



# **UNIVERSITÀ CA' FOSCARI VENEZIA**

**FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE AMBIENTALI**

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE AMBIENTALI**

## **TESI DI LAUREA**

### **ESPERIENZE DI COSTRUZIONI ABITATIVE A BASSO IMPATTO AMBIENTALE**

**RELATORE: CH.MO PROF. GABRIELE ZANETTO**

**CORRELATORE: ROBERTO PELLAY**

**LAUREANDO: MANUELE SALVADOR**

**MATRICOLA: 791571**

**ANNO ACCADEMICO 2004-2005**

## **Indice**

**1 Introduzione: Esigenze di risparmio idrico ed energetico**

**2 Impatto ambientale dell'edilizia**

**3 Ruolo dell'edilizia nel risparmio energetico e politiche ambientali**

**4 Verso l'edilizia sostenibile**

**4.1 La casa biotecnologia**

**4.2 Edifici a basso consumo energetico**

**4.3 La casa passiva**

**4.4 La casa a guadagno diretto**

**4.5 La casa MINERGIE**

**4.6 La casa a bilancio energetico positivo**

**4.7 Mercato attuale degli edifici a basso consumo energetico**

**4.8 Casaclima**

**5 Residenza studentesca con materiali biocompatibili e tecnologie che consentano la totale indipendenza dal punto di vista energetico e idrico**

**5.1 Introduzione**

**5.2 Obiettivi del progetto**

**5.2.1 Energia**

**5.2.2 Acqua**

**5.2.3 Materiali**

**5.2.4 Comfort e salute**

**5.3 Analisi dei costi**

**5.4 Politiche ambientali**

**6 Conclusioni**

**7 Bibliografia**

## **1 Introduzione: Esigenze di risparmio idrico ed energetico**

Il risparmio energetico e idrico è ormai una necessità indiscutibile dei nostri giorni. Queste risorse sono preziose e in pericolo e nel futuro lo diventeranno sempre di più. Le fonti energetiche fossili, petrolio, gas, carbone che, secondo il dossier dell'Enea "Rapporto energia e ambiente 2004", rappresentano l'89,2% dei consumi di energia mondiale, sono risorse finite e in via di esaurimento. Le stime del rapporto parlano di un tempo di esaurimento che va dai 20 ai 100 anni. Secondo la peggior ipotesi il picco dell'estrazione del greggio sarà nel 2010, poi la produzione inizierà a calare, mentre per le più ottimistiche la produzione aumenterà fino al 2020 o 2030.

Lo stesso dossier mostra l'Italia nel 2003 in una preoccupante posizione di dipendenza energetica dell' 84,6% (importazioni nette/ (produzione+importazioni nette)\* 100).

L' argomento però non riguarda solo l' economia o la geopolitica, la questione è anche ambientale. Sul finire del XX secolo, infatti, è stato riscontrato un cambiamento climatico diverso nell'intensità e velocità rispetto a qualunque altro periodo della storia umana.

Alcune attività umane sono state identificate responsabili di questo fenomeno, come il bruciare combustibili fossili per produrre energia, la deforestazione, l'immissione nell'ambiente di sostanze inquinanti da parte delle attività antropiche perché hanno aumentato la concentrazione in atmosfera dei cosiddetti gas serra, che contribuiscono ad evitare la dissipazione del calore.

"Riscaldamento globale" è stato il termine con il quale si è identificato il fenomeno ma l'aumento di temperatura che potrebbe giungere a 5,8°C nei prossimi 100 anni è solo uno dei potenziali risultati.

Il livello globale dei mari è salito tra i 10 e i 20 centimetri negli ultimi 100 anni, con un tasso di crescita di 0,5 mm annui, circa 10 volte il tasso registrato negli ultimi 3mila anni. La causa principale è stata individuata nell'aumento di temperatura dal 1860 ad oggi stimato tra i 0,2 e 0,6 gradi C. Il livello del mare continuerà a salire anche in futuro con stime tra i 9 e gli 88 cm con la conseguenza dell'aumento della temperatura dell'acqua marina, dello scioglimento delle calotte glaciali, dell'aumento del tasso di evaporazione e modificazioni dell'ecosistema marino cambiamenti di habitat quindi delle catene trofiche con l'estinzione di specie e l'introduzione di altre alloctone.

I cambiamenti saranno a diversi livelli, dalla scala locale a quella globale e interesseranno anche i movimenti delle correnti, delle maree, i movimenti verticali della crosta terrestre.

Le coste subiranno le prime conseguenze con l'aumento dell'erosione e di fenomeni estremi come onde anomale, alte maree, tsunami, e la riduzione delle riserve di acqua potabile per l'intrusione dell'acqua salata nelle falde. Ci saranno la scomparsa di isole e arcipelaghi, pianure costiere e allagamenti di città con danni per l'economia portuale, turistica e della pesca.

Gli effetti riguarderanno anche la salute umana, con la riduzione delle riserve alimentari a causa degli effetti negativi sulla pesca, la scomparsa di ampi delta tra i più produttivi al mondo come quello del Nilo, del Mekong o del Gange; la migrazione di popolazioni verso zone più riparate incrementerà il rischio di infezioni ed epidemie.

La composizione e la distribuzione degli ecosistemi ambientali subirà un mutamento parallelo a quello climatico, molte specie non saranno in grado di rispondere alle pressioni esterne e scompariranno, i flussi migratori subiranno cambi di rotta, le foreste subiranno alterazioni in diversità e distribuzione, è previsto l'aumento della taiga a danno della tundra, delle zone aride e semi-aride a causa della redistribuzione delle precipitazioni, la scomparsa di molti ghiacciai alpini e gli ecosistemi ad essi legati, con effetti rilevanti sulla biodiversità del pianeta.

Per trattare il problema del cambiamento climatico è necessario affrontare la questione energetica, con una politica di razionalizzazione dei consumi e di efficienza energetica, ma come obiettivo primario c'è l'immediata riduzione delle emissioni dei gas serra.

Come si può vedere dalla tabella qui sotto, le emissioni sono derivanti in larga parte da usi di fonti energetiche, e i settori maggiormente coinvolti sono quello industriale manifatturiero e costruzioni, industriale energetico, trasporti e civile.

Emissioni in Italia ( Milioni tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub>)

anno	1990	2000	2010
<b>DA USI DI FONTI ENERGETICHE, di cui</b>	<b>424,9</b>	<b>452,3</b>	<b>484,1</b>
-industrie energetiche	147,4	160,8	170,4
termoelettrico	124,0	140,0	150,1
raffinazione (consumi diretti)	18,0	17,4	19,2
altro	5,5	3,4	1,1
-industria manifatturiera e costruzioni	85,5	77,9	80,2
-trasporti	103,5	124,7	142,2
-civile (incluso terziario e Pubbl. Amm. ne)	70,2	72,1	74,1
-agricoltura	9,0	9,0	9,6
-altro	9,3	7,8	7,6
<b>DA ALTRE FONTI</b>	<b>96,1</b>	<b>04,5</b>	<b>95,6</b>
-processi industriali (industria mineraria, chimica)	35,9	33,9	30,4
-agricoltura	43,4	42,6	41,0
-rifiuti	13,7	14,2	7,5
-altro (solventi, fluorurati)	3,1	3,8	16,7
<b>TOTALE</b>	<b>521,0</b>	<b>546,8</b>	<b>579,8</b>

(fonte: Ministero dell' Ambiente e delle Tutela del Territorio)

Il Protocollo di Kyoto è una risposta della comunità internazionale al cambiamento climatico. E' un trattato Internazionale stipulato tra i paesi industrializzati, esclusi gli USA, durante la Terza conferenza delle Parti il 10 dicembre 1997.

L'accordo, ratificato dall'Italia, prevede la riduzione delle emissioni dei gas serra per i paesi firmatari.

L'obiettivo di riduzione per l'Italia è pari al 5,2% rispetto ai livelli del 1990; pertanto, tenendo conto dei dati registrati al 1990, la quantità di emissioni assegnate all'Italia non potrà eccedere nel periodo 2008-2012 il valore di 487,1 Mt CO<sub>2</sub> eq. (valore obiettivo per l'Italia).

Negli ultimi anni le emissioni sono cresciute ulteriormente raggiungendo una soglia di riduzione del 12%; in particolare nel settore dei trasporti e delle centrali termoelettriche; solo grazie agli accordi raggiunti a Marrakech che hanno introdotto alcuni meccanismi che prevedono la possibilità di recuperare quote di emissione con interventi in altri paesi la soglia di riduzione è scesa al 7,5%.

## 2 Impatto ambientale dell' edilizia

L' edilizia gioca un ruolo importante nell'ambiente sul piano energetico e idrico, ed è considerata tra le attività antropiche a più grande impatto ambientale.

Esso si esplicita in:

- un consumo di territorio e un conseguente “inquinamento urbanistico”, oggi ingiustificato in presenza di una ormai più che decennale stasi demografica
- una forte pericolosità delle tecniche costruttive e dei materiali utilizzati da alcuni decenni in edilizia: migliaia di prodotti per lo più sintetici a base di sostanze petrolchimiche di riconosciuta tossicità rendono un cantiere edile un “impianto produttivo ad alto rischio”
- un consumo incontrollato di risorse spesso non riproducibili, in particolare petrolio e acqua. (circa il 50% delle risorse sottratte alla natura sono destinate in Europa all'industria edilizia) (Wienke)
- un massiccio consumo di energia di origine fossile (circa il 45% dell'energia prodotta in Europa viene utilizzato nel settore edilizio) (Wienke)
- una produzione di inquinamento atmosferico crescente e responsabile di fenomeni di inquinamento globale quali effetto serra e buco nella fascia di ozono (circa il 50% dell'inquinamento atmosferico è prodotto in Europa dal settore edilizio) (Wienke)
- una produzione massiccia di scorie e rifiuti (circa il 50% dei rifiuti prodotti annualmente in Europa proviene dal settore edilizio, in Germania addirittura il 70 %) (Wienke)

Il settore edilizio deve quindi spingersi verso nuove forme di pensare, progettare, costruire gli edifici, deve puntare all'efficienza e alla corretta gestione delle risorse.

L'Architettura Bioecologica costituisce oggi una risposta allo stato di progressivo degrado e distruzione dell'ambiente che ci ospita. Secondo l'ANAB, Associazione Nazionale Architettura Bioecologica, associazione che raggruppa diversi professionisti del campo, l'Architettura Bioecologica va intesa come una parte specialistica dell'Architettura e deve essere in grado di creare "case" e quindi "città" intese come organismi viventi. Il suffisso "bio" si riferisce, in modo molto ampio, alla auspicata presenza di "vita" in un'architettura, ormai ritenuta per diversi aspetti e da diversi punti di vista e soprattutto in Italia, sempre più morente. Il termine "ecologico" rappresenta invece l'esplicitazione della volontà che l'Architettura crei luoghi che sappiano rapportarsi in modo equilibrato con l'ambiente in cui si inseriscono e che necessariamente trasformano.

L'Architettura Bioecologica si pone come una radicale rilettura, una sorta di rifondazione dell'Architettura stessa che prende origine da un vasto campo di ricerche fortemente interdisciplinari e interconnesse. Questo termine è quindi giustificato, ancora oggi, dalla necessità di rendere riconoscibile e individuabile, anche al prezzo di qualche equivoco, un percorso di ricerca tecnica e culturale ancora acerbo ma non è ovviamente per nulla rappresentativo della complessità delle interazioni messe in gioco quando si pensa ad una Architettura fatta per la vita.

### **3 Ruolo dell'edilizia nel risparmio energetico e politiche ambientali**

Prima di arrivare alla casa Bioecologica, l'edilizia sta sviluppando già da alcuni anni una tecnologia che permetta di migliorare notevolmente il bilancio energetico degli edifici aprendo nuovi scenari nella riduzione delle emissioni di gas serra.

Quella energetica infatti è forse la problematica sulla quale si sono fatti i maggiori passi in avanti con la progettazione di edifici che puntino al risparmio e all'efficienza.

Il settore edilizio rappresenta lo 0,09 % dei consumi totali energetici in Italia con 165 migliaia di tep annui (fonte: Comune di Venezia- Piano Energetico Ambientale 2003) con 51 migliaia di tep di prodotti petroliferi e un 114 di migliaia di tep di energia elettrica.

Per quanto riguarda l'uso energetico residenziale troviamo un consumo di 27.791 migliaia di tep, dove le fonti di combustibili fossili rappresentano il 76,6%, con un consumo che rappresenta il 21,21% dei consumi energetici finali del paese più o meno la quota dei trasporti (fonte: Comune di Venezia- Piano Energetico Ambientale 2003).

Questo significa che una politica di risparmio energetico e di razionalizzazione delle risorse può partire dal settore edilizio con l'uso di fonti energetiche sostenibili come l'energia solare, l'energia da biomassa, che evitino l'uso di combustibili fossili.

La percentuale maggiore dei consumi all'interno delle nostre case è rappresentata dal riscaldamento, con più del 70%, per il quale si utilizzano principalmente gasolio e metano (fonte: Comune di Venezia- Piano Energetico Ambientale 2003). Oggi si costruiscono case poco efficienti dal punto di vista energetico ed ecologico, e questo avrà ripercussioni negative per decenni sul consumo energetico e sul clima. La riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento, grazie allo sviluppo della tecnologia e l'uso di tecniche di costruzione adeguate e di risanamento degli edifici già esistenti, rappresenta quindi un grande potenziale di risparmio delle emissioni dei gas serra.

L'Unione Europea ha riconosciuto il ruolo fondamentale che l'edilizia ha nel risparmio energetico e nella razionalizzazione delle risorse. Per questo ha adottato una legislazione nella quale si individuano due linee di intervento. La prima guarda alla necessità di ravvicinare le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione. Secondo questa linea l'edificio ed i relativi impianti di riscaldamento, condizionamento ed aerazione devono essere progettati e realizzati in modo da richiedere, in esercizio, un basso



consumo di energia, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo e nel rispetto del benessere degli occupanti. La seconda linea considera il fatto che l'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, e principalmente negli edifici, rappresenta oltre il 40% del consumo finale di energia della Comunità.

Queste due linee programmatiche sono riprese dalla direttiva per l'efficienza degli edifici (2002/91/CE), approvata all'inizio del 2003, che gli Stati membri devono trasformare in legge nazionale entro il 2006. La direttiva conferma i principi di sostenibilità nella politica comunitaria secondo i quali le esigenze di tutela ambientale devono essere integrate nella definizione e nell'attuazione della politica e azioni comunitarie.

Stabilisce che ogni stato membro deve fissare requisiti minimi sull'efficienza energetica complessiva degli edifici di nuova costruzione e di quelli già esistenti, che ogni cinque anni dovranno essere adeguati allo stato della tecnica.

Si sottolinea quindi l'importanza del rendimento energetico come mezzo per perseguire sia gli obiettivi del Protocollo di Kyoto che quelli della sicurezza degli approvvigionamenti energetici nel medio e lungo termine.

Gli edifici di nuova costruzione con superficie superiore ai 1000 m<sup>2</sup> dovranno valutare preventivamente se possono far uso delle energie rinnovabili e misure per l'ulteriore miglioramento del rendimento energetico; la Direttiva stabilisce inoltre che gli edifici dovrebbero tenere conto delle condizioni climatiche e locali, nonché dell'ambiente termico interno e dell'efficacia sotto il profilo dei costi.

E' previsto il rilascio di un "attestato di certificazione energetica" per ogni edificio; tale certificato dovrà essere presentato in caso di vendita o affitto dell'edificio e aggiornato ogni 10 anni.

La certificazione si estenderà anche agli edifici esistenti: nel caso delle ristrutturazioni il cui importo superi il 25% del valore dell'edificio o i cui lavori siano pari al 25% del rifacimento della facciata, dovranno essere rispettate le prescrizioni della direttiva.

La direttiva si occupa di stabilire la normativa riguardante:

- la metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- i criteri generali per la certificazione energetica;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e dell'ispezione degli impianti;

- la raccolta delle informazioni per l'orientamento alla politica del risparmio energetico;
- la promozione dell'uso razionale dell'energia.

Il punto saliente della direttiva è contenuto in un allegato che elenca i principi in base ai quali elaborare una metodologia di calcolo del rendimento energetico.

Punto centrale del calcolo è rappresentato dalle caratteristiche termiche dell'edificio, dagli impianti tecnici di illuminazione, condizionamento, riscaldamento, dai sistemi solari passivi e di protezione solare, dal sistema di ventilazione naturale, dalla qualità climatica interna.

Ai fini del calcolo del rendimento energetico, la direttiva suddivide gli edifici in condomini, uffici, scuole, ospedali, alberghi, ristoranti, impianti sportivi, edifici commerciali e altro.

Per quanto riguarda la legislazione Italiana, il **decreto legislativo 29 dicembre 2003 n. 387**, pubblicato nella GU del 31 gennaio 2004, recepisce la direttiva 2001/77/CE, promuove lo sviluppo dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità e dà attuazione, nel rispetto dei principi e criteri direttivi dell'articolo 43 della legge 39/2002, alle disposizioni della direttiva e si gettano le basi per la definizione di un quadro di riferimento nazionale in materia di promozione delle fonti rinnovabili di energia.

Il decreto assume integralmente le indicazioni contenute nella direttiva, avendo come esplicite finalità:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati a fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e le aree montane.

Il decreto adotta le definizioni di fonti rinnovabili, biomassa, ed elettricità prodotta a partire da rinnovabili, stabilisce i criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica dalla fonte solare.

Tra le leggi settoriali si può ricordare:

**-Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n 551** in materia di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento del consumo di energia

**-Delibera AEEG n 224** 6 dicembre 2000 Disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW

**-Decreto Ministero Ambiente 16 marzo 2001** Programma "Tetti fotovoltaici"

**-Decreto Ministero Attività Produttive e Ambiente 24 aprile 2001** Individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali

**-Delibera AEEG 42/02** Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'art. 2, comma 8, del D.Lgs 16 marzo 1999 n. 79

Tra la normativa più recente della Regione Veneto in materia si ricorda:

- **L.R. 25/00** Pianificazione energetica

- **L.R. 11/01** Recepimento D.Lgs. 112/98

- **L.R. 14/03** Interventi agroforestali produzione biomasse

- **D.G.R. 1818/01, 3523/02** Bando "Tetti fotovoltaici"

Un altro modo di ridurre il fabbisogno energetico, quindi l'emissione di CO<sub>2</sub> si individua nella scelta dei materiali da costruzione.

I materiali tradizionali richiedono grandi quantità di energia per la loro produzione, per l'estrazione, per i processi di trasporto poiché spesso devono percorrere grandi tragitti. La somma del fabbisogno energetico, derivante da fonti di energia non rinnovabile, dei processi di produzione, estrazione, trasporto e trasformazione fino al prodotto finito viene chiamato "energia grigia". Sono escluse da questo parametro le materie prime rinnovabili, i materiali riciclati, le energie derivate da fonti sostenibili, quali l'eolica, la solare o il biogas. L'ufficio di Chimica ambientale (CH) assieme all'Eco-Comm, ha elaborato un catalogo che presenta un bilancio dell'energia grigia contenuta nei materiali da costruzione.

Le finestre hanno un ruolo primario nel bilancio energetico complessivo, infatti possono influire attraverso le dimensioni, l'orientamento, il **coefficiente di conduttività termica (coefficiente U)**,

che rappresenta la trasmissione di calore che attraversa una superficie di 1 metro quadro, quando tra i due ambienti si ha una differenza di temperatura di 1° C o Kelvin (K). Esso si esprime in watt per metro quadrato e Kelvin ( $W/m^2 K$ ). Quanto più basso si mantiene tale valore, tanto migliore risulta la coibentazione e tanto meno calore viene disperso. Determinanti sono anche l'energia necessaria a produrre i telai e vetri. L'energia grigia viene calcolata in rapporto alla luce dell'intelaiatura, che esprime la superficie libera delimitata dal telaio.

CONSUMO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI TELAI E VETRI DELLE FINESTRE RIFERITO ALLA LUCE DELL'INTELAIATURA (LI)			
Elemento costruttivo	Materiale	Energia Grigia	
Telaio normale, senza battente	Alluminio	2600	MJ/m <sup>2</sup> LI
	PVC	900	MJ/m <sup>2</sup> LI
	Alluminio/legno	850	MJ/m <sup>2</sup> LI
	Legno	350	MJ/m <sup>2</sup> LI
Vetro normale, senza battente	Vetro termoisolante, con pellicola e argon	640	MJ/m <sup>2</sup> LI
	Vetratura doppia, stuccata con mastice all' olio di lino	380	MJ/m <sup>2</sup> LI
	Vetratura singola, stuccata con mastice all' olio di lino	190	MJ/m <sup>2</sup> LI

fonte: Climalp

Anche nella produzione dei materiali isolanti possiamo trovare notevoli differenze nel consumo energetico.

CONSUMO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI MATERIALI ISOLANTI			
Elemento costruttivo	Materiale	Energia Grigia	
Materiali isolante	Polistirolo espanso (EPS)	105	MJ/Kg
	Schiuma di vetro	59	MJ/Kg
	Lana di vetro	41	MJ/Kg
	Lana di roccia	15,7	MJ/Kg
	Fibre di legno	20	MJ/Kg
	Lana di pecora	16,5	MJ/Kg
	Pannelli di sughero	12,7	MJ/Kg
	Fibre di cellulosa	3,6	MJ/Kg

fonte: Climalp

Tra i diversi tipi di calcestruzzo troviamo un consumo limitato di energia per la produzione in quello riciclato, mentre nel caso del calcestruzzo poroso il consumo è elevato per l'elevato contenuto di leganti e additivi.

CONSUMO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI CALCESTRUZZO			
Elemento costruttivo	Materiale	Energia Grigia	
Calcestruzzo	Calcestruzzo	3,74	MJ/Kg
	Elementi prefabbricati in calcestruzzo (2 vol.-% acciaio)	1,85	MJ/Kg
	Cemento armato (2 vol.-% acciaio)	1,55	MJ/Kg
	Calcestruzzo normale/Calcestruzzo riciclato	0,85	MJ/Kg

fonte: Climalp

La temperatura di cottura è determinante sull'energia grigia dei mattoni. Osservando i valori sotto riportati, è interessante vedere la correlazione temperatura di cottura-energia grigia: se i conci antigelo per i muri e paramenti esterni vengono cotti a temperature superiori a 1100° C, per gli altri tipi troviamo temperature intorno ai 800-1000° C, per conci in arena di appena 200° C.

L'energia grigia dei mattoni in terracotta dipende invece in larga misura dal processo di essiccamento: un processo naturale richiede consumi inferiori rispetto a uno industriale.

CONSUMO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI CONCI E MATTONI			
Elemento costruttivo	Materiale	Energia Grigia	
Mattoni e conci	Conci in calcestruzzo	4,72	MJ/Kg
	Mattoni	2,39- 3,08	MJ/Kg
	Conci in arenaria calcarea	0,96	MJ/Kg
	Mattoni in terra cruda (essiccati naturalmente)	0,14- 0,26	MJ/Kg

fonte: Climalp

Per quanto riguarda i materiali in legno si distinguono tra i responsabili dell'energia grigia i leganti per i pannelli a triplo strato e la fase di trasporto. L'essiccamento del legname non influisce significativamente con l'energia grigia perché la maggior parte del calore necessario si ricava bruciando gli scarti di lavorazione. Durante questa fase il tasso di umidità scende da 30-80% fino al 15-20%. I processi tecnologici non naturali possono abbassare l'umidità fino al 12%.

CONSUMO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI MATERIALI IN LEGNO			
Elemento costruttivo	Materiale	Energia Grigia	
Materiali legnosi	Pannelli triplo strato	7,5	MJ/Kg
	Pannelli di particelle	5,3- 9,3	MJ/Kg
	Tavolame, essiccato tecnologicamente	2,2- 3,2	MJ/Kg
	Tavolame, essiccato naturalmente	1,7	MJ/Kg

fonte: Climalp

La valutazione ecologica di un edificio nel suo complesso deve considerare tutti i costi energetici necessari per la costruzione, l'utilizzo e lo smaltimento finale.

L'Oberösterreichische Energiesparverband (Associazione per il risparmio energetico dell'Austria Superiore) di Linz/A ha confrontato una casa unifamiliare (EFH) costruita in muratura con una casa unifamiliare costruita in legno. E' emerso che il consumo di energia nell'edificio in muratura è superiore del 30% rispetto alla costruzione in legno. Più avanti verrà affrontata la questione nel dettaglio.

CONFRONTO DELL' ENERGIA UTILIZZATA PER LA COSTRUZIONE DI UNA CASA UNIFAMILIARE IN LEGNO O IN MURATURA (FONTE: OBEROSTERREICHISCHER ENERGIESPRVERBAND)		
	Costruzione in legno	Costruzione in muratura
	Energia Grigia (KWh)	Energia Grigia (KWh)
Cantina*	308.300	317.200
Fabbricato**	177.400	231.700
*110 m <sup>2</sup> di superficie utile della cantina (legno) e 115 m <sup>2</sup> (mattoni), a causa della diversa struttura nelle costruzioni in legno e in muratura		
**207 m <sup>2</sup> di superficie utile, costruzione a risparmio energetico		

fonte: Climalp

In sostanza l'attività edilizia è un nodo cruciale nell'affrontare il problema del surriscaldamento globale; si deve puntare su costruzioni energeticamente efficienti, che mirino al risparmio.

La normativa europea ha fissato i requisiti minimi che i materiali da costruzione devono rispettare. Un'importante Direttiva a riguardo è la **D. 89/106 CPD**. Essa si applica a tutti i prodotti da costruzione, compresi gli impianti. Contrariamente ad altre Direttive, in cui i requisiti essenziali si riferiscono ai prodotti, nella CPD i requisiti essenziali si riferiscono alle opere le quali devono essere realizzate con prodotti idonei all'impiego.

I requisiti essenziali riguardano la resistenza meccanica e stabilità, la sicurezza in caso di incendio, la salute, igiene ed ambiente, la sicurezza di utilizzazione, la protezione contro il rumore, e il risparmio energetico.

A partire da questa direttiva, per quanto riguarda il risparmio energetico, si possono incontrare dei riferimenti nella normativa Italiana sul risparmio energetico:

**-Legge n° 10 del 09/01/91** sulle norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale e il risparmio energetico;

**-D.P.R. n° 412 del 26/08/93:** regolamento recante norme per la progettazione ed installazione etc...;

**-D.M. del 02/04/98** sulle modalità di certificazione e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi;

**-il D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 551** sulla progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici

-il testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia **D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380** modificato con la legge n. 311 del 2004.

## 4 Verso l'edilizia sostenibile

### 4.1 La casa biotecnologica

Alcune società dell'AREA Science Park di Trieste (Cimteclab, Ergoline's Lab, Greenlab e Labor) e l'ANAB (l'associazione che raccoglie i tecnici che operano nel settore della bioarchitettura) hanno dato vita al "Gruppo di Architettura Bioecologica" per realizzare il progetto ribattezzato "casa bioecotecnologica. L'obiettivo è realizzare un edificio (casa) che possa essere costruito con materiali compatibili (bio), secondo principi ergonomici, e bio-climatici, sfruttando le energie rinnovabili, inseribile in un sistema di edifici simili che realizzino un "villaggio" a basso impatto ambientale (eco), col supporto delle più moderne tecnologie (tecnologica).

I criteri fondamentali seguiti dal progetto sono:

- utilizzo delle tecnologie per ottenere energia da fonti alternative ed a basso impatto ambientale;
- utilizzo dei materiali, delle tecniche e delle tecnologie per il risparmio energetico a basso impatto ambientale;
- utilizzo dei materiali, delle tecniche e delle tecnologie in uso nell'edilizia biocompatibile abbinate ai principi di ergonomia.

Secondo i promotori l'edilizia biocompatibile si ispira a principi di progettazione rapportati al clima locale e al sito (analisi geobiologica, orientamento rispetto al soleggiamento) e volti sia al risparmio energetico, attraverso un migliore isolamento e lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabile (sole, vento, biogas) per mezzo di sistemi ad elevata integrazione con l'edificio, che al risparmio idrico, grazie al massimo utilizzo (ad esempio per gli scarichi) dell'acqua piovana o di quella reflua depurata.

Secondo questa logica gli edifici devono essere di alta qualità e quindi di maggior longevità, di più facile manutenzione e di più facile smaltimento alla fine del loro ciclo di vita. I rischi per la salute vengono ridotti impiegando materiali atossici e innocui, sia nelle strutture che negli arredi, a loro volta studiati secondo criteri ergonomici. Chiudono il cerchio l'utilizzo, in tutti i casi possibili, di materiali riciclabili e una gestione ecologicamente corretta dei rifiuti provenienti da demolizioni e ristrutturazioni.

Per definire a pieno titolo un edificio "casa biotecnologia" i promotori hanno fissato dei requisiti che vanno dalla scelta di tecnologie e materiali che rispondano ai requisiti di sostenibilità.

Le **fondazioni** devono essere dotate di un'intercapedine aerata collegata all'esterno con un canale di ventilazione così da evitare eventuali accumuli di gas radon e consentire un ricambio di aria utile anche nei confronti dell'umidità.



Le **murature** sono in laterizio alleggerito, alveolato o porizzato (ottenuto aggiungendo all'impasto di argilla trucioli di legno o cellulosa che bruciando lasciano piccoli alveoli che aumentano la capacità isolante) se fabbricato con argilla di buona qualità. Sistemi per la captazione e la cessione dell'energia solare termica tramite un liquido di trasporto, integrati con la struttura delle pareti.

Anche la casa biotecnologica favorisce l'uso del **legno**. Nella casa biotecnologica il legno è utilizzabile infatti anche per le strutture portanti della casa; facile da lavorare, presenta una conducibilità termica relativamente bassa e caratteristiche termico isolanti ottime rispetto ad altri materiali da costruzione portanti come il cemento armato o i mattoni. L'uso del legno ha vantaggi di natura economica e ambientale che, nei capitoli più avanti, verranno descritti nel dettaglio. Con esso è possibile costruire dei pannelli termoisolanti applicabili in più strati, con un vantaggio economico rilevante.

I **materiali isolanti** consentiti sono ottenuti da sostanze poco impattanti come: lana di roccia, sughero, pannelli in fibra di legno, perlite, argilla espansa, composti biopolimeri/fibre naturali ecc.

I **solai** sono in laterocemento (o legno) con isolamento in sughero o pannelli in fibra di legno o biocomposti.

Il **tetto** deve essere ventilato con copertura in coppi di laterizio, isolanti, impermeabilizzanti e biocompatibili. E' possibile la collocazione sia un **sistema a verde pensile** per la regimazione idrica dei deflussi delle acque meteoriche (funzione di trattenimento), con conseguente alleggerimento del carico sulla rete di canalizzazione delle acque bianche, con funzione antirumore attraverso una minore riflessione e migliore filtraggio delle polveri e fissaggio di sostanze nutritive dell'aria e delle piogge.

L'edificio è dotato di **pannelli fotovoltaici** colorati ad elevata trasparenza (fino al 90%) basati su principi foto-elettrochimici per la produzione di energia elettrica, integrabili con scudi termici trasparenti per la captazione dell'energia solare termica tramite fluido. I sistemi fotovoltaici permettono di utilizzare la luce solare per produrre elettricità e rappresentano una delle tecnologie più innovative e promettenti a medio e lungo termine. Permettono di produrre energia elettrica senza l'utilizzo di alcun combustibile, non necessitano di manutenzione, possono essere costruiti rispettando le reali necessità dell'utenza, presentano un costo iniziale degli impianti elevato che può essere recuperato grazie alla gratuità della fonte di energia usata, e soprattutto hanno un impatto ambientale inesistente.

La produzione di energia elettrica può essere integrata da un **sistema di produzione di biogas** attraverso un processo biologico di digestione anaerobica della sostanza organica proveniente dagli scarichi del Wc e cucine, dalla triturazione dell'umido e dagli sfalci dell'erba .

L'**impianto elettrico** è a stella, a circuito aperto perché il circuito chiuso crea campi elettromagnetici, con cavi schermati, disgiuntori automatici e dispersori a terra.

Per il riscaldamento dei locali può essere installato un **sistema di combustione a biomassa**, che, grazie all'uso della legna come combustibile, rappresenta una via economicamente e tecnologicamente valida e sostenibile dal punto di vista ambientale in quanto sono in commercio impianti che garantiscono bassissime emissioni di inquinanti.

Per il riscaldamento dell' acqua sanitaria si può utilizzare la tecnologia del **fotovoltaico termico**.

La casa biotecnologia è dotata di un **impianto integrato di riscaldamento dell'acqua sanitaria e di condizionamento climatico** basato sull'energia solare e su un sistema di accumulo termico, ottenibile con materiali naturali, e di dissipazione nel terreno e di un sistema di controllo climatico/energetico intelligente per l'automazione dell'edificio e per minimizzare il consumo energetico.

Per quanto riguarda l'**impianto idrico**, le tubazioni e i serbatoi sono costruiti in materiali compositi naturali, vale a dire resine derivate da oli e zuccheri naturali, cardanolo, tannino, ecc., rinforzate con fibre naturali tra le quali sisal, cocco, lino, ramié, ginestra ecc. anziché le più comuni fibre di vetro, il cui impatto ambientale in termini di salute pubblica è senz'altro più dannoso.

#### **4.2 Edifici a basso consumo energetico**

Esistono già esperienze consolidate di edifici che puntano all'efficienza energetica.

Questi sono gli edifici a basso consumo energetico, tra i quali si distinguono diversi standard costruttivi. Sono oggetto di classificazioni differenti, ad alcuni vengono assegnati marchi di registrati, altri vengono certificati.

Le tipologie più diffuse sono l'edificio a basso consumo energetico, la casa passiva, la casa a guadagno diretto (Direktgewinnhaus), la casa MINERGIE®, la casa a bilancio energetico positivo (Plusenergiehaus).

Gli edifici a basso consumo energetico presentano un indice energetico di 40-70 kWh/m<sup>2</sup>a (per confronto: in Austria o Germania un edificio vecchio ha un fabbisogno di riscaldamento di 220-280 kWh/m<sup>2</sup>a).

Questi edifici hanno un sistema di riscaldamento convenzionale, che può essere una caldaia propria o il teleriscaldamento con distribuzione del calore attraverso radiatori e sono dotati generalmente come accorgimenti per il risparmio energetico di un involucro edilizio ben coibentato, a finestre termoisolanti e ad una ventilazione controllata che può avere o meno un dispositivo per il recupero del calore.

Il concetto di edificio a basso consumo energetico non è legalmente protetto e la sua definizione varia da paese a paese. In Germania dal 2002 la progettazione e l'esecuzione dei lavori sono disciplinati dal RAL-Gütezeichen Niedrig- Energie-Bauweise (RAL GZ 965, Marchio di qualità per tipologie costruttive a basso consumo energetico) del Deutsches Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung.

### **4.3 La casa passiva**

Nei primi anni 90' a Darmstad è stata realizzata la prima casa passiva combinando materiali e tecnologie già disponibili tra cui l'eccellente coibentazione dell'intero involucro edilizio compresi gli infissi; l'ottimizzazione del guadagno solare passivo mediante ampie finestre o vetrate nella facciata rivolta a sud; la ventilazione controllata con recupero di calore.

Il riscaldamento avviene senza l'uso di stufe, ma usando il riscaldamento passivo del calore irradiato dal sole attraverso finestre, derivante dall'emissione di calore degli apparecchi (elettrodomestici, computer ecc.) e degli stessi abitanti. Il calore dell'aria in uscita viene trasferito all'aria in entrata fresca da uno scambiatore di calore rendendo superfluo un sistema di riscaldamento convenzionale. Sono garantite temperature gradevoli anche d'estate grazie all'isolamento termico.

Viene ridotto al minimo anche il fabbisogno energetico dei consumi diversi dal riscaldamento. Il fabbisogno complessivo non deve superare i 120 kWh/m<sup>2</sup>a.

Nemmeno il termine casa passiva è legalmente protetto, esistono però sistemi di certificazione come il Passivhaus Projektierungspakt PHPP 2004 del Passivhaus-Institut (Istituto Casa Passiva) di Darmstadt (D) in cui si stabiliscono gli standard di riferimento.

COMPONENTI E VALORI LIMITE DI UNA CASA PASSIVA	
Coibentazione	Coefficiente $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Finestre	Coefficiente $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ Coefficiente $g \geq 0,50$
Impermeabilità dell'aria	Parametro test di pressione $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Aspetti generali	-costruzione priva di ponti termici
	-sistema di ventilazione con massima efficienza nel recupero di calore a basso consumo di energia elettrica
	-minime dispersioni termiche nella produzione e distribuzione di acqua calda sanitaria
	-alta efficienza energetica delle apparecchiature elettriche domestiche
Fabbisogno di riscaldamento	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$
Carico termico	$\leq 10 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$
Energia finale- parametro	$\leq 40 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$
Energia primaria- parametro	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$

fonte: Climalp

Il coefficiente U è il più importante parametro fisico delle costruzioni per quanto riguarda l'isolamento termico. Indica la trasmissione di calore che attraversa una superficie di 1 metro quadro, quando tra i due ambienti si ha una differenza di temperatura di 1° C o Kelvin (K). Tale coefficiente si esprime in Watt per metro quadrato e temperatura in Kelvin ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ). Quanto più basso si mantiene tale valore, tanto migliore risulta la coibentazione e tanto meno calore viene disperso.

Il coefficiente G definisce la permeabilità energetica complessiva di vetrate o finestre e indica la percentuale di energia solare che penetra attraverso una superficie trasparente. Quanto maggiore il coefficiente G, tanto maggiore risulta l'apporto luminoso e il guadagno termico.

Per "energia primaria" si intende l'energia nella forma in cui essa si presenta in natura, ad esempio petrolio greggio. Attraverso la raffinazione dall'energia primaria si ottiene la cosiddetta "energia finale"

#### 4.4 La casa a guadagno diretto

Il primo esempio di Casa a guadagno diretto (Direktgewinnhaus) è stato sviluppato contemporaneamente alla casa passiva a Trin (CH) a 990 metri sopra il livello del mare dall'

architetto svizzero G. Rüedi. E' un edificio dove l'energia solare viene immagazzinata nel pavimento di colore scuro pareti, in conci di pietra arenaria e nel soffitto in legno, quindi rilasciata gradualmente riscaldando l'aria dei locali. I materiali che costituiscono l'edificio hanno una capacità di accumulo termico che è sufficiente a riscaldare l'edificio rendendo il fabbisogno energetico per il riscaldamento praticamente pari a zero.

Non è necessario un impianto di ventilazione, indispensabile nella casa passiva, perché è sufficiente aprire le finestre per il cambio d'aria. Durante l'estate le ampie vetrate possono essere ombreggiate. Grazie all'utilizzo di materiali biologici il clima estivo è gradevole e l'umidità dell'aria viene espulsa attraverso i materiali da costruzione in quanto traspiranti.

#### **4.5 La casa MINERGIE**

Nel 1998 viene introdotto il marchio registrato MINERGIE. L'edificio MINERGIE è simile alla casa passiva ma non rinuncia ad un riscaldamento di tipo convenzionale, presenta requisiti di impermeabilità all'aria e grado di coibentazione meno rigorosi. Si stabilisce il rispetto di un determinato "indice energetico termico" che riguarda il fabbisogno energetico specifico per il riscaldamento, per l'acqua calda sanitaria e per il funzionamento del sistema di ventilazione. L'indice dipende dalla fonte energetica utilizzata: in caso di riscaldamento a legna  $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , per il riscaldamento a gasolio o metano  $42 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  e in caso di esclusivo impiego di energia elettrica come fonte energetica  $21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Lo standard è stato poi ripreso in Svizzera nel 2003 con il marchio "MINERGIE®-P". L'indice energetico termico per gli edifici ad uso residenziale è di  $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ; diventa vincolante l'uso di fonti energetiche alternative e di elettrodomestici ad alta efficienza energetica; è possibile rinunciare ad un sistema di riscaldamento convenzionale.

#### **4.6 La casa a bilancio energetico positivo**

La casa a bilancio energetico positivo presenta un fabbisogno di riscaldamento di soli 6-12  $\text{kWh/m}^2\text{a}$ . Ciò è possibile migliorando le caratteristiche della casa passiva e con l'aggiunta di un impianto fotovoltaico orientato verso sud che nell'arco dell'anno fornisce più energia di quanta ne assorba per il riscaldamento. L'impianto viene poi integrato da una stufa a legna o con il tele riscaldamento.

#### 4.7 Mercato attuale degli edifici a basso consumo energetico

Il mercato degli edifici a basso consumo energetico ha abbandonato ormai la fase dei progetti pilota. Per quanto riguarda la tipologia della casa passiva esiste un mercato consolidato in Austria con circa 250 edifici (dato riferito al 2003), in Germania, dove sono già circa 4000 tra appartamenti, case uni e plurifamiliari, edifici commerciali, edifici pubblici e il Passivhausinstitut di Darnstadt stima per il 2005 un tasso di crescita del 100%.

In Slovenia è stata costruita la prima casa solo nel 2005, mentre in Italia si sta formando un mercato a partire dal Sudtirolo dove si contano 20 edifici costruiti secondo lo standard della casa passiva.

In Svizzera sono state costruite circa 40 case passive ma esiste un mercato consolidato di edifici Minergie con circa 2500 edifici.

Le prospettive di sviluppo del mercato sono molto promettenti: una ricerca del Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE, Istituto per i sistemi ad energia solare, Friburgo/D) ha stimato che nel 2010 in Germania gli edifici costruiti secondo lo standard della casa passiva saranno circa il 25% delle nuove costruzioni, in Austria saranno una su tre.

STIMA DELLA PERCENTUALE DI CASE PASSIVE TRA LE NUOVE COSTRUZIONI SECONDO LA STIMA DI ESPERTI DEL SETTORE NEL 2010 IN GERMANIA, AUSTRIA, SVIZZERA (BÜHRING 2004)		
	Case unifamiliari	Case plurifamiliari
Germania	19,5%	12,5%
Austria	28,4%	25,3%
Svizzera	9,3%	5,2%

fonte: Climalp

In totale le stime prevedono che alla fine del 2010 le case passive saranno più di 137000 in Germania, 30000 in Austria e Svizzera.

#### 4.8 CasaClima

Per rispondere alla duplice necessità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento generato dall'utilizzo di energia di origine fossile e per contenere le spese di gestione ad esse collegate, la Provincia Autonoma di Bolzano ha elaborato il Progetto CasaClima.

Un ruolo fondamentale è rappresentato dall'informazione per il consumatore finale.

Il certificato CasaClima ne costituisce l'elemento principale perché contiene le più importanti informazioni sul fabbisogno energetico di un edificio. Contiene la valutazione del fabbisogno termico annuale riferito alla superficie ed illustra la qualità termica dell'edificio.

Viene assegnato agli edifici che rispondono a requisiti di alta efficienza energetica e di eco-compatibilità.

I requisiti che una casa certificata deve soddisfare sono:

-Fabbisogno termico per il riscaldamento inferiore ai 50 kWh/m<sup>2</sup> all'anno riferito alla superficie; si pone come requisito fondamentale per la certificazione. Un edificio con indice di calore inferiore a 30 kWh/m<sup>2</sup> per anno ottiene la certificazione di CasaClima A, per valori tra i 30 kWh/m<sup>2</sup> e i 50 kWh/m<sup>2</sup> annui ottiene la certificazione CasaClima B

- Nessun utilizzo di fonti energetiche di origine fossile, negli impianti di riscaldamento

- Nessun utilizzo di isolanti termici sintetici e/o contenenti fibre nocive; quindi si deve evitare l'uso di poliuretano ed il polistirolo, prodotto petrolifero considerato potenzialmente cancerogeno, viene ricavato da un processo di polimerizzazione dello stirolo. Come materia prima per la produzione di quest'ultimo vengono impiegati etilene e il benzolo, altra sostanza cancerogena. Per la produzione di poliuretano si usano sostanze tossiche o cancerogene oltre al HCFC, tra i responsabili dell'effetto serra. Solo per l'isolamento di terrazzi, tetti piani e muri esterni è consentito l'uso del polistirolo estruso (XPS), non essendo stata considerata dall'ente competente l'esistenza di alternative accettabili dal punto di vista del rapporto costi-benefici.

- Per quanto riguarda l'uso di lane minerali, è consentito l'utilizzo dei materiali di cui è stata comprovata la non cancerogenità.

- Nessun utilizzo di pavimenti, finestre e porte in PVC, ma vengono usati prodotti ecologici alternativi ed economicamente concorrenziali

- Nessun utilizzo per gli ambienti chiusi di impregnanti chimici per il legno, necessari solo nel caso in cui il legno presenti un'umidità relativa e costante di almeno il 18 – 20%. In tal caso sono possibili aggressioni da parte di parassiti. Nei locali interni e riscaldati è quindi possibile rinunciare all'utilizzo di questi prodotti chimici. Nessun utilizzo di colori e vernici, intesi come prodotti di

rivestimento per intonaci, cementi, metalli e legno usato per estetica o rivestimento contenenti solventi

- Nessun utilizzo di legno tropicale, per privilegiare l'uso del legno locale e ridurre così i trasporti. E' consentito solo l'utilizzo del legno tropicale avente marchio Forest Stewardship Council (FSC), che evita il danneggiamento dell'ecosistema.



## **5 Residenza studentesca con materiali biocompatibili e tecnologie che consentano la totale indipendenza dal punto di vista energetico e idrico**

### **1 Introduzione**

Un passo avanti nell'edilizia sostenibile può essere considerato il progetto proposto dal Circolo Legambiente Venezia, il Comune di Venezia e l'Università di Ca' Foscari di Venezia. Il progetto propone di realizzare un complesso residenziale per circa 200 studenti di circa 2560 m<sup>2</sup> su un'area di circa 30.000 m<sup>2</sup>. Si prevede la realizzazione di una serie di edifici di tipologie diverse ad alta qualità ambientale e certificate per il basso consumo energetico, per l'utilizzo di materiali ecologici, per l'isolamento termico non sintetico, per l'assenza d'impregnanti chimici per il legno in ambienti chiusi e per il riscaldamento ottenuto con fonti energetiche rinnovabili.

Le tecnologie che vengono adottate consentono la completa autonomia dalle reti nazionali per la distribuzione dell'energia elettrica, dell'acqua, del gas e di ogni sottoservizio.

Tra gli attori coinvolti nel progetto troviamo imprenditori locali nel settore energetico e del trattamento delle acque, AGIRE, Agenzia Veneziana per l'Energia, Consulta per l'ambiente, Associazioni di bioarchitettura, finanziatori privati.

### **2 Descrizione**

Gli obiettivi dell'intervento possono essere riassunti dai seguenti punti:

- Autosufficienza energetica e idrica;
- Risparmio energetico e idrico;
- Recupero e riciclo dei rifiuti organici;
- Uso di materiali biocompatibili;
- Riduzione dell'inquinamento elettromagnetico attraverso la realizzazione d'impianti elettrici eco-compatibili;
- Realizzazione d'ambienti esterni e interni finalizzati ad ottenere elevati indici di qualità della vita;
- Messa in opera di tutte le misure rivolte a ridurre l'impatto ambientale sia verso l'esterno che verso l'interno;
- Certificazione;

Il primo obiettivo del progetto è quello di soddisfare il fabbisogno energetico degli utenti senza allacciamenti alle reti nazionali, producendo energia e recuperando l'acqua.

Se da un lato si punta alla produzione sostenibile di energia, dall'altro si mettono in atto tutte le misure necessarie per il risparmio energetico e l'isolamento termico in modo tale da creare un sistema autosufficiente.

La fonte per la produzione di energia elettrica è il sole, la cui energia viene trasformata e resa disponibile agli usi domestici grazie all'installazione di pannelli fotovoltaici.

L'energia termica per il riscaldamento è ottenuta attraverso l'uso della biomassa come combustibile, mentre per il riscaldamento dell'acqua sanitaria si installeranno pannelli solari.

La tecnologia oggi disponibile consente di raggiungere l'obiettivo dell'autosufficienza a costi sostenibili e garantendo un livello di affidabilità elevato.

L'approvvigionamento idrico è garantito dalla raccolta dell'acqua meteorica adeguatamente stoccata e depurata. Nei periodi in cui l'acqua piovana non sarà sufficiente a soddisfare il fabbisogno dell'utenza sarà utilizzata l'acqua di falda opportunamente trattata.

## **2.1 Energia**

### **2.1.1Acqua calda sanitaria**

Per la produzione di acqua sanitaria è prevista l'installazione di pannelli solari integrati al progetto architettonico situati sopra il tetto degli edifici. I pannelli solari termici sono in grado di captare la radiazione solare, anche quando il cielo è coperto, e la trasformano in energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria.

All'interno del sole avvengono incessantemente reazioni termonucleari di fusione, che sprigionano enormi quantità di energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.

L'energia sprigionata si propaga nello spazio, attraversa l'atmosfera fino a raggiungere il suolo.

La quantità di energia solare che raggiunge la Terra è pari a circa 15.000 volte l'attuale consumo energetico mondiale. Di questa energia solo una parte può essere trasformata in energia utile.

La quantità di energia solare che può essere captata da dispositivi solari termici varia dal luogo geografico, dalle condizioni meteoroclimatiche e dal tempo. In altre parole dipende dall'irraggiamento del luogo.

L'irraggiamento è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno ( $\text{kWh/m}^2/\text{giorno}$ ). Il valore istantaneo della radiazione solare incidente sull'unità di superficie viene invece denominato radianza ( $\text{kW/m}^2$ ).

L'irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo: come è noto cresce quanto più ci si avvicina all'equatore.

L'Italia offre condizioni meteorologiche molto favorevoli all'uso dell'energia solare. La differenza dal nord al sud della radiazione solare è pari a circa il 40% e sta tra 1.200 e 1.750  $\text{kWh per m}^2$  per anno. In entrambi i casi, i valori di radiazione sono sufficienti per soddisfare la domanda procapite di ACS di una abitazione. Queste condizioni climatiche favorevoli unite alla disponibilità della tecnologia sul mercato offrono all'Italia un elevato potenziale tecnico ed economico per lo sfruttamento di tale fonte rinnovabile.

Il consumo di un utente con comfort medio è stimabile in 50 litri di acqua calda per giorno ai quali vanno aggiunti 10 litri di acqua calda per ogni pasto che si consuma a casa per lavare le stoviglie.

Considerando che uno studente consuma solo un pasto in casa al giorno si assume quindi il valore di 60 litri di acqua calda al giorno. La domanda è pressoché costante nell'intero anno e risulta presente anche nei mesi estivi più caldi, la produzione di ACS è una delle applicazioni più adatte per i sistemi solari termici. Sotto queste condizioni, nell'Italia Settentrionale, si devono installare circa  $1,2 \text{ m}^2$  per persona.

Un collettore solare separato connesso, attraverso un circuito di circolazione, ad un accumulo localizzato all'interno dell'edificio, forma il sistema a circolazione forzata standard per la produzione di ACS.

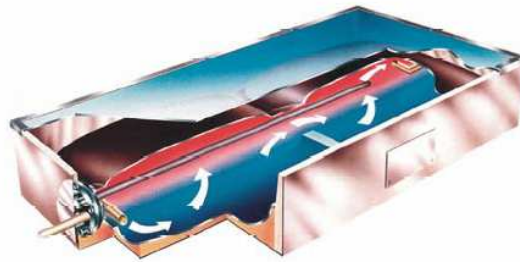


Figura 1.6.1: Gli usi termici – impianto solare con collettore e accumulo integrato

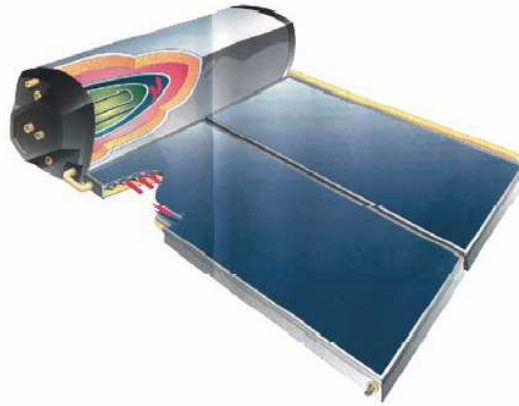


Figura 1.6.2: Gli usi termici – impianto solare a termosifone

fonte: Comune di Venezia- Piano energetico Ambientale 2003

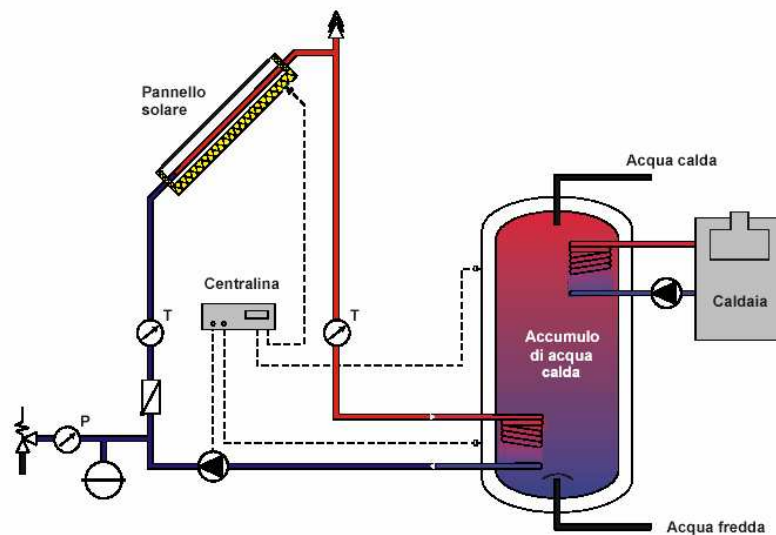


Figura 1.6.3: Gli usi termici – impianto solare a circolazione forzata

fonte: Comune di Venezia- Piano energetico Ambientale 2003

Questo tipo di sistema è adatto a collettori di grandi dimensioni e per edifici residenziali con impianto centralizzato e sistemi di distribuzione dell'acqua.

## 2.1.2 Energia Elettrica

Il sole sarà la fonte completamente rinnovabile e pulita utilizzata per la produzione di energia elettrica. La tecnologia fotovoltaica permetterà di usare tale fonte per coprire al 100% il fabbisogno di energia elettrica del villaggio per il funzionamento degli apparecchi come frigorifero, computer, illuminazione, lavatrice, televisore, Hi-Fi, ferro da stiro, ecc.

L'energia solare, una volta trasformata in elettricità sarà usata per caricare batterie a 12-14 volt, in modo da poter usufruirne sempre, indipendentemente dalle condizioni meteoriche e in relazione agli usi dell'utenza.

Tra quelle che consente lo sfruttamento dell'energia solare, la tecnologia fotovoltaica è la più innovativa e promettenti a medio e lungo termine. Gli impianti non necessitano alcun combustibile e la manutenzione non è praticamente richiesta.

Il loro costo è piuttosto elevato, ma una volta installati, e recuperato l'investimento iniziale consentono un notevole risparmio economico, grazie alla gratuità della fonte oltre che ha un guadagno ambientale in quanto il loro impatto è nullo.

La quantità di energia solare che può essere captata da dispositivi fotovoltaici, come per i dispositivi termici solari varia dal luogo geografico, dalle condizioni meteoroclimatiche e dal tempo.

In Italia le regioni meridionali e insulari presentano le condizioni ideali per lo sviluppo del fotovoltaico.

Anche se, per la capacità che hanno di sfruttare anche la radiazione diffusa, gli impianti fotovoltaici possono essere installati anche in zone meno soleggiate. In località favorevoli è possibile raccogliere annualmente circa 2.000 kWh da ogni metro quadro di superficie, l'equivalente energetico di 1,5 barili di petrolio per metro quadrato.

Esistono diversi tipi di impianti fotovoltaici, che possono essere suddivisi tra quelli che utilizzano celle al silicio, celle ad elevata efficienza e celle a film sottili.

Ora vediamo nel dettaglio il funzionamento dei diversi tipi di impianti fotovoltaici:

### Le celle al silicio

Le celle solari commerciali sono prodotte generalmente utilizzando fette di **siliciomono o multicristallino**. Il processo utilizzato si basa sulla tecnologia serigrafica, di basso costo ed elevata

produttività, per stampare i contatti metallici con degli inchiostri a base di argento e di alluminio ed è praticamente lo stesso sviluppato negli anni '80.

La cella solare è costituita da un diodo ad omogiunzione, che si ottiene affacciando zone della stessa fetta di silicio dotate di carica diversa.

Il diodo è un dispositivo elettronico a due terminali, caratterizzato da una conducibilità marcatamente unidirezionale. Applicando una piccola differenza di potenziale si ottiene una corrente molto elevata.

Si parte da una fetta contenente del boro per dare l'eccesso di cariche positive, per poi passare ad un processo termico ad alta temperatura, chiamato drogaggio, con il quale si inserisce del fosforo che dà la carica negativa in una zona prossima alla superficie illuminata.

La realizzazione della cella solare è poi interessata da altri trattamenti tra i quali la preparazione superficiale per via chimica per rimuovere eventuali impurità e i danni dovuti al processo di taglio dalle fette, e per ridurre la quantità di radiazione riflessa

Sempre per ridurre le perdite di riflessione, si mette sulla superficie esposta alla radiazione un sottile strato dielettrico. A questo punto è possibile realizzare i contatti metallici.

L'efficienza delle celle solari realizzate con questo processo è di circa 14-16%, inferiore al record su silicio cristallino, 24,7% su 1 cm<sup>2</sup>, e di poco superiore a quanto trovato sulle prime celle serigrafiche degli anni '80.

Per raggiungere l'attuale livello industriale sono passati circa 20 anni, dalle prime produzioni quasi artigianali dei prototipi fatti su misura al mercato attuale.

La ricerca suggerisce che si potranno ottenere efficienze fino al 20% entro il 2010, di ottimizzare l'utilizzo delle materie prime, oltre alla riduzione degli spessori, dagli attuali 270-330 mm a poco più di 200 mm.

### **Celle ad elevata efficienza**

Esistono già esempi di celle ad alta efficienza come la celle a contatti sepolti, la cella HIT e la cella SunPower.

La prima, inventata all'Università del New South Wales, Sydney, negli anni '80 si differenzia sostanzialmente dalla cella serigrafica nella tecnica di metallizzazione, che viene effettuata scavando mediante un laser dei sottili e profondi scassi nelle fette, che vengono poi riempiti di metallo da soluzioni chimiche. Il vantaggio offerto da questa tecnica deriva dal fatto che si può drogare più fortemente l'area dei contatti senza doversi preoccupare degli allineamenti, e la forma incassata dei contatti riduce l'ombreggiamento dovuto alla griglia.

Si ottiene così un'efficienza di circa 17% medio in produzione, con punte di più di 18%.

La cella HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer), inventata e prodotta dalla Sanyo in Giappone, si caratterizza dal fatto che la regione frontale drogata viene realizzata con silicio amorfo. L'efficienza massima dimostrata in laboratorio è superiore al 21% e la produzione si attesta intorno ad un 17% medio, anche se dati ufficiali non sono disponibili.

La cella SunPower ha i contatti metallici molto piccoli entrambi sul retro; in questo modo l'ombreggiatura è praticamente nulla, le perdite per ricombinazione sono molto piccole, e in linea di principio l'assemblaggio nei moduli è semplificato. Ottiene una efficienza superiore al 20%. Ha lo svantaggio che richiede un materiale di qualità molto elevato rispetto a quello usato commercialmente

### Celle a film sottili

Oltre alle celle sopradescritte la ricerca attuale sta studiando varie tecnologie che utilizzano spessori molto ridotti (qualche micron, contro i circa 300 delle fette di silicio) di materiale attivo, partendo ad esempio da gas, come il **silicio amorfo** (nato già nella seconda metà degli anni '70), i **composti calcogenuri (CIS-copper indium diselenide)** e il **tellururo di cadmio (CdTe)**. Nonostante esistano differenze sostanziali tra un tipo e l'altro, le strutture utilizzate sono tutte piuttosto simili.

Nelle celle a film sottili i contatti sono realizzati facendo delle incisioni con laser e depositando degli strati metallici in modo che le connessioni elettriche di cella e modulo siano contemporanee. La parte frontale non ha una griglia metallica, come nelle celle convenzionali, ma un vetro conduttore.

Presentano nel complesso un'efficienza inferiore rispetto a quella delle celle su fetta di silicio 6-10%, e risentono ancora di irrisolti problemi di stabilità.

Dal punto di vista industriale però presentano delle indubbie attrattive: non occorre realizzare lingotti da tagliare, la realizzazione di celle e moduli è contemporanea, l'elemento discreto (esempio, una lastra di vetro) è molto più grande e manovrabile.

CAPACITA PRODUTTIVA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO			
Localizzazione dell'impianto	Energia utile /m <sup>2</sup> per moduli in silicio monocristallino	Energia utile /m <sup>2</sup> per moduli in silicio policristallino	Energia utile per 1 KWp installato
	KWh/(m <sup>2</sup> anno)	KWh/(m <sup>2</sup> anno)	KWh/(m <sup>2</sup> anno)
Nord	150	130	1080
Centro	190	160	1350
Sud	210	180	1500

fonte: Enea

## **Risparmio energetico**

Il villaggio studentesco promuoverà una politica di risparmio energetico, evitando gli sprechi e attraverso l'uso razionale dell'energia oltre che all'uso di energia di provenienza da fonti rinnovabili.

Gli edifici infatti rispondono alle recenti indicazioni della direttiva europea “*sul risparmio energetico in edilizia*”. E' un provvedimento che si colloca all' interno delle disposizioni comunitarie necessari per conformarsi al “protocollo di Kyoto”.

Massima importanza viene attribuita all'illuminazione naturale, infatti le finestre e le porte-finestre saranno disposte correttamente in modo da sfruttare al massimo la luce solare; saranno installati dispositivi a fotocellula, di temporizzazione e lampadine a basso consumo per risparmiare ulteriormente sull'illuminazione.

Inoltre occorre fare una scelta accurata degli elettrodomestici privilegiando quelli ad alta efficienza energetica.

## **Lampadine**

Il settore dell'illuminazione domestica non è certamente quello che più influisce sui consumi di elettricità però ha un sua importanza energetica: in Italia, la quota annua di energia elettrica destinata a tale uso è, complessivamente, superiore ai 7 miliardi di kilowattora, corrispondenti a circa il 13,5% del consumo totale di energia elettrica nel settore residenziale.

Si può stimare che il consumo di energia elettrica per l'illuminazione rappresenti circa l'8-10% del consumo totale di un appartamento abitato da quattro persone. (dato fornito da: Enea)

Esistono diversi tipi di lampade:

### **Lampade ad incandescenza**

Le lampade ad incandescenza sono le più diffuse nell'illuminazione domestica, possono essere di diversa forma: a goccia, a pera, sferica, tubolare, ad oliva, a tortiglione. Sono formate da diverse parti:l'ampolla esterna,l'attacco e il filamento.

Forniscono istantaneamente il flusso luminoso, quindi se spente si riaccendono immediatamente.

Le lampade ad incandescenza “normali” sono disponibili nelle potenze 25-40-75-100-150-200 watt e sono caratterizzate, da un'efficienza piuttosto modesta (circa 12 lumen/watt) e da una durata di vita media\*, pari a circa 1.000 ore. Il lumen misura l'efficienza luminosa.



Con l'invecchiamento le lampade emettono sempre meno luce (pur consumando sempre la stessa quantità di energia). La luce emessa ha una tonalità calda e l'indice di resa cromatica ha un valore massimo di 100 (l'indice cromatico è la capacità di distinguere agevolmente i colori).

Una normale lampadina ad incandescenza, da 150 watt emette circa 2000 lumen.

Tra le lampade ad incandescenza troviamo le lampade alogene che si distinguono per la loro efficienza luminosa (circa 22 lumen/watt) superiore; l'emissione di luce a temperature di colore superiore (cioè 3.000 K anziché 2.700 K), quindi più gradevole perché più "bianca" e sempre con una eccellente resa dei colori; la durata doppia (la durata media è di circa 2.000 ore).

Al loro interno viene introdotta una miscela di alogeni (essenzialmente bromo), che crea un processo di rigenerazione del filamento: una volta che il filamento raggiunge una determinata temperatura (circa 3.000 gradi Kelvin), gli atomi di tungsteno si combinano chimicamente con gli alogeni, evaporano dal filamento e si ridepositano sul filamento per ricominciare un altro ciclo. In una lampada normale tali atomi si depositano invece sul vetro del bulbo e lo anneriscono.

Queste lampade hanno inoltre dimensioni ridotte e offrono un notevole risparmio energetico rispetto a quelle tradizionali.

### **Lampade a scarica in gas**

Le lampade a scarica in gas sfruttano il principio per cui se tra due elettrodi immersi in un gas o in vapori metallici viene applicata una differenza di potenziale opportuna, tra i due elettrodi si genera una scarica a cui è associata l'emissione di radiazioni visibili. Hanno un'efficienza luminosa superiore rispetto alle precedenti, da 4 a 10 volte ma presentano lo svantaggio di non poter essere collegate direttamente alla rete elettrica, richiedendo l'impiego di un'apparecchiatura di alimentazione (reattore) che ha il compito di limitare al giusto valore la corrente di scarica e, in generale, di un accessorio per facilitare l'innesco della scarica (starter o accenditore). Tra esse troviamo in commercio le lampade fluorescenti tubolari, fluorescenti ad alta frequenza, fluorescenti compatte, fluorescenti compatte integrate elettronicamente.

Dal punto di vista dell'efficienza (il rendimento è di circa 90 lumen/watt) e dei consumi, le lampade fluorescenti tubolari sono molto vantaggiose: a parità di luce emessa consumano la quinta parte di una lampada ad incandescenza. Hanno una durata media di circa 10.000 ore, molto superiore a quella delle lampade ad incandescenza.

Le lampade fluorescenti compatte offrono un'efficienza ancora maggiore che varia tra i 40 e 60 lumen/watt riducendo fortemente i consumi di energia elettrica (circa il 70%).

Le tabelle qui sotto confrontano le proprietà delle differenti tipologie di lampadine.

CARATTERISTICHE DELLE LAMPADE PER USO RESIDENZIALE				
Tipo di lampade	Indice di efficienza*	Durata media (ore)	Resa cromatica (indice)	Tonalità (k°)
ad incandescenza	1	1000	100	2.000/3.000
ad alogeni				
-con attacco a vite	1,8	2.000	100	3.000
-a doppio attacco	1,8	2.000	100	3.000
-a bassissima tensione	1,8	2.000	100	3.000
fluorescenti compatte				
-elettronicamente integrate	6	10.000	85	2.700/5.000
-convenzionali	5	10.000	85	2.700/5.000
fluorescenti tubolari				
-a luce standard	7	10.000	65	a seconda dei tipi
-a luce "extra"	8	10.000	85/95	2.700/6.500
-ad alta frequenza	10	10.000	85	3.000/4.000

\*indice di efficienza l=12 lumen/watt

fonte: Enea

ESEMPIO DI UTILIZZO: 2000 ORE/ANNO PER UN PERIODO DI 5 ANNI					
Tipo e numero di lampade	Costo lampade Euro	Costo energia elettrica Euro	Costo Totale Euro	Risparmio totale Euro	Risparmio energetico
Incandescenza 3x100 W	30,00	540,00	570,00		
Alogene 2x100 W	50,00	360,00	410,00	160,00	-33%
Fluorescenti compatte tradizionali 3x25 W	30,00	135,00	165,00	405,00	-75%
Fluorescenti compatte elettroniche 3x20 W	54,00	108,00	162,00	408,00	-80%

Durata lampade: ad incandescenza 1.000 ore; alogene 2.000 ore; fluorescenti compatte 10.000 ore  
Costo lampade: ad incandescenza 1,0 euro; alogene 5,00 euro; fluorescenti compatte 10,00 euro

fonte: Enea

Dalle tabelle si evidenzia il vantaggio economico dell'installazione delle lampadine fluorescenti compatte elettroniche.

### Lavatrice

Grazie ad una tecnologia che si evolve a ritmi sempre più veloci siamo in grado di ottenere risparmi sempre più consistenti in termini di energia e di acqua. Nei nuovi modelli è stato introdotto il lavaggio "a pioggia" in cui i capi sono posti ad una duplice azione in quanto, oltre all'ammollo, vengono continuamente spruzzati dall'alto con acqua e detersivo.

Alcune macchine prevedono il riutilizzo dell'acqua di lavaggio che, attraverso un'apposita condotta, viene riciclata e immessa nuovamente in vasca, passando attraverso la biancheria ed aumentando così l'eliminazione dello sporco.

### Lavastoviglie

Se le lavastoviglie tradizionali consumano per 10-12 coperti circa 2,5 KWh, quelle di nuova generazione arrivano invece a soli 1.4-1.8 KWh, con un risparmio anche nel detersivo necessitandone la metà rispetto alle tradizionali.

La tabella in basso evidenzia i possibili risparmi con l'installazione di lavastoviglie e lavatrici di nuova generazione.

CONFRONTO TRA LE DIVERSE GENERAZIONI DI LAVATRICI							
Apparecchio	Capacità (Kg. coperti)	Classe di efficienza energetica	Consumo annuo assoluto (KWh/a)	Risparmio energetico (%) rispetto al caso standard italiano	Risparmio energetico annuo (KWh/a)	Costo addizionale rispetto al caso standard	Costi benefit ratio (Euro/KWh/anno)
	5	A	170	-32%	80	0300	0-3,87
	5	B	210	-16%	40	0-100	0-2,58
	5	C	250	0%	0	0	0
	5	D	290	16%	-40	0	0
	5	E	330	32%	-80	0	0
	5	F	370	48%	-120	0	0
	5	G	410	64%	-160	0	0

CONFRONTO TRA LE DIVERSE GENERAZIONI DI LAVASTOVIGLIE							
Apparecchio	Capacità (Kg. coperti)	Classe di efficienza energetica	Consumo annuo assoluto (KWh/a)	Risparmio energetico (%) rispetto al caso standard italiano	Risparmio energetico annuo (KWh/a)	Costo addizionale rispetto al caso standard	Costi benefit ratio (Euro/KWh/anno)
	12	A	211	-29%	87	0-300	0-56
	12	B	254	-15%	44	0-100	0-2,38
	12	C	298	0%	0	0	0
	12	D	341	15%	-44	0	0
	12	E	385	29%	-87	0	0
	12	F	428	44%	-131	0	0
	12	G	472	59%	-174	0	0

\*Secondo la normativa UE il consumo annuo è dato da 200 lavaggi con ciclo cotone 60° per le lavatrici e da 220 lavaggi con ciclo normale a 55°C per le lavastoviglie

\*È dato dal rapporto tra l' investimento e il risparmio energetico annuale

fonte: Comune di Venezia - Piano Energetico Ambientale

## Frigorifero

Anche con la scelta consapevole dei frigoriferi è possibile ottenere notevoli risparmi energetici.

CONFRONTO TRA LE DIVERSE GENERAZIONI DI FRIGO-CONGELATORI							
Apparecchio	Capacità (Kg. coperti)	Classe di efficienza energetica	Consumo annuo assoluto (KWh/a)	Risparmio energetico (%) rispetto al caso standard italiano	Risparmio energetico annuo (KWh/a)	Costo addizionale rispetto al caso standard	Costi benefit ratio (Euro/KWh/anno)
Friigo-congelatori							
	380	A	299	-47%	276	0300	0-1,12
	380	B	289	-32%	184	0-100	0-0,56
	380	C	494	-13%	77	0	0
	380	D	668	0%	0	0	0
	380	E	628	11%	-61	0	0
	380	F	703	24%	-138	0	0
	380	G	793	39%	-230	0	0

Fonte: Comune di Venezia- Piano Energetico Ambientale

La politica di risparmio energetico che verrà adottata nel villaggio grazie all'installazione di elettrodomestici a basso consumo permetterà di ridurre in modo significativo il fabbisogno complessivo.

La tabella qui sotto mostra i consumi elettrici di due appartamenti tipo abitati da quattro studenti privi di impianto di condizionamento. Il primo presenta consumi elettrici standard, mentre il secondo è un appartamento del villaggio, abitato da quattro studenti responsabili che non sprecano inutilmente energia ed è dotato di elettrodomestici e illuminazione a basso consumo. L'esempio esamina gli usi di energia elettrica per elettrodomestici e illuminazione.

Il risparmio annuo che può derivare dall'uso di apparecchiature a basso consumo è molto rilevante.

CONFRONTO TRA I CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA DI DUE APPARTAMENTI STUDENTESCHI					
ELETTRODOMESTICO	CONSUMO STANDARD (I appartamento)		CONSUMO (II appartamento)		
	totale KWh/anno	a persona KWh/anno	totale KWh/anno	KWh/anno a persona	risparmio rispetto al caso I
Illuminazione	300	75	60	15	-80%
Frigorifero-Congelatore	668	167	313,96	78,49	-47%
Lavatrice	250	62,5	170	42,5	-32%
Lavastoviglie	298	74,4	211	52,75	-29%
Computer	160	40	160	40	
Televisore	130	32,5	130	32,5	
Televisore stand-by	110	27,5	0	0	-100%
Forno elettrico	156	39	78	19,5	-50%
Videoregistratore	55	13,75	55	13,75	
Videoregistratore stand-by	110	27,5	0	0	-100%
Hi-Fi	20	5	20	5	
Hi-Fi stand-by	60	15	0	0	-100%
Altro	423	105,75	265	66,25	-39%
<b>Totale</b>	<b>2780</b>	<b>685</b>	<b>1462,96</b>	<b>365,74</b>	<b>-47%</b>

elaborazione propria su dati: Enea; Comune di Venezia- Piano Energetico Ambientale

### 2.1.3 Riscaldamento degli edifici

Per il riscaldamento degli edifici sarà utilizzata l'energia ricavata principalmente dalla combustione di biomassa.

Il riscaldamento con caldaie alimentate a legna rappresenta oggi una soluzione affidabile, tecnologicamente provata, economicamente valida e compatibile dal punto di vista ambientale.

Rispetto ai combustibili fossili le emissioni di CO<sub>2</sub> della combustione della legna, grazie alla tecnologia oggi in commercio possono essere considerate nulle, in quanto nella fase di accrescimento delle piante viene assorbita l'anidride carbonica emessa durante la combustione.

La legna rappresenta un'antichissima fonte di energia, che va riscoperta in quanto pulita, ecologica, economica e, grazie alle moderne caldaie ad avanzata tecnologia, in grado di garantire gli stessi comfort degli impianti tradizionali. Oggi l'uso del legno sta ritornando di grande attualità perché si tratta di un combustibile rinnovabile di cui l'Italia è potenzialmente ricca. Tale ricchezza deve essere sfruttata maggiormente, limitando in questo modo la dipendenza dall'estero.

I vantaggi dell'uso della legna possono essere schematizzati in questo modo:

- uno dei più importanti vettori energetici rinnovabili
- risorsa disponibile e locale
- compatibile dal punto di vista ambientale
- tecnologia provata e affidabile
- soluzione economicamente valida
- contribuisce alla cura dei boschi e alla difesa territorio
- favorisce l'economia agraria e forestale italiana
- differenziazione fonti, riduzione dipendenza energetica

### **Biomassa**

Il termine biomassa indica l'insieme delle sostanze organiche di origine vegetale o animale e della materia da loro prodotta durante il ciclo di vita.

Per biomasse agro-forestali si intendono le componenti organiche ottenute dalla raccolta e dalla lavorazione delle

colture agricole e forestali: potature, paglie, tagli forestali, residui e sottoprodotti lignocellulosici etc;

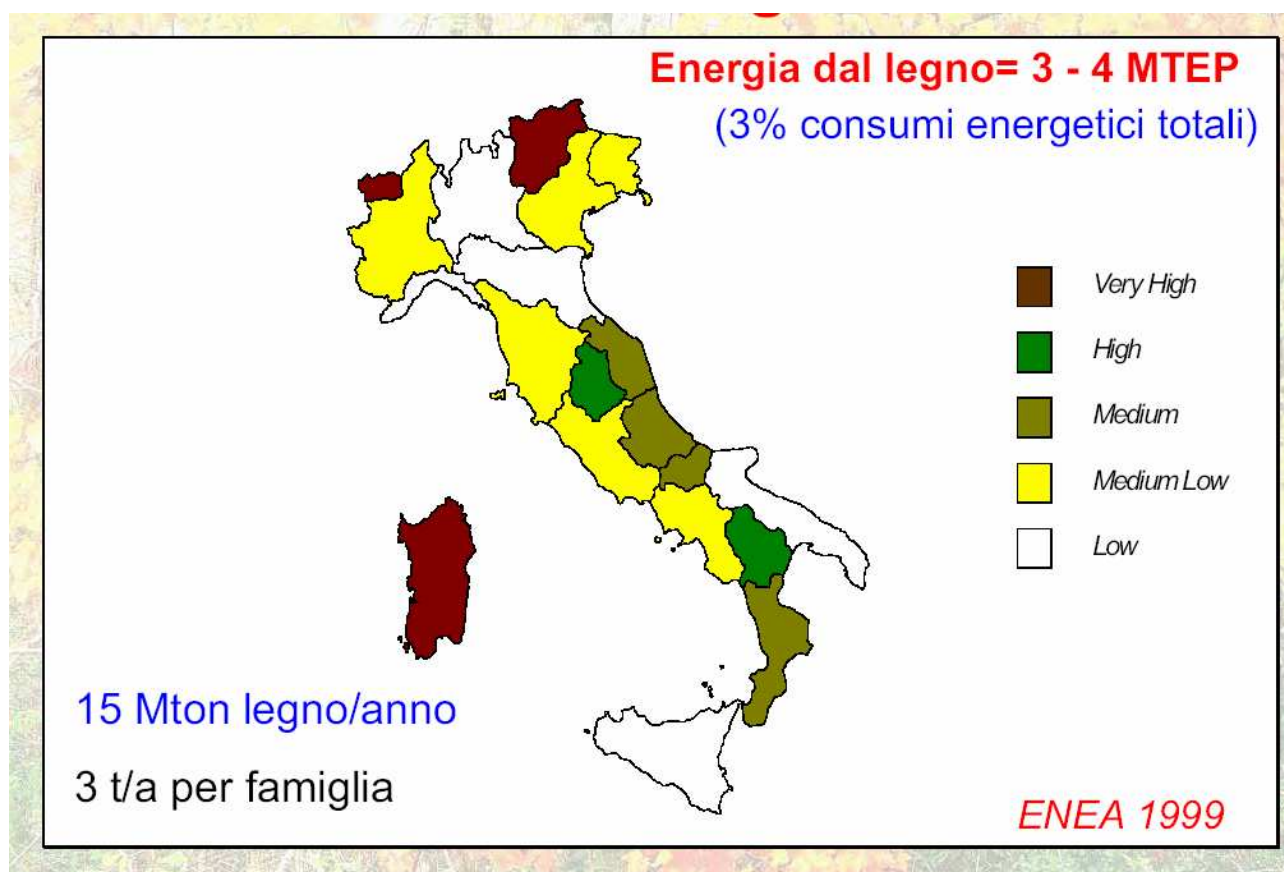
Le biomasse agro-forestali possono essere considerate dei veri e propri combustibili (biocombustibili) in grado di fornire, energia per usi civili e industriali (ad esempio noccioli di olive, pule dei cereali residui di attività agricole, ecc.).

Con la combustione si realizza una completa ossidazione della biomassa attraverso una trasformazione dell'energia chimica in energia termica.

Attualmente le biomasse soddisfano il 15% circa degli usi energetici primari nel mondo, corrispondenti a 1.230 Mtep/anno, mostrando una forte disomogeneità fra i vari Paesi.

I Paesi in via di sviluppo ricavano mediamente il 38% della propria energia dalle biomasse (ovvero 1.074 Mtep/anno), dove tuttavia vengono utilizzate con tecnologie a bassissimo rendimento energetico; mentre nei Paesi industrializzati le biomasse coprono appena il 3% degli usi energetici primari, equivalente a 156 Mtep/anno). In particolare, gli USA ricavano il 3,2% (pari a 70 Mtep/anno) della propria energia dalle biomasse e l'Europa il 3,5%, ovvero 40 Mtep/anno, con punte del 18% in Finlandia, 17% in Svezia e 13% in Austria.

L'Italia copre con le biomasse solamente il 2% del proprio fabbisogno energetico, nonostante l'elevato potenziale di cui dispone. La carta qui sotto riporta il consumo del legno nelle diverse regioni italiane.



## Impianti

Si possono distinguere due tipologie principali di impianti:

- impianti per il riscaldamento ausiliario: stufe di maiolica, stufe ad aria calda, caminetti, stufe a caminetto, stufe-cucina;
- impianti per il riscaldamento centralizzato: caldaie ad alimentazione manuale (caldaie a fuoco totale, caldaie a fuoco superiore, caldaie a fuoco inferiore), caldaie automatiche (impianti a caricamento inferiore, impianti a griglia, impianti con soffiante).

Nel villaggio studentesco è prevista l'installazione di una caldaia centralizzata, che potrà sfruttare la legna ottenuta dal prelievo sostenibile della risorsa da un boschetto realizzato proprio per questo scopo. Ogni anno un ettaro di bosco produce tra gli 8.000 e i 40.000 kWh di energia termica potenzialmente utilizzabile, sufficienti per il riscaldamento di una singola unità abitativa.

POTERE CALORIFERO INFERIORE (P.C.I.) PER DIVERSE SPECIE ARBOREE CON UMIDITÀ SUL SECCO DEL 25%	
Faggio	4,0 KWh/Kg
Cerro	4,2 KWh/Kg
Olmo	4,1 KWh/Kg
Pioppo	4,1 KWh/Kg
Larice	4,4 KWh/Kg
Abete Rosso	4,5 KWh/Kg
Pino silvestre	4,4 KWh/Kg

Fonte: Guida Biomassa

Vediamo nel dettaglio le diverse tipologie di impianti a biomassa centralizzato reperibili attualmente nel mercato.

### Caldaie a pezzi di legna alimentate manualmente

Negli ultimi anni le caldaie a pezzi di legna hanno visto numerose modifiche dal punto di vista tecnologico. E' infatti aumentata in modo consistente l'efficienza e la riduzione delle emissioni. Il rendimento è raddoppiato comportando così un notevole aumento del comfort in quanto la caldaia deve essere caricata la metà delle volte.

Il serbatoio di un impianto ben dimensionato, durante l'inverno, ha bisogno di essere riempito solamente una volta al giorno. In autunno e primavera un caricamento può essere sufficiente per diversi giorni.



### **Caldaie a chips a funzionamento automatico**

Quelli a chips di legna sono i primi impianti di riscaldamento che hanno iniziato a percorrere la strada del funzionamento automatico.

Presentano ancora un problema per quanto riguarda la qualità del combustibile, che non potendo essere controllata, può variare molto.

I chips devono rispondere a certi criteri di qualità per garantire il funzionamento dell'impianto. Un altro requisito essenziale del combustibile è la reperibilità. Se esso non è disponibile nelle immediate vicinanze, è necessario stoccarne una grande quantità. Per immagazzinare la quantità necessaria al funzionamento dell'impianto per un anno, occorrono 25 m<sup>3</sup> di spazio, che non sempre sono disponibili nelle costruzioni moderne.

Questi problemi possono essere risolti con una diffusione capillare del mercato di questo combustibile. A causa degli alti costi di investimento rispetto ad altri sistemi di riscaldamento, gli impianti a chips di legna sono solitamente da considerare convenienti solo nel caso in cui l'utente abbia accesso diretto ad un combustibile a basso prezzo.

### **Impianti automatici a pellet**

I pellets costituiscono un combustibile legnoso di qualità costante e garantita e che si comporta come un liquido. Per questo è stato possibile realizzare un impianto di riscaldamento centralizzato a legna che funziona del tutto automaticamente anche per piccole potenze (cioè al di sotto di 10 kW).

L'approvvigionamento del combustibile avviene tramite autobotte e successivo pompaggio nel magazzino. Da qui i pellet vengono trasportati automaticamente nella caldaia tramite una coclea o un sistema di trasporto pneumatico. In questo modo per l'utente il comfort è paragonabile a quello del gasolio.

Gli impianti a pellets possono avere una distribuzione capillare in tutto il territorio, raggiungendo anche quegli strati di popolazione che non hanno un diretto accesso al legno di provenienza agricola o forestale.

Inoltre la dimensione del magazzino si riduce notevolmente, diventando circa pari ad un serbatoio di gasolio grazie alla densità energetica molto alta del combustibile.

Dal punto di vista tecnico, i pellet sono paragonabili ai chips di legna. Gli impianti di riscaldamento a pellet possono essere regolati con precisione e rappresentano anche per questo un vantaggio di qualità per l'utente.

La legna, e in particolare i pellet sono in vendita sul mercato dei combustibili. In questo modo agli utenti è garantita una notevole sicurezza di approvvigionamento.

## Rendimento Energetico

Il rendimento energetico di una centrale a biomassa dipende dal tipo di combustibile. Per quantificare il contenuto energetico della legna, del cippato e del pellet, viene riportata nella tabella un confronto tra la quantità di energia contenuta nelle biomasse legnose con i quantitativi equivalenti di combustibili cui si è comunemente abituati, ossia gasolio e metano.

CONFRONTO TRA I DIVERSI COMBUSTIBILI		
Tipo di biomassa	Equivalente in gasolio	Equivalente in metano
1 Kg di cippato w= 40%, P.C.I.=13,4MJ/Kg	0,38 litri	0,37 m <sup>3</sup>
1 Kg di cippato w= 40%, P.C.I.=10,46MJ/Kg	0,30 litri	0,29 m <sup>3</sup>
1 Kg di pellets P.C.I.=16,9MJ/Kg; massa volumica=600 Kg/m <sup>3</sup>	0,49 litri	0,47 m <sup>3</sup>
1Kg di legna in tronchetti secca densità di 500 Kg/m <sup>3</sup> ; P.C.I di 12,6 MJ/Kg	0,36 litri	0,35 m <sup>3</sup>

w=umidità su base umida=((peso umido-peso secco)/peso umido)\*100

fonte:Guida Biomasse



fonte: Guida Biomasse

E' chiaro dalla tabella che i combustibili derivanti dalle biomasse hanno un contenuto energetico inferiore rispetto ai combustibili fossili; la conseguenza è la minor convenienza nel trasporto in quanto quantità necessaria di combustibile per ottenere la stessa energia termica è notevolmente superiore.

Bisogna però considerare dove sono collocate le fonti di approvvigionamento: se per i combustibili fossili è nota la dipendenza dall' estero dell' Italia, il legno può essere considerato una risorsa locale con evidenti vantaggi economici e ambientali grazie al suo impiego nel luogo di produzione o nelle immediate vicinanze.

COMBUSTIBILE: LEGNA/TRONCHETTO (non resinato)		
Essiccamento (mesi)	Umidità (%)	Potere Calorifero Kcal/Kg
appena tagliata	50	
3	40	2410
6	35	2700
9	30	2900
12	25	3150
15	20	3400

fonte: Istituto Sviluppo Sostenibile Italia

### Considerazioni Economiche

I vantaggi dell'uso della biomassa sono anche economici. Bisogna considerare infatti che il combustibile sarà fornito gratuitamente dal boschetto appositamente realizzato. In ogni caso, se esso non sarà sufficiente a soddisfare i bisogni dell'utenza si ricorda che se i combustibili legnosi hanno un contenuto energetico inferiore rispetto a quelli fossili, il loro basso costo d'acquisto fa sì che per ottenere la stessa energia data da un litro di gasolio, di gpl o da un metro cubo di metano, si vada a spendere molto meno. Ciò può essere spiegato con l'esempio della legna da ardere stagionata: per ottenere con essa la stessa energia di un litro di gasolio ne sono necessari circa 3 kg, come già detto. Con un prezzo della legna di 0,10 €/kg si ottiene  $0,10 * 3 = 0,30$  €.

La tabella qui di seguito evidenzia il vantaggio economico che deriva dalla scelta della combustione a biomasse.

POTERI CALORIFICI E COSTI INDICATIVI DI COMBUSTIBILI FOSSILI E BIOMASSE								
Combustibili fossili	Potere calorifero netto	Costo	Litro equivalente gasolio		Litro equivalente GPL		Metro cubo equivalente metano	
	KWh/Kg	Euro/Kg	Kg	Euro	Kg	Euro	Kg	Euro
Gasolio	11,7	0,990	0,83	0,83	0,62	0,61	0,83	0,82
Metano	13,5	0,720	0,73	0,52	0,54	0,39	0,72	0,52
GPL	12,8	1,097	0,76	0,84	0,57	0,62	0,75	0,83
Combustibili da biomassa								
Legna da ardere (25% umidità)	3,5	0,103	2,79	0,29	2,07	0,21	2,76	0,28
Cippato faggio/querchia (25% umidità)	3,5	0,067	2,79	0,19	2,07	0,14	2,76	0,19
Cippato pioppo (25% umidità)	3,3	0,052	2,92	0,15	2,17	0,11	2,89	0,15
Pellets di legno (10% max umidità)	4,9	0,180	2,00	0,36	1,48	0,27	1,98	0,36

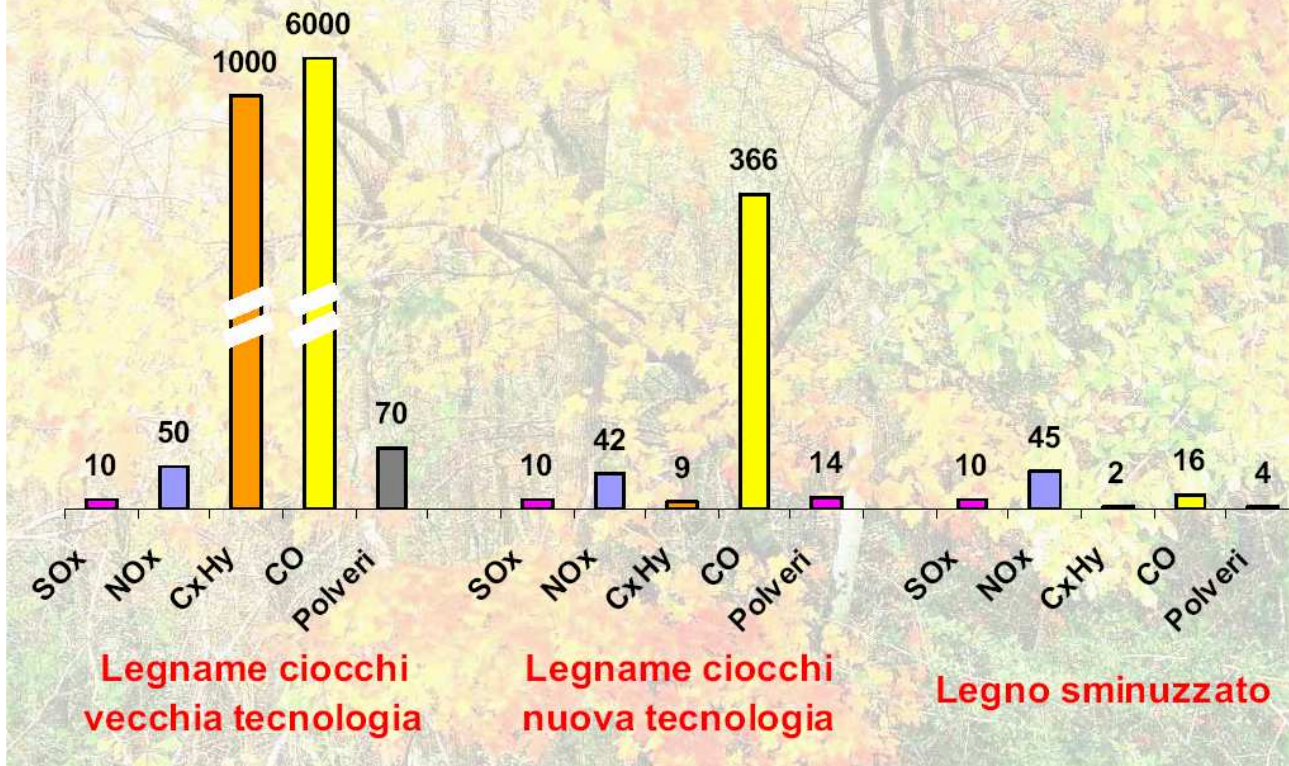
fonte: Dossier caldaie a biomasse per impianti di riscaldamento domestico-realizzato ITABIA-Adiconsum (a cura di V. Bartolelli, G. Schenone, C. Altese)

## Le ceneri

La cenere è il residuo inorganico del processo di combustione e contiene elementi nutrienti come calcio, potassio, fosforo, magnesio e sodio.

Il suo eventuale spargimento sul suolo può essere valutato positivamente, con funzione di concime e di correzione delle proprietà del suolo. La funzione di concime è intesa come reinserimento nel suolo di quantità sensibili di elementi nutritivi precedentemente asportati dal suolo dalla vegetazione; il fattore correttivo riguarda i suoli acidi, infatti la cenere contiene metalli alcalino – terrosi (Calcio e Magnesio) e, in maniera minore, alcalini (Potassio e Sodio) in grado di innalzare il pH del suolo.

## Emissioni combustione legno (mg/MJ)



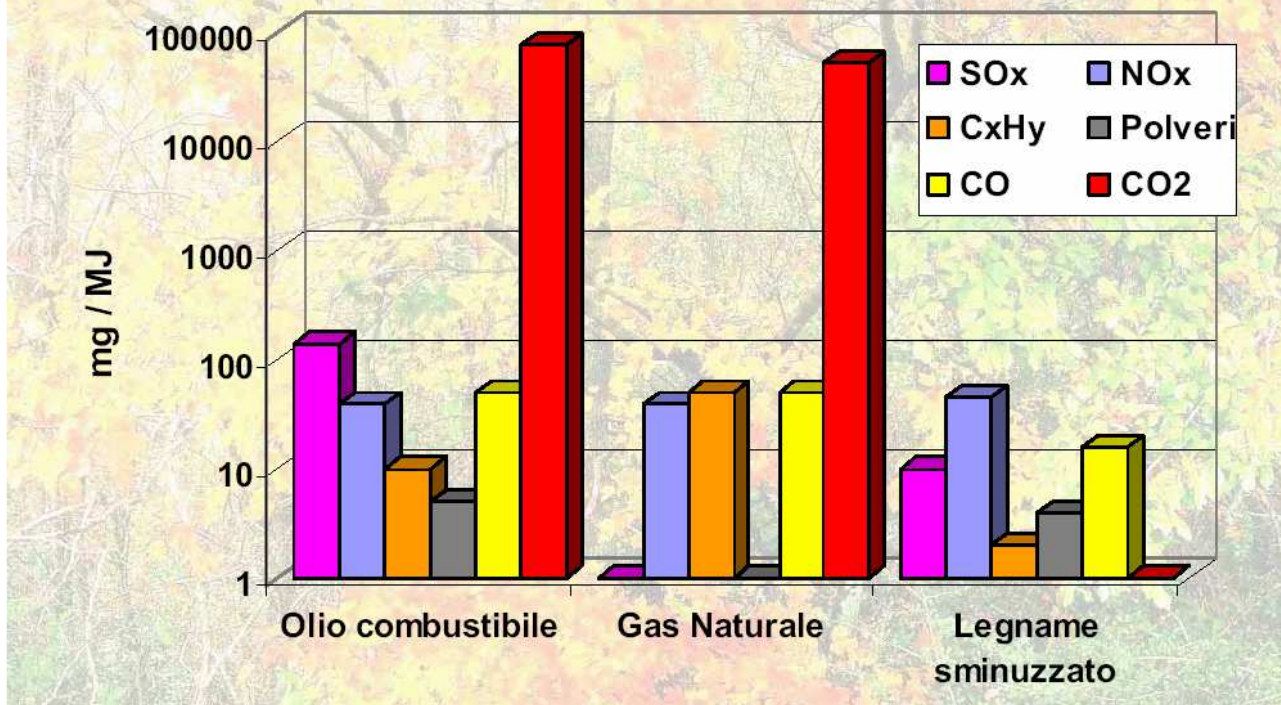
fonte:ENEA

### Impatto ambientale

Spesso si ritiene che la combustione del legno sia molto inquinante; ciò vale solo per le vecchie caldaie tradizionali dove la combustione non è ottimizzata. La tecnologia oggi a disposizione permette di realizzare moderne caldaie progettate per ottenere una combustione quasi perfetta della legna e con emissioni comparabili a quelle a combustione fossile. Tali risultati sono stati ottenuti grazie all'introduzione di diversi dispositivi come la "sonda lambda" e, nelle caldaie di grande taglia, di ciclone e filtri a manica ed elettrostatici, ma anche per la separazione dell'aria primaria da quella secondaria e dal ricircolo dei fumi di combustione.

Nel grafico qui sotto vengono confrontate le emissioni in atmosfera prodotte dalla combustione della legna in caldaie che impiegano diverse tecnologie; nel seguente vengono confrontate con le emissioni delle caldaie a combustibili fossili.

## Emissioni combustione legno (mg/MJ)



fonte: ENEA

Ogni caldaia a biomasse dovrebbe comunque rispettare alcuni valori di emissioni di CO (< 200 mg/m<sup>3</sup>) e delle polveri (< 150 mg/m<sup>3</sup>) in linea con la normativa vigente (**DPCM 8 marzo 2002**), anche se questa si riferisce ad impianti ad uso civile superiori a 150 kW di potenza.

### 2.1.4 Biogas

La materia organica proveniente dagli scarichi dei Wc e cucine, dalla triturazione dell'umido e dagli sfalci dell'erba viene convogliata in un impianto dove attraverso un processo di digestione anaerobica viene trasformata in biogas, costituito principalmente da metano e anidride carbonica.

L'impianto che verrà installato garantirà così il riciclaggio dei rifiuti di sostanza organica e la assenza di odori.

### 2.1.5 Gas naturale

E' previsto l'utilizzo del gas naturale solo per cucinare e come supporto di sicurezza all'energia termica, i due sistemi sono infatti integrati.

### **2.2.2 Acqua**

Il fabbisogno domestico idrico, quindi per lavatrici, docce, lavandini, cucine, bidé, sarà soddisfatto dalla raccolta dell'acqua piovana integrato con un sistema di pompaggio delle acque di falda per i mesi di siccità.

Per utilizzare le acque meteoriche è previsto l'installazione di un sistema di raccolta accumulo e depurazione.

L'acqua delle vaschette dei Wc, per l'irrigazione delle aree verdi e per la pulizia degli spazi pavimentati esterni verrà invece riutilizzata l'acqua di scarico depurata con le migliori tecniche esistenti attualmente.

Sarà possibile soddisfare le esigenze dell'utenza con le sole acque meteoriche grazie ad una riduzione dei consumi. L'uso razionale dell'acqua è possibile attraverso l'installazione di dispositivi di riduzione delle portate, con miscelatori che mixano l'acqua con l'aria, con dispositivi a fotocellule e con l'uso di cassette per Wc a doppio scarico differenziato (3 e 6 litri). Inoltre il riutilizzo delle acque di scarico permette una ulteriore riduzione del fabbisogno idrico del villaggio.

#### **Ciclo dell' acqua**

Produzione di acqua potabile

Sono previste due linee distinte di produzione di acqua potabile. La prima linea destinata alla produzione di acqua per consumo umano (acqua da bere) prevede la depurazione mediante un impianto ad osmosi inversa, carbone attivo e disinfezione con raggi UV; successivamente verrà effettuata l'aggiunta di una concentrazione equilibrata di sali ad elevato grado di purezza e quindi inviata all' utilizzo mediante tubazioni realizzate con materiali che garantiscano la totale assenza di rilascio di sostanze inquinanti. L'acqua verrà resa all' utilizzatore mediante l'installazione presso la cucina di rubinetti dedicati aventi bassa portata.

Una seconda linea garantirà la produzione di acqua potabile mediante sistemi di depurazione tradizionale (attualmente usati in tutti gli acquedotti) con l'utilizzo di sistemi chimico fisici e di successiva filtrazione su quarzo e carbone attivo; dopo la disinfezione finale e l'aggiunta di sali a basso costo (carbonato di calcio, cloruro di calcio, cloruro di sodio, ecc.) verrà inviata a tutti gli altri utilizzi.

### 5.2.3 Materiali

I materiali che verranno utilizzati per la realizzazione del villaggio sono scelti seguendo i criteri della bioarchitettura.

Si tratta quindi di materiali prodotti e facilmente reperibili nel contesto locale; di origine il più possibile naturale; prodotti con materie prime rinnovabili e abbondanti, oppure riciclate, applicando processi produttivi a bassi consumi di energia, acqua e altre risorse, senza utilizzo di sostanze nocive e senza scarichi o scorie inquinanti.

I materiali inoltre devono essere concepiti per la loro futura riciclabilità e riutilizzazione dei suoi componenti, facilitando questa fase di vita degli stessi evitando la costruzione di parti non scomponibili o additivate.

E' necessario quindi valutare l'L.C.A., l'analisi del ciclo di vita, dei materiali in modo da controllare tutte le loro fasi di vita, dal processo di lavorazione, di uso, e di possibile recupero, riciclaggio tentando di chiudere i cicli.

Deve essere garantita la totale salubrità dei materiali per l'utenza del villaggio per chi gli produce e assembla le diverse parti e degli ambienti degli edifici; così come deve essere garantita l'assenza di emissioni nocive, l'elevata traspirabilità e la protezione contro l'elettrosmog.

La costruzione seguirà le disposizioni dell'allegato della Deliberazione della Giunta del Veneto n. 1564 del 23/05/2003.

La pulitura dei materiali, quindi le azioni meccaniche, le azioni fisiche, i trattamenti, le disinfezioni, le rimozioni e trattamenti con detersivi devono essere fatte senza l'utilizzo di prodotti provenienti da sintesi petrolchimica e non tossici per uomini, animali, piante.

Il consolidamento del terreno viene fatto solo attraverso l'integrazione, inserimento o applicazione di sostanze naturali omogenee, per composizioni chimico-fisica, con le caratteristiche del materiale originario.

Per le murature conformemente alla normativa sopra citata verranno utilizzati blocchi di legno naturale in fibre, mineralizzato, igroscopico, neutro all'odorato, stabile, atossico, con radioattività non superiore ai valori di fondo.

Il legno che verrà utilizzato per la costruzione del villaggio può essere soggetto solo ad alcuni tipi di trattamenti:



- le vernici e gli impregnanti possono contenere in quantità variabile oli vegetali, solventi naturali, essiccanti, Sali minerali, cere naturali, e coloranti naturali. Sono proibiti i metalli pesanti, CFC e derivati, sostanze inquinanti per l'atmosfera e sostanze che emettono esalazioni tossiche e di sintesi chimica;
- le cere possono essere composte solo da cera d'api, cera carnauba, oli di lino, olio di agrumi, Sali minerali e pigmenti. Non sono presenti composti aromatici sintetici;
- i diluenti sono costituiti da trementina naturale, oli di agrumi alcol etilico vegetale;
- gli antiparassitari usati sono costituiti da sali borici a protezione da funghi, muffe, insetti e con azione ignifuga

Gli isolamenti coibenti sono costituiti da materiali e prodotti di origine vegetale, animale o minerale (escluse le lane di vetro e di roccia), prevalentemente riciclabili, inattaccabili dai roditori, stabilizzati, resistenti al fuoco, imputrescibili, atossici, esenti da trasformazioni chimiche, prive di formaldeide, di elementi derivati da sintesi chimica e di emissioni radioattive superiori ai valori di fondo.

Le travi e tavole per i solari sono in legno regionale e trattato secondo le procedure descritte prima per le murature.

Anche le pitture sono costituite da materiali di origine minerali, vegetale e animale con esclusione di componenti artificiali e di sintesi chimica. Devono garantire l'elevata traspirabilità, resistenza al lavaggio e essere prive di metalli pesanti, sostanze nocive provenienti da sintesi petrolchimica.

I pavimenti degli edifici, conformemente alla normativa saranno in legno massiccio e stratificato, provenienti da colture mediterranee e europee con applicazioni di trattamenti compatibili.

Gli infissi, i serramenti esterni e le porte interne sono in legno massello completi di ogni accessorio e con le parti in legno trattate con prodotti ecocompatibili.

### **I vantaggi del legno**

Nella costruzione del villaggio verrà quindi dato grande spazio all'utilizzo del legno. Il legno come materiale da costruzione può essere utilizzato per case unifamiliari, ma anche per case plurifamiliari, edifici pubblici, commerciali e industriali.

Esistono due diverse tipologie di edifici in legno, le costruzioni leggere e quelle in legno massiccio. Le prime sono caratterizzate dall'uso di travame squadrato per il telaio portante e tavole disposte orizzontalmente per il tamponamento quindi all'interno della struttura viene disposto uno strato di materiale isolante. Una pennellatura in legno costituisce il rivestimento. Le case in legno massiccio

moderne sono costruite con un sistema di pannelli prefabbricati di grande formato composti da elementi in massello o tavole di compensato, che sovrapposti in modo incrociato in un numero variabile di strati.

Gli edifici del villaggio saranno case in legno massiccio moderne con spessore delle pareti pari a 25 cm.

I vantaggi dell'uso di questo materiale possono essere :

- l'uso del legno permette di immagazzinare l'anidride carbonica contenuta per almeno 80 anni. Il legno nel corso della sua vita accumula energia e CO<sub>2</sub>, richiede poca energia di produzione come materiale da costruzione.

La capacità di un ecosistema forestale di assorbire CO<sub>2</sub> dipende dalle sue caratteristiche; le utilizzazioni forestali sottraggono dall'ecosistema biomasse legnose che possono rilasciare il carbonio in esse contenute in tempi medio-brevi nel caso in cui le si utilizzino come combustibile, lunghi nel caso in cui le usi come materiale da costruzione.

Un ecosistema forestale, comprensivo di vegetazione (arborea e sottobosco), lettiera e suolo contiene una quantità variabile di carbonio. La PPN, Produzione Primaria Netta, ci fornisce la quantità di carbonio, al netto della respirazione, da esso sottratta annualmente all'ambiente e fissata sotto forma di biomassa, misurata in ton/ha di sostanza secca. La relazione tra sostanza secca e contenuto di carbonio è variabile ma si può assumere:

$$1 \text{ g s.s.} = 0,5 \text{ g C} = 1,83 \text{ g CO}_2 \text{ atmosferica fissata (fonte: Legambiente)}$$

questo significa che una tonnellata di legno (20% di umidità) è in grado di assorbire 1250-1500 Kg di CO<sub>2</sub> durante la sua crescita. L'uso del legno evita inoltre l'emissione in atmosfera di una grande quantità di CO<sub>2</sub> che sarebbe immessa con la produzione di mattoni e cementi. Per dare un'idea del risparmio basti pensare che una tonnellata di cemento prodotto emette in atmosfera tra i 1000 e 1200 Kg di CO<sub>2</sub>.

Un edificio moderno in legno della tipologia "costruzione leggera a telaio" con circa 15 tonnellate di elementi costruttivi può sottrarre all'atmosfera circa 28 tonnellate di CO<sub>2</sub>. È stato stimato che grazie agli edifici in legno all'interno del patrimonio edilizio svizzero siano immagazzinate circa 85 tonnellate di CO<sub>2</sub> pari alla quantità di emissioni svizzere di due anni. [Holzindustrie Schweiz, 2004]

-dal punto di vista energetico il legno presenta notevoli vantaggi rispetto agli altri materiali da costruzione. Un m<sup>3</sup> di legno può essere convertito in 2500 KWh; utilizzato come materiale da costruzione può essere tagliato in legni squadrati per un 75% e per un 25% usato per ricavare 625 KWh. Il bilancio energetico è attivo, perché per 1 m<sup>3</sup> di legno servono circa 200 KWh per tutte le operazioni necessarie al suo utilizzo come l'abbattimento, il trasporto, le operazioni di segatura, ecc. e non sono necessarie alcun trattamento con prodotti chimici; e una volta terminato la sua funzione prima di materiale da costruzione sarà bruciato restituendo una quantità di energia maggiore a 200 KWh per m<sup>3</sup>.

La tabella qui sotto riporta il confronto tra valori di energia grigia necessari per la produzione dei materiali da costruzione in mattone e in legno.

Elemento costrittivo	Materiale	Energia Grigia	
Materiali legnosi	Pannelli triplo strato	7,5	MJ/Kg
	Pannelli di particelle	5,3-9,3	MJ/Kg
	Tavolate, essiccato tecnologicamente	2,2-3,2	MJ/Kg
	Tavolate, essiccato naturalmente	1,7	MJ/Kg
Mattoni e conci	Conci in calcestruzzo poroso	4,72	MJ/Kg
	Mattoni	2,39-3,08	MJ/Kg
	Conci in arenaria calcarea	0,96	MJ/Kg
	Mattoni in terra cruda (essiccati naturalmente)	0,14-0,26	MJ/Kg

fonte: Climalp

I dati sono riferiti al Kg; è evidente che una costruzione in legno richiede una quantità di materiale in peso molto inferiore rispetto ad una in mattoni.

Da una casa unifamiliare del tipo “costruzione leggera a telaio” costruita con 35 m<sup>3</sup> di legno, possono essere ricavati 30.000 kWh di energia (dalla combustione di 1 m<sup>3</sup> di legna si ricavano mediamente 1.800 kWh) se si utilizza il 50% del legname per la valorizzazione termica.(fonte: Climalp)

Nell'ambito del progetto di ricerca “Sustainable Solar Housing” (Edifici solari sostenibili) dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA), in un insediamento a Gelsenkirchen/D con 71 case solari a schiera sono stati analizzati in particolare sei diversi tipi di costruzioni. Da un confronto del fabbisogno energetico accumulato nel corso dell'intero ciclo vitale di 50 anni (esclusa l'energia di esercizio) è risultato che gli edifici in muratura presentano un consumo energetico superiore del

22% rispetto alle costruzioni in legno. Le emissioni di CO<sub>2</sub> provocate dalle case in legno si sono rivelate notevolmente inferiori rispetto ai fabbricati in muratura. Il confronto tra case in legno dotate e prive di cantina ha dimostrato che la costruzione della cantina comporta un aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 40% [Hastings ed Enz, 2003].

-non è necessario l'utilizzo di prodotti chimici per il trattamento del legname se si rispetta il principio della protezione del legno in fase costruttiva (costruire con legno essiccato e mantenerlo poi asciutto); perché questo materiale è un buon isolante, sottrae umidità all'aria e la restituisce in caso di necessità, è elettricamente neutrale, ha un'alta temperatura superficiale, ha un odore gradevole e non emette sostanze nocive.

Emissioni in 24 ore di un pannello di 1 m <sup>2</sup> trattato con vernici sintetiche, verniciato 24 giorni prima dell' analisi (fonte: Catas, il nuovo verde aureo dell' architettura. Serena Omodeo Salè, Maggioli Editore, 2001, Rimini)	
Sostanza	mg/m <sup>3</sup>
Acetone	11
Metiletlicheone	13
Etile acetato	4
i-Butile acetato	36
n-Butile acetato	21
Xileni isomeri	5
Stirene	23
Metossipropanolo	133
Etossipropanolo acetato	61
Dimetilformamide	33
Aldeide esanoica	9
Cicloesanone	3
Butilcellosolve	7
Benzaldeide	2
Acido acetico	63
Benzoato di metile	3
Dimetil idrossi acetofenone	13
Totale	440

- facilità di smaltimento di un edificio in legno con la possibilità di riciclaggio con il recupero del materiale o con la valorizzazione termica. IL materiale può essere recuperato con la trasformazione in pannelli di truciolato.

- garantisce il perfetto isolamento termico e acustico, grazie ai serramenti di notevole spessore. Il legno permette un isolamento termico sei volte maggiore rispetto al mattone e dodici rispetto al

cemento. Ciò significa che 12 cm di parete in legno garantiscono le stesse proprietà termiche e di isolamento acustico di un muro in mattoni di spessore di 60 cm e di un muro in cemento di spessore di 120 cm.

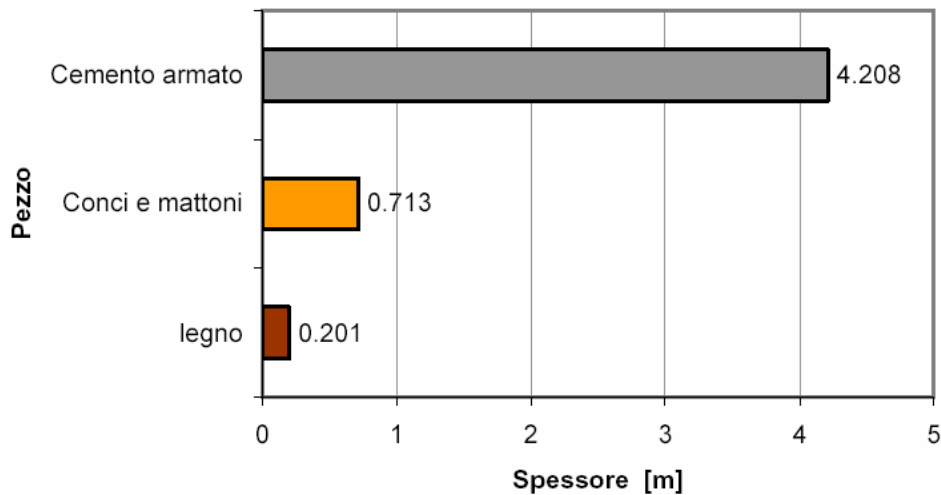


Figura 12: Confronto dello spessore di diverse componenti edilizie necessario per raggiungere un coefficiente U di  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  [fonte: Martin Teibinger, Holzforschung Austria]

fonte: Climalp

- le strutture in legno non riflettono le onde elettromagnetiche prodotte dagli elettrodomestici, dai telefoni cellulari, dai computer, e altre apparecchiature garantendo l'assenza di scariche elettriche.

- l'utilizzo del legno permette di ridurre il peso complessivo dell'edificio riducendo i costi per le fondamenta

- la resistenza al fuoco degli edifici costruiti in legno non è diversa da quelli tradizionali; il legno si incendia per sua natura ad una temperatura comunque superiore ai  $300^\circ \text{C}$

-infine, bisogna ricordare il contributo che può dare l'uso del legno all'economia locale fornendo occupazione e sostegno alla filiera locale, oltre al vantaggio ambientale e per il territorio che deriva dallo sfruttamento sostenibile delle foreste regionali. La valorizzazione di questa risorsa può costituire un freno allo spopolamento della montagna Italiana e permettere una gestione corretta dell'ambiente montano, con vantaggi anche per la pianura prevenendo fenomeni di dissesto idrogeologico che interessano gran parte del territorio Italiano.

## **Ruolo del bosco**

Secondo stime recenti la superficie forestale Italiana occupa una superficie di 10.000.000 ettari ed è in lenta crescita. Le foreste presentano un volume di legname di 1,5 miliardi di m<sup>3</sup>, che si accresce annualmente di circa 30 milioni di m<sup>3</sup> (fonte UNECE/FAO, 2000).

I nostri boschi sono però poco sfruttati, infatti solo 6.000.000 di ettari sono atti all'approvvigionamento di legname. Si utilizzano in media 9 milioni di m<sup>3</sup> di legno all'anno di cui 5,4 milioni di m<sup>3</sup> sono di legna da ardere, mentre i restanti 3,6 milioni di m<sup>3</sup> di legname da opera (usato in edilizia, nel settore industriale).

Difficoltà di accesso, rispetto delle aree protette, boschi caratterizzati da bassa densità arbustiva, scarso valore economico del legname ottenibile, alti costi di utilizzazione, sono le ragioni dell'utilizzo parziale delle foreste.

Circa il 40% delle foreste italiane è formato da boschi cedui che sono quindi utilizzati per il taglio e la raccolta della legna, la cui origine è strettamente legata all'impiego della legna da ardere quale combustibile a livello domestico. Nonostante l'antica tradizione, soprattutto nelle aree alpine e appenniniche, l'uso come combustibile ha subito una fortissima riduzione a causa dello spopolamento delle montagne e all'introduzione dei combustibili fossili. Nell'ultimo decennio si è osservata un cambio di tendenza, grazie anche alla crescita del turismo montano.

L'abbandono ha avuto ripercussioni negative sulla funzione di difesa dai dissesti idrogeologici, a causa della diminuzione della manodopera locale che eseguiva piccole importanti opere di sistemazione dei fossi e dei versanti; anche la presenza di vegetazione infestante e di alberi morti rappresenta un altro fattore di dissesto, andando ad appesantire i versanti montuosi e contribuendo alla loro instabilità.

Le funzioni di un bosco si possono riassumere in: funzioni igienico-sanitarie, di protezione, produttive e climatiche.

<b>funzioni produttive</b>	
Legno	Il legno è una delle poche materie prime e fonti di energia delle Alpi. È rinnovabile e come materiale da costruzione e combustibile può efficacemente sostituire altre materie prime non rinnovabili (ghiaia, sabbia, calce, materie plastiche, petrolio, carbone, gas ecc.).
Occupazione	L'utilizzo e la lavorazione del legno dà lavoro a molte persone, in particolare nelle regioni economicamente marginali.
Riduzione di CO <sub>2</sub>	Ogni metro cubo di legno utilizzato nell'edilizia al posto di cemento, mattoni o acciaio oppure impiegato al posto di fonti energetiche fossili, evita l'immissione nell'ambiente di notevoli quantità di anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ).
<b>Funzioni igienico-sanitarie</b>	
Habitat	Almeno 20.000 specie di piante e animali, tra cui anche molte minacciate di estinzione, dipendono dal bosco come spazio vitale. Per la sua alta biodiversità il bosco rappresenta quindi un vero e proprio "scrittoio biologico".
Produzione di ossigeno	Con le loro foglie gli alberi assorbono grandi quantità di anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ) e rilasciano nell'atmosfera ossigeno, fondamentale per la vita dell'uomo e degli animali.
Regolazione del clima, depurazione dell'aria e difesa dai rumori	Oltre all'ossigeno il bosco rilascia anche vapore acqueo, favorendo così un aumento delle precipitazioni a livello locale. D'estate, durante il giorno, nel bosco ci sono circa 10° C in meno che all'esterno di esso. In particolare in vicinanza delle città questo ha un effetto positivo sul ricambio dell'aria. Gli alberi filtrano le sostanze inquinanti dall'atmosfera e la trattengono sulle foglie. Inoltre il bosco assorbe i rumori (ad esempio il rumore del traffico), contribuendo così alla qualità dell'abitare e della vita.
Spazio ricreativo e per il tempo libero	Grazie all'aria pulita e ricca di ossigeno e della temperatura gradevole e più equilibrata, nel bosco è possibile rilassarsi, praticare attività sportive ed entrare in contatto con la natura.

Riduzione di CO <sup>2</sup>	Gli alberi assorbono anidride carbonica e immagazzinano carbonio nel legno; in tal modo riducono il contenuto di CO <sup>2</sup> dell'atmosfera e contrastano l'effetto serra.
Depurazione e accumulo dell'acqua	La grande porosità dello strato di humus, le profonde radici degli alberi e l'attività degli animali del suolo creano un intricato sistema di cavità nel suolo forestale che può accogliere grandi quantità d'acqua. Passando attraverso il suolo l'acqua piovana viene filtrata e così depurata raggiunge poi la falda freatica.
Varietà del paesaggio	La distribuzione a mosaico del bosco caratterizza il paesaggio culturale e crea spazi vitali ben strutturati e articolati.
<b>Funzioni protettive</b>	
Valanghe	La neve viene intercettata dalle corone degli alberi, da cui viene restituita all'atmosfera oppure raggiunge lentamente il suolo. Si impedisce così la formazione di ammassi di neve instabili. Inoltre l'ancoraggio costituito dai tronchi, in piedi o anche giacenti al suolo, così come il microclima del bosco più equilibrato, sono fattori che ostacolano la formazione di valanghe.
Inondazioni	Grazie ad un sistema di cavità estremamente ramificate, il suolo forestale è in grado di assorbire e trattenere anche intense precipitazioni temporalesche oppure l'acqua derivante da un improvviso disgelo, riducendo così il rischio di inondazioni e attenuando i picchi delle alluvioni. Il suolo forestale e la vegetazione agiscono dunque più o meno come una spugna.
Caduta massi	Le radici degli alberi consolidano e stabilizzano il suolo. Boschi stabili e sani sono in grado di fermare e trattenere direttamente le pietre.
Erosione del suolo	Il bosco con il suo fitto intreccio di radici impedisce che il suolo venga dilavato dalle precipitazioni o portato via dal vento.

[fonte UFAFP, 2003]



## **Catena del legno**

La potenzialità di creazione di valore aggiunto che deriva dalla catena del legno presenta dimensioni di tutto rispetto. Secondo i dati UFAFP, 2003 utilizzando legna regionale da ardere si può ottenere una creazione di valore aggiunto regionale di oltre il 50%. Utilizzando ad esempio gasolio o metano il 60-70% dei fondi spesi finiscono all'estero, rimane nella regione solo circa il 15%.

A causa delle notevoli variabili non esiste una catena lineare della creazione del valore aggiunto del legno che è costituita dai proprietari forestali, servizi forestali, segherie, falegnamerie, carpenterie, trasportatori attraverso progettisti, comuni e committenti e produttori di impianti di riscaldamento, venditori di materiali edilizi, cartiere e fabbriche di imballaggi. Spesso singoli anelli della catena di creazione di valore sono riuniti in una singola azienda.

### **5.2.4 Comfort**

Il villaggio garantirà un elevato comfort all'utenza, dalla sicurezza alla salubrità che deriva dalla scelta responsabile dei materiali da costruzione, dalla resistenza nel tempo degli edifici fino alla economicità degli appartamenti.

La tabella di seguito riassume gli indici di qualità della vita offerti agli utenti.

CONFORT OFFERTI ALL' UTENZA		
Sicurezza	Stabilità	Rispondenza alla sismicità del suolo
	Sicurezza contro gli incendi	-Limitazione dei rischi di insorgenza d'incendi -Tempi e sistemi di estinzione d'incendi
	Impermeabilità	-Impermeabilità all'acqua -Permeabilità all'aria
Salubrità	Comfort	-Umidità relativa ottimale compresa entro il 40 e il 60%. Al di sotto di questa soglia sono possibili conseguenze per l'apparato respiratorio; oltre sono possibili patologie reumatiche e respiratorie -Si piantano alberi a foglie caduche a sud delle case per assorbire le radiazioni solari in estate e permettere il massimo irraggiamento durante l'inverno -La temperatura va dai 18 ai 20°C
	Comfort inalatorio	-comfort aeriforme -comfort odoroso
	Comfort visivo	-L'illuminazione naturale e l'orientamento a sud assicurano la massima disponibilità di luce naturale regolando i ritmi biologici, l'umore e il benessere -Posizione ideale sulla porzione più soleggiata del lotto -Le pareti sono colorate con tinte naturali, hanno buona inerzia termica e sono traspiranti
	Comfort non sensoriale	Isolamento e protezione dalle elettromagnetiche
	Comfort tattile	Scariche di elettricità statiche
	Comfort psicosomatico	Soddisfaccimento psicologico e fisico
	Comfort igieniche	-Soddisfaccimento per le condizioni igieniche umane -Alimentazione e distribuzione acqua potabile
Fruibilità	Attitudine all'utilizzazione	Idoneità dimensionale degli ambienti e dei materiali relativamente alla destinazione d'uso
	Durabilità	-Resistenza della costruzione agli agenti aggressivi nel corso del tempo -Possibilità di manutenzione programmata
Economia	Economia	-Costo globale degli edifici -Costo di manutenzione -Impiego delle fonti rinnovabili, a partire da quelle solari e idrica

### 5.2.5 Certificazione

Tutte le case che saranno costruite nel villaggio, grazie agli alti livelli di comfort precedentemente descritti e alle caratteristiche dei materiali e degli impianti elettrici e idrici potranno essere certificate.

Avranno tutte lo stesso logo e saranno certificate per:

- nessun utilizzo di fonti energetiche di origine fossile, ma utilizzo di fonti di energia rinnovabili;
- totale indipendenza da fonti energetiche/idriche nazionali;
- nessun utilizzo di isolanti termici sintetici e/o contenenti fibre nocive;
- nessun utilizzo di porte, finestre e pavimenti in PVC, ma utilizzo di materiale biocompatibile;
- nessun utilizzo di impregnanti chimici per il legno, di colori e vernici con solventi, ma utilizzo di prodotti atossici.

### **5.3 Analisi dei costi**

Il villaggio studentesco in esame non soddisfa solo i requisiti di sostenibilità dal punto di vista ambientale ma anche dal punto di vista economico. Il villaggio ha sicuramente dei costi di costruzione superiori rispetto all'edilizia tradizionale a causa dell'alto contenuto tecnologico e delle dimensioni ridotte del mercato.

E' però possibile recuperare i costi aggiuntivi di costruzione grazie a costi di gestione inferiori.

L' indipendenza dal punto di vista energetico e idrico riduce notevolmente le spese che il gestore del villaggio dovrà sostenere annualmente rendendo il villaggio economicamente vantaggioso.

La tabella qui sotto confronta i possibili costi di costruzione al m<sup>2</sup> del villaggio ecosostenibile con i costi che si è soliti sostenere nella costruzione di un edificio tradizionale. I dati sono una stima fornita dai costruttori del villaggio.

Come si può vedere i costi dei materiali che sono stati scelti per le loro qualità di riciclabilità, salubrità, sostenibilità ambientale non si differenziano dai materiali usati dall'edilizia tradizionale contenenti anche prodotti sintetici e di sintesi petrolchimica.

C'è invece una differenza sostanziale nelle voci che riguardano l'impiantistica, e le finiture.

Gli impianti idrotermo-sanitario e elettrico hanno infatti un'alto contenuto tecnologico.

Tipologia costruttiva	TRADIZIONALE			ECOLOGICA		
	Descrizione	Costo/ m <sup>2</sup>	Peso su TOT	Descrizione	Costo/ m <sup>2</sup>	Peso su TOT
Grezzo	Struttura mista cemento armato – laterizio. Tetto ventilato con coppi. Isolamento a camera d'aria e materiale in lastre (polistirene / poliuretano).	550	55%	Struttura in materiale ligneo con fissaggio mediante bulloni. Tetto ventilato con doppia intercapedine isolante (gas + lastra isolante), con coppi. Isolamento a camera d'aria e materiale in lastre.	550	44%
Finiture	Intonaci. Pitture. Sottofondi e massetti. Pavimenti (piastrelle + legno). Serramenti da interno ed esterno. Lattonomie.	250	25%	Intonaco esterno. Pitture. Sottofondi e massetti con pannelli radianti a pavimento. Pavimenti (piastrelle + legno). Serramenti da interno ed esterno. Lattonomie.	300	24%
Impianto idrotermo-sanitario	Impianto idraulico (tubazioni, centraline, etc.). Caldaia murale a gas. Termosifoni. Sanitari e rubinetteria.	150	15%	Impianto idraulico (tubazioni, centraline, etc.); circuito acqua calda ad anello di diametro adeguato per la riduzione dei consumi energetici per la circolazione forzata. Sistema a pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria; caldaia - ausiliaria - a biomassa (legna, pellets, etc). Sistema di riscaldamento e raffrescamento a pavimento. Sanitari. Rubinetteria a risparmio idrico (con fotocellula).	250	20%
Impianto elettrico	Quadro elettrico – alimentazione Enel. Cavidotti e cavi. Punti luce, prese forza motrice, interruttori, etc. Accessori (telefonia, citofono, etc.).	50	5%	Quadro elettrico – alimentazione preferenziale da sistema a pannelli fotovoltaici; alimentazione secondaria da linea Enel. Cavidotti e cavi. Punti luce con automatismo di spegnimento volumetrico, prese forza motrice, etc.	150	12%
<b>TOTALE</b>		<b>€ 1.000</b>	<b>100%</b>		<b>€ 1.250</b>	<b>100%</b>

I costi di impianti solari termici di grandi dimensioni (maggiori di 100 m<sup>2</sup>) sul mercato odierno sono stimati intorno ai 400-700 Euro/m<sup>2</sup> con installazione inclusa (il costo di un collettore è di circa 210 euro/m<sup>2</sup>).

Considerando il fabbisogno giornaliero di 50 L a persona si può stimare che verranno installati circa 240 m<sup>2</sup> di pannelli solari per una produzione di 288000 KWh/annui. Un simile fabbisogno viene

soddisfatto da impianti a metano con un consumo annuo di circa 16200 kg di combustibile per un costo totale annuo di 14000 euro (0,72 euro/Kg).

Questo significa che è possibile risparmiare circa 60 euro annui per ogni m<sup>2</sup> installato rispetto a impianti tradizionali a metano, per la produzione di acqua calda sanitaria.

IMPIANTO SOLARE TERMICO		
	euro a m2	euro totali impianto
Costo collettore	210	50400
Costo installazione	190-490	45600-117600
Totale investimento	400-700	96000-168000
Risparmio annuo combustibile (metano)	60	14400

\*per una produzione di circa 28800 KWh/anno

Elaborazione propria su dati Enea

Gli impianti a pannelli solari per la produzione di energia elettrica presentano un notevole costo di investimento iniziale con costi che variano dai 6.000 Euro ai 8.000 Euro per KWp installato, considerando i costi dei moduli, inverter, strutture di supporto dei moduli, installazione e costi tecnici. Normalmente il costo dell'energia prodotta (24-40 centEuro/Kwh) è ancora superiore a quello dell'energia prodotta con una centrale convenzionale di grandi dimensioni (18 centEuro/KWh), anche se, per un'impianto di dimensioni notevoli come quello del villaggio, si può supporre che la differenza si riduca in modo considerevole.

La tabella in basso mostra come un impianto della quarta tipologia, adatto al villaggio studentesco, presenti un costo tra i 6 e 6,6 euro per Wp installato.

L'installazione di tali impianti rimane comunque competitiva quando intervengono forme di incentivazione finanziaria da parte dello Stato come attualmente avviene con il programma nazionale "Tetti fotovoltaici" che prevede contributi in conto capitale pari al 75% del costo dell'investimento.

Con questi incentivi il costo del chilowattora si riduce a 0,11 €, IVA esclusa.

E anche il tempo necessario per recuperare l'investimento iniziale si riduce, arrivando a valori dell'ordine di circa 10 anni, pochi se confrontati ai circa 30 anni di vita previsti per un impianto.

Inoltre bisogna ricordare che una volta recuperato l'investimento, per il resto della vita utile dell'impianto si dispone di energia praticamente a costo zero.

COSTI DI INVESTIMENTO MEDI PER TIPOLOGIA DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO (anno 2004)	
Tipologia	Prezzi (Euro/Wp)
Off-grid fino a 1 KwP	12-15
Off-grid oltre a 1 KWp	12-14
On-grid fino a 10 KWp	6,6-7
On-grid tra 10 KWp e 100 KWp	6-6,6

fonte: IEA

La richiesta di calore di un edificio varia molto a seconda della sua progettazione.

Un edificio costruito secondo le tecniche dell'edilizia tradizionale ha un fabbisogno energetico specifico annuo tra i 30 e i 50 KWh/m<sup>3</sup> con una potenza da installare variabile tra i 15 e 25 W/m<sup>3</sup>.

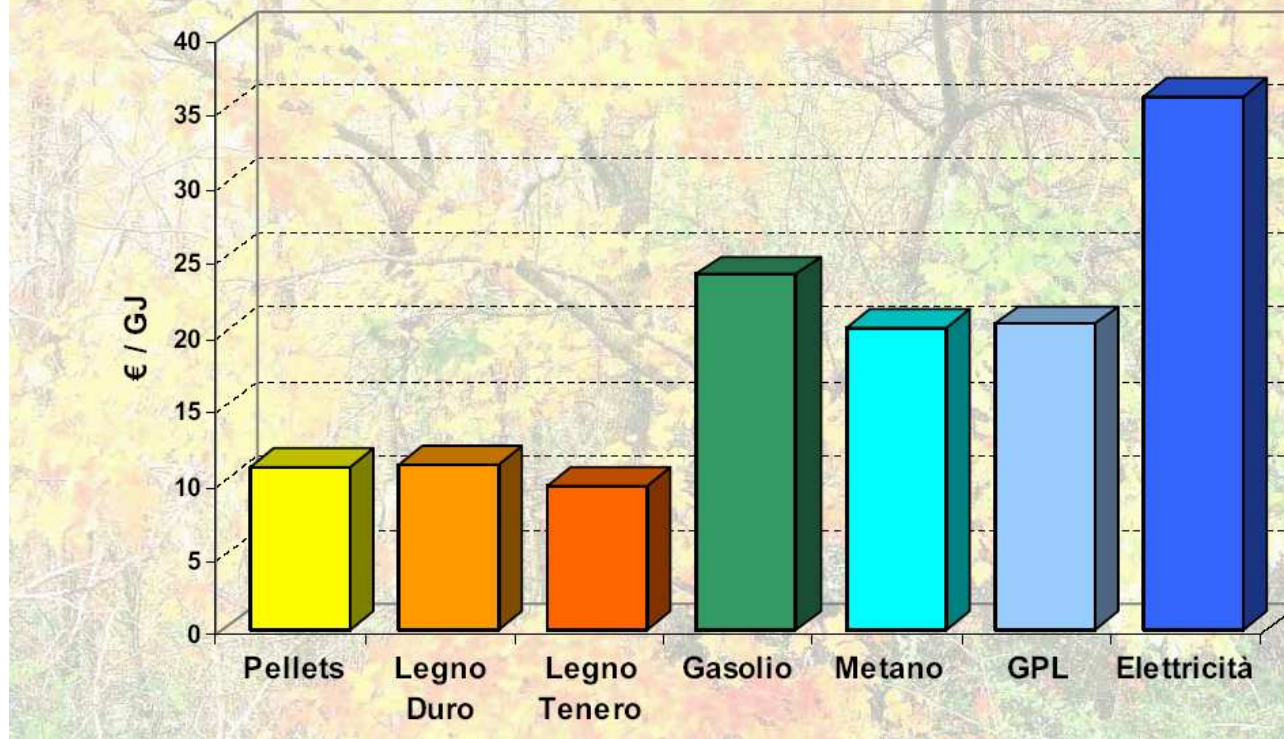
Un edificio costruito secondo le tecniche indicate dalla bioarchitettura progettato per garantire il maggior isolamento termico può necessitare il 70-80% in meno, quindi tra i 10 e i 15 KWh/m<sup>3</sup>.

Il risparmio economico che deriva dalla progettazione intelligente degli edifici del villaggio può essere ulteriormente incrementato grazie all'installazione della centrale a biomassa in sostituzione a quella a metano o gasolio.

Pur disponendo di un'area tenuta a bosco per la produzione di combustibile, si analizzano i costi del riscaldamento tenendo conto dell'acquisto del combustibile, in quanto la biomassa non sarà disponibile contemporaneamente alla costruzione del villaggio.

La tabella qui sotto mostra la differenza di prezzi dei combustibili comunemente usati per il riscaldamento degli edifici residenziali, confrontati con i diversi combustibili derivati dalle biomasse. E' evidente il risparmio che si può ottenere a parità di calore prodotto.

## Costi totali del combustibile (EURO/GJ)



fonte: Enea

L'analisi di un impianto di medie dimensioni può esplicitare il risparmio complessivo che si ottiene con l'uso delle biomasse nel villaggio ecosostenibile.

Si considera un impianto da 100 KW che operi 1550 ore/anno. L'impianto è adatto per un fabbisogno di circa 240.000 KWh/anno.

Si osserva che a fronte di investimenti doppi, le centrali a biomassa vantano costi di esercizio pari anche fino a 1/3 rispetto alle caldaie a combustibili fossili.

CONFRONTO TRA COSTI DI IMPIANTI A BIOMASSA E A COMBUSTIBILE FOSSILE (CALDAIA DA 100 KW)					
		Cippato	Pellet	Gasolio	Metano
Costo caldaia	euro	10.000	10.000	4.000	3.000
Costo installazione	euro	2.500	2.500	1.500	1.500
Opere civili	euro	10.000	8.500	4.500	4.000
<b>Totale investimento</b>	euro	22.500	21.000	10.000	8.500
Costo combustibile	euro/anno	4.982	6.112	14.968	11.663
Costo elettricità	euro/ anno	120	80	60	50
<b>Costi esercizio diretti</b>	euro/ anno	5.102	6.192	15.028	11.713
Costo riparazioni	euro/ anno	175	168	78	65
Costo personale	euro/ anno	1.000	750	0	0
Pulizia camino	euro/ anno	250	200	150	80
<b>Contratti di servizio</b>	euro/ anno	400	400	200	200
<b>Assicurazioni e altri costi</b>	euro/ anno	250	200	100	100
<b>Costi di esercizio indiretti</b>	euro/ anno	2.075	1.718	528	445
<b>Costi annui totali</b>	euro/ anno	8.177	7.910	15.555	11.119
<b>Costi totali per MWh</b>	euro/ anno	54,52	52,72	103,39	74,14

elaborazione propria su dati: Enea

#### 5.4 Politiche ambientali

L' intervento si colloca all' interno del Piano Energetico del 2004 del Comune di Venezia. La legge 10/91 prevede (art. 5), per i Comuni con popolazione superiore ai cinquantamila abitanti, come il Comune di Venezia, l'adozione di uno specifico piano relativo all'uso delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico. Il Piano Energetico Comunale si sostanzia con la stesura di una serie di



schede sintetiche di azioni individuate che rappresentano un primo livello operativo (in un orizzonte temporale di due anni) del piano e dei Protocolli di Intesa.

Il Piano è il risultato di una politica di decentramento agli Enti locali, con una ridefinizione di ruoli e funzioni anche in campo energetico, e può considerarsi come una misura adottata sul piano locale per il problema dei cambiamenti climatici ed i tentativi di limitarne l'effetto, che trovano, al momento, la loro maggiore espressione nel Protocollo di Kyoto.

Il Piano Energetico Comunale si sostanzia con la stesura di una serie di schede sintetiche di azioni gi. individuate che rappresentano un primo livello operativo (in un orizzonte temporale di due anni) del piano e dei Protocolli di Intesa.

Le schede d'azione fino ad ora elaborate sono descrittive delle attività in cantiere o programmate per il biennio 2004-2005, coerenti all'obiettivo della sostenibilità energetica. In generale le suddette schede ricadono nelle seguenti

tipologie:

- azioni che riguardano l'introduzione di criteri energetici in strumenti procedurali, pianificatori e di regolamentazione

comunali;

- progetti realizzativi a diverso stato di avanzamento (studio di fattibilità, progettazione definitiva, realizzazione in

corso);

- azioni di educazione, informazione e promozione.

L'intervento sarà definito da una progettazione integrata orientata all'ottenimento di prestazioni ottimali degli edifici mediante il ricorso ad accurate strategie ambientali.

L'Agenzia Veneziana per l'Energia, un'associazione non profit promossa dal Comune di Venezia e dall'Azienda municipale di servizi ambientali Vesta, ha il mandato di monitorare e implementare la strategia energetico-ambientale della Città di Venezia definita dal Piano energetico comunale al 2010, l'anno-obiettivo del protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici.

I quattro assi di intervento dell'Agenzia sono: introduzione accelerata di tecnologie ad alta efficienza negli usi finali elettrici e termici, energie rinnovabili, sostituzioni fra carburanti a favore di quelli a minor potenziale climalterante, informazione, educazione e formazione professionale.

Dal punto di vista metodologico, l'Agenzia sviluppa progetti in partenariato con attori sociali ed economici, tipicamente imperniati su una fase pilota mirata alla dimostrazione e allo sviluppo di

nuove tecnologie energetiche, e su una successiva fase di diffusione di tali tecnologie indirizzata a gruppi obiettivo e/o alla cittadinanza in generale.

## 7 Conclusioni

L'edilizia gioca un ruolo importante nell'ambiente sul piano energetico e idrico ed è una delle attività antropiche a maggior impatto se si considera il consumo di risorse finite della Terra.

È responsabile di un consumo di territorio insostenibile, con conseguenze che vanno dall'aumento della vulnerabilità del territorio stesso alla perdita di identità di intere popolazioni; presenta una forte pericolosità per l'utilizzo di materiali sintetici a base di sostanze petrolchimiche di riconosciuta tossicità rendono un cantiere edile un "impianto produttivo ad alto rischio"; è causa di un consumo incontrollato di risorse spesso non riproducibili, in particolare petrolio e acqua; è responsabile di inquinamento atmosferico e di fenomeni di riscaldamento globale; produce scorie e rifiuti.

Intervenire in questo settore è quindi ormai un obbligo per noi stessi e per le generazioni future. Bisogna spingersi verso nuove forme di pensare, progettare, costruire gli edifici, puntando all'efficienza e alla corretta gestione delle risorse.

La bioarchitettura si pone come una risposta all'emergenza ambientale che ci troviamo ad affrontare. Esempi di progetti realizzabili a costi sostenibili come quello presentato nella tesi dimostrano che già ci sono tecnologie, materiali e strumenti maturi per la nascita di un mercato abitativo nuovo.

Il progetto del villaggio ecosostenibile descritto nella tesi può rappresentare un punto di partenza, una dimostrazione che è possibile pensare la dimensione dell'abitare in modo nuovo, sostenibile per l'ambiente e per la salute umana. La novità del progetto sta nel affrontare tutti i possibili impatti ambientali dell'edilizia e degli usi energetici domestici insieme al problema della salubrità degli ambienti interni. A differenza delle case passive e degli edifici con certificato CasaClima, che vantano un mercato ormai consolidato, nella progettazione del villaggio studentesco vengono considerate insieme gli aspetti del risparmio energetico e idrico, del recupero e riciclo dei rifiuti organici, dell'uso di materiali biocompatibili, della riduzione dell'inquinamento elettromagnetico, degli alti standard di qualità di vita garantiti all'utenza, oltre che all'obiettivo primo del raggiungimento dell' autosufficienza idrica ed energetica.

Il progetto non è però da considerarsi un prototipo anche per quanto riguarda i costi, infatti, se sarà necessario un investimento superiore rispetto all'edilizia tradizionale, bisogna considerare che una volta ammortizzato, sarà possibile usufruire praticamente gratuitamente di energia e acqua.

I tempi di ammortamento sono incerti. Le stime per gli impianti idrotermo-sanitario ed elettrico, della stessa tipologia di quelli utilizzati nel villaggio ma di dimensioni inferiori, variano dai 10 ai 20

anni. Si può pensare ad un tempo di ammortamento inferiore grazie alla differente scala degli impianti.

L'aumento della domanda del mercato di edilizia biocompatibile potrebbe ridurre i costi e conseguentemente allargare l'utenza, in modo tale da passare dai primi esempi di costruzioni, poco più che prototipi, ad un mercato vasto e maturo. Gli sviluppi futuri delle costruzioni biocompatibili realizzate con materiali da costruzione regionali, dipendono da molti fattori: dallo sviluppo dei prezzi dell'energia, dai programmi di incentivazione statali e anche dal fatto se il risparmio energetico verrà stabilito da leggi e disposizioni con carattere vincolante, e in modo tale da creare uno standard generalizzato.

È comunque necessario un maggior interesse da parte delle istituzioni pubbliche con programmi di incentivazione e ricerca. In questo modo si aprirebbero nuovi scenari per la conservazione delle risorse della Terra e delle fonti energetiche, oltre che ad un miglioramento della qualità della vita.

L'Italia inoltre potrebbe ridurre in modo significativo la dipendenza energetica (  $84,6\%$  (importazioni nette/ (produzione+importazioni nette)\* 100) grazie all' energia solare, all' uso di combustibili da biomasse, e sviluppare settori economici redditizi, come lo sfruttamento delle risorse forestali regionali e filiera legata al legno

## 7 Bibliografia

CASTELLAZZI L. & BERLEN L., “Il riscaldamento domestico con caldaie a biomasse”, inserto de “Isoleatrecentosessantagradi” – newsletter mensile di ISES Italia (International Solar Energy Society), 2003

CASTELLAZZI L., GERARDI V., SCODITTI E., RAKOS C. & HASS J., “Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici residenziali”, ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l’Energia e l’Ambiente), Settembre 2002

CIPRA (a cura di) (2002), “2° Rapporto sullo stato delle Alpi”, Centro Documentazione Alpina Torino, disponibile presso: <http://www.cipra.org>

CLIMALP (a cura di) (2004) “Edifici energeticamente efficienti costruiti con legno regionale nello spazio alpino”, CIPRA International, Im Bretscha 22, FL-9494 Schaan

COMUNE DI VENEZIA, “Piano Energetico Ambientale”, 2003

DAVID PEARSON, “La Casa Ecologica”, Touring Club italiano Edizioni, 1990

ENI, “La domanda di energia nel primo trimestre 2005”, Roma, 2005

ISSI – ISTITUTO SVILUPPO SOSTENIBILE ITALIA, “Il protocollo di Kyoto in Italia – Le politiche e le misure sul cambiamento climatico”, 2004

ISSI-ONLUS “Riscaldarsi con la legna. Istruzioni per un uso ecologico”, per conto dell’Assessorato all’Ambiente della Provincia di Bologna ed in collaborazione con l’Ufficio Energia nell’ambito del progetto “Azioni per lo Sviluppo Sostenibile” finanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Bologna.

LEGAMBIENTE, “Ecosistema Urbano 2005”, 2005

LLOYD JONES, “Atlante di Bioarchitettura”, UTET Editore, Torino, 2002

MASSIMO MATTEAZZI (a cura di), “Impianto ibrido solare termico e caldaia a legna ad uso domestico”, “Isoleatrecentosessantagradi” – newsletter mensile di ISES Italia (International Solar Energy Society), Settembre 2003.

THOMAS PAUSCHINGER (a cura di), “Impianti solari termici - Manuale per la progettazione e costruzione”, AmbienteItalia, 2003

UWE WIENKE (a cura di), “Il settore edilizio Italiano consuma il 45% dell’ energia. Dove e come risparmiare” “Isoleatrecentosessantagradi” – newsletter mensile di ISES Italia (International Solar Energy Society), novembre 2004

**Siti internet consultai:**

[leggi-edilizia.legislazionetecnica.it/normativa-costruzioni.htm](http://leggi-edilizia.legislazionetecnica.it/normativa-costruzioni.htm)

[www.anab.it](http://www.anab.it)

[www.assa-cee.org](http://www.assa-cee.org)

[www.adiconsum.it](http://www.adiconsum.it)

[www.biohause.it](http://www.biohause.it)

[www.bioheat.info](http://www.bioheat.info)

[www.bsolar.com](http://www.bsolar.com)

[www.casaclima.info](http://www.casaclima.info)

[ww.cnr.it](http://ww.cnr.it)

[www.corpoforestale.it](http://www.corpoforestale.it)

[www.cti2000.it](http://www.cti2000.it)

[www.comune.venezia.it](http://www.comune.venezia.it)

[www.ecodallecitta.it](http://www.ecodallecitta.it)

[www.edilportale.it](http://www.edilportale.it)

[www.enea.it](http://www.enea.it)

[www.enerpoint.it](http://www.enerpoint.it)

[www.eni.it](http://www.eni.it)

[www.enel.it](http://www.enel.it)

[www.fuocolegna.it](http://www.fuocolegna.it)

[www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/energia\\_ambiente\\_rapporto/](http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/energia_ambiente_rapporto/)

[www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com)

<http://www.ilsolea360gradi.it>

[www.issi.it](http://www.issi.it)

[www.itabia.it](http://www.itabia.it)

[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

[www.miniwatt.it](http://www.miniwatt.it)

[www.provincia.bologna.it](http://www.provincia.bologna.it)

[www.regione.emilia-romagna.it](http://www.regione.emilia-romagna.it)

[www.regione.piemonte.it](http://www.regione.piemonte.it)

[www.regione.veneto.it](http://www.regione.veneto.it)

[www.she.coop](http://www.she.coop)

[www.vicenzanws.it](http://www.vicenzanws.it)

*Desidero ringraziare tutte le persone che hanno reso possibile la realizzazione di questa tesi:*

*-Il Professor Zanetto per l' interessamento e gli utili consigli.*

*-Roberto Pella per avermi dato la possibilità di lavorare per la realizzazione della tesi.*

*-La Dr.ssa Petra Scanferla e l' Arch. Giorgia Pividori per il loro prezioso aiuto.*

*-la mia famiglia.*