.



### 3.3.1 Il concetto dei livelli ottimali in funzione dei costi

*“A parte il fatto che esistono numerose e diverse prospettive e aspettative di investimento individuali, esiste inoltre la questione della portata dei costi e benefici presi in considerazione. Si considerano soltanto i costi e benefici immediati della decisione di investimento (ovvero la prospettiva finanziaria) o si tiene conto anche di altri costi e benefici indiretti (spesso chiamati «esternalità») determinati da un investimento nell'efficienza energetica e che riguardano altri attori del mercato diversi dagli investitori (prospettiva macroeconomica)? Ambedue queste prospettive hanno un fondamento specifico e sono attinenti ad aspetti differenti.*

*L'obiettivo dell'esercizio di calcolo a livello macroeconomico è quello di preparare, con cognizione di causa, la fissazione di requisiti minimi di prestazione energetica generalmente applicabili e comporta una più ampia prospettiva che tiene conto del bene pubblico e nella quale gli investimenti in efficienza energetica e i relativi costi e benefici sono valutati alla luce di alternative strategiche, tenendo conto delle esternalità. Gli investimenti nell'efficienza energetica degli edifici vengono valutati in rapporto ad altre misure strategiche per ridurre il consumo di energia, la dipendenza dall'energia e le emissioni di CO<sub>2</sub>. Una prospettiva di investimento tanto ampia funziona inoltre relativamente bene con l'energia primaria in quanto «valuta» della prestazione energetica, mentre una prospettiva di puro investimento privato può funzionare sia con l'energia primaria che con l'energia fornita.*

*Nella pratica, tuttavia, non sarà possibile cogliere tutti i benefici diretti e indiretti per la società, in quanto alcuni sono intangibili o non quantificabili o non possono essere monetizzati. Alcuni costi e benefici esterni possono tuttavia essere rilevati grazie a metodologie riconosciute di quantificazione e di calcolo.*

*La prospettiva microeconomica, d'altro canto, presenta limiti per gli investitori quando, ad esempio, vengono fissati requisiti di efficienza energetica più rigorosi che vanno a beneficio della società ma che non sono vantaggiosi sotto il profilo dei costi per gli investitori.*

*Il regolamento impone agli Stati membri di calcolare i livelli ottimali in funzione dei costi una volta a livello macroeconomico (escluse tutte le imposte applicabili, quali l'IVA, e tutti gli incentivi e le sovvenzioni applicabili ma inclusi i costi del carbonio) e una volta a livello finanziario (tenendo conto dei prezzi pagati dal consumatore finale, comprese le imposte e le sovvenzioni applicabili, ma esclusi i costi aggiuntivi di abbattimento dei gas serra).[...]*

*Va rilevato che, ai fini del calcolo della prospettiva finanziaria e per riflettere la situazione finanziaria reale, è in genere necessario includere i regimi di sostegno*

disponibili (comprensivi delle imposte e di tutte le sovvenzioni disponibili). Tuttavia, poiché tali regimi spesso cambiano rapidamente, [...] si possono effettuare i calcoli senza tener conto delle sovvenzioni per gli investitori privati.

A livello finanziario, inoltre, il calcolo può essere semplificato escludendo del tutto l'IVA da tutte le categorie di costo del calcolo del costo globale, se in un dato Stato membro non esistono misure di supporto e sovvenzioni basate sull'IVA. [...] Mentre chi ha adottato o intende adottare misure di sostegno basate sull'IVA, dovrebbe includere quest'ultima come elemento in tutte le categorie di costo, affinché il calcolo tenga conto delle misure di sostegno.”

### 3.3.2 Categorizzazione dei costi

Le categorie fondamentali di costo sono: costi dell'investimento iniziale, costi di gestione, se del caso, costi di smaltimento. Inoltre, nei calcoli a livello macroeconomico sono inseriti i costi delle emissioni di gas serra. Compresi nei costi di gestione abbiamo i costi dell'energia, dovuti ai costi di funzionamento degli impianti, e i costi periodici di sostituzione, che spesso vengono erroneamente scambiati con i costi di manutenzione. Tuttavia è anche possibile tenere conto di altre spese qui non elencate, nel caso siano considerate utili e importanti in relazione alla prestazione energetica degli edifici. Altro costo non incluso è quello del costo del capitale, che può essere inserito sempre a discrezione degli “Stati Membri”.

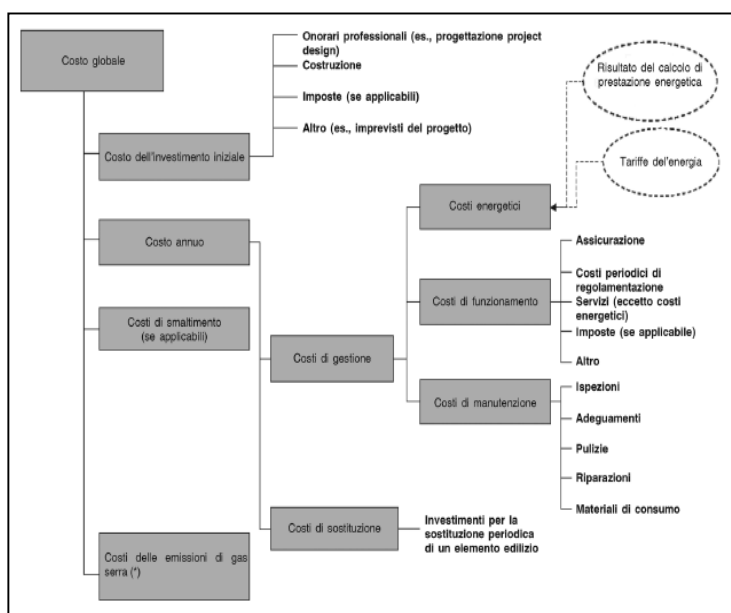


Fig. 3.2 categorizzazione dei costi secondo la metodologia quadro

I costi dell'energia sono collegati maggiormente agli impianti, mentre quasi tutte le altre categorie sono più collegate agli elementi edilizi specifici. Per questo la normativa consiglia di disaggregare "in modo sufficiente gli edifici in elementi distinti, in modo che le differenze di misure/pacchetti/varianti trovino riflesso nel risultato del calcolo dei costi globali."

Viene anche fatta una netta divisione fra due tipologie di calcolo: metodologia del costo pieno; metodologia del costo aggiuntivo.

La prima, significa che *“per ogni misura [...]devono essere calcolati il costo pieno della costruzione e il successivo utilizzo dell'edificio.”*

Siccome l'obiettivo è la comparazione di misure e non la valutazione dei costi totali per gli investitori e gli utilizzatori degli edifici, le seguenti voci di costo possono essere omesse dal calcolo:

i costi relativi agli elementi edilizi che non hanno alcuna influenza sulla prestazione energetica;

i costi che sono gli stessi per tutte le misure perché non determinano una differenza.

La seconda, *“è un metodo di calcolo del costo aggiuntivo che prende le mosse da un edificio standard (ad esempio, un edificio conforme agli effettivi requisiti minimi) integrato quindi da interventi aggiuntivi (ad esempio, un isolamento migliore, l'ombreggiamento, un sistema di ventilazione con recupero del calore, ecc.). Il confronto tra i costi si basa sui costi di investimento aggiuntivi e sulle differenze nei costi di gestione.”*

Quest'ultimo viene considerato inadatto poiché, *“le caratteristiche dell'edificio standard hanno un impatto sui risultati della valutazione dei livelli ottimali in funzione dei costi e il metodo di calcolo del costo aggiuntivo non può riflettere pienamente la portata delle misure sottoposte a valutazione”*

### 3.3.3 Raccolta dati sui costi

I costi devono essere basati su analisi di mercato, coerenti rispetto ai luoghi e ai tempi considerati e per questo è possibile rinvenirli dalla valutazione di progetti recenti, dall'analisi di offerte standard delle imprese di costruzione o tramite la consultazione di banche dati esistenti, alimentate con dati basati sul mercato. Proprio a questo proposito sono state specificatamente indicate alcune banche dati come inadatte: BKI (2010) o OSCAR (John Lang LaSalle 2009). Queste banche dati sono del tipo *“top down”* e sono sconsigliate poiché le fonti di dati sui costi non riflettono *“il livello di disaggregazione richiesto per confrontare differenti misure/pacchetti/varianti per un dato edificio di riferimento.”*

### 3.3.4 Tasso di sconto

Questo è uno dei fattori più importanti del metodo di calcolo, poiché una sua variazione incide non di poco sulla valutazione. Infatti un alto tasso di sconto (superiore al 4 % esclusa l'inflazione), riflette un approccio puramente commerciale, e di breve termine, alla valutazione degli investimenti. Un basso tasso di sconto (tra il 2% e il 4% esclusa l'inflazione), riflette con maggiore fedeltà i benefici che gli investimenti nell'efficienza energetica apportano agli occupanti degli edifici per l'intero ciclo di vita dell'investimento. La normativa fa considerazioni sul fatto che questo possa variare da Stato membro a Stato

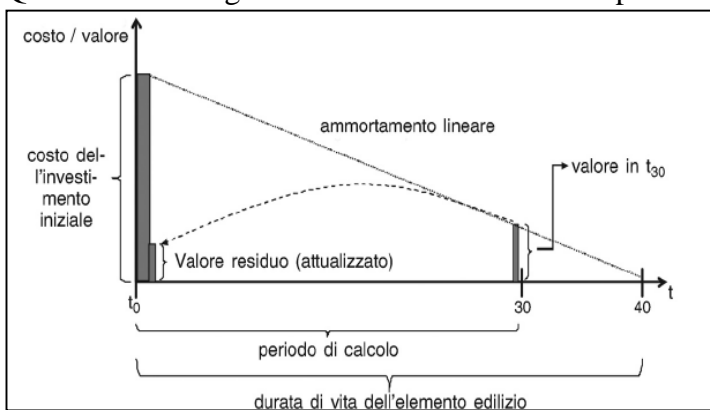
membro e questo perché riflette priorità strategiche (per il calcolo macroeconomico), differenze del quadro finanziario e delle condizioni di concessione dei mutui.

Per rendere applicabile il tasso di sconto è necessario ricavare un fattore di attualizzazione da utilizzarsi nel calcolo del costo globale.  $R_d(i)$ , e che analizzeremo più in dettaglio più avanti.

### 3.3.5 Periodo di calcolo in rapporto al ciclo di vita atteso

Il periodo di calcolo utilizzato per l'applicazione della metodologia del valore attuale netto non pregiudica la scelta dei cicli di vita degli edifici o degli elementi edilizi. Il ciclo di vita stimato può essere superiore o inferiore al periodo di calcolo.

Qualora una categoria di edifici di riferimento per edifici esistenti venga definita in modo



tale che il ciclo di vita rimanente dell'edificio di riferimento è inferiore al periodo di calcolo, il periodo di calcolo può essere fatto coincidere con la durata di vita massima residua.

*Di fatto la durata tecnica di vita*

Fig. 3.3 Calcolo del valore residuo di un elemento edilizio con un ciclo di vita più lungo del periodo di calcolo

*solo un'influenza limitata sul periodo di calcolo. Quest'ultimo è determinato, piuttosto, dal cosiddetto ciclo di ristrutturazione di un edificio, ovvero il lasso di tempo in cui un edificio è sottoposto a una ristrutturazione completa, comprendente un miglioramento dell'edificio nel suo complesso e un adeguamento alle modifiche dei requisiti degli utenti (invece di una semplice sostituzione). Quando è necessario fare una ristrutturazione profonda molte sono le ragioni di tale scelta, come l'invecchiamento di elementi importanti. I cicli di ristrutturazione sono molto diversi a seconda del tipo di edifici e tra gli Stati membri.*

*degli elementi di un edificio ha*

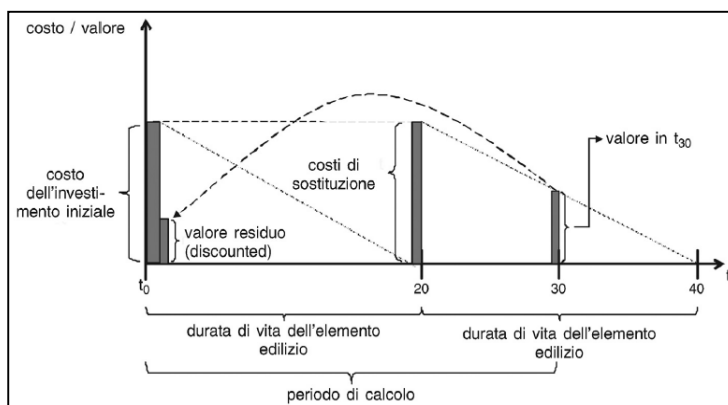


Fig. 3.4 Calcolo del valore residuo di un elemento edilizio con un ciclo di vita più breve del periodo di calcolo

In figura possiamo vedere la metodologia adottata nel caso di elemento con ciclo di vita più lungo del periodo di calcolo (Es.: la facciata o la struttura portante dell'edificio).

Ipotizzando una durata di vita di 40 anni e un ammortamento lineare, il valore residuo dopo 30 anni (fine del periodo di

calcolo) è pari al 25 % del costo dell'investimento iniziale. Questo valore deve essere attualizzato all'inizio del periodo di calcolo.

Abbiamo anche il caso inverso, in cui il periodo di calcolo è maggiore della durata di vita dell'elemento edilizio. Allora il valore residuo va calcolato sul costo dell'ultima sostituzione fatta (Es.: le caldaie). L'elemento, con una durata di vita stimata di 20 anni, deve essere sostituito dopo tale periodo. Una volta che l'elemento è stato ristrutturato, comincia un nuovo periodo di ammortamento. In questo caso dopo 30 anni (fine del periodo di calcolo) il valore residuo dell'elemento è pari al 50 % del costo di sostituzione. Questo valore deve poi essere nuovamente attualizzato all'inizio del periodo di calcolo.

### 3.3.6 *Evoluzione dei prezzi nel tempo*

*“Fatta eccezione per i costi dell'energia e i costi di sostituzione, il regolamento non prevede altri aumenti o riduzioni dei costi in termini reali. Ciò significa che per le altre categorie di costo (ovvero costi di funzionamento e di manutenzione), l'evoluzione dei prezzi è considerata uguale al tasso generale di inflazione.”*

Questo perché i prezzi delle nuove tecnologie scendono in fretta se commercializzate su ampia scala e perché la maggior parte degli investimenti è fatta all'inizio del periodo di calcolo e un deprezzamento delle tecnologie non avrà un impatto significativo sul costo globale finale. Queste riduzioni dovranno essere invece tenute in considerazione una volta necessario procedere nuovamente con il calcolo per successivi interventi.

Per quanto riguarda l'andamento dei costi dei vettori energetici e del carbonio nel corso del tempo, il regolamento già fornisce informazioni per i calcoli, anche se ci si può sempre avvalere di previsioni diverse.

### 3.3.7 *Calcolo dei costi dell'energia*

*“I costi dell'energia devono riflettere il costo sia della capacità sia dell'energia necessarie. Inoltre, se possibile, i costi dell'energia andrebbero basati su una media ponderata delle tariffe di base (a costo variabile) e di punta (generalmente a costo fisso) a carico dell'utente finale, comprensive di tutti i costi, imposte e margini di profitto del fornitore. Devono essere presi in considerazione tutti i costi dell'energia di cui all'allegato I della direttiva 2010/31/UE”.*

### 3.3.8 *Trattamento della fiscalità, delle sovvenzioni e delle tariffe di alimentazione nel calcolo dei costi*

*“Per il calcolo dei costi ottimali a livello finanziario è necessario tenere conto di tutte le imposte applicabili (IVA e altre), dei regimi di sostegno e degli incentivi, che invece non sono presi in considerazione nei calcoli a livello macroeconomico. Si fa riferimento in particolare (ma non esclusivamente) ai seguenti aspetti:*

- *tassazione energetica e/o del CO<sub>2</sub> applicabile ai vettori energetici;*
- *sovvenzioni agli investimenti per o a seconda dell'uso di tecnologie efficienti sul piano energetico e di sorgenti di energia rinnovabile;*
- *tariffe di alimentazione minime regolamentate per l'energia prodotta da sorgenti rinnovabili.*

Molto importante in questa sezione è il come considerare tasse e incentivi.

Mentre il primo è un dato statico e che difficilmente varia frequentemente, poiché interessa tutte le categorie di beni, il secondo dato è più dinamico, tant'è che ogni anno tramite la legge finanziaria, gli incentivi per le migliorie energetiche possono variare. Per questo ad esempio l'IVA è un fattore (nel calcolo finanziario) che non può mancare, mentre la considerazione degli incentivi in una stima a lungo termine sono di difficile valutazione e quindi tralasciati, meno della decisione degli Stati Membri di fissare tali incentivi per periodi molto più lunghi. Anche così facendo però, è molto difficile prevedere gli impatti che tale decisione potrebbe avere sul mercato, perciò sarebbe sicuramente più produttivo identificare le differenze degli interventi tramite il metodo del costo globale per indirizzare le politiche future in materia di sovvenzioni.

*“Se gli Stati membri decidono di escludere le sovvenzioni dai calcoli a livello finanziario, devono fare in modo che tale esclusione non riguardi solo i regimi di sovvenzione e di sostegno per le tecnologie ma anche le sovvenzioni esistenti per i prezzi dell'energia.”*

Parlando ancora di sovvenzioni, particolare attenzione bisogna avere, se si considerano i guadagni derivanti dalla produzione di energia rinnovabile. Questa infatti è da considerare come tale ed è quindi necessario inserire tutti gli altri regimi di sovvenzione, per non sfavorire tutte le altre tecnologie. *“I risultati sarebbero influenzati a favore delle sovvenzioni considerate”*.

### 3.3.9 *Calcolo dei costi di smaltimento*

Il calcolo di tali costi, non viene considerato dal regolamento come vincolante, questo perché spesso di difficile stima. Questi possono essere considerati o alla fine della vita utile dell'edificio, come costi di demolizione e smaltimento del materiale, o come costi di smaltimento/smantellamento, durante una sostituzione e quindi parte integrativa del costo ad esso associato. Il problema rimane sempre quello dell'acquisizione di tale dato, che deve sempre essere fatto su *“costi affidabili e basati sul mercato”*.

Inoltre *“se la durata di vita stimata di un edificio supera i 50/60 anni, l'incidenza dei costi di smaltimento sul risultato finale sarà marginale per via dell'ammortamento.”*

### 3.3.10 Identificazione della fascia ottimale in funzione dei costi

Questo è il punto focale per gli Stati Membri, poiché è tramite il grafico in figura che dovrebbero stabilire i loro requisiti minimi in funzione dei costi. Il grafico mostra come classificare le *misure/pacchetto/varianti* in relazione ai due parametri principali: €/m<sup>2</sup> e kWh/m<sup>2</sup>a, costo e prestazione energetica. Si nota subito come si forma un paraboloide dove a sinistra abbiamo prestazioni elevatissime (o meglio consumi quasi zero) ma con dei costi eccessivamente elevati e quindi con una risposta del mercato a tali tecnologie molto

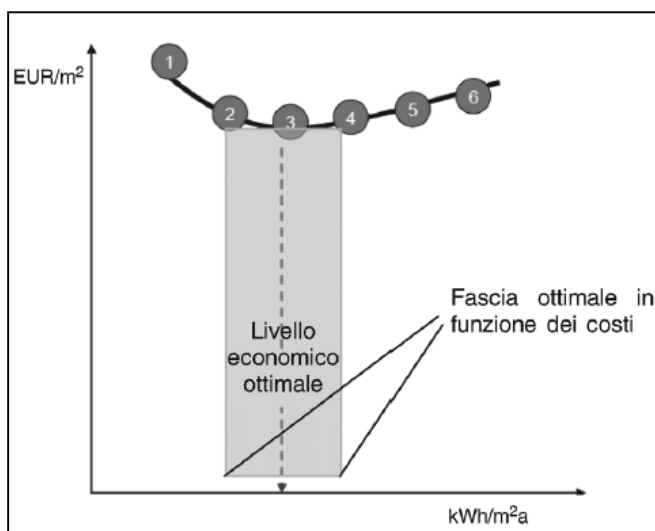


Fig. 3.5 Differenti varianti nel grafico e posizione della fascia ottimale in funzione dei costi

probabilmente negativa. Andando verso destra (si alzano i consumi) vediamo come il costo dell'intervento si abbassa fino ad minimo. Dopo di esso i costi aumentano, ma non sono dovuti a tecnologie migliori, bensì all'aumento dei costi dell'energia, aumentati a causa della scarsa prestazione dell'edificio. In automatico allora è possibile notare come il minimo di questa curva sia proprio il livello ottimale in funzione dei costi. "Se i pacchetti presentano gli stessi costi o costi molto simili, la definizione del livello ottimale in funzione dei costi dovrebbe, nella misura del possibile, basarsi sul pacchetto che presenta il consumo inferiore di energia primaria (limite di sinistra della fascia ottimale in funzione dei costi)." Lo stesso tipo di grafico può essere fatto su singoli elementi dell'edificio, in base al proprio valore prestazione in funzione del costo globale dell'edificio

### 3.3.11 Confronto con i requisiti attualmente in vigore negli Stati membri

Una volta trovati I requisiti minimi in funzione dei costi, ogni Stato Membro dovrà fare una comparazione con quelli ora in vigore. "È necessario applicare pertanto la regolamentazione attuale all'edificio di riferimento per effettuare il calcolo del consumo di energia primaria dell'edificio " In seguito viene calcolata la differenza fra questi due risultati tramite una formula riportata nel regolamento:

#### **Identificazione dello scarto:**

$\text{Scarto \% (livello dell'edificio di riferimento)} = (\text{livello ottimale in funzione di costi [kWh/m}^2 \text{ a]} - \text{requisiti minimi di prestazione attuali [kWh/m}^2 \text{ a]}) / \text{livello ottimale in funzione dei costi [kWh/m}^2 \text{ a]} \times 100 \%$
---

$\text{Scarto \% (per gli elementi edilizi)} = (\text{livello ottimale in funzione di costi [unità dell'indicatore di prestazione (1)]} - \text{requisiti minimi di prestazione attuali [unità dell'indicatore di prestazione]}) / \text{livello ottimale in funzione di costi [unità dell'indicatore di prestazione]} \times 100 \%$
---

*La differenza tra i livelli ottimali in funzione dei costi calcolati per i requisiti minimi di prestazione energetica e i requisiti in vigore dovrebbe essere calcolata come la differenza fra la media di tutti i requisiti minimi di prestazione energetica in vigore e la media di tutti i livelli ottimali in funzione dei costi calcolati risultanti dalle varianti applicate a tutti gli edifici di riferimento e ai tipi di edifici comparabili utilizzati. Nel caso ci sia una significativa differenza tra il risultato del calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi e i requisiti minimi di prestazione energetica in vigore, dove il LCCA sia minore del 15 % allora è necessario motivare questo risultato.*

### *3.3.12 Analisi di Sensibilità*

L'analisi di sensibilità è una valutazione ex ante fatta sui parametri fondamentali e il cui andamento futuro può avere un impatto significativo sul risultato finale.

*“Il regolamento impone agli Stati membri di effettuare alcune analisi di sensibilità e, in particolare, almeno un'analisi di sensibilità dei diversi scenari di prezzo per tutti i vettori energetici rilevanti nel contesto nazionale oltre ad almeno due scenari ciascuno per i tassi di sconto da utilizzare nei calcoli sui valori ottimali in funzione dei prezzi da utilizzare a livello macroeconomico e finanziario.*

*Per quanto riguarda l'analisi di sensibilità sul tasso di sconto per il calcolo macroeconomico, uno dei tassi di sconto deve essere fissato al 4 % espresso in termini reali (2). Gli Stati membri devono determinare il tasso di sconto più adeguato per ciascun calcolo una volta effettuata l'analisi di sensibilità, che sarà quello utilizzato per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi.*

*Gli Stati membri sono incoraggiati a effettuare tale analisi anche su altri fattori d'ingresso quali le tendenze previste dei costi futuri di investimento per le tecnologie di costruzione e gli elementi edilizi o su qualsiasi altro fattore di ingresso suscettibile di avere un impatto significativo sui risultati (ad es., fattori relativi all'energia primaria, ecc.).*

*Benché l'andamento futuro dei prezzi non avrà un impatto sui costi dell'investimento iniziale realizzato all'inizio del periodo di calcolo, la valutazione di come la diffusione sul mercato delle tecnologie possa influenzarne il livello dei prezzi costituisce un'informazione estremamente utile per i responsabili politici. E in ogni caso l'andamento dei prezzi delle tecnologie è un dato fondamentale per procedere con cognizione di causa alla revisione dei calcoli sui livelli ottimali in funzione dei prezzi.*

*Oltre all'analisi di sensibilità per i due parametri fondamentali citati, gli Stati membri sono liberi di effettuare ulteriori analisi di sensibilità, in particolare per quanto riguarda i principali fattori di costo individuati nel calcolo, quali il costo dell'investimento iniziale*



per principali elementi edilizi o i costi di manutenzione e sostituzione dei sistemi energetici negli edifici”.

### 3.3.13 Stima dell'evoluzione dei prezzi dell'energia nel lungo periodo

L'analisi di sensibilità non è l'unica considerazione necessaria sui dati finanziari. Infatti per un corretto calcolo del costo globale, è necessario valutare i tassi di crescita dell'energia: elettricità, gas, carbone, petrolio. Fortunatamente il regolamento già indica dei tassi possibili, e ci indica le fonti e i modelli di riferimento europeo.

*“La Commissione europea pubblica con cadenza biennale gli aggiornamenti di tali*

Tabella 3.2 Andamento dei prezzi dell'elettricità 2009

Andamento dei prezzi dell'elettricità a lungo termine (dopo le imposte) in EUR/MWh (linea di base 2009)

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Media	96	104	110	127	140	146	144
Industria	59	71	77	92	101	104	98
Servizi	123	124	124	139	152	159	159
Nuclei famigliari	127	133	144	164	180	191	192

scenari, la cui versione è consultabile sul sito: [http://ec.europa.eu/Energy/observatorytrends\\_2030/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/Energy/observatorytrends_2030/index_en.htm).

L'aggiornamento più recente indica un aumento annuo del 2,8 % dei prezzi del gas, un aumento annuo del 2,8 % dei prezzi del petrolio e un aumento annuo del 2 % dei prezzi del carbone. Tali tendenze possono essere estrapolate oltre il 2030 in attesa di disporre di ulteriori proiezioni a lungo termine.

Il prezzo medio dell'elettricità, al netto dei prezzi delle aste, dovrebbe aumentare per attestarsi a 108,4 EUR/ MWh nel 2020 e 112,1 EUR/MWh nel 2030 (in termini reali, ovvero al valore del 2005), un aumento consistente se confrontato con i valori attuali e spiegabile l'aumento dei costi del capitale e delle spese di esercizio e di manutenzione e dei costi variabili e dei combustibili. Le spese per le aste ammontano al 9,4 % dei prezzi dell'elettricità (prima delle tasse).

Gli Stati membri possono inoltre ricavare le ipotesi sui prezzi dell'energia ai fini del periodo di calcolo dai livelli dei costi attuali, ad esempio quelli forniti da EUROSTAT. Le informazioni disponibili presso EUROSTAT differenziano i prezzi per gli usi domestico e industriale a seconda dei volumi consegnati.

Poiché i prezzi di molti vettori energetici sono fortemente influenzati da fattori a livello nazionale, regionale o persino locale, ad esempio dalla biomassa, dal teleriscaldamento e

*dall'energia geotermica, le previsioni dovrebbero tenere conto degli sviluppi attesi sul piano politico ed economico nel lungo termine. Ad esempio, per quanto riguarda il teleriscaldamento, si dovrebbero prendere in considerazione anche i possibili effetti derivanti dalle necessarie modifiche all'infrastruttura.”*

### 3.4 Normativa Tecnica di riferimento UNI EN15459

Gli standard all'interno forniscono un metodo di calcolo per i problemi economici dei sistemi di riscaldamento e di altri sistemi che sono coinvolti nella domanda di energia e il consumo energetico dell'edificio. È stata fondamentale alla definizione dei dati finanziari necessari e tramite questa norma è stato possibile costruire un foglio Excel in cui inserire i nostri dati e automatizzare i calcoli, in modo da velocizzare il processo e poter fare più valutazioni sul costo globale.

#### 3.4.1 Parametri finanziari base

**Tassi di crescita dei costi dei prodotti dell'energia, della manodopera, di mantenimento, dei prodotti:**

$R_{e,k}$  : tasso di crescita del costo dell'energia specifica k;

$R_o$  : tasso di crescita del costo della manodopera;

$R_p$  : tasso di crescita del costo dei prodotti;

$R_m$  : tasso di crescita del costo di mantenimento k;

$R_{ad}$  : tasso di crescita dei costi aggiuntivi.

**Tasso di interesse reale:**

$$R_R = \frac{R - R_i}{1 + R_i/100}$$

dove:

$R$  :tasso di interesse di mercato, tasso di interesse convenuto dal mutuante espresso in %;

$R_i$ :tasso di inflazione annuale.

**Tasso di sconto:**

$$R_d(p) = \left( \frac{1}{1 + R_R/100} \right)^p$$

p: anni passati dall'anno 0

**Fattore di attualizzazione:**

$$f_{pv}(n) = \frac{1 - (1 + R_R/100)^{-n}}{R_R/100}$$

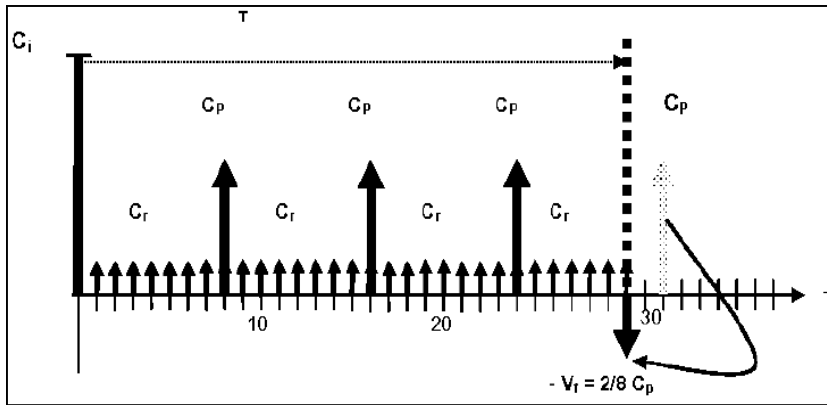
n: numero di anni da annualizzare.

**Fattore di annualità:**

$$a(n) = \frac{1}{f_{pv}(n)}$$

3.4.2 Costo globale:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_I(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$



Questa formula è già stata affrontata in precedenza, in questo paragrafo ci limitiamo ad analizzare solo il calcolo del valore finale degli elementi considerati  $V_{f,\tau}(j)$ .

Fig. 3.6 Concetto del valore residuo

Il valore finale di un componente (j) è determinato dall'ammortamento lineare dell'investimento iniziale fino al termine del periodo di calcolo e riferito all'inizio del periodo di calcolo:

$$V_{f,\tau}(j) = V_0(j) \times (1+R_p/100)^{n_{\tau}(j) \times \tau_n(j)} \times \left[ \frac{(n_{\tau}(j) + 1) \times \tau_n(j) - \tau}{\tau_n(j)} \right] \times R_d(\tau)$$

dove:

$V_0(j) \times (1+R_p/100)^{n_{\tau}(j) \times \tau_n(j)}$  rappresenta l'ultimo costo di sostituzione se si tiene conto del tasso di crescita del prezzo del prodotto  $R_p$ ;

$n_{\tau}(j)$  rappresenta il numero totale di sostituzione dell'elemento j alla fine del periodo di calcolo;

$\left[ \frac{(n_{\tau}(j) + 1) \times \tau_n(j) - \tau}{\tau_n(j)} \right]$  rappresenta l'ammortamento dell'ultimo costo di sostituzione;

$R_d(\tau)$  rappresenta il tasso di sconto alla fine del periodo di calcolo;

$V_0(j)$  costo d'investimento iniziale;

$\tau_n(j)$  durata di vita dell'elemento j;

$\tau$  periodo di calcolo.

Questo tipo di approccio differisce da quello proposto nel regolamento delegato, poiché viene considerato l'aumento del costo degli elementi edilizi tramite il tasso di crescita  $R_p$ .

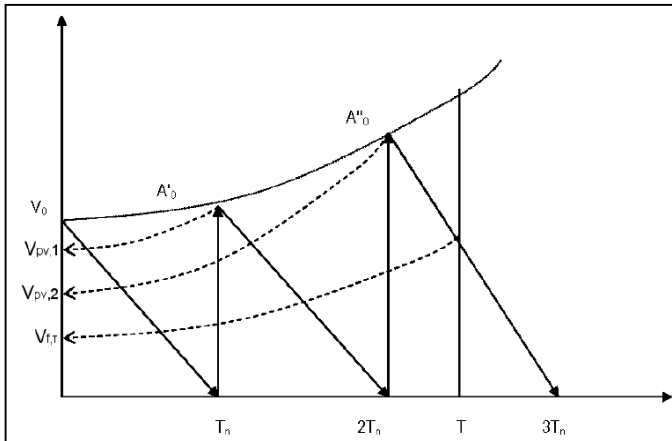


Fig. 3.7 Crescita del valore durante il periodo di calcolo

In questo modo, nonostante il deprezzamento del prodotto continui a essere lineare, i costi di sostituzione ( $A_0'$ ,  $A_0''$ , ecc.) aumentano nel tempo e di conseguenza anche il loro valore attualizzato ( $V_{pv,1}$ ,  $V_{pv,2}$ , ecc.).

Questo procedimento durante la fase operativa è stato usato e comparato ai risultati in cui  $R_p$

veniva posto = 0 e quindi i costi di sostituzione erano eguali a quelli dell'investimento iniziale. Il costo globale veniva forzatamente maggiore, ma è da considerare che il metodo, è usato per fare delle analisi comparative fra più soluzioni. Inoltre, considerando che spesso i prodotti hanno un aumento percentuale simile o uguale e non porta a differenze marcate, si è preferito semplificare il calcolo ponendo sempre  $R_p = 0$ .

### 3.4.3 Calcolo delle annualità

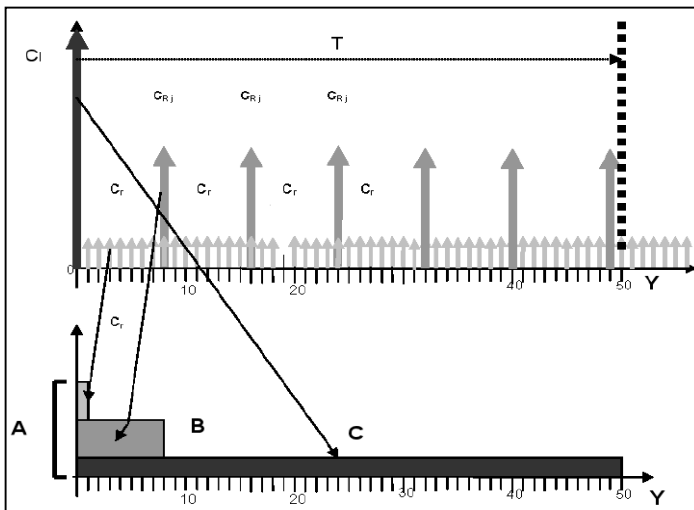


Fig. 3.8 Calcolo delle annualità

Un altro metodo di calcolo interessante che introduce la EN 15459 è quello del metodo del calcolo delle annualità. Mentre il metodo del costo globale porta tutti i costi al tempo 0 per poterli sommare, il metodo del calcolo delle annualità trasforma i costi di investimento i costi di sostituzione, manutenzione e i costi di esercizio, tramite il fattore

di annualità  $a(n)$ , in costi annuali. Una versione semplificata si ha quando il tasso di sconto e le spese annue sono costanti durante il periodo di calcolo:

$$AC = C_r + \sum_i [a(i) \times (\sum_j V_0(j))]_{for\ j\ where\ \tau_n(j)=i < \tau_{building}} + a(\tau_{building}) \times (\sum_j V_0(j))_{for\ j\ where\ \tau_n(j)=i > \tau_{building}}$$

dove:

$c_r$  rappresenta i costi totali di esercizio;

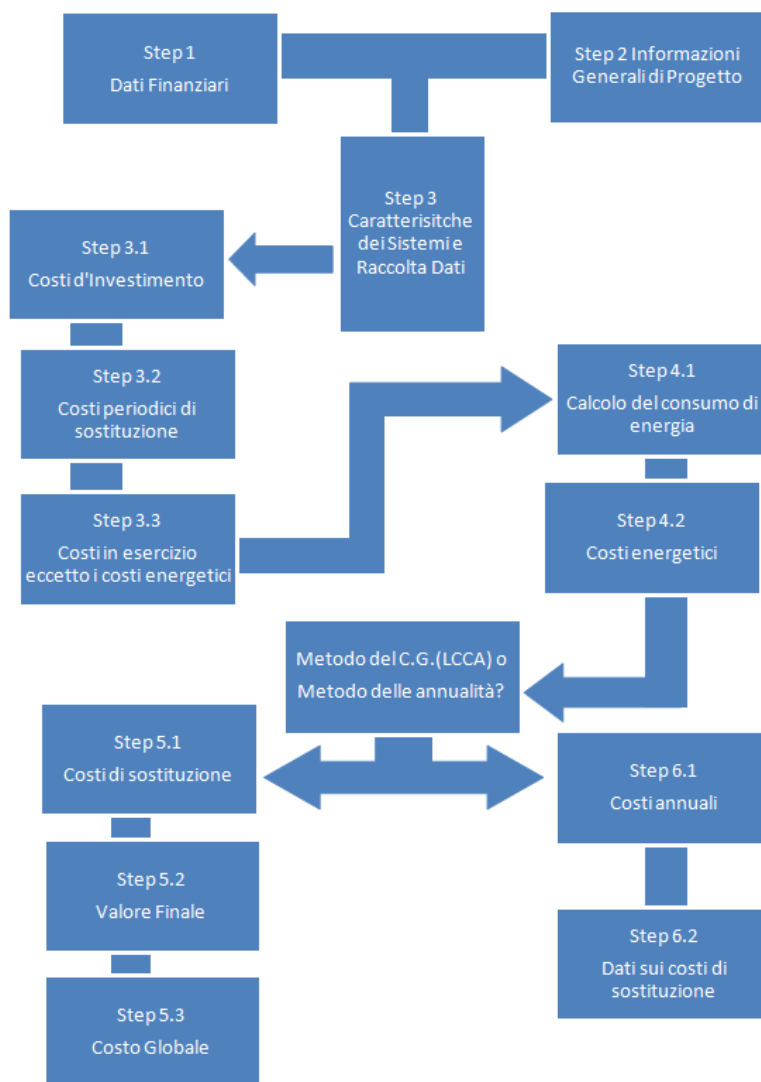
$$\sum_i [a(i) \times (\sum_j V_0(j))]_{for\ j\ where\ \tau_n(j) < i < \tau_{building}}$$

rappresenta i costi totali analizzati relativi alla sostituzione dei componenti o sistemi j, per cui durata di vita è inferiore al periodo di ammortamento dell'edificio;

$$a(\tau_{building}) \times (\sum_j V_0(j))_{for\ j\ where\ \tau_n(j) > \tau_{building}}$$

rappresenta i costi totali analizzati dei componenti o sistemi j, che rimangono invariati durante la vita dell'edificio.

La normativa indica poi il percorso da seguire per avere una corretta valutazione finale, con il grafico riportato sotto.



Dopodiché la EN 15459, nei suoi allegati, riporta:

- una stima dei costi di manutenzione compresi di costi in esercizio e riparazioni dei sistemi energetici in percentuale al costo d'investimento;
- una stima (anche se solo per pochi casi) dei costi di smaltimento dei sistemi energetici in percentuale al costo d'investimento;
- una stima della durata della vita dei sistemi energetici.

Questi dati sono stati molto importanti, poiché al contrario dei costi d'investimento, e molto difficile trovare banche dati a riguardo dei costi successivi all'investimento.

Component	Lifespan Min – Max (years)	Annual preventive maintenance including operation, repair and servicing costs in % of the initial investment	Disposal cost in % of the initial investment
Pipes, steel in closed system	30	1	
Pipes, steel in open system	15	1	
Piping systems	30	0,5	
Pumps – circulation	10 -20	2	
Pumps - regulated	10 - 15	1,5- 2	
Radiators paint	20 - 30	0	
Radiators, water	30 -40	1- 2	
Shut off valves, automatic	15	4	
Shut off valves, manual	30	2	
Solar collector (Vacuum collector or plate collector)	15 - 25	0,5	
Sound traps	30	1	
Tank storage for domestic hot water	20	1	
Tank storage with internal heat exchanger for domestic hot water	20	1	
Thermostats for radiators	15	4	
Valve with auxiliary power	10	1	5
Valve - Thermostatic	20	1,5	5
Variable flow units	15	6	
V-belt drive	10	6	
Wiring	30	1	

Fig. 3.9 Esempio di dati per ciclo di vita, costi di mantenimento e smaltimento

La normativa prosegue infine con un esempio pratico fittizio molto utile per la comprensione del modello di calcolo.

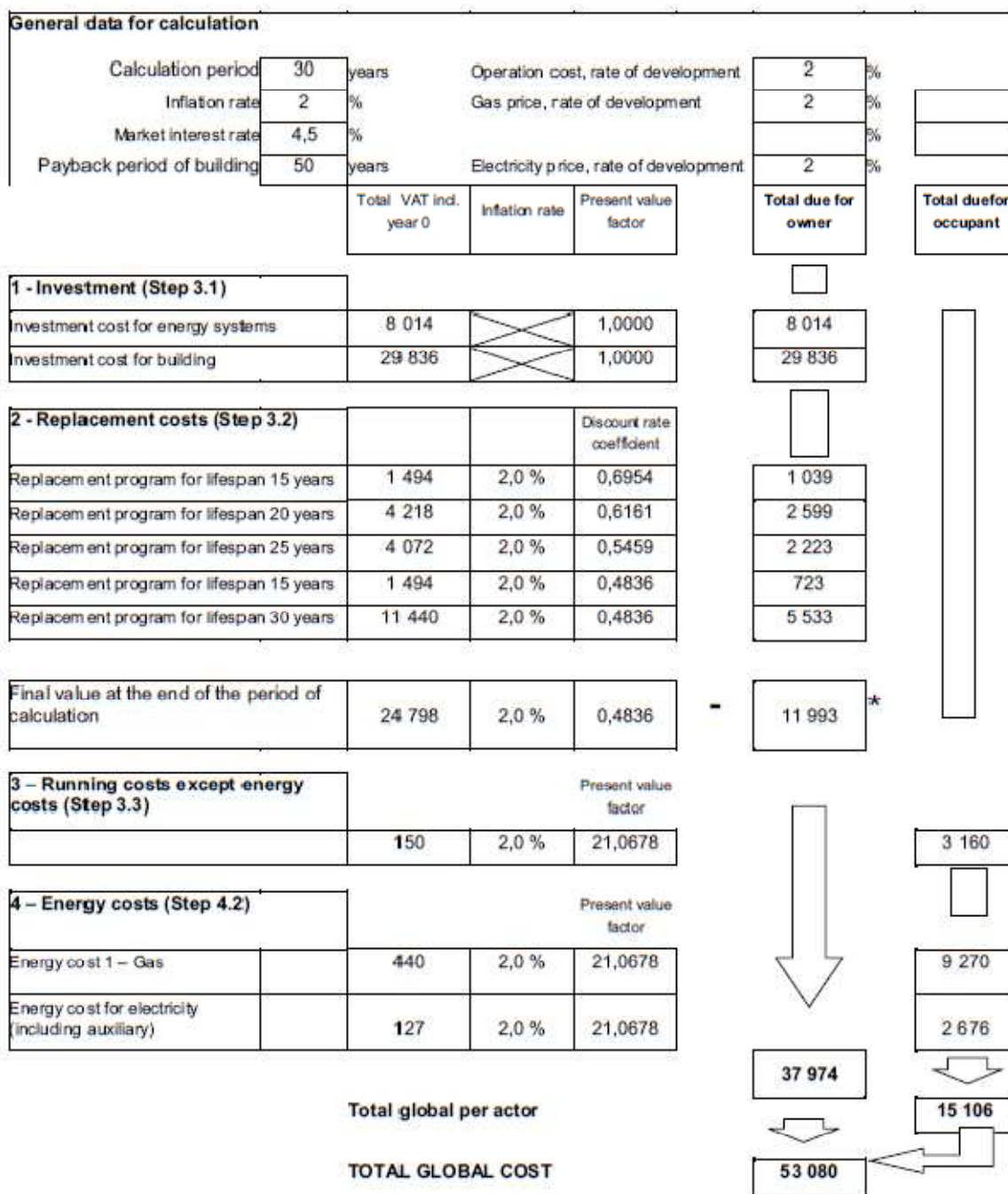


Fig. 3.10 Esempio di foglio di calcolo per Costo Globale

General data for calculation (from STEP 1)				
Design payback period of building	50	Years	Operation cost, rate of development	2 %
Inflation rate	2	%		
Market interest rate	4,5	%		

	Value TTC year 0	Inflation rate	Annuity factor	Annualized cost for owner	Annualized cost for occupant
<b>1 - Investment</b>					
Components unchanged during design payback period of building	15 605	2,0 %	0,0349	545	
<b>2 - Replacement costs</b>					
			For each period		
Lifespan 5 years		2,0 %			
Lifespan 10 years		2,0 %			
Lifespan 15 years	1 494	2,0 %	0,0805	120	
Lifespan 20 years	4 218	2,0 %	0,0639	269	
Lifespan 25 years	4 072	2,0 %	0,0540	220	
Lifespan 30 years	11 440	2,0 %	0,0475	543	
Lifespan 35 years		2,0 %			
Lifespan 40 years	1 021	2,0 %	0,0395	40	
Lifespan 45 years		2,0 %			
Lifespan 50 years		2,0 %			

<b>3 - Running costs (except energy costs (Step 3.3))</b>				
Annual cost for operation, insurance, maintenance	150		1,0000	150

<b>4 - Energy costs (Step 4.2)</b>				
Annual cost for all energies delivered	567		1,0000	567

<b>Annualized costs depending on actors</b>	1 737	717
<b>Total annualized cost results</b>	<b>2 454</b>	

Fig. 3.11 Esempio di foglio di calcolo per annualità



## 4 Prestazione Energetica, il software EcoAbita.

---

Il calcolo della prestazione energetica è stato eseguito con il software ECOABITA, reso disponibile online dal comune di Reggio-Emilia e che viene appunto utilizzato al fine di favorire l'interfaccia tra progettisti edili e termotecnici. Il software è in grado di fornire una prima indicazione della classe energetica dell'edificio, a fronte di un input semplificato delle caratteristiche dimensionali e termiche dell'edificio stesso. Tale software semplificato presenta caratteristiche che lo rendono facilmente utilizzabile dai progettisti, al fine di intervenire sull'architettura dell'edificio in una fase iniziale del processo di progettazione, in rapporto alla sua forma, orientamento, caratteristiche delle varie porzioni dell'involucro edilizio. Il software ECOABITA fornisce indicazioni qualitative necessarie alla progettazione preliminare dell'edificio, pertanto non sostituisce i metodi di calcolo conformi alle norme tecniche vigenti in materia, emanate dagli organismi deputati a livello nazionale e comunitario, quali l'UNI e il CEN, ai sensi dell'allegato M del Decreto Legislativo 192 e s.m.i. o dell'allegato 8 della Delibera Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 156 del 04/03/2008.

### 4.1 L'interfaccia iniziale

Nella prima parte vengono inseriti i dati generali dell'edificio quali:

- Descrizione dell'edificio e la sua locazione (periferia/centro storico e l'indirizzo)
- Tipologia dell'edificio secondo Cat. DPR 412/93:
  - E1(1), abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo;
  - E1(2), abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria;
  - E1(3), edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;
  - E2, edifici adibiti ad uffici e similari;
  - E3, edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili;
  - E4(1), edifici adibiti ad attività ricreative o assimilabili; cinema teatri e sale riunioni per congressi;
  - E4(2), edifici adibiti ad attività ricreative o assimilabili; mostre, musei, e biblioteche, luoghi di culto;
  - E4(3), edifici adibiti ad attività ricreative o assimilabili; bar , ristoranti e sali da ballo;
  - E5, edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili: negozi , magazzini di vendita all'ingrosso;
  - E6(1), edifici adibiti ad attività sportive: piscine, saune ed assimilabili;
  - E6(2), edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili;

- E6(3), edifici adibiti ad attività sportive: servizi di supporto ad attività sportive;
- E7, edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili;
- E8, edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili;
- Temperatura interna di progetto, invernale ed estiva;
- Anno di riferimento;
- Provincia e comune (utile per i dati climatici);
- Tipologia di edificio (per ottenere la capacità termica media  $\text{kJ/m}^3\text{K}$ ):
  - edifici con muri in pietra o assimilabili,  $290 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ ,
  - edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili  $240 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ ,
  - edifici con muri in mattoni forati o assimilabili  $130 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ ,
  - edifici con pareti leggere o isolati dall'interno  $70 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ ;
- Numero di piani;
- Volume lordo riscaldato, volume netto riscaldato, superficie utile calpestata riscaldata, superficie esterna lorda;
- Apporti interni (raccomandazione CTI 03/3) in W;
- Ricambio d'aria invernale/estivo;
- Efficienza recuperatore.

The screenshot shows the EcoAbita software interface with the following data entered:

- Descrizione edificio:** Palazzina Residenziale
- Indirizzo:** Via Verre
- Ubicazione dell'immobile:**  Centro storico  Periferia
- Cat. DPR 412/93:** E-1 (1) (Abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo (abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme))
- Temperatura interna di progetto:** 20 °C (invernale), 26 °C (estiva)
- Anno di riferimento:**  2008  2010
- Provincia:** BO (BOLOGNA)
- Tipologia edificio:** Edificio con muri in mattoni pieni o assimilabili
- N° piani:** 5
- Volume lordo riscaldato:** 9849,00 m<sup>3</sup>
- Volume netto riscaldato:** 5909,40 m<sup>3</sup>
- Superficie utile calpestabile e riscaldata:** 2940,00 m<sup>2</sup>
- Superficie esterna lorda:** 735,00 m<sup>2</sup>
- Apporti interni (raccomandazione CTI 03/3):**
  - 5,294-0,01557°S W/m<sup>2</sup> (Cat. E1(1) e E1(2): appartamenti di superficie utile in pianta fino a 170 m<sup>2</sup>)
  - W 450 (Cat. E1(1) e E1(2): appartamenti di superficie utile in pianta maggiore di 170 m<sup>2</sup>)
  - W/m<sup>2</sup> 0 (Altre categorie)
- Ricambio d'aria invernale:** 0,30 volumi/ora
- Ricambio d'aria estivo:** 1,00 volumi/ora
- Efficienza recuperatore:** 0,00

Fig. 4.1 EcoAbita, dati generali

## 4.2 La libreria e la definizione dei pacchetti

Successivamente si vanno a definire i pacchetti delle strutture suddivise in muri, pavimenti, soffitti e finestre.

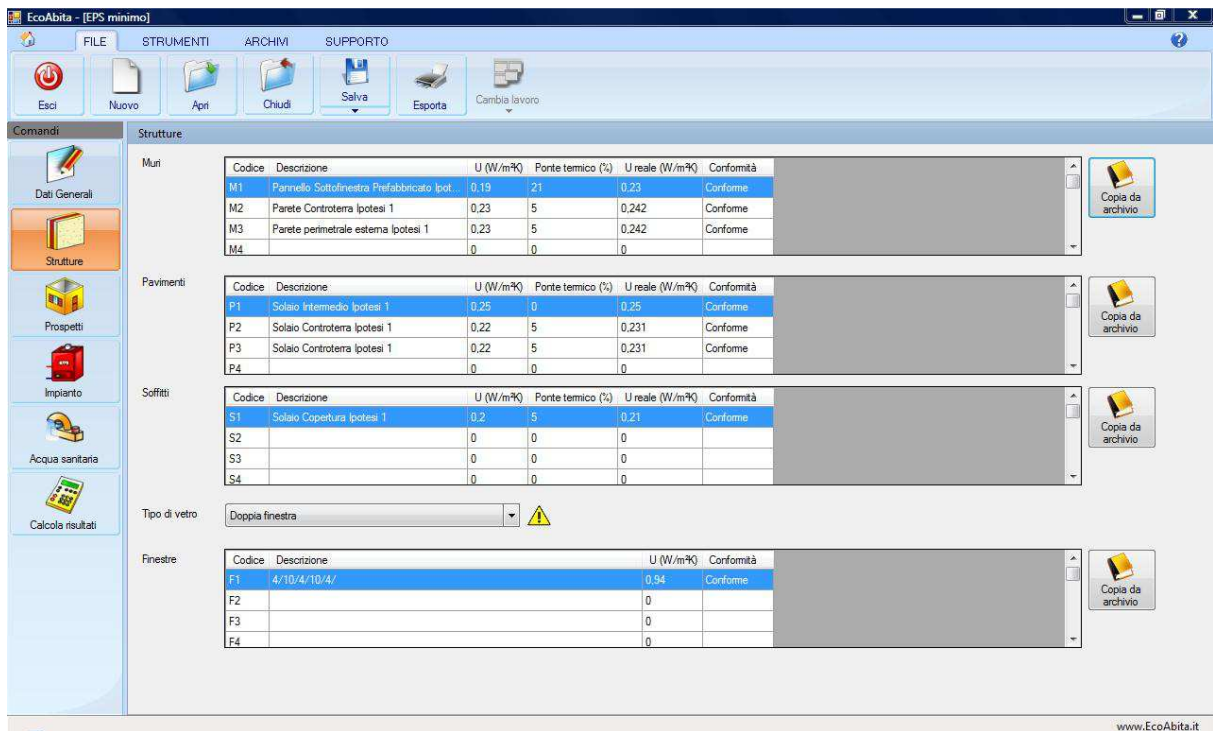


Fig. 4.2 EcoAbita, strutture

Questi possono essere scelti o da un archivio già presente nel programma o andando a crearne di nuovi.

Questo ultimo passaggio prevede la definizione della stratigrafia con materiali presenti

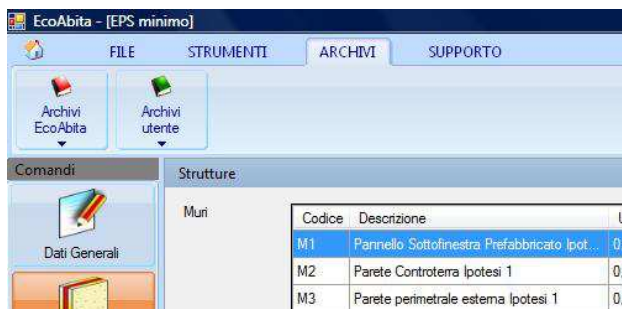


Fig. 4.3 EcoAbita, archivi

sempre in archivio oppure creandone di nuovi che saranno poi salvati nell'archivio personale dell'utente.

Questo passaggio è fondamentale per la definizione della Trasmittanza teorica e reale in  $W/m^2K$ .

La trasmittanza teorica è quella definita dai rapporti di spessori e conducibilità termica, mentre quella reale è una correzione percentuale della teorica tramite un fattore che rappresenta i ponti termici (dovuti al tipo di costruzione o all'invecchiamento) e che lo stesso programma aiuta a definire. Una volta calcolato questo dato è lo stesso programma a indicare se è un pacchetto conforme alla normativa vigente e per questo, è un ottimo strumento di controllo già in questa fase.

Nel caso l'archivio EcoAbita non sia sufficiente a soddisfare le nostre esigenze si vanno a creare i pacchetti personali dove gli unici parametri da conoscere per la definizione della

stratigrafia del pacchetto sono la conducibilità termica espressa in W/mK e lo spessore del materiale in mm.

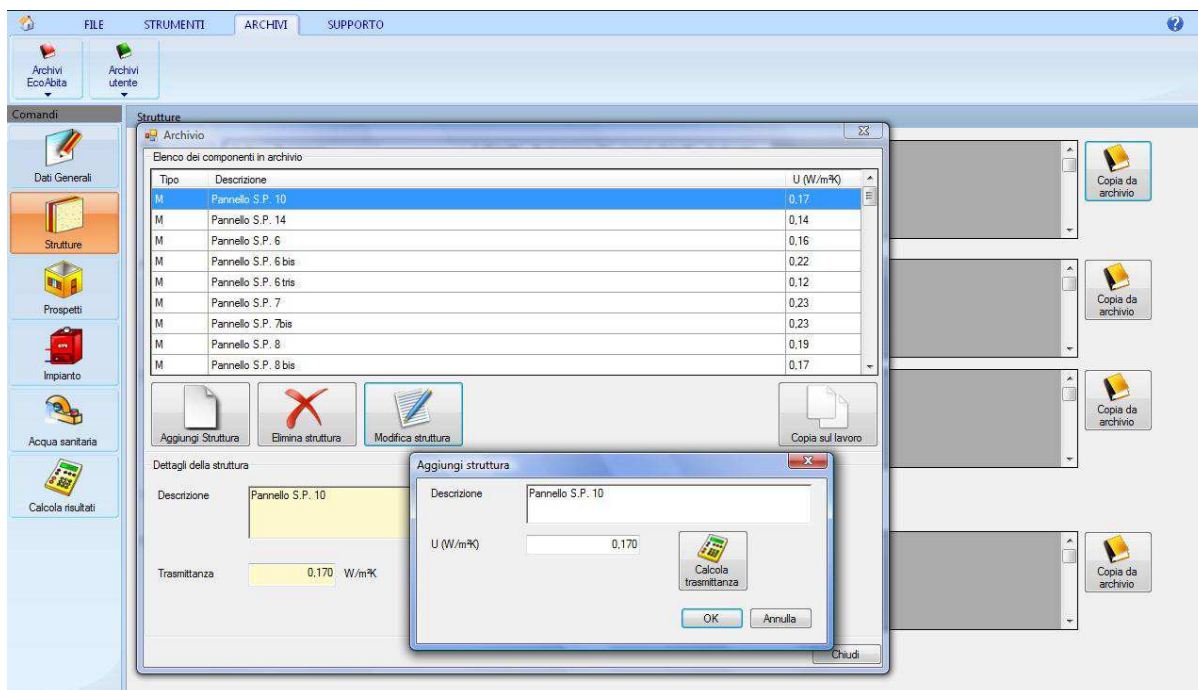


Fig. 4.4 EcoAbita, archivio utente

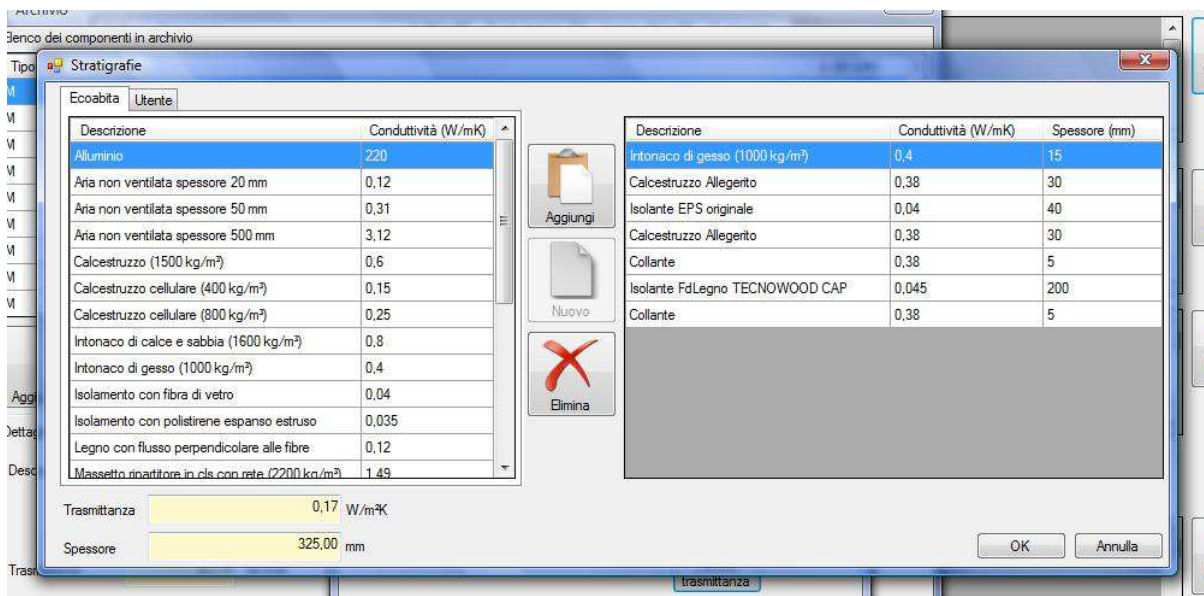


Fig. 4.5 EcoAbita, stratigrafia

### 4.3 La definizione delle partizioni orizzontali e verticali

Il passo successivo è la definizione più dettagliata delle partizioni orizzontali e verticali, in cui vengono indicati per le prime, i pacchetti appena creati e metri quadrati di competenza, e per le seconde anche orientamento e ombreggiamento invernale/estivo.

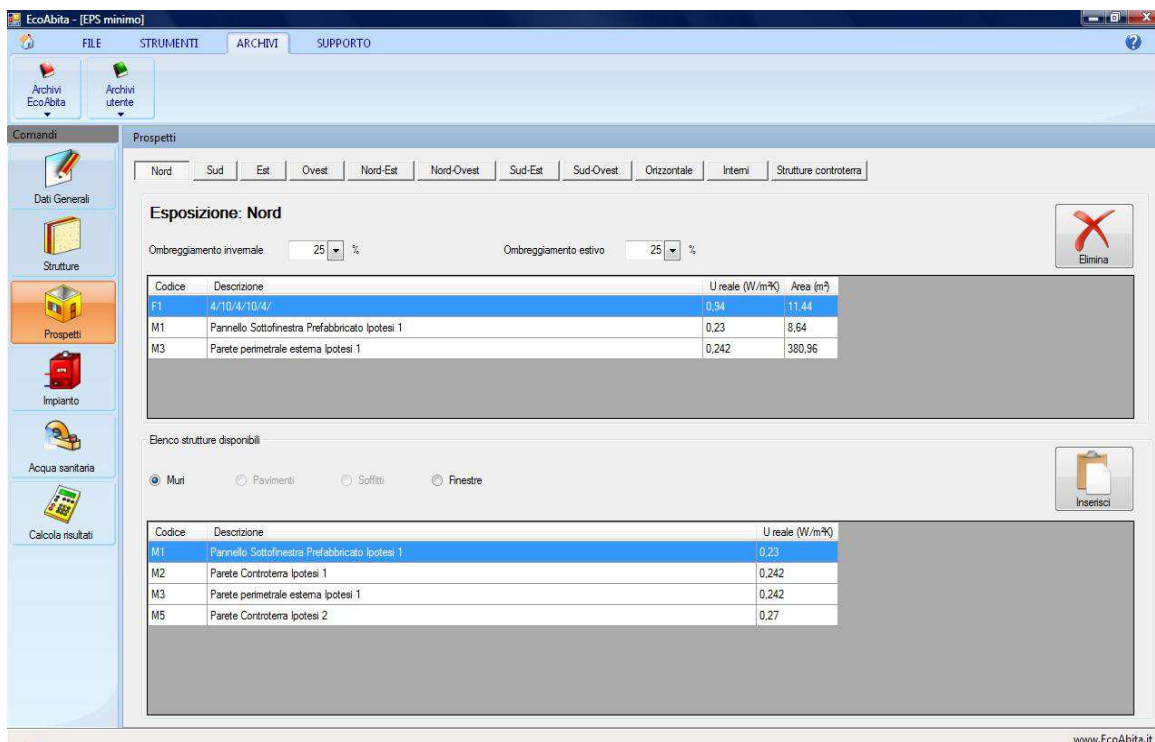


Fig. 4.6 EcoAbita, prospetti

### 4.4 L'impiantistica

Gli impianti sono suddivisi in due parti: il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria.

L'impianto di riscaldamento viene definito in 4 parti :Produzione, Distribuzione, Regolazione e Emissione.

Nella produzione si definisce il tipo di generatore di calore, scegliendo da un menù una delle seguenti tipologie:

- Generatori atmosferici tipo B;
- Generatori a camera stagna tipo C;
- Generatori ad aria soffiata o premiscelati, modulati;
- Generatori a condensazione;
- Teleriscaldamento;
- Pompa di calore elettrica,
- Pompa di calore chimica.

Nel caso di presenza di caldaia è poi possibile definire la sua temperatura media e il tempo di ritorno di quest'ultima, la potenza del generatore, l'ambiente di installazione (interno esterno, centrale termica), e l'altezza del camino.

È poi possibile sceglierne il combustibile fra: Metano, GPL, Gasolio, Olio combustibile, Carbone da vapore, Carbone Coke, Legna da ardere.

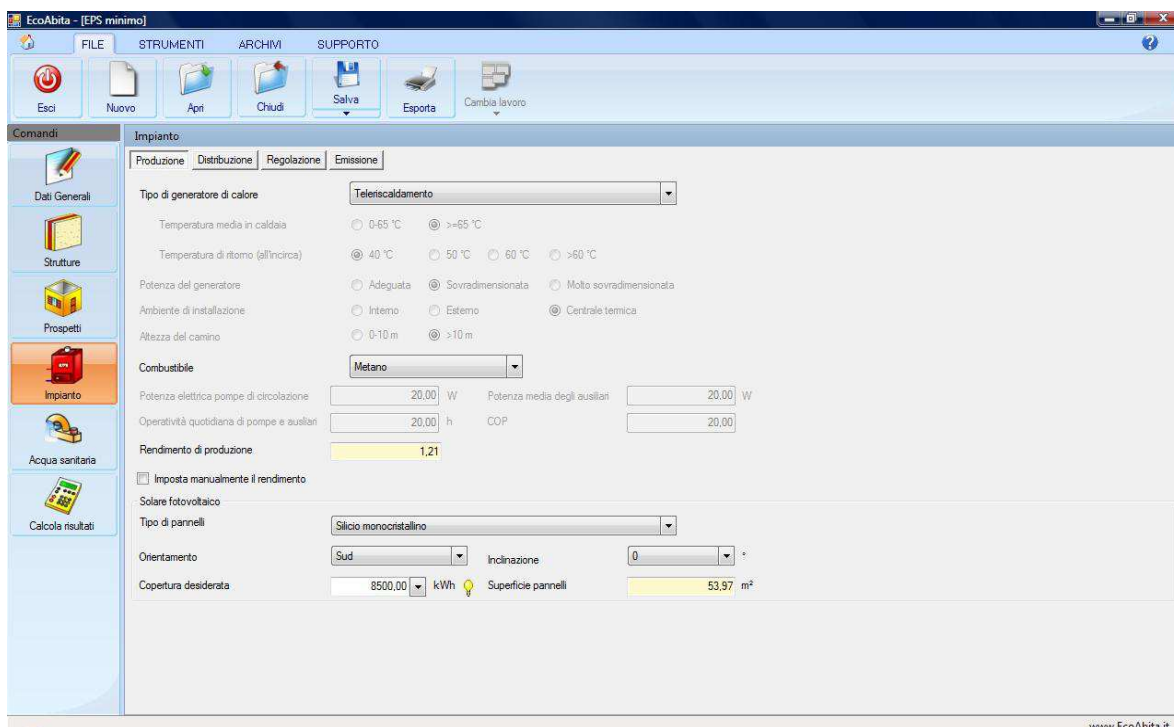


Fig. 4.7 EcoAbita, impianto riscaldamento

Nel caso delle pompe elettrica di calore è invece possibile definire la potenza di circolazione, la potenza media degli ausiliari, l'operatività quotidiana delle pompe e il COP (*Coefficiente di Prestazione*).

Infine viene calcolato in automatico il rendimento dell'impianto che, nel caso non si abbiano informazioni di alcun tipo, è possibile impostare manualmente.

Sempre in questa finestra è possibile fare un'ipotesi approssimativa dell'impianto fotovoltaico scegliendo l'orientamento e l'inclinazione della superficie su cui verranno posati, la copertura desiderata e il tipo di pannello, che ne determina la potenza.

Sempre per aiutare il progettista vengono già dati alcuni tipi di pannello:

- Silicio monocristallino;
- Silicio multi cristallino;
- Film sottile di silicio amorfo;
- Altri strati di film sottile;
- Film sottile Copper-Indium-Galium-diselenide;
- Film sottile Cadmium-Telloride.

Per quello che riguarda la distribuzione, è necessario scegliere fra impianto autonomo o centralizzato con distribuzione orizzontale/verticale, indicando se e sommariamente quanto,

le strutture sono isolate, dove il più alto grado di isolamento è dato dall'indicazione presente nella normativa 10/91.

Nella parte di regolazione va invece scelto il tipo di terminale fra:

- Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti;
- Pannelli accoppiati nelle strutture e disaccoppiati termicamente;
- Pannelli accoppiati nelle strutture e accoppiati termicamente.

Indicando poi anche il sistema di regolazione.

Nell'ultima sezione (emissione) viene invece indicata l'altezza media dei locali, il carico termico medio, e il tipo di terminale. Tutte queste 4 parti incidono ovviamente sul rendimento dell'impianto.

Per quello che riguarda l'impianto di acqua calda sanitaria (ACS), il calcolo fatto per l'energia primaria è fatto tutto in un'unica schermata, dovendo indicare:

- La tipologia del sistema;
- Il tipo di apparecchio;
- Il Volume di accumulo se presente
- il rendimento di generazione.

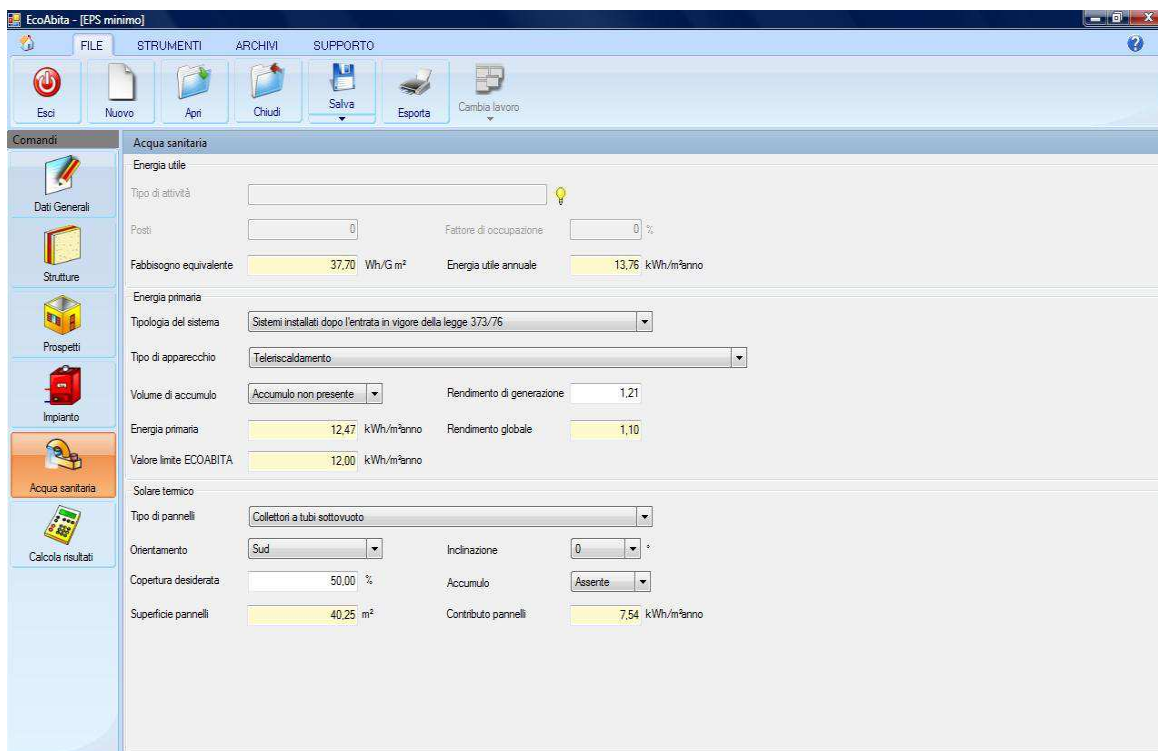


Fig. 4.8 EcoAbita, impianto acqua calda sanitaria

I dati che si possono ricavare sono, il fabbisogno equivalente ( $\text{Wh/Gm}^2$ ) l'energia utile annuale ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ), il rendimento globale.

È inoltre possibile valutare l'impianto solare termico, nel caso fosse previsto.

I dati da inserire sono quelli relativi a:

- tipo di pannello:
  - Collettori a tubi sottovuoto;
  - Collettori a piani vetrati;
  - Collettori non vetrati;
- orientamento inclinazione della copertura;
- copertura percentuale desiderata;
- accumulo;

e viene fornito in automatico la metratura necessaria e il contributo energetico in kWh/m<sup>2</sup>a.

#### 4.5 La valutazione finale

Nella schermata finale appaiono tutte le informazioni a noi necessarie per la valutazione sia energetica che ambientale annuale.

È infatti da notare come non vengano semplicemente distinte le voci sul fabbisogno energetico per riscaldamento, raffrescamento e ACS, ma, al di sotto della classificazione energetica, sia possibile fare il percorso a ritroso indicando il consumo annuo effettivo in MWh (nel caso il progettista sia in possesso di tale dato, per verificare ad esempio la certificazione dello stato di fatto tramite lo scostamento percentuale). Inserendo questa voce appare la produzione annuale di kg di CO<sub>2</sub> e, giocando con i MWh, se si fa coincidere lo scostamento percentuale allo 0%, ricaviamo le emissioni annuali di CO<sub>2</sub> corrispondenti.

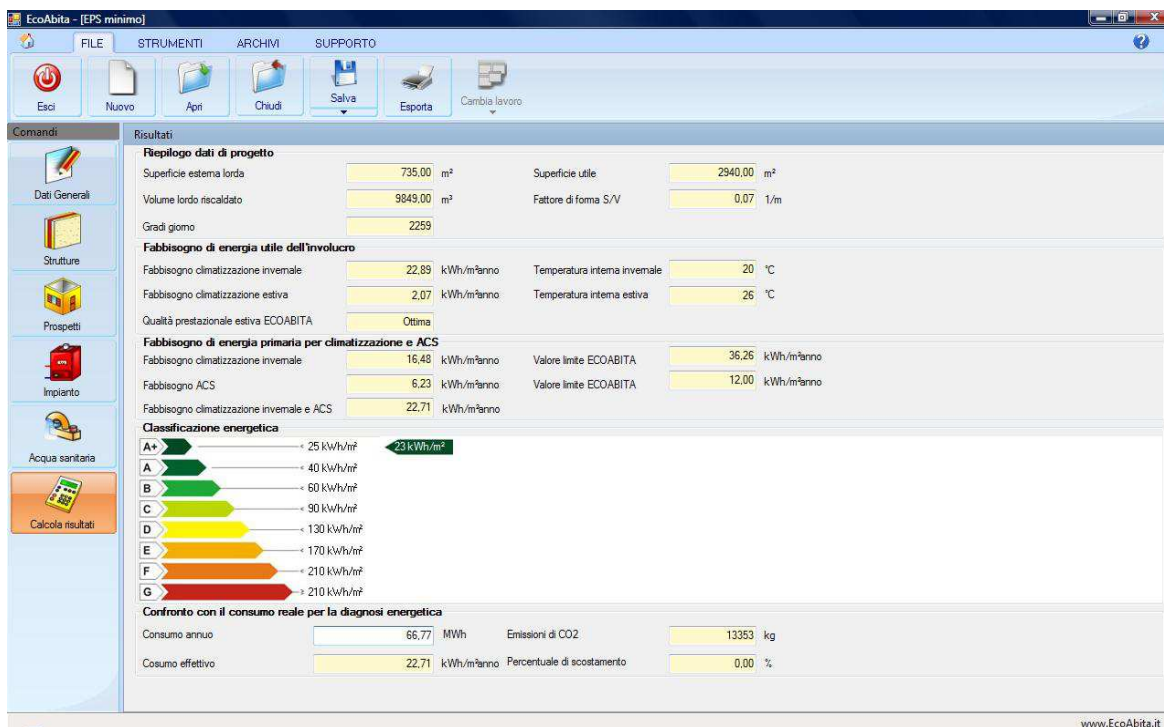


Fig. 4.9 EcoAbita, risultati



## 5 Life Cycle Assessment. Ecoindicatori.

---

Durante lo svolgimento della fase di ricerca, sono state trovate varie norme unificate che parlano dell'argomento. Fondamentale ai nostri obiettivi, è stato l'apprendimento dell'esistenza di due dati, che hanno permesso sia un'analisi preliminare, in particolare sui materiali isolanti, che un'analisi sull'effettivo aumento dei gas serra durante la fase di produzione e uso dei materiali.

### 5.1 Embodied Energy<sup>2</sup>

Il primo fra questi è l'EE, *Embodied Energy*, che permette di conoscere l'energia necessaria alla produzione, trasporto e messa in opera di materiali o prodotti edilizi ed è espressa in MJ/kg. L'energia utilizzata per costruire un edificio ha un'incidenza circa del 10%, mentre la parte più importante di questo fattore, è determinata dal consumo di energia durante la fabbricazione e il trasporto del materiale durante le varie fasi produttive. Il termine coniato da R. J. Cole e D. Rousseau nel 1992 dell'Environmental Research Group (School of Architecture, University of British Columbia, Vancouver – Canada).

### 5.2 Global Warming Potential<sup>2</sup>

Il secondo fattore è il GWP, *Global Warming Potential*, o potenziale di riscaldamento globale (effetto serra) misurato in kg di CO<sub>2</sub> equivalenti, e lo si può ritrovare nella ISO 14044. Equivalenti sta a indicare che nel calcolo delle emissioni sono stati sommati i contributi di tutte le emissioni di sostanze a effetto serra, ricordandosi anche, che per i materiali di origine vegetale, va tenuto conto che nel loro ciclo di vita assorbono della CO<sub>2</sub> durante la fase di crescita. Questo dato va però analizzato con cautela, perché se lo sfruttamento del legno è eccessivo, si rischia di cadere nell'errore della deforestazione. La ricerca di questi due dati è stata piuttosto complessa perché poche le banche dati esistenti sul web e ancora troppo poche le pubblicazioni (una sola italiana nel 2012).

---

<sup>2</sup> [4.B.] M. Lavagna, M. Bonanomi, C. de Flumeri, (2012), *Edifici a consumo energetico zero*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, Progettazione Techine & Materiali.



## 6 Caso di studio.

Come è già stato detto all'inizio, l'insieme di normative appena illustrato dovrebbe essere utilizzato a scopi di portata ben più ampi e generali, portando alla creazione di standard di riferimento nazionali, sia dal punto di vista prestazionale che economico. Trovandoci però ad anticipare questo lavoro, utilizzeremo i principi economici su un caso di studio per poterne valutare i risultati.

### 6.1 Palazzine in Via Verne (zona Corticella): Contestualizzazione<sup>3</sup>

Il caso scelto è quello di alcune palazzine situate in Via Verne in zona Corticella, già analizzato in precedenza dal dott. Riccardo Campana nella sua tesi *"Norma e progetto del retrofit energetico. Un caso di housing sociale"* e che ringrazio del lavoro svolto, base di questa tesi.



Fig. 6.1 Contestualizzazione

Corticella è una frazione del comune di Bologna, una volta costituente un quartiere. Oggi invece si trova all'interno del quartiere Navile, composto dalle frazioni Lame, Bolognina e appunto Corticella. L'area è di per sé unita al capoluogo, ma è situata nell'area più settentrionale, attraversata dal Canale Navile, e si trova a ben cinque chilometri di distanza dalle mura fuori porta Galiera. È composta da una superficie territoriale di 9865 Km<sup>2</sup> e una densità di popolazione

di circa 1790 abitanti per

Km<sup>2</sup>. Il quartiere si è sviluppato lungo via di Corticella, dove è tutt'ora presente il nucleo storico, formato prevalentemente da edifici di 3-4 piani, dotati di portico e con esercizi

<sup>3</sup> [14.B.] Riccardo Campana (2012), *Norma e progetto del retrofit energetico. Un caso di housing sociale*

commerciali a pian terreno. Il nucleo storico ha come confine naturale il Canale Navile Ovest e questo ha portato ad un naturale sviluppo verso Est, in cui sono presenti edifici, risalenti agli anni 80, formati da dei blocchi in linea, alti otto piani, ben distanziati fra loro, con spazi verdi sia pubblici che privati e muniti di garage personali ai piani interrati. Nella stessa zona troviamo il Centro Civico, una biblioteca, le sedi amministrative degli uffici di quartiere, il supermercato Coop e il complesso scolastico (elementari, medie, palestra). Insieme formano uno spazio molto importante per la vita sociale degli abitanti, sono infatti un punto di riferimento non solo geograficamente parlando, ma anche per il ritrovo dei ragazzi del quartiere. Il confine Est si trova proprio al confine dell'area di cui appena parlato; possiamo identificarlo con Via Shakespeare. La viabilità del quartiere è dettata da 3 principali arterie, tutte in direzione Nord-Sud:

Via di Corticella, attraversa la parte storica del quartiere collegandolo al centro di Bologna, anche attraverso il servizio di trasporto pubblico, urbano ed extraurbano, e assumendo così il ruolo di asse principale della rete di viabilità urbana, dalla quale si ramificano le strade secondarie che entrano nel cuore della parte residenziale;



Fig. 6.2 Via Corticella

Via Shakespeare, che oggi costeggia il centro storico e abitato di Corticella. È Una strada di scorrimento veloce a quattro corsie. Il suo ruolo rispetto alla precedente, risulta di più ampia scala, facendo da collegamento con Bologna, e fra Bologna e i comuni a Nord come Castel Maggiore;



Fig. 6.3 Via Shakespeare

la Tangenziale, che passa a Sud di Corticella e si collega all'autostrada A13 Bologna-Padova.

Il trasporto pubblico principale presente su Corticella è costituito dalle linee urbane 27A-B-C, che collegano il quartiere con il centro di Bologna, con frequenza di 5-10 minuti.

Le tre linee percorrono la via fino a dividersi in tre percorsi diversi:

27° porta in via Gorky, la parte moderna del quartiere;

27B serve la zona più storica, terminando al confine settentrionale di questa, dove è stata collocata la fermata del sistema Ferroviario Metropolitano;

27C termina nella zona industriale nella periferia di Sud Est.

Oltre a queste, abbiamo 3 linee extraurbane:

95, collega Bologna con Saletto;

97, suddivisa in 3 direzioni (A, B, C) collegando Bologna a Cento, S. Giorgio e S Venanzio;

98, collega Bologna con Castel Maggiore.



Fig. 6.4 Centro di Corticella

## 6.2 Storia degli edifici

Gli edifici in via Verne si trovano vicine al nucleo appena descritto, e sono state costruite a metà degli anni 60. In seguito al provvedimento deliberativo del 21 Giugno 1963 il comune di Bologna adottò i piani di zona, in applicazione alla Legge 18 Aprile 1962 n.167, relativi alle aree di proprietà privata e di amministrazioni dello Stato. Con il D.M. di approvazione dei piani di zona del 10 Marzo 1965 furono stralciate alcune aree di proprietà privata e tutte le aree di proprietà delle amministrazioni centrali dello Stato. Il Comune di Bologna decise allora di iniziare l'attuazione del Piano, con lo studio urbanistico di quei comprensori in cui disponeva già di un suo patrimonio di aree. Fra queste vi era il comprensorio I - Corticella, costituito da 7 "aree pianificate". Il Comune di Bologna elaborò il progetto del comprensorio su aree di proprietà comunale e su aree di proprietà



Fig. 6.5 Palazzine di via Verne

privata fino ad interessare tutta l'area pianificata n.4. L'area residenziale era costituita da 10 "unità di vicinato" che consentirono l'edificazione di 10 edifici in linea, 4 edifici a torre e 14 edifici a "palazzina". La combinazione dei vari tipi di alloggio e la dimensione di ogni edificio fu determinata in funzione della richiesta delle cooperative a seguito dei bandi di vendita di aree comunali.



Fig. 6.6 Palazzine di via Verne

Per tener conto delle richieste pervenute, fu studiata la tipologia edilizia a “palazzina” che consentì di realizzare degli edifici di 4 piani. Per ogni piano erano previsti 3 alloggi, per un totale di 12 alloggi (60 stanze). La superficie abitabile lorda per ogni edificio è di circa 1476m<sup>2</sup>. Per ridurre l’altezza dell’edificio non si prevedeva il piano terra libero. Questa tipologia fu prevista sia sull’area di proprietà privata sia su quella di proprietà comunale. Furono previste 14 “palazzine per un totale di 168 alloggi, raggruppate in coppia in modo da avere un unico accesso carraio e parcheggio annesso. Solo 8 di queste “palazzine interessano il nostro caso di studio e furono costruite da quattro cooperative edilizie diverse. Esse presentarono il progetto di edificio economico-popolare la cui area, assegnata dal Comune alle cooperative attraverso il bando di vendita delle aree del Febbraio 1968, era inserita nel P.E.E.P., comprensorio di Corticella, “unità di vicinato D”. Le cooperative che si occuparono della costruzione delle “palazzine” residenziali furono le seguenti:

- Cooperativa edilizia “La Fornace”, lotti 6-7 (via Verne 15-13);
- Cooperativa edilizia “La Bolognina”, lotti 8-9 (via Verne 11-9);
- Cooperativa edilizia “Domus Felsinea”, lotti 10-11 (via Verne 7-5);
- Cooperativa edilizia “Nuova Casa Corticella”, lotti 12-13 (via Verne 3-1).

### 6.3 Tecniche Costruttive<sup>4</sup>

Per le “palazzine” residenziali è stato deciso di adottare la tecnica di costruzione con struttura portante e tamponamenti realizzati in opera. Per quanto riguarda la struttura portante, questa a seguito il procedimento tradizionale con travi e pilastri gettati in opera, mentre per la realizzazione degli elementi di tamponamento venne utilizzata la tecnologia a *Banches*. Secondo questa tecnologia le strutture sono state realizzate impiegando elementi di cassetta di grandi dimensioni e di tipo bidimensionale per il getto in opera. Le strutture di sostegno delle casseforme verticali (*Banches*) sono state costituite da un'intelaiatura metallica a traliccio, dotata di piedini filettati per la rapida messa a piombo, che sostiene le passerelle di servizio, da cui vengono compiute le operazioni di montaggio e quelle di controllo del getto. Le lunghezze degli elementi sono state articolate secondo dimensioni modulari, mentre le altezze sono variabili in funzione dell'interpiano. Per un utilizzo anche in edifici con altezze di vano diverse, è di norma previsto un soprizzo asportabile capace di coprire gli eventuali dislivelli. Le *banches* sono state montate faccia a faccia, lo spessore della struttura poteva essere regolato con elementi distanziatori. La tecnologia completa comprende anche l'uso di casseforme orizzontali (*tables*). Si possono avere sia in manto di lamiera che in legno, soluzione più economica ma con un minor numero di ripieghi. Il tavolo è composto dal pannello della cassaforma vera e propria e dalla struttura metallica, realizzata da montanti, correnti e diagonali, su cui poggia il pannello. I montanti e le diagonali trasversali sono dotati di un dispositivo telescopico per facilitare sia la messa in quota che il disarmo. Le dimensioni medie in altezza variavano da 2.3m a 3.5m, mentre quella in lunghezza sono in funzione di un dato modulo commisurato su 120 – 240 cm. In larghezza si hanno tavoli che misurano da 2 a 4.5m, con possibilità di accoppiamento di due tavoli per luci maggiori. Dal punto di vista economico, l'ottimizzazione del sistema si ottiene per interventi di 40-50 alloggi. Si possono abbinare setti in C.C.A. gettati in opera con solai parzialmente prefabbricati tipo *prèdalles* tralicciata o semplice. Tali componenti di solaio necessitano di complementi in opera costituiti, in genere, dal posizionamento di alleggerimenti e dall'armatura e getto di travetti portanti con soletta superiore collaborante. Si realizzano in opera anche le giunzioni tra setto e solaio e tra solaio e solaio in corrispondenza dei nodi di interpiano.

Oggi le palazzine sono ancora in ottimo stato di conservazione.

---

<sup>4</sup> [14.B.]Riccardo Campana (2012), Norma e progetto del retrofit energetico. Un caso di housing sociale



## 6.4 Descrizioni dell'involucro

L'edificio, progettato a metà degli anni sessanta, è completamente sprovvisto di isolamento termico, a partire dal tamponamento. Per questo elemento sono stati utilizzati infatti, dei mattoni pieni. L'isolante è poi assente in tutte le strutture sia verticali che orizzontali. Infine, gli infissi ad oggi montati, sono spesso muniti d un pannello prefabbricato con isolante EPS, ma del tutto inefficace.

Di seguito riportiamo le specifiche dei pacchetti.

### 6.4.1 Pacchetti Murari

Parete Perimetrale Esterna: (**PPE**)  $U = 2,36 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $S = 29,5\text{cm}$ .

Descrizione	Conduttività (W/mK)	Spessore(mm)
Intonaco di Gesso ( $100\text{Kg/m}^3$ )	0,4	15
Mattone Pieno( $28,5 \times 14 \times 5,8\text{cm}$ )	0,84	280

Parete Controtterra: (**PC**)  $U = 1,93 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $S = 44,5\text{cm}$ .

Descrizione	Conduttività (W/mK)	Spessore(mm)
Mattone Pieno( $28,5 \times 14 \times 5,8\text{cm}$ )	0,84	280
Malta Idrofuga	0,8	15
Vespaio in Ghiaia	1,4	150

Pannello Prefabbricato Sottofinestra: (**PPF**)  $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $S = 11,5\text{cm}$ .

Descrizione	Conduttività (W/mK)	Spessore(mm)
Intonaco di Gesso ( $100\text{Kg/m}^3$ )	0,4	15
Calcestruzzo Alleggerito	0,38	30
Isolante EPS	0,04	40
Calcestruzzo Alleggerito	0,38	30

### 6.4.2 Pacchetti Solai

Solaio Intermedio: (**SI**)  $U = 1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $S = 31\text{cm}$ .

Descrizione	Conduttività (W/mK)	Spessore(mm)
Piastrelle in Ceramica	0,4	20
Calcestruzzo Alleggerito	0,38	40
Soletta in laterocemento	0,66	240
Intonaco di Gesso ( $100\text{Kg/m}^3$ )	0,4	10

Solaio Controtterra (*SC*)  $U = 2,22 \text{ W/m}^2\text{K}$   $S = 30\text{cm}$

Descrizione	Conduttività (W/mK)	Spessore(mm)
Getto in Calcestruzzo	1,13	150
Vespai in Ghiaia	1,4	150

Solaio di copertura (*SCop*)  $U = 0,98 \text{ W/m}^2\text{K}$   $S = 29,5\text{cm}$

Descrizione	Conduttività (W/mK)	Spessore(mm)
Intonaco di Gesso (100Kg/m <sup>3</sup> )	0,4	10
Soletta in laterocemento	0,66	240
Aria	0,85	150
Calcestruzzo Alleggerito	0,38	30
Guaina Impermeabilizzante	0,13	20

### 6.4.3 Infissi

Questi sono fatti con un telaio in alluminio e dei vetri singoli di 6cm. Con una trasmittanza media di  $5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Di seguito riportiamo le misure delle varie tipologie presenti e le loro quantità.

Tipo	$A_g$ m <sup>2</sup>	$U_g$ W/m <sup>2</sup> K	$A_r$ m <sup>2</sup>	$U_r$ W/m <sup>2</sup> K	$I_g$ m	$\Psi_g$ W/mK	$U_w$ W/m <sup>2</sup> K
F1	1,43	5,61	0,46	5,88	7,5	0,00	5,68
F2	1,12	5,61	0,21	5,88	4	0,00	5,65
F3	1,3	5,61	0,4	5,88	8,6	0,00	5,67
F4	1	5,61	0,21	5,88	4	0,00	5,66
FL1	3,31	5,61	0,8	5,88	15,3	0,00	5,66
FL2	4,11	5,61	0,79	5,88	17,6	0,00	5,65
FL3	2,9	5,61	0,54	5,88	10,3	0,00	5,65
FL4	1,53	5,61	0,31	5,88	6	0,00	5,66
FL5	1,18	5,61	0,3	5,88	5,7	0,00	5,66

## 6.5 Impianti

Per quello che riguarda gli impianti, non conoscendo l'effettivo stato dell'arte si è cercato di fare alcune ipotesi, partendo dalle possibilità che ci venivano proposte dal sistema di calcolo di prestazione energetica (EcoAbita) e di cui più avanti parleremo.

### 6.5.1 Impianto di riscaldamento

Per l'impianto di riscaldamento è stato ipotizzato:

- per la produzione di energia, un impianto di teleriscaldamento con rendimento di produzione =1,21;
- per la distribuzione, un impianto centralizzato a distribuzione verticale e tubazioni mediamente isolate. Questo perché si ipotizza una conversione ad impianto di teleriscaldamento (non esistenti a metà degli anni '60) e quindi un necessario isolamento, anche se oggi insufficiente. Il rendimento associato è di 0,925;
- per la distribuzione, radiatori come terminali e sistema di regolazione ad ambienti, con rendimento di 0,96;
- infine per quello che riguarda l'emissione, considerando un'altezza dei locali no superiori a 4m, un altezza del fabbricato maggiore ai 10m, e i terminali posti su parete esterna non isolata, si è pensato ad un rendimento pari a 0,88.

#### 6.5.2 *Impianto per Acqua Calda Sanitaria (ACS)*

Per quello che riguarda tale impianto è sempre di teleriscaldamento.

Caso di studio.

## 7 Interventi

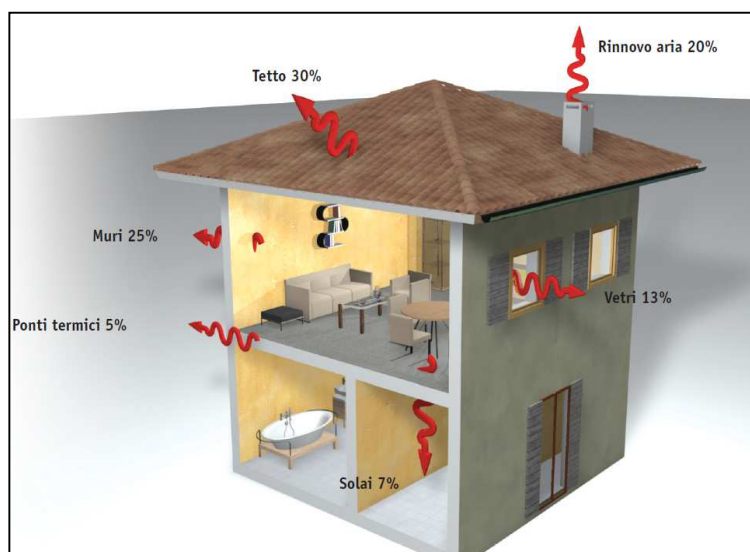


Fig. 7.1 Perdite di calore

Gli interventi pensati, riguardano principalmente l'involucro. Questo perché, durante il percorso di studi, il tema è stato affrontato con più regolarità e per questo più facilmente sviscerabile. Inoltre è dovuto principalmente all'involucro la perdita di energia e conseguenti consumi energetici eccessivi.

Nonostante ciò gli impianti sono stati definiti a grandi linee, a causa della loro non indifferente influenza, sulle emissioni di CO<sub>2</sub> e sui dati energetici finali.

### 7.1 Involucro

L'involucro, come già analizzato precedentemente, è completamente privo di isolante e per questo, è causa di enormi perdite di energia. Il nostro progetto si soffermerà in particolare sul progetto di coibentazione delle pareti e dei solai. Prima di iniziare, è importante però ricordare che le nostre analisi, dove possibili, devono riguardare principalmente due aspetti: l'impatto ambientale, e la sostenibilità economica, entrambi durante il ciclo di vita dell'edificio (o dei materiali).

#### 7.1.1 Isolanti

Proprio per questo motivo e dato il gran numero di prodotti in commercio, si è cominciato dividendoli a seconda dell'origine delle materie prime (Vegetale, Animale, Minerale, Sintetica) e proseguendo con un'analisi di impatto ambientale sul ciclo produttivo dei materiali isolanti, che riportasse, le emissioni di CO<sub>2</sub>. Questo tipo di analisi, purtroppo, ci può al momento ridare solo dei dati con un ordine di grandezza fittizio (Magnitudo, gravità di un evento, ecc..), poiché ogni prodotto a un ciclo diverso e subisce diversi trattamenti e dunque difficilmente comparabili.

I dati raccolti, con l'aiuto del libro "Isolamento Ecoefficiente" si dividono per: Approvvigionamento, Produzione, Uso e Dismissione, e vengono valutati per gravità di impatto in una scala da 1 a 6.

Successivamente ci siamo occupati su un'analisi del consumo di energia primaria, detto EE (*Embodied Energy*), durante la produzione (Approvvigionamento, Trasporto, Processo Produttivo, Imballaggio) dei materiali isolanti, misurata in MJ/kg prodotto. Di seguito mostriamo le tabelle e i grafici realizzati con dati raccolti.

Tabella 7.1 Impatti ambientali degli isolanti

Materiali Isolanti Impatti ambientali nel ciclo di vita		Approvvigionamento		Produzione						Uso		Dismissione
		Consumo di risorse rinnovabili	Consumo di risorse non rinnovabili	Consumo di energia	Riduzione Ozono	Effetto serra	Acidificazione	Smog Fotochimico	Rischi per gli addetti alla produzione	Nocività nella messa in opera	Nocività in esercizio	riuso /riciclo /smaltimento
ORIGINE VEGETALE	fibra di cellulosa - pannelli	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	fibra cellulosa - fiocchi	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	sughero espanso - pannelli	1	0	2	0	0	0	0	0	2	1	1
	sughero granulare	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	fibra di legno	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	fibra di legno - mineralizzato con Portland	0	2	2	0	1	1	1	0	2	1	1
	fibra di legno mineralizzato	0	2	2	0	1	1	1	0	1	0	2
	canapa, kenaf	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	cocco, juta	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	canna palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANIMALE	lana di pecora	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
ORIGINE MINERALE	pomice naturale	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	minerali granulari espansi	0	2	2	0	3	2	2	1	1	1	0
	calce - cemento cellulare	0	2	2	0	2	2	2	0	1	1	1
	vetro cellulare	0	2	4	0	4	3	3	2	2	1	1
	lane minerali	0	2	3	0	4	3	3	3	3	3	4
ORIGINE SINTETICA	polisterene espanso sinterizzato (EPS)	0	5	3	3	4	4	4	4	1	2	3
	polisterene espanso estruso (XPS)	0	5	3	4	4	4	4	4	1	2	3
	poliuretano espanso (PUR)	0	5	3	4	4	4	4	4	1	2	4
	polieilene espanso	0	5	3	4	4	4	4	4	1	2	3

Dati da "Isolamento Ecoefficiente" A.Fassi L. Maina

Tabella 7.2 Energia Incorporata

Materiali Isolanti Energia incorporata in fase di produzione		Approvvigionamento	Trasporto	Processo Produttivo	Imballaggio	EE (MJ/kg)
ORIGINE VEGETALE	fibra di cellulosa - pannelli	1,54	0,31	2,14	0,25	4,24
	fibra cellulosa - fiocchi	1,54	0,31	0,84	0,25	2,94
	sughero espanso - pannelli	1,02	0,03	5,02	0,98	7,05
	sughero granulare	1,02	0,03	0,80	0,31	2,16
	fibra di legno	2,61	0,45	12,90	0,04	17,00
	fibra di legno - mineralizzato con Portland	2,10	0,10	3,10	0,10	5,40
	fibra di legno mineralizzato	0,80	0,10	1,00	0,10	2,00
	canapa, kenaf	9,63	1,83	2,48	1,06	15,00
	cocco, juta	1,66	2,05	1,09	0,10	4,90
	canna palustre	0,15	0,12	0,20	0,07	0,54
ANIMALE	lana di pecora	0,78	2,64	8,45	0,73	12,60
ORIGINE MINERALE	pomice naturale	0,37	0,17	0,90	0,04	1,48
	minerali granulari espansi	0,36	10,60	6,00	0,04	17,00
	calce - cemento cellulare	2,20	0,97	15,90	0,11	18,57
	vetro cellulare	6,10	1,00	59,89	0,01	67,00
	lane minerali	6,10	1,00	27,50	0,00	34,60
ORIGINE SINTETICA	polistirene espanso sinterizzato (EPS)	87,40	1,86	8,26	1,68	99,20
	polistirene espanso estruso (XPS)	88,54	2,09	18,00	1,57	110,20
	poliuretano espanso (PUR)	120,00	4,49	1,70	0,01	126,20
	polietilene espanso	101,00	4,49	1,70	0,01	107,20

Dati da "Isolamento Ecoefficiente" A.Fassi L. Maina

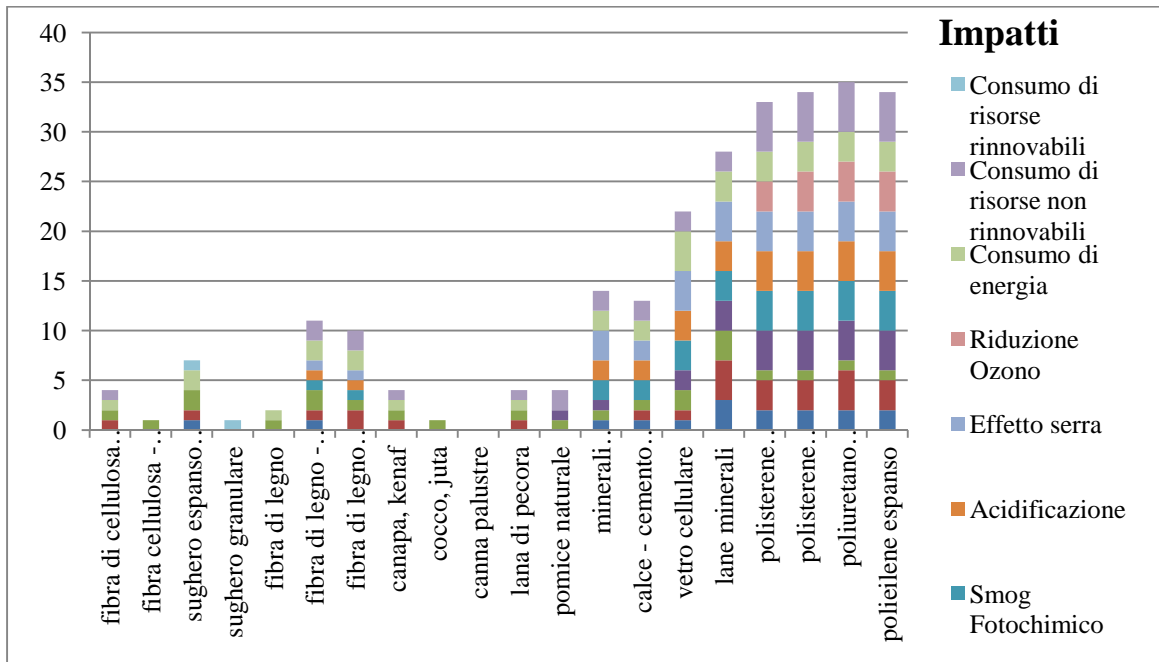


Grafico 7.1 Impatti

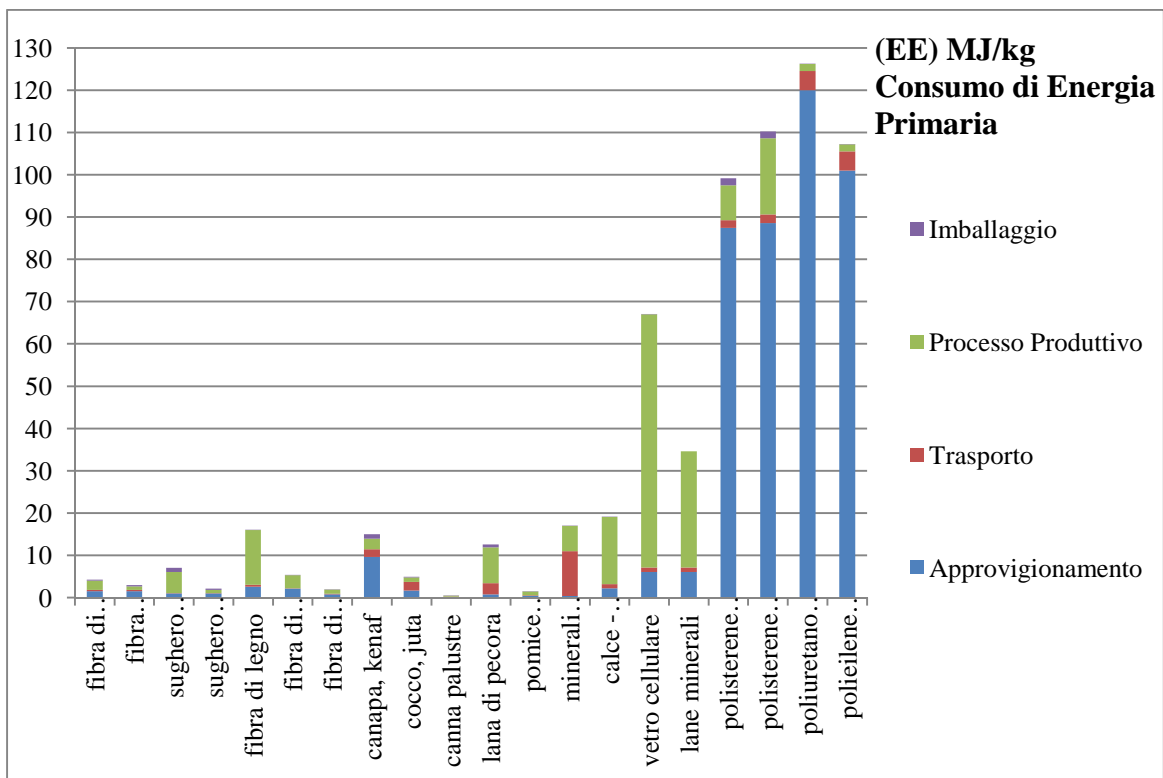


Grafico 7.2 Embodied Energy

La prima selezione è stata fatta mettendo a confronto i dati appena illustrati usando un grafico in cui poniamo il EE (*Embodied Energy*) sull'asse delle ascisse e la somma degli impatti sull'asse delle ordinate.



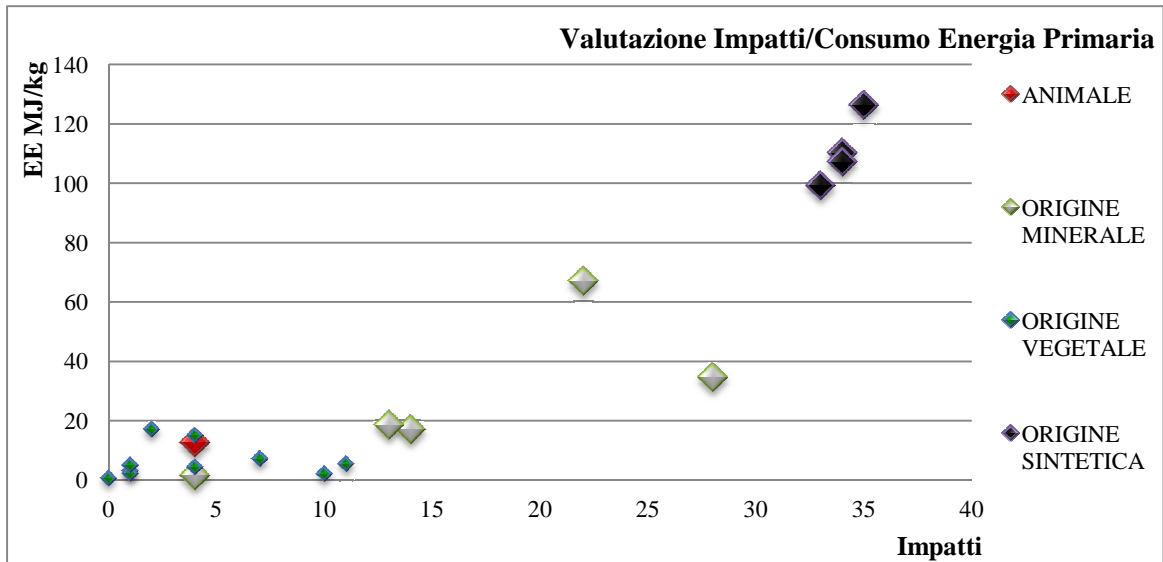


Grafico 7.3 Valutazione Impatti / Consumo Energia Primaria

Come è ben facile notare, i materiali di origine vegetale dovrebbero essere sempre favoriti a tutti gli altri e, in particolar modo, a quelli di origine sintetica. Va tenuto conto però, che questa valutazione riguarda gli impatti, le prestazioni tecnologiche e conseguenti risparmi energetici, e soprattutto, le minori emissioni di CO<sub>2</sub> che permettono, durante la fase di utilizzo.

Si è perciò preferito partire scegliendo almeno il più sostenibile per tipo, considerando però, anche il più performante.

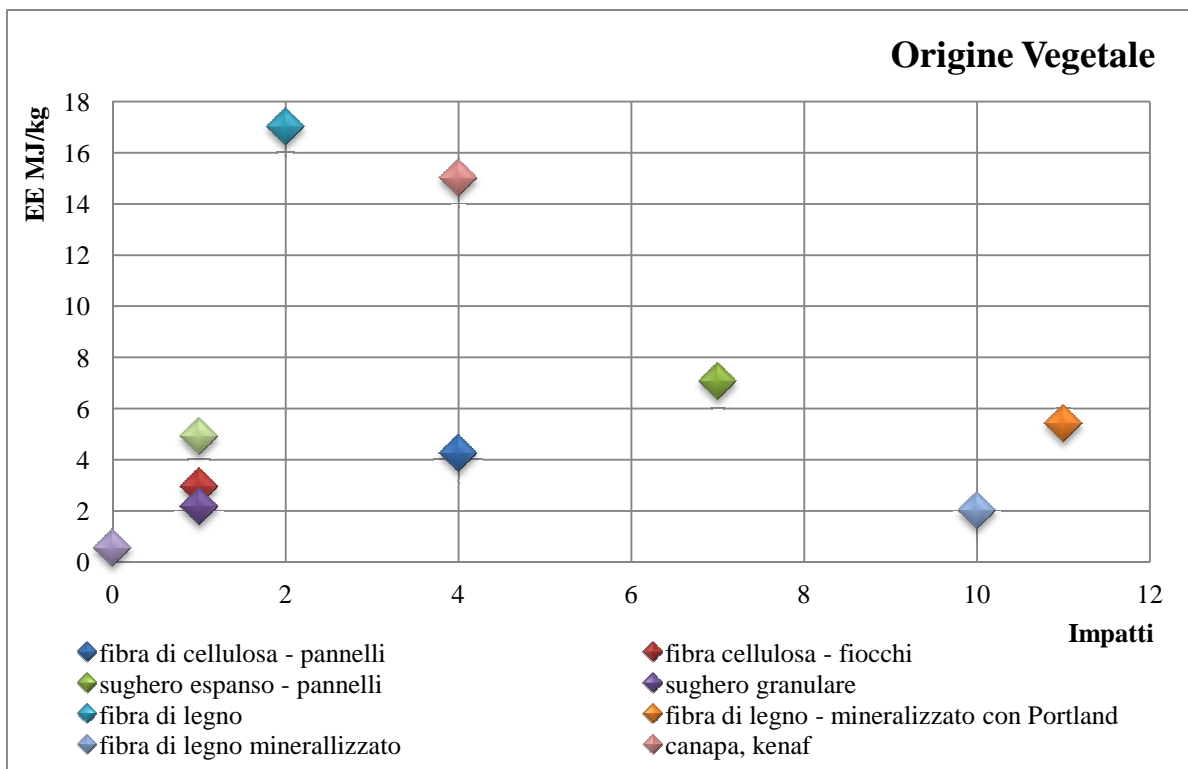


Grafico 7.4 Valutazione Impatti/EE isolanti di origine vegetale

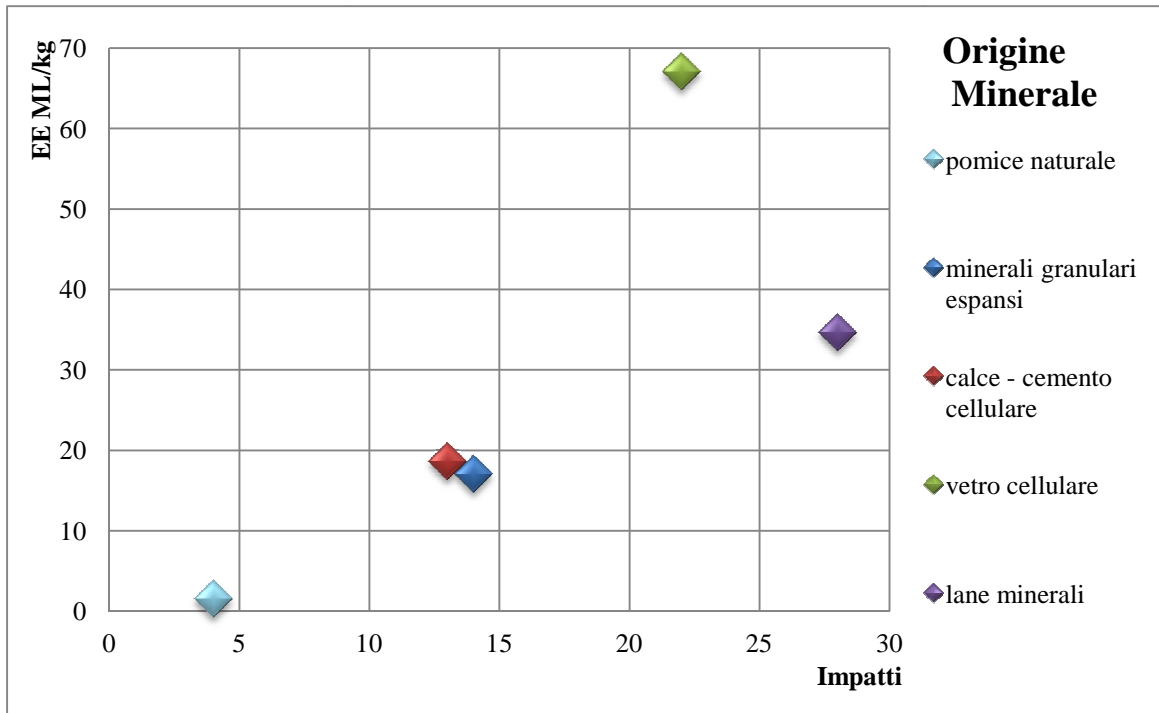


Grafico 7.5 Valutazione Impatti / EE isolanti di origine minerale

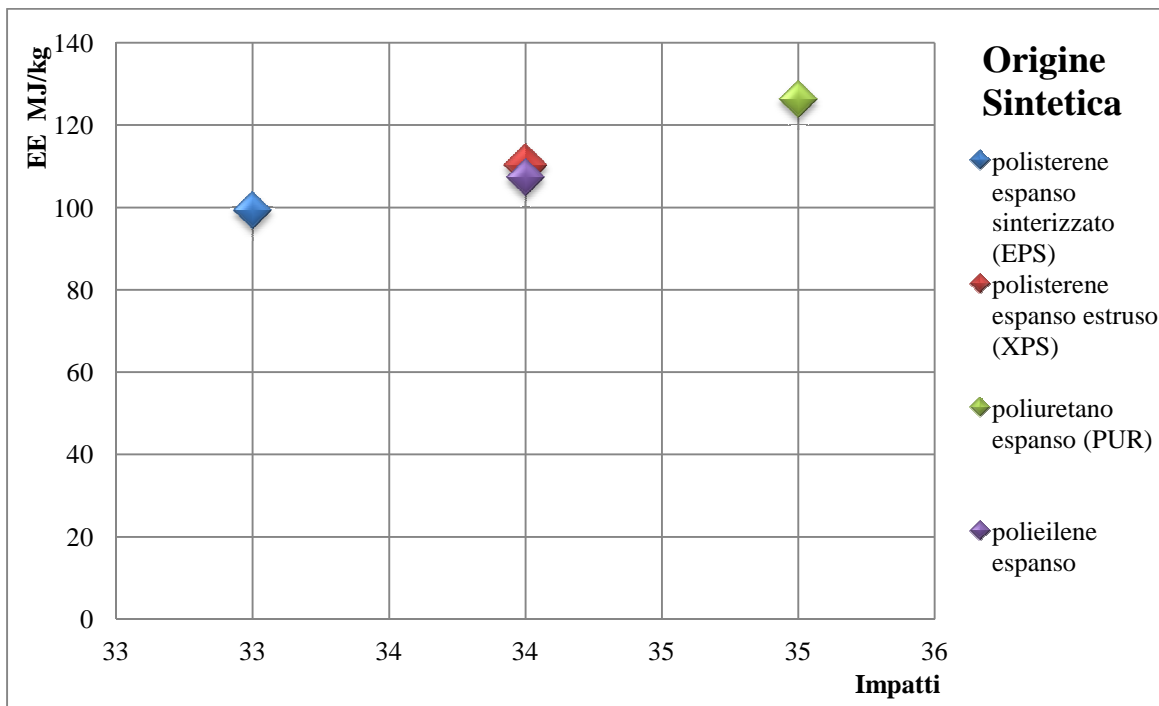


Grafico 7.6 Valutazione Impatti / EE di origine sintetica

Scelti alcuni materiali si è poi proseguito con la ricerca di un prodotto di mercato specifico, per ogni scelta, e i dati a noi necessari sia alla valutazione energetica che economica ( $\lambda$ , €/m<sup>2</sup>, vita utile del prodotto, applicazioni, spessori). Si è dovuto comunque scartare alcuni fra i prodotti individuati in precedenza, come sughero granulare, fibra di cellulosa-fiocchi e Pomice. Questo perché sono venduti *sfusi* e possono essere applicati solo negli intercapedini, assenti nel nostro caso di studio.

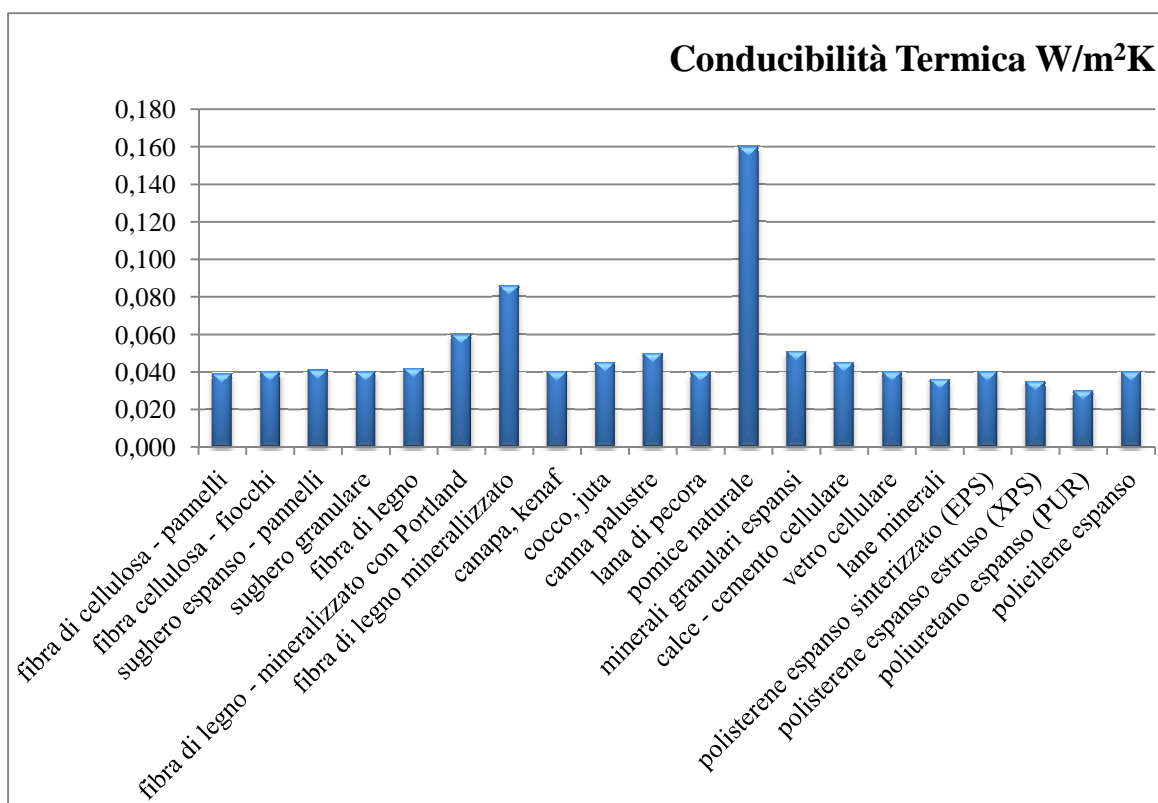


Grafico 7.7 Conducibilità Termica

Questi sono i materiali che abbiamo scelto e corrispondenti prodotti di mercato, assieme ai parametri principalmente utilizzati nelle nostre analisi.

Seguitamente ci occuperemo di una loro descrizione più dettagliata.

Tabella 7.3 Isolanti scelti

Tipo	Motivazione	EE	GWP	Nome Prodotto	$\lambda$	€/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Vita	mm
Sughero in Pannelli	EE medio-basso*	7,5	-1,195	Corkpan (TECNOSUGHERI s.r.l.)	0,036	***	120	50	10-80
Canna Palustre	impatto 0**	0,54	-0,24	CANATHERM (ENNAT)	0,045	5,01/7,52/10,03/12,53/15,04	130	50	40/60/80/100/120
Fibra di Legno	impatto basso**	17	-0,5171	TECNOWOOD CAP (TECNOSUGHERI s.r.l.)	0,045	***	210	30	30-100
Fibra di Cellulosa Pannelli	EE basso*	4,24	-0,0141	Isolcel (EUCHORA)	0,039	8/10,7/16,2/21,5	vedi ST	50	30/40/60/80
EPS	l Basso	99,2	4,09	Generico EPS	0,03	27,15 * <sup>1</sup>	20 - 50	40	30-180
Lana di Roccia	l Basso	22,12	1,75	Geolan B - 001	0,033	17,37 * <sup>1</sup>	100	50	40 - 100
Tecnologia VACU	l Basso	99,2	4,09	Vacunanex	0,0045	50-100	200	67	10-30

\*\*valutazione "ISOLAMENTO ECOEFFICIENTE" A. Fassi, L.Maina /  
<sup>1</sup> costo €/m<sup>2</sup> per 10 cm / \*\*\* in possesso del listino

Per ogni isolante è stata fatta un'ipotesi di isolamento per arrivare ai minimi di normativa per ogni pacchetto. È stato poi fatto un intervento migliorativo (Es. 1B) che, ha seconda del materiale usato, portasse ad un evidente miglioramento prestazionale (40 – 60 mm). Infine sono state fatte ipotesi di miglioramento prestazionale di entrambe le soluzioni, ma accompagnate dagli impianti solari (Es. 1F, 1BF). I minimi da normativa sono stati

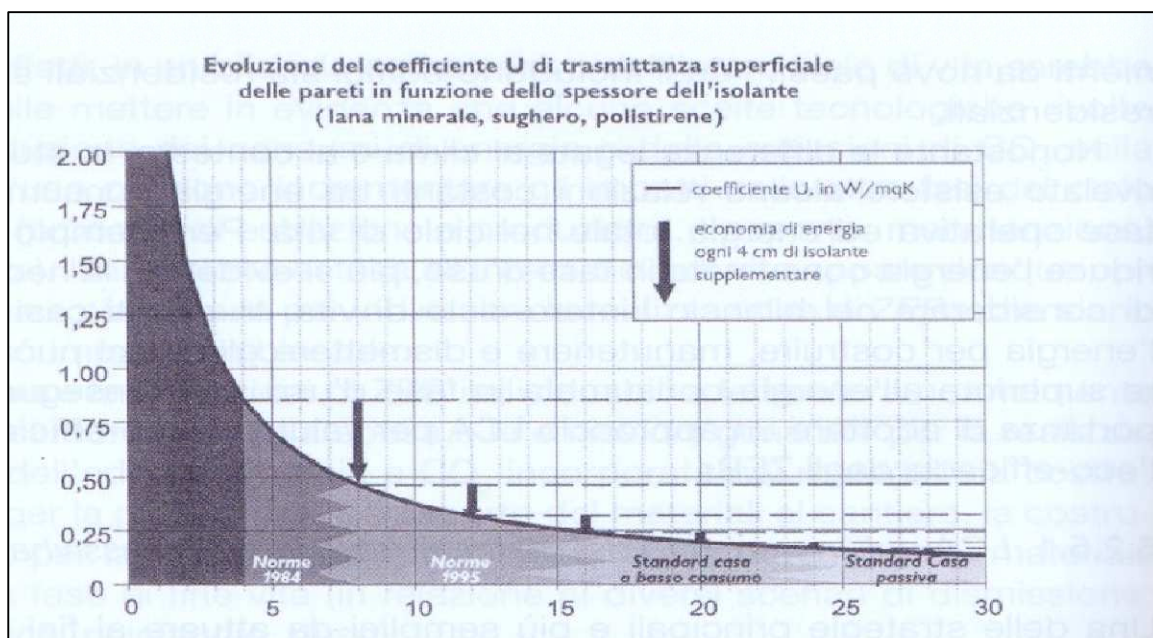


Fig. 7.2 Evoluzione della trasmittanza

considerati validi in quanto, secondo gli studi riportati nel libro “*edifici a consumo energetico zero*, Monica Lavagna, 2012 Maggioli S.p.A.”, e com'è possibile leggere dal grafico sopra, l'aumento di spessore per arrivare a  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  ha un adeguato miglioramento della prestazione energetica, mentre per passare da  $0,25$  a  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , è necessario raddoppiarne l'isolamento.

Tabella 7.4 Interventi Ipotizzati

			<i>PPE</i>	<i>PPF</i>	<i>PC</i>	<i>SC</i>	<i>Scop</i>	<i>SI</i>
			<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
<b>Pacchetto iniziale</b>			<b>295</b>	<b>115</b>	<b>445</b>	<b>300</b>	<b>295</b>	<b>310</b>
<b>Ipotesi</b>	<b>Prodotto</b>	<b>Materiale</b>	<b>Spessori aggiuntivi di isolamento termico</b>					
1/1F		EPS	120	120	120	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,23	0,19	0,23	0,22	0,22	0,25
1B/1BF		EPS	150	250	150	150	150	150
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,19	0,11	0,19	0,18	0,17	0,18
2/2F	Isolcel	CANAPA	140	120	140	140	140	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,25	0,23	0,24	0,24	0,22	0,26
2B/2BF	Isolcel	CANAPA	160	160	160	160	160	160
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,22	0,19	0,21	0,22	0,20	0,21
3/3F	Corkpan	Sughero	120	120	120	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,26	0,22	0,26	0,24	0,22	0,25
3B/3BF	Corkpan	Sughero	150	150	150	150	150	150
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,22	0,18	0,21	0,21	0,19	0,20
4/4F	Canatherm	C. Palustre	150	140	150	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,26	0,23	0,26	0,24	0,22	0,25
4B/4BF	Canatherm	C. Palustre	200	200	200	150	150	150
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,20	0,17	0,20	0,21	0,19	0,20
5/5F	Tecnowood cap	Fdi Legno	160	160	160	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,25	0,21	0,24	0,24	0,22	0,25
5B/5BF	Tecnowood cap	Fdi Legno	200	200	200	150	150	150
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,20	0,17	0,20	0,21	0,19	0,20
6/6F	Vacunanex	Vacunanex	15	15	15	20	20	15
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,26	0,22	0,26	0,20	0,18	0,25
6B/6BF	Vacunanex	Vacunanex	30	30	30	30	30	30
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,15	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14
7/7F	Geolan B-001	Ldi Roccia	120	100	120	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,24	0,23	0,24	0,24	0,21	0,23
7B/7BF	Geolan B-001	Ldi Roccia	200	200	200	150	150	150
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,15	0,11	0,15	0,20	0,18	0,19

I dati della trasmittanza sono stati ricalibrati, tramite EcoAbita, con una percentuale che tenesse conto dei ponti termici:

- PPE : Parete Perimetrale Esterna 5%;
- PPF : Pannello Prefabbricato Sottofinestra 21%;
- PC : Parete Controtterra 5%;
- SC : Solaio Controtterra 5%;
- Scop : Solaio Copertura 5%;
- SI : Solaio Intermedio 0%;

Le ipotesi 4, 5 e derivati, usano isolamento in sughero nelle partizioni orizzontali, poiché i prodotti scelti non sono calpestabili.

### 7.1.1.1 Pannelli in Sughero<sup>5</sup>

Il sughero si ricava dalla corteccia della quercia da sughero, che può essere prelevata solo intorno al 20° anno di età della pianta, quando il tronco irrobustitosi, ha raggiunto una circonferenza dai 30 ai 40 cm. Il prodotto di questa prima decortica (sughero maschio), fornisce il materiale primario che viene impiegato per ricavare il granulato di sughero, utile in edilizia sia sfuso che in pannelli. Dalle successive decortichi, effettuate ogni 10 anni circa, per permettere all'albero di riprodurre lo strato suberoso, si estrae il sughero gentile (sughero femmina) più pregiato e destinato alla produzione di tappi e altri prodotti. Il sughero è pertanto una materia rigenerabile ma di limitata disponibilità. Il suo tessuto è costituito da milioni di cellule di forma poliedrica contenenti aria, caratteristica che conferisce al materiale leggerezza ed elasticità oltre che notevole resistenza a sollecitazioni fisiche e ottime capacità di isolamento termoacustico. Inoltre il sughero possiede un'elevata capacità di accumulo termico, e dunque di smorzamento delle fluttuazioni di temperatura. È un materiale traspirante e permeabile al vapore, è inattaccabile dalla maggior parte degli agenti acidi, compresi gli acidi gastrici e ciò lo rende inappetibile per insetti, roditori e volatili. È un ottimo schermo nei confronti delle onde elettromagnetiche provenienti da strutture metalliche presenti nelle costruzioni. È idrorepellente e impermeabile all'acqua, imputrescibile anche in condizioni di umidità, tuttavia, se l'umidità è permanente, possono formarsi delle muffe. In caso di incendio non propaga la fiamma, brucia lentamente e si spegne da solo al cessare della fiamma. Spesso è possibile utilizzare il sughero riciclato perché, in alcuni casi, è efficiente come l'originario. È sempre buona cosa informarsi presso le aziende che lo recuperano. La pianta del sughero cresce nell'area mediterranea (Spagna, Portogallo, Italia, Africa settentrionale, Turchia) e, dopo la prima decortica, il materiale deve essere stagionato per almeno 2 anni. Dopodiché le cortecce vengono immerse in una vasca di acqua bollente per un paio d'ore e dopo l'estrazione sono lasciate ad asciugare per alcuni giorni. Questo processo, detto di bollitura, rende le cortecce più elastiche e più facilmente lavorabili. Queste vengono poi frantumate e macinate in appositi mulini. I granuli ottenuti, ventilati e ripuliti dalle scorie porose e legnose, selezionati nelle varie granulometrie mediante filtraggio in apposite grigie, costituiscono il granulato naturale di colore biondo (80-120 kg/m<sup>3</sup>). Si ottiene invece granulato espanso di colore bruno (65-75 kg/m<sup>3</sup>) dalla frantumazione e macinazione di scarti di pannelli e altri prodotti in sughero agglomerato espanso. In entrambi i casi, i granuli ottenuti vengono successivamente ventilati e ripuliti

---

<sup>5</sup> [1.B.] A. Fassi e L. Maina, (2006), L'isolamento Ecoefficiente, via Natale Battaglia 10, 20127 Milano, Edizione Ambiente srl.

A seconda della lavorazione si possono ottenere diversi tipi di pannelli.

*Pannelli di sughero agglomerato espanso autocollato di colore bruno*, ottenuti dalla cottura dei granuli in forni a pressione (autoclavi) a circa 350-400 °C. La pressione e la temperatura fanno sì che la suberina contenuta nei granuli si scioglia e migri in superficie, realizzando il processo naturale di agglomerato e saldatura tra i singoli granuli, senza aggiunta di ulteriori collanti. Si ottengono pani o blocchi successivamente raffreddati e tagliati in lastre di diverso spessore. Il processo di espansione, detto anche tostatura, determina il caratteristico colore bruno, il rigonfiamento dei granuli con conseguente alleggerimento del prodotto (100-110 kg/m<sup>3</sup>) e una minor resistenza a compressione. L'alta temperatura può determinare la bruciatura superficiale del pannello con perdita di alcune caratteristiche positive e conseguente distruzione parziale o totale di tannino e suberina, favorendo possibili marcescenze in presenza di umidità elevata con possibilità di sprigionamento di sostanze tossiche (fenolo, benzopirene, e in genere idrocarburi policiclici aromatici). La produzione dei pannelli espansi autocollati avviene prevalentemente in paesi extraeuropei (Turchia, Africa nordoccidentale) dove il costo di produzione è minore, tuttavia, risultano minori anche i controlli sulla qualità del prodotto e sul processo di lavorazione, per via di una più scarsa regolamentazione.

*Pannelli di sughero compresso e supercompresso di colore biondo senza utilizzo di resine e collanti, ottenuti mediante trattamento a microonde ad alta frequenza e contemporanea compressione dei granuli* (brevettato dalla LIS). In particolare, i granuli vengono sottoposti ad un primo trattamento termico (T inferiore a quella di espansione) iniziando il processo naturale di agglomeramento e saldatura dovuta alla progressiva liquefazione della suberina. Successivamente vengono sottoposti ad un trattamento di onde ad alta frequenza che perfeziona e completa il processo di saldatura dei granuli e, contemporaneamente, compressi fortemente da una pressa idraulica che determina la struttura dell'agglomerato e la dimensione di ogni singolo pannello.

*Pannelli di sughero compresso e supercompresso di colore biondo con utilizzo di collanti*. Si ottengono dalla compressione a caldo (160-80°C) dei granuli precedentemente miscelati con resine e collanti di diverso tipo la cui tossicità è variabile (da resine non tossiche esenti da formaldeide e utilizzate nel settore enologico e alimentare a collanti a base di formaldeide o bitume) e che possono ridurre la stabilità dimensionale del prodotto. I pannelli di sughero ottenuti con l'aggiunta di collanti sintetici possono emettere sostanze tossiche, pertanto è sconsigliabile la loro applicazione in ambienti abitativi. In caso di incendio esalano idrocarburi policiclici aromatici. Trattamenti chimici e manipolazioni esasperate nel corso delle varie lavorazioni possono causare alterazioni fisico-chimiche permanenti che incidono sulle prestazioni (ad esempio i sugheri altamente compressi).

Il sughero naturale senza collanti è riutilizzabile, riciclabile e compostabile ( si decompone nel terreno o nei siti di compostaggio). I prodotti agglomerati con collanti e resine sintetiche devono essere trattati e smaltiti come rifiuti speciali.

Nel nostro caso vengono proposti i pannelli per intervenire su tutte le strutture sia verticali che orizzontali. In particolare come riferimento al mercato attuale ci siamo riferiti al prodotto Corkpan della TECNOSUGHERI s.r.l.

Tabella 7.5 Isolante in Sughero

<b>Corkpan TECNOSUGHERI</b>				
$\lambda$	<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>	<i>Densità</i>
W/mK	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,036	50	7,5	-1,195	120
<i>Costo</i>		<i>spessore</i>		
$\text{€}/\text{m}^2$		<i>mm</i>		
9,0		10		
11,2		20		
15,6		30		
20,8		40		
26,0		50		
31,2		60		
41,6		80		
52,0		100		
62,4		120		





**BioTecno**  
Soluzioni Naturali per l'isolamento TermoAcustico

Proposte esclusive:

**TECNOSUGHERI srl**  
Via privata Gnito 7  
20037 Paderno Dugnano, (MI)  
Tel. 02.99.50.01.34  
Fax 02.99.48.52.01  
e-mail: info@taenosugheri.it  
www.taenosugheri.it



## Corkpan

Pannello in sughero espanso autocollato puro, isolante biologico per isolamenti termoacustici

Il pannello in sughero espanso autocollato puro **Corkpan** è un prodotto di sughero naturale che ha subito un processo termico di tostatura.

Questa operazione comporta la fusione di varie sostanze cerose nella struttura cellulare del sughero che agiscono da collante naturale per aggregare i diversi granuli.

Il processo di tostatura contrariamente a quanto erroneamente si pensa, non altera le caratteristiche del sughero anzi, le migliora, infatti determina un rigonfiamento del granulo e quindi un miglioramento delle caratteristiche di coibenza. La colorazione bruna del prodotto non è dovuta ad una alterazione del sughero naturale ma solo ad una cottura del prodotto.

Il sughero **Corkpan** mantiene inalterata nel tempo le sue caratteristiche tecniche e dimensionali.  
**Conducibilità termica provata a 10 °C:  $\lambda = 0,039$  W/mK**  
**campione con 45 anni di invecchiamento.**

### Voce di capitolato

Strato isolante costituito da pannelli di sughero autoespanso autocollato privi di collanti chimici; **Corkpan** spessore mm... della ditta Tecnosugheri srl, posati con i giunti ben accostati fra di loro.

- densità kg 110/130 m<sup>3</sup>
- $\lambda_d = 0,040$  W/m K
- **Prova chimica assenza di leganti**
- **Marchio CE**
- **Certificato ICEA / ANAB**

### Impieghi:

- Rivestimenti a cappotto
- Terrazze sotto guaine impermeabili
- Sottotetti e coperture a falde
- Intercapedini
- Isolamento antivibrante



Le informazioni e i dati riportati sono indicati in buona fede e ritenuti corretti. Tuttavia non viene assunta alcuna responsabilità per tali informazioni e dati, né può essere presunta alcuna garanzia. Tecnosugheri srl a causa della politica di sviluppo e miglioramento dei suoi prodotti, si riserva il diritto di modificare senza preavviso modelli e caratteristiche dei prodotti descritti. Le immagini possono non corrispondere fedelmente alle reali colorazioni dei prodotti presentati. I dati indicati in questa pubblicazione, frutto di prove di laboratorio o rilevazioni in cantiere, non garantiscono la ripetibilità dei risultati per sistemi equivalenti.



**NATURALE  
AL 100%**

### Caratteristiche Tecniche

**Dimensioni:** cm 50 x 100

**Spessore:** da 10 a 320 mm

**Densità:** 110/130 kg/m<sup>3</sup>

**Conducibilità termica provata a 10 °C:**  $\lambda = 0,036$  W/mK

**Conducibilità termica dichiarata a 10 °C:**  $\lambda_d = 0,040$  W/mK

**Resistenza alla compressione:** da 0,2 a 0,25 kg/cm<sup>2</sup>

**Resistenza diffusione vapore acqua:**  $\mu = 5 - 30$

**Reazione al fuoco:** Euroclasse E

**Calore specifico:** 1900 J/kgK

**Stabilità dimensionale:** Ottima

**Putrescibilità:** Nulla

**Durabilità:** Illimitata



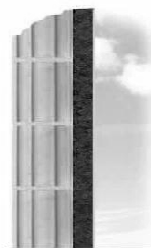
**Corkpan:** sp. cm 8

**Acunetto:** sp. cm 4

**Sfasamento:** 9 h

**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,29 W/m<sup>2</sup>K**

**Prova di cantiere**  
**D<sub>2m,nT,w</sub> = 44 dB**



**Corkpan:** sp. cm 10

**Latrizio porizzato:**  
sp. cm 25

**Sfasamento:** 16 h

**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,28 W/m<sup>2</sup>K**

**Prova di cantiere**  
**D<sub>2m,nT,w</sub> = 50 dB**

Figura 7.1 scheda tecnica Corkpan

### 7.1.1.2 Canna palustre<sup>6</sup>

La canna palustre è una delle più diffuse graminacee nostrane, che cresce spontaneamente nelle zone paludose, lungo le rive dei fiumi e canali, ai margini dei laghi. La pianta si riproduce ogni anno, mediante la formazione di getti dal rizoma sommerso da cui si ergono fusti flessibili che possono raggiungere l'altezza di 4 metri con foglie lanceolate e appuntite. Si moltiplica velocemente, tanto da farla divenire infestante; inoltre l'intrigo dei fusti sommersi contribuisce all'interramento dei laghi. È dunque importante che le piante vengano tagliate ogni anno. Per secoli le popolazioni abitanti in prossimità di canneti ne hanno ricavato recinzioni, coperture per serre, ombreggi, capanni armature per costruzioni in argilla e supporti per controsoffittature. È un materiale con un buon comportamento termico e acustico. È traspirante e svolge funzione di equilibrio igroscopico, caratteristica accentuata con intonaco a base di terra cruda. È resistente all'attacco dei roditori, alle muffe e alla putrescenza e garantisce un isolamento costante nel tempo anche in condizioni di umidità. Il materiale, grazie al suo elevato contenuto di acido silicico che svolge funzione idrofuga, presenta sufficiente resistenza al fuoco, non contiene sostanze tossiche e in nessuna fase (raccolto, lavorazione, utilizzo) è dannoso per la salute e l'ambiente. I pannelli di canna palustre trovano applicazione in cappotti interni ed esterni rifiniti a intonaco (sono un ottimo porta intonaco) o rivestiti in legno, in intercapedini di pareti, solai e coperture di strutture in legno, in soffitti e controsoffitti, in pareti divisorie interne. Vengono commercializzate anche in stuoie di canna palustre utilizzate per rivestire superfici lisce o soggette a ritiri ed estensioni (ad esempio il legno) sulle quali si voglia intonacare. Vanno immagazzinati in un luogo asciutto, in piedi o su superficie piana, e devono essere trasportati in posizione verticale per evitare la torsione o il piegamento. Il processo produttivo inizia con la raccolta mediante macchinari appositi durante l'inverno, quando si forma il ghiaccio sull'acqua. Da ogni ettaro si ottiene la materia prima per circa 26m<sup>3</sup> di prodotto finito. Il processo di essiccazione non è necessario poiché vengono raccolte esclusivamente canne già secche. Dai luoghi di raccolta (Austria e Ungheria) i fasci di canne vengono prodotti i singoli pannelli, la cui altezza di 2 metri è pari all'intera altezza della canna. Le canne vengono compresse e legate meccanicamente con filo di ferro zincato o filo di nylon, tenendo insieme il pacchetto da parte a parte senza rompere le cavità interne che rimangono integre. Legando le canne una all'altra vengono inoltre prodotte stuoie con funzione porta intonaco. I pannelli sono riutilizzabili se vengono smontati interi, altrimenti, eliminato il filo di ferro, possono essere inceneriti o compostati

---

<sup>6</sup> [1.B.] A. Fassi e L. Maina, (2006), L'isolamento Ecoefficiente, via Natale Battaglia 10, 20127 Milano, Edizione Ambiente srl.

in quanto totalmente biodegradabili. Quelli intonacati possono essere portati alla discarica di inerti.

Tabella 7.6 Isolante Canna Palustre

**CANATHERM ENNAT**

$\lambda$	Vita utile	EE	GWP	Densità
W/mK	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,045	50	0,54	-0,24	130

La canna palustre è una delle più diffuse graminacee nostrane, che cresce spontaneamente nelle zone paludose, lungo le rive dei fiumi e canali, ai margini dei laghi. La pianta si riproduce ogni anno, mediante la formazione di getti dal rizoma sommerso da cui si ergono fusti flessibili che possono raggiungere l'altezza di 4 metri con foglie lanceolate e appuntite. Si moltiplica velocemente, tanto da farla divenire infestante; inoltre l'intrigo dei fusti sommersi contribuisce all'interramento dei laghi. È dunque importante che le piante vengano

Costo	spessore
€/m <sup>2</sup>	mm
5,01	40
7,52	60
10,03	80
12,53	100
15,04	120

**ENNA**  
ENERGIE E NATURE

Indietro alla scelta dell'isolante

La casa in canna palustre

Nel ns. mondo moderno ed altamente tecnologico il bisogno di "tornare alla natura" è sempre maggiore. Rendere abitabile il ns. ambiente con materiali edili naturali è diventata una necessità di primo luogo.

**Attiendo**

**Prodotti**

Isolanti

Pannelli

Materiale inform.

Contatto

Username

Password

press enter

Deutsch | English | Italiano

**Dalla natura per Lei: isolanti in canna palustre**

Uno di questi materiali edili naturali sono i pannelli di canna palustre, utilizzati massicciamente fino agli anni 60 - 80 e poi andati in disuso. Nato a tutti è ancora il cannocchiale con il quale nelle vecchie case si facevano le soffitte.

La produzione e l'utilizzo della materia prima canna palustre avviene rispettando l'ambiente e si riproduce ogni anno. Anzi è importante per la conservazione del manto di canne che queste vengono tagliate ogni anno e quindi la natura non viene sfruttata.

Come isolante naturale i pannelli di canna palustre sono assolutamente non tossici ed in nessuna fase, dal raccolto alla lavorazione ed all'utilizzo finale, sono dannosi alla salute o per la natura.

**I pannelli di canna palustre possono essere utilizzati per:**

- isolamento esterno ed interno di mura e tetti
- costruzione e isolamento di pareti divisorie
- sottinterrato e controsoffitti
- costruzione di interi edifici con l'intelaiatura in legno ed il riempimento degli spazi vuoti.

**accorgimenti per la posa in opera**

I pannelli di canna palustre sono ideali per l'isolamento termico ed acustico. Una parete di 25 cm di canna equivale come isolamento termico ad un muro di 71 cm di spessore fatto con i migliori mattoni isolanti. Inoltre è un materiale traspirante che permette di costruire secondo i criteri della bioclimatologia. Il materiale non assorbe umidità o acqua e quindi garantisce un isolamento costante anche in condizioni di umidità.

Nel maneggio dei pannelli bisogna tenere presente

- di portare i pannelli sempre in verticale per evitare la torsione o il piegamento degli stessi,
- di immagazzinare i pannelli su una superficie piana oppure in piedi, ed in ogni caso di tenerli all'asciutto.

**INTONACO DI RIFINITURA**

**INTONACO DI BASE**

**RETE PORTAINTONACO**

**INTONACO DI RINZAFFO**

**PANNELLO DI CANNA PALUSTRE**

### 7.1.1.3 Fibra di Legno<sup>7</sup>

I pannelli di fibra di legno vengono prodotti attraverso la lavorazione di legname di scarto proveniente da segherie, da silvicoltura sostenibile e dalla ripulitura di boschi. La materia prima è rigenerabile e disponibile in misura praticamente illimitata. La produzione dei pannelli comporta un consumo di energia relativamente basso e l'inquinamento ambientale e per effetto delle acque di scarico (lo zucchero che risulta dall'idrolisi consuma grandi quantità di ossigeno presente nell'acqua) viene ridotto al minimo attraverso la circolazione in circuiti chiusi. I pannelli possiedono buone proprietà di isolamento termico e acustico. Grazie all'elevato calore specifico presentano, rispetto ad altri materiali isolanti, una maggior capacità di accumulo del calore che, in estate, si traduce in un'elevata capacità di spostamento della fase di passaggio del calore all'interno della struttura e dunque una maggior protezione dal caldo estivo. La struttura a pori aperti, permeabile al vapore, consente un'ottima traspirabilità. In caso di incendio non si producono particolari gas tossici, ma i normali gas di combustione del legno; i pannelli non contengono sostanze nocive per la salute. È un materiale igroscopico, l'umidità che viene assorbita penetra all'interno della fibra stessa e lo spazio tra le fibre, responsabile della porosità del materiale, rimane pieno d'aria. Questo fa sì che il suo potere isolante non diminuisca, al contrario dei materiali fibrosi di origine minerale (fibra di vetro o di roccia) le cui fibre non sono in grado di assorbire l'umidità alloro interno e quindi l'acqua rimane tra le fibre al posto dell'aria diminuendo notevolmente il potere isolante. I pannelli vengono utilizzati per l'isolamento termico e acustico in intercapedini di strutture in legno e muratura, cappotti esterni ventilati e non, rivestimenti interni con ogni tipo di rifinitura, coperture inclinate e piane con struttura di ogni genere, solai e sottopavimenti a secco o umidi con pavimenti di tutti i tipi. Vengono prodotti pannelli impermeabilizzati con sostanze quali bitume, lattice, cera, resina di colofonia da utilizzare sotto il manto di copertura, in cappotti esterni ventilati, per applicazioni interne in presenza di umidità. L'applicazione di pannelli impermeabilizzati con bitume (sostanza di derivazione petrolchimica) è sconsigliata in ambienti interni, per i quali è preferibile utilizzare pannelli impermeabilizzati con resine naturali. I pannelli si tagliano con coltello affilato o sega circolare, devono essere immagazzinati in luogo asciutto e appoggiati orizzontalmente. Gli scarti vengono tagliati, macinati e sfibrati mediante opportuni trattamenti meccanici. I pannelli vengono realizzati mediante un processo a umido. Le fibre ottenute vengono impastate con acqua calda (4-5%), emulsioni idrorepellenti (paraffina 0,5-1,5%) e solfato di alluminio (0,5-2%) che,

---

<sup>7</sup> [1.B.] A. Fassi e L. Maina, (2006), L'isolamento Ecoefficiente, via Natale Battaglia 10, 20127 Milano, Edizione Ambiente srl.

oltre a essere antitarmico e antiparassitario, attiva le proprietà leganti della resina naturale propria del legno (lignina), senza che sia necessaria l'aggiunta di ulteriori leganti. Per realizzare pannelli idrorepellenti resistenti all'acqua viene aggiunto il 10% di una sostanza impermeabilizzante: bitume, lattice, cera, colofonia e altre resine naturali. L'impasto viene steso in stampi e, dopo aver aspirato l'acqua di processo, viene sottoposto a compressione proporzionale alla densità voluta ed essiccato a 180°C in appositi forni. Molti pannelli vengono realizzati incollando singoli strati con un collante atossico a base di acetato di polivinile. Vengono anche prodotti pannelli in fibra di legno a bassa densità, flessibili e lavorabili, attraverso la miscelazione in un unico impasto di fibre di legno, legante a base di poliolefine e sali acidi di minerali azotati come trattamento antincendio. Inoltre si trovano in commercio pannelli isolanti realizzati mediante un processo a secco certificato NaturePlus; in cui le fibre, macinate molto finemente, vengono impastate con legante poliuretano (contenuto di formaldeide inferiore al 6%) e formate a compressione. Si ottengono pannelli che, pur avendo bassa densità, presentano elevata resistenza alla compressione e all'umidità. I pannelli sono riutilizzabili e riciclabili come combustibile. I pannelli bitumati non vanno assolutamente utilizzati come combustibile per riscaldamento). I resti dei pannelli possono essere lavorati per produrre nuovi materiali isolanti, sono compostabili e biodegradabili.

Tabella 7.7 Isolante Fibra di Legno

<b>TECNOWOOD CAP® TECNOSUGHERI s.r.l.</b>				
$\lambda$	<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>	<i>Densità</i>
<b>W/mK</b>	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,045	30	17	-0,5171	210
<i>Costo</i>		<i>spessore</i>		
$\text{€}/\text{m}^2$		<i>mm</i>		
35		60		
46,5		80		
58,5		100		



**BioTecno**  
Soluzioni Naturali per l'isolamento TermoAcustico



Proposte esclusive:

**TECNOSUGHERI srl**  
Via privata Goto 7  
20037 Paderno Dugnano, (MI)  
Tel. 02 59.50.01.34  
Fax 02 59.48.52.01  
e-mail: info@tecnosugheri.it  
www.tecnosugheri.it

## Tecnowood Cap

Pannello in fibra di legno pressato trattato per rivestimenti a cappotto

Il pannello **Tecnowood Cap** è un pannello realizzato con fibre di legno sfibrate e miscelate con acqua ad alta temperatura per favorire il rilascio delle resine naturali del legno. L'impasto viene pressato drenato e infine essiccato.

**Tecnowood Cap** deriva esclusivamente da una materia prima naturale e rinnovabile: il legno. Il processo produttivo non danneggia l'ambiente e i prodotti sono completamente riciclabili.

**Tecnowood Cap** è conforme alla Normativa Europea EN 13171, pertanto viene venduto con il Marchio CE, condizione obbligatoria ai sensi del D.P.R. 21.04.93.

Il pannello **Tecnowood Cap** per essere utilizzato a cappotto ha subito un trattamento impermeabilizzante per renderlo adeguato a ricevere la rasatura.

### Voce di capitolato

Fornitura e posa di coibentazione in pannelli in fibra di legno pressata conforme alla Normativa Europea EN 13171 **Tecnowood Cap** densità 210 kg/m<sup>3</sup>, di spessore mm..., della ditta Tecnosugheri srl.



### Caratteristiche Tecniche

#### Dimensioni:

cm 58 x 130 con incastrò

cm 60 x 120 spigolo vivo

**Spessori:** da 30 a 100 mm

**Densità:** 210 kg/m<sup>3</sup>

**Conducibilità termica a 10 °C:**  $\lambda_s = 0,045 \text{ W/mK}$

**Resistenza compressione:** 100 kPa 10% deformazione lineare

**Resistenza diffusione vapore acqueo:**  $\mu = 10$

**Calore specifico:** 2100 J/kgK



### Impieghi:

- Rivestimenti a cappotto

Le informazioni e i dati riportati sono indicati in buona fede e ritenuti corretti. Tuttavia non viene assunta alcuna responsabilità per tali informazioni e dati, né può essere presunta alcuna garanzia. Tecnosugheri srl a causa della politica di sviluppo e miglioramento dei suoi prodotti, si riserva il diritto di modificare senza preavviso modelli e caratteristiche dei prodotti descritti. Le immagini possono non corrispondere fedelmente alla reale colorazione dei prodotti presentati. I dati indicati in questa pubblicazione, frutto di prove di laboratorio o rilevazioni in cantiere, non garantiscono la ripetibilità dei risultati per sistemi equivalenti.

Fig. 7.3 Scheda tecnica Tecnowood Cap

#### 7.1.1.4 Fibra di Cellulosa<sup>8</sup>

In oltre 60anni la fibra di cellulosa viene utilizzata in Scandinavia e Nord America come materiale per l'isolamento termico e acustico; negli ultimi anni ha trovato grande diffusione anche in Europa centrale. È un materiale molto indicato dal punto di vista ecologico, poiché la materia prima è carta di giornale riciclata e il dispendio di energia per produrlo è ridotto. L'originale struttura del legno, a fibre parallele, viene modificata durante la trasformazione in carta: le fibre infatti si orientano in tutte le direzioni, realizzando così una porosità maggiore, responsabile dell'elevato potere isolante del materiale. La fibra di cellulosa è traspirante e igroscopica, in grado di assorbire umidità dall'ambiente e cederla poi successivamente. Ha un buon comportamento, fono isolante e fonoassorbente, non contiene sostanze tossiche e non provoca reazioni a contatto con la pelle. La fibra di cellulosa in fiocchi viene applicata da personale specializzato mediante sistema a insufflaggio direttamente in cantiere, senza aggiunta di additivi. Venendo a creare un isolamento continuo, senza giunti e senza sfridi, ed essendo insufflata a pressione, la fibra riempie ogni interstizio della costruzione e garantisce un'ottima tenuta all'aria e al vento. Per agevolarne il trasporto viene confezionata compressa in sacchi. Al momento della posa, la macchina insufflatrice ne fa aumentare il volume di circa 8 volte, grazie all'aria che viene inglobata. È il materiale ideale per l'isolamento di intercapedini vuote, sia di pareti in muratura che con struttura in legno, con spessore non inferiore ai 10 cm. Il materiale è indicato anche per il riempimento di intercapedini con isolamento insufficiente o deteriorato. Può subire un notevole assestamento e creare dei vuoti, e per questa ragione dopo alcune settimane è necessario controllare il risultato ed eventualmente aggiungere altro materiale. Trova inoltre applicazione in intercapedini di solai e coperture con struttura in legno, pareti divisorie interne, controsoffitti e sotto tetti non praticabili. Per le sue elevate proprietà fonoassorbenti può essere inoltre applicata a spruzzo su pareti e soffitti, su qualsiasi tipo di superficie, si adatta ad andamenti anche irregolari. È stata applicata in sale cinematografiche, palestre, studi di registrazione. Per ottenere un efficace fono assorbimento sono sufficienti uno o due centimetri. La fibra di cellulosa in granuli viene utilizzata per l'isolamento termoacustico di solai. Il getto a secco permette di compensare eventuali dislivelli e inglobare canalizzazioni. La posa è facile e rapida anche per il "fai da te". I pannelli trovano applicazione in intercapedini di strutture lignee, cappotti interni, cappotti esterni ventilati, coperture ventilate, pareti divisorie interne, controsoffitti, sotto pavimenti e solai. La posa è semplice anche per il "fai da te". La lavorazione è pulita e con

---

<sup>8</sup> [1.B.] A. Fassi e L. Maina, (2006), L'isolamento Ecoefficiente, via Natale Battaglia 10, 20127 Milano, Edizione Ambiente srl.

poca polvere, i pannelli si tagliano con coltello affilato o con sega a disco. Devono essere immagazzinati orizzontalmente e in luogo asciutto.

I giornali vengono selezionati, sminuzzati e miscelati con un 150/0di sali di boro, trattamento antiparassitario e ignifugante (i sali di boro, infatti, in presenza di fiamma, legano l'ossigeno Granuli togliendolo all'incendio). In seguito alla miscelazione si ottengono fiocchi, all'interno quali vengono intrappolate microscopiche celle d'aria, responsabili della resistenza al passaggio del calore. I fiocchi di cellulosa possono essere elaborati sotto forma di granuli (diametro 4 m mediante formatura a pressione senza aggiunta di leganti. Vengono inoltre prodotti pannelli isolanti mediante un processo di termo fissaggio: alla fibra di cellulosa si aggiunge un 5-10% di fibra di poliestere che, sottoposta a trattamento termico in appositi forni, si fonde saldandosi alla cellulosa fungendo da sostegno e rendendo il pannello elastico, compatto e facilmente lavorabile. In commercio si trovano anche pannelli contenenti una più alta percentuale di fibra di poliestere(30-50%). La fibra di cellulosa in fiocchi e in granuli è riutilizzabile e riciclabile. Nel caso di assorbimento di umidità i fiocchi possono essere prelevati mediante aspirazione, lasciati asciugare e insufflanti nuovamente, ottenendo la prima consistenza della prima messa in opera. Il trattamento con sali di boro rende la fibra di cellulosa non adatta per il compostaggio poiché si verificherebbero lisciviazioni nel terreno. I pannelli integri sono riutilizzabili; la presenza della fibra di poliestere, in alcuni casi in percentuale molto elevata, ne rende problematico il riciclaggio e impossibile il compostaggio.

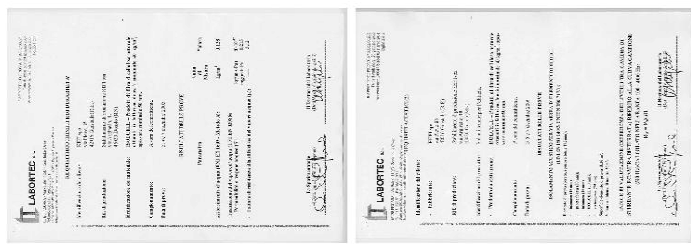
Tabella 7.8 Isolante Fibra di Cellulosa

<b>Isolcell EUCHORA</b>				
$\lambda$	<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>	<i>Densità</i>
<b>W/mK</b>	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,039	50	4,24	-0,0141	50
<i>Costo</i>		<i>spessore</i>		
$\text{€}/\text{m}^2$		<i>mm</i>		
8,00		30		
10,7		40		
16,2		60		
21,5		80		



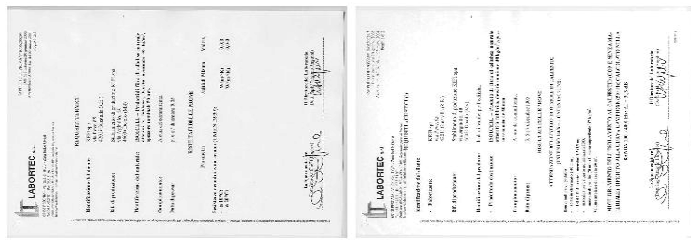
# L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO IN FIBRA DI CELLULOSA

# L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO IN FIBRA DI CELLULOSA



Isocell è stato testato in laboratorio per dimostrare tutti i requisiti necessari per la realizzazione dell'isolamento edilizio. Isocell ha basse conduttività e ottime proprietà acustiche, per cui la disposizione delle fibre non ostacola la loro naturale disposizione lungo un'unica direzione.

La ricchezza ed il riciclaggio della carta è fondamentale perché, oltre a ridurre la domanda di legname, riduce il consumo di energia necessaria per estrarre dagli alberi. In fatti, per ogni tonnellata di carta riciclata viene evitato l'abbattimento di almeno dieci alberi ad alto fusto. In Italia la carta avviene non solo da parte dei singoli cittadini, ma anche da parte di grandi aziende che producono e riciclaggiano giornali, supermagazzini, giornali, supermercati, banche e uffici, che di fatto hanno un risparmio per la consegna di carta a imprese di igiene urbana pubbliche e private.



Isocell è stato testato in laboratorio per dimostrare tutti i requisiti necessari per la realizzazione dell'isolamento edilizio. Isocell ha basse conduttività e ottime proprietà acustiche, per cui la disposizione delle fibre non ostacola la loro naturale disposizione lungo un'unica direzione.

La ricchezza ed il riciclaggio della carta è fondamentale perché, oltre a ridurre la domanda di legname, riduce il consumo di energia necessaria per estrarre dagli alberi. In fatti, per ogni tonnellata di carta riciclata viene evitato l'abbattimento di almeno dieci alberi ad alto fusto. In Italia la carta avviene non solo da parte dei singoli cittadini, ma anche da parte di grandi aziende che producono e riciclaggiano giornali, supermagazzini, giornali, supermercati, banche e uffici, che di fatto hanno un risparmio per la consegna di carta a imprese di igiene urbana pubbliche e private.

Utilizzare Isocell come isolante nelle proprie costruzioni è una scelta progettata finalizzata alla sostenibilità.

Utilizzare Isocell come isolante nelle proprie costruzioni è una scelta progettata finalizzata alla sostenibilità.

Isocell è diviso in pannelli o densità variabile da un minimo di 30-49 kg/m<sup>3</sup> fino ad un massimo di 100 kg/m<sup>3</sup>. Isocell è il risultato di numerose ricerche e sperimentazioni nel settore dei prodotti riciclati per costruzioni: la ricerca prima di base è la carta riciclata che, tramite processi di macerazione, viene trasformata in fibra pronta per essere usata come base per le procedure di utilizzo di additivi naturali. Isocell permette di risolvere ogni problema di isolamento sia in applicazioni a parete, sia in pavimenti o tetti. È un prodotto di facile e veloce installazione, il che lo rende particolarmente idoneo anche in caso di non perfetta installazione. Il suo utilizzo è pulito e non produce polvere.

La carta riciclata non contiene alcuna sostanza protettiva e di conseguenza non è necessario effettuare alcun trattamento contro insetti, muffe e funghi. I prodotti in carta riciclata, come Isocell, hanno convinto in breve tempo un numero elevato di esperti e, soprattutto nei paesi particolarmente sensibili ai criteri di bio-costruzione, hanno ottenuto il risultato di "Materiale consigliato per le costruzioni accoppiabili". Isocell è termoisolante senza colle o resine, non necessita nessuna barriera al vapore, non necessita soggetto o degradare in caso di umidità ed è in grado di favorire la naturale traspirazione all'interno di muri e tetti.

Parametro	Unità	Isocell
Struttura	-	In fibra di cellulosa Pannelli termolegati senza aggiunta di sali
Materie prime	-	Fibra di cellulosa derivanti da carta da macera con sostanze in polistirene
Spessore lista	mm	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120
Densità standard	kg/m <sup>3</sup>	20-30-40-50-60-80-100
Conducibilità termica	W/m·K	0,039 (ISO 8802/91)
Dimensione pannelli	m	0,6x1,2 - x1,4 altesia richiesta
Calore specifico	Kcal / °C kg	0,3
Umidità di assorbimento	%	10
Posizione al fuoco	-	Esso classe F
Trasmissibilità al vapore (G <sub>v</sub> ) p	-	1,8-2
Trattamento antiodore	-	Non richiesto

Isocell è diviso in pannelli o densità variabile da un minimo di 30-49 kg/m<sup>3</sup> fino ad un massimo di 100 kg/m<sup>3</sup>. Isocell è il risultato di numerose ricerche e sperimentazioni nel settore dei prodotti riciclati per costruzioni: la ricerca prima di base è la carta riciclata che, tramite processi di macerazione, viene trasformata in fibra pronta per essere usata come base per le procedure di utilizzo di additivi naturali. Isocell permette di risolvere ogni problema di isolamento sia in applicazioni a parete, sia in pavimenti o tetti. È un prodotto di facile e veloce installazione, il che lo rende particolarmente idoneo anche in caso di non perfetta installazione. Il suo utilizzo è pulito e non produce polvere.

La carta riciclata non contiene alcuna sostanza protettiva e di conseguenza non è necessario effettuare alcun trattamento contro insetti, muffe e funghi. I prodotti in carta riciclata, come Isocell, hanno convinto in breve tempo un numero elevato di esperti e, soprattutto nei paesi particolarmente sensibili ai criteri di bio-costruzione, hanno ottenuto il risultato di "Materiale consigliato per le costruzioni accoppiabili". Isocell è termoisolante senza colle o resine, non necessita nessuna barriera al vapore, non necessita soggetto o degradare in caso di umidità ed è in grado di favorire la naturale traspirazione all'interno di muri e tetti.

Utilizzare Isocell come isolante nelle proprie costruzioni è una scelta progettata finalizzata alla sostenibilità.

Fig. 7.4 Scheda tecnica Isocell

### 7.1.1.5 Polistirene espanso sinterizzato: EPS

Il polistirene (chiamato polistirolo da molti, anche se erroneamente) è il polimero dello stirene. È un polimero aromatico termoplastico dalla struttura lineare. A temperatura ambiente è un solido vetroso; al di sopra della sua temperatura di transizione vetrosa, circa 100 °C, acquisisce plasticità ed è in grado di fluire; comincia a decomporsi alla temperatura di 270 °C. Il polistirene espanso si presenta in forma di schiuma bianca

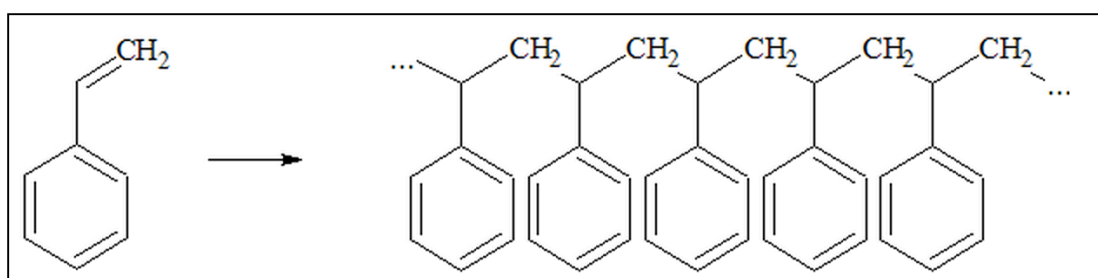


Fig. 7.5 Struttura del polistirene

leggerissima, spesso modellata in sfere o chips, e viene usato per l'imballaggio e l'isolamento. La polimerizzazione dello stirene, spontanea benché lentissima anche a temperatura ambiente se lo stirene non contiene appositi composti inibitori, è una reazione per addizione che viene spesso cominciata da prodotti (detti iniziatori) capaci di produrre radicali, come ad esempio i perossidi. La reazione è esotermica e perciò bisogna regolare la temperatura per evitare il surriscaldamento del reattore. La produzione avviene secondo diverse modalità, a seconda del tipo di impianto e dei volumi di produzione coinvolti:

- in massa: il reattore contiene solo lo stirene e l'iniziatore, la temperatura viene mantenuta tra i 50 °C e i 150 °C;
- in sospensione: lo stirene viene mantenuto sospeso in acqua per agitazione continua; l'aggiunta dell'iniziatore provoca la polimerizzazione delle gocce di stirene, che si trasformano in sfere di polimero;
- in emulsione: lo stirene viene mantenuto in emulsione in acqua attraverso opportuni prodotti tensioattivi.

Variando le condizioni di reazione è possibile regolare la lunghezza delle catene polimeriche, solitamente costituite da un numero di monomeri compreso tra 500 e 2.000. Inoltre la lunghezza della catena determina la viscosità del polimero. Utilizzando appropriati catalizzatori di Ziegler-Natta, si può ottenere polistirene sindiotattico, altamente cristallino ma di scarsa importanza commerciale. Il polistirene viene generalmente venduto in forma di sfere o piccoli chips trasparenti, adatti per essere fusi e iniettati negli stampi o trasformati, per calandratura, in lastre per termoformatura o per l'accoppiaggio.

In forma non espansa il suo peso specifico è pari a circa 1.050 kg/m<sup>3</sup>, mentre si va da 15 kg/m<sup>3</sup> a 100 kg/m<sup>3</sup> nella forma espansa. È trasparente, duro e rigido. Possiede inoltre discrete proprietà meccaniche ed è resistente a molti agenti chimici acquosi. È anche un ottimo isolante elettrico per condensatori, ed è praticamente anigroscopico. Può essere facilmente colorato, sia con tinte lucide sia opache. L'aggiunta del colore può essere fatta al momento dello stampaggio, aggiungendo il pigmento direttamente nello stampo, oppure prima dello stampaggio, inglobando il pigmento nella massa del polimero prima di ridurlo in chips per lo stampaggio. Chimicamente inerte rispetto a molti agenti corrosivi, è solubile nei solventi organici clorurati (ad esempio diclorometano e cloroformio), in trielina, in acetone e in alcuni solventi aromatici come benzene e toluene. Si ottiene immergendo in acqua granuli di polistirene e aggiungendo all'acqua una quantità di pentano dal 2 % al 8 %. Quindi si comprime il tutto e il pentano (che è insolubile in acqua) si diffonde nei granuli. I granuli così trattati possono essere stoccati per qualche mese prima di subire l'espansione. Per l'espansione i granuli vengono posti in una camera con una parete mobile. Viene soffiato dentro vapore acqueo a circa 120-130 °C provocando il rammollimento della plastica e il successivo rigonfiamento dovuto all'ebollizione del pentano imprigionato nel polimero. Si ottengono quindi sferette di schiuma di polistirene. La temperatura del vapore viene quindi innalzata per fare fondere la superficie esterna delle sferette. In seguito la parete mobile della camera si sposta come in una pressa e sinterizza il monoblocco di pallini di EPS. Solitamente questi blocchi devono essere tagliati in lastre per poter essere venduti, e il taglio può avvenire con un filo caldo o con un filo a movimento intermittente. La densità che si raggiunge è di 20-50 kg/m<sup>3</sup>. Per quello che riguarda il nostro caso di studio, non ci siamo riferiti ad uno specifico prodotto, specialmente per quello che riguarda il prezzo. Questo perché ormai è uno fra i più diffusi e commercializzati ed è stato preso un campione medio, sia nelle caratteristiche tecnico economiche, che in quelle ambientali.

Tabella 7.9 Isolante EPS

<b>Polistirene espanso sinterizzato EPS</b>				
$\lambda$	<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>	<i>Densità</i>
<b>W/mK</b>	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,030	40	99,2	4,09	30
<i>Costo</i>		<i>spessore</i>		
$\text{€}/\text{m}^2$		<i>mm</i>		
24,03		20		
2,15		Per ogni cm in più di isolante		

Elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della regione Emilia-Romagna (A10076a)

#### 7.1.1.6 Lana di Roccia<sup>9</sup>

La lana di roccia venne scoperta sulle isole Hawaii agli inizi del secolo; deve la sua origine al processo di risolidificazione, sotto forma di fibre, della lava fusa, lanciata nell'aria durante le attività eruttive. E' quindi un prodotto completamente naturale che combina la forza della roccia con le caratteristiche di isolamento termico tipiche della lana. Oltre ad essere un materiale prettamente naturale ed avere una capacità di isolamento termico elevata, è anche, grazie alla sua struttura a celle aperte, un ottimo materiale fonoassorbente. Più precisamente è l'unico materiale che riesce a coniugare in sé quattro doti fondamentali: Protezione al Fuoco, Incombustibilità, Isolamento Termico, Fonoassorbimento. Il processo di produzione della lana di roccia ha inizio con la fusione della roccia vulcanica ad una temperatura di 1500 °C, dopo una rigorosa selezione geologica della materia prima. Le altre materie prime che subentrano nel processo di fusione della roccia sono:

- il Calcare, è un materiale "fondente", ovvero ha la caratteristica di abbassare la temperatura di fusione della roccia vulcanica;
- le Bricchette, sono degli impasti composti da vari elementi minerali dosati in quantità controllate. L'aggiunta di precise dosi di bricchette al magma consente di ottenere le qualità desiderate della lana di roccia che si sta producendo;
- Coke, è l'elemento combustibile che permette di raggiungere le temperature di fusione della roccia vulcanica e portala a fusione.

La produzione di lana di roccia viene oggi condotta con processi altamente sofisticati. Le materie prime e il coke sono caricate automaticamente nel cubilotto, dopo essere state pesate e dosate nelle giuste proporzioni, vengono convogliate nel cubilotto tramite un nastro trasportatore. Qui si assiste alla fusione della roccia vulcanica, che si trasforma in roccia fusa (melt), la quale viene trasformata in fibre e spruzzata di resina ed olio. La falda di lana di roccia viene quindi distribuita tramite un pendolo su un tappeto che viene in seguito fatto passare in un forno di polimerizzazione al fine di consentire l'indurimento del legante. Il materiale viene quindi tagliato a misura ed imballato. La lana di roccia rispetta i parametri della nota Q della direttiva europea 97/69/CE e soddisfa i criteri di biosolubilità da essa stabiliti, pertanto non risulta classificata come sostanza cancerogena. Anche l'Agenzia Internazionale della Ricerca sul Cancro (IARC), il 16 Ottobre 2001, ha stabilito che le lane minerali, di cui fa parte la lana di roccia, non possono essere considerate cancerogene per l'uomo. La lana di roccia è un materiale prettamente inorganico che fonde a temperature superiori ai 1000 °C. Non contribuisce pertanto né allo sviluppo ed alla propagazione dell'incendio, né all'emissione di gas tossici. La presenza di un'infinità di

---

<sup>9</sup> [15.S.] <http://www.softwareparadiso.it>

celle nella struttura della lana di roccia, consente al prodotto di essere di ostacolo al passaggio del caldo e del freddo, e quindi di sviluppare una forte azione isolante. La struttura a celle aperte della lana di roccia favorisce l'assorbimento delle onde acustiche e permette di attenuare l'intensità e la propagazione del rumore. La lana di roccia, per la sua particolare struttura, non assorbe né acqua né umidità, mantenendo pertanto inalterate le caratteristiche nel tempo. La lana di roccia è chimicamente neutra. Non contiene alcun prodotto aggressivo o corrosivo; non fornisce supporto alla crescita di microrganismi, quali funghi, muffe e batteri. La natura prettamente inorganica dei prodotti in lana di roccia, fornisce in caso di incendio, garanzie di sicurezza ai fini dell'emissione di fumi e gas tossici. I pochi difetti di questo tipo di materiale si possono riassumere in questi due:

1. nel fatto che debbano essere poste in opera evitando il contatto con la pelle: può essere irritante;
2. deve essere usata con una barriera a vapore per evitare che la condensa ne limiti le caratteristiche termoisolanti.

Tabella 7.10 Isolante Lana di Roccia

<b>Geolan® Fibran S.p.A.</b>				
$\lambda$	<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>	<i>Densità</i>
W/mK	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,033	50	22,12	1,75	100
<i>Costo</i>		<i>spessore</i>		
€/m <sup>2</sup>		mm		
3,47		20		
5,21		30		
6,95		40		
8,68		50		
10,42		60		
13,89		80		
17,37		100		

### Lana di roccia

## Scheda Tecnica GEOLAN B - 001

Versione Marzo 2007



**GEOLAN B - 001**

**Descrizione del prodotto**  
Pannelli semi-rigidi in lana di roccia di tipo pesante GEOLAN (da lana nominale 100 kg/m³) trattati con resine termoisolanti.

**Processo di produzione**  
I prodotti GEOLAN sono ottenuti dalla fusione di rocce vulcaniche (basalto, olivina, bauxite e rocce alcaline) in forno elettrico ad alta temperatura (1300°C) meccanica, elettrificazione delle fibre tramite campi ad alta frequenza, polimerizzazione del legante in stufa, taglio a misura.

**Rivestimenti disponibili**  
VA=vello di vetro bianco (50gr/m²), YMI=vello di vetro nero (60gr/m²), AL=folgio di alluminio, XA=carta Kraft polietilene, AC=carta Kraft alluminio admeza.

**Applicazioni consigliate**  
-se amento acustico di pareti divisorie in intercapadine;  
-se amento termico di pareti perimetri in intercapadine e facciate ventilate;  
-se amento termico di coperture inclinate;  
-se amento termico in distriale.

**Certificazione FIBRAN**  
Lo stabilimento FIBRAN S.p.A. di Terpi (Sesto) è gestito secondo gli standard di qualità EN ISO 9001:2008 certificato DA/CEI n.04.1061/1906060 del 07/02/2006.  
Da rifiuto di conferma CE/FW Munchen n° K1-0724-CFD-223-0-01-02/05 del 12/12/2005 secondo la norma di prodotto EN 13162.

**Salute e sicurezza**  
I prodotti in lana di roccia GEOLAN rispettano i parametri della nota C prevista dalle direttive europea 97/69/CE e recepita con D.M. 07/09/1996.  
La lora dei prodotti GEOLAN risulta essere bioperisibile -certificato istit. lo FRAUNFPER-TEM n.020402 del 19/03/2003.

**Reazione al fuoco**  
- Euroclasse A1 (secondo EN 13501-1)  
- Euroclasse A1 (secondo D.M. 26/06/04) certificato istit. lo FIBRAN n° 179254/RT/3305 del 27/03/2003 - omologazione in materiale "FEBR 2170 N/NNV 000005 del 20/11/2003

**Prodotto con investimenti:**  
- Euroclasse F (secondo EN 13501-1)  
- B-00 F/W: Rapporto di proiezione Giordano n°294453 del 16/11/2005

**Temperatura massima di impiego**  
750°C

**Conduttività termica (a 10°C)**  
λ = 0,033 W/mK (secondo EN 12667:EN 20359)  
gruppo di conduttività termica n.2 (secondo allegato del Certificato di conformità CE F/W Munchen n° K1-0724-CFD-223-0-1-02/05 del 12/12/2005)

**Conduttività termica a diverse temperature**  
Certificato istit. lo FIBRAN n° F-34755/06 del 04/10/2006

Temperatura (°C)	50	100	150	200	300	400	500	600	650
λ (W/mK)	0,027	0,033	0,039	0,045	0,053	0,077	0,102	0,133	0,193

**Resistenza termica (a 10°C)**

Spessore (mm)	20	30	40	50	60	80	100
R (m²K/W)	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,40	3,00

Codici di designazione: MW- EN 13162- T4 - CS(Y10)5 - TR1 - S05 - MJ1 - 005 - W(LP) - A01

### Lana di roccia

## Scheda Tecnica GE 08

Versione Marzo 2007

**Calore specifico C<sub>p</sub>**  
0,84 kJ/kg·K  
1,05 kJ/kg·K (secondo pr EN 12264)

**Proprietà meccaniche e fisiche**

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova	Codice designazione
Assorbimento d'acqua per diffusione a lungo termine	Kg/m²	< 3	EN 12087	W (P)
Assorbimento d'acqua per immersione a breve termine	Kg/m²	< 1	EN 1609	WS
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua	μ	1	EN 12086	MU1
Resistenza alla compressione	KPa	5	EN 826	CS(Y1)05
Resistenza alla trazione perpendicolare alle laccie	KPa	100 <	EN 1607	TR1

**Caratteristiche Acustiche**

Tipologia prova	Tipologia soluzione (pr prodotto)	Unità di misura	Valore	Metodo di prova	Isola di prova e n° certificato
Assorbimento acustico	Pannello 3-001 (sp. 50 mm)	α <sub>w</sub>	1	EN ISO 354	2entri Et. Qord
				ISO 11654	n163182 del
				(codice CE AW1)	29/01/2003
Rigidità dinamica	Pannello 3-001 (sp. 80 mm)	M'V/m³	5	EN ISO 28052-1 (codice CE S05)	Certif. CE RW di Munchen

**Dimensioni e imballo**

Spessore (mm)	Dimensioni (L x l) (mm)	N° pannelli per confezione	Quantità confezione (nr)	N° confezioni/ pallet	Quantità su pallet (nr)
20	600X1200	15	10,80	16	172,80
30	600X1200	10	7,20	16	115,20
40	600X1200	8	5,76	14	80,64
50	600X1200	6	4,32	16	69,12
60	600X1200	5	3,60	16	57,60
80	600X1200	4	2,88	14	40,32
100	600X1200	3	2,16	16	34,56

**Stoccaggio**  
Posizionare il materiale in locali chiusi, provvedere alla loro protezione qualora posti all'aperto.

**Documenti e certificati disponibili su richiesta**  
- Scheda di sicurezza - Certificato di conformità CE emesso da F.W. - Certificato di qualità ISO 9001:2000 - Certificati CEI.

Le misure e dimensioni standard, gli simboli e i dati tecnici indicati nella presente scheda non sono tassativi FIBRAN s.p.a. senza particolare specificazione, motivata. La fornitura di materiale è subordinata alla possibilità di produzione.

**ITALIA**  
**fibran**

**FIBRAN ITALIA SRL** 16126 Genova - Italia  
Ponte Morosini 4971 - Marina Porto Antico  
Tel. 010/254661 - Fax 010/25466949  
www.fibran.it - E-mail: info@fibran.it

Fig. 7.6 Scheda Tecnica Geolan B-001

### 7.1.1.7 Nanotecnologia sottovuoto: Vacunanex®

Anche se nelle nostre analisi comparative iniziali non è stato considerato, a causa della mancanza di dati sull'impatto ambientale e l'uso di energia in produzione (EE, GWP), ci sembrava importante prenderlo in considerazione per quello che riguarda le analisi economiche (LCCA) i cui dati, hanno come riferimento l'azienda italiana Bifire. Si è poi cercato nel web qualche indicazione sull'impatto ambientale di questa nuova tecnologia, specialmente per quello che riguarda la parte produttiva. Le informazioni ritrovate però, non sono strettamente collegate alla ditta sopra citata.

#### Principio Fisico del Vacunanex®<sup>10</sup>

Il trasferimento del calore avviene in tre diversi modi: conduzione, convezione e irraggiamento. Vacunanex è costituito da un materiale microporoso inorganico, con pori aventi diametro dell'ordine di qualche decina di  $\mu\text{m}$ ; questo permette il pressoché annullamento dei moti convettivi all'interno della struttura costituente il pannello. L'irraggiamento attraverso il pannello di Vacunanex è schermato grazie a particolari



Fig. 7.7 Pannelli Vacunanex

opacizzanti, questi permettono di limitare fortemente la trasmissione del calore per irraggiamento. Inoltre, essendo costituito principalmente da ossidi di silice, il pannello di Vacunanex è in grado di limitare fortemente anche la trasmissione di calore per conduzione, essendo questo

materiale poco conduttivo per natura. Il pannello è poi messo sottovuoto fino ad ottenere una pressione di pochi millibar e poi sigillato e rivestito da una speciale pellicola impermeabile al vapore acqueo e ai gas. Tale processo riduce ulteriormente la mobilità delle poche molecole d'aria contenute nei pori. Di conseguenza il passaggio di calore per convezione attraverso l'aria viene soppresso e il trasferimento di calore per convezione è pressoché inesistente.

#### Applicazioni

Viene utilizzato in applicazioni da  $-70^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$  e mantenendo la stessa capacità isolante consente la riduzione dello spessore fino a 6 volte. Può essere utilizzato per isolare come controparete, intercapedine, controsoffitti, sottopavimenti ed il suo unico difetto sta nella

<sup>10</sup> [30.S.] <http://www.vacunanex.it/default.html>

non lavorabilità del pannello, che non può essere né tagliato né fissato con chiodi. Deve essere rivestito sempre da una lastra di cartongesso di 12,5 mm, che può essere sia incollata sul pannello che posta in aderenza a semplice orditura metallica. Il materiale ha di per sé vita illimitata, ma, a causa di una perdita di pressione del pannello e quindi delle sue proprietà derivanti dalla parte sottovuoto, è necessaria una manutenzione ogni 30 anni dal costo pari circa al 30% del costo d'investimento.

### Life Cycle Analysis <sup>11</sup>

Il loro spessore inferiore per la resistenza al calore stesso dimostra di essere un enorme vantaggio in un gran numero di strutture edilizie, un vantaggio per il quale si è disposti a pagare di più. In Svizzera e in Germania, sono già in uso in misura considerevole. Tuttavia, la questione si pone più volte sul fatto che l'uso di VIP (*Vacuum insulation Panel*) è problematico dal punto di vista energetico ed ecologico: se in ultima analisi, più energia viene assorbita nella produzione che quella effettivamente salvata, e se il danno ecologico causato in fase di produzione sia minore a quello di fine utilizzo.

L'Istituto di Energia presso l'Università di Scienze Applicate di Basilea ha indagato le questioni riguardanti gli effetti ambientali di VIP con l'analisi del ciclo di vita (LCA). Utilizzando i tre metodi di valutazione di impatto ambientale (Ecoindicator 99, il metodo della scarsità ecologica UBP97 e il consumo di energia cumulata CEC) viene confrontato VIP con due materiali noti isolanti (lana di vetro, polistirolo EPS). Nell'inventario delle estrazioni e delle emissioni, i flussi di energia e di materiale nel processo necessario per la produzione del VIP sono calcolati. Per i processi in background (fornitura di energia, servizi di trasporto, servizi di smaltimento, ecc), si fa uso di dati di inventario già disponibili dal libro di riferimento '*Oekoinventare von Energiesystemen*' e l'interno della banca dati aziendale di *ESU-services*.

Per uno studio comparativo di analisi del ciclo di vita dei materiali di isolamento termico, una serie di ipotesi deve essere effettuata, condizioni al contorno specificate e uso di oggi, a volte fatti a vita molto breve, alcune delle quali hanno un effetto notevole sul risultato.

Alcune delle ipotesi principali del presente studio sono:

- il confronto materiale isolante si riferisce ad un metro quadrato di costruzione di un muro con un valore  $U$  di  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  ovvero la quantità di materiale isolante o VIP richiesto;

---

<sup>11</sup> [12.B.] A. Binz et al, Beat Nussbaume Vacuum Insulation in the Building Sector Systems and Applications, (2005) HiPTI - High Performance Thermal Insulation IEA/ECBCS Annex 39



- un VIP è assunto con un nucleo di silice fumata, incapsulati in fogli a tenuta di gas. L'importanza di varie pellicole è indagato, ma non quella dei nuclei alternativi;
- silice pirogenica è un prodotto di elevata purezza per la produzione di silicio chip elettronici. Il tetracloruro di silicio precursore comune, per esempio, ha un alto consumo di energia per la sua fabbricazione. L'assegnazione di inquinamento ambientale da questo processo precursore di singoli prodotti avviene in proporzione al loro prezzo di mercato. La produzione di tetracloruro di silicio domina i risultati del bilancio ambientale di oltre il 60%;
- La valutazione è stata effettuata da tutti e tre i metodi di valutazione del ciclo di vita attualmente in uso in Svizzera, Eco-Indicator 99, punti di inquinamento ambientale UBP97 e il metodo di CEC cumulata Consumo di energia (energia incorporata). I dati per polistirolo e lana di vetro sono presi da *Weibel / Stritz 1995* e *Richter et al. 1995* rispettivamente.

L'efficacia dei materiali isolanti tradizionali si basa sull'aria intrappolata nel materiale in cellule che sono il più piccolo possibile. I materiali isolanti sono quindi materiali leggeri, contengono cioè poco materiale rispetto ad esempio il legno, i mattoni, il cemento o il vetro. Il LCA dei materiali isolanti è perciò, in generale, che dopo l'uso di pelli di costruzione, i benefici superano di gran lunga gli svantaggi ecologici, anche con molto isolamento. L'isolamento termico gioca un ruolo minore nella valutazione degli effetti di ambiente per un intero edificio. Il risultato principale, in sintesi, per il presente studio LCA, è che questo vale anche per l'isolamento sottovuoto. Sia che VIP sia meglio o peggio della lana di vetro o del polistirene, non cambia questo fatto di base. Inoltre, il VIP su cui si basa questo studio è una sorta di *pre-commerciale* del prodotto, non ancora ottimizzato per effetti ambientali, ma che ha un grande potenziale di miglioramento. Per esempio, perché è un sottoprodotto, si lavora con silicio ad alta purezza tetracloruro, anche se questo non è assolutamente necessario per il VIP. Se dovesse essere prodotto su larga scala, il processo di produzione dovrebbe consumare meno energia e produrre meno inquinanti. Tutte le alternative conosciute e utilizzate attualmente per la silice fumata per il materiale di base hanno un consumo di energia di produzione minore (ma non presentano le stesse proprietà favorevoli per VIP).

Il LCA di VIP è principalmente dominato dal consumo elevato di produzione di energia. Gli aspetti dei flussi di materia diventano così secondario. Ad esempio, il foglio di alluminio rivestito o il tipo di foglio selezionato hanno un ruolo completamente subordinato. In questo senso è importante dal punto di vista del LCA del materiale VIP se

è installato in uno o due strati (al fine di ridurre i ponti termici ai bordi sovrappo-  
nendo i pannelli). Considerando il fatto che i risultati del LCA sono fondamentalmente favorevole  
per tutti i materiali isolanti studiati, incl. VIP, non è sorprendente che l'uso di metodi di  
valutazione differenti può portare a cambiamenti in ordine di classifica. Più piccole sono le  
differenze, più è probabile che esistano tali cambiamenti. La valutazione con il metodo  
della scarsità ecologica (UBP97) ha tassi di VIP leggermente inferiore, ma nel complesso  
nello stesso ordine di grandezza di lana di vetro e polistirolo. Il fattore dominante qui è  
soprattutto l'elevato consumo di energia (in particolare energia elettrica) utilizzati nella  
produzione di VIP. Dal punto di vista dell'eco-indicatore 99, tuttavia, principalmente  
attraverso la valutazione delle risorse per EPS, l'isolamento a vuoto viene spostato il  
campo medio della valutazione

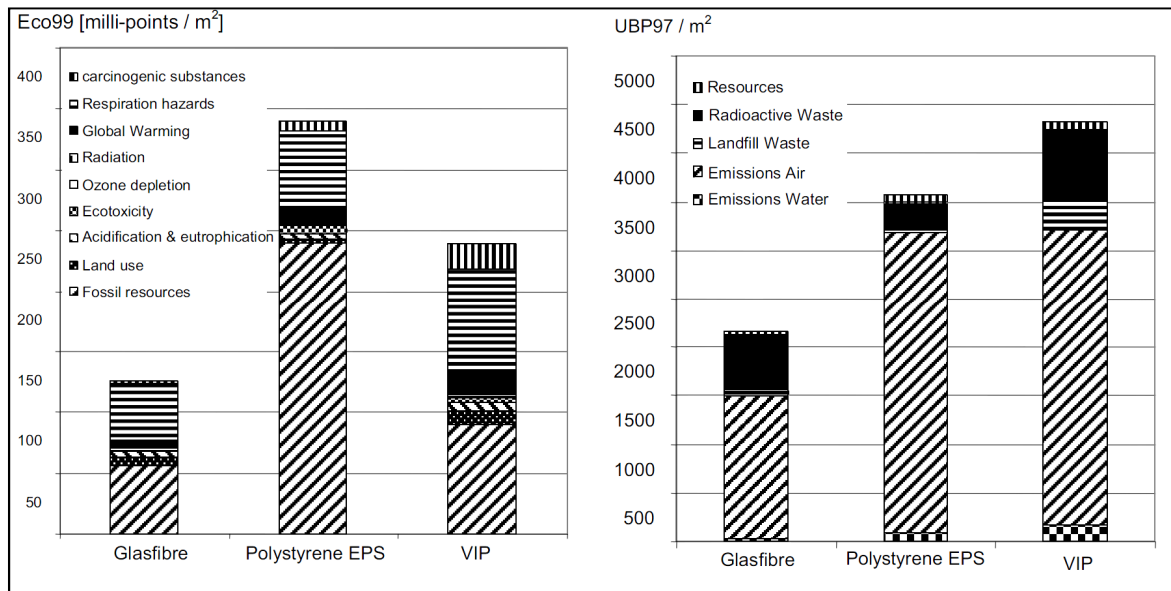


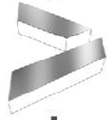
Fig. 7.8 Analisi ambientale del Vacunanex

Figura 18: A sinistra: Confronto tra le categorie di effetti per isolanti in lana di vetro, polistirolo EPS e VIP secondo il metodo Eco-indicator 99 A destra: Confronto tra isolanti in lana di vetro, polistirolo EPS e VIP secondo il metodo di scarsità Ecologica di punti di inquinamento ambientale UPB 97. Nell'analisi domina soprattutto, secondo Eco-indicator 99, il fatto che la maggior parte dei componenti VIP sono prodotti in un mercato altamente energivoro (soprattutto con l'elettricità). Il 90% della valutazione complessiva di VIP proviene da questo settore (industria lavorazione del silicio). Con la valutazione della sensibilità, le possibilità di ottimizzazione del processo sono indicate, per cui la valutazione del VIP viene spostato nell'area occupata da lana di vetro. Quest'ultimo si presenta al meglio nel confronto attuale. Tramite sostituzione di un componente critico per l'energia (carburo di silicio, SiC) da un sostituto adatto e dall'ottimizzazione dell'approvvigionamento di un ulteriore componente (tetracloruro di silicio), l'inventario di

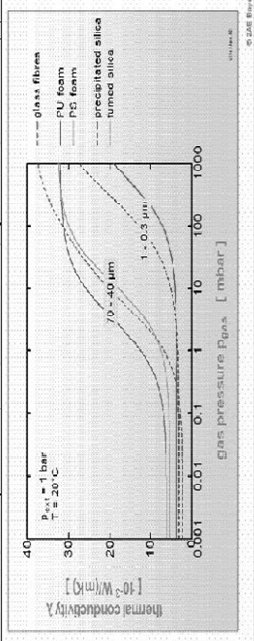
effetti per tutti i metodi potrebbe essere migliorata di circa il 45%. Uno può certamente aspettarsi l'ottimizzazione del processo di questo materiale quando sarà prodotto su larga scala. Il rispetto per l'ambiente, quindi, sarà ulteriormente migliorato con la penetrazione del mercato.

Tabella 7.11 Isolante Vacuum

<b>Vacunanex<sup>®</sup> Bifire s.r.l.</b>				
$\lambda$	<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>	<i>Densità</i>
<b>W/mK</b>	anni	MJ/kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>3</sup>
0,0045	67		Vedi EPS	200
<i>Costo</i>		<i>spessore</i>		
<b>€/m<sup>2</sup></b>		<b>mm</b>		
50		10		
100		20		
150		30		



DESCRIZIONE PRODOTTO [PRODUCT DESCRIPTION]	
<b>Generalità</b> [General description]	<p>Vacunanex® è un materiale tecnologicamente avanzato ad altissime prestazioni isolanti composto da cellule microinizzate di polveri a base di ossidi di silice. Il core material è avvolto da un film a bassissima permeabilità che garantisce al prodotto un più lungo mantenimento delle sue caratteristiche nel tempo. Vacunanex® viene confezionato sottovuoto con sistemi di più elevata potenza per garantire bassi livelli di pressione e quindi più alte capacità isolanti.</p> <p>Vacunanex® is an advanced material with high insulation properties made of microporous insulation material with exceptional thermal performance based on powdered silicon dioxide. The core material is wrapped in a very low permeability film, which guarantees a longer lifetime to the product. Vacunanex® is sealed under vacuum with higher power system to ensure lower pressure and therefore higher insulation properties.</p>
<b>Caratteristiche principali</b> [Main properties]	<p>Vacunanex® è prodotto sotto forma di lastra autoprotante con buona resistenza alla compressione. Il core material è incombustibile e totalmente esente da amianto.</p> <p>Vacunanex® is produced in self-standing panels with good compression strength. Core material is non-combustible and completely asbestos free.</p>
<b>Applicazioni</b> [Main Applications]	<p>Vacunanex® grazie alla sua capacità isolante, è utilizzato in: elettrodomestici (frigoriferi e congelatori), facciate isolanti, imballi da trasporto, frigo box e tutte le applicazioni che necessitano di isolamento ad alte prestazioni.</p> <p>Vacunanex® thanks to its insulation properties, is used in domestic appliances (refrigerator and freezer), insulation façade, transport boxes, and all application which need a high performing insulation.</p>
<b>Lavorabilità</b> [Workability]	<p>Il laminato esterno del Vacunanex non può essere danneggiato o tagliato, pena la perdita delle caratteristiche del prodotto.</p> <p>The external foil of Vacunanex® cannot be damaged or cut, otherwise it will lose its properties.</p>



Il grafico riporta dati ricavati da autorevoli studi sul pannello sottovuoto con dati dall'Istituto tedesco ZfE Bayern specializzato nel settore in collaborazione con Bifire s.r.l.

CARATTERISTICHE TECNICHE [TECHNICAL DATA]		
Descrizione [Description]	U.M. [kg/in <sup>3</sup> ]	Valore / Value
<b>Massa volumica</b> [Nominal density]		100-300
<b>Dimensioni*</b> [Length x width]	[mm x mm]	1000 x 600 1000 x 500 600 x 50 600 x 75 500 x 50 500 x 75
<b>Spessori</b> [Thickness]	[mm]	Altre dimensioni su richiesta / Other dimension upon request
<b>Conducibilità termica a 10°</b> [Thermal conductivity at 10°]	[W/m <sup>2</sup> K]	Fino a 10 nbar 0,0045
<b>Conducibilità termica a 20°</b> [Thermal conductivity at 20°]	[W/m <sup>2</sup> K]	Pressione ambientale. [Room pressure] 0,02 w/m <sup>2</sup> K Fino a 10 nbar 0,0050
<b>Reazione al fuoco</b> [combustibility]		Pressione ambientale. [Room pressure] 0,02 w/m <sup>2</sup> K Incombustibile A1 (non-combustible A1)
<b>Temperatura impiego</b> [Working Temp.]	°C	-70 / +80
<b>Resistenza alla compressione</b> [Compressive strength]	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 - 3
<b>Calore specifico</b> [Specific heat]	kJ/(kg K)	0,8
<b>Valore massimo pressione garantito da produzione</b> [Guaranteed maximum pressure value of production]	mbar	0,1
<b>Crescita annuale teorica</b> [Theoretical pressure rise per year]	mbar	0,3
<b>Permeabilità al vapore</b> acquico ASTM F1249-90 [Water vapor permeability]	g/m <sup>2</sup> 24h	0,01
<b>Tolleranze in lunghezza/larghezza del core material</b> [Tolerances in length and width of core material]	mm	+1/-2
<b>Tolleranze in spessore del core material</b> [Tolerances of core material thickness]	mm	+1/-2



Fig. 7.9 Scheda Tecnica Vacunanex

Bifire srl  
Via dei Martiri dell'Autobianchi, 1 - 20832 Desio (MB), Italy  
Tel: +39 0362 364570 - Fax: +39 0362 334134 - email: bifire@bifire.it

Bifire srl  
Via dei Martiri dell'Autobianchi, 1 - 20832 Desio (MB), Italy  
Tel: +39 0362 364570 - Fax: +39 0362 334134 - email: bifire@bifire.it



www.vacunanex.it

www.vacunanex.it

### 7.1.2 Infissi

Per quello che riguarda gli infissi, è stato previsto un unico intervento di sostituzione, poiché la tecnologia attualmente in uso è altamente dispersiva, come precedentemente



Fig. 7.10 Infisso Rehau Geneo

illustrato, e ha reso così possibile la comparazione dei differenti isolanti utilizzati. È stato cercato sul web, una tecnologia non eccessivamente costosa ma che rispettasse i minimi da normativa e che includesse nei costi sia la posa che la dismissione dei vecchi infissi. Ci si è affidati quindi al sito WinDirect, che permette una veloce preparazione di preventivi dettagliati, in cui è possibile usare le misure di progetto e scegliere fra differenti prodotti in commercio, sia per quello che riguarda l'infisso che il vetro montato. Dopo alcune prove è stato

valutato soddisfacente l'uso di infissi *Rehau Geneo* 6 camere di spessore 86 mm, dai seguenti dati tecnici:

- Antieffrazione DIN V ENV 1627 fino 1630, "WK2"
- Infiltrazione d'aria DIN EN 12207 "Classe 4"
- Resistenza all'acqua – pioggia forte DIN EN 12208 "9A e più alto"
- Isolamento termico DIN EN 12412-2 "Uf=0,86 W/m<sup>2</sup>K"
- Isolamento acustico DIN EN 20140 "fino classe 5"
- Profilo classe A /secondo norma DIN EN 12608-(Adatto per zona climatica M/S)

Per i vetri si è utilizzato invece un vetro triplo 4/10/4/10/4:

- Isolamento termico EN 674 "Ug=0,8 W/m<sup>2</sup>K"
- Isolamento acustico 34dB

Arrivando ad una trasmittanza media, seguendo la seguente formula:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f}$$

pari a  $U_{w_m} = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$

Considerando i seguenti costi:

- 68€/finestra per montaggio;
- 18 €/finestra rimozione vecchio infisso;
- 12-20€/finestra per trasporto;
- 24€/finestra guarnizione *Multitermo*;

siamo giunti ad un preventivo di circa 675€ al pezzo ( I.V.A. inclusa) per un totale di 16.214€

## 7.2 Impianti

Interventi di miglioramento sull'impianto attuale non sono stati previsti. Questo perché non siamo a conoscenza delle sue caratteristiche nel dettaglio (numero di radiatori, tipo di termostato, lunghezza delle tubazioni) e quindi non sarebbe stato possibile valutarne un suo miglioramento sul lato economico. Ci siamo allora concentrati sull'implementazione dell'impianto tramite l'aggiunta di fonti rinnovabili quali solare termico e solare fotovoltaico e valutandone l'impatto, misurando per ogni ipotesi di isolamento la prestazione energetica ed i consumi, con o senza tale intervento. Per poter allora comparare tutte le casistiche si è ipotizzato sempre lo stessa copertura di fotovoltaico e la stessa copertura di solare termico.

### 7.2.1 Solare Fotovoltaico

Per il Fotovoltaico è stato previsto l'uso di pannelli in silicio monocristallino e, considerando che sono posti sulla copertura piana e si copre circa  $54 \text{ m}^2$ , si ha una produzione di  $8500 \text{ kWh/a}$ , tutta consumata. Sarebbe infatti necessario raddoppiare la copertura per poterne immetterne una parte nella rete nazionale e di conseguenza averne un guadagno. Il loro costo medio è di  $330 \text{ €/m}^2$  (I.V.A. esclusa) per un totale quindi di  $21.777 \text{ €}$  (I.V.A. inclusa). Per il calcolo del costo globale, successivamente descritto, è necessario anche avere i costi di manutenzione, pari a  $39 \text{ €/anno}$  (I.V.A. inclusa, ed uguali per il solare termico), circa lo  $0,2\%$  del costo iniziale. Facendo poi affidamento ai dati ritrovati su <http://www.greenspec.co.uk> i cui dati provengono dalla *University of Bath*, è stato possibile conoscere sia l'energia spesa per la produzione dei pannelli, che la  $\text{CO}_2$  emessa.

Tabella 7.12 Dati Ambientali Pannelli Fotovoltaici

<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>
anni	$\text{MJ/m}^2$	$\text{kg CO}_2/\text{m}^2$
40	4750	242



Fig. 7.11 Ingrandimento Cella Fotovoltaica

### 7.2.2 Solare Termico

Per il solare termico è stato previsto dei collettori con 21 tubi sottovuoto senza accumulo, per coprire il 50% del fabbisogno di ACS (circa 7,54 kW/m<sup>2</sup>a). Considerando sempre l'inclinazione nulla del tetto è necessaria una superficie di 40 m<sup>2</sup> circa. Il loro costo è di circa 6320 €/cadauno e considerando un collettore a 21 tubi 2,42 x 2,03 m, sono necessari 8 moduli per una spesa totale di 61250€ (I.V.A. inclusa).

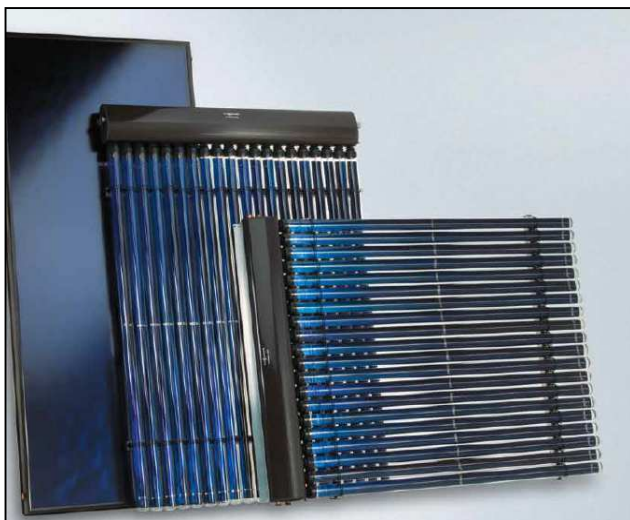


Fig. 7.12 Moduli Impianto Solare Termico

Per la valutazione ambientale del EE e GWP, il ritrovamento dei dati è stato ben più difficoltoso del fotovoltaico, questo probabilmente dovuto alla minor diffusione di questa tecnologia. È stato comunque possibile valutare questi impatti grazie alla tesi di master di Anna Szymanowska, “*The significance of solar hot water installations in meeting CO<sub>2</sub> emissions reduction*”

conclusa presso la RES, *The School for Renewable Energy Science in affiliation with University of Iceland & University of Akureyri* nel gennaio del 2011.

Nella tesi si affronta il tema del Life Cycle Assessment di un modulo di solare termico a 21 tubi e si arriva questi risultati: 282 CO<sub>2</sub>/cad (GWP), 6870 MJ/cad (EE).

Tabella 7.13 Dati Ambientali Modulo Solare Termico

<b>Modulo Solare Termico, 21 tubi sottovuoto</b>		
<i>Vita utile</i>	<i>EE</i>	<i>GWP</i>
anni	MJ/m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>
20	6870	282





## 8 Valutazioni Economiche nel ciclo di vita.

Per ogni intervento previsto nel capitolo precedente, sono stati calcolati il costo globale sia con il metodo finanziario che con quello macroeconomico. È stato elaborato un foglio Excel per una più snella elaborazione dei dati, una volta forniti gli input iniziali. Di seguito presentiamo nei dettagli due delle ipotesi:

- l'ipotesi 1F, con cappotto in EPS minimo per normativa, e l'integrazione degli impianti solari;
- l'ipotesi 3F, con cappotto in pannelli di Sughero minimi per normativa, e l'integrazione degli impianti solari.

### 8.1 Ipotesi 1F

Tabella 8.1 spessori isolanti e trasmittanza, Ipotesi 1F

Pacchetto iniziale			295	115	445	300	295	310
Ipotesi	Prodotto	Materiale	Spessori aggiuntivi di isolamento termico					
1/1F		EPS	120	120	120	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,23	0,19	0,23	0,22	0,22	0,25

Cappotto in EPS assieme agli impianti fotovoltaico e solare termico.

#### 8.1.1 Dati finanziari

Alla base del calcolo economico, permettono di calcolare i fattori di attualizzazione e di sconto. Sono validi per ogni caso di studio analizzato e per questo non verranno poi ripetuti nel capitolo successivo.

Tabella 8.2 Dati Finanziari

$\tau_{\text{building}}$	$\tau$	$R_i$	R	$R_o$	$R_e$	$R_c$
anni	anni	%	%	%	%	%
50	50	3,0	3,4	2,5	13,4	0,18

#### 8.1.1.1 Durata di calcolo ( $\tau_{\text{building}}$ )

La palazzina di Via Verne è stata costruita a metà degli anni 60 e, calcolando che la durata massima del c.c.a. è di ca100 anni, l'edificio è in ottimo stato, si prevede un intervento manutentivo anche sul piano strutturale, si stima possa avere una vita utile di 50 anni.

#### 8.1.1.2 Periodo di ammortamento dell'edificio ( $\tau$ )

Nel nostro caso è stato fatto coincidere con la durata di calcolo, questo per poter avere la quota di ammortamento comprensiva anche delle sostituzioni che avverranno in questo

periodo. È possibile però far coincidere tale dato alla durata di un mutuo o in corrispondenza del periodo in cui si desidera ammortare i costi.

### 8.1.1.3 Tasso di inflazione annuo( $R_i$ )

Per la definizione di questo parametro, e successivi, ci si è affidati ai dati ISTAT riferiti alle statistiche pubblicate il 13 dicembre 2012. L'inflazione acquisita per il 2012 si conferma al 3,0%.

Tipologie di prodotto	Pesi	nov-12 ott-12	nov-12 nov-11	ott-12 ott-11	nov-11 ott-11	Inflazione acquisita
Beni alimentari, di cui:	168.888	0,4	2,4	2,7	0,7	2,5
Alimentari lavorati	104.302	0,1	2,1	2,3	0,3	2,7
Alimentari non lavorati	64.586	0,8	2,7	3,4	1,5	2,2
Beni energetici, di cui:	90.350	-1,2	11,5	13,7	0,7	13,9
Energetici regolamentati	38.542	0,1	11,4	11,6	0,3	13,4
Energetici non regolamentati	51.808	-2,1	11,6	15,0	0,9	14,3
Tabacchi	22.419	0,0	2,7	2,7	0,0	6,8
Altri beni, di cui:	285.747	0,1	0,6	0,6	0,1	1,2
Beni durevoli	93.906	0,2	-0,3	-0,3	0,2	0,5
Beni non durevoli	76.462	0,1	0,4	0,4	0,1	0,6
Beni semidurevoli	115.379	0,0	1,4	1,4	0,0	2,4
<b>Beni</b>	<b>567.404</b>	<b>-0,1</b>	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>	<b>0,4</b>	<b>3,8</b>
Servizi relativi all'abitazione	67.062	0,2	2,6	2,7	0,3	2,5
Servizi relativi alle comunicazioni	20.310	0,1	0,0	0,0	0,1	1,3
Servizi ricreativi, culturali e per la cura della persona	165.911	-0,9	1,3	1,1	-1,1	1,4
Servizi relativi ai trasporti	81.556	-0,8	3,7	3,5	-1,0	3,9
Servizi vari	97.757	0,1	1,1	1,1	0,1	1,2
<b>Servizi</b>	<b>432.596</b>	<b>-0,5</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>2,1</b>
<b>Indice generale</b>	<b>1.000.000</b>	<b>-0,2</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	<b>-0,1</b>	<b>3,0</b>
Componente di fondo	845.064	-0,2	1,5	1,5	-0,2	2,0
Indice generale al netto degli energetici	909.650	-0,2	1,6	1,7	-0,1	2,0

Fig. 8.1 Inflazione acquisita

### 8.1.1.4 Tasso di crescita del costo della manodopera( $R_o$ ) e del costo dell'energia( $R_e$ )

$R_o$ ,  $R_e$  si possono prendere dal grafico sopra riportato:

- $R_e$  da Beni energetici regolamentati: includono le tariffe per l'energia elettrica e il gas di rete per uso = 13,4%
- $R_o$  da Servizi relativi all'abitazione: comprendono i servizi di riparazione, la pulizia e la manutenzione della casa, la tariffa per i rifiuti solidi, il canone d'affitto, le spese condominiali =2,5%.

8.1.1.5 Tasso di crescita del costo del carbonio( $R_c$ )

Per questo dato ci siamo affidati ai dati contenuti in normativa sui prezzi del carbonio. Da questa tabella, considerando i prezzi di *Riferimento* si è stimato un tasso di crescita del

Tabella 8.3 Evoluzione del prezzo del carbonio

Evoluzione del prezzo del carbonio	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Riferimento (azione framme., prezzi dei comb. fossili di rif.)	16,5	20	36	50	52	51	50
Tecnologia efficace (azione glob., prezzi dei comb. fossili bassi)	25	38	60	64	78	115	190
Tecnologia efficace (azione framme., prezzi dei comb. fossili di rif.)	25	34	51	53	64	92	147

Fonte: allegato 7.10 del documento SEC (2011) 288 final (disponibile in inglese: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2011:0288:FIN:EN:PDF>)

0,18%

8.1.1.6 Tasso di interesse di mercato( $R$ )

Questo dato è stato ricavato dal Rapporto immobiliare 2012 dell' Agenzia del Territorio ed è circa del 3,4% su media nazionale. (Nord-Ovest 3,18%; Nord-Est 3,20%; Centro 3,54%; Sud 3,71%; Isole 3,59%).

8.1.2 *Costi d'Investimento*

Il primo passo da effettuare, è un computo metrico, in cui è necessario identificare però, qualche dato aggiuntivo oltre al prezzo unitario e le quantità. Ai fini dei calcoli successivi, ed una dettagliata analisi dei costi, è inserito prima il dato dell'I.V.A. e successivamente la vita utile del prodotto specifico.

Tabella 8.4 Costi d'investimento, Ipotesi 1F

COSTRUZIONE	Descrizione	U.M.	Quantità	Prezzo unitario	IVA %	Costo Totale incl. IVA	Vita utile
Muri	Isolamento Parete esterna: EPS 12cm	m <sup>2</sup>	1249,68	45,5	21	68801,13	40
	Isolamento Pannello PreF: EPS 12cm	m <sup>2</sup>	32,8	45,5	21	1805,80	40
	Isolamento Parete Controtterra: EPS 12cm	m <sup>2</sup>	149,2	45,5	21	8214,21	40
	Intonaco A08023	m <sup>2</sup>	1817,01	7,46	21	16401,42	30
	Finestre 4/10/4/10/4 cm. Telaio in PVC. Preventivo+IVA	Cad	24	675,6	0	16214,40	30
Tetto	Isolamento Solaio Copertura: EPS 12cm	m <sup>2</sup>	385,33	45,5	21	21214,34	40
Pavimento	Isolamento Solaio Controtterra: EPS 12cm	m <sup>2</sup>	385,33	45,5	21	21214,34	40
	Isolamento Solaio Intermedio: EPS 10cm	m <sup>2</sup>	1541,32	41,2	21	76837,88	40
<b>Totale Costruzione</b>						<b>230.704</b>	

RISCALDAM. (HT)	Descrizione	U.M.	Quantità	Prezzo unitario	IVA %	Costo Totale incl. IVA	Vita utile
Emissione	Fotovoltaico Silicio Monocristallino	m <sup>2</sup>	54	333,3	21	21777,82	40
<b>2-ACS (DHW)</b>							
Emissione	Solare Termico E06004b bollitore da 400 l, n. 1 collettore 2,42 x 2,03 m con 21 tubi	cad	8	6.327,53	21	61250,49	20
<b>Totale Impianti</b>						<b>83.028</b>	

È poi utile, sempre nello stesso foglio, avere i calcoli per il consumo di CO<sub>2</sub> per la produzione dei materiali. Ritrovando in questa pagina le quantità ed aggiungendo alcune caratteristiche è possibile infatti tale stima.

Tabella 8.5 Emissioni CO<sub>2</sub> in produzione, Ipotesi 1F

<b>Calcolo dell'energia primaria spesa e t di CO<sub>2</sub> nella produzione del prodotto (COSTRUZIONE)</b>								
spessore mm	Quantità m <sup>3</sup>	Densità Kg/m <sup>3</sup>	Quantità kg	EE MJ/kg	MJ	MWh	GWP 100 kgCO <sub>2</sub> /kg	kgCO <sub>2</sub> /kg
120	150,0	40	5998	99,2	595047,6	16661,3	4,9	29392
120	3,9	40	157	99,2	15618,0	437,3	4,9	771
120	17,9	40	716	99,2	71043,1	1989,2	4,9	3509
120	46,2	40	1850	99,2	183479	5137,4	4,9	9063
120	46,2	40	1849,584	99,2	183479	5137,4	4,9	9063
100	154,1	40	6165,28	99,2	611596	17124,7	4,9	30210
<b>46487</b>								<b>82009</b>
<b>Calcolo dell'energia primaria spesa e t di CO<sub>2</sub> nella produzione del prodotto (SISTEMI ENERGETICI)</b>								
				EE MJ/m <sup>2</sup>	MJ	MWh	CO <sub>2</sub> Kg/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> t
				4750	256500	7182,0	242	13,1
				GER MJ/cad	MJ	MWh	CO <sub>2</sub> Kg/ cad	CO <sub>2</sub> t
				6870	54960	1538,9	282	2,3
<b>8721</b>								<b>15</b>

È da evidenziare che non si è tenuto conto degli impatti di ambientali ed energetici di infissi ed intonaco a rifinitura del cappotto termico. Questo perché, essendo un'analisi comparativa ed avendo usato lo stesso intervento in tutte le ipotesi, risultava un dato ininfluenza.

### 8.1.3 Costi di Sostituzione/Manutenzione

Avendo il dato della vita utile dei prodotti, è stato possibile stimare quante sostituzioni sono necessarie nel ciclo di vita e soprattutto quando, in modo da poterne attualizzarne il costo. Questo però ipotizzando un tasso di crescita del prezzo dei prodotti nullo, poiché la sua influenza nei calcoli, non è risultante sufficiente.

Tabella 8.6 Costi di sostituzione, Ipotesi 1F

COSTRUZIONE	Costo d'investiment o	Vita Utile	Anni						
			20	25	30	35	40	45	50
Muri	68801	40	0	0	0	0	68801	0	0
	1805	40	0	0	0	0	1805	0	0
	8214	40	0	0	0	0	8214	0	0
	16401	30	0	0	16401	0	0	0	0
Vetri e Porte	16214	30	0	0	16214	0	0	0	0
Tetto	21214	40	0	0	0	0	21214	0	0
Pavimento	21214	40	0	0	0	0	21214	0	0
	76837	40	0	0	0	0	76837	0	0
<b>TOTALE COSTRUZIONE</b>	<b>230703</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32616</b>	<b>0</b>	<b>19808</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>7</b>									
<b>RISCALDAM. (HT)</b>									
Fotovoltaico	21777	40					21777		
<b>ACS</b>									
Solare Termico	61250	20	61250				61250		
<b>TOTALE IMPIANTI</b>	<b>83028</b>		<b>61250</b>				<b>83028</b>		

Oltre a questi dati a volte è stato necessario valutare il costo di manutenzione annuo. Per il cappotto ad esempio la manutenzione è già stata valutata nei costi di sostituzione dell'intonaco protettivo. Nel caso degli impianti è stato valutato invece un costo annuo pari al 0,18% circa del costo d'investimento.

Tabella 8.7 Costi di manutenzione, Ipotesi 1F

RISCALDAMENTO (HT)	Costo d'investimento	Vita Utile	% di Manutenzione	Costo di manutenzione
Fotovoltaico	21777	40	0,18	39,20
<b>ACS</b>				
Solare Termico	61250	20	0,18	110,25
<b>TOTALE</b>				<b>149,45</b>

### 8.1.4 Costi Energetici

Per il calcolo dei costi dei consumi energetici, ricavati con il EcoAbita, è stato necessario ritrovare i dati sulle varie imposte applicate alla vendita di energia. Sono stati ritrovati all'interno del sito dell'ENI, il quale da un visione semplice e dettagliata dei costi, dividendoli fra fissi e variabili e dividendoli per classi di consumo. All'interno del sito è stato anche possibile ritrovare il fattore C, che moltiplicato ai m<sup>3</sup> di metano, ci permette di arrivare ai smc. Lo Standard metro cubo (smc) esprime la quantità di gas contenuta in un metro cubo alla temperatura di 15 C° e pressione atmosferica. Questo perché il contatore del gas di un utente misura il volume consumato in metri cubi (mc) a temperature e pressione diverse al variare dell'ubicazione geografica, quindi a parità di energia prelevata dalla rete gas a due utenti, ubicati in zone diverse del territorio, corrispondono due volumi di gas diversi. Se il gas si pagasse a mc ci sarebbero utenti economicamente più avvantaggiati di altri. Se invece si converte il consumo in mc in smc tutti gli utenti, a parità di energia prelevata pagano, lo stesso prezzo. (Bologna, fattore C = 1,032502).

**CONDIZIONI ECONOMICHE DI FORNITURA**  
secondo delibera ARG/GAS 64/09 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modifiche ed integrazioni.

Comune di fornitura: **BOLOGNA** Località: **4203**

Tipologia cliente: **Condominio con uso domestico** Ambito: **NORD ORIENTALE**

Anno termico tariffe di distribuzione: **01-gen-13** PCS (MJ/mc): **39,340**  
 Tariffe di vendite aggiornate al: **01-gen-13** Data validità PCS: **1-gen-2012**

QUOTA FISSA DI VENDITA (€/Anno/Pdg)	55,40	QUOTA FISSA DI DISTRIBUZIONE (€/Anno/Pdg)	31,93	TOTALE QUOTE FISSE (€/Anno/Pdg)	87,33	
<b>SCAGLIONI DI CONSUMO</b>						
numero	da mc	a mc				
1	0	120				
2	120	480				
3	480	1.560				
4	1.560	5.000				
5	5.000	80.000				
6	80.000	200.000				
7	200.000	1.000.000				
8	1.000.000	oltre				
<b>SERVIZI DI VENDITA</b>						
COMMERCIALIZZ. ALL'INGROSSO		QUOTA VENDITA AL DETTAGLIO	QUOTA ONERI AGGIUNTIVI			
€/mc		€/mc	€/mc			
		0,422223	0,004800	0,001402		
<b>SERVIZI DI RETE</b>						
QUOTA TRASPORTO		QUOTA STOCCAGGIO	QUOTA VARIABILE DI DISTRIBUZIONE		TOTALE QUOTE VARIABILI (ante imposte e IVA)	
€/mc		€/mc	€/mc		€/mc	
			0,018521		0,485338	
			0,122286		0,599103	
			0,100780		0,577597	
			0,096580		0,573197	
		0,035422	0,012970	0,075792	0,552609	
				0,045654	0,522471	
				0,030412	0,507229	
				0,021834	0,488651	

**Note:**

PCS: è il Potere calorifico superiore ovvero la quantità di calore realizzata nella combustione completa, a pressione costante di 1,01325 bar, di una unità di massa o di volume di combustibile secondo quanto previsto dalla delibera Arg/gas 64/09 e s.m.i.  
 Le condizioni economiche di fornitura indicate, sono da ritenersi "salvo conguaglio" e diverse disposizioni dell'Impresa di Distribuzione e dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas.

Fasce di consumo annuo	ACCISA [€/smc]	ADDITIONALE REGIONALE [€/smc]	I.V.A.
Fascia 1 - Da 0 a 120 mc	0,044000	0,022000	10%
Fascia 2 - Da 121 a 480 mc	0,175000	0,030987	10%
Fascia 3 - Da 481 a 1560 mc	0,170000	0,030987	21%
Fascia 4 - Oltre 1560 mc	0,186000	0,030987	21%
agevolata	0,012498	0,006249	21%
esente	0,000000	0,000000	21%

Fig. 8.2 Condizioni Economiche di Fornitura

Tabella 8.8 Costi energetici, Ipotesi 1F

**Dati per il consumo annuo**

Consumo MWh annuo	m <sup>3</sup>	Smc
67	6474	6684

**Spesa Annua**

	€/m <sup>3</sup>	€/Smc	€/Smc	%	€/anno	n. appartamenti	€/anno/app
	<b>0,552609</b>	<b>0,012498</b>	<b>0,006249</b>	<b>21</b>		<b>12</b>	
costi fissi	costi variabili	ACCISA	Addizione regionale	IVA	<b>Totale</b>		
87,33	3577	83,54	41,77	769,59	4559,60		379,97

**8.1.5 Costi del Carbonio**

Questo dato è utile al calcolo del costo globale macroeconomico. Il prezzo del carbonio è preso dai riferimenti presenti in normativa e la stima delle emissioni è invece prodotta dal software EcoAbita

Tabella 8.9 Costi del Carbonio, Ipotesi 1F

**Costi CO<sub>2</sub>**

Emissioni CO <sub>2</sub> anno		Prezzo del Carbonio	Costo finale
Kg	t	€/t	€/anno
13401	13,40	16,50	221,12

**8.1.6 Costi di smaltimento**

Vengono considerati ininfluenti a causa della durata del calcolo. Citando la direttiva “*se la durata di vita stimata di un edificio supera i 50/60 anni, l'incidenza dei costi di smaltimento sul risultato finale sarà marginale per via dell'ammortamento.*”

**8.1.7 Incentivi**

Si tratta di riduzioni dall'Irpef (Imposta sul reddito delle persone fisiche) e dall'Ires (Imposta sul reddito delle società) concesse per interventi che aumentino il livello di efficienza energetica degli edifici esistenti e che riguardano, in particolare, le spese sostenute per:

- la riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento;
- il miglioramento termico dell'edificio (finestre, comprensive di infissi, coibentazioni, pavimenti);
- l'installazione di pannelli solari;
- la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale.

I limiti d'importo sui quali calcolare la detrazione variano in funzione del tipo di intervento, come indicato nella seguente tabella:

Tabella 8.10 Incentivi

TIPO DI INTERVENTO	DETRAZIONE MASSIMA
Riqualificazione energetica di edifici esistenti	<b>100.000</b> euro ( 55% di 181.818,18 euro)
Involucro edifici (pareti, finestre, compresi finestre su edifici esistenti)	<b>60.000</b> euro ( 55% di 109.090,90 euro)
Installazione di pannelli solari	<b>60.000</b> euro ( 55% di 109.090,90 euro)
Sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale	<b>30.000</b> euro ( 55% di 54.545,45 euro)

L'agevolazione per gli interventi che realizzano un risparmio energetico consiste in una detrazione dall'imposta lorda, che può essere fatta valere sia sull'Irpef che sull'Ires, in misura pari al 55% delle spese sostenute entro il 30 giugno 2013 o, per i soggetti con periodo d'imposta non coincidente con l'anno solare, fino al periodo d'imposta in corso alla data del 30 giugno 2013. Anche per gli *interventi condominiali* l'ammontare massimo di detrazione deve essere riferito a ciascuna delle unità immobiliari che compongono l'edificio tranne le ipotesi in cui l'intervento si riferisce all'intero edificio e non a "parti" di edificio. In quest'ultimo caso, l'ammontare massimo deve ritenersi che costituisca il limite complessivo della detrazione, da ripartire tra i soggetti che hanno diritto al beneficio. Gli importi di 100.000 euro, 60.000 euro e 30.000 euro, stabiliti in relazione ai singoli interventi agevolabili, rappresentano infatti il limite massimo del risparmio d'imposta ottenibile mediante la detrazione, e non il limite di spesa.

Per fruire dell'agevolazione fiscale sulle spese energetiche è necessario acquisire i seguenti documenti:

- l'asseverazione, che consente di dimostrare che l'intervento realizzato è conforme ai requisiti tecnici richiesti;
- l'attestato di certificazione (o qualificazione) energetica, che comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio. Tale certificazione è prodotta successivamente all'esecuzione degli interventi, utilizzando procedure e metodologie approvate dalle Regioni;
- la scheda informativa relativa agli interventi realizzati.

Il nostro edificio a SV <0,2; GG = 2259, per interpolazione lineare  $\text{KWh/m}^2\text{a} = 29,3$  e i pacchetti minimi sono indicati di seguito.



Valori applicabili dal 1° gennaio 2010

a) Edifici residenziali della classe E1 (classificazione art. 3, DPR 412/93), esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme. Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno

Tabella 8.11 Definizione del fabbisogno minimo per accedere agli incentivi

Rapporto di forma dell'edificio	Zona Climatica									
	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
<0,2	7,7	7,7	11,5	11,5	19,2	19,2	27,5	27,5	37,9	37,9
>0,9	32,4	32,4	43,2	43,2	61,2	61,2	71,3	71,3	94,0	94,0

Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m<sup>2</sup>K) - in vigore dal 14 marzo 2010

Tabella 8.12 Trasmittanze minime per accedere agli incentivi

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

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

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

## 8.1.8 Valore Residuo

Altro dato da considerare è il valore residuo degli elementi che, al termine della durata di calcolo, non sono arrivati al termine della loro vita *economica*. Questo valore è stato ritrovato considerando un deprezzamento lineare del prodotto, il cui prezzo a fine vita è pari a 0 ( come già affrontato a pag. 32-33). Questo dato non è sempre corrispondente con la vita *fisica* del materiale. Alcuni di essi nelle schede tecniche riportano infatti tale dato: vita del materiale illimitata. Questo non significa che il suo valore non diminuirà col tempo. La tecnologia potrebbe essere sorpassata, l'ampliamento del suo mercato potrebbe abbassarne i prezzi, senza poi considerare che un materiale *usato* ha sul mercato un costo più basso di quello *fresco* di produzione. Per questo tipo di materiale è stato allora assegnato una vita eguale a quella dell'edificio/periodo di calcolo (50 anni), in modo da non considerare mai una sua sostituzione senza renderlo un prodotto slegato dal mercato.

Tabella 8.13 Valore Residuo, Ipotesi 1F

COSTRUZIONE	Componenti	Costo d'investimento	Vita Utile	Valore Residuo	% Valore Residuo
Muri	Isolamento Parete esterna: EPS 12cm	68801,13	40	51600,85	75,00%
	Isolamento Pannello PreF: EPS 12cm	1805,80	40	2257,26	75,00%
	Isolamento Parete Controtterra: EPS 12cm	8214,20	40	10267,76	75,00%
	Intonaco	16401,42	30	27335,70	66,67%
Vetri e Porte	Finestre 4/10/4/10/4 cm. Telaio in PVC. Preventivo+IVA	16214,4	30	27024,00	66,67%
Tetto	Isolamento Solaio Copertura: EPS 12cm	21214,34	40	26517,93	75,00%
Pavimento	Isolamento Solaio Controtterra: EPS 12cm	21214,34	40	26517,93	75,00%
	Isolamento Solaio Intermedio: EPS 10cm	76837,88	40	96047,36	75,00%
<b>TOTALE COSTRUZIONE</b>				<b>267568,78</b>	
RISCALDAMENTO (HT)	Componenti	Costo d'investimento	Vita Utile	Valore Residuo	% Valore Residuo
Solare Fotovoltaico		21777,82	40	16333,36	75,00%
ACS (DHW)					
Solare Termico		61250,49	20	30625,24	50,00%
<b>TOTALE SISTEMI ENERGETICI</b>				<b>46958,61</b>	

8.1.9 Costo Globale (Finanziario/Macroeconomico)

Infine i dati vengono inseriti in tabella in una tabella in cui, i costi riferiti ad un preciso ed unico momento temporale (Sostituzione), vengono moltiplicati per il fattore di sconto corrispondente (pag.39,  $R_d$ ) attualizzandolo all'anno 0, mentre i costi sostenuti costantemente ogni anno, vengono moltiplicati per il fattore di valore attuale (pag.39

Dati Generali per il calcolo				Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years		Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	23
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%		Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years		Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>						Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		230704		1	60000	170704		
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>						Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	281116,03	3	0,86	240743		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>						Fattore di valore attuale		
		149,45		2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>						Coefficiente di sconto		
		314527,39		3	0,82	259115		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>						Coefficiente di sconto		
		0,00		3	0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>						Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4560		13,4	1134,80			5174244
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0		13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						275411,03		5180271,17
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5455682		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>						Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		221	0,179718563		24,71	5465		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5461146,85		

Fig. 8.3 Scheda Costo Globale, Ipotesi 1F

$f_{pv}(n)$ ), che considera sia l'accumulazione a fine del periodo che l'attualizzazione all'anno 0.

In tabella vengono evidenziati anche gli attori che devono sostenere tali spese (proprietario/inquilino). Dato che, se analizzato in altri contesti più approfonditamente, permette di fare delle considerazioni sulle future politiche di incentivazione statale.

Infine viene considerato il costo annuale del carbonio, ma solo dopo aver sommato tutti gli altri costi, in modo da veder distinti il valore Finanziario da quello Macroeconomico.

Confrontando i risultati con i dati derivanti dall'analisi economica sul ciclo di vita dello stato di fatto ( Allegato I), è possibile valutarne i benefici economici e ambientali.

#### **LCCA (50 anni) Calcolo Finanziario**

Costo Globale Stato di Fatto	30,9 ml €	-
Costo Globale Ipotesi 1F	5,45 ml €	-
<hr/>		
Risparmio Utente	25,4 ml €	=

Nel ciclo di vita di 50 anni riduco la spesa dell' 82,2%, a seguito di un investimento di 197.338 € ( tenuto conto gli incentivi statali usati pari a 105.666 €).

#### **LCA (50 anni) CO<sub>2</sub> comprensive delle sostituzioni**

CO <sub>2</sub> Stato di Fatto	4040 t	-
CO <sub>2</sub> Ipotesi 1F	670 t	-
CO <sub>2</sub> produzione fotovoltaico	26 t	-
CO <sub>2</sub> produzione solare	6	-
CO <sub>2</sub> produzione isolante	164 t	-
<hr/>		
CO <sub>2</sub> non emessa	3174t	=
Costo CO <sub>2</sub>	16,5€/t	×
<hr/>		
Risparmio Sociale	52.371 €	

Le emissioni di CO<sub>2</sub> si riducono dell' 78,5%, il che comporta un risparmio per il loro smaltimento di 52. 371€

#### **8.1.10 Metodo delle annualità**

Tramite questo metodo, non alternativo a quello appena illustrato, è possibile fare considerazioni sull'ammortamento annuale di tutti i costi, sia iniziali che manutentive. Nel nostro caso infatti, considerando come periodo di ammortamento, il periodo di vita

dell'edificio, è stato possibile considerare anche le sostituzioni necessarie al perdurare della prestazione energetica calcolata.

			Tasso di crescita della manodopera			2,5	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	anno	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di crescita del prezzo del carbonio			0,179718563	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	%	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
			Valore TTC anno 0	Tasso di inflazione	fattore di annuaizzazione	Totale per il proprietario	Totale per l'occupante	
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>						Incentivi		
Componenti invariate durante il periodo di ammortamento di progettazione dell'edificio			208066,28	3	0,0220	4586,45		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>								
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,202	0,00		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,102	0,00		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,069	0,00		
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,052	3188,94		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,042	0,00		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32615,82	3	0,035	1153,86		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,031	0,00		
Programma di sostituzione per il	40	anno	281116,03	3	0,027	7601,49		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,024	0,00		
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,022	0,00		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>								
			149		1		149	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>								
Costo annuale per l'energia utilizzata			4560		1		4560	
			Annualità totale per attore			7775,39	4709,05	
			ANNUALITA' TOTALE			12484,44		

Fig. 8.4 Scheda Costo Annuale

## 8.2 Ipotesi 3F

Tabella 8.14 isolanti e trasmittanza, Ipotesi 3F

Pacchetto iniziale			295	115	445	300	295	310
Ipotesi	Prodotto	Materiale	Spessori aggiuntivi di isolamento termico					
3/3F	Corkpan	Sughero	120	220	120	120	120	120
		$U_w$ (kW/m <sup>2</sup> a)	0,26	0,22	0,26	0,24	0,22	0,25

Cappotto in sughero assieme agli impianti fotovoltaico e solare termico.

## 8.2.1 Dati finanziari

Tabella 8.15 Dati Finanziari, Ipotesi 3F

$\tau_{\text{building}}$	$\tau$	$R_i$	R	$R_o$	$R_e$	$R_c$
anni	anni	%	%	%	%	%
50	50	3,0	3,4	2,5	13,4	0,18

## 8.2.2 Costi d'Investimento

Tabella 8.16 Costi d'investimento, Ipotesi 3F

COSTRUZIONE	Descrizione	U.M	Quantità	Prezzo unitario	IVA %	Costo Totale incl. IVA	Vita utile
Muri	Isolamento Parete esterna: Sughero 12cm	m <sup>2</sup>	1249,68	62,4	21	94355,84	50
	Isolamento Pannello PreF1: Sughero 12cm	m <sup>2</sup>	32,8	62,4	21	2476,53	50
	Isolamento Parete Controtterra: Sughero 12cm	m <sup>2</sup>	149,2	62,4	21	11265,20	50
	Intonaco A08023	m <sup>2</sup>	1817,01	7,46	21	16401,42	30
Vetri e Porte	Finestre 4/10/4/10/4 cm. Telaio in PVC. Preventivo+IVA	Cad	24	675,6	0	16214,40	30
	Isolamento Solaio Copertura: Sughero 13cm	m <sup>2</sup>	385,33	71,4	21	33290,20	50
Pavimento	Isolamento Solaio Controtterra: Sughero 13cm	m <sup>2</sup>	385,33	71,4	21	33290,20	50
	Isolamento Solaio Intermedio: Sughero 12cm	m <sup>2</sup>	1541,32	62,4	21	116375,83	50
	<b>TOTALE COSTRUZIONE</b>					<b>323670</b>	
RISCALDAMENTO	Descrizione	U.M	Quantità	Prezzo unitario	IVA %	Costo Totale incl. IVA	Vita utile
	Fotovoltaico Preventivo ENI	m <sup>2</sup>	54	333,3	21	21777,82	40
<b>ACS</b>	Solare Termico bollitore da 400 l, n. 1 collettore 2,42 x 2,03 m con 21 tubi	Cad	8	6.327,53	21	61250,49	20
<b>TOTALE ENERGIA DI SISTEMA</b>						<b>83028,31</b>	

Tabella 8.17 Emissioni CO<sub>2</sub> in produzione, Ipotesi 3F

<b>Calcolo dell'energia primaria spesa e t di CO<sub>2</sub> nella produzione del prodotto (COSTRUZIONE)</b>								
<b>spessore mm</b>	<b>Quantità m<sup>3</sup></b>	<b>Densità Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Quantità kg</b>	<b>GER MJ/kg</b>	<b>MJ</b>	<b>MWh</b>	<b>GWP 100 kgCO<sub>2</sub>/kg</b>	
120	150,0	120	17995	7,5	134965,4	3779,0	-1,195	-21504
120	3,9	120	472	7,5	3542,4	99,2	-1,195	-564
120	17,9	120	2148	7,5	16113,6	451,2	-1,195	-2567
130	50,1	120	6011	7,5	45084	1262,3	-1,195	-7183
130	50,1	120	6011,148	7,5	45084	1262,3	-1,195	-7183
100	154,1	120	18495,84	7,5	138719	3884,1	-1,195	-22103
						<b>10738</b>		<b>-61106</b>
<b>Calcolo dell'energia primaria spesa e t di CO<sub>2</sub> nella produzione del prodotto (SISTEMI ENERGETICI)</b>								
				<b>EE MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>MWh</b>	<b>CO<sub>2</sub> Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>CO<sub>2</sub> t</b>
				4750	256500	7182,0	242	13,1
				<b>GER MJ/cad</b>	<b>MJ</b>	<b>MWh</b>	<b>CO<sub>2</sub> Kg/ cad</b>	<b>CO<sub>2</sub> t</b>
				6870	54960	1538,9	282	2,3
						<b>8721</b>		<b>15</b>

8.2.3 *Costi di Sostituzione*

Tabella 8.18 Costi di sostituzione, Ipotesi 3F

COSTRUZIONE	Costo d'investiment o	Vita Utile	Anni							
			20	25	30	35	40	45	50	
Muri	94355,84	50	0	0	0	0	0	0	0	94355,84
	2476,53	50	0	0	0	0	0	0	0	2476,53
	11265,20	50	0	0	0	0	0	0	0	11265,20
	16401,42	30	0	0	16401	0	0	0	0	0
Vetri e Porte	16214,40	30	0	0	16214	0	0	0	0	0
Tetto	33290,20	50	0	0	0	0	0	0	0	33290,20
Pavimento	33290,20	50	0	0	0	0	0	0	0	33290,20
	116375,83	50	0	0	0	0	0	0	0	116375,8
<b>TOTALE COSTRUZIONE</b>	<b>176520,63</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32616</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>291053</b>
<b>RISCALDAM. (HT)</b>										
Fotovoltaico	21777	40								21777
<b>ACS</b>										
Solare Termico	61250	20	61250							61250
<b>TOTALE IMPIANTI</b>	<b>83028</b>		<b>61250</b>							<b>83028</b>

8.2.4 *Costi di Manutenzione*

Tabella 8.19 Costi di manutenzione, Ipotesi 3F

RISCALDAMENTO (HT)	Costo d'investimento	Vita Utile	% di Manutenzione	Costo di manutenzione
Fotovoltaico	21777	40	0,18	39,20
<b>ACS</b>				
Solare Termico	61250	20	0,18	110,25
<b>TOTALE</b>				<b>149,45</b>



8.2.5 *Costi Energetici*

Tabella 8.20 Costi Energetici, Ipotesi 3F

**Dati per il consumo annuo**

<b>Consumo MWh annuo</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Smc</b>
74	7150	7382

**Spesa Annua**

	<b>€/m<sup>3</sup></b>	<b>€/Smc</b>	<b>€/Smc</b>	<b>%</b>	<b>€/anno</b>	<b>n. appartamenti</b>	<b>€/anno/app</b>
	<b>0,552609</b>	<b>0,012498</b>	<b>0,006249</b>	<b>21</b>		<b>12</b>	
costi fissi	costi variabili	ACCISA	Addizione regionale	IVA	<b>Totale</b>		
87,33	3951	92,26	46,13	848,08	5024,93		418,74

8.2.6 *Costi del Carbonio*

Questo dato è utile al calcolo del costo globale macroeconomico. Il prezzo del carbonio è preso dai riferimenti presenti in normativa e la stima delle emissioni è invece prodotta dal software EcoAbita

Tabella 8.21 Costi del Carbonio, Ipotesi 3F

**Costi CO<sub>2</sub>**

<b>Emissioni CO<sub>2</sub> anno</b>		<b>Prezzo del Carbonio</b>	<b>Costo finale</b>
<b>Kg</b>	<b>t</b>	<b>€/t</b>	<b>€/anno</b>
14800	14,80	16,50	244,00

8.2.7 *Costi di smaltimento*

Vengono considerati ininfluenti a causa della durata del calcolo. Citando la direttiva “*se la durata di vita stimata di un edificio supera i 50/60 anni, l'incidenza dei costi di smaltimento sul risultato finale sarà marginale per via dell'ammortamento.*”

## 8.2.8 Valore Residuo

Tabella 8.22 Valore Residuo, Ipotesi 3F

<b>COSTRUZIONE</b>	<b>Componenti</b>	<b>Costo d'investimento</b>	<b>Vita Utile</b>	<b>Valore Residuo</b>	<b>% Valore Residuo</b>
Muri	Isolamento Parete esterna: Sughero 12cm	94355,83	50	94355,84	100,00%
	Isolamento Pannello PreF1: Sughero 12cm	2476,53	50	2476,53	100,00%
	Isolamento Parete Controtterra: Sughero 12cm	11265,19	50	11265,20	100,00%
	Intonaco A08023	16401,47	30	27335,70	66,67%
Vetri e Porte	Finestre 4/10/4/10/4 cm. Telaio in PVC. Preventivo+IVA	16214,4	30	27024,00	66,67%
Tetto	Isolamento Solaio Copertura: Sughero 13cm	33290,20	50	33290,20	100,00%
Pavimento	Isolamento Solaio Controtterra: Sughero 13cm	33290,20	50	33290,20	100,00%
	Isolamento Solaio Intermedio: Sughero 12cm	116375,82	50	116375,83	100,00%
<b>TOTALE COSTRUZIONE</b>				<b>345413,50</b>	
<b>IMPIANTI</b>	<b>Componenti</b>	<b>Costo d'investimento</b>	<b>Vita Utile</b>	<b>Valore Residuo</b>	<b>% Valore Residuo</b>
<b>RISCALDAMEN TO (HT)</b>	0	21777,82	40	16333,36	75,00%
<b>ACS</b>	0	61250,49	20	30625,22	50,00%
<b>TOTALE SISTEMI ENERGETICI</b>				<b>46958,61</b>	

8.2.9 Costo Globale (Finanziario/Macroeconomico)

Dati generali per il calcolo			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	25
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
				Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		323670		1	60000	263670	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>				Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	291053,79	3	0,82	239777	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>				Fattore di valore attuale			
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>				Coefficiente di sconto			
		392372,11	3	0,82		323245	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>				Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>				Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		5025	13,4	1134,80			5702308
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore					374385,09		5708335,53
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE					6082721		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>				Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		244	0,179718563	24,71		6035	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE					6088755,74		

Fig. 8.5 Scheda Costo Globale, Ipotesi 3F

**LCCA (50 anni) Calcolo Finanziario**

Costo Globale Stato di Fatto	30,9 ml €	-
Costo Globale Ipotesi 3F	6,08 ml €	-
<hr/>		
Risparmio Utente	24,8 ml €	=

Nel ciclo di vita di 50 anni riduco la spesa dell' 80,4%, a seguito di un investimento di 301.032 € ( tenuto conto gli incentivi statali usati pari a 105.666 €).

**LCA (50 anni) CO<sub>2</sub> comprensive delle sostituzioni**

CO <sub>2</sub> Stato di Fatto	4040 t	-
CO <sub>2</sub> Ipotesi 3F	740 t	-
CO <sub>2</sub> produzione solare termico	6 t	-
CO <sub>2</sub> produzione fotovoltaico	26 t	-
CO <sub>2</sub> produzione isolante	-122 t	-
<hr/>		
CO <sub>2</sub> non emessa	3390t	=
Costo CO <sub>2</sub>	16,5€/t	×
<hr/>		
Risparmio Sociale	55.935 €	

Le emissioni di CO<sub>2</sub> date dalla produzione di isolante, sono negative. Questo perché durante la produzione del materiale si tiene conto della CO<sub>2</sub> assorbita dalla piantagione di Sughero. Questo porta ad una riduzione dell' 83,9%, il che comporta un risparmio per il loro smaltimento di 55.935 €

8.2.10 Metodo delle annualità

Tramite questo metodo, non alternativo a quello appena illustrato, è possibile fare considerazioni sull'ammortamento annuale di tutti i costi, sia iniziali che manutentive. Nel nostro caso infatti, considerando come periodo di ammortamento, il periodo di vita dell'edificio, è stato possibile considerare anche le sostituzioni necessarie al perdurare della prestazione energetica calcolata.

			Valore TTC anno 0	Tasso di inflazione	fattore di annuizzazione	Totale per il proprietario	Totale per l'occupante
Tasso di crescita della manodopera						2,5 %	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	anno				Tasso di sviluppo del costo del gas 13,4 %	
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%				Tasso di crescita del prezzo del carbonio 0,179718563 %	
Tasso di interesse di mercato	3,4	%				Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità 13,4 %	
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
Componenti invariate durante il periodo di ammortamento di progettazione dell'edificio			301032,36	3	0,0220	6635,73	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,202	0,00	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,102	0,00	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,069	0,00	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,052	3188,94	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,042	0,00	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32615,82	3	0,035	1153,86	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,031	0,00	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,027	2245,12	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,024	0,00	
Programma di sostituzione per il	50	anno	291053,79	3	0,022	6415,77	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
			149		1		149
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
Costo annuale per l'energia utilizzata			5025		1		5025
Annualità totale per attore						9824,66	5174,38
ANNUALITA' TOTALE						14999,05	

Fig. 8.6 Scheda Costo annuale, Ipotesi 3F



## 9 Risultati e Considerazioni Finali

### 9.1 Dati finali

Tabella 9.1 Risultati

Ipotesi	Costi d'Investimento	Costo Globale Finanziario	Risparmio Globale Finanziario	Emissioni CO <sub>2</sub>	Risparmi CO <sub>2</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	Classe
	€	ml €	ml €	t	t		
Sdf		30,9		4040		139	G
1	268.387	8,57	22,35	1227	2813	37	A
2	192.915	8,75	22,18	1120	2920	38	A
3	323.670	9,25	21,67	1109	2931	40	A
4	254.454	9,18	21,74	1123	2918	40	A
5	372.483	9,17	21,76	1029	3012	40	A
6	365.070	9,13	21,76	1209	2831	39	A
7	126.880	8,76	22,17	1209	2831	39	A
1B	268.076	7,76	23,17	1200	2840	33	A
2B	227.398	8,25	22,67	1049	2991	35	A
3B	385.942	8,64	22,29	999	3041	37	A
4B	294.233	8,47	22,45	1011	3029	36	A
5B	453.503	8,48	22,45	898	3142	37	A
6B	749.774	7,85	23,05	1060	2980	32	A
7B	165.672	7,89	23,03	1121	2919	34	A
1F	208.066	5,46	25,47	866	3174	23	A+
2F	170.277	5,65	25,28	732	3308	24	A+
3F	301.032	6,08	24,84	711	3329	25	A
4F	231817	6,06	24,87	730	3310	25	A
5F	349.845	6,05	24,88	637	3403	25	A
6F	342.433	5,99	24,93	825	3215	25	A+
7F	104.242	5,65	25,27	820	3220	24	A+
1B/F	245.439	4,66	26,27	812	3228	19	A+
2B/F	204.761	5,12	25,81	657	3383	21	A+
3B/F	363.305	5,54	25,38	612	3429	22	A+
4B/F	271.595	5,37	25,55	623	3417	22	A+
5B/F	430.866	5,38	25,55	510	3530	22	A+
6B/F	727.137	4,75	26,17	672	3368	18	A+
7B/F	143.035	4,79	26,13	733	3307	20	A+

Gli obiettivi perseguiti dalla tesi sono quelli di trovare il giusto compromesso fra i costi sostenuti dagli investitori (nel nostro caso proprietario/inquilino), l'impatto ambientale in termini di tonnellate di CO<sub>2</sub> e capire qualcosa di più sul metodo proposto dalle varie normative. Per questo è sopra riportata una tabella con i dati utili a tali stime (in termini di costi necessari e benefici possibili), che analizzati qui di seguito, ci hanno permesso di valutare anche quali sono gli interventi più vantaggiosi.

## 9.2 Analisi per tipo di isolante

Comparando i dati suddivisi per materiale isolante utilizzato, è stato verificato il miglioramento percentuale dallo stato di fatto alla soluzione minima (es.: S.dF. →1). Le percentuali indicate sono poi riferite a miglioramenti da questa ipotesi a, in primo luogo, l'inserimento degli impianti solari (es.: 1. →1F), in secondo, all'aumento di spessore dell'isolante (es.: 1. →1B). Infine è stato indicando il miglioramento dovuto agli impianti solari applicati all'ipotesi con più isoante (es.: 1B. →1B/F).

Tabella 9.2 Risultati EPS

<b>EPS</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>1</b>	1227	70	37	73	2915	72
<b>1F</b>	866	29	23	38	1856	36
<b>1B</b>	1200	2	33	11	2638	10
<b>1B/F</b>	812	32	19	42	1585	40

Tabella 9.3 Risultati Canapa

<b>Canapa</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>2</b>	1120	72	38	73	2975	72
<b>2F</b>	732	35	24	38	1922	35
<b>2B</b>	1049	6	35	8	2807	6
<b>2B/F</b>	657	37	21	40	1741	38

Tabella 9.4 Risultati Sughero

<b>Sughero</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>3</b>	1109	73	40	72	3148	70
<b>3F</b>	711	36	25	37	2069	34
<b>3B</b>	999	10	37	7	2938	7
<b>3B/F</b>	612	39	22	40	1885	36

Tabella 9.5 Risultati C.Palustre/Sughero

<b>Canna Palustre / Sughero</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>4</b>	1123	72	40	72	3124	70
<b>4F</b>	730	35	25	36	2061	34
<b>4B</b>	1011	10	36	9	2881	8
<b>4B/F</b>	623	38	22	39	1828	37



Tabella 9.6 Risultati Fibra di Legno/Sughero

<b>Fibra di Legno</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>5</b>	1029	75	40	72	3117	70
<b>5F</b>	637	38	25	37	2057	34
<b>5B</b>	898	13	37	7	2883	8
<b>5B/F</b>	510	43	22	41	1830	37

Tabella 9.7 Risultati Vacunanex

<b>Vacunanex</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>6</b>	1209	70	39	72	3107	70
<b>6F</b>	825	32	25	36	2038	34
<b>6B</b>	1060	12	32	18	2670	14
<b>6B/F</b>	672	37	18	44	1617	39

Tabella 9.8 Risultati Lana di Roccia

<b>Lana di Roccia</b>						
	t CO <sub>2</sub>	%	kWh/m <sup>2</sup> a	%	€/m <sup>2</sup>	%
<b>SdF</b>	4040		139		10510	
<b>7</b>	1209	70	39	72	2978	72
<b>7F</b>	820	32	24	38	1923	35
<b>7B</b>	1121	7	34	12	2683	10
<b>7B/F</b>	733	35	20	42	1630	39

Tabella 9.9 Medie interventi

<b>Medie interventi</b>			
	% t CO <sub>2</sub>	% kWh/m <sup>2</sup> a	% €/m <sup>2</sup>
	72	72	71
<b>F</b>	34	37	35
<b>B</b>	9	10	9
<b>B/F</b>	37	41	38

Da queste tabelle, ed in particolare da quella finale, è evidente quanto sia efficace l'isolante, che permette benefici superiore al 70% sia per quello che riguarda i costi che la prestazione energetica che il costo globale (per facilità di lettura espresso in €/m<sup>2</sup>).

### 9.3 Analisi comparata costi benefici

Per avere più chiaro quali delle opzioni analizzate sia la più vantaggiosa, sono stati realizzati dei grafici che incrociano i costi e benefici degli utenti, o i costi degli utenti con i benefici *sociali* (minori emissioni di biossido di carbonio). Oltre a questi è però stato inserito il grafico sui costi d'investimento di tutte le casistiche. Questo per non sottovalutare il fattore *crisi economica* che il paese sta vivendo e che potrebbe rendere impossibile l'intervento se eccessivo al momento iniziale.

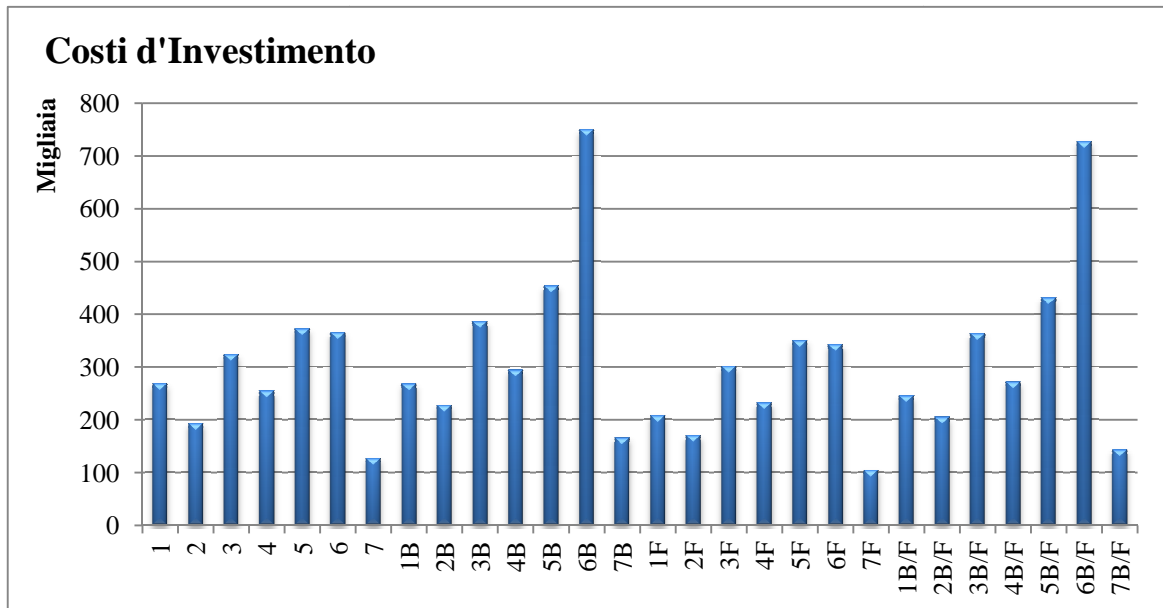


Grafico 9.1 Costi d'investimento

Come si può vedere dal grafico infatti, alcune delle ipotesi scelte hanno un costo iniziale eccessivo.

Tabella 9.10 Ipotesi progettuali

Ipotesi	Prodotto	Materiale
1	EPS generico	EPS
2	Isolcel	CANAPA
3	Corkpan	Sughero
4	Canatherm	C. Palustre
5	Tecnowood cap	Fdi Legno
6	Vacunanex	Vacunanex
7	Geolan B-001	Ldi Roccia
<b>n</b>	Ipotesi con trasmittanza minima da normativa	
<b>B</b>	Ipotesi n + Impianti solari termico e fotovoltaico	
<b>F</b>	Ipotesi con aumento dell'isolante (4-6cm)	
<b>B/F</b>	Ipotesi F + Impianti solari termico e fotovoltaico	

9.3.1 Costo /Beneficio Utente

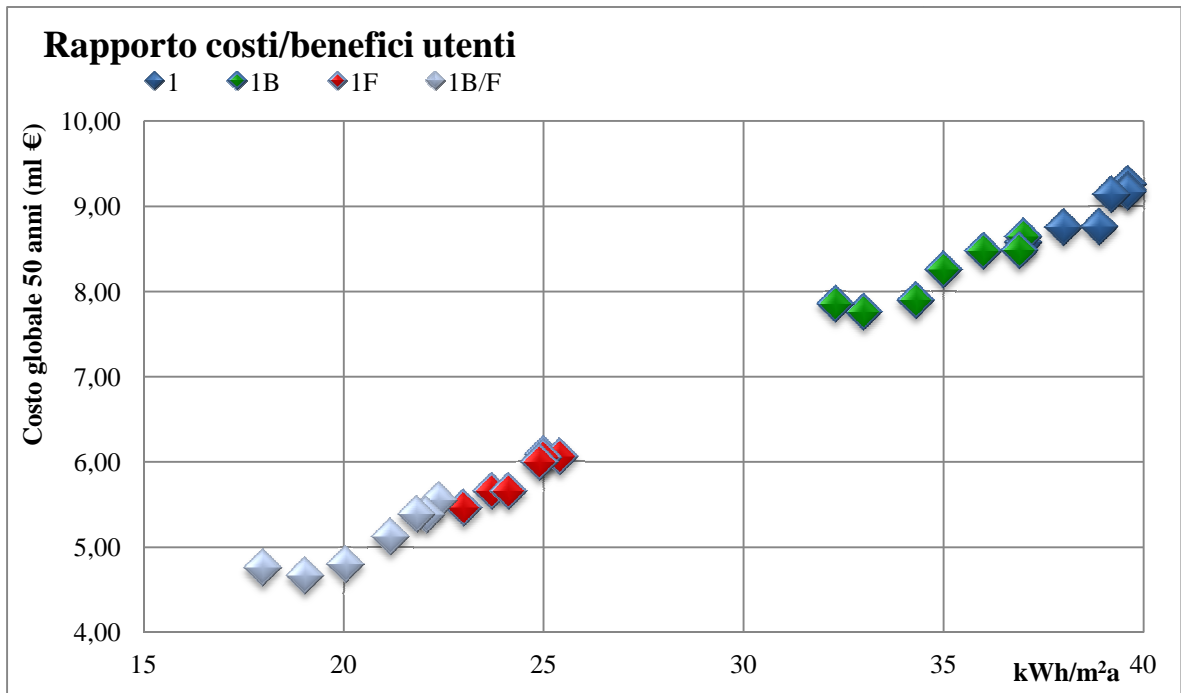


Grafico 9.2 Rapporto Costi/Benefici Utenti

Il primo grafico è suddiviso per tipologia di intervento e non per materiali. Da qui possiamo notare come gli interventi più performanti sia anche quelli che, nel corso della vita dell'edificio, hanno anche un costo minore. Questo è dovuto al minor consumo di energia, voce molto rilevante nelle schede economiche.

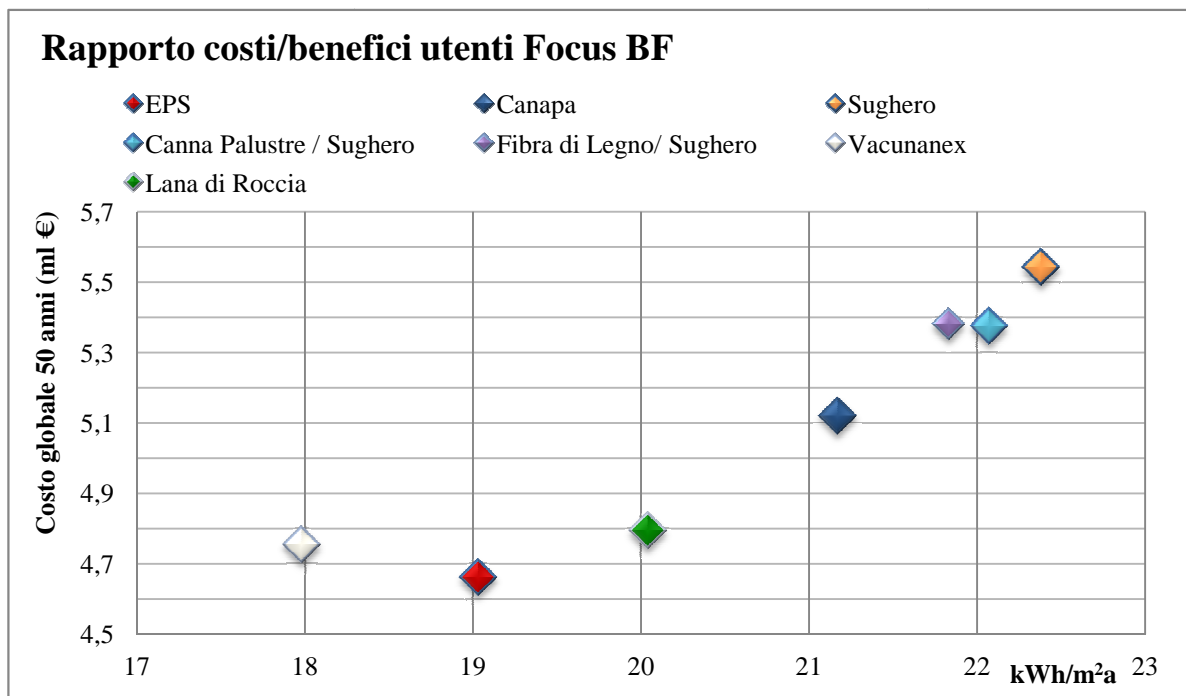


Grafico 9.3 Rapporto Costi/Benefici Focus BF

È stato poi ridisegnato con uno zoom sugli interventi BF e facendo emergere i materiali. Da qui notiamo come le tecnologie più vantaggiose sia quelle a base di Vacunanex, EPS, e

lana di roccia. Inoltre incrociando i dati con quelli sul costo d'investimento, notiamo come la lana di roccia sia assolutamente il più vantaggioso al momento 0 e il Vacunanex il più vantaggioso nel lungo periodo ma con un costo d'investimento eccessivo (più di 700.000 € totali). L'ipotesi con il polistirene espanso sinterizzato rimane quindi un valore intermedio, la scelta più adatta per l'investitore (proprietario/inquilino).

9.3.2 Costo utente/Beneficio Sociale

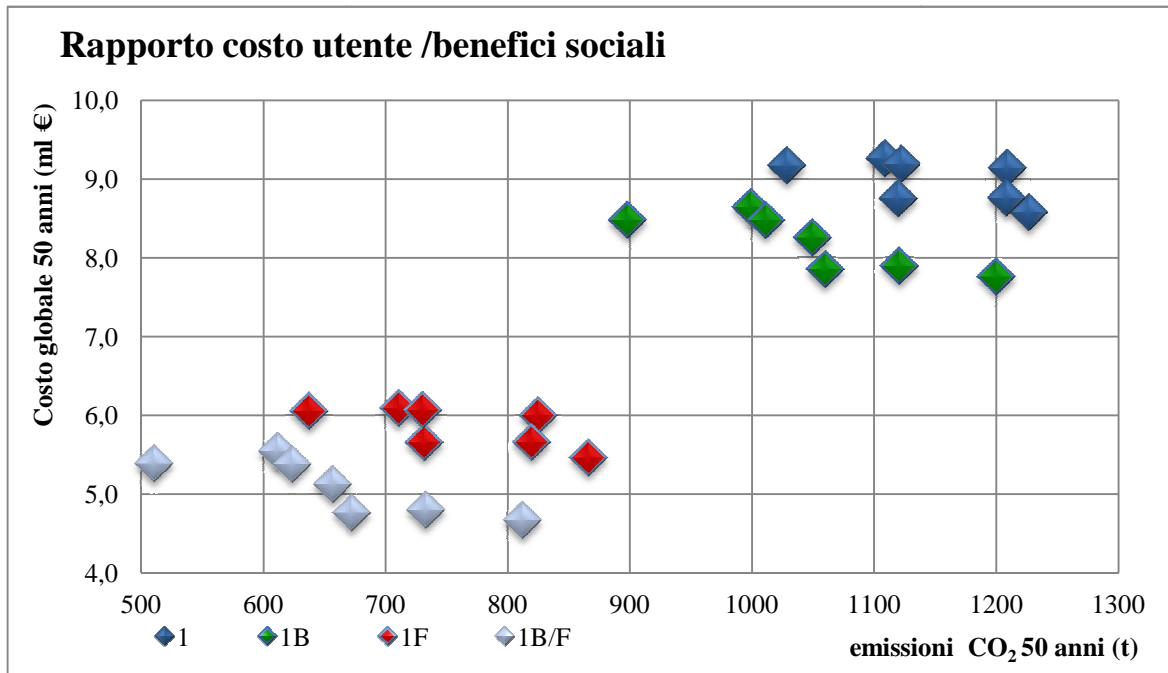


Grafico 9.4 Rapporto costo utente/ benefici sociali

Lo stesso ragionamento è stato rivolto al rapporto fra i costi sostenuti dall'utenza e i benefici *sociali* in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> minori. È stato poi fatto ripreso nel particolare il caso B/F, evidenziando anche i materiali usati, poiché propone i risultati

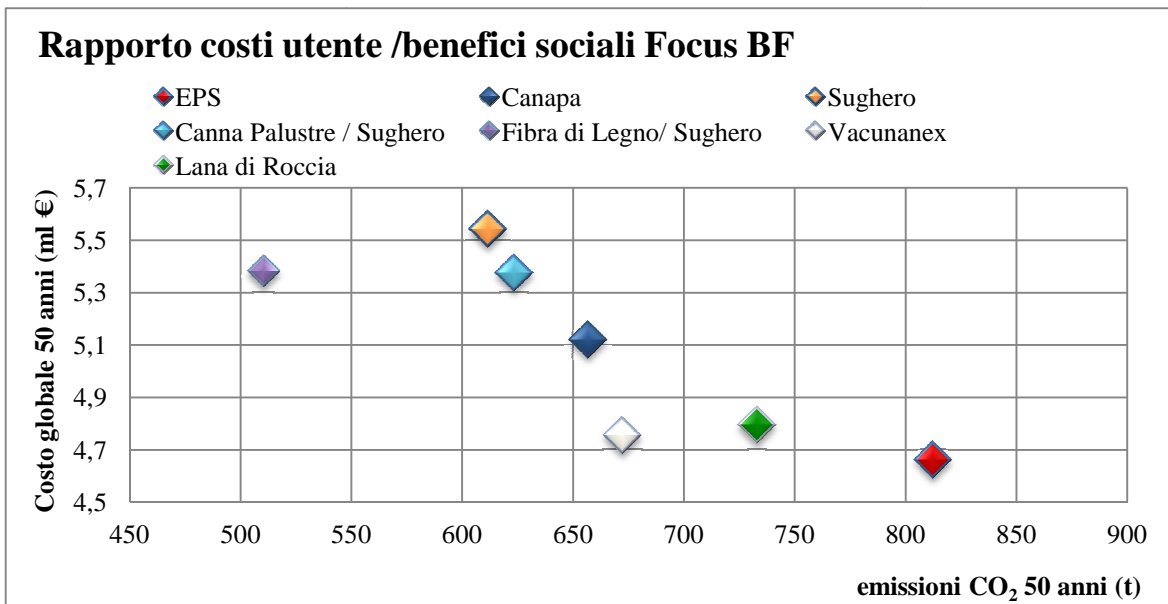


Grafico 9.5 Costi utente / benefici sociali Focus BF

migliori. Come è facile vedere, i costi minori li portano sempre le stesse tecnologie ma a discapito di maggiori emissioni. Il primato in questo campo è ottenuto dalla soluzione che prevede la fibra di legno per come isolante delle partizioni verticali ed il sughero per quelle orizzontali (poiché calpestabile). La fibra di legno, infatti, ha un GWP e corrispondente valore di emissioni negativo, che compensano oltremodo quelle dovute a una inferiore prestazione energetica rispetto ad altre tecnologie (EPS, Lana di Roccia, Vacuanex). Il divario poi aumenta con l'aumentare dello spessore, poiché più ne producono più le piantagioni necessarie assorbono CO<sub>2</sub> nel loro ciclo di vita. Questo dato è però da valutare, non in questa sede, con cura, poiché si rischia di incentivare il disboscamento per raccogliere le materie prime necessarie. È auspicabile uno studio molto approfondito sulla produzione di queste tecnologie (tempi, costi, energia, emissioni).

## 9.4 Analisi per tipo di costo

### 9.4.1 Metodo del Costo Globale

Come è ben visibile dal grafico sottostante, senza bisogno di indicare puntualmente il dato economico, i costi maggiori, durante il periodo di calcolo, sono attribuibili all'energia consumata per il fabbisogno della palazzina. Questa è dovuto all'alto tasso di crescita del prezzo dell'energia(13,4%) che, anche se influisce in modo minoritario sull'inflazione nazionale (3%), influisce drasticamente sui conti dei degli inquilini.

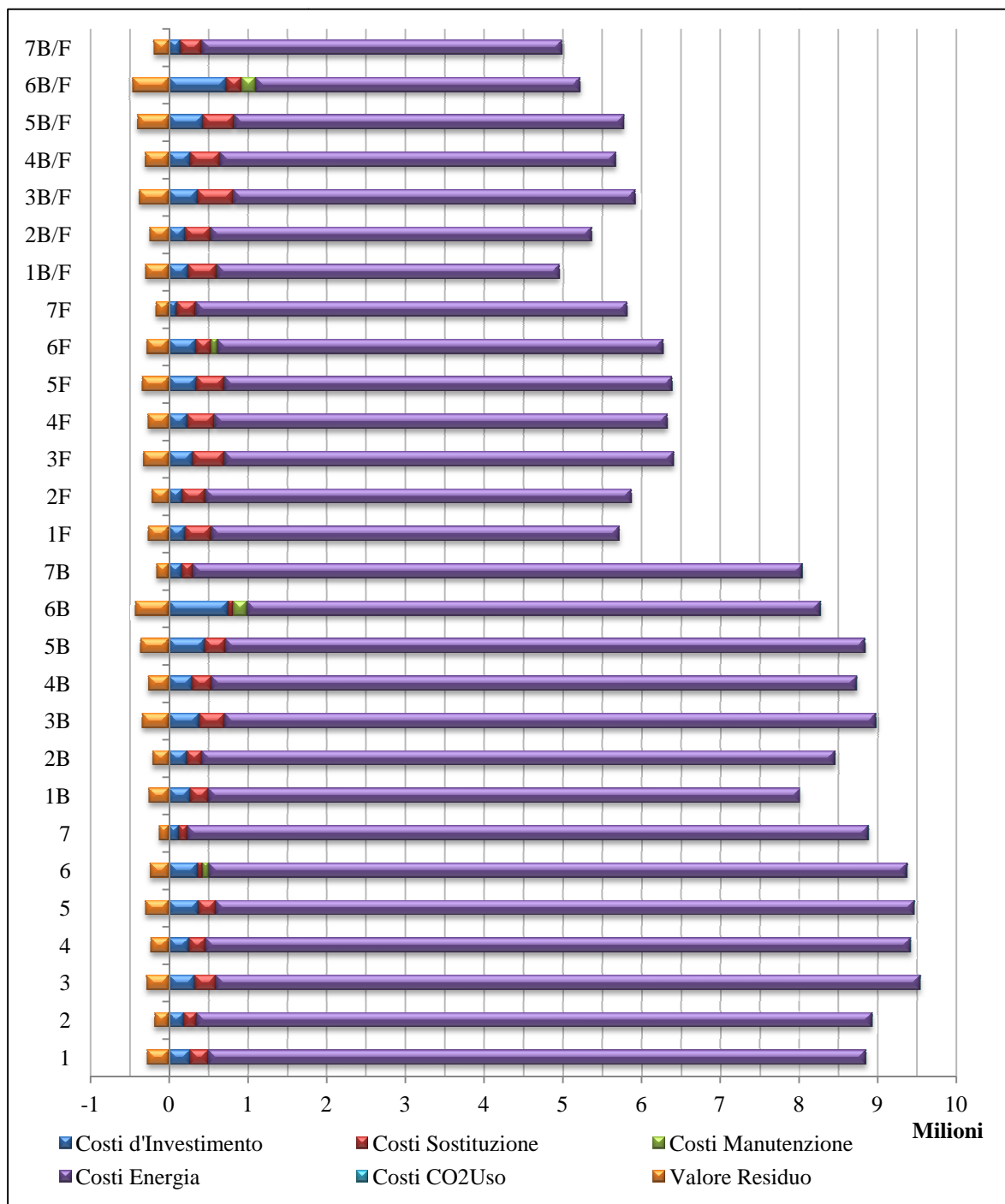


Grafico 9.6 Risultati LCCA

#### 9.4.2 Metodo delle annualità e quota di ammortamento annuale

Un altro problema di sostenibilità dell'intervento è dovuto, è dato dalla quota annuale di ammortamento, da *accantonare* necessariamente ogni anno per poter sostenere nel ciclo di vita i costi dell'energia, i costi d'investimento e i costi di sostituzione e manutenzione. Tenuto conto del fatto che in questo tipo di calcolo non viene preso in considerazione il valore residuo dei materiali (poiché vengono considerate solo le uscite e non i possibili rientri economici), può capitare di avere dei valori addirittura superiori a quelli di partenza dello stato di fatto. Questo accade in almeno 2 dei 28 casi da noi valutati e a causa dell'alto costo di investimento/manutenzione.

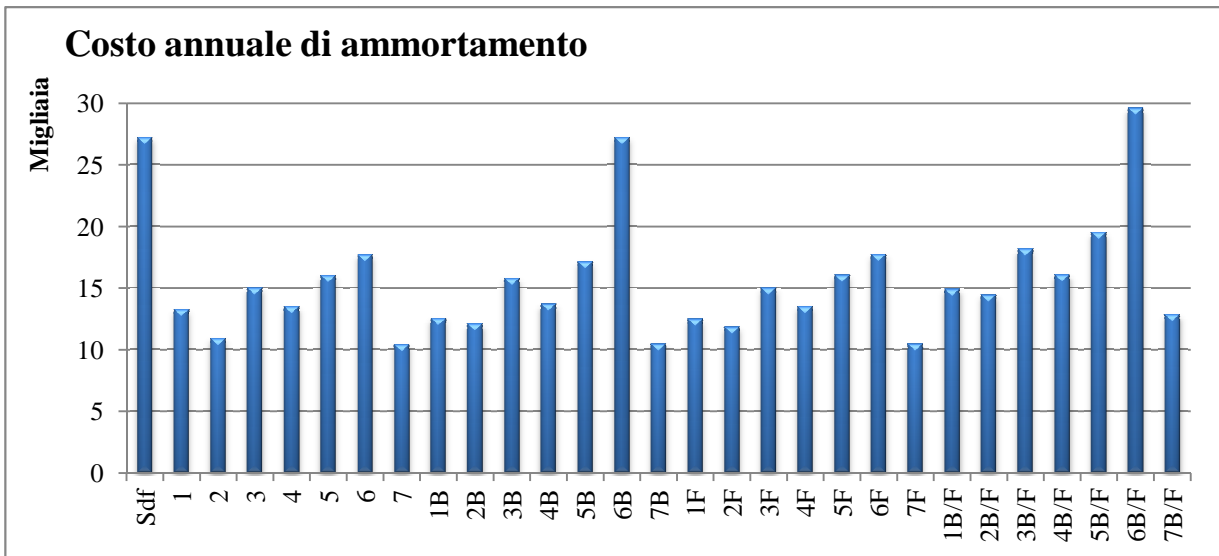


Grafico 9.7 Risultati Costi Annuali

### 9.5 Analisi di sensibilità del mercato energetico.

Dati i risultati del Calcolo del costo globale, e come sottolineato poco prima, il valore destabilizzante dal punto di vista economico è quello dato dall'energia. Risalta particolarmente nel calcolo sullo stato di fatto in cui è l'unico valore preso in considerazione, e che porta nei 50 anni ad una spesa di 30 ml €. Anche se in un primo momento il dato sembrava del tutto errato, ci si è resi conto di quanto fosse corretto analizzando il fattore economico che porta a tale stima.

Tabella 9.11 Costi energetici, Stato di Fatto

Dati per il consumo annuo							
Consumo MWh annuo	m <sup>3</sup>	Smc					
408	39421	40703					
Spesa Annua							
	€/m <sup>3</sup>	€/Smc	€/Smc	%	€/anno	n. appartamenti	€/anno/ app
	0,552609	0,012498	0,006249	21		12	
costi fissi	costi variabili	ACCISA	Addizione regionale	IVA	<b>Totale</b>		
87,33	21785	508,70	254,35	4593,11	<b>27228</b>		2269,01

I 27228 €, sono l'unico valore che influenza il risultato finale ed altro non è che il costo annuale dell'energia necessaria al riscaldamento e ACS. Questo valore è poi moltiplicato per il fattore di annualizzazione che accumula tutte le annualità a fine del periodo considerato per poi scontarle all'anno 0.

$$f_{pv}(n) = \frac{1 - \left(1 + \frac{R_R}{100}\right)^{-n}}{\frac{R_R}{100}} = 1134,8$$

Considerando

$$n = 50$$

$$R_R = \frac{R - R_i}{1 + R_i/100} = -8,81$$

$$R_i = 13,4\%$$

$$R = 3,4\%$$

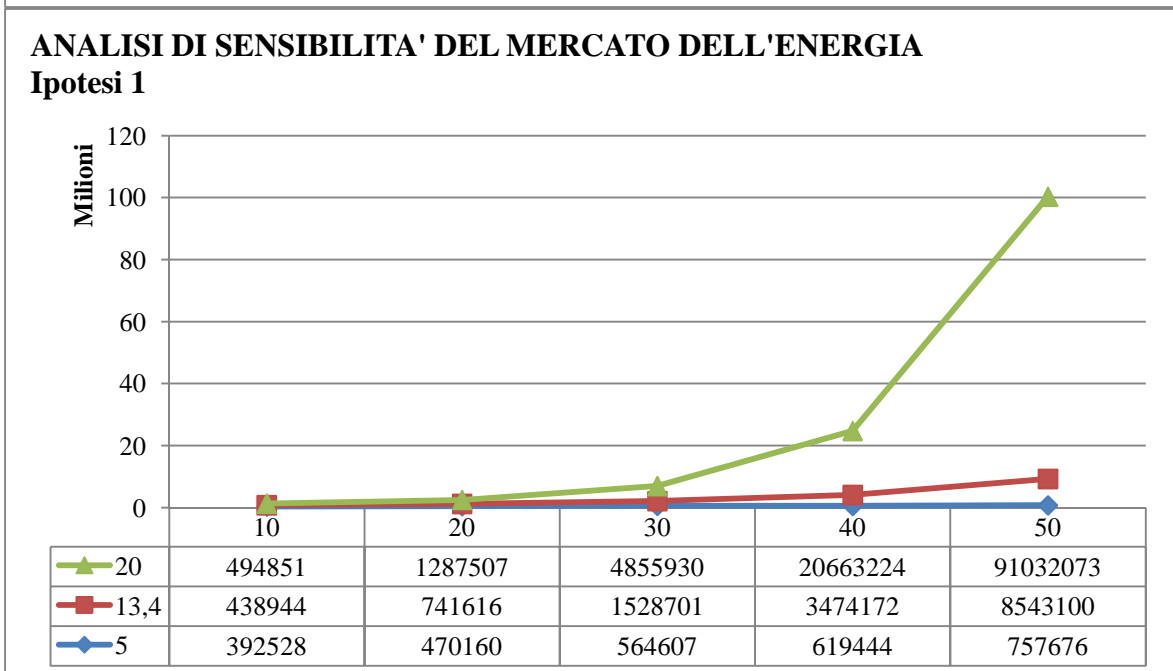
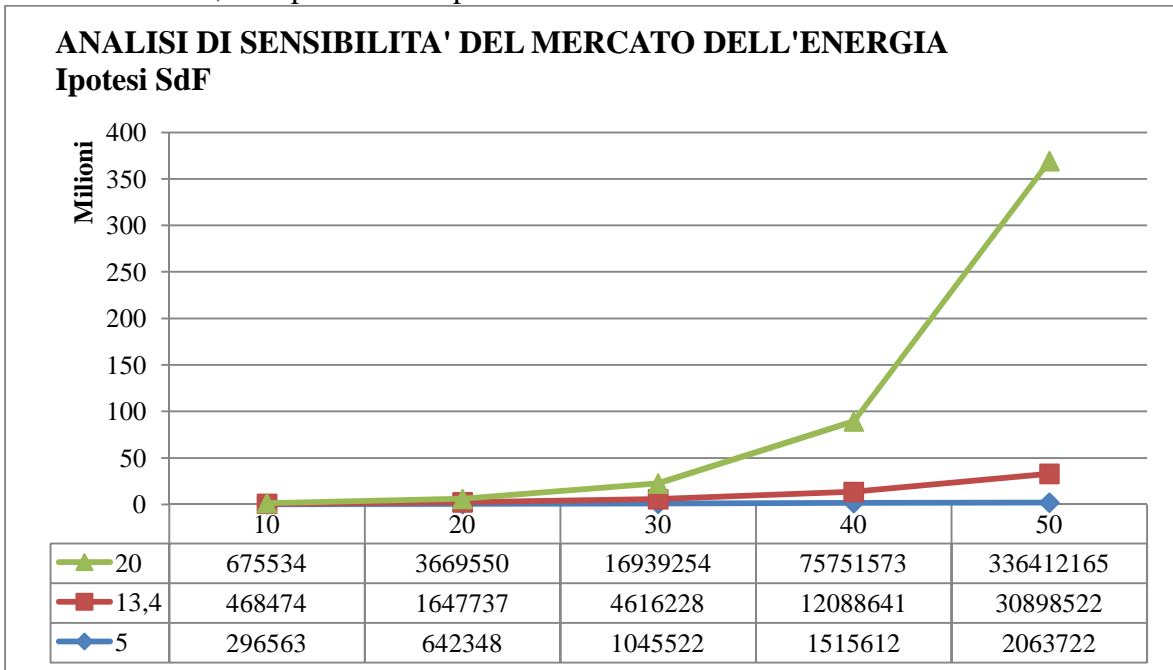
$$1134,8 \cdot 27228 = 30.876.552 \text{ €}$$

A causa di questo risultato è stata fatta una analisi di sensibilità sul mercato dell'energia, per cercare di prevederne gli sviluppi.



Nel caso in cui la richiesta di energia sia in futuro minore (probabilmente dovuto a interventi di miglioramento della prestazione energetica) il tasso potrebbe tornare sui livelli di qualche anno fa, intorno al 5%.

In caso contrario potrebbe salire ancora, con lo stesso andamento preso in questi anni, salendo fino al 20%. L'analisi è stata eseguita su ogni caso da noi studiato. Per semplicità ne riportiamo solo alcuni, si traggono infatti le stesse conclusioni: è necessario abbassarne i prezzi, tramite interventi sulle abitazioni, o con regolamenti che diano dei limiti a tale mercato che rischia di pesare eccessivamente sulle famiglie, specialmente nel periodo di crisi che stiamo vivendo. Come è ben visibile dai grafici, il bilancio nei 50 anni potrebbe essere disastroso, decuplicando la spesa.



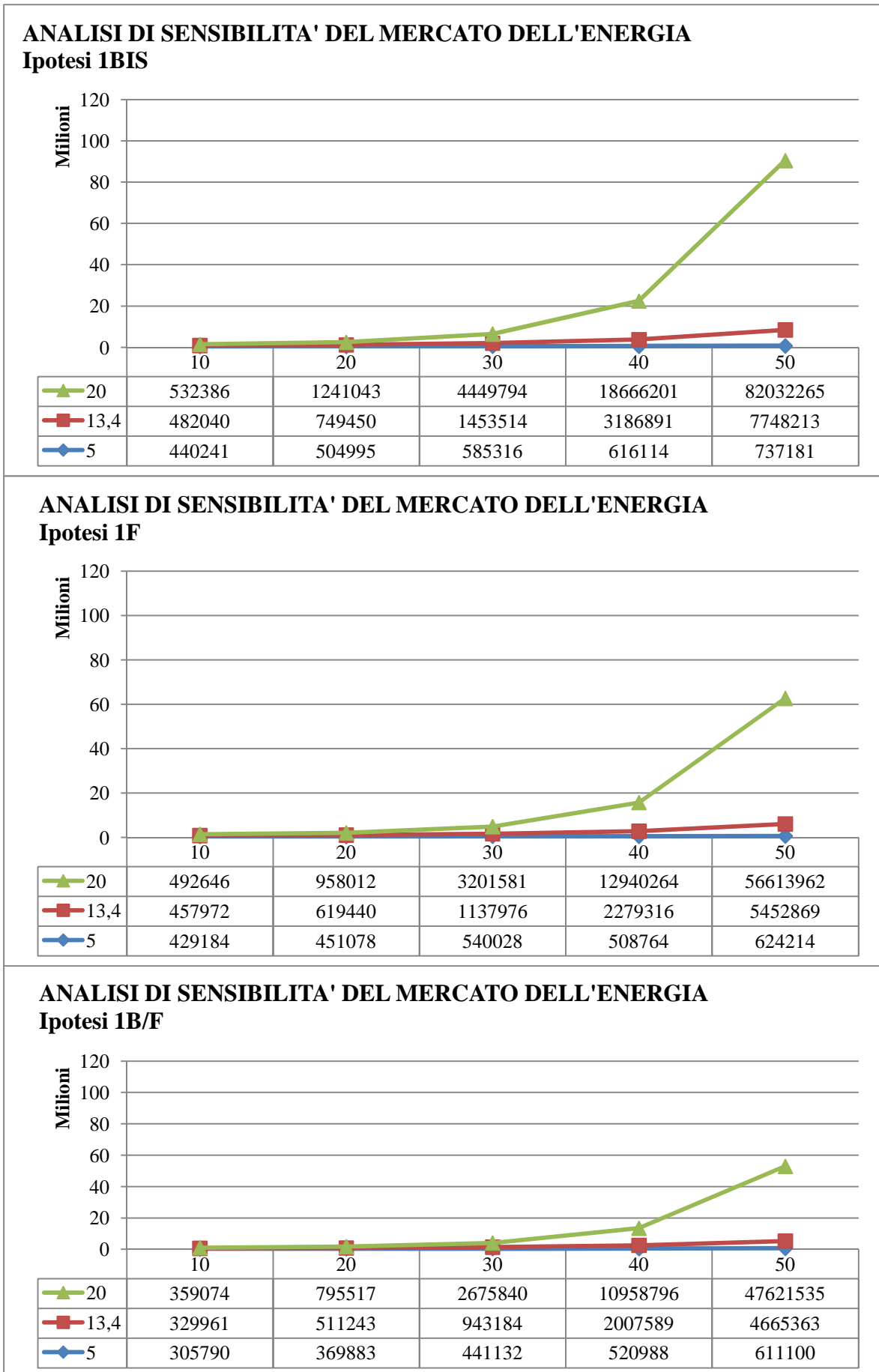


Grafico 9.8 Analisi di sensibilità del mercato dell'energia

## 9.6 Algoritmo

Di seguito definiamo i passaggi utili allo svolgimento dell'intero calcolo, economico/ambientale, in modo da lasciare una linea guida per altri che volessero intraprendere tale tipo di studio.

Raccolta dati:

### 1. *Dati generali del progetto*

superficie lorda riscaldata, volume riscaldata, rapporto s/v; gradi giorno, tecnologia involucro (trasmissione e ponti termici), tecnologia impianto (Produzione /distribuzione /regolazione/ emissione) temperatura interna di progetto;

### 2. *Dati finanziari*

Tasso inflazione nazionale, Tasso di interesse di mercato, Tasso di crescita dei prezzi (manodopera/energia), Durata di calcolo, Periodo di ammortamento, Calcolo dei fattori di sconto e di attualizzazione;

### 3. *Dati ambientali*

GWP, Embodied Energy;

### 4. *Caratteristiche dei sistemi (prestazionali economiche)*

Raccolta dati prestazionali (interventi impianto/interventi involucro); raccolta dati economici prodotti (costo unitario iniziale /Costo unitario di manutenzione/vita del prodotto/); raccolta dati economici energetici (imposte, condizioni economiche di fornitura); raccolta dati economici sugli incentivi.

### 5. *Costi d'investimento $V_0$ : Computo Metrico Estimativo Ambientale*

Quantità U. M.	Prezzo unitario	Costo Totale $V_0$	Vita utile	EE MJ/ U. M.	MJ	GWP 100 kgCO <sub>2</sub> / U. M.	kgCO <sub>2</sub>
-------------------	--------------------	--------------------------	------------	-----------------	----	--------------------------------------	-------------------

### 6. *Costi di sostituzione $C_s$*

Numero e periodo di sostituzione; Fattore di sconto corrispondente  $R_{di}$ .

### 7. *Costi di manutenzione $C_m$*

- Percentuale sul costo d'investimento da accantonare annualmente;
- Fattore di annualizzazione corrispondente  $f_m(n)$ .

### 8. *Costi del Carbonio $C_c$*

- Calcolo delle t CO<sub>2</sub> emesse annualmente;
- Fattore di annualizzazione corrispondente  $f_c(n)$ .

### 9. *Costi energetici $C_e$*

- Fabbisogno annuo;
- Spesa annua basata sulle condizioni economiche di fornitura;

- Fattore di annualizzazione corrispondente  $f_e(n)$ .

**10. Valore Residuo  $V_{Ri}$**

- Percentuale sul costo d'investimento a fine vita considerando un deprezzamento lineare;
- Fattore di sconto corrispondente  $R_{di}$ .

**11. Costo Globale Finanziario/Macroeconomico  $CGM/F j$**

- Somma dei valori scontati all'anno 0;
- Calcolo del risparmio economico raggiunto nei confronti dello stato di fatto.

**12. Calcolo Ambientale  $tCO_{2j}$**

- Somma della  $CO_2$  emessa:
  - nel periodo di calcolo dall'edificio  $tCO_{2e}$ ;
  - nella produzione dei materiali  $tCO_{2p}$ ;
  - nella produzione dei materiali sostituenti  $tCO_{2si}$ ;
- Calcolo del risparmi economico raggiunto nei confronti dello stato di fatto.

**13. Metodo delle annualità**

- Calcolo dell'ammortamento annuale dei costi di investimento/sostituzione;
- somma di tale risultato con i costi annuali (energia/manutenzione)
- Calcolo della quota di ammortamento annuale.

**14. Comparazione dati**

Calcolo dei risparmi rispetto lo stato di fatto ( $CGM/F_0, tCO_{20}$ ) e valutazione del caso più efficiente.

Tabella 9.12 Algoritmo

$V_0$		+	$tCO_{2p}$		+
$CS_i$	x $R_{di}$	+	$tCO_{2si}$	x $n_i$	+
$C_m$	x $f_m(n)$	+			
$C_e$	x $f_e(n)$	+	$tCO_{2e}$		+
$C_c$	x $f_c(n)$	-			
$V_{Ri}$	x $R_{di}$	=			=
<hr/>					
$CGM/F j$		-	$tCO_{2j}$		-
$CGM/F_0$		=	$tCO_{20}$		=
<hr/>					
Risparmio j (€)			Risparmio j ( $tCO_2$ )		

## 9.7 Conclusioni

Gli obiettivi perseguiti dalla tesi sono quelli di trovare il giusto compromesso fra i costi sostenuti dagli investitori (nel nostro caso l'utenza) e l'impatto ambientale in termini di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Questo è perseguibile tramite:

- interventi sull'involucro, migliorando la prestazione energetica globale almeno fino ai minimi di legge. Questo porta benefici su tutti i campi analizzati del 70% (€; tCO<sub>2</sub>; kWh/m<sup>2</sup>a);
- interventi sugli impianti con fonti rinnovabili. Consentono di arrivare ad usufruire degli incentivi, e portano ulteriori benefici su tutti i campi del 40%;
- stabilire quale materiale è più efficiente su tutti i campi analizzati, per concentrare su di esso studi tecnologici/ambientali e politiche finanziarie.

I materiali isolanti di natura sintetica sono più performanti e meno costosi. D'altra parte nella fase di produzione le soluzioni con sughero, canapa e fibra di legno hanno non solo un impatto minore, ma addirittura negativo dovuto alla CO<sub>2</sub> assorbita durante la fase di crescita delle *piantagioni* e portando a prestazioni simili ma a costi più elevati. Il divario *ambientale* in termini di t CO<sub>2</sub> fra le due soluzioni antipodi, si attesta fra 250 e 300 t CO<sub>2</sub>.

Per questo dei materiali di origine vegetale, andrebbe favorito lo studio tecnologico e incentivato l'uso e approfondito il tema del risparmio emissivo/ciclo di vita. Quest'ultimo in particolare va analizzato per non favorire una raccolta eccessiva delle materie prime, che porterebbe a grandi disboscamenti e di conseguenza ad effetti opposti a quelli desiderati.

Per quanto riguarda la tecnologia Vacunanex<sup>®</sup>, questa porta ottime prestazioni a minimi spessori. Dalla valutazione sopra illustrata però, non porta sufficienti vantaggi sia dal punto di vista economico che ambientale da essere nettamente preferita ad altre. È importante tuttavia ricordare che è una tecnologia appena nata, non ancora sufficientemente studiata specialmente sotto il profilo ambientale e con ampi margini di miglioramento sia sotto il profilo ambientale che economico.



# Allegato I Schede LCCA

## Ipotesi 1

General data for calculation				Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years		Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	37
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%		Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years		Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		268387		1	0	268387		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	70300	3	0,89	62583		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	198087,71	3	0,86	169639		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale			
		0,00	2,5	40,33				0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto			
		330374,94	3	0,82		272171		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82		0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		7352	13,4	1134,80				8342630
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80				0
Costo globale per attore						228437,74		8342630,28
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						8571068		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		360	0,179718563	24,71		8888		

Ipotesi 1B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	33
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		268076		1	0	268076	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	235460,49	3	0,86	201644	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5	40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		309385,51	3	0,82		254879	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		6620	13,4	1134,80			7512815
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						243876,75	7512814,86
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						7756692	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		323	0,179718563	24,71		7992	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						7764683,26	



Ipotesi 1F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	23
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		230704		1	60000	170704	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	281116,03	3	0,86	240743	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		314527,39	3	0,82		259115	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4560	13,4	1134,80			5174244
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore					275411,03		5180271,17
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE					5455682		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		221	0,179718563	24,71		5465	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE					5461146,85		

Ipotesi 1F/B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	19,03
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		268076		1	60000	208076		
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	318488,80	3	0,86	272748		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale			
		149,45	2,5	40,33				6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto			
		356344,12	3	0,82		293565		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82		0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		3828	13,4	1134,80				4344429
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80				0
Costo globale per attore						310339,56		4350455,75
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						4660795		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		185	0,179718563	24,71		4568		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						4665362,85		

Ipotesi 2

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	38
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>								
						Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		192915		1	0	192915		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>								
						Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	160298,77	3	0,82	132058		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>								
						Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5		40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>								
						Coefficiente di sconto		
		214658,47	3		0,82	176841		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>								
						Coefficiente di sconto		
		0,00	3		0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>								
						Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7551	13,4		1134,80			8568944
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4		1134,80			0
Costo globale per attore						177167,25		8568943,58
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						8746111		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>								
						Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		370	0,179718563		24,71	9135		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						8755246,30		

Ipotesi 2F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	23,7
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		192915		1	60000	132915	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	160298,77	3	0,82	132058	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		261617,09	3	0,82		215526	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4759	13,4	1134,80			5400557
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						243630,07	5406584,47
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5650215	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		231	0,179718563	24,71		5709	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5655923,44	

Ipotesi 2B

General data for calculation		Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	o del costo del gas		13,4	%	35
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	osto dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		227398		1	0	227398	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
				Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	194782,63	3	0,82	160467	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5	40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		249142,33	3	0,82	205249		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7086	13,4	1134,80			8040879
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore					211651,11		8040879,22
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE					8252530		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		346	0,179718563	24,71	8562		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE					8261092,46		

Ipotesi 2B/F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	21,17
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario	Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		227398		1	60000	167398	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
				Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	194782,63	3	0,82	160467	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		296100,95	3	0,82		243935	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4260	13,4	1134,80			4834774
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						278113,93	4840801,23
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5118915	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		206	0,179718563	24,71		5098	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5124012,80	

Ipotesi 3

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	39,6
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>								
						Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		323670		1	0	323670		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>								
						Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	291053,79	3	0,82	239777		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>								
						Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5		40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>								
						Coefficiente di sconto		
		345413,50	3		0,82	284560		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>								
						Coefficiente di sconto		
		0,00	3		0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>								
						Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7883	13,4		1134,80			8946132
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4		1134,80			0
Costo globale per attore						307922,27		8946132,40
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						9254055		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>								
						Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		386	0,179718563		24,71	9543		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						9263597,52		

Ipotesi 3F

Dati generali per il calcolo			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	25
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		323670		1	60000	263670	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028		1	45666	37363	301032
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	291053,79	3	0,82	239777	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		392372,11	3	0,82		323245	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		5025	13,4	1134,80		5702308	
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80		0	
Costo globale per attore						374385,09	5708335,53
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						6082721	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		244	0,179718563	24,71		6035	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						6088755,74	



Ipotesi 3B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	37
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		385942		1	0	385942	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	353326,63	3	0,82	291079	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5	40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		407686,33	3	0,82		335862	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7285	13,4	1134,80			8267193
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						370195,11	8267192,52
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						8637388	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		356	0,179718563	24,71		8807	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						8646194,43	

Ipotesi 3B/F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	22,38
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		385942		1	60000	325942	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	353326,63	3	0,82	291079	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		454644,95	3	0,82		374547	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4493	13,4	1134,80			5098806
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						436657,93	5104833,41
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5541491	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		218	0,179718563	24,71		5383	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5546874,42	

Ipotesi 4

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	39,6
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario	Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		254454		1	0	254454	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	221838,42	3	0,82	182756	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5	40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		276198,12	3	0,82		227539	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7883	13,4	1134,80			8946132
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						238706,90	8946132,40
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						9184839	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		386	0,179718563	24,71		9543	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						9194382,14	

Ipotesi 4F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	25,4
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		254454		1	60000	194454	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	221838,42	3	0,82	182756	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
		149,45		2,5	40,33		6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		323156,74		3	0,82	266224	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		0,00		3	0,82	0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		5065		13,4	1134,80		5747571
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0		13,4	1134,80		0
Costo globale per attore						305169,72	5753598,19
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						6058768	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		246	0,179718563	24,71		6083	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						6064851,15	

Ipotesi 4B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	36
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		294233		1	0	294233		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	261616,93	3	0,82	215526		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale			
		0,00	2,5		40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto			
		315976,64	3		0,82	260309		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto			
		0,00	3		0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		7219	13,4		1134,80			8191755
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4		1134,80			0
Costo globale per attore						278485,41		8191754,75
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						8470240		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		353	0,179718563		24,71	8725		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						8478965,41		

Ipotesi 4B/F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	22,07
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario	Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		294233		1	60000	234233	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	261616,93	3	0,82	215526	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		362935,25	3	0,82		298995	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4427	13,4	1134,80			5023369
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						344948,23	5029395,64
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5374344	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		215	0,179718563	24,71		5302	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5379645,40	

Ipotesi 5

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	39,6
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		372483		1	0	372483		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	80948	3	0,89	72062		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	178759,98	3	0,82	147267		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale			
		0,00	2,5		40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto			
		361004,78	3		0,82	297404		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto			
		0,00	3		0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		7817	13,4		1134,80			8870695
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4		1134,80			0
Costo globale per attore						294407,15		8870694,64
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						9165102		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		383	0,179718563		24,71	9461		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						9174563,07		

Ipotesi 5F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	25
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		372483		1	60000	312483	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	80948	3	0,89	72062	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	178759,98	3	0,82	147267	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
		149,45		2,5	40,33		6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		407963,39		3	0,82	336090	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		0,00		3	0,82	0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		5005		13,4	1134,80		5679677
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0		13,4	1134,80		0
Costo globale per attore						360869,96	5685704,20
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						6046574	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		243	0,179718563	24,71		6009	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						6052582,78	



Ipotesi 5B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	36,9
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		453503		1	0	453503	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	93421	3	0,89	83166	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	218204,67	3	0,82	179762	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5	40,33		0	
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		433452,07	3	0,82		357088	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7152	13,4	1134,80		8116317	
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80		0	
Costo globale per attore						359343,11	
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						8475660	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		350	0,179718563	24,71		8644	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						8484303,78	

Ipotesi 5B/F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	21,83
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		453503		1	60000	393503	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	93421	3	0,89	83166	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	218204,67	3	0,82	179762	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		480410,69	3	0,82		395774	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4360	13,4	1134,80			4947931
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						425805,93	4953957,88
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5379764	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		211	0,179718563	24,71		5220	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5384983,78	

Ipotesi 6

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	39
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		365070		1	0	365070	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	70300	3	0,89	62583	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		1857,05	2,5	40,33			74891
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		290595,62	3	0,82		239400	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		7817	13,4	1134,80		8870695	
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80		0	
Costo globale per attore					188252,98		8945585,70
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE					9133839		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		383	0,179718563	24,71		9461	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE					9143299,96		

Ipotesi 6F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	24,9
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		365070		1	60000	305070		
Costo d'investimento sistemi energetici		83028		1	45666	37363		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	70300	3	0,89	62583		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale			
		2006,51	2,5	40,33				80918
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto			
		337554,23	3	0,82		278085		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82		0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		4985	13,4	1134,80				5657046
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80				0
Costo globale per attore						254715,79		5737963,93
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5992680		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		242	0,179718563	24,71		5987		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5998666,73		

Ipotesi 6B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	32,3
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario	Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		749774		1	0	749774	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	70300	3	0,89	62583	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		4280,69	2,5	40,33			172631
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		512520,44	3	0,82		422226	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		6421	13,4	1134,80			7286502
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						390129,82	7459132,63
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						7849262	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		313	0,179718563	24,71		7747	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						7857009,43	

Ipotesi 6B/F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	17,98
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		749774		1	60000	689774	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	70300	3	0,89	62583	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
		4430,14	2,5		40,33		178658
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		559479,05	3		0,82	460912	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		0,00	3		0,82	0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		3629	13,4		1134,80		4118115
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4		1134,80		0
Costo globale per attore					456592,63		4296773,52
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE					4753366		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		175	0,179718563		24,71	4323	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE					4757689,42		

Ipotesi 7

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera			2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas			13,4	%	38,89
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio			0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità			13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale		Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi			
Costo d'investimento costruzione		126880		1	0	126880		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0		
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0		
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0		
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0		
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0		
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035		
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0		
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0		
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0		
Programma di sostituzione per il	50	anno	94263,91	3	0,82	77657		
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale			
		0,00	2,5	40,33				0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto			
		148623,61	3	0,82		122440		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82		0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		7618	13,4	1134,80				8644381
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80				0
Costo globale per attore						111132,39		8644381,34
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						8755514		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		373	0,179718563	24,71		9217		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						8764730,76		

Ipotesi 7F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	24,12
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		126880		1	60000	66880	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	94263,91	3	0,82	77657	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		195582,23	3	0,82		161125	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>							
					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4820	13,4	1134,80		5469206	
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80		0	
Costo globale per attore						177595,21	5475232,84
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						5652828	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>							
					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		234	0,179718563	24,71		5784	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						5658611,57	



Ipotesi 7B

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	34,3
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		165672		1	0	165672	
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0	0	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>					Coefficiente di sconto		
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	133056,01	3	0,82	109615	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		0,00	2,5	40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		187415,71	3	0,82		154398	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		6820	13,4	1134,80			7739128
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore						149924,49	7739128,16
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						7889053	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		333	0,179718563	24,71		8236	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						7897288,96	

Ipotesi 7B/F

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	20,04
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	50	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>					Incentivi		
Costo d'investimento costruzione		165672		1	60000	105672	
Costo d'investimento sistemi energetici		83028,31		1	45666	37363	
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>							
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	61250,49	3	0,93	56682	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	32616	3	0,89	29035	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	83028,31	3	0,86	71104	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	133056,01	3	0,82	109615	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>					Fattore di valore attuale		
		149,45	2,5	40,33			6027
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>					Coefficiente di sconto		
		234374,32	3	0,82		193083	
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>					Coefficiente di sconto		
		0,00	3	0,82		0	
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo dell'energia 1 - Gas		4028	13,4	1134,80		4570742	
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80		0	
Costo globale per attore						216387,30	4576769,05
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE						4793156	
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>					Fattore di valore attuale		
Costo del Carbonio		195	0,179718563	24,71		4812	
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE						4797968,55	

Stato di Fatto

General data for calculation			Tasso di sviluppo del costo di manodopera		2,5	%	kWh/m <sup>2</sup> a
Durata di calcolo	50	years	Tasso di sviluppo del costo del gas		13,4	%	139
Tasso di inflazione annuo (ITA 2012)	3	%	Tasso di sviluppo del costo del Carbonio		0,18	%	
Tasso di interesse di mercato	3,4	years	Tasso di sviluppo del costo dell'elettricità		13,4	%	
Periodo di ammortamento dell'edificio	30	TOTALE IVA incl. Anno 0	Tasso di inflazione	Fattore di valore attuale	Totale da pagare per il proprietario		Totale da pagare per l'occupante
<b>1-Costo d'investimento (STEP 3.1)</b>							
Costo d'investimento costruzione		0		1	0		
Costo d'investimento sistemi energetici		0,00		1	0		
<b>2-Costo di Sostituzione (STEP 3.2)</b>				Coefficiente di sconto			
Programma di sostituzione per il	5	anno	0,00	3	0,98	0	
Programma di sostituzione per il	10	anno	0,00	3	0,96	0	
Programma di sostituzione per il	15	anno	0,00	3	0,94	0	
Programma di sostituzione per il	20	anno	0,00	3	0,93	0	
Programma di sostituzione per il	25	anno	0,00	3	0,91	0	
Programma di sostituzione per il	30	anno	0,00	3	0,89	0	
Programma di sostituzione per il	35	anno	0,00	3	0,87	0	
Programma di sostituzione per il	40	anno	0,00	3	0,86	0	
Programma di sostituzione per il	45	anno	0,00	3	0,84	0	
Programma di sostituzione per il	50	anno	0,00	3	0,82	0	
<b>3-Costo di Manutenzione (STEP 3.3)</b>				Fattore di valore attuale			
		0,00	2,5	40,33			0
<b>3-Valore residuo (STEP 3.4)</b>				Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82	0		
<b>3-Costo di Smaltimento (STEP 3.5)</b>				Coefficiente di sconto			
		0,00	3	0,82	0		
<b>4-Costi dell'energia (STEP 4.2)</b>				Fattore di valore attuale			
Costo dell'energia 1 - Gas		27228	13,4	1134,80			30898522
Costo dell'energia 2 - Elettricità		0	13,4	1134,80			0
Costo globale per attore					0,00		30898522,14
metodo finanziario COSTO GLOBALE TOTALE					30898522		
<b>4bis-Costi del Carbonio (STEP 4.3)</b>				Fattore di valore attuale			
Costo del Carbonio		1333	0,179718563	24,71	32949		
metodo macroeconomico COSTO GLOBALE TOTALE					30931471,48		



## **Allegato II Elaborati Grafici**

---



## Bibliografia

---

- [1.B.] A. Fassi e L. Maina, (2006), *L'isolamento Ecoefficiente*, via Natale Battaglia 10, 20127 Milano, Edizione Ambiente srl.
- [2.B.] T. Cozzi, S. Zamagni, (2003), *Istituzioni di economia politica*, Edizioni il Mulino.
- [3.B.] G. Pongiluppi, (2006), *Strumenti matematici per le operazioni di stima dell'estimo civile*, II Edizione, Bologna, CLUEB.
- [4.B.] M. Lavagna, M. Bonanomi, C. de Flumeri, (2012), *Edifici a consumo energetico zero*, via del Caprino, 8 Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, Progettazione Techine &Materiali.
- [5.B.] M. Lavagna, M. Paleari, D. Mondini, (2011), *Murature ad alte prestazioni*, via del Caprino, 8 Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, Progettazione Techine &Materiali.
- [6.B.] *Prezzi al Consumo dati definitivi*, Novembre 2012, Ufficio stampa Istat
- [7.B.] Prof. P. Capros, Dr. L. Mantzos, N. Tasios, A. De Vita, N. Kouvaritakis, *EU Energy trend sto 2030 – Update 2009*, EUROPEAN COMMISSION Directorate-General for Energy in collaboration with Climate Action DG and Mobility and Transport DG
- [8.B.] C. Andreussi M. Festa Vi. Chiorazzo,(2012) *Rapporto immobiliare 2012, il settore residenziale*, Agenzia del Territorio in collaborazione con ABI.
- [9.B.] E. Mazzucotelli R.Celeprin, (2012), Relatore L.E. Malighetti, *La Valle della Galavesa e Nesolio: strategie di intervento per un recupero sostenibile*, Politesi Tesi specialistiche/Magistrali
- [10.B.]A. Gorret G. Esposito P. Calderone, *Le agevolazioni fiscali per il risparmi energetico*, (agosto 2012), Agenzia delle Entrate.
- [11.B.]Anna Szymanowska, Supervisors B. Gunnarson P. Jensson A. Williams, (2011), *The significance of solar hot water installations in meeting CO2 emissions reduction*, Master's thesis done at RES | The School for Renewable Energy Science in affiliation with University of Iceland & University of Akureyri.
- [12.B.]A. Binz et al, *Beat NussbaumeVacuum Insulation in the Building Sector Systems and Applications*, (2005) HiPTI - High Performance Thermal Insulation IEA/ECBCS Annex 39
- [13.B.] C. Boffa, G. Riva, G. Dall'ò, G. Murano,CTI e MCE (2012), *Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia Rapporto 2012*, Secondo forum nazionale sulla certificazione energetica

[14.B.]Riccardo Campana (2012), *Norma e progetto del retrofit energetico. Un caso di housing sociale*



## **Direttiva di Riferimento**

---

- [1.N.] DIRETTIVA EUROPEA 2010/31/UE;
- [2.N.] REGOLAMENTO DELEGATO 244/2012/UE;
- [3.N.] REGOLAMENTO DELEGATO 2012/C 115/01;
- [4.N.] UNI EN 15459;
- [5.N.] UNI TS 11300;
- [6.N.] UNI EN ISO 14025;
- [7.N.] ELENCO REGIONALE DEI PREZZI DELLE OPERE PUBBLICHE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, EDIZIONE 2012, ART. 8 LEGGE REGIONALE N. 11/2010ART. 133, DECRETO LEGISLATIVO 163/2006.

## Sitografia

---

- [1.S.] <http://shop.cti2000.it>
- [2.S.] <http://www.astm.org>
- [3.S.] <http://www.ordinearchitetticomo.it>
- [4.S.] [http://www.wbdg.org/design/utilize\\_management.php](http://www.wbdg.org/design/utilize_management.php)
- [5.S.] <http://www.ncef.org/rl/lifecycle.cfm>
- [6.S.] <http://www.energy.eu/>
- [7.S.] [http://www.autorita.energia.it/it/dati/elenco\\_dati.htm](http://www.autorita.energia.it/it/dati/elenco_dati.htm)
- [8.S.] <http://italiaecosostenibile.it>
- [9.S.] <http://www.ipcc.ch>
- [10.S.] <http://www.atmosphere.mpg.de>
- [11.S.] <http://www.eniscuola.net>
- [12.S.] <http://www.enel.it>
- [13.S.] <http://www.enelenergia.it>
- [14.S.] <http://www.eon-rete.com>
- [15.S.] <http://www.softwareparadiso.it>
- [16.S.] <http://www.oldhouseweb.com>
- [17.S.] <http://www.ehow.com>
- [18.S.] <http://it.win-direct.com>
- [19.S.] <http://www.icoslarco.it>
- [20.S.] <http://tagliabolletta.it>
- [21.S.] <http://www.eni.com>
- [22.S.] <http://www.pmi.it/economia/green-economy>
- [23.S.] <http://www.enerpoint.it/solare/fotovoltaico>
- [24.S.] <http://www.enipower.it>
- [25.S.] <http://www.pvcycle.org>
- [26.S.] <http://www.greenspec.co.uk/embodied-energy.php>
- [27.S.] <http://www.ecomastri.it/utilita/materiali.htm>
- [28.S.] <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/58761>
- [29.S.] <http://eu.i2.saiglobal.com/management/>
- [30.S.] <http://www.vacunanex.it/default.html>

## Indice delle figure

---

Fig. 2.1 La radiazione solare .....	3
Fig. 2.2 protocollo di Kyoto .....	11
Fig. 2.3 Regioni italiane con certificazione energetica .....	13
Fig. 3.1 Illustrazione schematica dello schema di calcolo .....	25
Fig. 3.2 categorizzazione dei costi secondo la metodologia quadro .....	28
Fig. 3.3 Calcolo del valore residuo di un elemento edilizio con un ciclo di vita più lungo del periodo di calcolo .....	30
Fig. 3.4 Calcolo del valore residuo di un elemento edilizio con un ciclo di vita più breve del periodo di calcolo .....	30
Fig. 3.5 Differenti varianti nel grafico e posizione della fascia ottimale in funzione dei costi	33
Fig. 3.6 Concetto del valore residuo.....	37
Fig. 3.7 Crescita del valore durante il periodo di calcolo.....	38
Fig. 3.8 Calcolo delle annualità.....	38
Fig. 3.9 Esempio di dati per ciclo di vita, costi di mantenimento e smaltimento.....	40
Fig. 3.10 Esempio di foglio di calcolo per Costo Globale .....	41
Fig. 3.11 Esempio di foglio di calcolo per annualità.....	42
Fig. 4.1 EcoAbita, dati generali .....	44
Fig. 4.2 EcoAbita, strutture .....	45
Fig. 4.3 EcoAbita, archivi.....	45
Fig. 4.4 EcoAbita, archivio utente.....	46
Fig. 4.5 EcoAbita, stratigrafia .....	46
Fig. 4.6 EcoAbita, prospetti.....	47
Fig. 4.7 EcoAbita, impianto riscaldamento .....	48
Fig. 4.8 EcoAbita, impianto acqua calda sanitaria .....	49
Fig. 4.9 EcoAbita, risultati .....	50
Fig. 6.1 Contestualizzazione.....	53
Fig. 6.2 Via Corticella .....	54
Fig. 6.3 Via Shakespeare .....	55
Fig. 6.4 Centro di Corticella .....	55
Fig. 6.5 Palazzine di via Verne.....	56
Fig. 6.6 Palazzine di vie Verne.....	56
Fig. 7.1 Perdite di calore.....	63
Fig. 7.2 Evoluzione della trasmittanza .....	70
Fig. 7.3 Scheda tecnica Tecnowood Cap.....	80

Fig. 7.4 Scheda tecnica Isolcell .....	83
Fig. 7.5 Struttura del polistirene .....	84
Fig. 7.6 Scheda Tecnica Geolan B-001 .....	88
Fig. 7.7 Pannelli Vacunanex.....	89
Fig. 7.8 Analisi ambientale del Vacunanex .....	92
Fig. 7.9 Scheda Tecnica Vacunanex.....	94
Fig. 7.10 Infisso Rehau Geneo .....	95
Fig. 7.11 Ingrandimento Cella Fotovoltaica.....	96
Fig. 7.12 Moduli Impianto Solare Termico.....	97
Fig. 8.1 Inflazione acquisita .....	100
Fig. 8.2 Condizioni Economiche di Fornitura .....	104
Fig. 8.3 Scheda Costo Globale, Ipotesi 1F .....	109
Fig. 8.4 Scheda Costo Annuale .....	111
Fig. 8.5 Scheda Costo GLobale, Ipotesi 3F.....	117
Fig. 8.6 Scheda Costo annuale, Ipotesi 3F .....	119

## Indice delle tabelle

---

Tabella 2.1 Quadro legislativo europeo.....	16
Tabella 2.2 Quadro legislativo nazionale .....	16
Tabella 2.3 Quadro legislativo Emilia-Romagna .....	18
Tabella 3.1 Evoluzione dei prezzi del carbonio.....	24
Tabella 3.2 Andamento dei prezzi dell'elettricità 2009 .....	35
Tabella 7.1 Impatti ambientali degli isolanti .....	64
Tabella 7.2 Energia Incorporata .....	65
Tabella 7.3 Isolanti scelti.....	69
Tabella 7.4 Interventi Ipotizzati.....	71
Tabella 7.5 Isolante in Sughero .....	74
Tabella 7.6 Isolante Canna Palustre .....	77
Tabella 7.7 Isolante Fibra di Legno.....	79
Tabella 7.8 Isolante Fibra di Cellulosa.....	82
Tabella 7.9 Isolante EPS.....	85
Tabella 7.10 Isolante Lana di Roccia .....	87
Tabella 7.11 Isolante Vacuum .....	93
Tabella 7.12 Dati Ambientali Pannelli Fotovoltaici.....	96
Tabella 7.13 Dati Ambientali Modulo Solare Termico.....	97
Tabella 8.1 spessori isolanti e trasmittanza, Ipotesi 1F.....	99
Tabella 8.2 Dati Finanziari .....	99
Tabella 8.4 Costi d'investimento, Ipotesi 1F .....	101
Tabella 8.3 Evoluzione del prezzo del carbonio.....	101
Tabella 8.5 Emissioni CO <sub>2</sub> in produzione, Ipotesi 1F.....	102
Tabella 8.6 Costi di sostituzione, Ipotesi 1F .....	103
Tabella 8.7 Costi di manutenzione, Ipotesi 1F.....	103
Tabella 8.8 Costi energetici, Ipotesi 1F.....	105
Tabella 8.9 Costi del Carbonio, Ipotesi 1F.....	105
Tabella 8.10 Incentivi .....	106
Tabella 8.11 Definizione del fabbisogno minimo per accedere agli incentivi .....	107
Tabella 8.12 Trasmittanze minime per accedere agli incentivi .....	107
Tabella 8.13 Valore Residuo, Ipotesi 1F .....	108
Tabella 8.14 isolanti e trasmittanza, Ipotesi 3F.....	112
Tabella 8.15 Dati Finanziari, Ipotesi 3F.....	112
Tabella 8.16 Costi d'investimento, Ipotesi 3F .....	112

Tabella 8.17 Emissioni CO <sub>2</sub> in produzione, Ipotesi 3F.....	113
Tabella 8.18 Costi di sostituzione, Ipotesi 3F .....	114
Tabella 8.19 Costi di manutenzione, Ipotesi 3F .....	114
Tabella 8.20 Costi Energetici, Ipotesi 3F .....	115
Tabella 8.21 Costi del Carbonio, Ipotesi 3F.....	115
Tabella 8.22 VAlore Residuo, Ipotesi 3F.....	116
Tabella 9.1 Risultati.....	121
Tabella 9.2 Risultati EPS.....	122
Tabella 9.3 Risultati Canapa.....	122
Tabella 9.4 Risultati Sughero .....	122
Tabella 9.5 Risultati C.Palustre/Sughero.....	122
Tabella 9.6 Risultati Fibra di Legno/Sughero .....	123
Tabella 9.7 Risultati Vacunanex.....	123
Tabella 9.8 Risultati Lana di Roccia .....	123
Tabella 9.9 Medie interventi.....	123
Tabella 9.10 Ipotesi progettuali .....	124
Tabella 9.11 Costi energetici, Stato di Fatto .....	130
Tabella 9.12 Algoritmo .....	134

## Indice dei grafici

---

Grafico 7.1 Impatti .....	66
Grafico 7.2 Embodied Energy .....	66
Grafico 7.3 Valutazione Impatti / Consumo Energia Primaria .....	67
Grafico 7.4 Valutazione Impatti/EE isolanti di origine vegetale.....	67
Grafico 7.5 Valutazione Impatti / EE isolanti di origine minerale.....	68
Grafico 7.6 Valutazione Impatti / EE di origine sintetica .....	68
Grafico 7.7 Conducibilità Termica.....	69
Grafico 9.1 Costi d'investimento .....	124
Grafico 9.2 Rapporto Costi/Benefici Utenti .....	125
Grafico 9.3 Rapporto Costi/Benefici Focus BF.....	125
Grafico 9.4 Rapporto costo utente/ benefici sociali .....	126
Grafico 9.5 Costi utente / benefici sociali Focus BF.....	126
Grafico 9.6 Risultati LCCA.....	128
Grafico 9.7 Risultati Costi Annuali .....	129
Grafico 9.8 Analisi di sensibilità del mercato dell'energia.....	132





## Ringraziamenti

---

Le persone da ringraziare alla fine di un percorso lungo e difficile non sono mai poche, spero che queste modiche parole siano adeguate al compito loro affidato.

Ringrazio i miei instancabili genitori per il loro persistente appoggio.

Francesco: il fratello che tutti vorrebbero avere.

Laura. A lei il ringraziamento più grande, la persona che mi ha permesso di ricominciare e finire questo percorso, per le sue parole, le sue piccole azioni quotidiane, il raggio di luce nel momento più difficile della mia vita.

Stefano, per la condivisione, non solo dell'esperienza universitaria, ma di una bel pezzo di strada fatto insieme.

Yannick, per essere un amico fidato sempre presente.

Francesca, per l'amicizia che ci lega da sempre.

Eleonora, Paride, Stefano P. Elena, Stefania ed Alessandro per gli anni universitari condivisi e i meravigliosi giorni passati insieme.

Gianluca, Fabio, Pietro, Marco, Stefano G., Andrea e Simone, magnifici coinquilini.

Ringrazio il corpo docente del nostro corso di laurea ed in particolare il Prof. Riccardo Gulli, l'Ing. Luca Boiardi e l'Ing. Marco A. Bragadin, che hanno permesso il coronamento di questa esperienza.