COMUNE DI

BESOZZO

PGT 2010-2014

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Maurizio Mazzucchelli
architetto

Alberto Mazzucchelli
ingegnere

Roberto Pozzi
architetto

partners
arch. Silvana Garegnani
ing. Marco Lanfranconi
arch. Flora Martignon
arch. Paola Ramella

DdP 2010	DOCUMENTO DI PIANO

A P P R O V A Z I O N E

DdP20b.0	LINEE GUIDA PER LA SOSTENIBILITA' ENERGETICA DELLE TRASFORMAZIONI PREVISTE DAL PGT

EDIZIONE				

ALLEGATO ALLA DELIBERAZIONE DI C.C. n°..... DEL .....

Adozione	Deliberazione C.C. n° ..... del .....
Controdeduzioni	Deliberazione C.C. n° ..... del .....
Approvazione	Deliberazione C.C. n° ..... del .....
Pubblicazione	B.U.R.L. ..... n° ..... del .....
Entrata in vigore	.....

Il Sindaco	Il Responsabile del Procedimento	Il Segretario Comunale

I PROGETTISTI

ing. Alberto Mazzucchelli	arch. Roberto Pozzi	arch. Maurizio Mazzucchelli
Ord. Ing. Prov. Varese n° 1625 SIA- società svizzera ingegneri e architetti n° 160796	Ordine degli Architetti della Provincia di Varese n°1017	Ordine degli Architetti della Provincia di Varese n°1213

Studio Associato
INGEGNERIA
ARCHITETTURA
URBANISTICA

I-21040 Morazzone
Via Europa 54

Tel 0332 870777
Fax 0332 870888

info@saproject.it
www.saproject.it

Documento depositato presso la Società Italiana Autori ed Editori (SIAE) Tutti i ditritti sono riservati. Vietata la riproduzione non autorizzata

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale
della Svizzera Italiana

I Istituto
S Sostenibilità
A Applicata
A Ambiente
C Costruito

OGGETTO Potenziali di risparmio energetico e impiego di fonti rinnovabili

TITOLO

Linee guida per la sostenibilità energetica delle trasformazioni previste dal P.G.T.

COMMITTENTE Comune di Besozzo

ESTENSORI RAPPORTO Ing. Francesca Cellina
Ing. Nerio Cereghetti

LUOGO E DATA Lugano / Trevano, dicembre 2009

ISAAC – Via Trevano – Casella postale 105 – CH – 6952 Canobbio
Tel. +41 58 666 63 51 – Fax +41 58 666 63 49 – isaac@supsi.ch – www.isaac.supsi.ch

INDICE

1 Obiettivi e finalità del documento 4

2 Raccolta dati 5

2.1 Dati disponibili 5

2.2 Analisi dati disponibili 6

3 Contesto normativo-programmatico di riferimento 11

3.1 Quadro programmatico 11

3.2 Quadro legislativo 13

3.3 Incentivi per fonti rinnovabili ed efficienza energetica 16

3.3.1 Meccanismi d'incentivazione delle fonti rinnovabili (produzione di elettricità) 16
3.3.2 Meccanismi d'incentivazione per l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici 21

4 Potenziale delle energie rinnovabili 23

4.1 Energia dal sole 23

4.1.1 Solare termico 24
4.1.2 Solare fotovoltaico 26
4.1.3 Iter autorizzativo impianti solari 27
4.1.4 Analisi del potenziale di sfruttamento dell'energia solare fotovoltaica 27
4.1.5 Opportunità d'intervento a livello comunale 34
4.1.6 Case history 37

4.2 Energia dal bosco 41

4.2.1 Tipologie di impianto e relative prestazioni 41
4.2.2 Incentivi, agevolazioni e aspetti economici 44
4.2.3 Analisi del potenziale per lo sviluppo di una filiera bosco-legno-energia a Besozzo 44
4.2.4 Case history 50

4.3 Energia dall'acqua 54

4.3.1 Il fiume Bardello e gli impianti di produzione idroelettrica 55
4.3.2 Iter autorizzativo per il micro idroelettrico 61
4.3.3 Opportunità d'intervento a livello comunale 62
4.3.4 Case history 68

4.4 Energia dalla terra (geotermia) 71

4.4.1 Geotermia ad alta temperatura 71
4.4.2 Geotermia a bassa temperatura 72
4.4.3 Geocooling 73
4.4.4 Iter autorizzativo impianti geotermici 74

4.4.5 Case history 75

4.5 Energia dai processi 79

4.5.1 Processi produttivi 79
4.5.2 Cogenerazione 80
4.5.3 Teleriscaldamento 81
4.5.4 Opportunità d'intervento a livello comunale 82
4.5.5 Case history 82

5 Sistema insediativo: consumi energetici e prospettive di risparmio 84

5.1 L'ambito della residenza: una prima stima dei consumi energetici 84

5.2 Edifici pubblici 92

5.2.1 Definizione delle caratteristiche degli edifici 92
5.2.2 Stima dei consumi energetici 93
5.2.3 Proposte d'intervento 95
5.2.4 Confronto consumi riscaldamento specifici 96

5.3 Prescrizioni regionali per la razionalizzazione dei consumi e il risparmio energetico 98

5.4 Lo standard MINERGIE® in vigore in Svizzera 102

5.5 Un riferimento esemplare: il quartiere sostenibile di BedZED 110

5.6 Opportunità d'intervento a livello comunale 116

6 Conclusioni e definizione di proposte d'intervento 123

6.1 Trasformazioni "esemplari" 123

6.2 Regolamento per la sostenibilità energetica delle trasformazioni 124

Allegato 1 Il quadro programmatico 128

Allegato 2 Il quadro legislativo 136

1 Obiettivi e finalità del documento

L'obiettivo del presente lavoro è l'allestimento di un **documento di indirizzo per l'implementazione di azioni mirate alla sostenibilità energetica nel Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Besozzo**. Tale compito ben si inserisce nel quadro della programmazione comunitaria, nazionale e regionale, che promuove l'integrazione delle tematiche energetiche nelle scelte di pianificazione del territorio quale importante strumento di razionalizzazione dei consumi e anche di creazione di sviluppo territoriale ed economico.

Effettuare valutazioni in merito all'uso razionale dell'energia richiede necessariamente di superare la visione legata al singolo edificio e di lavorare alla scala territoriale, che consente di ricostruire un quadro chiaro ed esaustivo dei consumi e di valutare le potenzialità di sviluppo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia. Con questa consapevolezza, le Linee guida prendono le mosse dall'analisi del sistema dell'edificato, che viene riconosciuto come "macchina energivora" tanto complessa da poter essere analizzata solo attraverso la scomposizione in ambiti omogenei per funzione territoriale e modello di consumo energetico. In quest'ottica, le Linee guida propongono **approfondimenti specifici per il sistema dell'edificato residenziale e per il sistema degli edifici di proprietà pubblica**, che di recente sono stati sottoposti a una valutazione articolata dei consumi secondo lo standard in vigore in Regione Lombardia, nell'ambito di un programma di ricerca finanziato dalla Fondazione Cariplo. Le Linee guida indagano inoltre le potenzialità di sviluppo delle fonti rinnovabili e indigene per la produzione di energia: in primo luogo prendono in considerazione l'opportunità di **sfruttare l'energia proveniente dal sole**, che consente di produrre sia calore sia elettricità, e di **produrre elettricità sfruttando le acque del fiume Bardello**, recuperando impianti e strutture che nel passato avevano consentito lo sviluppo economico del territorio comunale. Il sole e il fiume paiono essere, in prima analisi, le due risorse che mostrano le maggiori possibilità di sviluppo sul territorio comunale. Le Linee guida analizzano tuttavia anche la possibilità di **ricavare calore dal bosco**, rivalutando tradizionali forme di riscaldamento a legna, **e dalla terra**, estraendo l'energia termica contenuta nel sotto-suolo. Infine, il documento accenna alla possibilità di **recupero del calore di scarto da processi produttivi** e all'opportunità di distribuirlo attraverso reti di teleriscaldamento. L'analisi delle potenzialità di ciascuna fonte energetica è corredata da un'introduzione che ne illustra il funzionamento, da semplici configurazioni impiantistiche, nonché dai costi e dai principali vantaggi e svantaggi. Inoltre, per ciascuna fonte energetica le Linee guida forniscono spunti operativi attraverso la **descrizione di casi di studio ed esperienze d'eccellenza di livello nazionale e internazionale**, con l'obiettivo di costituire un utile riferimento per indirizzare le future trasformazioni territoriali.

Attraverso la base analitica e informativa così costituita, le Linee guida propongono **indirizzi di riferimento per la definizione delle scelte strategiche del P.G.T.** e suggeriscono **principi di cui tenere conto in sede di attuazione del P.G.T.,** per gli ambiti di trasformazione del territorio individuati dal Documento di piano e per le trasformazioni del tessuto urbano consolidato definite nel Piano delle Regole. In particolare, i principi introdotti nelle Linee guida potranno essere sviluppati in una **futura fase progettuale**, volta alla elaborazione di un documento di natura regolamentale, che definisca norme e provvedimenti operativi da rispettare nel corso dell'attuazione del P.G.T. (il "**Regolamento per la sostenibilità energetica delle trasformazioni del territorio**") e che potrebbe costituire uno strumento dinamico, facilmente aggiornabile e ri-orientabile sulla base del monitoraggio dell'efficacia del P.G.T.

2 Raccolta dati

La prima attività da affrontare per una buona pianificazione è la costruzione di una "base di conoscenza" relativa al sistema che si sta studiando. A questo scopo nel mese di luglio 2008 sono state avviate le attività di ricerca dati, utili a definire il quadro del sistema energetico del Comune di Besozzo, con particolare riguardo alla caratterizzazione dei consumi di energia degli utenti finali.

2.1 Dati disponibili

In primo luogo sono state individuate le informazioni di base, quale premessa per la comprensione delle dinamiche territoriali ed insediative:

Sistema demografico	Popolazione residente, composizione e struttura per sesso e fasce d'età (serie storiche).
Sistema insediativo	Strumenti di pianificazione territoriale vigenti (P.R.G.) e modalità d'uso del suolo (destinazioni d'uso, aree di trasformazione, aree sottoposte a vincolo).
	Struttura del parco immobiliare (tipologia dell'edificato e funzioni d'uso, evoluzione nel corso del tempo: anno di costruzione degli edifici e frequenza delle ristrutturazioni).
Sistema ambientale	Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali (D.U.S.A.F., Regione Lombardia) Aree boscate (Proposta di Piano d'Indirizzo Forestale della Provincia di Varese).

Sono quindi state avviate analisi specificamente rivolte ai consumi:

- Consumi di elettricità (totale e divisione per tipologia: pubblico, privato e servizi);
- Consumi di gas metano (totale e divisione per tipologia: pubblico, privato e servizi);
- Consumi di energia elettrica per illuminazione pubblica;
- Consumi di acqua a scopo potabile;
- Produzione di rifiuti;
- Composizione del parco auto immatricolato.

Sono stati infine avviati approfondimenti circa la consistenza di impianti di produzione di energia alimentati a fonti rinnovabili (in particolare, impianti solari termici e solari fotovoltaici) e l'entità dei consumi dei complessi produttivi e commerciali localizzati sul territorio comunale.

Per l'acquisizione delle suddette informazioni - in accordo con le parti coinvolte nel progetto – si è cercata la collaborazione con il Comune, anche quale tramite per un contatto con gli enti specifici (AGES, ENEL, motorizzazione, ecc.) e con le categorie di utenti specifiche (industrie, attività commerciali, privati, scuole, ecc.).

L'ottenimento dei dati ha richiesto molto più tempo del previsto e le informazioni ottenute sono risultate inservibili: i dati forniti concernenti i consumi di gas e in particolare di elettricità sono infatti incompleti e non permettono di effettuare analisi e valutazioni diversificate per tipologia di utenza e ambito territoriale.

2.2 Analisi dati disponibili

Vista la mancanza dei dati a livello locale, al fine di quantificare la condizione energetica di riferimento del Comune di Besozzo, si possono considerare le analisi di livello regionale (Lombardia) elaborate nell'ambito del Piano d'Azione per l'energia (PAE), strumento di attuazione del Piano Energetico Regionale del 2003. A questo scopo, sono stati presi in considerazione i dati riportati dal "Piano d'azione per l'energia, Documento di Piano; Aggiornamento 2008", che ricostruisce il bilancio energetico regionale con aggiornamento al 2005.

Tali dati evidenziano un consumo finale di energia di 25'382 ktep[1], pari a 2.68 ktep per abitante, a fronte di una disponibilità complessiva di risorse energetiche (tra produzione interna ed importazioni) pari a circa 30'000 ktep (Tabella 1 e Figura 1). La produzione interna, in diminuzione rispetto al 2004, ammonta a poco più di 2.000 ktep, pari a circa il 7% delle risorse di energia primaria necessarie a soddisfare il fabbisogno energetico lombardo. In questo senso si rileva una forte dipendenza energetica della Lombardia dalle importazioni, che hanno inciso per oltre il 90% sul consumo interno lordo. Le risorse disponibili internamente sono quasi esclusivamente rappresentate da fonti rinnovabili, principalmente idroelettrico, rifiuti (per la quota parte organica) e biomasse.

Nel 2005 le fonti rinnovabili, comprese le importazioni di biomassa, hanno complessivamente contribuito a coprire circa il 7,5% del fabbisogno energetico regionale. Considerando invece la sola produzione elettrica (comprese le importazioni) necessaria a soddisfare la domanda regionale, tali fonti hanno contribuito per una quota pari a circa il 12,4%.

Rispetto alla produzione di energia elettrica permane un trend positivo in atto ormai da alcuni anni: il parco impiantistico lombardo ha infatti visto crescere la propria produzione, tanto che nel 2005 è stato in grado di assicurare oltre l'80% del fabbisogno elettrico regionale, portando il deficit, rispetto alla richiesta sulla rete (comprensiva delle perdite di rete), sotto la soglia del 20% (passando dal 38% del 2000 al 19% del 2005).

	Comb. solidi (a)	Prodotti Petroliferi (b)	Comb. gassosi	FER (c)	En. El. (d)	TLR	Totale
PRODUZIONE	-	-	29,5	1.223	821	-	**2.074**
IMPORTAZIONI	475	8.769	17.067	318	1.290	-	**27.919**
CONSUMO INTERNO LORDO	**475**	**8.769**	**17.096**	**1.541**	**2.111**	**-**	**29.993**
Trasformazioni in en. elettrica e calore rete	*- 98*	*- 741*	*- 6.772*	*- 666*	*-*	**-**	*- 8.277*
Produzione en. elettrica	*-*	*-*	*-*	*-*	*+ 4.082*	**-**	*+ 4.082*
Calore reti TLR	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*+ 230*	*+ 230*
Consumi/perdite settore energia	*-*	*-*	*-*	*-*	*- 645*	*-*	*- 645*
CONSUMI FINALI	**377**	**8.028**	**10.324**	**875**	**5.548**	**230**	**25.382**
AGRICOLTURA	-	311	16	0,9	67	-	395
INDUSTRIA	377	252	3.030	222	3.133	5	7.019
CIVILE	-	1.043	7.260	652	2.281	225	11.461
TRASPORTI	-	6.422	18	-	67	-	6.507

NOTE – (a) La legna non è stata considerata tra i combustibili solidi, ma come biomassa tra le fonti rinnovabili. (b) Non sono stati considerati i consumi di carboturbo. (c)Sono considerati: biomasse solide, biogas, solare termico. Per i rifiuti è stato considerato il 100% del contributo. (d)L'energia elettrica è stata valutata per tutte le voci come per i consumi finali: 860 kcal/kWh. Per "Produzione" si intende produzione elettrica da idroelettrico (compreso gli apporti da pompaggio), eolico, fotovoltaico. L'energia elettrica prodotta per trasformazione termoelettrica è conteggiata nella riga "Produzione di energia elettrica"

Tabella 1 Bilancio energetico regionale (2005), espresso in ktep (elaborazione: PAE, Cestec).

[1] Migliaia di Tonnellate Equivalenti di Petrolio (1 TEP=11'630 MWh).

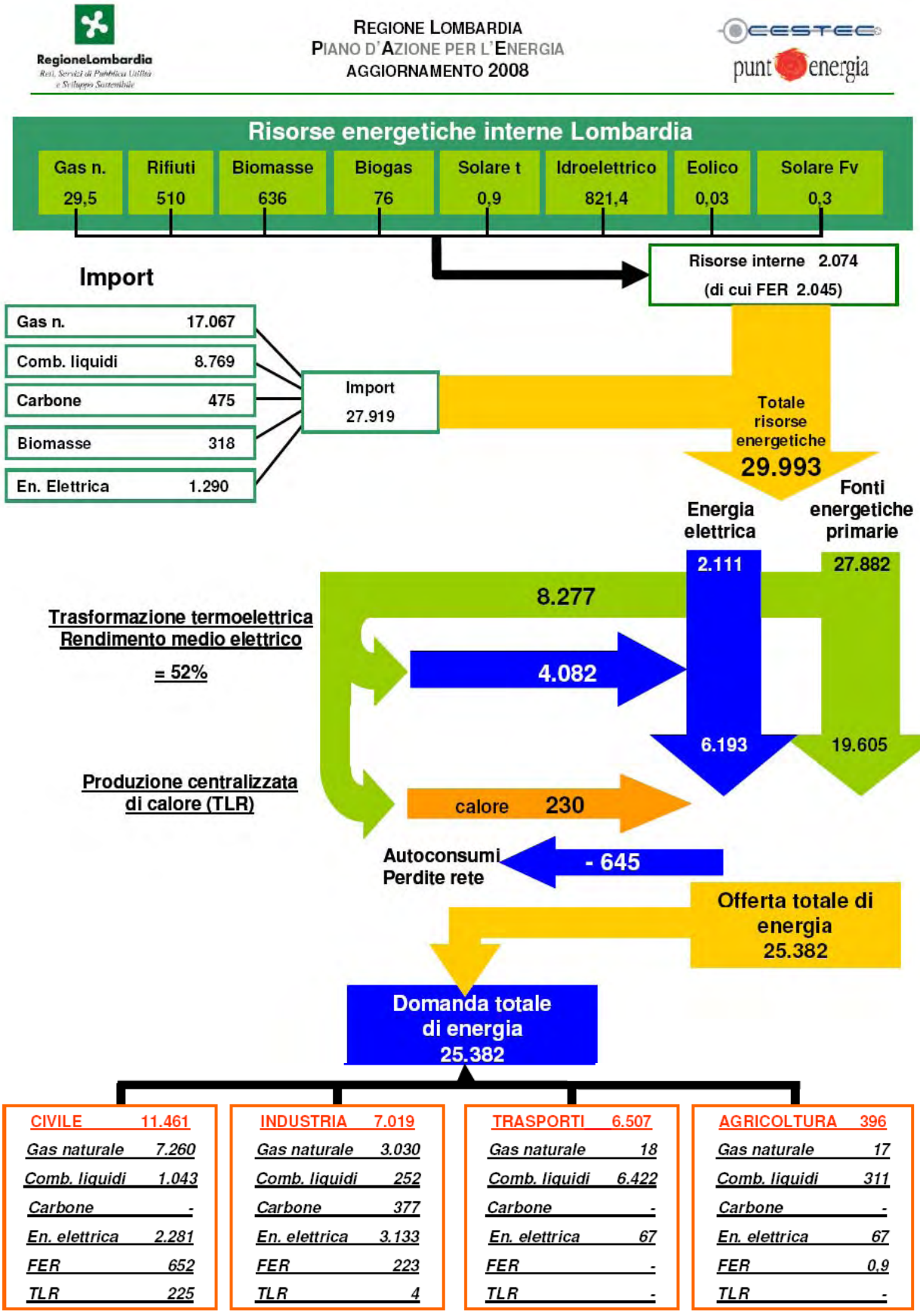


Figura 1 Bilancio energetico regionale (2005), espresso in ktep (elaborazione: PAE, Cestec).

La ripartizione settoriale dei consumi energetici si caratterizza per una predominanza del settore civile, che da solo assorbe circa il 44% della domanda di energia complessiva, seguito dall'industria (28%), dai trasporti (26%) e dall'agricoltura (2%).

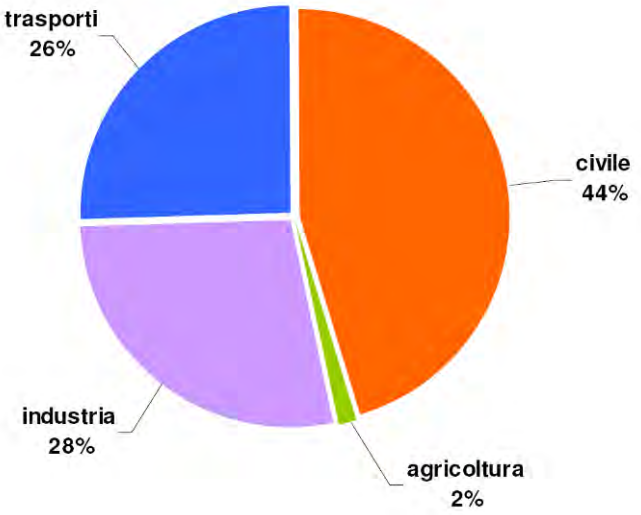


Figura 2 Consumi energetici in Lombardia negli usi finali per settore, 2005 (elaborazione: PAE, Cestec).

Per quanto riguarda l'andamento nel tempo, nel periodo 2000-2005 si è registrato un aumento del fabbisogno energetico lombardo di circa il 6%. Normalizzando i consumi in base al numero di abitanti, per il periodo considerato risulta una crescita del consumo pro capite moderata, corrispondente a circa due punti percentuali: da 2,62 tep per abitante nel 2000 a 2,68 tep per abitante nel 2005.

L'analisi delle variazioni dei consumi verificatesi negli ultimi anni pone in evidenza una loro contrazione nel settore produttivo (-4,5%), un limitato incremento nel settore agricolo e un deciso aumento del settore dei trasporti (+9,4%) e soprattutto in quello civile (+12%) (Figura 3).

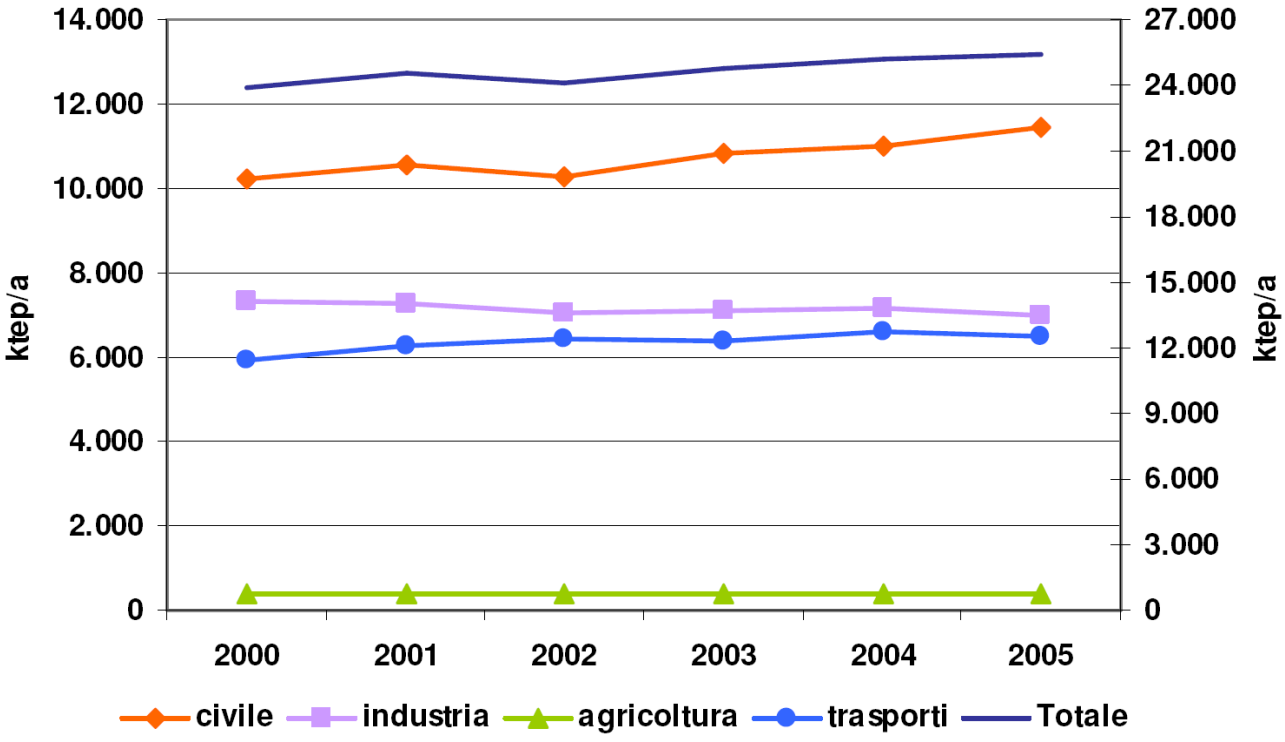


Figura 3 Andamento consumi energetici in Lombardia negli usi finali per settore, 2000-2005 (elaborazione: PAE, Cestec).

La crescita dei consumi nel settore civile è stata determinata essenzialmente dal maggiore impiego di gas naturale (+21%) per il soddisfacimento del fabbisogno termico (riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria) e dall'incremento dei consumi di energia elettrica (+23%).

Nel settore civile e con una quota che nel 2005 ha raggiunto il 63% dei consumi complessivi, il gas naturale è senz'altro il vettore energetico dominante, caratterizzato da una buona stabilità e da una tendenza alla saturazione anche alla luce dell'elevato grado di metanizzazione raggiunto sul territorio regionale. Nello stesso periodo considerato si è infatti assistito ad un forte calo nei consumi di prodotti petroliferi (-33%), particolarmente consistente per l'olio combustibile per riscaldamento. Significativo risulta invece l'apporto energetico fornito dalle biomasse (legna, circa il 6% dei consumi), soprattutto se valutato in alcuni contesti locali (aree montane).

E' inoltre da segnalare il forte sviluppo registrato dal teleriscaldamento (+33%), anche se questa innovativa tecnologia di produzione e distribuzione di calore garantisce un grado di copertura del fabbisogno termico ancora piuttosto basso (corrispondente a circa il 2% sul totale dei consumi del settore civile).

Il dato di consumo di energia pro capite nel settore civile per il periodo 2000-2005 rivela un incremento minore rispetto ai consumi totali dello stesso settore. Complessivamente il consumo passa da 1,12 tep per abitante a 1,21 tep per abitante (+8%) rispetto ad un aumento complessivo dei consumi pari al 12%. Questo fatto può essere attribuito ad una concomitante crescita della popolazione su scala regionale.

Nel settore industriale, la flessione dei consumi (-4,5%) è stata determinata soprattutto dalla riduzione dell'impiego di olio combustibile e gasolio. I consumi di gas metano, che permane il primo vettore energetico, e quelli di energia elettrica mostrano invece un andamento altalenante e compensano solo in parte la riduzione di consumi degli altri combustibili. I dati relativi al 2005 confermano quindi il perdurare di un periodo di stagnazione economica, più che confermato nel periodo attuale.

Nel settore dei trasporti l'aumento ininterrotto dei consumi evidenziatosi negli ultimi anni registra per la prima volta nel 2005 una battuta di arresto: considerando infatti l'intero periodo 2000-2005, l'incremento raggiunge nel complesso il 9% circa, mentre limitando l'analisi all'ultimo anno emerge una lieve flessione (-2%). Tale andamento deriva, in primo luogo, dalla riduzione dei consumi di benzina (peraltro già in atto da diversi anni) ma soprattutto dal fatto che l'aumento dei consumi di gasolio sì è rivelato molto più modesto rispetto agli anni precedenti e comunque lontano dal determinare una compensazione della riduzione degli altri carburanti (benzina e gpl).

Per quanto riguarda i vettori energetici (escludendo la quota di energia elettrica), il bilancio energetico regionale mostra la netta predominanza delle fonti fossili (74%) (Figura 4). Nello specifico il gas naturale risulta il vettore energetico predominante per l'intero periodo considerato, con una quota percentuale di copertura del fabbisogno energetico complessivo in costante aumento. Nel periodo 2000-2005 i consumi di gas sono infatti cresciuti di circa l'11%, determinando un incremento del peso relativo di questo vettore energetico e una maggiore dipendenza da esso: si è infatti passati da un valore di circa il 39% nel 2000 al 41% registrato nel 2005. Seguono, con una quota pari al 32%, i prodotti petroliferi (che registrano nel periodo considerato una flessione di circa un punto percentuale) e l'energia elettrica, con il 22% (incremento dei consumi di circa l'8%).

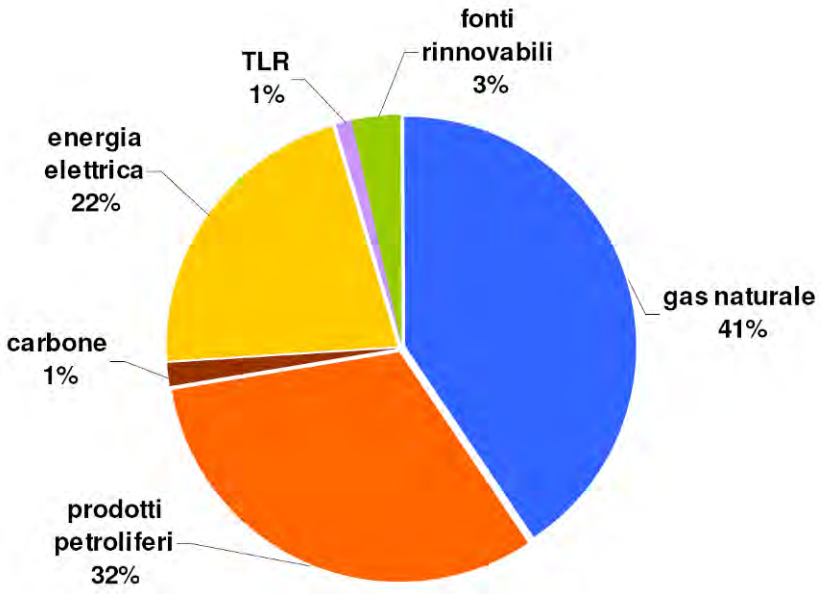


Figura 4 Consumi energetici in Lombardia negli usi finali per settore, 2005 (elaborazione: PAE, Cestec).

Disaggregando i consumi dei prodotti petroliferi per singolo combustibile, si osserva come il gasolio da solo rappresenti quasi il 20% della domanda di energia finale. Negli ultimi sei anni i consumi di questo vettore sono aumentati di circa dieci punti percentuali, nonostante si siano avuti elevati cali nel settore del riscaldamento (-38%), più che compensati dalla crescita nel settore dell' autotrazione (circa +30%). I consumi di olio combustibile e di benzina fanno registrare al contrario una riduzione, consistente nel primo caso, più contenuta nel secondo. Il gpl si mantiene invariato.

L'energia elettrica manifesta infine una crescita continua e costante, con valori di incremento medio annuo pari a circa l'1,5%.

3 Contesto normativo-programmatico di riferimento

In questo capitolo si fornisce una sintesi delle norme e delle politiche introdotte a livello comunitario, nazionale e regionale nel settore dell'energia. Una descrizione più articolata dei singoli atti e riferimenti normativi è riportata negli Allegati 1 e 2.

3.1 Quadro programmatico

La politica energetica europea è punta da diversi anni ad un approvvigionamento energetico più sicuro e pulito, attraverso il ricorso ad energie rinnovabili indigene che riducano la dipendenza dall'estero, e in generale il contenimento dei consumi e l'uso efficiente delle risorse energetiche. Su questi orientamenti strategici si è poi innestata la politica climatica, che li rafforza e contribuisce a definirne l'urgenza.

A partire dal 2006, la programmazione comunitaria è stata articolata intorno ai seguenti obiettivi per il 2020:

- **ridurre i gas ad effetto serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990** (del 30% se gli altri paesi sviluppati assumeranno impegni analoghi);
- **incrementare l'uso delle energie rinnovabili** (eolico, solare, biomassa), giungendo al **20% della produzione totale di energia** (attualmente il valore medio europeo si situa intorno all'8,5%);
- **diminuire il consumo di energia del 20% rispetto ai livelli previsti per il 2020**, grazie ad interventi di utilizzo razionale dell'energia (aumento dell'efficienza) e contenimento dei consumi.

Al fine di raggiungere tali obiettivi, l'Unione Europea ha messo a punto una varietà di strumenti, che fanno capo al sistema di scambio di quote di emissione di gas ad effetto serra definito originariamente nell'ambito del Protocollo di Kyoto, alla definizione di piani d'azione a livello nazionale (che si pongano obiettivi nazionali vincolanti e prevedano riduzioni più consistenti per i paesi più ricchi e meno consistenti per quelli meno prosperi) e a una serie di rigide norme circa l'efficienza negli usi finali dell'energia, sull'esempio dell'etichetta energetica per gli elettrodomestici. Le stime a livello europeo mostrano come il maggior potenziale di riduzione si presenti per il settore degli edifici residenziali e commerciali (terziario), per l'industria manifatturiera e per il settore dei trasporti: in questi settori le stime di riduzione prevedono un potenziale superiore al 25% dei consumi attuali, mentre fino al 30% per gli insediamenti commerciali. In questo quadro, l'azione dell'Europa è volta a fissare soglie prestazionali per il settore dell'edilizia (nuovi edifici e ristrutturazioni), a sviluppare procedure di etichettatura e di valutazione dell'efficienza energetica per gli elettrodomestici, a normare la quantità massima di emissioni di CO_2 per i veicoli su gomma, a rafforzare le norme sull'etichettatura dei veicoli e a promuovere i trasporti collettivi.

La programmazione a livello nazionale si basa sul Piano energetico nazionale, risalente al 1988, che ha definito i seguenti obiettivi:

- **promozione dell'uso razionale dell'energia e del risparmio energetico**;
- sviluppo progressivo di fonti di energia rinnovabile, **aumentando la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili del 44% entro il 2000** (300 MW installati di energia eolica, 75 MW di energia solare).

Lo strumento ha inoltre imposto **l'adozione da parte di tutte le Regioni di Piani d'Azione** per l'utilizzo e la promozione di energie rinnovabili sul proprio territorio.

È stato tuttavia solo con la riforma del Titolo V della Costituzione del 2001 che l'energia è divenuta materia di "legislazione concorrente" tra lo Stato, cui spetta la determinazione dei principi fondamentali, e le

Regioni, cui viene attribuito un nuovo potere legislativo: il nuovo quadro amministrativo ha favorito l'elaborazione dei primi piani energetici regionali, strumenti di analisi complessiva del bilancio energetico regionale. In Lombardia il **Piano Energetico Regionale (PER)** risale al 2003. Esso ha definito i seguenti obiettivi strategici:

- ridurre i costi dell'energia per le imprese e le famiglie;
- ridurre le emissioni climalteranti ed inquinanti;
- promuovere la crescita competitiva dell'industria delle nuove tecnologie energetiche;
- incrementare l'occupazione a livello locale, quale diretta conseguenza della politica energetica;
- tutelare i consumatori più deboli e vulnerabili.

Sulla base di tali orientamenti, il PER promuove, tra le altre, misure orientate a:

- ridurre la dipendenza energetica della Regione, **incrementando la produzione di energia elettrica e di calore** con la costruzione di **nuovi impianti ad alta efficienza**;
- **ristrutturare gli impianti esistenti elevandone l'efficienza** ai nuovi standard consentiti dalle migliori **tecnologie**;
- **ridurre i consumi specifici di energia migliorando l'efficienza energetica** e promuovendo interventi per l'**uso razionale dell'energia**;
- promuovere **l'impiego e la diffusione capillare sul territorio delle fonti energetiche rinnovabili**, potenziando al tempo stesso l'industria legata alle fonti rinnovabili stesse.

Il PER definisce inoltre quali prioritarie le seguenti misure:

- aumento dell'efficienza nei **trasporti**;
- produzione di energia da **fonti rinnovabili**, con particolare riguardo alle biomasse;
- **riduzione dei consumi nei settori civile, terziario e nella Pubblica Amministrazione**.

Al PER ha fatto seguito, nel 2007, il **Piano d'Azione per l'Energia (PAE)**, che è stato sottoposto ad aggiornamento nel corso del 2008. Il PAE definisce le misure operative con cui dare attuazione al PER, fissando obiettivi e target di riferimento, integrando **misure incentivanti, obblighi normativi e accordi volontari**. In particolare, il PAE promuove sistemi di produzione e distribuzione del calore ad alta efficienza, quali **teleriscaldamento urbano, pompe di calore e impianti a micro-cogenerazione**, e definisce interventi specifici per gli **impianti termici e gli involucri degli edifici**, l'illuminazione pubblica e privata, gli elettrodomestici, i processi industriali e i trasporti. Il PAE introduce inoltre misure volte a promuovere le **biomasse**, il **solare termico e fotovoltaico**, la **geotermia** e il settore **idroelettrico**, quest'ultimo attraverso la diffusione di **mini-impianti** (potenza installata minore di 3 MW) **da acquedotto e canali di irrigazione** e la **sostituzione di centrali vetuste, per aumentare efficienza e potenza.**

A livello regionale il tema dell'energia è inoltre stato affrontato nell'ambito della Pianificazione territoriale (Piano Territoriale Regionale PTR del 2007, approvato dal Consiglio Regionale nel luglio 2009) e della programmazione dell'utilizzo dei fondi strutturali comunitari per il periodo 2007-2013 (Programma Operativo Competitività POR del 2006).

Il PTR promuove lo sfruttamento di energie rinnovabili e pulite e dei combustibili a basso impatto ambientale. I punti chiave riguardano la promozione delle biomasse e del teleriscaldamento, gli investimenti per l'efficienza energetica nelle imprese e la riduzione dei consumi energetici negli edifici, nei processi produttivi, nei mezzi di trasporto e negli usi finali dell'energia. Anche il POR promuove l'incremento della produzione energetica da fonti rinnovabili (impianti mini-idroelettrici, geotermia e

pompe di calore) e lo sviluppo della cogenerazione, in relazione a reti di teleriscaldamento. Il POR promuove inoltre la riduzione dei consumi energetici negli edifici e per l'illuminazione pubblica.

Infine, a livello provinciale e nell'ambito delle attività di Agenda 21, nel novembre 2005 è stato definito il Piano d'Azione Sostenibile Provinciale, che individua quale particolarmente interessante la **promozione della filiera bosco-legna-energia** e **l'utilizzo delle biomasse forestali nelle aree montane della Valcuvia e della Valganna-Valmarchirolo**. Nel corso del 2006, la Provincia si è inoltre dotata del "Quaderno per la sostenibilità energetica ed ambientale nell'edilizia", che contiene un'articolata proposta di **norme e misure per l'aggiornamento dei regolamenti edilizi comunali** ("Linee guida per la definizione del Regolamento edilizio") in relazione ai seguenti ambiti:

- prestazioni dell'involucro;
- efficienza energetica degli impianti;
- fonti energetiche rinnovabili;
- sostenibilità ambientale complessiva delle trasformazioni edilizie.

3.2 Quadro legislativo

Nell'ambito del quadro sopra delineato, con la Direttiva 2002/91/CE **l'Unione Europea ha introdotto sin dal 2002 la certificazione energetica degli edifici**, che demanda agli Stati membri la definizione della metodologia di calcolo del rendimento energetico degli edifici, fissandone tuttavia i criteri generali. La Direttiva prevede inoltre che tutti i nuovi edifici siano assoggettati a **prescrizioni minime di rendimento energetico**, definite in funzione delle condizioni climatiche locali, e impone che tutti gli edifici esistenti di metratura superiore ai 1'000 m^2 che subiscano interventi di «ristrutturazione importante» (sulle mura e/o gli impianti di riscaldamento, condizionamento, ventilazione, illuminazione e produzione di acqua calda) migliorino il loro rendimento energetico.

La Direttiva è stata recepita in Italia dal **D.Lgs. 192/2005** e dal successivo **D.Lgs. 311/2006,** che hanno integrato e sviluppato i principi di base già definiti nella legge 10/1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia". I due decreti legislativi del 2005 e del 2006 hanno in particolare definito i requisiti minimi di prestazione energetica, introducendo le soglie per il **parametro "fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale"** e **l'obbligo di dotare tutti i nuovi edifici di impianti solari termici, per coprire almeno il 50% del fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria**. Hanno inoltre introdotto la procedura di **Certificazione energetica degli edifici**, demandandone la definizione puntuale a un documento di Linee guida nazionali, in attesa della quale vige la procedura di "Qualificazione energetica degli edifici". La metodologia di calcolo e i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici sono stati introdotti solo nel 2009, con il D.P.R. 59 del 2 aprile 2009, e il D.M. 26 giugno 2009 **"Linee guida nazionali per la certificazione energetica"**. Per colmare tale ritardo, tuttavia, alcune Regioni, tra cui anche la Lombardia, hanno provveduto a dotarsi di legislazione in materia: in questi casi, le norme regionali sono oggi prevalenti su quelle nazionali; alle Regioni è tuttavia richiesto di assicurare un graduale ravvicinamento dei propri strumenti di certificazione alle Linee guida nazionali, laddove vi siano difformità con la normativa nazionale.

Le norme attualmente in vigore in Regione Lombardia, definite dalla L.R. 39/2004 e dalla relativa Delibera di Giunta Regionale di attuazione (DGR VIII/8745 del 22 dicembre 2008), indicano i **requisiti minimi di prestazione energetica dell'involucro, dell'impianto di climatizzazione invernale e del sistema edificio-impianto**, introducendo due modalità complementari di determinazione della classe energetica di un

edificio: in base all'**indice di prestazione energetica relativo alla climatizzazione invernale (EPH)** e in base all'**indice di prestazione termica per la climatizzazione estiva (ETC).** Esse introducono inoltre **l'obbligo di coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria attraverso il contributo di fonti di energia rinnovabile**: sono ammesse tutte le fonti rinnovabili e viene specificato che l'obbligo si intende rispettato anche qualora siano utilizzate pompe di calore, purché di prestazioni energetiche adeguate.

Per quanto riguarda l**'efficienza negli usi finali dell'energia**, a livello comunitario è in vigore dal 2006 la Direttiva 2006/32/CE "Sull'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici", che fissa obiettivi indicativi di risparmio energetico applicabili per gli Stati membri e obblighi per le autorità pubbliche nazionali in materia di risparmio energetico e di acquisti efficienti sotto il profilo dell'energia. La Direttiva prevede in particolare che gli Stati membri adottino un obiettivo nazionale indicativo globale di risparmio energetico, pari al **9 % del consumo medio annuo dei 5 anni precedenti (2002-2006)**. Tale obiettivo deve essere raggiunto **entro il 2016** e conseguito tramite servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica, definite nel contesto dei piani d'azione in materia di efficienza energetica (PAEE), che indicano a loro volta obiettivi e strategie triennali.

Il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) elaborato in Italia per l'attuazione della sopraccitata Direttiva risale al luglio 2007 e ha confermato l'obiettivo complessivo di risparmio energetico pari al 9% entro il 2016. Esso si articola su tre principali linee d'intervento:

- misure di attuazione già in corso a livello nazionale: **riqualificazione energetica nell'edilizia**; **riduzione del carico fiscale per il gpl e eco-incentivi** per la sostituzione del parco veicoli circolante; **incentivi per il sistema agro-energetico**; **detrazioni fiscali per motori industriali efficienti**; **sgravi per elettrodomestici ad alta efficienza**; **promozione della cogenerazione ad alto rendimento**;
- misure riferite alle direttive UE che impongono **l'obbligo di etichettatura energetica per la commercializzazione di tutti i prodotti e servizi che utilizzano energia**;
- misure per il settore automobilistico con l'introduzione del **limite massimo di 140 grammi di CO_2/km per le emissioni delle autovetture.**

Sempre a livello comunitario è infine stata introdotta la Direttiva 2009/28/CE sulla "Promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", che impone **obiettivi quantitativi per l'anno 2020 concernenti la quota di energia da fonti rinnovabili rispetto al consumo finale lordo di energia**, nell'ottica di conseguire un valore mirato complessivo europeo pari al 20% (cfr. paragrafo precedente). Per l'Italia, la direttiva fissa tale quota al **17%**. La Direttiva regolamenta anche il ruolo delle fonti rinnovabili nel **settore dei trasporti** per ciascuno Stato membro, fissandolo ad almeno il **10% del consumo finale di energia per i trasporti** entro il 2020.

Essa prevede infine l'adozione di un **piano di azione nazionale per le energie rinnovabili**, che fissi gli obiettivi nazionali per la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel 2020 nei settori

- trasporti,
- elettricità,
- riscaldamento e raffreddamento.

In Italia, tale piano è attualmente in corso di elaborazione.

In questo quadro si segnala inoltre la legge regionale 24/2006 "Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente", che incentiva **l'utilizzo delle risorse geotermiche a bassa entalpia e delle pompe di calore**, anche per il teleriscaldamento ed il teleraffrescamento degli edifici, e l'utilizzo di **fonti energetiche rinnovabili di origine agro-forestale e agro-alimentare**, tra cui anche residui colturali di origine arborea, arbustiva, erbacea ed orticola e residui

vegetali derivanti da attività di manutenzione del verde pubblico e privato. La legge sostiene inoltre la realizzazione di **reti di teleriscaldamento alimentate con biomasse di origine agro-forestale**, prodotte prevalentemente in Lombardia, al servizio di utenze pubbliche e private locali.

Si segnala infine che, a livello nazionale, la Legge Finanziaria 2008 (art. 1, c. 350) ha introdotto una modifica al Testo unico in materia edilizia (D.P.R. 380/2001, art. 4, c. 1-bis), tale che **dal 1° gennaio 2010, per i nuovi edifici i regolamenti comunali devono introdurre l'obbligo di installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, al fine del rilascio del permesso di costruire**. Per gli edifici a destinazione residenziale occorrerà installare una potenza non inferiore a 1 kW per unità abitativa, compatibilmente con la fattibilità tecnica dell'intervento. Per gli edifici a destinazione industriale di superficie non inferiore a 100 metri quadrati, rispettivamente la potenza installata dovrà essere di almeno 5 kW.

3.3 Incentivi per fonti rinnovabili ed efficienza energetica

Quale premessa per la definizione dei potenziali di sviluppo delle energie rinnovabili e dei provvedimenti di risparmio energetico, si fornisce una sintetica panoramica delle forme incentivanti attualmente disponibili a livello nazionale.

3.3.1 Meccanismi d'incentivazione delle fonti rinnovabili (produzione di elettricità)

Il sistema d'incentivazione delle fonti rinnovabili è stato recentemente ri-organizzato dal **DM Sviluppo economico del 18 dicembre 2008**, anche noto come DM rinnovabili, operativo dal 1° gennaio 2009.
In questo contesto normativo, l'immissione in rete di energia elettrica prodotta da impianti alimentati con fonti rinnovabili, inclusa la cogenerazione, viene regolamentata secondo due modalità "di favore": **ritiro dedicato** e **scambio sul posto** (è comunque possibile anche l'immissione diretta sul mercato della Borsa Elettrica o la stipula di contratti bilaterali con i grossisti, tale modalità è tuttavia generalmente utilizzata solo dai grandi produttori).

Il "Ritiro dedicato" è una modalità di vendita indiretta dell'energia elettrica prodotta e immessa in rete dall'impianto, attuabile mediante la stipula di una convenzione con il Gestore dei Servizi Energetici (GSE, www.gse.it), che svolge il ruolo di intermediario commerciale tra il produttore e il sistema elettrico. Il "Ritiro dedicato" **impegna il GSE a ritirare tutta la quantità di energia elettrica immessa in rete (non auto consumata) dall'impianto, cioè al suo acquisto a prezzi garantiti**. Essendo **semplice da gestire e conveniente dal punto di vista economico**, questa soluzione è ideale per tutti gli impianti di piccola-media taglia, poiché:

- il GSE, in quanto intermediario tra produttori e sistema elettrico nazionale, è l'unico soggetto a cui ci si deve rivolgere;
- la convenzione di "Ritiro dedicato" stipulata con il GSE sostituisce qualsiasi altro adempimento burocratico.

Lo "Scambio sul posto" è invece un meccanismo che consente di **immettere in rete l'energia elettrica prodotta, ma non immediatamente auto-consumata, per poi prelevarla in un momento successivo per soddisfare i propri consumi**. Esso si applica unicamente alle immissioni e ai prelievi di energia che avvengono tramite il punto di scambio, e quindi non riguarda necessariamente l'intera produzione dell'impianto. Nel caso in cui lo scambio sia tale che il valore dell'energia elettrica immessa in rete sia superiore al valore dell'energia elettrica prelevata dalla rete, si genera un **credito di energia a favore del detentore dell'impianto, che** dal 1° luglio 2009 **può essere remunerato a condizioni economiche di mercato**, attraverso la vendita al GSE, coerentemente con le condizioni stipulate in sede di attivazione del regime di scambio sul posto.

A fianco di tali modalità di favore di interazione con la rete elettrica, sono state introdotte specifiche forme incentivanti, una delle quali è rivolta all'energia elettrica prodotta da fonte solare fotovoltaica (Conto energia) e due delle quali sono rivolte a tutte le altre fonti rinnovabili (sistema dei certificati verdi e tariffa omni-comprensiva).

Il meccanismo del **"Conto energia"** costituisce una modalità di incentivazione espressamente rivolta agli impianti fotovoltaici e solo ad essi accessibile, **che si combina con la remunerazione derivante dalla produzione e/o immissione in rete dell'energia elettrica** attraverso le modalità "Scambio sul posto" o "Ritiro dedicato". Il "Conto energia" prevede che tutta l'energia **elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico** (non solo quella immessa in rete) sia acquistata dal GSE dietro pagamento di un importo di valore costante, per un periodo di **20 anni**.

Il meccanismo dei "**Certificati verdi"** si basa invece su una regola di funzionamento del mercato elettrico che impone ai produttori di elettricità da fonti fossili di trasformare ogni anno una percentuale della loro produzione da fossile a rinnovabile; nel caso in cui la quota non venga raggiunta o venga solo parzialmente soddisfatta, i produttori sono tenuti ad acquistare "Certificati verdi" in quantità corrispondente alla quota non trasformata e consegnarla al GSE. **Ogni anno, ai produttori da fonti rinnovabili viene concesso un certificato verde per MWh prodotto**, che essi possono **commercializzare,** cioè cedere ai produttori da fonti fossili che non hanno raggiunto il risultato richiesto (nota: i certificati verdi non sono concessi per l'elettricità prodotta da fonte fotovoltaica, che gode dell'incentivo specifico del "Conto energia").

La **"Tariffa omnicomprensiva"** è invece un incentivo monetario, differenziato per fonte e della **durata di 15 anni**, che viene concesso per l'energia elettrica netta immessa in rete prodotta da fonti rinnovabili, anche in questo caso con l'esclusione del solare fotovoltaico. L'incentivo derivante dalla tariffa omni-comprensiva è **alternativo a qualsiasi altra forma di sostegno**: il produttore che beneficia della "Tariffa omnicomprensiva" non ha il diritto di vendere l'energia prodotta e rinuncia quindi a qualsiasi ulteriore corrispettivo economico. Scaduti i 15 anni, il produttore può continuare a vendere energia alla rete con le modalità e i prezzi garantiti dal meccanismo del "Ritiro dedicato".

Le relazioni tra le forme incentivanti attive sono sintetizzate in Figura 5, le rispettive caratteristiche nella Tabella 2.

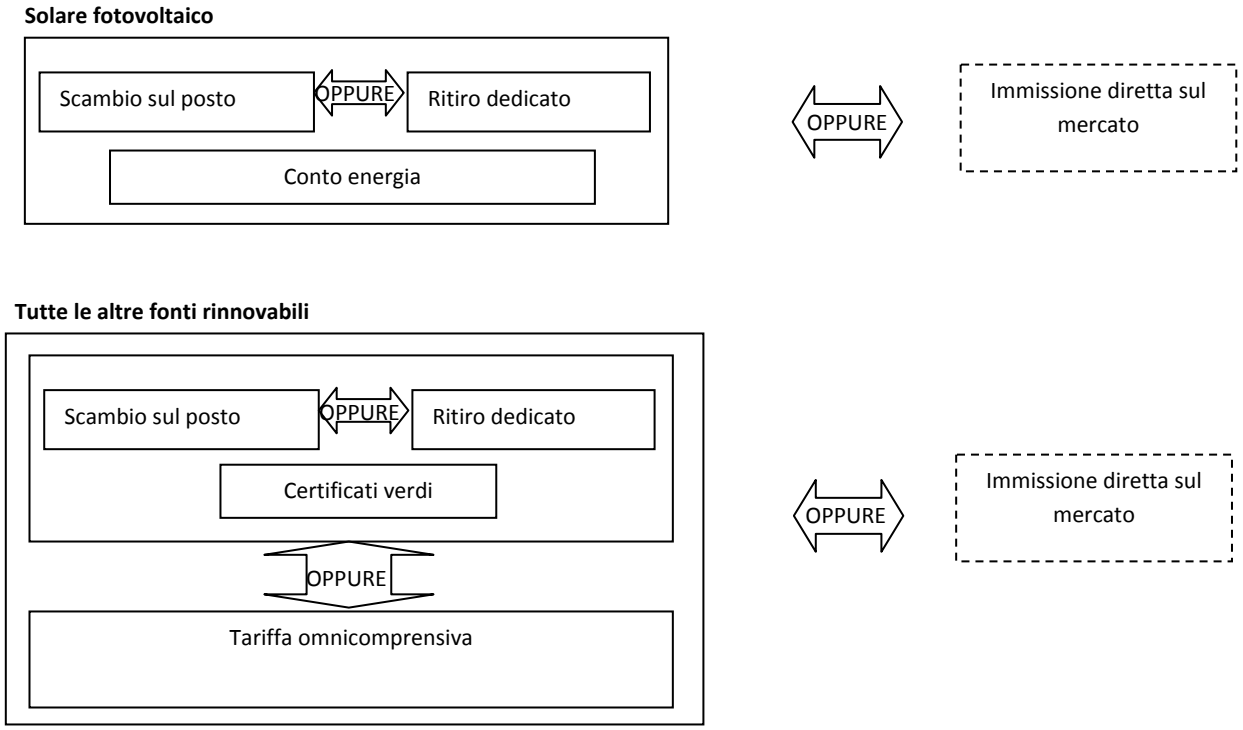


Figura 5 Le modalità incentivanti delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica e le relative relazioni di compatibilità, ai sensi del DM Sviluppo economico del 18 dicembre 2008.

Tabella 2 Sintesi delle caratteristiche dei meccanismi d'incentivazione, ai sensi del DM Sviluppo economico del 18 dicembre 2008.

	Tipologia impianti incentivati	**Durata**	**Entità remunerazione**
Scambio sul posto	Tutte le fonti rinnovabili Impianti di potenza nominale fino a 20 kW Impianti di potenza nominale fino a 200 kW, purchè attivati dopo il 31/12/2007	---	Eventualmente fissata in sede di stipula del contratto per lo scambio sul posto, possibile unicamente per la quota di produzione eccedente l'auto-consumo. La remunerazione avviene a prezzi di mercato.
Ritiro dedicato	Tutte le fonti rinnovabili Nessun vincolo sulla potenza dell'impianto	---	Proporzionale all'elettricità immessa in rete Prezzi seguono il mercato della borsa elettrica (prezzo zonale orario) Per impianti di potenza installata fino a 1 MW: prezzi minimi garantiti. Per il 2009: • per i primi 500.000 kWh = 0,1011 €/kWh; • da 500.001 a 1.000.000 kWh = 0,0852 €/kWh; • da 1.000.001 a 2.000.000 kWh = 0,0745 €/kWh. Tutta l'energia elettrica prodotta oltre questa soglia viene remunerata ai prezzi zonali di mercato.
Tariffa omnicomprensiva	Tutte le fonti rinnovabili **diverse dal solare fotovoltaico** Impianti con potenza installata fino a 1 MW (200 kW per l'eolico)	15 anni	Differenziata per fonte: • Mini-idroelettrico: 0.22 €/kWh • Eolico: 0.30 €/kWh • Geotermia: 0.20 €/kWh • Biomassa: 0.28 €/kWh Proporzionale all'elettricità immessa in rete
Certificati verdi	Tutte le fonti rinnovabili **diverse dal solare fotovoltaico**	---	1 certificato verde/MWh prodotto Proporzionale all'elettricità prodotta
Conto energia	Solo per **solare fotovoltaico**	20 anni	Differenziata per taglia dell'impianto e livello di integrazione architettonica Premialità per particolari condizioni Proporzionale all'elettricità prodotta

Un'ulteriore sintesi delle forme di incentivazione disponibili è fornita nella Tabella 3, in cui i riquadri evidenziati in verde indicano la possibilità di accesso alla tipologia d'incentivo specifico riportata in colonna.

Tabella 3 Sintesi delle compatibilità tra i meccanismi d'incentivazione delle fonti rinnovabili (fonte: www.nextville.it).

TECNOLOGIE e FONTI RINNOVABILI	INCENTIVI E AGEVOLAZIONI				
	Scambio sul Posto	Ritiro Diretto	Tariffa omni-comprensiva	Certificati Verdi	Conto Energia
SOLARE FOTOVOLTAICO fino a 200 kW					
SOLARE FOTOVOLTAICO oltre i 200 kW					
ELETTRICITA' DA BIOMASSE* fino a 200 kW					
ELETTRICITA' DA BIOMASSE* oltre i 200 kW			fino a 1 MW		
COGENERAZIONE DA BIOMASSE* fino a 200 kW					
COGENERAZIONE DA BIOMASSE* oltre i 200 kW			fino a 1 MW		
MICRO/MINI EOLICO fino a 200 kW					
EOLICO oltre i 200 kW					
EOLICO OFFSHORE					
MICRO/MINI IDROELETT. fino a 200 kW					
MICRO/MINI IDROELETT. oltre i 200 kW			fino a 1 MW		
GEOTERMIA fino a 200 kW					
GEOTERMIA oltre i 200 kW			fino a 1 MW		
MAREOMOTRICE E MOTO ONDOSO fino a 200 kW					
MAREOMOTRICE E MOTO ONDOSO oltre i 200 kW			fino a 1 MW		
SOLARE TERMODINAMICO					**

*Per biomasse si intendono: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani. Al fine di semplificare la tabella, sono inclusi tra le biomasse anche il biogas, il gas da discarica e da processi di depurazione, i biocarburanti liquidi (olio vegetale, biodiesel).
**Con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 11 aprile 2008, è stato introdotto un Conto energia appositamente pensato per la tecnologia del solare termodinamico, da non confondere con il Conto energia per il fotovoltaico.

Conto energia per il solare fotovoltaico

In relazione alle elevate potenzialità di sviluppo del settore fotovoltaico, si ritiene utile fornire in questa sede un approfondimento specifico per il meccanismo incentivante "Conto energia".
L'incentivo è attivo da settembre 2005 ed è stato profondamente modificato nel 2007. È attualmente in discussione una sua ulteriore revisione, attesa entro la fine del 2010, che probabilmente ridurrà l'entità degli incentivi, a fronte dell'aumento di competitività che in questi anni ha caratterizzato il mercato fotovoltaico.
Il meccanismo del Conto energia è impostato in modo tale che la tariffa incentivante viene corrisposta per *tutta l'elettricità prodotta dall'impianto*, indipendentemente dall'utilizzo che poi se ne fa (autoconsumo, scambio oppure vendita alla rete).

L'importo della tariffa incentivante dipende dalla taglia dell'impianto e dal livello di integrazione architettonica. Per quanto concerne il primo aspetto, sono previste tre soglie dimensionali basate sulla potenza di picco: da 1 a 3 kW, da 3 a 20 kW e maggiore di 20 kW. Per il secondo vale invece la regola per cui maggiore è l'integrazione, maggiore è la remunerazione tariffaria. In questo ambito sono considerati "non integrati" gli impianti non studiati per armonizzarsi architettonicamente con un edificio, "parzialmente integrati" quelli che lo sono in parte, "integrati" quelli che sono parte inscindibile della costruzione[2].

Le tariffe incentivanti per gli impianti che entrano in esercizio **entro il 31 dicembre 2009** sono riportate nella Tabella 4; per gli **impianti che entrano in esercizio successivamente a questa data** è prevista una diminuzione del 2%.

Tabella 4 Tariffe incentivanti per impianti in regime di "Conto energia" per gli impianti attivati nel corso del 2009.

Potenza nominale impianto	Non integrato [€/kWh prodotto]	Parzialmente integrato [€/kWh prodotto]	Integrato [€/kWh prodotto]
1 – 3 kW	0.392	0.431	0.480
3 – 20 kW	0.372	0.412	0.451
> 20 kW	0.353	0.392	0.431

Per chiarire l'effetto di tali incentivi monetari, a titolo esemplificativo si consideri un impianto fotovoltaico non integrato da 25 kW di potenza, installato presso un capannone industriale, in grado di produrre annualmente circa 28'750 kWh. Si ipotizzi inoltre che abbia attivato una convenzione con il GSE tale che:

- gran parte dell'elettricità (22'750 kWh) è venduta alla rete, in regime di ritiro dedicato;
- una quota (6'000 kWh) è utilizzata a titolo di autoconsumo per le esigenze aziendali.

Il beneficio annuo diretto assicurato dal "Conto energia" sull'energia prodotta sarà pari a 28'750 kWh x 0,353 €/kWh = 10'149 € ca. A questo bisogna sommare il ricavo proveniente dalla vendita di energia con il "Ritiro dedicato", che è da calcolare sui kWh effettivamente immessi in rete: 22'750 kWh x 0,1011 €/kWh = 2'300 €.

C'è infine da considerare un ricavo "implicito" dovuto al mancato acquisto dell'energia elettrica, grazie all'autoconsumo di elettricità, nel momento in cui questa viene prodotta dall'impianto: 6'000 kWh x 0,18 €/kWh = 1'080 €.
Il beneficio economico complessivo annuo si ottiene quindi sommando il "Conto energia", la vendita alla rete e il risparmio grazie all'autoconsumo: 10'149 € + 2'300 € + 1'080 € = 13'530 €.

Sono previste anche tariffe incentivanti maggiorate fino al 5% della tariffa di riferimento, nei seguenti casi (non cumulabili):

- impianti integrati in edifici, fabbricati e strutture a destinazione agricola, se sostituiscono aperture in eternit o contenenti amianto;
- impianti il cui soggetto responsabile è una scuola pubblica/paritaria o una struttura sanitaria pubblica;
- impianti i cui soggetti responsabili siano Enti locali con popolazione residente inferiore ai 5.000 abitanti.

[2] Per approfondimenti, si consulti la "Guida agli interventi validi ai fini del riconoscimento dell'integrazione architettonica del fotovoltaico", prodotta dal GSE e disponibile su http://www.gse.it/attivita/ContoEnergiaF/PubblInf/Documents/GuidaIntegrazioneArchitettonica.pdf.

Purché in regime di “Scambio sul posto”, hanno inoltre diritto ad un premio espresso in maggiorazioni della tariffa i soggetti che, negli edifici in cui installano l'impianto, effettuino opere di miglioramento delle prestazioni energetiche, nel rispetto dei seguenti parametri:

- opere di miglioramento delle prestazioni energetiche dell'**edificio o parte di edificio esistente** che portino ad una riduzione certificata di almeno il 10% rispetto all'indice di prestazione energetica esistente (al netto dell'impianto fotovoltaico, cioè senza calcolare le eventuali prestazioni migliorative apportate dall'impianto): è prevista una **maggiorazione percentuale della tariffa di riferimento pari alla metà della percentuale di riduzione** ottenuta, e comunque non superiore al 30%;
- interventi su un **edificio di nuova costruzione** che portino ad una riduzione certificata dell'indice di prestazione energetica inferiore di almeno il 50% rispetto ai valori previsti per legge: è prevista una maggiorazione del 30% rispetto alle tariffe di riferimento a decorrere dall'anno successivo alla data di ricevimento della richiesta.

Agli **Enti Locali** è infine riservato un premio speciale: hanno **diritto alla massima tariffa (impianti integrati), anche se i loro impianti non lo sono**.

3.3.2 Meccanismi d’incentivazione per l’aumento dell’efficienza energetica degli edifici

L’efficienza energetica negli edifici viene incentivata attraverso due meccanismi: la detrazione fiscale e il commercio dei Certificati bianchi.

La Legge finanziaria 2007 ha introdotto a partire dal 1° gennaio 2007 il meccanismo incentivante di detrazione fiscale del 55% delle spese sostenute per l’aumento dell’efficienza energetica degli edifici; tali incentivi sono stati confermati dalla finanziaria 2008, che li ha prorogati, e in alcuni casi ampliati, per gli anni 2008, 2009 e 2010.

Le vigenti norme stabiliscono che può essere detratto il 55% delle spese sostenute su edifici esistenti nei seguenti casi:

a. interventi sull’involucro di edifici esistenti, quali coperture opache orizzontali e verticali (tetti e pareti, purché delimitanti il volume riscaldato dell’edificio), vetri e infissi;
b. interventi d’installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno di acqua calda in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università o affini;
c. interventi di **sostituzione**, integrale o parziale, di impianti di climatizzazione invernale con
   - impianti dotati di caldaia a condensazione;
   - impianti dotati di pompa di calore ad alta efficienza;
   - impianti geotermici a bassa entalpia.
d. interventi di riqualificazione energetica dell’intero edificio, e non di singole unità abitative che lo compongono, tali da consentire il rispetto di valori limite di dell’indice di consumo energetico, per la climatizzazione invernale; in questo caso, la detrazione non premia specifiche tipologie d’intervento, quanto piuttosto il risultato conseguito in termini di risparmio energetico; in funzione delle modalità di calcolo dell’indice di consumo energetico, questo tipo di incentivo favorisce fortemente la sostituzione dell’impianto di climatizzazione invernale con caldaie alimentate a biomassa (legna in ciocchi, pellet o cippato).

I valori limite e le caratteristiche degli impianti da rispettare per poter fruire delle detrazioni d'imposta sono stabiliti dal DM 11 marzo 2008, allegati A e B. Le quantità massime detraibili sono le seguenti:

- per gli interventi di tipologia a. e b. le spese sostenute sono detraibili fino a un massimo di 60'000 €, corrispondenti ad un valore massimo di spesa pari a circa 110'000 € (109'900, il cui 55% è pari a 60'000 €);
- per gli interventi di tipologia c. le spese sostenute sono detraibili fino a un massimo di 30'000 €, corrispondenti ad un valore massimo di spesa pari a circa 54'500 € (54'4500, il cui 55% è pari a 30'000 €);
- per gli interventi di tipologia d. le spese sostenute sono detraibili fino a un massimo di 100'000 €, corrispondenti ad un valore massimo di spesa pari a circa 182'000 € (181'800, il cui 55% è pari a 100'000 €).

Le detrazioni sono cumulabili per interventi di tipologia a., b. e c.; detrazioni per interventi di tipologia d. non possono invece essere cumulate con altre tipologie di detrazione, se non quelle di tipologia b. Esse sono inoltre compatibili con eventuali specifici incentivi previsti da Regioni, Province e Comuni, oltre che con la detrazione del 36% per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria realizzati su immobili residenziali, a condizione che non riguardino la stessa tipologia di interventi per cui si chiede la detrazione del 55%.

Queste detrazioni sono compatibili con il meccanismo d'incentivazione del risparmio energetico dei **Certificati bianchi (Titoli di Efficienza Energetica)**, introdotti in Italia dal 2005.

Tale meccanismo, simile per certi versi a quello dei certificati verdi, prevede l'istituzione di un mercato di scambio dei titoli di efficienza energetica tra distributori di energia elettrica e gas naturale, per i quali è introdotto l'obbligo di raggiungere quote annue in termini di risparmio energetico, e soggetti che realizzano interventi di riduzione dei consumi ed efficienza energetica negli usi finali, ai quali viene rilasciato un quantitativo di Certificati Bianchi proporzionale al quantitativo di energia risparmiata (1 certificato per ogni tonnellata equivalente di petrolio [Tep] risparmiata).

I distributori di elettricità e gas possono infatti effettuare interventi diretti di risparmio energetico presso i propri clienti (ad esempio installazione di elettrodomestici o caldaie ad alta efficienza, interventi di isolamento termico degli edifici, interventi per aumentare l'efficienza energetica di processi industriali, lampadine ad alta efficienza etc.), che ne traggono beneficio in termini di riduzione della propria spesa energetica. In cambio, i distributori ottengono una quantità di certificati bianchi corrispondente. In alternativa, possono acquistare i Certificati bianchi dai privati: convivono dunque in questo meccanismo incentivante strumenti di "comando e controllo" (imposizione dell'obbligo di effettuare interventi di risparmio energetico) e strumenti di mercato (possibilità di scambio dei titoli di efficienza energetica sul mercato apposito, con formazione del prezzo di vendita secondo le regole di mercato).

Al fine di garantire l'attuazione di questo meccanismo, annualmente lo Stato eroga un contributo specifico ai distributori di energia elettrica e gas naturale, finanziandolo attraverso un prelievo dalle tariffe di distribuzione dell'energia elettrica e del gas, che viene fissato di anno in anno in modo da garantire che l'aggravio complessivo sulla bolletta energetica dei consumatori sia sempre considerevolmente inferiore al beneficio economico complessivo derivante dall'attuazione del meccanismo (da 6 a 12 volte).

4 Potenziale delle energie rinnovabili

L'obiettivo del presente capitolo consiste nel delineare il potenziale (fisico) delle energie rinnovabili che trovano una collocazione ideale negli edifici o che –semplicemente- sono disponibili localmente, ossia:

- energia dal sole (termica e fotovoltaica);
- energia dal bosco;
- energia dall'acqua;
- energia dalla terra;
- energia dai processi.

4.1 Energia dal sole

Il sole costituisce una delle fonti rinnovabili più promettenti anche alle nostre latitudini. A livello europeo, la tecnologia ha conosciuto un forte sviluppo in Austria e Germania anche se, come mostra la Figura 6, queste due nazioni non godono di elevati quantitativi di radiazione incidente.

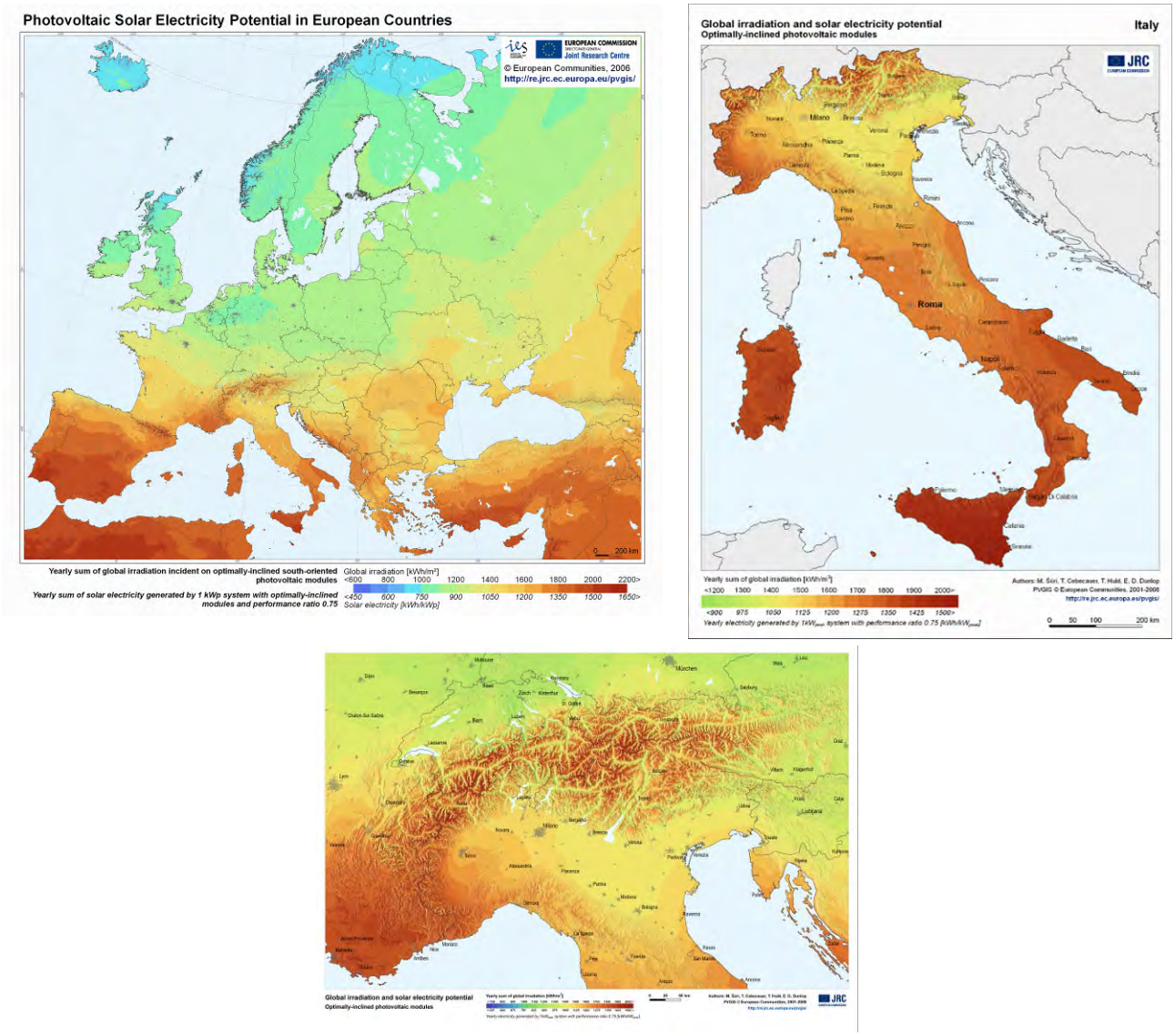


Figura 6 Radiazione solare totale annua [kWh/m^2] e potenziale di elettricità generata da fonte fotovoltaica [kWh/kWpicco] [fonte: JRC, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/].

Lo sfruttamento della radiazione solare può portare alla produzione di energia termica (solare termico) e di energia elettrica (solare fotovoltaico). Le due tecnologie sono profondamente differenti: nei paragrafi che seguono si fornisce una breve introduzione ad entrambe.

4.1.1 Solare termico

Negli edifici, i collettori solari vengono installati per la produzione di acqua calda sanitaria e per fornire un contributo al riscaldamento. Essi vengono impiegati anche nei centri sportivi e per il riscaldamento dell'acqua delle piscine.

Alle nostre latitudini, un impianto solare termico dimensionato correttamente riesce a coprire un'ampia quota del fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria utilizzata a scopo domestico e, durante le giornate soleggiate primaverili e autunnali e in condizioni ottimali, è in grado di riscaldare l'intera abitazione senza necessità di ulteriori apporti termici. Su base annuale, un impianto di questo tipo può infatti arrivare a coprire circa il 60% del fabbisogno annuo di energia per la produzione di acqua calda di un'economia domestica di 4 persone e fino al 40% del consumo di energia convenzionale per riscaldamento [fonte: Swissolar].

Nell'ambito del riscaldamento degli edifici, i collettori solari sono tuttavia da considerare come impianti integrativi al generatore di calore principale: solo in questo modo può infatti essere garantito il comfort termico interno desiderato anche durante la stagione più fredda. Questa tecnologia ha comunque il vantaggio di poter essere abbinata a qualsiasi altro vettore energetico e tipo di impianto (legna, gas, pompe di calore, ecc.).

I collettori solari sono interessanti anche se utilizzati a fini di riscaldamento delle piscine scoperte: riescono infatti ad aumentare la temperatura dell'acqua di 3 °C a 5 °C, cosa che consente di prolungare la stagione balneare di diverse settimane [fonte: Swissolar].

La collocazione ideale di questi impianti è su tetti orientati a Sud e la durata di vita media è di almeno 20 anni. Purché opportunamente orientate, sono comunque possibili installazioni più innovative, come ad esempio quelle mostrate nella Figura 7.

Figura 7 A sinistra, collettori solari integrati in facciata, costruiti nel 1978 e rinnovati nel 1998, a Minusio (Cantone Ticino); a destra, collettori tubolari integrati sostituiscono la ringhiera del balcone, a Zurigo, condominio Sunny Woods [fonte: Svizzera Energia, International Energy Agency IEA].

I principali componenti dell'impianto solare termico sono:

- il collettore solare;
- il serbatoio d'accumulo dell'acqua calda;
- la fonte di calore ausiliaria (caldaia, pompa di calore, ecc.);
- il sensore della temperatura.

La Figura 8 riporta uno schema semplificato di impianto solare termico, con serbatoio di accumulo.

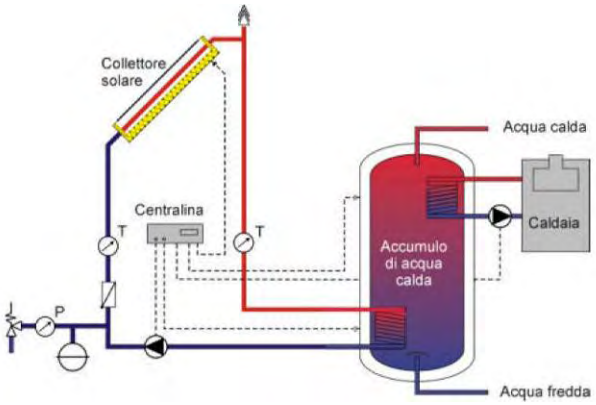


Figura 8 Schema di impianto solare termico.

Il dimensionamento dell'impianto e i relativi costi d'investimento dipendono dall'uso che si intende fare del calore prodotto, come esemplificato nella Tabella 5, riferita alle abitazioni residenziali.

Tabella 5 Caratteristiche e prestazioni degli impianti solari termici [fonte: "Dimensionnement d'installations à capteurs solaires", SvizzeraEnergia].

	Acqua calda sanitaria	Acqua calda sanitaria e supporto al riscaldamento
Fabbisogno medio giornaliero	50 [l/persona] a T= 55°C - 60°C	-
Superficie dei collettori piani *Piccoli impianti* *Grandi impianti*	 1.0 – 1.5 [m^2/persona] 0.5 – 1.0 [m^2/persona]	 0.5 – 1 [m^2/MWh/a] 0.4 – 0.6 [m^2/MWh/a]
Volume accumulatore *Piccoli impianti* *Grandi impianti*	 80 - 120 [l/persona] 40 - 80 [l/persona]	 60 – 100 [l/ m^2collettori] 30 – 60 [l/ m^2 collettori]

Per un'abitazione monofamiliare di 4 persone, un impianto ben dimensionato per la produzione di acqua calda sanitaria (60-70% di copertura del fabbisogno termico) ha quindi le seguenti caratteristiche:

- superficie dei collettori piani: 4 – 6 m^2;
- volume accumulatore: 300 – 500 l;
- costo investimento (incluso montaggio): 4'000 – 6'000 €.

4.1.2 Solare fotovoltaico

L'energia solare è trasformata dai moduli fotovoltaici in elettricità. Questa elettricità può essere utilizzata subito, immagazzinata in batterie o immessa nella rete. Gli impianti in parallelo alla rete offrono una soluzione ottimale sia dal punto di vista energetico (la totalità dell'energia prodotta può essere immessa nella rete cha fa da "accumulatore") che per i costi di produzione.

I componenti di un impianto fotovoltaico sono schematizzati nella Figura 9:

- modulo fotovoltaico: è un dispositivo in grado di convertire l'energia solare direttamente in energia elettrica mediante effetto fotovoltaico;
- inverter: è un dispositivo elettronico che converte la corrente continua prodotta dai moduli in corrente alternata, adatta all'immissione in rete;
- contatore di energia: è un apparecchio che viene installato sulle linee elettriche e misura l'energia che lo attraversa. In genere ogni impianto è dotato di due contatori, che misurano rispettivamente l'energia prodotta dall'impianto e quella prelevata dalla rete.

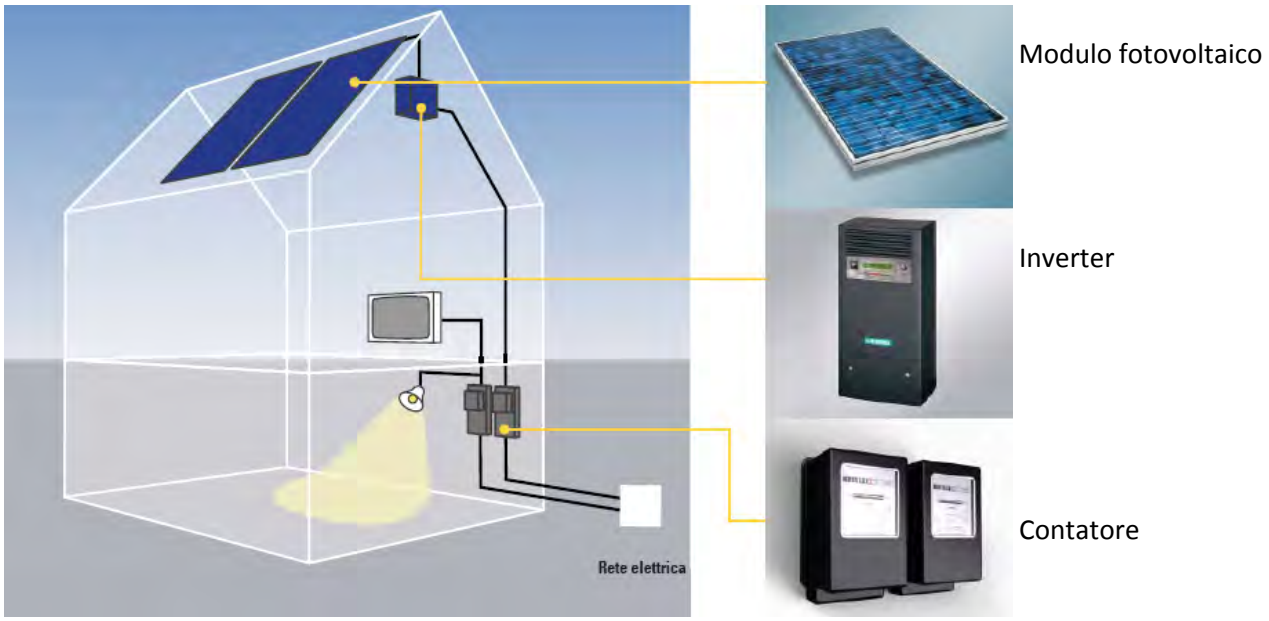


Figura 9 I componenti di un impianto fotovoltaico.

Gli impianti fotovoltaici in parallelo alla rete possono essere dimensionati liberamente poiché l'elettricità prodotta viene immessa in rete. In linea generale, per coprire il fabbisogno medio di energia elettrica di una famiglia di 4 persone (illuminazione, elettrodomestici, pompe di circolazione etc., pari a circa 3-4'000 kWh) [fonte: Ufficio federale dell'energia] è necessario un impianto fotovoltaico con una superficie di circa 30 m^2: la Tabella 6 riporta i dati medi di prestazione per impianti in silicio cristallino, basati su stime di produzione d'energia annua di **1'200 kWh per kW** installato (valore medio per le nostre latitudini). Per moduli amorfi è necessario raddoppiare la superficie a parità di potenza installata.
Gli impianti fotovoltaici hanno una durata media di vita di 25-30 anni.

Tabella 6 Riferimenti essenziali per il dimensionamento di un impianto fotovoltaico.

Superficie [m^2]	Potenza installata [kW]	Copertura del fabbisogno elettrico medio di una famiglia [%]
8	1	28
14	1.75	50
28	3.5	100

4.1.3 Iter autorizzativo impianti solari

Gli impianti solari termici e fotovoltaici costituiscono a tutti gli effetti interventi edilizi e necessitano pertanto di permesso di costruire o denuncia di inizio attività, nei termini delineati dal D.P.R. 380/01 Testo unico per l'edilizia e dalla L.R. 12/2005 Legge per il Governo del Territorio.

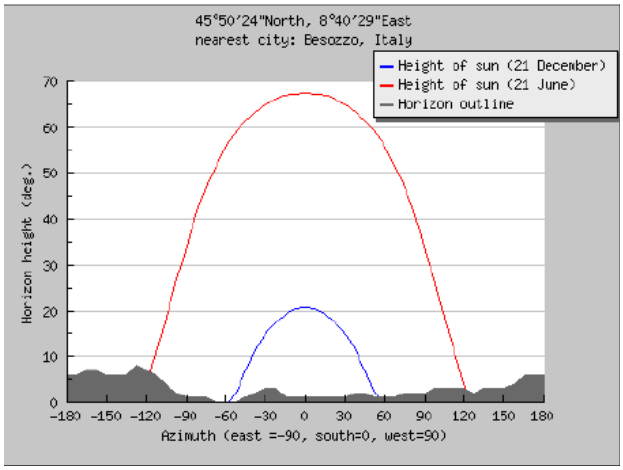
Si segnala tuttavia un'importante facilitazione introdotta dal D.L. 115/2008, che all'art. 10 "Semplificazione e razionalizzazione delle procedure amministrative e regolamentari" stabilisce che "gli impianti solari termici o fotovoltaici aderenti o integrati nei tetti degli edifici con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda e i cui componenti non modificano la sagoma degli edifici stessi, sono considerati interventi di manutenzione ordinaria e non sono soggetti alla disciplina della denuncia di inizi attività qualora la superficie dell'impianto non sia superiore a quella del tetto stesso".

Si segnala la necessità di Verifica di VIA per impianti superiori a 20 kW di tipologia non integrata.

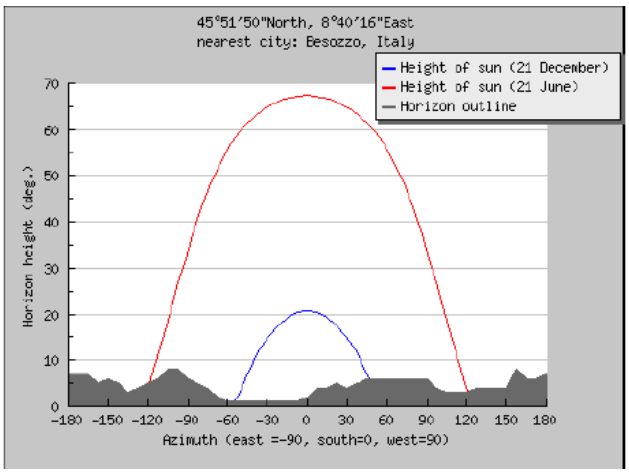
4.1.4 Analisi del potenziale di sfruttamento dell'energia solare fotovoltaica

La morfologia del territorio di Besozzo e delle aree limitrofe è tale da garantire una buona incidenza della radiazione solare, in quanto l'orizzonte è tendenzialmente libero. Tale percezione è confermata dalle simulazioni effettuate con il software PVGIS elaborato dal JRC di Ispra[3], che mostrano il profilo dell'orizzonte a fronte della curva di radiazione solare incidente in estate e in inverno: la Figura 10 riporta le simulazioni effettuate in corrispondenza di tre punti del territorio comunale, corrispondenti ai principali ambiti produttivi, nei quali potrebbe essere d'interesse localizzare impianti solari di dimensioni medio-grandi.

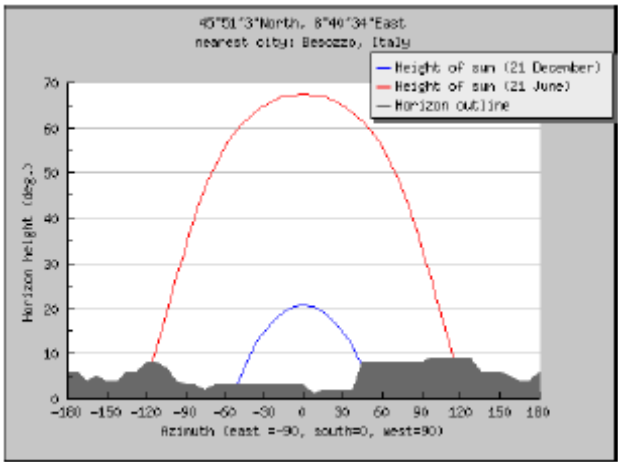
[3] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php#



Zona Fornace Cappe



Località Medu'



Zona cartiera

Figura 10 Simulazioni della linea di orizzonte – software PVGIS elaborato da JRC.

Gli impianti solari possono essere installati a livello del suolo (impianti non integrati), oppure inseriti su strutture ed edifici, con un livello di integrazione architettonica crescente. Gli impianti completamente integrati svolgono una doppia funzione: quella di produzione di elettricità e quella di elemento costruttivo (tetto, facciata, protezione dalle cadute, ecc.). In riferimento agli impianti fotovoltaici, rassegne delle diverse tipologie d'impianto che presentano soluzioni progettuali in alcuni casi molto innovative sono disponibili su pubblicazioni curate dal Gestore dei Servizi Elettrici (GSE)[4] e sul sito web www.bipv.ch; alcune immagini sono inoltre riportate nella Figura 11.

[4] http://www.gse.it/attivita/ContoEnergiaF/PubblInf/Documents/GuidaIntegrazioneArchitettonica.pdf

Figura 11 Esempi di impianti fotovoltaici, con livello d'integrazione crescente.

All'interno di una realtà urbana si ritengono inadatti gli impianti posti a livello del suolo. Gli impianti integrati in facciata richiedono invece interventi strutturali relativamente onerosi e sono quindi meno diffusi: si ritiene pertanto plausibile che le maggiori possibilità di sviluppo riguardino gli impianti parzialmente integrati, collocati sui tetti.

Poiché il dimensionamento di un impianto fotovoltaico non è basato sul fabbisogno elettrico del singolo edificio (l'elettricità prodotta viene infatti immessa in rete), lo sviluppo del solare fotovoltaico è unicamente vincolato alla disponibilità fisica di spazi su cui collocare gli impianti, oltre che a questioni economico-finanziarie. Una prima, rozza, stima del potenziale del fotovoltaico sul territorio comunale può essere pertanto effettuata stimando la superficie disponibile sui tetti degli edifici esistenti.

A tale scopo si è rilevata l'estensione della superficie coperta degli edifici esistenti, ricavabile dalla cartografia aggiornata al 2009 (fonte: Studio Associato Mazzucchelli – Pozzi – Mazzucchelli) (Figura 12), stimata coincidente con la superficie del tetto.

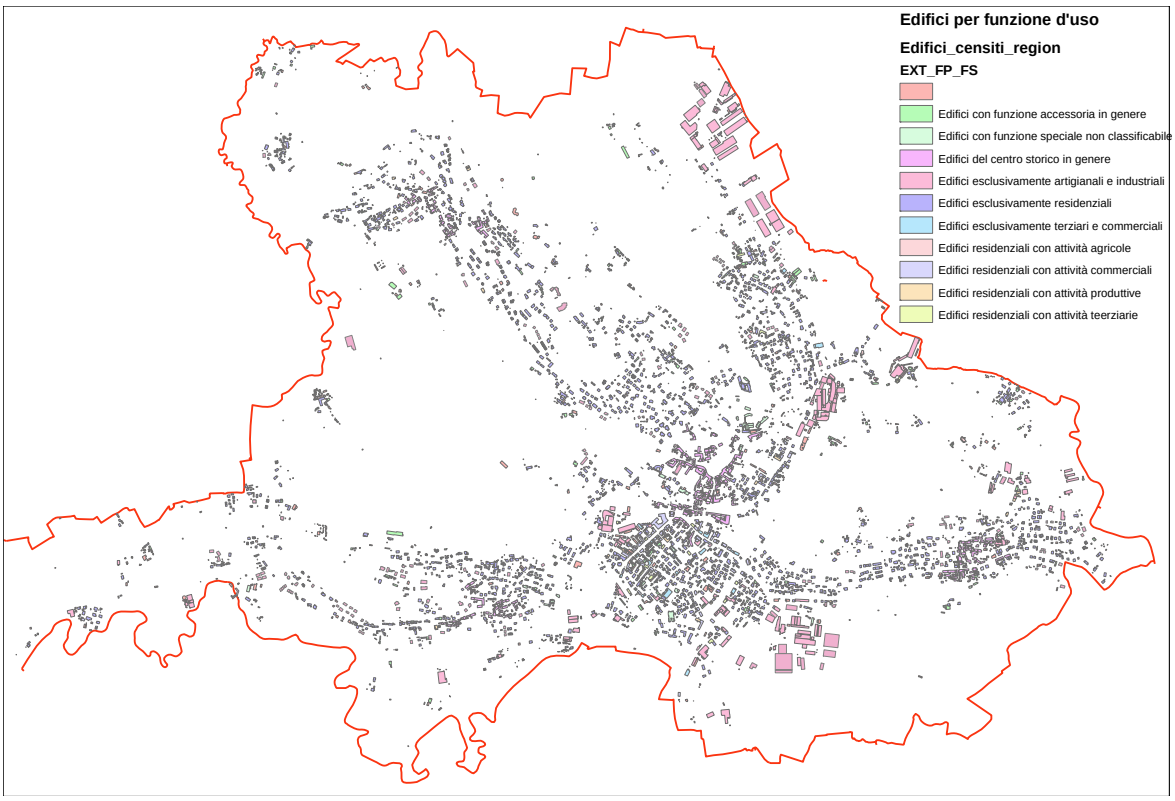


Figura 12 La disponibilità complessiva di tetti su cui collocare impianti solari – edifici esistenti all'anno 2003/2009 [fonte: Studio Associato Mazzucchelli – Pozzi – Mazzucchelli].

Tale analisi ha fornito la seguente informazione:

	Superficie coperta/Superficie tetto [m^2]
Totale edifici censiti	650'000
Totale edifici residenziali e assimilati[5]	503'000
Totale edifici residenziali, esclusi edifici accessori[6]	350'000
Totale edifici residenziali, esclusi edifici accessori e centro storico[7]	273'000
Totale edifici artigianali/produttivi[8]	167'000
Totale edifici terziario e commerciali[9]	8'400

Si è ritenuto di non considerare gli edifici accessori in quanto, sebbene fisicamente disponibili per l'insediamento di impianti solari, probabilmente risulterebbero poco appetibili per investimenti economici, almeno in una prima fase di sviluppo dell'energia solare.

[5] Sono inclusi in questa categoria: edifici del centro storico in genere, edifici esclusivamente residenziali, edifici residenziali con attività agricola, edifici residenziali con attività commerciale, edifici residenziali con attività terziarie, edifici con funzione accessoria in genere, edifici con funzione speciale non classificabile.

[6] Sono inclusi in questa categoria: edifici del centro storico in genere, edifici esclusivamente residenziali, edifici residenziali con attività agricola, edifici residenziali con attività commerciale, edifici residenziali con attività terziarie.

[7] Sono inclusi in questa categoria: edifici esclusivamente residenziali, edifici residenziali con attività agricola, edifici residenziali con attività commerciale, edifici residenziali con attività terziarie.

[8] Sono inclusi in questa categoria: edifici esclusivamente artigianali e industriali.

[9] Sono inclusi in questa categoria: edifici esclusivamente terziari e commerciali.

Si è inoltre scelto di non considerare gli edifici dei nuclei storici, in quanto in quegli ambiti sono in genere in vigore restrizioni di tipo paesaggistico che rendono difficoltosa l'installazione di impianti solari.
Effettuate queste considerazioni, si ottiene un totale di circa 450'000 m^2 di superficie di tetto potenzialmente a disposizione. Si può stimare che di tale patrimonio metà non sia effettivamente utilizzabile, causa inadeguata struttura del tetto (materiali inadatti, strutture troppo vecchie, ecc.). Della superficie rimanente, un'ulteriore metà non può essere sfruttata in quanto orientata in direzione non ottimale rispetto alla captazione della radiazione solare.
La superficie ragionevolmente sfruttabile per installare impianti solari è quindi la seguente:

	Superficie coperta/Superficie tetto [m^2]
Totale edifici residenziali, escluse attività accessorie e centro storico[10]	**68'250**
Totale edifici artigianali/produttivi[11]	**41'750**
Totale edifici terziario e commerciali[12]	**2'100**
Totale	**112'100**

Poiché 8 metri quadrati di impianti fotovoltaici al silicio cristallino, attualmente caratterizzati da medi valori di rendimento (ca. 13%) e costo, forniscono una potenza elettrica pari a 1 kW, se tutte le superfici sfruttabili (112'100 m^2) fossero coperte da impianti fotovoltaici, sarebbe possibile installare una potenza elettrica di circa 14'000 kW, pari a **14 MW**. Se gli impianti fotovoltaici fossero invece installati unicamente sugli edifici produttivi e commerciali, si potrebbe installare una potenza elettrica di circa 5'480 kW, pari a **5,5 MW**.
A titolo di riferimento, si consideri che ad oggi gli impianti allacciati alla rete elettrica nel comune di Besozzo sono 16, per una potenza totale di 115.5 kW [fonte: AtlaSOLE Gestore dei Servizi Energetici (GSE)].

Considerando poi che, se ben orientato, alle nostre latitudini un modulo da 1 kW è in grado di produrre circa 1'200 kWh all'anno, si deduce che il potenziale complessivo di produzione di energia elettrica fotovoltaica del Comune di Besozzo è pari a **16'800 MWh,** mentre quello legato agli stabili produttivi e commerciali è pari a **6'600 MWh**. Considerando un consumo medio annuo di elettricità pari a 3'500 kWh [fonte: Ufficio federale dell'energia] per famiglia, la produzione di 17'000 MWh di elettricità fotovoltaica consentirebbe di coprire i consumi (elettrodomestici, illuminazione abitazione) per un numero di famiglie pari a quasi una volta e mezzo quelle residenti a Besozzo, che nel 2008 erano 3'645 [fonte: Annuario Statistico Regione Lombardia].

A livello operativo, per abitazioni mono o bi-famigliari e condomini residenziali si potrebbe promuovere l'installazione di impianti di piccole dimensioni, compresi tra 1 a 3 kW per unità abitativa: poiché 1 kW richiede circa 8 m^2 di moduli fotovoltaici, ciò implicherebbe l'installazione di moduli fotovoltaici per una superficie fino a 24 m^2 per unità abitativa.

A grandi linee, il costo d'investimento per gli impianti fotovoltaici può essere stimato sulla base dei dati pubblicati dall'Ufficio federale dell'energia svizzero relativi al 2008 e riportati nella Tabella 7 (per il tasso di conversione tra franco svizzero ed euro si è usata la seguente relazione: 1 CHF = 0.655 €, che è stata poi approssimata per facilità di lettura del dato).

[10] Sono inclusi in questa categoria: edifici esclusivamente residenziali, edifici residenziali con attività agricola, edifici residenziali con attività commerciale, edifici residenziali con attività terziarie.

[11] Sono inclusi in questa categoria: edifici esclusivamente artigianali e industriali.

[12] Sono inclusi in questa categoria: edifici esclusivamente terziari e commerciali.

Tabella 7 Stima dei costi d'investimento per impianti fotovoltaici 2008 [fonte: Ufficio federale dell'energia].

	Potenza impianto [kW]	Costo medio d'investimento [€/kW]
Non integrato	< 10	5'300
	tra 10 e 30	4'600
	tra 30 e 100	4'300
	> 100	3'900
Parzialmente integrato	< 10	6'200
	tra 10 e 30	5'600
	tra 30 e 100	5'200
	> 100	4'900
Completamente integrato	< 10	7'600
	tra 10 e 30	6'600
	tra 30 e 100	6'000
	> 100	5'200

Il costo d'investimento per un impianto parzialmente integrato (collocato sui tetti) di 3 kW per un'unità abitativa residenziale può essere stimato in poco meno di 19'000 € (6'200 €/kW *3 kW). Tenendo conto della presenza della tariffa incentivante del "Conto energia", a tali condizioni il costo d'investimento per l'impianto è ammortizzato in circa 12 anni.

Nell'ipotesi di realizzazione di impianti totalmente integrati, il costo d'investimento aumenta significativamente, di quasi il 20% (7'600 €/kW), il costo dell'impianto da 3 kW di potenza è pertanto stimabile in poco meno di 23'000 €. L'aumento del costo d'investimento, comunque relativamente contenuto a fronte di miglioramenti paesaggistici, è compensato dalla maggiore tariffa incentivante rilasciata dal "Conto energia". Risulta evidente tuttavia il maggiore onere dal punto di vista costruttivo, motivo per cui ci si può aspettare che gli impianti completamente integrati saranno per lo più realizzati sulle nuove costruzioni o nell'ambito di interventi sostanziali di ristrutturazione, quali ad esempio la sostituzione integrale della copertura dell'edificio. Per gli edifici esistenti è quindi più realistico puntare sull'installazione di impianti parzialmente integrati.

Vista la disponibilità di più ampie superfici di tetto nonché di un maggiore potere di spesa, sugli edifici a destinazione produttiva e commerciale si potrebbero installare impianti di potenza più elevata rispetto alle abitazioni residenziali. Una semplice procedura per individuare la potenza da installare potrebbe essere quella illustrata nella Figura 13.

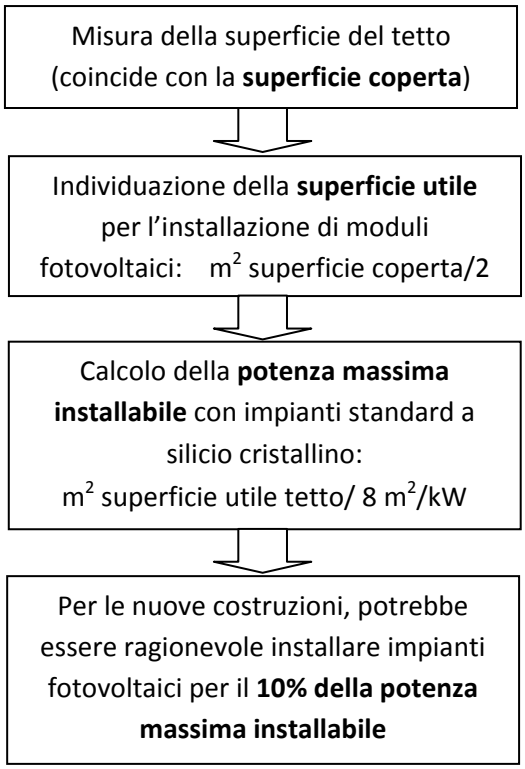


Figura 13 Esempio di procedura per la definizione della potenza installabile su edifici industriali e commerciali.

Considerando ad esempio un impianto industriale di superficie coperta pari a circa 2'000 m^2, si otterrebbe una potenza massima installabile pari a 125 kW, il cui 10% è pari a 12.5 kW. Per moduli realizzati con silicio cristallino, questo impianto occuperebbe sul tetto una superficie pari a 100 m^2 (12.5 kW * 8 m^2/kW = 100 m^2). Moduli realizzati con silicio amorfo occuperebbero invece una superficie doppia.

In base alle stime riportate nella Tabella 7, un impianto di potenza di 12.5 kW potrebbe avere un costo d'investimento pari a circa 70'000 €.

4.1.5 Opportunità d'intervento a livello comunale

La descrizione dei sistemi incentivanti per il solare termico e fotovoltaico attivati a livello nazionale è presentata nel paragrafo 3.3.

Tenendo conto di tali incentivi, per promuovere le tecnologie del solare termico e fotovoltaico sul territorio comunale potrebbero essere presi i provvedimenti sintetizzati nella Tabella 8 e nella Tabella 9.

Tabella 8 Proposta di misure per la promozione del solare termico.

		Nuove costruzioni e demolizioni con ricostruzione	**Ristrutturazioni e ampliamenti**	**Edifici esistenti**
Solare termico	**Abitazioni**	Mono-famigliari e bi-famigliari: obbligo di garantire almeno il **60%** dell'acqua calda sanitaria per persona insediabile nello stabile. Da tre unità abitative: almeno il **20%** dell'acqua calda sanitaria per persona insediabile nello stabile.	Per interventi di sostituzione integrale dell'impianto di riscaldamento, obbligo di garantire almeno il **60%** dell'acqua calda sanitaria per persona insediabile nello stabile. Per questi interventi, possibilità di concedere riduzioni sugli oneri di urbanizzazione.	Nessuna imposizione. Eventuali incentivi: - non vengono richiesti i diritti di segreteria per le pratiche di permesso di costruire e DIA per l'installazione di impianti; - concessione di riduzioni sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale (tassa rifiuti).
	Stabili produttivi e commerciali	Nessuna imposizione. Eventuali incentivi: - non vengono richiesti i diritti di segreteria per le pratiche di permesso di costruire e DIA per l'installazione di impianti; - concessione di riduzioni sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale (tassa rifiuti).		
	Alberghi, case di cura, ospedali	**Obbligo** di garantire almeno il **60%** del fabbisogno di acqua calda sanitaria per posto letto[13].	Per interventi di sostituzione integrale dell'impianto di riscaldamento, obbligo di garantire almeno il **60%** del fabbisogno di acqua calda sanitaria per posto letto. Per questi interventi, possibilità di concedere riduzioni sugli oneri di urbanizzazione.	
	Piscine	Per le piscine al coperto, **obbligo** di garantire il riscaldamento per almeno il **60% del fabbisogno**[14]. Per piscine all'aperto, **divieto** di installare impianti di riscaldamento **diversi dal solare termico**.	Per interventi di sostituzione dell'impianto di riscaldamento: - per le piscine al coperto, **obbligo** di garantire il riscaldamento per almeno il **60% del fabbisogno;** - per piscine all'aperto, **divieto** di installare impianti di riscaldamento **diversi dal solare termico**.	

Tali provvedimenti potrebbero essere recepiti a livello di P.G.T. (Piano delle regole e Documento di piano - criteri di riferimento per i Piani attuativi per gli ambiti di trasformazione) o di Regolamento edilizio.

I provvedimenti di natura economica (tassa rifiuti o modifica degli oneri di urbanizzazione) dovrebbero invece essere disciplinati dal Consiglio Comunale.

[13] Occorre riferirsi allo specifico fabbisogno di acqua calda sanitaria per strutture ospedaliere e alberghiere.

[14] Occorre riferirsi allo specifico fabbisogno di acqua calda sanitaria per il riscaldamento di piscine.

In relazione agli impianti fotovoltaici, si segnala che ai sensi della Legge Finanziaria 2008 (art. 1, c. 350) che ha modificato il Testo unico in materia edilizia (D.P.R. 380/2001, l'art. 4, c. 1-bis), **dal 1° gennaio 2010 i regolamenti comunali devono introdurre l'obbligo di installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, al fine del rilascio del permesso di costruire per gli edifici di nuova costruzione**. Per gli edifici a **destinazione residenziale** occorrerà installare una **potenza non inferiore a 1 kW per unità abitativa**, compatibilmente con la fattibilità tecnica dell'intervento. Per gli edifici a **destinazione industriale**, di superficie non inferiore a 100 metri quadrati, la **potenza installata minima dovrà essere di 5 kW**.

La norma lascia aperta la scelta tra le fonti rinnovabili. Si ritiene tuttavia che, soprattutto per quanto riguarda gli edifici a destinazione residenziale, tale scelta debba quasi necessariamente ricadere sul fotovoltaico, considerando che l'utilizzo di micro-turbine eoliche in ambito urbano è ancora a livello pionieristico. Per gli edifici industriali, si ritiene che la norma sia espressa in termini troppo rigidi e complessivamente limitativi: per impianti di grandi dimensioni il limite di 5 kW può essere troppo basso. Si propone pertanto una norma più articolata che, per gli edifici di dimensioni medio-grandi (superficie coperta superiore a 800 m^2), individui una regola dinamica, tale da modulare l'obbligo in relazione all'estensione della superficie di tetto. Si propone inoltre di estendere le prescrizioni in materia agli stabili a destinazione commerciale.

Tabella 9 **Proposta di misure per la promozione del solare fotovoltaico.**

		Nuove costruzioni e demolizioni con ricostruzione	**Ristrutturazioni e ampliamenti**	**Edifici esistenti**
Solare fotovoltaico	**Abitazioni**	**Obbligo** di installare impianti di potenza pari a **1 kW per unità abitativa**[15].	Per interventi di **sostituzione del tetto o recupero dei sotto-tetti**, obbligo di installare impianti di potenza pari a **1 kW per unità abitativa**. Per i soli interventi di sostituzione del tetto, in assenza di ampliamenti della superficie lorda di pavimento, possibilità di concedere riduzioni sugli oneri di urbanizzazione.	Nessuna imposizione. Eventuali incentivi: - non vengono richiesti i diritti di segreteria per le pratiche di permesso di costruire e DIA per l'installazione di impianti; - concessione di riduzioni sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale (tassa rifiuti).
	Stabili produttivi e commerciali	Per edifici di superficie coperta inferiore a 800 m^2: **Obbligo** di installare impianti di potenza **non inferiore a 5 kW**. Per edifici di superficie coperta superiore a 800 m^2: **Obbligo** di installare impianti di potenza pari al **10%** della potenza massima installabile calcolata secondo la procedura di Figura 13.	Per edifici di superficie coperta inferiore a 800 m^2: **Obbligo** di installare impianti di potenza **non inferiore a 2.5 kW**. Per edifici di superficie coperta superiore a 800 m^2: **Obbligo** di installare impianti fotovoltaici di potenza pari al **5%** della potenza massima installabile calcolata secondo la procedura di Figura 13[16].	
	Alberghi, case di cura, ospedali	Valgono le stesse indicazioni previste per le abitazioni; per il conteggio della potenza da installare, si considera **una sola unità abitativa** per edificio.		

[15] Si ritiene che tale prescrizione possa essere rispettata senza difficoltà per edifici fino a tre piani. Nel caso il P.G.T. consentisse la realizzazione di novi edifici residenziali di altezza maggiore, tale prescrizione dovrebbe essere adeguata al fine di tenere conto di eventuali limitazioni fisiche.

[16] In caso di ampliamento, la potenza da installare è intesa quale risultato della procedura di calcolo applicata alla superficie complessiva del tetto risultante a seguito dell'ampliamento.

In generale, occorre inoltre fare in modo che le norme di P.G.T. non ostacolino l'inserimento di impianti solari: ad esempio, occorre che l'eventuale aumento di altezza dovuto all'apposizione di pannelli su superfici piane non sia conteggiato come incremento di altezza dell'edificio.
Analogamente, una particolare attenzione potrebbe essere riservata alle norme che regolamentano l'inserimento di pannelli solari all'interno dei centri storici: opportunamente inseriti nel contesto, infatti, si integrano positivamente con il paesaggio.

Figura 14 Esempio di integrazione architettonica di un impianto solare termico nel nucleo.

L'Amministrazione Comunale potrebbe inoltre promuovere la realizzazione di impianti fotovoltaici "collettivi" a titolo di investimento, per l'immissione di elettricità in rete e la riscossione delle tariffe incentivanti garantite dal sistema del "Conto energia". Gli impianti così realizzati si configurerebbero come veri e propri investimenti finanziari, con il valore aggiunto di produrre energia pulita. Per favorire tali processi, oltre a mettere eventualmente a disposizione delle aree (esempio: tetti di edifici scolastici), l'Amministrazione dovrebbe farsi garante presso i cittadini della realizzazione dell'impianto, nel rispetto di tempi e costi pre-stabiliti. In proposito si segnala che il DdL sviluppo ed energia approvato in via definitiva il 9 luglio 2009 introduce la possibilità per i comuni di destinare aree del proprio patrimonio disponibile alla realizzazione di impianti fotovoltaici, da cedere ai privati cittadini

Può infine essere d'interesse avviare iniziative di promozione e sensibilizzazione a proposito del meccanismo dell'*energy contracting*, che consiste nella delega a terzi del finanziamento e dell'esecuzione di sistemi per la produzione di energia. Ad esempio a Reinach (AG), la cooperativa condominiale Stierenberg ha affidato ad un cosiddetto "contractor" il compito di installare e finanziare un impianto solare fotovoltaico di 26 m^2. La cooperativa paga solo per i chilowattora di calore prodotti, come se si trattasse di una normale bolletta elettrica. Dopo 10 anni l'impianto potrà essere riscattato dalla cooperativa mediante pagamento del valore residuo; in alternativa il contratto di Contracting potrà essere prolungato: il riscatto dell'impianto sarà posticipato nel tempo ma a quel punto potrà avvenire a titolo non oneroso. In entrambi i casi allo scadere del contratto la cooperativa si ritroverà proprietaria di un impianto ancora funzionante e in grado di erogare elettricità per diversi anni.

4.1.6 Case history

Un'interessante realizzazione, che combina il solare termico e il solare fotovoltaico, è costituita dalla casa di cura Residenza Rivabella a Magliaso (Cantone Ticino), presso la quale, a partire dalla necessità di riqualificazione del sistema di riscaldamento dell'edificio già esistente, nel 2006 è stato attivato un processo lungimirante di sfruttamento dell'energia solare.

Figura 15 Fotografia d'insieme della Residenza Rivabella: sull'edificio sullo sfondo sono visibili i collettori solari termici, mentre sul tetto dell'edificio in primo piano sono visibili i moduli fotovoltaici.

La residenza è ora dotata di un impianto solare termico di 60 m^2 (Figura 16), che consente di produrre 43'000 kWh termici/anno e di coprire il 65% dell'elevato fabbisogno di acqua calda sanitaria. Le stime effettuate in fase di progettazione prevedono un periodo di ammortamento di 10 anni.

Figura 16 I collettori solari della residenza Rivabella.

La novità principale è tuttavia legata all'impianto fotovoltaico installato sul tetto, che sfrutta l'innovativa tecnologia della ditta Sika-Sarnafil (www.sarnafil.ch): un sistema integrato di moduli fotovoltaici direttamente laminati nel manto impermeabile, flessibili, di lunga durata e calpestabili.
I manti Sarnafil hanno un'aspettativa di vita di oltre 40 anni, e sono quindi compatibili con i moduli fotovoltaici, la cui durata media è di 25 anni. Essi possono inoltre essere collocati pressoché in orizzontale

(una pendenza di tre gradi è necessaria per consentire il dilavamento dell'acqua), aspetto che consente di sfruttare al meglio lo spazio (nessun problema di ombreggiamento tra i moduli) e di contenere eventuali intrusioni di tipo paesaggistico. Essi si caratterizzano inoltre per l'elevata facilità di installazione (cfr. Figura 17).

Presso la Residenza Rivabella è stata installata una superficie di circa 300 m^2 di moduli fotovoltaici, per una potenza installata di 13 kW in grado di produrre quasi 14'000 kWh all'anno, una quantità di elettricità sufficiente a coprire i fabbisogni elettrici di quattro famiglie [fonte: Ufficio Federale dell'energia]. Il costo totale dell'impianto fotovoltaico è stato di 265'000 CHF, pari a circa 175'000 €.

Figura 17 Il processo di installazione dei pannelli fotovoltaici ha richiesto solo tre giorni di lavoro di cinque operai.

Un altro interessante esempio è costituito dal condominio sito nel comune di Berthoud (Cantone Berna, Svizzera), costruito nel 2007 e premiato nel 2009 con il "National Energy Globe Award" (www.energyglobe.com)[17].

L'edificio si compone di 8 appartamenti, affittati a prezzi di mercato, risponde allo standard di costruzione MINERGIE-P® (cfr. paragrafo 5.4) per quanto riguarda l'efficienza energetica ed è interamente riscaldato a energia solare, senza la necessità di un sistema di riscaldamento complementare.

L'immobile è dotato di collettori solari per una superficie di 275 m^2 e di un accumulatore di acqua calda sanitaria della capacità di 205'000 litri (diametro di 4 metri, altezza di 17 metri), attorno al quale è stato letteralmente costruito l'edificio: gettate le fondamenta, prima è stato messo in posizione l'accumulatore, poi sono state erette le componenti strutturali dell'edificio (mura e solai) (Figura 20).

[17] Una descrizione articolata dell'impianto è disponibile sulla pubblicazione Domotech, n.2/2008 (www. domotech-magazine.ch).

L'accumulatore di calore è stato prodotto dalla ditta Jenni (www.jenni.com) i cui stabilimenti produttivi sono siti a poca distanza dal terreno di costruzione dell'edificio: per questo, è stato possibile trasportare l'accumulatore per mezzo della sola forza umana, sfruttando le tecniche utilizzate dagli antichi egizi per la costruzione delle piramidi e coinvolgendo un centinaio di persone (Figura 19).

Un'ulteriore nota positiva a livello di consumi energetici, consiste nel fatto che i tetti dello stabilimento produttivo Jenni sono ricoperti da 520 m^2 di moduli fotovoltaici.

Nel rispetto dello standard MINERGIE-P®, l'edificio è dotato di un eccellente sistema di isolamento: la facciata è rivestita di pannelli superisolanti in polistirene espanso di 22 cm di spessore; i telai delle finestre sono ricoperti da un terzo strato di vetro verso l'esterno, che consente di ottenere valori di trasmittanza estremamente bassi; al fine di eliminare i ponti termici presso i punti di appoggio dei balconi, lo stabile è inoltre dotato di balconi autoportanti, la cui struttura è leggermente separata da quella dell'edificio. Poiché lo standard MINERGIE-P® impone di considerare l'edificio come un sistema globale e di ottimizzarlo in tutte le sue componenti, quest'ultimo è dotato di un impianto di ventilazione che recupera il calore proveniente dalla cucina e dalle stanze da bagno e consente il ricambio d'aria senza dover aprire le finestre, cosa che consente una riduzione della dispersione del calore pari al 90%.

Figura 18 L'edificio di Berthoud rispetta lo standard MINERGIE-P®, con 276 m^2 di collettori solari, completamente integrati, che svolgono anche la funzione di tetto [fonte: www.jenni.ch].

Figura 19 Il trasporto dell'accumulatore: l'edificio di Berthoud si trova vicino alla fabbrica di produzione degli accumulatori, pertanto è stato trasportato "a mano"; in altri casi, gli accumulatori sono trasportati su T.I.R. [fonte: www.jenni.ch].

Figura 20 La posa dell'accumulatore, effettuata direttamente sulle fondamenta, e la sezione dell'edificio [fonte: www.jenni.ch].

Il costo complessivo dell'edificio, escluso il terreno, è stato pari a 3 milioni di CHF, cioè circa 2 milioni di €, di cui il 10% circa è dovuto all'impianto di riscaldamento.

Infine si segnala la residenza Sunny Woods a Zurigo, realizzato nel 2001 e vincitrice del Premio solare svizzero (Schweizer Solarpreis) nel 2002. Si tratta di una casa passiva, con la facciata principale rivolta a sud costituita completamente da elementi prefabbricati in legno e dotata di un'elevata percentuale di finestre (solo il piano interrato dell'edificio è costruito in cemento armato).

Oltre al già citato sistema di collettori solari con tubi sottovuoto che costituiscono le balaustre dei balconi (cfr. Figura 7) per un'estensione totale di 36 m^2 circa, il tetto dell'edificio è rivestito da un impianto solare fotovoltaico con una superficie pari a 290 m^2 e una potenza di 16 kW, che produce fino a 15'000 kWh all'anno (Figura 21). Per supplire alle carenze invernali del collettore solare, la casa è dotata di una pompa di calore alimentata attraverso l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. L'impianto consente inoltre di alimentare le pompe di ventilazione meccanica per il ricambio dell'aria mentre l'esubero di elettricità prodotta viene immesso in rete. In virtù delle forti componenti d'innovazione, la costruzione ha goduto di contributi da parte dell'Ufficio federale dell'energia e dell'azienda di distribuzione dell'elettricità della città di Zurigo (EWZ). L'aumento di costo complessivamente dovuto alle caratteristiche di isolamento, produzione di calore ed elettricità di questo edificio è stimato in circa il 5% rispetto alle costruzioni convenzionali, pertanto relativamente contenuto [fonte: IEA].

Figura 21 La casa passiva Sunny Woods di Zurigo, costruita nel 2001; è visibile il tetto fotovoltaico
[fonte: International Energy Agency IEA, http://www.iea-shc.org/task28/publications/Switzerland_Zurich.pdf].

4.2 Energia dal bosco

In virtù dell'elevato potere calorifico delle essenze che lo compongono, il bosco locale ha da sempre una vocazione quale fonte d'energia. In epoche passate i boschi furono letteralmente depredati e il tasso di depauperamento raggiunse soglie allarmanti. Le vallate prealpine, ricche di boschi, fornirono il combustibile che mosse la rivoluzione industriale della vicina Pianura Padana. L'avvento del petrolio e la necessità di porre un freno ai problemi d'erosione dei bacini imbriferi fecero poi ridurre lo sfruttamento dei boschi. Vi sono oggi interessanti prospettive per tornare a sfruttare in modo sostenibile il bosco quale fonte di produzione energetica, rinnovabile e indigena, un principio espresso anche dalla Legge Forestale Regionale (L.R. 31/2008), che all'art. 60 promuove la valorizzazione delle filiere bosco/legna/energia.
Diversi sono infatti i motivi a favore di un rilancio dell'energia dal bosco:

- neutralità dal punto di vista delle emissioni di CO_2: in fase di combustione la legna emette una quantità di anidride carbonica (CO_2) pari a quella assorbita dalla pianta durante il suo ciclo di vita; tale quantità sarebbe comunque rimessa in circolazione naturalmente, durante la fase di decomposizione della pianta;
- sviluppo dell'economia delle aree alpine e pre-alpine, con creazione di posti di lavoro e generazione di reddito (filiera bosco-legna-energia);
- diminuzione della dipendenza dall'estero per quanto riguarda l'approvvigionamento energetico e riduzione della distanza tra il luogo di produzione e il luogo di consumo (filiera corta);
- gestione adeguata del patrimonio boschivo: tramite vettori energetici quali la legna in pezzi, il cippato o i pellets, è possibile dare uno sbocco ai grandi volumi di assortimento di scarsa qualità derivati dalla cura dei boschi locali per la produzione di legname da energia.

Le moderne tecnologie di controllo della combustione consentono inoltre di contenere le emissioni atmosferiche, in particolare di polveri fini, che caratterizzano gli impianti a legna tradizionali (stufe e camini). Oggi sono infatti disponibili in commercio filtri elettrostatici che consentono un abbattimento significativo delle emissioni per impianti di dimensioni medio-piccole (potenza inferiore a 70 kW). Un esempio è il filtro Zumikon, sviluppato dai laboratori dell'EMPA (Istituto svizzero di prova dei materiali)[18] e ora commercializzato dalla società Ruegg.
La cenere risultante dalla combustione (circa 1% del peso) è composta essenzialmente da ossidi di calcio, silicio, potassio e magnesio e può essere valorizzata come fertilizzante.

4.2.1 Tipologie di impianto e relative prestazioni

La legna utilizzabile a fini di produzione energetica si presenta sotto tre forme diverse (cfr. Figura 23):

- **Legna in pezzi (ciocchi):** è la forma tradizionale della legna da ardere. Comporta minori costi di approvvigionamento, in quanto la lavorazione è limitata, ma richiede grandi spazi di stoccaggio e un certo impegno nell'uso, poiché l'alimentazione della caldaia avviene manualmente;
- **Cippato:** è costituito da trucioli di legna da ardere di piccola dimensione, in genere scarti dell'industria del legno o residui delle potature boschive o di ramaglie. Il cippato viene utilizzato da diversi anni nei territori alpini per il riscaldamento di edifici di medie o grandi dimensioni, stabili industriali o interi quartieri attraverso reti di teleriscaldamento; più di recentemente sono inoltre state messe in commercio caldaie a cippato atte a riscaldare edifici residenziali mono o plurifamiliari, con potenze a partire da 5 kW termici.

[18] http://www.empa.ch/plugin/template/empa/942/30318/---/l=2/changeLang=true/lartid=30318/orga=/type=/theme=/bestellbar=/new_abt=/uacc=

Le caldaie a cippato sono dotate di un sistema di alimentazione automatico, che preleva il combustibile da un serbatoio o magazzino. Laddove possibile, conviene adibire a serbatoio locali interrati, confinanti con il locale caldaia, per facilitare lo scarico del materiale dai camion di trasporto, secondo lo schema mostrato in Figura 22.

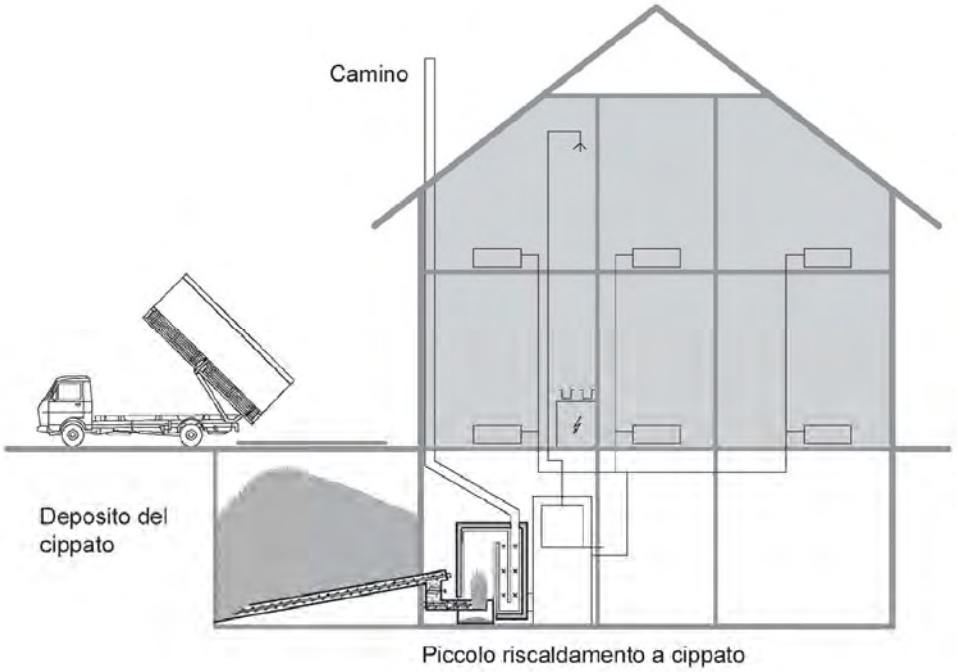


Figura 22 Caldaia a cippato con alimentazione automatica che riscalda l'intero edificio.

Le tecnologie delle caldaie moderne consentono inoltre di utilizzare il cosiddetto "cippato verde", cioè il cippato umido proveniente direttamente dal bosco. Sebbene questa forma di cippato si caratterizzi per un minore potere calorifico, poiché parte del calore prodotto viene utilizzato per far evaporare l'umidità presente nel legno, essa risulta più conveniente poiché non richiede stagionatura, con conseguente risparmio degli spazi di stoccaggio e possibilità di taglio e lavorazione del legname in funzione dell'effettiva domanda di mercato.

Proprio su questa forma del legno punta in questi anni il Cantone Ticino[19], per la realizzazione di una serie di centrali di teleriscaldamento di grandi dimensioni;

- **Pellet:** sono piccoli cilindri della lunghezza di circa 1 cm, risultanti dalla compressione degli scarti di segatura dell'industria della lavorazione del legno, opportunamente disidratati. In virtù del processo di compressione ed essiccazione, sono caratterizzati da un potere calorifico fino a 2 volte superiore a quello della legna da ardere in pezzi e a parità di energia termica prodotta richiedono pertanto un volume di stoccaggio pari alla metà. Anche le caldaie a pellet sono dotate di un sistema di alimentazione automatico, attraverso il prelievo da un serbatoio o magazzino. La sostituzione di impianti tradizionali con impianti alimentati a pellet non richiede un intervento integrale sull'impianto, ma solo la sostituzione della caldaia. In alcuni casi è anche possibile recuperare l'eventuale serbatoio dell'olio combustibile e trasformarlo in serbatoio per i pellet. In altri casi, per impianti di piccole dimensioni atti al riscaldamento di abitazioni monofamigliari, possono essere utilizzati serbatoi in tessuto, caratterizzati da installazione rapida e semplice. A fronte di tali benefici positivi, occorre comunque considerare che il processo di produzione dei pellet richiede

[19] http://www.ti.ch/dt/da/SF/Temi/Energia-Legno/doc/dati_4-2007.pdf

una certa quantità di energia (energia grigia), che varia in funzione del grado di umidità della materia prima e mediamente si situa tra l'1,3 % e il 2,7 % del loro potere calorifico.

Pellet

Cippato

Legna da ardere in ciocchi

Figura 23 Le possibili forme con cui si presenta la legna da ardere.

Per quanto concerne i costi del combustibile, stime relative al 2007 elaborate dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) mostrano i seguenti valori:

Legna da ardere	0-13 €/q
Cippato	3-12 €/q
Pellet	20-35 €/q

A confronto con i combustibili fossili, si può stimare che 2 kg di pellet producano energia termica per un quantitativo di olio combustibile pari a 1 l e che un volume di 1 m^3 di pellet sia equivalente a circa 320 l di olio combustibile, che sono stoccati in un volume pari a circa 0.5 m^3.

Il mercato del pellet è in forte crescita, con conseguente aumento dei prezzi, che rimangono tuttavia competitivi con quelli dell'olio combustibile. Se il prezzo dell'olio combustibile **è pari a circa 1.5 €/litro, considerando un costo medio per il pellet pari a 25 €/q, si può stimare che 0.5 € investiti in pellet forniscano lo stesso quantitativo di energia di 1.5 € investiti in olio combustibile.**

Quale vantaggio non trascurabile, l'energia termica prodotta con i pellet costa pertanto **solo un terzo** dell'olio combustibile; se paragonate ai combustibili fossili, le altre forme della legna da ardere (pezzi, cippato) presentano quindi margini ancora più significativi.

Per quanto riguarda i volumi necessari a fini di riscaldamento, si possono considerare le stime mostrate nella Tabella 10.

Tabella 10 Consumi medi annui per riscaldamento di edifici-tipo [fonte: Associazione per l'energia del legno della Svizzera Italiana, AELSI].

	Potenza termica caldaia [kW]	Consumo annuo di cippato [m^3]
Singolo locale	1 – 2	5 – 8
Casa mono-famigliare di 5 locali, ben isolata termicamente	4-8	10 – 20
Casa mono-famigliare di 5 locali, poco isolata termicamente	10-20	25 - 50

4.2.2 Incentivi, agevolazioni e aspetti economici

Ai sensi del DM 11 marzo 2008, che ha regolamentato il meccanismo di incentivazione per l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici (cfr. paragrafo 3.3.2) attraverso detrazioni fiscali, per interventi di trasformazione totale degli impianti di riscaldamento invernale di un edificio con impianti alimentati a biomassa, è garantita la possibilità di accesso alla detrazione del 55%, purché siano rispettati alcuni requisiti di prestazione (indice di consumo energetico, rendimento nominale minimo, emissioni in atmosfera). In questo caso, le spese sostenute sono detraibili fino a un massimo di 100'000 €, corrispondenti ad un valore massimo di spesa pari a circa 182'000 € (181'800, il cui 55% è pari a 100'000 €).

Si noti che, a causa delle modalità di calcolo dell'indice di consumo energetico, la detrazione è difficilmente ottenibile se si sostituisce l'impianto di riscaldamento con caldaie a biomassa in una singola unità abitativa che fa parte di un più ampio complesso residenziale. Le detrazioni **non** sono inoltre concesse per l'installazione di termo cucine, camini, termo camini, stufe e stufette.

Poiché alle detrazioni fiscali specificamente rivolte all'aumento di efficienza energetica possono inoltre generalmente essere aggiunte anche le detrazioni fiscali del 36% per interventi di risanamento di appartamenti e stabili condominiali, la sostituzione di impianti di riscaldamento con impianti alimentati a legna risulta effettivamente interessante.

In ragione della convenienza economica della fase di gestione, nonché delle agevolazioni fiscali introdotte a livello nazionale, si ritiene che la tecnologia della legna sia già sufficientemente appetibile per una diffusione alle singole utenze private, anche in assenza di ulteriori politiche incentivanti attivate livello comunale. A livello comunale potrebbe invece essere interessante la promozione di impianti su scala medio-grande abbinati a reti di teleriscaldamento, da applicarsi in ambiti di nuova trasformazione. A tale scopo, potrebbero essere introdotte condizioni di favore sugli oneri di urbanizzazione in sede di rilascio del permesso di costruire.

Nelle zone densamente edificate come i nuclei o i quartieri popolari, laddove in una superficie relativamente contenuta vi è un'elevata richiesta di calore, sarebbe inoltre opportuno realizzare reti di teleriscaldamento. In tali ambiti le opere di scavo e posa delle reti risultano tuttavia molto più complesse e costose, pertanto è più probabile che questo tipo di impianti sia realizzato in contesti di nuova edificazione.

4.2.3 Analisi del potenziale per lo sviluppo di una filiera bosco-legno-energia a Besozzo

Stime effettuate a livello regionale, coerenti con analoghe proiezioni sviluppate da altre nazioni alpine, mostrano che la disponibilità della risorsa "bosco", correttamente gestita, consentirebbe di triplicare la

quantità di legna utilizzabile a fini di riscaldamento, senza intaccare la capacità produttiva del bosco o la disponibilità di legname pregiato per altri usi (cfr. Tabella 11).

Tabella 11 Stime dell'associazione italiana biomassa (ITABIA, Italian Biomass Association), per l'intera nazione, circa la disponibilità di biomassa e l'utilizzo effettivo quale legna da ardere.

Tipologia di bosco	Legna da ardere prodotta (Milioni di tonnellate)	Disponibilità di biomassa (Milioni di tonnellate)
Fustaie di conifere	180	400
Fustaie di latifoglie	1'000	3'200
Cedui semplici e composti	3'200	9'600
Totale Italia	4'380	13'200

In questo contesto, si è ritenuto di estremo interesse effettuare una verifica delle potenzialità di sviluppo di una filiera bosco-legna-energia nel Comune di Besozzo.

La cartografia vettoriale comunale che riporta la copertura del suolo consente di ricavare l'estensione della superficie boschiva sul territorio di Besozzo, pari a circa 434 ettari (cfr. Figura 24). I dati contenuti nella banca dati cartografica DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali) della Regione Lombardia attribuiscono alle aree boschive della regione la tipologia di "latifoglie a media e alta densità". Per una analisi più approfondita è possibile riferirsi alla cartografia predisposta nell'ambito del processo di elaborazione del Piano d'Indirizzo Forestale (P.I.F.) della Provincia di Varese, che si caratterizza per una scala di maggior dettaglio rispetto al DUSAF. Essa individua complessivamente 474 ettari boschivi, nei quali prevale nettamente l'essenza "robinia", in combinazione con essenze pregiate quali rovere, frassino e castagno, confermando la macro-categoria "latifoglie" individuata dal DUSAF. La Figura 24 e la Tabella 12 riportano in dettaglio la localizzazione delle aree boschive, la loro tipologia e l'estensione superficiale.

Tabella 12 Superficie boschiva, per tipologia di bosco, secondo la proposta di P.I.F. della Provincia di Varese [2009].

	Superficie boschiva [ettari]
Robinieto misto in evoluzione a querceto di rovere e/o farnia del pianalto	187.5
Robinieto misto in evoluzione a querco-carpineto d'alta pianura	116.5
Aceri frassineto tipico	66.5
Robinieto misto in evoluzione a querceto di rovere dei substrati carbonatici dei suoli mesici	27.5
Castagneto delle cerchie moreniche	23
Robinieto misto in evoluzione ad alneto di ontano nero d'impluvio	19.5
Robinieto puro	17
Querceto delle cerchie moreniche occidentali	12.3
Foreste alluvionali di Alnus glutinosa e Fraxinus	2.5
Querceto di farnia e rovere subatlantico e dell'Europa Occidentale	2
Robinieto misto	0.05
Totale	474.35

In merito a tali essenze, il P.I.F. segnala la maggiore idoneità della robinia all'utilizzo quale legna da ardere, preferendo invece per il castagno e l'acero, essenze più pregiate, rispettivamente l'utilizzo quale legname da opera e da falegnameria. Nella stima del potenziale di produzione di legna da ardere occorrerebbe dunque isolare le robinie. Considerando tuttavia che nel Comune di Besozzo non è sviluppata l'attività di sfruttamento del bosco per produzione di legname da opera, questa prima stima viene effettuata includendo tutto il patrimonio boschivo presente sul territorio comunale.

Per una indicazione della produttività del bosco, è possibile riferirsi ai dati degli inventari forestali nazionali: è stato recentemente pubblicato (maggio 2009) l'aggiornamento relativo all'Inventario Nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio (INFC) [20], a cura del Corpo Forestale dello Stato, che descrive in termini quantitativi le caratteristiche del bosco per ciascuna regione italiana, riportando anche i dati di accrescimento per le principali tipologie di essenza. Per le essenze rilevate dal P.I.F. sul territorio comunale, tali dati possono essere sintetizzati come in Tabella 13.

Tabella 13 Accrescimento medio dei boschi di Lombardia, rilievi 2005-2006 [fonte: INFC – I caratteri quantitativi, 2009].

	Incremento annuo di volume [m^3/ettaro]
Querceti di rovere, roverella e farnia	3.2
Ostrieti--carpineti	2.6
Castagneti	7.2
Boschi igrofili (salice, ontano)	5.5
Altri boschi caducifogli	4.7
Valore medio boschi di Lombardia	5

Si noti che tali valori non si discostano troppo da quanto rilevato dall'Inventario Forestale Nazionale Svizzero (www.lfi.ch) per il Cantone Ticino, i cui boschi sono molto simili a quelli degli ambiti prealpini della provincia di Varese. Le stime più recenti, relative al periodo di monitoraggio 2004-2006 (terzo ciclo di rilievi, IFN3), riportano un valore medio d'incremento medio del bosco ticinese pari a 4.7 m^3/ettaro per anno.

[20] http://www.sian.it/inventarioforestale/doc/INFC_I%20caratteri%20quantitativi_maggio_2009.pdf

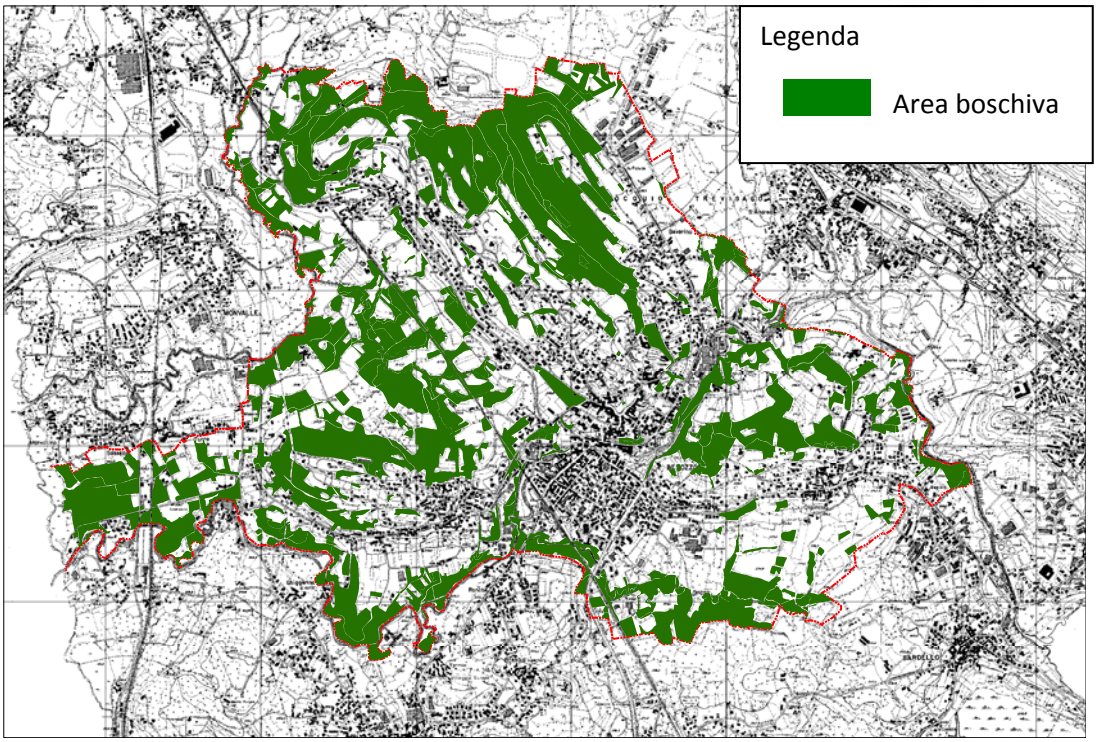


Figura 24 Estensione della superficie boschiva nel territorio comunale [fonte: cartografia "Uso dei suoli" derivata dall'interpretazione delle ortofoto del 2003, fornita da Studio Associato Mazzucchelli – Pozzi – Mazzucchelli,].

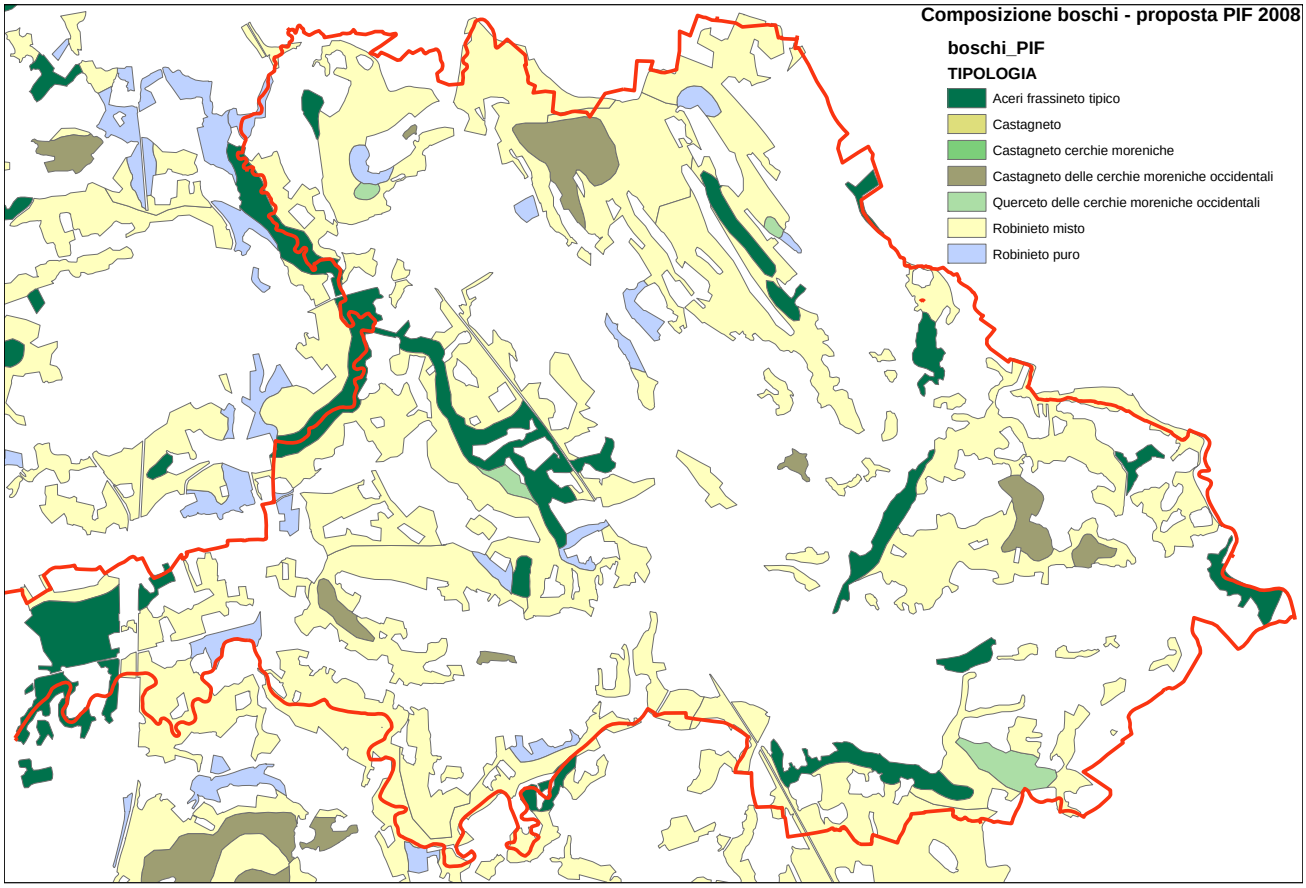


Figura 25 Tipologie di essenza della superficie boschiva (in rosso il confine comunale) [estratto da proposta di Piano d'Indirizzo Forestale, Provincia di Varese, 2008].

E' possibile applicare i tassi di accrescimento annuo alle tipologie di bosco presenti sul territorio comunale, effettuando le equiparazioni che seguono:

Tabella 14 Stima incremento annuo di volume, per essenza boschiva.

Essenza boschiva secondo P.I.F.	Stima Incremento annuo di volume [m^3/ettaro]	Essenza boschiva secondo INFC
Robinieto misto in evoluzione a querceto di rovere e/o farnia del pianalto	4 [valore medio tra querceti di rovere e farnia (3.2) e altri boschi caducifoglie (4.7)]	Querceti di rovere, roverella e farnia
Robinieto misto in evoluzione a querceto di rovere dei substrati carbonatici dei suoli mesici		
Querceto delle cerchie moreniche occidentali	3.2	
Querceto di farnia e rovere subatlantico e dell'Europa Occidentale		
Robinieto misto in evoluzione a querco-carpineto d'alta pianura	3.7 [valore medio tra ostrieti-carpineti (2.6) e altri boschi caducifoglie (4.7)]	Ostrieti--carpineti
Castagneto delle cerchie moreniche	7.2	Castagneti
Robinieto misto in evoluzione ad alneto di ontano nero d'impluvio	5 [valore medio tra boschi igrofili (5.5) e altri boschi caducifoglie (4.7)]	Boschi igrofili (salice, ontano)
Robinieto puro	4.7	Altri boschi caducifoglie
Robinieto misto		
Aceri frassineto tipico		
Foreste alluvionali di Alnus glutinosa e Fraxinus		

Sulla base di tali valori è possibile stimare il volume di legname annualmente prodotto dalle superfici boschive presenti sul territorio comunale:

Tabella 15 Stima dell'incremento annuo di volume di legname prodotto dalle aree boschive del Comune di Besozzo.

Essenza boschiva secondo P.I.F.	Superficie boschiva [ettari]	Stima Incremento annuo di volume [m^3/ettaro]	Stima incremento annuo di volume [m^3]
Robinieto misto in evoluzione a querceto di rovere e/o farnia del pianalto	187.5	4 [valore medio tra querceti di rovere e farnia (3.2) e altri boschi caducifoglie (4.7)]	750
Robinieto misto in evoluzione a querceto di rovere dei substrati carbonatici dei suoli mesici	27.5		110

Querceto delle cerchie moreniche occidentali	12.3	3.2	39.36
Querceto di farnia e rovere subatlantico e dell'Europa Occidentale	2		6.4
Robinieto misto in evoluzione a querco-carpineto d'alta pianura	116.5	3.7 [valore medio tra ostrieti-carpineti (2.6) e altri boschi caducifoglie (4.7)]	431.05
Castagneto delle cerchie moreniche	23	7.2	165.6
Robinieto misto in evoluzione ad alneto di ontano nero d'impluvio	19.5	5 [valore medio tra boschi igrofili (5.5) e altri boschi caducifoglie (4.7)]	97.5
Robinieto puro	17	4.7	79.9
Robinieto misto	0.05		0.235
Aceri frassineto tipico	66.5		312.55
Foreste alluvionali di Alnus glutinosa e Fraxinus	2.5		11.75
Totale	**474.35**	**---**	**2'004**

Le stime effettuate mostrano dunque un potenziale di accrescimento del volume di legna disponibile pari a circa 2'000 m^3/anno.

Anche ipotizzando di poterlo sfruttare nella sua interezza, cosa che richiederebbe comunque infrastrutture forestali probabilmente più sviluppate di quelle attuali, occorre considerare che una frazione significativa di tale legname sarà utilizzata quale legname da opera e non potrà essere destinato alla produzione di energia. Stime della Sezione Forestale del Cantone Ticino, che si ritiene possano essere ragionevolmente applicate a tutto il contesto prealpino, mostrano che mediamente 2/3 del legname annualmente tagliato sono utilizzati come legna da ardere, mentre 1/3 è utilizzato come legname da opera: si può dunque stimare che il potenziale di produzione di legname per energia del Comune di Besozzo sia pari a 1'300 – 1'500 m^3 all'anno.

Questi valori non sono sufficienti a consentire lo sviluppo di una filiera bosco-legno-energia sul solo territorio comunale; se fossero disponibili operatori locali interessati alla gestione del bosco e alla produzione di legna da ardere, a titolo dimostrativo si potrebbe valutare eventualmente la possibilità di realizzare un piccolo impianto alimentato a legna locale per un edificio di proprietà comunale. Probabilmente più promettente per l'Amministrazione Comunale, volendo avviare la realizzazione di centrali di dimensioni maggiori o comunque volendo promuovere gli impianti di riscaldamento a legna, potrebbe essere la possibilità di **avviare contatti con le comunità montane limitrofe, in particolare la Valcuvia**, che in passato si è attivata per lo sviluppo della filiera del bosco, al fine di contribuire allo sviluppo della filiera bosco-legna-energia e di garantire la presenza di un mercato locale per l'approvvigionamento della risorsa legno.

4.2.4 Case history

L'evoluzione degli impianti alimentati con legna ha segnato un progressivo passaggio da piccoli riscaldamenti a centrali di medie e grandi dimensioni che offrono tutte le comodità dei classici impianti funzionanti con energie fossili, come pure garanzie di qualità per ciò che concerne l'impatto sull'ambiente.

Molte sono le realtà innovative legate all'energia del legno, si citano ad esempio Losanna e Sachseln in Svizzera e Tirano in Italia.

Un esempio significativo viene dal **Comune di Coldrerio (Cantone Ticino**), che ha deciso di realizzare una **centrale termica di quartiere con rete di teleriscaldamento** alimentata a cippato, in una zona servita dal gas metano, in sostituzione degli impianti obsoleti di riscaldamento a olio e a gas di diversi edifici comunali situati in un raggio di alcune centinaia di metri. La centrale è stata inaugurata il 2 febbraio 2008 ed alimenta 6 edifici, come mostrato nella Figura 26.

Figura 26 Mappa della rete di teleriscaldamento della centrale termica di Coldrerio [fonte: SvizzeraEnergia].

A parte il vano di accesso, la centrale termica è completamente interrata e invisibile dall'esterno (cfr. Figura 27). Essa è stata realizzata in posizione centrale rispetto agli stabili comunali da riscaldare ed è composta da una caldaia a cippato completamente automatica da 550 kW, abbinata ad una caldaia a gas ausiliaria da 126 kW: la caldaia a gas, precedentemente impiegata quale riscaldamento delle scuole dell'infanzia, copre le punte di fabbisogno termico e i periodi di basso consumo.

La caldaia a cippato, affiancata da un filtro elettrostatico che consente l'abbattimento delle polveri ben oltre i limiti di legge, è in grado di utilizzare combustibile con un alto tenore di acqua, fino al 60% (cippato verde). Si ipotizza pure un parziale impiego della parte legnosa derivante dalla raccolta del verde urbano. Al fine di favorire un ritorno economico sull'economia locale, l'approvvigionamento di cippato è messo a concorso tra le aziende ed imprese forestali della zona.

Figura 27 La parte visibile della centrale di teleriscaldamento [fonte: SvizzeraEnergia].

Le caratteristiche tecniche dell'impianto e i relativi costi sono sintetizzati in Tabella 16 e 17. Si sottolinea che l'impianto ha potuto usufruire di un incentivo erogato dal Cantone Ticino per impianti di riscaldamento a legna con potenza > 200 kW e rete di teleriscaldamento per almeno tre edifici indipendenti.

Tabella 16 Le caratteristiche tecniche dell'intervento [fonte: SvizzeraEnergia]

Funzione	Riscaldamento + acqua calda sanitaria (per alcuni degli edifici)
Edifici riscaldati	Palazzo comunale, Scuole elementari, Centro polivalente, Palestra, Spogliatoio campo di calcio, Scuola materna. Superficie totale riscaldata: 5'885 m^2
Proprietario	Comune di Coldrerio
Fabbisogno complessivo di calore	Ca. 825'000 kWh di energia termica all'anno (eq. a ca. 82'500 litri di olio combustibile) di cui ca. 80% prodotti con il cippato (ca. 1'100 m^3 di cippato all'anno, , equivalenti a 400 m^3 di legname) e ca. 20% prodotti con il gas (ca. 7'300 m^3 / anno)
Potenza nominale caldaia cippato	550 kW
Volume utile serbatoio cippato	100 m^3 (volume lordo: 120 m^3)
Potenza nominale sistema ausiliario (gas)	126 kW

Tabella 17 Indicazione dei costi dell'intervento [fonte: Svizzera Energia]

	Costo IVA esclusa [€]
Opere civili	253'648
Impianti elettromeccanici	458'824
Elettrofiltro per il particolato	64'408
Altre opere e finiture	16'600
Onorari totali	138'112
Investimento tot. centrale + teleriscaldamento	**1'001'976**
Aiuto finanziario cantonale TI	**228'416**
Investimento netti a carico del Comune	**773'560**

La realizzazione di **centrali termiche con reti di teleriscaldamento** in quartieri a media densità abitativa presenta il vantaggio di poter sostituire, con un unico grande impianto, decine di installazioni di piccole

dimensioni spesso obsolete e consente inoltre di avere un più efficacie controllo sulle emissioni e i rifornimenti.

Un altro esempio è la centrale a cippato realizzata nel 1998 nella cittadina di **Sachseln**, nella **Svizzera centrale (Cantone Obwaldo)**, in sostituzione di due impianti di riscaldamento scolastici alimentati a olio combustibile. Al fine di coordinare la costruzione e la gestione della centrale e della rete di teleriscaldamento a essa associata, nel 1997 è stata creata un'apposita società comunale, ancora oggi incaricata della gestione. La rete, ancora in continua espansione, si estende per circa 4'000 metri e il calore prodotto è fornito a 44 edifici privati e 5 edifici pubblici. La centrale, della potenza nominale di 1'600 kW termici e dotata di un serbatoio per il cippato con un volume pari a 600 m^3, è affiancata da un accumulatore di calore, che, con un volume di circa 40'000 litri, garantisce la disponibilità di calore. Per le situazioni di emergenza, è rimasta comunque in funzione una della due centrali a olio combustibile inizialmente al servizio delle scuole.

L'impianto è alimentato da legna da ardere proveniente dai boschi della regione e da legname derivante da scarti dei lavori forestali (ramaglie), residui di lavorazione delle segherie e fenomeni di dissesto idro-geologico (valanghe, esondazioni, frane).

In sostituzione della caldaia, gli edifici allacciati alla rete di teleriscaldamento sono dotati di uno scambiatore di calore che alimenta il fluido del circuito di riscaldamento. Questo consente di recuperare interi locali nell'edificio, ad esempio precedentemente adibiti a locali tecnici. Vi è inoltre un contatore per la contabilizzazione del calore utilizzato, che viene fornito ad un costo di circa 8.5 cts di CHF/kW (dato riferito al 2003). Oltre al lato prettamente economico, il grande vantaggio per l'utente concerne gli aspetti legati alla manutenzione: egli non deve ad esempio più preoccuparsi di controlli e stato di funzionamento della caldaia, perché tutte le operazioni sono a carico dell'ente gestore dell'impianto. Per chi precedentemente scaldava a gasolio, non sussiste inoltre più la necessità di dover seguire l'andamento dei prezzi di mercato per acquistare il combustibile al minor costo possibile.
La Tabella 18 riporta una sintesi delle caratteristiche del progetto.

Tabella 18 Le caratteristiche tecniche dell'intervento [fonte: Svizzera Energia].

Edifici riscaldati	44 edifici privati (ca. 125 appartamenti) e 5 edifici pubblici (3 scuole, 2 palestre, chiesa, casa comunale)
Lunghezza rete di teleriscaldamento	ca. 4'000 m
Fornitura complessiva di calore	ca. 3'000'000 kWh di energia termica all'anno
Tipo di legna utilizzata	cippato (truciolato) di legna naturale, anche umido
Fabbisogno di combustibile e volume silos	ca. 5'000 m^3 di cippato di legna all'anno, silos 600 m^3
Produzione del calore	caldaia a legna di potenza nominale 1'600 kW (con legna 100% di umidità atro) + caldaie a olio di emergenza (2 x 470 kW, anno 1965, pre-esistenti)
Costo installazione	Centrale termica 2'588'000.- CHF., rete di teleriscaldamento 1'535'000.- CHF.
Aiuti finanziari	275'000 CHF circa
Quantità equivalente di olio combustibile e CO_2 risparmiato	ca. 300'000 litri di olio combustibile all'anno, 810 t di CO_2 in meno di emissioni

La legna può essere utilizzata anche in **centrali a cogenerazione con rete di teleriscaldamento**: in questo caso la biomassa viene utilizzata sia per la produzione di energia elettrica che di calore. Citiamo quali

esempi gli impianti sviluppati in Valtellina, Valchiavenna e Valcamonica, dove, in attuazione di un'articolata filiera bosco-legno-energia, sono oggi operative tre centrali a cogenerazione alimentate a cippato, affiancate da estese reti di teleriscaldamento. Per impianti di dimensioni comprese tra 0.5 e 2 MWel, la tecnologia più adatta è quella del ciclo Rankine a fluido organico (Organic Rankine Cycle), caratterizzata da costi di manutenzione contenuti, funzionamento automatizzato che non richiede l'intervento di personale, ed elevata efficienza elettrica.

Attiva dal 2003, la **centrale di Tirano** è quella in esercizio da più tempo[21]. L'impianto a cogenerazione fornisce annualmente ca. 7'500 MWh di elettricità (potenza elettrica nominale: 1.1 MWel) e 33'000 MWh di calore (potenza nominale caldaie: 20MW), distribuiti attraverso una rete di teleriscaldamento di 21 km. Tale centrale necessita di una quantità di legname combustibile pari a 70'000 – 85'000 m^3/anno [fonte: Società Teleriscaldamento - Cogenerazione Valcamonica, Valtellina, Valchiavenna]. Il costo d'investimento dell'impianto è stimabile, in prima approssimazione, a circa 3 Mio CHF, pari a circa 2 Mio € (tale cifra non include il costo di allestimento della rete di teleriscaldamento).

Realizzare un impianto con le medesime caratteristiche a Besozzo permetterebbe di coprire ca. il 60% del fabbisogno annuale di elettricità delle 3'645 famiglie residenti nel Comune [cfr. pagina 32]. La disponibilità stimata di legname indigeno (1'300 – 1'500 m^3) quale legna da ardere è tuttavia ben lungi dal poter soddisfare le esigenze di approvvigionamento di un impianto simile. È quindi doveroso riflettere sul fatto che per il Comune realizzare una centrale a cogenerazione di medie dimensioni comporterebbe necessariamente il dover prendere in considerazione la disponibilità di legna in commercio (proveniente da altri ambiti territoriali). L'importazione mette tuttavia in discussione i concetti di filiera bosco-legno-energia e indotto economico locale e di approvvigionamento energetico indipendente; inoltre, con l'aumentare delle distanze crescono i costi di trasporto del materiale e soprattutto i costi esterni ambientali (emissioni atmosferiche dovute al trasporto del legname, prevalentemente effettuato su gomma). Per questi motivi, l'eventuale realizzazione di un impianto di questo tipo avrebbe senso solo nell'ambito di una ampia collaborazione con le limitrofe Comunità Montane intenzionate a sviluppare la filiera bosco-legno-energia.

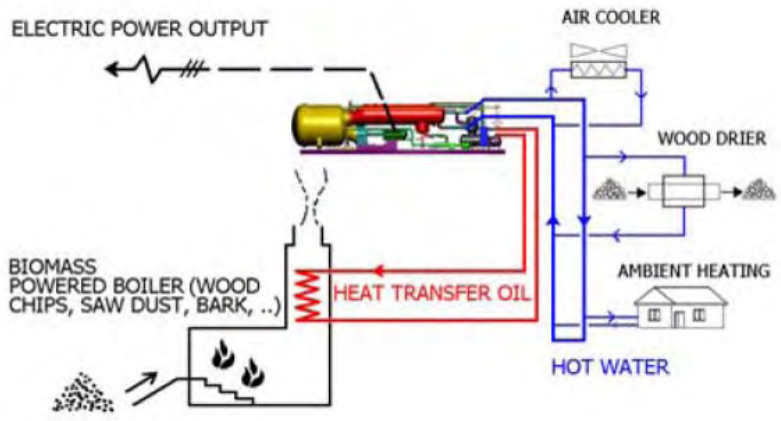


Figura 28 Schema d'impianto per una centrale elettrica di cogenerazione alimentata a biomassa [fonte: *Operational results of the first biomass chp plant in Italy, based on an organic Rankine cycle turbogenerator and overview of a number of plants in operation in Europe since 1998*, Bini et al., Congresso Mondiale sulle biomasse, Roma, 2004].

[21] Per informazioni di dettaglio, si veda www.teleriscaldamento.valtline.it.

4.3 Energia dall'acqua

Il ricorso all'energia potenziale racchiusa nell'acqua trova le sue applicazioni già secoli addietro e in particolare con i mulini ad acqua, che sfruttavano la "forza" di questo elemento per compiere lavoro.

La tecnologia in campo idroelettrico è attualmente giunta a piena maturità e non si attendono in questo settore mutamenti consistenti: nei paesi europei l'uso industriale della risorsa idrica, dopo quasi due secoli di sfruttamento, ha infatti quasi raggiunto il suo potenziale tecnico. In Italia, la prima metà del secolo scorso ha visto la realizzazione di numerosi impianti idroelettrici, soprattutto di grandi dimensioni, che ancora oggi contribuiscono per oltre il 10% alla produzione elettrica complessiva (2007, GSE).

Esistono comunque delle potenzialità di impiego della risorsa idroelettrica su scala ridotta, che interessano quindi realtà più piccole e mirano a soddisfare un uso dell'energia elettrica diverso da quello tipicamente industriale. È ad esempio il caso dell'utilizzo dei salti d'acqua sugli acquedotti (una parte dell'energia impiegata per il pompaggio dell'acqua viene recuperata in fase di caduta) o delle piccole turbine (da pochi kW a poche decine di kW, posizionate su torrenti, canali di irrigazione o di bonifica e asservite all'alimentazione di realtà locali). In Italia come in molti altri paesi sono stati realizzati innumerevoli impianti di questo tipo, che negli anni sono poi stati dismessi e abbandonati. È proprio quindi nel recupero degli impianti in disuso e nell'interesse crescente per le applicazioni idrauliche di piccola e piccolissima taglia, che si apre una nuova epoca per l'idroelettrico, in questo contesto, la Svizzera ha ad esempio allestito un programma per le piccole centrali idrauliche (www.smallhydro.ch).

Figura 29 Esempi di piccoli impianti idroelettrici in fase di recupero (a sinistra, comune di Tovo San Giacomo, Liguria) o recentemente recuperati (Repubblica Ceca).

Le moderne **turbine idrauliche** presenti oggi in commercio, disponibili in una vastissima gamma di taglie e modelli, consentono di produrre energia elettrica utilizzando basse portate e dislivelli anche solo di pochi metri.

La classificazione per taglie qui proposta rispecchia quella comunemente accettata e codificata a livello internazionale:

- Micro idroelettrico (fino a 100 kW)
- Mini idroelettrico (da 100 kW a 1 MW)
- Piccolo idroelettrico (da 1 MW a 10 MW)
- Idroelettrico di grande taglia (oltre i 10 MW)

Oltre ad essere caratterizzate da un basso impatto ambientale, le prime due categorie (micro e mini idroelettrico) rappresentano soprattutto opportunità di investimento per privati cittadini, comunità ed enti locali, nell'ottica di una produzione decentralizzata dell'energia elettrica.

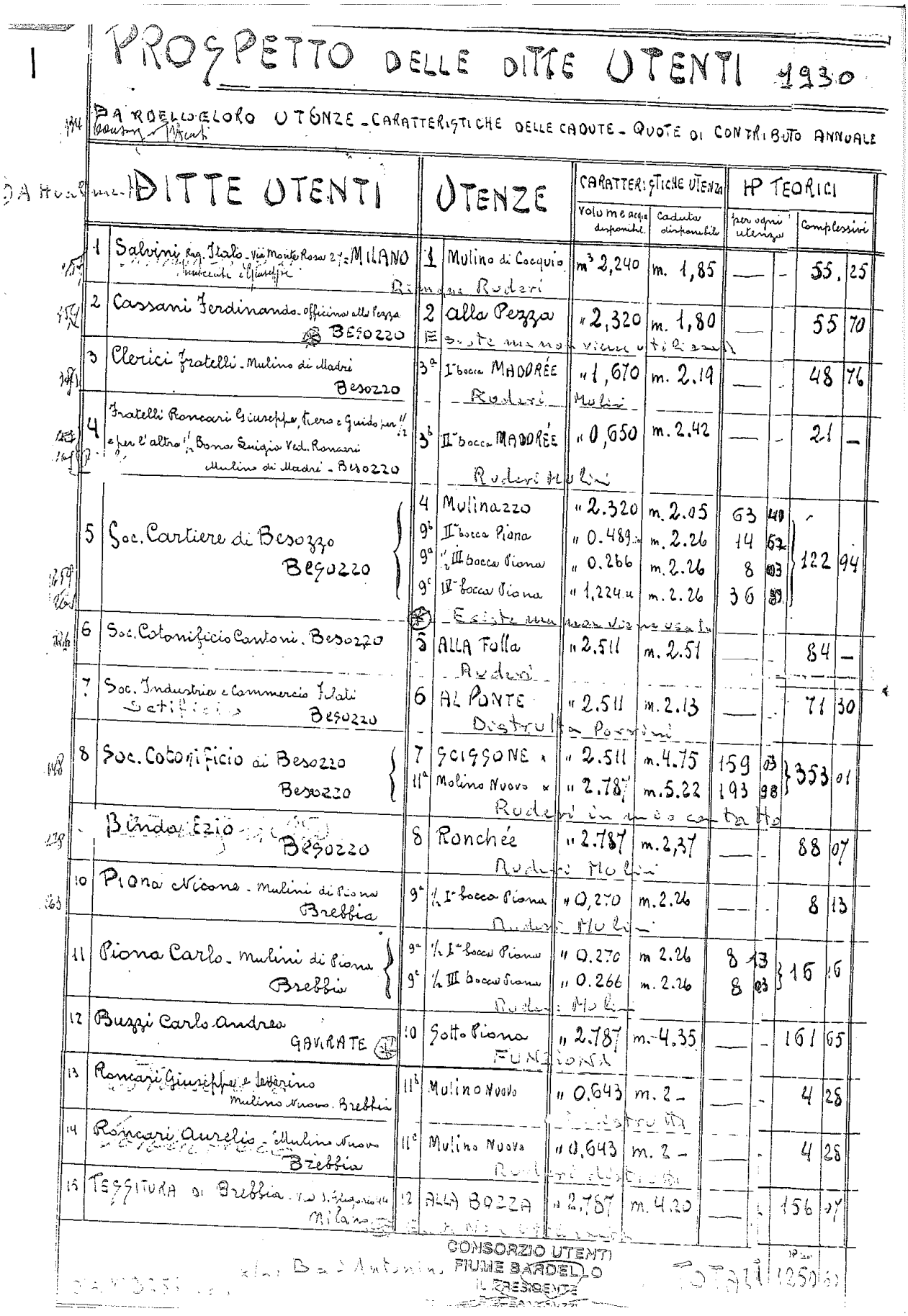
Le tematiche toccate dalla realizzazione e dalla gestione di un impianto idroelettrico sono molteplici e comprendono aspetti tecnici, finanziari, ambientali e di natura economica. Sebbene infatti l'energia idrica sia rinnovabile e non responsabile di emissioni di gas a effetto serra, essa ha comunque direttamente o indirettamente un impatto sull'ambiente, in particolare sulla fauna ittica e più in generale sugli ecosistemi delle ripe fluviali. La produzione di energia idrica è sempre più confrontata con interessi divergenti (esigenze per la pesca, per la protezione delle acque e della natura e per il tempo libero) ed è pertanto necessario un approccio interdisciplinare. In questo contesto è interessante citare il marchio di qualità *naturemade star* (nato in Svizzera ma presente in tutta Europa) che fissa esigenze ambientali ed energetiche elevate per quanto concerne gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e propone al contempo soluzioni e sistemi di gestione all'avanguardia (www.naturemade.ch).

4.3.1 Il fiume Bardello e gli impianti di produzione idroelettrica

Il Fiume Bardello nasce come emissario del Lago di Varese, presso il comune di Bardello, a 238 m.s.l.m. Descrivendo un percorso sinuoso lungo 12,1 km con una pendenza media dello 0,4 % e dopo aver raccolto le acque di un modesto numero di affluenti minori, il fiume sfocia nel Lago Maggiore in località Bosco Grande, sul confine tra i comuni di Brebbia e di Monvalle.

Lo sfruttamento delle acque del Bardello a scopo produttivo risale al secolo scorso. Dati forniti dal Consorzio Utenti Fiume Bardello mostrano che nel 1930 le acque erano sfruttate in modo molto intenso: erano infatti stati creati 20 salti idraulici artificiali, sfruttati da 15 ditte manifatturiere. In corrispondenza delle sezioni di prelievo, le portate di concessione delle acque arrivavano fino a 2.78 m^3/s e i salti idraulici fino a 4.35 m.
Le utenze che utilizzavano le acque a scopi di produzione idroelettrica sono riportate nella Tabella 19, accompagnate dall'indicazione dello stato di conservazione dell'impianto, così come indicato dal Consorzio Utenti Fiume Bardello; la Figura 31 riporta la mappa con la localizzazione di tali impianti. Di questi, l'unico oggi ancora in funzione è l'impianto numero 5, di proprietà del rag. Enea Buzzi e localizzato presso la ditta Brebbia Pipe in località Bosco Grosso a Brebbia. L'impianto, attivato nel 1892, è stato costruito per soddisfare esigenze di illuminazione pubblica. A memoria del proprietario, è stato il terzo impianto idroelettrico attivato in Italia e il primo della Provincia di Como, alla quale all'epoca apparteneva il Comune di Brebbia.

L'impianto ha una potenza oraria di circa 120 kW (161 Horse Power, HP) ed utilizza tre turbine di tipo Francis. Esso è alimentato da un canale di adduzione lungo 1'700 m, che convoglia le acque dal fiume Bardello: si tratta di una centrale ad acqua fluente, che non richiede un bacino di accumulazione.



PROSPETTO DELLE DITTE UTENTI 1930

DA ROLLO ELORO UTENZE - CARATTERISTICHE DELLE CADUTE - QUOTE DI CONTRIBUTO ANNUALE

	DITTE UTENTI		UTENZE		CARATTERISTICHE UTENZA		HP TEORICI			
					Volume acque disponibile	Caduta disponibile	per ogni utenza		complessivi	
1	Salvini Rag. Italo - Via Monte Rosa 2 - MILANO (mandante Giuseppe)	1	Mulino di Cocquio	m³ 2,240	m. 1,85	—	-	55	25
2	Cassani Ferdinando - officina alla Pezza BESOZZO	2	alla Pezza	" 2,320	m. 1,80	—	-	55	70
3	Clerici Fratelli - Mulino di Madre BESOZZO	3ª	I^a bocca MADDRÉE	" 1,670	m. 2.19	—	-	48	76
4	Fratelli Roncari Giuseppe, Piero e Guido per ½ e per l'altra ½ Bona Luigia Ved. Roncari Mulino di Madre - BESOZZO	3ª	II^a bocca MADDRÉE	" 0,650	m. 2.42	—	-	21	—
5	Soc. Cartiere di Besozzo BESOZZO	4	Mulinazzo	" 2.320	m. 2.05	63	40	122	94
		9b	II^a bocca Piana	" 0.489	m. 2.26	14	62		
		9a	½ III^a bocca Piana	" 0.266	m. 2.26	8	03		
		9c	IV^a bocca Piana	" 1,224	m. 2.26	36	89		
6	Soc. Cotonificio Cantoni - Besozzo	5	ALLA Folla	" 2.511	m. 2.51	—	-	84	—
7	Soc. Industria e Commercio Italo Setificio BESOZZO	6	AL PONTE	" 2.511	m. 2.13	—	-	71	30
8	Soc. Cotonificio di Besozzo BESOZZO	7	SCIGSONE	" 2.511	m. 4.75	159	03	353	01
		11ª	Molino Nuovo	" 2.787	m. 5.22	193	98		
	Binda Ezio BESOZZO	8	Ronchée	" 2.787	m. 2,37	—	-	88	07
10	Piona Nicone - Mulini di Piona Brebbia	9ª	½ I^a bocca Piana	" 0,270	m. 2.26	—	-	8	13
11	Piona Carlo - Mulini di Piona Brebbia	9ª	½ I^a bocca Piana	" 0.270	m 2.26	8	13	16	16
		9c	½ III bocca Piana	" 0.266	m. 2.26	8	03		
12	Buzzi Carlo Andrea GAVIRATE	10	Sotto Piona	" 2.787	m. 4.35	—	-	161	65
13	Roncari Giuseppe e Lazzarino Mulino Nuovo - Brebbia	11b	Mulino Nuovo	" 0.643	m. 2 -	—	-	4	28
14	Roncari Aurelio - Mulino Nuovo Brebbia	11c	Mulino Nuovo	" 0.643	m. 2 -	—	-	4	28
15	TESSITURA di Brebbia - Via S. Gregorio 44 Milano	12	ALLA BOZZA	" 2,787	m. 4.20	—	-	156	07

CONSORZIO UTENTI FIUME BARDELLO IL PRESIDENTE

TOTALI HP 1250 [illegible]

Figura 30 Le utenze delle acque del fiume Bardello nel 1930 [fonte: Consorzio Utenti fiume Bardello].

Tabella 19 Elenco delle utenze del fiume Bardello che, nel 1930, utilizzavano le acque per produzione idroelettrica [fonte: Consorzio Utenti Fiume Bardello].

Cod.	Ditta utente	Località	Stato impianto	Salto max [m]	Portata max [m^3/s]	Potenza [HP]	Potenza [kW]
1	Cassani Ferdinando Officina alla Pezza (ora Carlo Cassani, produzione levigatrici)	alla Pezza	Esiste ma non viene utilizzato	1.80	2.240	55	41
2	Cartiera di Besozzo (ora società Munksjo)	---	Esiste ma non viene utilizzato	4 punti di prelievo, salto max 2.26	4 punti di prelievo, portata max 2.320	63	47
3	Cotonificio Cantoni (poi copertificio Sonnino)	alla Folla/ Molino Nuovo	Rudere (non esiste più nemmeno il canale di adduzione)	4.15	2.511	84	60
4	Cotonificio di Besozzo	Molino Nuovo	Esiste ma non viene utilizzato	4.75	2.511	159	118
5	Buzzi Carlo Andrea (ora Enea Buzzi, Società Cabella 2000)	Piona	Esiste ed è in funzione	4.35	2.787	159	120
6	Tessitura di Brebbia (ora Tessitura Albini, ex Lanificio Marzotto ed ex Tessitura Clerici – Gallarate)	alla Bozza	Esiste ma non viene utilizzato	4.20	2.585	156	116

Il fiume Bardello è regolato attraverso un sistema di otto paratoie localizzate presso l'uscita dal lago di Varese, quattro delle quali sono dotate di un meccanismo di regolazione automatica. Le caratteristiche idrologiche del fiume, unite alla logica seguita nella regolazione delle paratoie, sono tali che nella stagione estiva la produzione di elettricità è molto bassa (potenza media di 40 kW nei mesi di maggior siccità). L'elettricità prodotta dall'impianto è interamente venduta all'ENEL ed è pagata 0.11 €/kWh (come termine di paragone, si consideri che l'elettricità venduta dall'ENEL ai privati ha un prezzo di circa 0.15 €/kWh). Ciò significa che in estate l'impianto rende poco più di 96 € al giorno, una cifra estremamente modesta, che renderebbe più interessante l'utilizzo in proprio dell'elettricità prodotta, piuttosto che l'immissione nella rete elettrica. L'impianto idroelettrico Buzzi è infatti mantenuto in funzione più per motivi affettivi e dimostrativi che per effettiva redditività economica.

Figura 31 Reticolo idrico; il fiume Bardello attraversa longitudinalmente il territorio comunale. Sono evidenziate le aree oggetto in passato di prelievo idrico a scopo idroelettrico.

Vista dall'esterno, la centrale non è di alcuna interferenza al paesaggio: essa si presenta infatti come un edificio manifatturiero di piccole dimensioni di fine Ottocento. I macchinari, posti al piano terreno dell'edificio, sono ancora oggi mantenuti nel loro aspetto originale (cfr. Figura 34): nel 1988 sono stati effettuati importanti lavori di ristrutturazione dell'impianto, nel rispetto delle caratteristiche tecnico-strutturali dei macchinari originali (l'impianto è vincolato come monumento storico). Le turbine sono invece collocate nel piano interrato mentre i piani superiori sono utilizzati per scopi diversi da quelli di produzione idroelettrica (uffici).

Lo schema impiantistico è quello tipico degli impianti ad acqua fluente riportato in Figura 32.

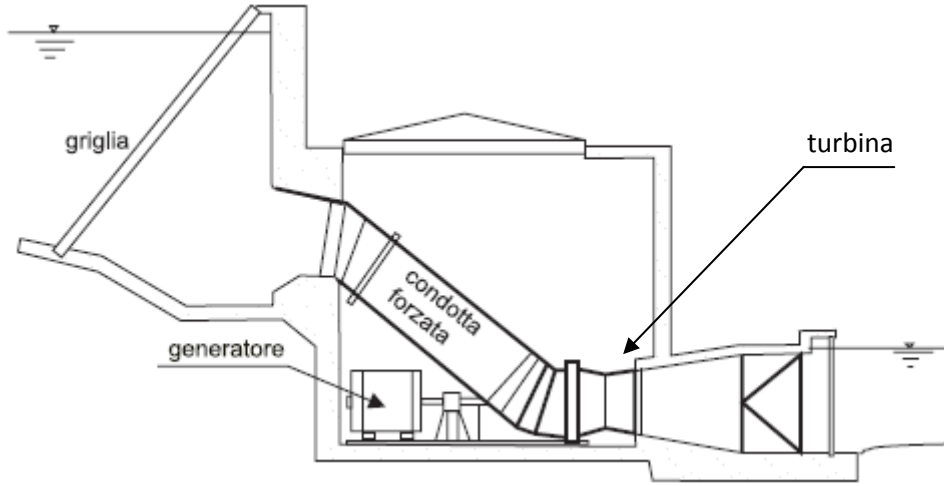


Figura 32 Schema di centrale idroelettrica ad acqua fluente [fonte: Guida all'idroelettrico minore, Commissione Europea, DG XVIII, 1998].

La scelta di preservare la struttura e i macchinari originali comporta qualche limitazione dal punto di vista delle prestazioni (minore efficienza degli impianti), ma soprattutto aumenta in modo significativo la necessità di manutenzione, con conseguente aumento dei costi di gestione dell'impianto.

Figura 33 La centrale vista dall'esterno.

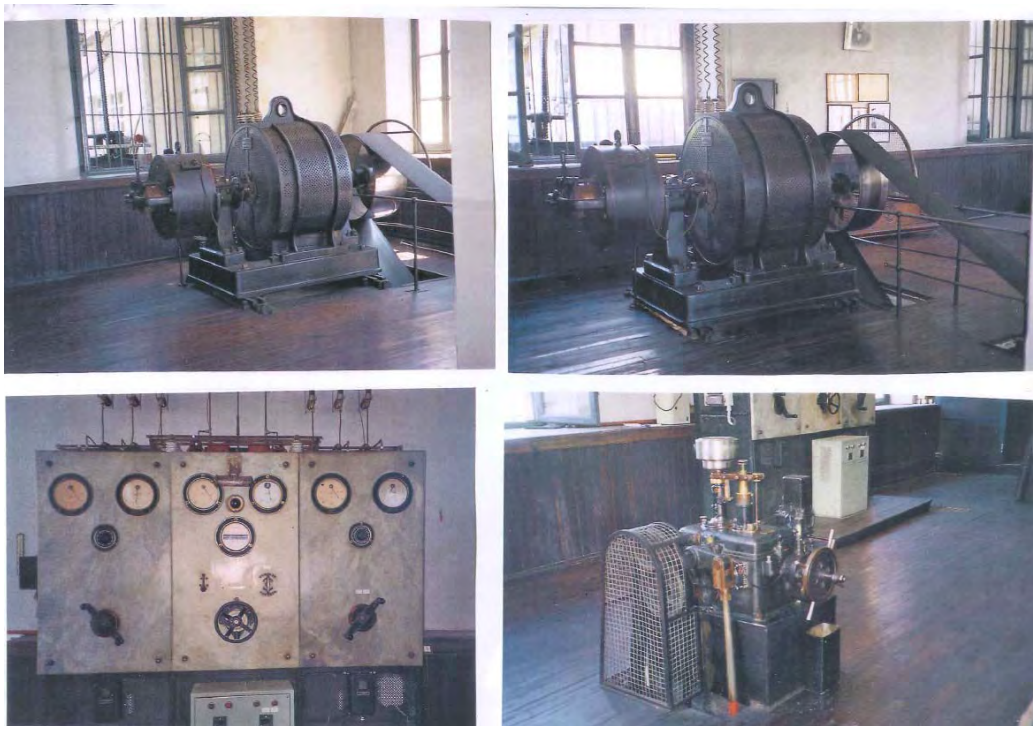


Figura 34 I macchinari siti al piano terreno della centrale idroelettrica localizzata presso Pipe Brebbia: si distinguono l'alternatore, con la cinghia di trasmissione direttamente collegata alla sottostante turbina e il quadro comandi ([fonte: rag. Enea Buzzi].

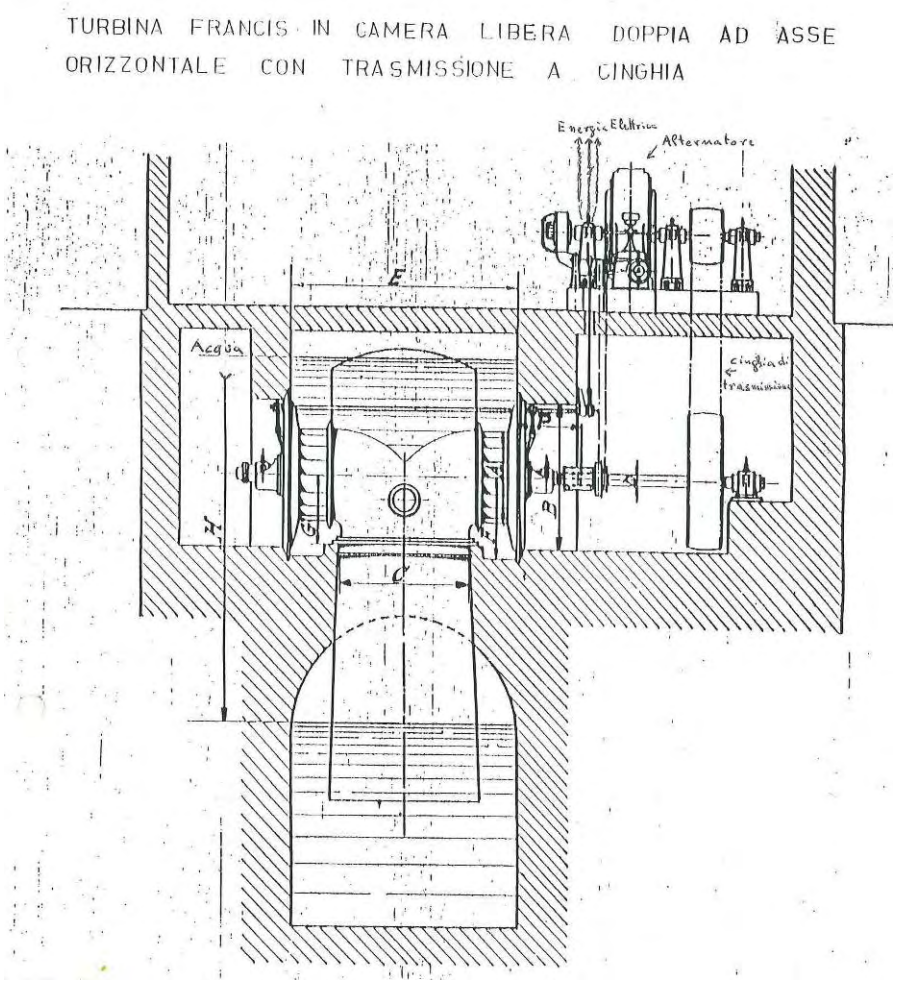


Figura 35 Sezione della centrale che raffigura la bocca del canale di adduzione, la turbina Francis, posta sotto-terra, e l'alternatore, collegato alla turbina dalla cinghia di trasmissione, posizionato al piano terreno. [fonte: rag. Enea Buzzi].

Figura 36 Il tronco terminale del canale di adduzione delle acque del Bardello, presso la centrale Buzzi.

4.3.2 Iter autorizzativo per il micro idroelettrico

Essendo a pieno titolo una fonte di energia rinnovabile, l'idroelettrico beneficia dell'iter procedurale semplificato dell'Autorizzazione Unica, previsto dall'articolo 12 del Dlgs 387/2003.

Nel caso di impianti idroelettrici con potenza non superiore ai 100 kW, la tabella A allegata all'articolo 12 del Dlgs 387/2003 prevede la possibilità che l'Autorizzazione Unica possa essere sostituita da una semplice DIA (Dichiarazione di Inizio Attività), da consegnare all'Ufficio Tecnico del Comune.

In ogni caso, al di là della taglia, l'utilizzo energetico della risorsa idrica richiede normalmente il possesso o il conseguimento di una ***Concessione di derivazione di acque pubbliche superficiali per uso idroelettrico***.

La Concessione ha una durata trentennale ed è quindi temporanea, ma rinnovabile alla scadenza. La normativa italiana (legge n.7/1977) distingue tra:

- "piccole derivazioni", con potenza nominale media inferiore ai 3’000 kW
- "grandi derivazioni", con potenza nominale media superiore ai 3’000 kW

Le concessioni relative alle piccole derivazioni (in cui rientrano mini e micro idroelettrico) sono di competenza delle province, mentre le regioni si occupano delle grandi derivazioni.

Gli iter e i documenti richiesti per l'ottenimento della concessione variano da Regione a Regione e da Provincia a Provincia. In linea di massima, le province richiedono che nella domanda di concessione siano contenuti tutti i principali dati relativi sia al corpo idrico interessato che al progetto previsto, presentati attraverso alcuni documenti tra cui:

- relazioni idrauliche, geologiche e idrogeologiche;
- elaborati grafici e relazioni tecniche del progetto preliminare;
- garanzie finanziarie ed economiche per l'attuazione del progetto (piano finanziario);
- descrizione delle opere di cantiere;
- relazione sugli effetti ambientali per la Verifica di VIA o, a seconda della tipologia dell’impianto, studio d’impatto ambientale, nonché eventuale Studio d’Incidenza, per i progetti ricadenti all’interno di aree appartenenti alla Rete Natura 2000 (SIC e ZPS).

La documentazione richiesta in Regione Lombardia è definita in dettaglio dalla DGR VII/2604 del 11/12/2000 “Approvazione delle direttive per la valutazione delle domande di piccole derivazioni di acqua ad uso idroelettrico”.

4.3.3 Opportunità d'intervento a livello comunale

Nel contesto sopra delineato, sono state effettuate alcune valutazioni preliminari circa l'opportunità di recupero degli impianti idroelettrici posti lungo il fiume Bardello. Potrebbe infatti essere presa in considerazione la possibilità di utilizzare i canali di derivazione già esistenti, in modo che i costi di messa in esercizio siano legati unicamente all'investimento per i macchinari (turbina, alternatore, ecc.), che devono essere integralmente sostituiti perché versano in stato di completo abbandono.

Degli impianti esistenti, di particolare interesse per il recupero parrebbe essere l'impianto del Cotonificio di Besozzo, sia per la discreta potenza elettrica installabile (circa 120 kW) che per il buon salto idraulico (4.75 m). Per valutare la fattibilità di tale recupero occorre disporre dell'andamento della portata nel corso dell'anno. A questo proposito ci si può riferire al Consorzio Utenti del Fiume Bardello, che annualmente produce un consuntivo delle portate conferite nel fiume presso lo sbarramento in uscita dal lago di Varese (idrometri di Bardello e Gavirate). Sulla base delle serie storiche di questi dati, che tengono conto sia di anni particolarmente secchi (ad esempio il 2007) che di anni piovosi (ad esempio il 2008), è possibile ricostruire la cosiddetta "curva delle durate" (Figura 37), che mette in relazione la portata registrata nel fiume con il numero di giorni in cui tale portata si è verificata. Le condizioni ideali per un impianto idroelettrico sono quelle in cui la portata è elevata e sufficientemente continua nel tempo, così da garantire una produzione buona e costante durante tutto l'anno. L'andamento idrologico condiziona infatti in modo importante un impianto ad acqua fluente, che non può godere del bacino di accumulazione per modulare nel tempo l'andamento delle portate. Nel caso del Bardello, l'andamento delle portate è poco influenzato dagli afflussi meteorologici, essendo determinato essenzialmente dalla regolazione del lago. Sin dalla costruzione dello sbarramento, avvenuta all'inizio del Novecento, il lago è stato regolato a favore delle utenze di valle, riunite nel Consorzio Utenti del Fiume Bardello. In corrispondenza della diminuzione degli usi delle acque a scopo produttivo, negli ultimi anni sono emerse nuove esigenze, legate alla protezione dei patrimoni naturalistici (il lago di Varese è Zona di Protezione Speciale per l'avifauna – ZPS e, in parte, anche Sito di Interesse Comunitario – SIC) e alla fruizione del lago per la navigazione e la pesca. Di recente si sono ad esempio registrati livelli tanto bassi da non consentire il ricovero delle barche nelle darsene tradizionali. Queste nuove esigenze sono tali che in futuro potrà essere definita una revisione della tradizionale politica di regolazione delle acque del lago, con conseguenza diretta sui livelli di portata riscontrati nel fiume Bardello.

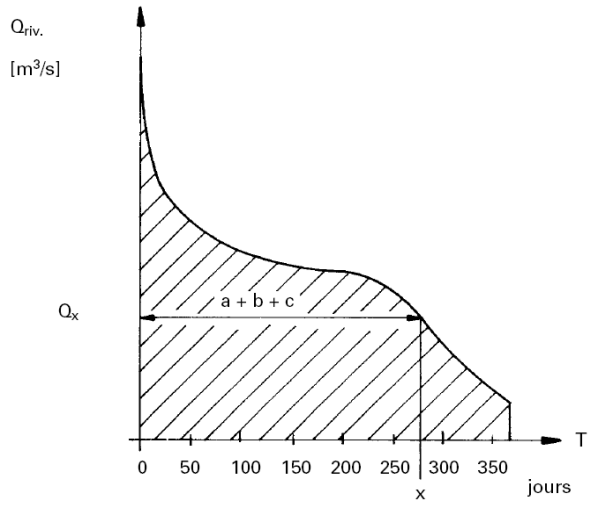


Figura 37 Esempio di curva delle portate: sull'asse orizzontale sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse verticale le portate [Q, m^3/s] [fonte: «Le choix, dimensionnement et les essais de réception d'une mini-turbine», Office fédéral des questions conjoncturelles, 1995].

L'analisi oggetto del presente incarico esula dalla studio della curva delle portate del fiume Bardello, attuali e previste in caso di modifica della politica di regolazione del lago, così come dalle elaborazioni necessarie alla valutazione di fattibilità per la realizzazione di nuovi impianti idroelettrici. Per una prima valutazione è tuttavia possibile appoggiarsi al diagramma che pone in relazione la portata idraulica (portata di progetto) al salto idraulico disponibile ed evidenzia il campo di funzionamento delle diverse tipologie di turbina idraulica (Figura 38). Prendendo in considerazione i dati di portata e salto relativi alle concessioni di sfruttamento delle acque del Bardello registrati nel 1930, si può quindi effettuare una prima valutazione delle possibilità di sviluppo dell'idroelettrico. Considerando un salto compreso tra 1.80 e 4.35 metri e una portata compresa tra 2.24 e 2.78 m^3/s, il diagramma mostra che, con le attuali tecnologie, potrebbero essere eventualmente utilizzate turbine di tipo cross-flow (area perimetrata in nero nella Figura 38). Il ricorso a tali turbine potrebbe consentire di installare potenze nell'ordine dei 100 kW (portata di 2.5 m^3/s e salto di 4 m), come mostrano le rette diagonali riportate sul diagramma.

Considerati i valori di portata e salto in gioco, si ritiene tuttavia che si tratti di configurazioni limite per la redditività dell'impianto: il diagramma mostra infatti che in presenza di salti idraulici inferiori ai 3 metri realizzare l'impianto non è conveniente. Gli impianti idroelettrici tradizionali si caratterizzano inoltre per i costi di gestione non trascurabili: occorre infatti disporre di una persona, 24 ore su 24, per la manutenzione e per far fronte ad ogni tipo di emergenza mentre periodicamente devono essere effettuate operazioni di pulitura del canale di adduzione e di mantenimento degli argini del fiume.

In queste condizioni, potrebbe essere utile valutare la fattibilità di installazione di impianti micro-idroelettrici non convenzionali, come ad esempio gli impianti a coclea idraulica (o vite idraulica). Questi impianti sono infatti particolarmente adatti per salti e portate ridotte, e consentono di installare potenze interessanti, con costi di installazione e manutenzione inferiori e minori impatti ambientali (ingombro paesaggistico dell'impianto e soprattutto impatti sulla fauna ittica). Con una portata di 2.5 m^3/s e un salto di 4 m è ad esempio possibile installare una potenza compresa tra 50 e 75 kW (cfr. Figura 39). In ragione della convenienza tecnico-economica, il progetto di un impianto di questo tipo è del resto già stato proposto per il territorio comunale nel corso del 2009, da parte della società privata Subalpina Energie Rinnovabili Srl.

La coclea idraulica è conosciuta fin dall'antichità, come ruota o chiocciola di Archimede: si tratta di un meccanismo dalla struttura a vite che, alimentata con energia, consente di alzare l'acqua da un livello all'altro. Utilizzando tale meccanismo in senso inverso, è possibile produrre energia: la differenza di potenziale tra due diversi punti in un corso d'acqua è utilizzata per produrre elettricità. L'acqua viene infatti fatta circolare per gravità all'interno della coclea: scorrendo all'interno di quest'ultima essa produce un momento torcente sull'albero di trasmissione, che produce energia meccanica, poi trasformata in energia elettrica. La sezione e la pianta di un impianto di questo tipo sono rappresentate nella Figura 40.

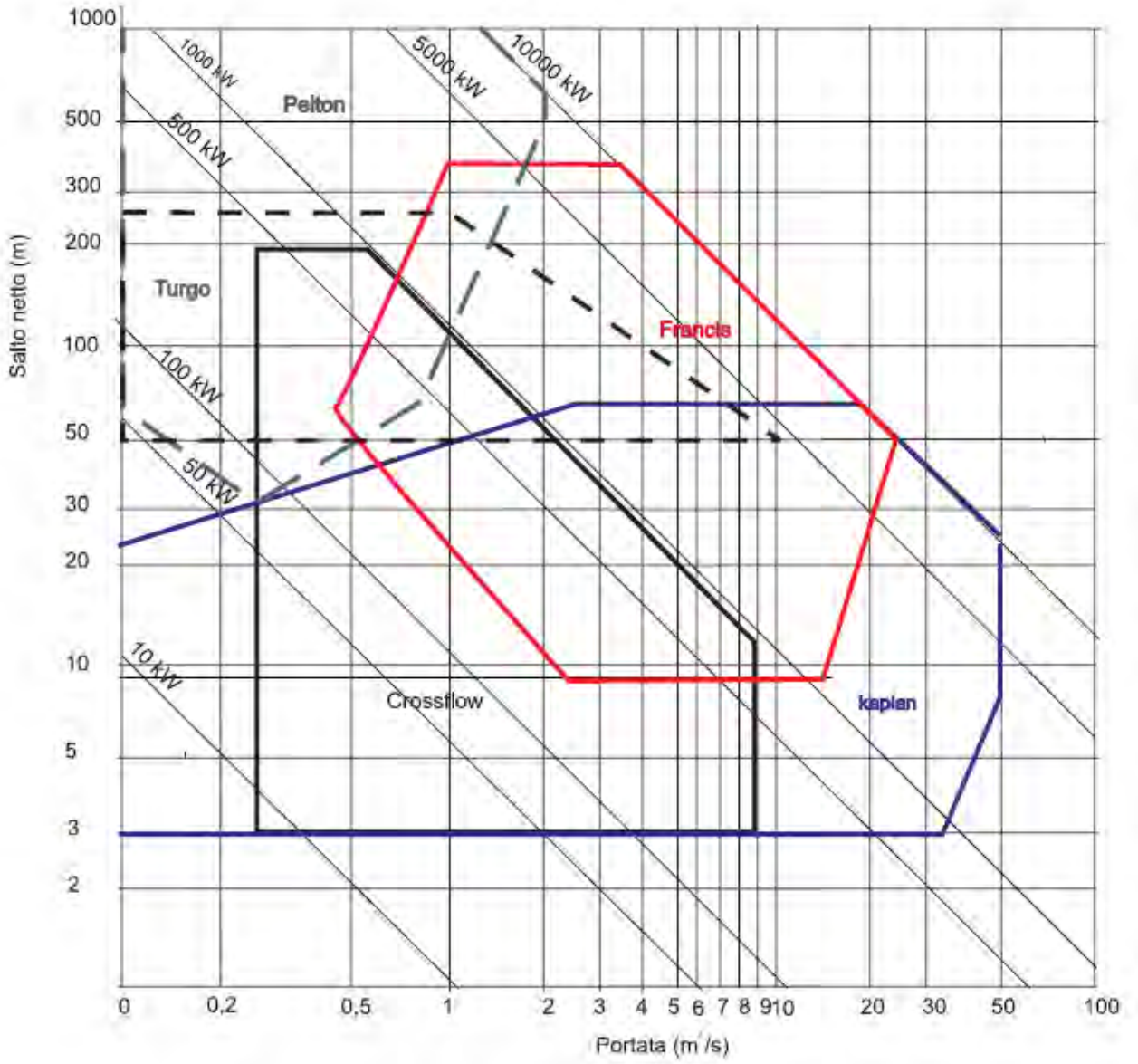


Figura 38 Diagramma per la scelta della turbina più adatta, in funzione della portata [m^3/s] e del salto idraulico disponibile [m] [fonte: Guida all'idroelettrico minore, Commissione Europea, DG XVIII, 1998].

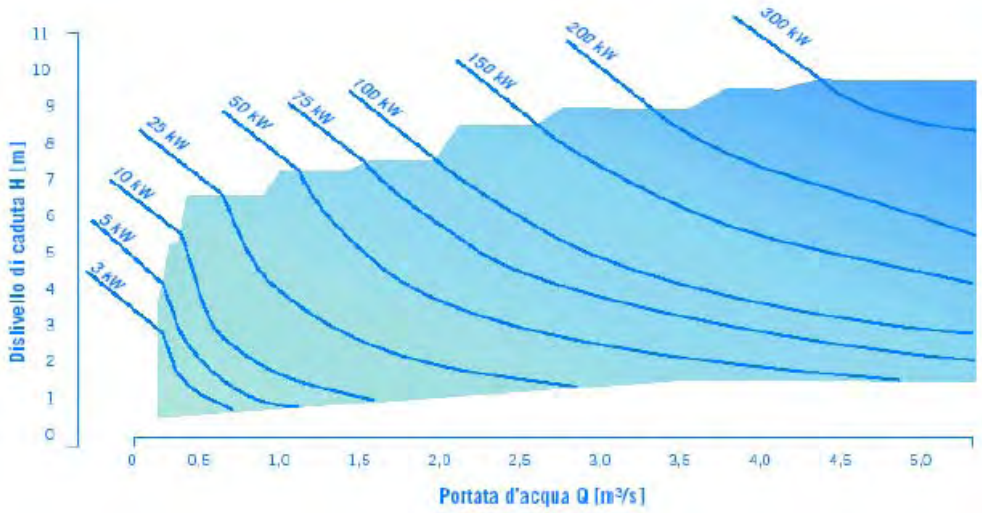


Figura 39 Diagramma salto/portata per un impianto a coclea idraulica [fonte: Ritz Atro], particolarmente adatto in condizioni di portata e salto idraulico ridotti.

Il principale vantaggio di una coclea idraulica è legato al fatto che non richiede regolazione: essa si adatta in maniera automatica alla frequenza di rete ed alla portata d'acqua. Variazioni ed instabilità del livello e della quantità d 'acqua, sia a monte che a valle dell'impianto, influiscono solamente in maniera secondaria e non causano influssi sul funzionamento e sul conseguente esercizio della vite perpetua a forza idraulica. Non sono inoltre richiesti manutenzione per la pulizia, né griglie fini e sgrigliatori per filtrare detriti alluvionali e fauna ittica (viene tuttavia utilizzata una griglia grossolana, con 10-20 cm di luce tra le barre): i corpi flottanti e i pesci possono oltrepassare la coclea senza ostacoli e senza danni. A differenza delle turbine, in cui la zona del generatore si trova al di sotto del livello dell'acqua e quindi necessita di un alloggiamento a tenuta stagna, in questo caso il generatore è posizionato al di sopra del livello dell'acqua corrente. Infine, a causa del minore battente d'acqua in efflusso, le viti idrauliche non hanno bisogno di alcun lavoro di costruzione in sottosuolo nella zona dello scarico a valle e la loro installazione può quindi avere luogo per lo più senza modifiche al letto fluviale naturale.

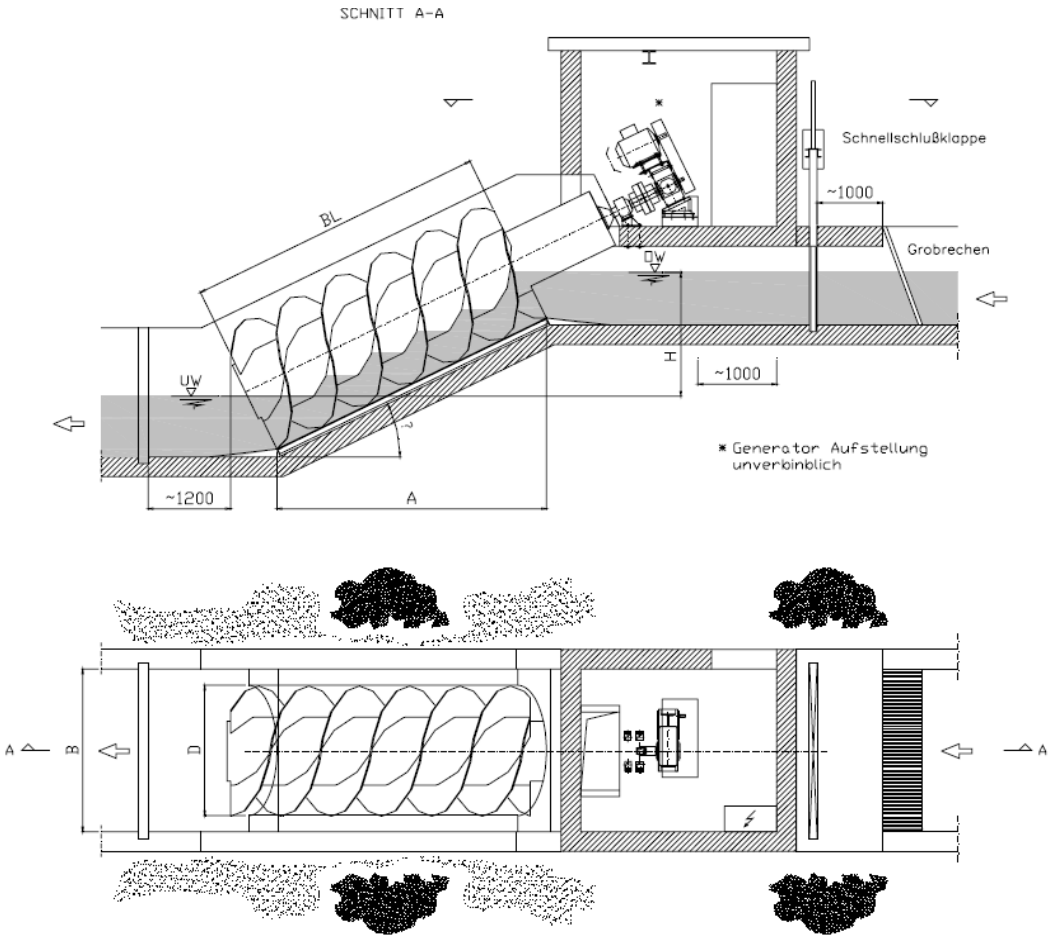


Figura 40 Sezione e pianta di una coclea idraulica [fonte: Ritz-Atro].

Particolarmente significativo è il fatto che questo tipo di impianto non costituisca un impedimento per le migrazioni di pesci a scopo di deposizione delle uova. Sono infatti stati condotti studi approfonditi e perizie che hanno mostrato come anche le anguille, le specie maggiormente danneggiate dalle turbine di tipo tradizionale, possano passare attraverso la coclea senza effetti collaterali. Tali perizie hanno concluso che sia i pesci piccoli (ca. 8 cm) che quelli più grandi (fino a 58 cm) possono migrare attraverso la coclea idraulica rimanendo illesi. Solo una piccola quantità di pesci riporta ferite, tuttavia di natura leggera, quali perdita di scaglie ed ematomi.

Questo tipo di impianto potrebbe essere inserito in maniera interessante in diversi punti lungo il fiume Bardello, sfruttando i saliti già esistenti. Si sottolinea in proposito l'interesse per la proposta della Società Subalpina Energie Rinnovabili, che prospetta un impianto presso l'area dell'ex-Copertificio Sonnino, su mappale di proprietà comunale. A queste condizioni si rileva anche lo spazio per l'Amministrazione Comunale per una negoziazione volta alla compartecipazione agli utili prodotti dall'impianto. La posizione proposta per la localizzazione di tale impianto è riportata nelle figure seguenti.

Figura 41 Posizione dell'impianto a coclea idraulica proposto dalla società Subalpina Energie Rinnovabili Srl [fonte: Relazione tecnica particolareggiata in sede di Verifica di VIA, Subalpina Energie Rinnovabili Srl, 2009].

Figura 42 Posizione dell'impianto a coclea idraulica proposto dalla società Subalpina Energie Rinnovabili Srl [fonte: Relazione studio preliminare ambientale in sede di Verifica di VIA, Subalpina Energie Rinnovabili Srl, 2009].

Secondo la proposta di progetto, l'impianto avrebbe le seguenti caratteristiche:

- salto utile: 1.65 m;
- portata derivata media: 2.52 m^3/s;
- portata derivata massima: 5 m^3/s;
- potenza installata: 75 kW;
- costo d'investimento: 290'000 €;
- costo di gestione: 12'000 €/anno;
- produzione di 236'000 kWh/anno.

L'elettricità prodotta sarebbe remunerata dal Gestore dei Servizi Energetici GSE con 0,22 €/kWh (tariffa omni-comprensiva, cfr. paragrafo 3.3.1).

E' da prendere in considerazione l'opportunità di sviluppare altri impianti simili lungo il corso del Bardello, sfruttando i salti esistenti, che, sebbene richiedano qualche intervento supplementare al fine di consentire l'inserimento dell'impianto in alveo, si ritiene siano comunque d'interesse. A questo scopo, si suggerisce di commissionare studi di fattibilità relativamente ai salti situati presso:

- ex Cartiera (Figura 43);
- ex Cotonificio di Besozzo (Figura 44);
- Cotonificio Albini a Brebbia (Figura 45).

Figura 43 Il salto idraulico del fiume Bardello presso la ex Cartiera.

Figura 44 L'edificio che un tempo ospitava il Cotonificio di Besozzo.

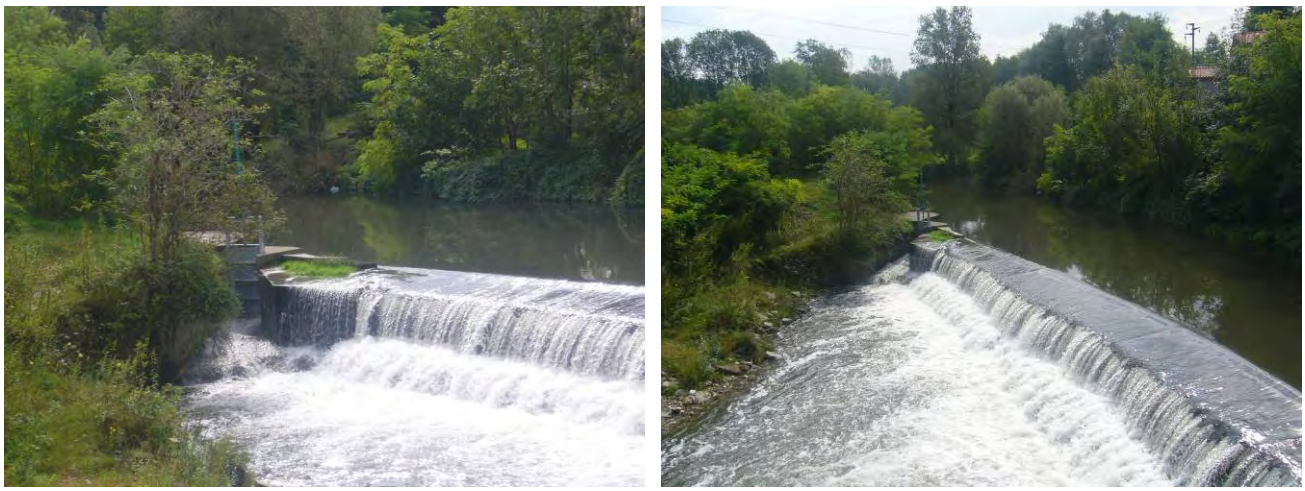


Figura 45 Il salto idraulico del fiume Bardello presso il Cotonificio Albini, a Brebbia.

4.3.4 Case history

L'utilizzo della coclea idraulica a scopo di produzione elettrica è ancora poco conosciuto ma si sta diffondendo con grande rapidità. Negli ultimi anni sono infatti stati realizzati diversi impianti prototipo e vengono continuamente registrate nuove installazioni.

Figura 46 Alcune fasi dell'installazione della coclea idraulica e l'impianto in esercizio.

L'attuale leader sul mercato, la ditta tedesca Ritz-Atro, che detiene il brevetto della coclea, è in grado di fornire diversi esempi di realizzazione, che mostrano alcune possibilità di inserimento paesaggistico degli impianti. Si evidenzia come, anche per impianti caratterizzati da potenza istallata relativamente elevata (tra

i 50 e i 90 kW), l'impatto visivo risulti contenuto. Possono infatti essere adottati accorgimenti specifici per favorire l'inserimento paesaggistico, come mostrato nella Tabella 20.

Tabella 20 Esempi di impianti a coclea idraulica [fonte: ditta Ritz-Atro].

<table>
<tr>
<td>
- portata: 2 m^3/s
- salto: 2.20 m
- potenza: 32.98 kW</td>
<td>
- portata: 4 m^3/s
- salto: 3 m
- potenza: 86.62 kW</td>
</tr>
<tr>
<td>
- portata: 2.85 m^3/s
- salto: 3 m
- potenza: 62.77 kW</td>
<td>
- portata: 1.6 m^3/s
- salto: 4.5 m
- potenza: 54.5 kW</td>
</tr>
<tr>
<td>
- portata: 3 m^3/s
- salto: 2.65 m
- potenza: 58.56 kW</td>
<td>
- portata: 3.15 m^3/s
- salto: 1.25 m
- potenza: 26.8 kW</td>
</tr>
</table>

- portata: 1.5 m^3/s
- salto: 2.72 m
- potenza: 29.80 kW

- portata: 0.615 m^3/s
- salto: 3.9 m
- potenza: 18.5 kW

4.4 Energia dalla terra (geotermia)

La geotermia è una delle fonti energetiche rinnovabili più interessanti, poiché possiede un enorme potenziale applicativo, sinora sfruttato solo in piccola parte.
L'Italia può vantare un primato nel campo dell'energia geotermica: è stato infatti il primo paese al mondo ad utilizzare la geotermia ad alta temperatura per produrre energia elettrica in grandi centrali. La prima centrale geotermica fu realizzata a Larderello (PI), nel 1913. Da allora il numero degli impianti localizzati in Toscana è cresciuto fino a raggiungere una potenza installata complessiva di oltre 800 MW.
Oltre ai grandi impianti che utilizzano indirettamente il calore ad alta temperatura proveniente dal sottosuolo per alimentare delle turbine per la produzione di elettricità, esiste anche un'altra forma di geotermia: quella a bassa temperatura o "a bassa entalpia".

4.4.1 Geotermia ad alta temperatura

Nella profondità della terra sono racchiuse enormi quantità di calore naturale, originato essenzialmente dalla disintegrazione di elementi radioattivi. Più del 99% della massa terrestre si trova a temperature superiori ai 1'000°C. Solo lo 0.1% della massa terrestre è più fredda di 100°C.

La produzione di elettricità richiede temperature superiori a 150°C. Una possibilità per sfruttare il calore racchiuso nel nostro pianeta consiste nel creare un serbatoio in un massiccio roccioso caldo, scavando in profondità. Impianti che si basano su questo principio sono denominati "deep heat mining" e permettono di realizzare una centrale geotermica di produzione di elettricità e calore. L'aspetto più interessante a favore di questa tecnologia, che non comporta emissioni di CO_2, è che la si può utilizzare ovunque si trovi del granito a 200°C a una profondità inferiore a ca. 6 km. Considerato che una centrale di questo tipo produce importanti quantità di calore residuo, l'ubicazione deve inoltre essere valutata anche in funzione della possibilità di utilizzare tale calore.

Per poter verificare la fattibilità di utilizzo di questa tecnologia sono tuttavia necessari studi approfonditi, legati in particolare alle caratteristiche geologiche e sismiche della regione di studio. Il progetto pilota concernente la geotermia di profondità del Cantone Basilea è stato ad esempio bloccato per problematiche legate a scosse sismiche riconducibili ai lavori di trivellazione. In attesa dei risultati di altri progetti pilota (ad esempio Soultz in Alsazia), a livello di indirizzo strategico, si potrebbe cominciare con l'individuare le aree potenzialmente interessanti per la realizzazione di impianti "deep heat mining", in particolare in relazione alle caratteristiche geologiche e alla possibilità di utilizzare il calore residuo con reti di teleriscaldamento.

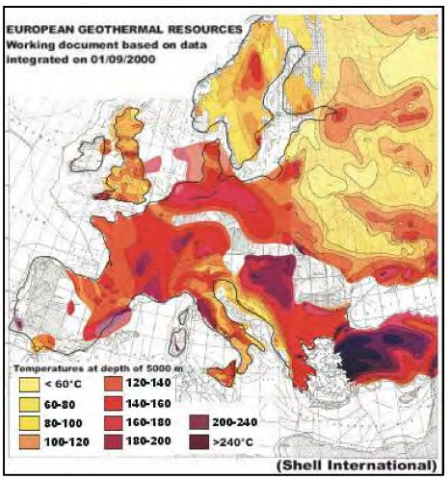


Figura 47 Il potenziale dell'energia geotermica: distribuzione della temperatura a 5000 metri di profondità. [fonte: Antics and Scanner, *Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe*,Proceedings of European Geothermal Congress, Unterhaching, Germany, 2007]

4.4.2 Geotermia a bassa temperatura

Partendo dalla superficie terrestre la temperatura aumenta di circa 3°C ogni 100 metri di profondità. Lo scopo dello sfruttamento dell'energia geotermica è di captare il calore in profondità e portarlo in superficie ricorrendo a tecnologie specifiche. Questo è possibile effettuando delle trivellazioni di profondità e installando delle sonde geotermiche abbinate a pompe di calore. Le sonde geotermiche sono scambiatori di calore inseriti nel sottosuolo che, tramite un fluido pompato nel circuito chiuso situato in esse e grazie alla pompa di calore situata in superficie (generalmente nell'edificio), permettono di estrarre l'energia geotermica. Dopo l'istallazione delle sonde, non rimane visibile nessuna componente (Figura 49).

In assenza di forti anomalie di temperatura, sono le risorse a bassa (30-70°C) e bassissima temperatura (10-30°C) situate a poca profondità ad essere utilizzate per la produzione di calore. I vari tipi di sfruttamento della geotermia sono elencati e brevemente descritti di seguito.

Sonde geotermiche: sono scambiatori di calore installati verticalmente in perforazioni profonde dai 50 ai 350 m. Un fluido è inserito in un circuito chiuso e permette di estrarre l'energia dal sottosuolo tramite una pompa di calore. Queste sonde geotermiche sono installate "chiavi in mano" da imprese specializzate, sia per case familiari sia per immobili o piccoli quartieri residenziali. Le statistiche mostrano che il 70% delle sonde geotermiche hanno una profondità tra gli 80 e 120 m e sono utilizzate per il riscaldamento di abitazioni. Da anni lo sviluppo di questa tecnologia è in fase di crescita importante ed è una tecnologia considerabile consolidata e commercialmente matura. Basti pensare che soltanto in Svizzera, ad oggi, risultano installati oltre 100mila impianti geotermici a bassa temperatura presso edifici residenziali, commerciali e del terziario, con un trend in continua ascesa.

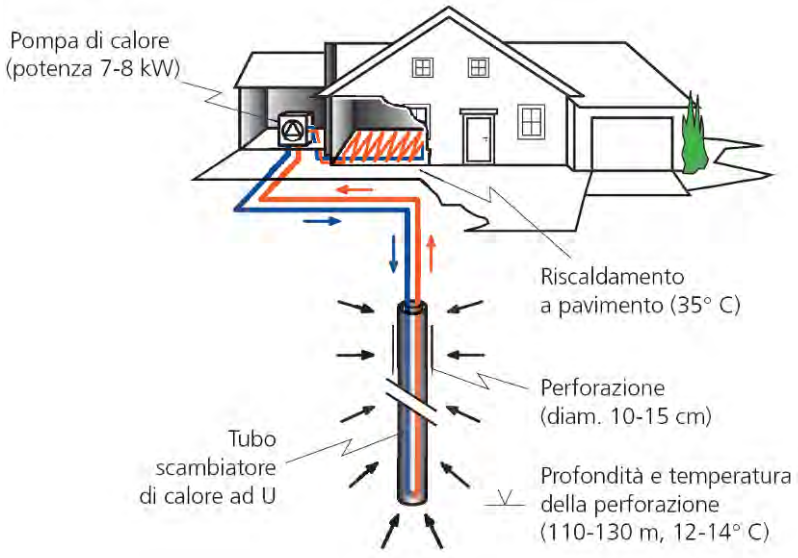


Figura 48 Schema d'impianto a sonde geotermiche verticali.

Campi di sonde geotermiche: per coprire il fabbisogno energetico di edifici più grandi, una serie di sonde verticali (pali) sono posate in modo ravvicinato. Durante il periodo invernale le sonde prelevano il calore dal terreno che viene poi sfruttato per il riscaldamento a bassa temperatura attraverso l'impiego di una pompa di calore. Applicando il medesimo sistema in senso inverso, durante il periodo estivo gli edifici vengono raffrescati e il calore viene riportato nel terreno, in modo da stoccare l'energia termica (geocooling [cfr. 4.4.3]). I campi di sonde geotermiche sono quindi particolarmente adatti per edifici che necessitano di raffreddamento durante l'estate. Un esempio è l'aeroporto di Kloten (Zurigo), presso il quale i pali dotati di sonde geotermiche forniscono 2 mio kWh/anno di calore e 1 mio kWh/anno di freddo.

Collettori orizzontali: questo sistema è simile al precedente ma senza le sonde verticali, le tubazioni vengono infatti disposte orizzontalmente nel terreno a una profondità di 1-3 m. Questa tecnica è nettamente meno utilizzata delle sonde geotermiche verticali.

Falde freatiche: attraverso una perforazione si raggiunge l'acqua di falda poco profonda (10-12°C a 5-20 m) che viene pompata in superficie. Una pompa di calore preleva l'energia termica dall'acqua e la cede al circuito di riscaldamento dell'edificio. Nel Canton Berna sono più di 900 gli impianti di questo tipo.

Pali energetici e geostrutture: sono elementi integranti della struttura della costruzione (pali, pareti, solette) equipaggiati con tubi per lo scambio di calore. Anche in questo caso il sistema provvede sia al riscaldamento che al raffrescamento dell'edificio (cfr. Campi di sonde geotermiche). Questa tecnica è conveniente per grandi edifici pubblici o industriali. Un significativo sviluppo delle geostrutture energetiche è previsto per i prossimi anni.

Acquiferi profondi: le falde acquifere sotterranee profonde vengono raggiunte con perforazioni da 400 a 2'000 m di profondità e sfruttate per riscaldamento di quartieri tramite una rete di teleriscaldamento. La più grande installazione in Svizzera è la centrale geotermica di Riehen (BS), la cui produzione consente di vendere il calore al comune di Lörrach, in Germania, tramite un sistema di "pipeline" transfrontaliero.

Acqua di galleria: in questo caso viene sfruttato il calore dell'acqua contenuta in rocce e terreno in prossimità di gallerie (transito ferroviario e automobilistico). L'acqua viene drenata verso i portali esterni e il calore che vi è contenuto è recuperato.

Il *potenziale* di impiego della geotermia a bassa temperatura è enorme, soprattutto in case ottimizzate energeticamente. La tecnologia delle pompe di calore possibile consente di valorizzare il calore del sottosuolo a prezzi interessanti.

I fattori principali che limitano lo sfruttamento dell'energia geotermica sono legati alla esigenze di **protezione delle acquee sotterranee** e all'**applicabilità della tecnologia**:

- la protezione della risorsa "acqua sotterranea" ha la precedenza sulla risorsa "energia geotermica": per lo sfruttamento dell'energia geotermica é quindi necessario un permesso rilasciato dall'autorità competente e valutato in funzione della zona in cui si vuole realizzare il progetto;
- la tecnologia non può essere applicata ovunque, devono innanzitutto essere verificate le caratteristiche geologiche del terreno, che potrebbero non essere idonee alla trivellazione rispettivamente potrebbero farne aumentare i costi in modo tale da rendere la realizzazione dell'impianto non sostenibile dal punto di vista economico;
- il potenziale di applicazione è anche legato al miglioramento termico degli edifici esistenti, che rende un riscaldamento a bassa temperatura molto più interessante; la tecnologia è quindi particolarmente adatta ad edifici a basso consumo.

4.4.3 Geocooling

Lo sviluppo della geotermia ha consentito di sfruttare la temperatura del suolo anche a scopo di raffrescamento: il sottosuolo può essere infatti considerato come un serbatoio ad accumulo stagionale, che può essere utilizzato quale fonte di calore o di freddo. Al fine di non depauperare la risorsa "calore" e garantire un'adeguata ricarica del suolo, è consigliato affiancare ad impianti a sonda geotermica per il riscaldamento invernale anche la funzionalità di raffrescamento estivo.

Il raffrescamento tramite geocooling può avvenire principalmente in due modi: attraverso sonde geotermiche verticali oppure attraverso scambiatori geotermici orizzontali ad aria.

Nel primo caso, le sonde raggiungono una profondità situata al disotto della zona che subisce le variazioni stagionali di temperatura, a partire quindi da 15 metri circa. A quelle profondità, il sotto-suolo è molto

simile ad un serbatoio di grande capacità termica, con una temperatura intorno ai 10 °C. Durante il periodo invernale le sonde prelevano il calore dal terreno che viene poi sfruttato per il riscaldamento a bassa temperatura attraverso l'impiego di una pompa di calore. Con il medesimo sistema applicato in senso inverso, durante il periodo estivo gli edifici vengono raffrescati e il calore viene riportato nel terreno, così da stoccare l'energia. Il fluido termovettore è generalmente una miscela di acqua e di antigelo che circola nel circuito chiuso delle sonde geotermiche verticali.

Nel secondo caso (scambiatori geotermici orizzontali ad aria) l'aria del sistema di ventilazione dell'edifico viene raffrescata prima dell'immissione. Questa passa infatti attraverso dei tubi interrati orizzontalmente nel terreno situati sotto o all'esterno dell'edificio. In alternativa si può utilizzare un circuito ad acqua associato ad un sistema di ventilazione tramite uno scambiatore aria/acqua.

In entrambi i casi, si sfrutta l'inerzia termica del terreno per raggiungere la temperatura dell'aria desiderata.
Questa tecnologia è interessante soprattutto per edifici di grandi dimensioni, quali edifici pubblici, terziario o strutture commerciali.

4.4.4 Iter autorizzativo impianti geotermici

Gli iter autorizzativi per gli impianti geotermici, anche di piccole dimensioni, non sono di facile ricostruzione, anche a causa della sovrapposizione di competenze tra enti diversi e dall'assenza di un quadro definito in tutti i suoi aspetti. Per questo motivo, le ditte specializzate nella realizzazione di impianti geotermici offrono generalmente anche tutte le informazioni e le pratiche burocratiche necessarie per l'autorizzazione.

La scarsa diffusione degli impianti di geotermia su piccola scala ha fatto sì che ad oggi non esista ancora una precisa normativa a cui fare riferimento. A livello nazionale, la questione della geotermia a bassa temperatura non viene affrontata né in materia di acque e difesa del suolo nè nel Testo Unico Ambientale 152/2006. Sono inoltre le diverse possibilità impiantistiche - nonché le diverse disposizioni locali - a determinare l'iter burocratico richiesto. Il Ddl Sviluppo, approvato definitivamente nel Luglio 2009, prevede diverse semplificazioni in materia di impianti geotermici. In attesa del futuro decreto applicativo, tuttavia, ad oggi valgono le regole che seguono.

Impianto con collettori orizzontali

Nel caso si scelga la soluzione con collettori orizzontali, la profondità massima di scavo non supera normalmente i due metri. Per questo genere di impianti, che non comportano opere di trivellazione né interferenze con l'acqua di falda, non è necessario richiedere alcuna autorizzazione.

Impianto con sonde geotermiche verticali

L'installazione di sonde geotermiche verticali, che viene realizzata trivellando il terreno fino a profondità medie di 100 metri, è t regolamentata dagli enti locali, in genere dalle Regioni e in alcuni casi direttamente dalle Province o dai Comuni.

L'autorizzazione per questi impianti geotermici, che rientra a pieno titolo nella materia relativa alla difesa del suolo e alla tutela delle acque, è di competenza regionale. Nella maggior parte dei casi, però, le disposizioni regionali non si occupano della geotermia, lasciando così un preoccupante vuoto legislativo. La Lombardia è una delle poche regioni che hanno previsto in merito precise regole: il Regolamento Regionale n. 2 del 24/03/2006 "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque ad uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera c) della legge regionale n. 26 del 12/12/2003" definisce infatti la procedura da seguire per le per perforazioni volte all'installazione di sonde geotermiche (art. 22, comma 5). Secondo tale procedura occorre inviare alla

Provincia la comunicazione dell'intenzione di installare sonde geotermiche, corredandola da idonea relazione tecnica che descriva l'impianto di progetto e le modalità di utilizzo. Prima di procedere alla perforazione, il richiedente dovrà attendere 30 giorni dalla presentazione della comunicazione, decorsi i quali è comunque possibile iniziare i lavori, anche in assenza del nulla osta della Provincia di Varese.

Inoltre, prima di iniziare la perforazione, e comunque con almeno 10 giorni di anticipo, il richiedente deve presentare la denuncia di inizio lavori, comunicando la data di inizio dell'escavazione, il direttore dei lavori e la ditta esecutrice. Infine, occorre presentare alla Provincia la denuncia di fine lavori, corredata da idonea relazione tecnica finale.

Nel caso in cui la sonda geotermica intercetti la falda, ai sensi dello stesso Regolamento (art. 22, comma 5), lo scambio di calore con le acque sotterranee è subordinato al rilascio di una Licenza d'uso e al pagamento di un canone annuo: all'atto della comunicazione di fine lavori occorre presentare anche una richiesta di "licenza d'uso delle acque sotterranee per scambio termico", corredate da adeguata relazione tecnica e documentazione di progetto.

Impianto ad acqua di falda

L'utilizzo geotermico dell'acqua di falda, con prelievo e scarico in falda, non contribuisce certamente a semplificare l'iter di autorizzazione. Occorre infatti fare riferimento a numerose leggi statali (dal Testo unico n. 1775 del 1933 fino al Testo Unico Ambientale 152/2006 e alle revisioni e integrazioni apportate dal D. Lgs. 4/2008) e regionali, che moltiplicano e disperdono le competenze. In Regione Lombardia le competenze in materia sono state in gran parte trasferite alle Province, con la Legge Regionale 26/2003 "Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche" e il Regolamento attuativo sopra citato. La Provincia è anche il referente per lo scarico dell'acqua di falda, che viene considerata alla stregua di scarico fognario.

4.4.5 Case history

Una casa di abitazione (circa 250 m^2 di superficie riscaldata), parzialmente adibita ad ufficio, ospita la sede della Fondazione UomoNatura in strada Regina 4 a Lugano – Loreto. In occasione del cambiamento della vecchia pompa di calore aria-acqua, il proprietario della casa, l'ing. Luigi Ferrari, sostenuto dal Gruppo Energia Solare Ticino GESTI, di cui è presidente, e dalla Fondazione UomoNatura, di cui è direttore, ha deciso di sfruttare l'energia geotermica e solare. Una pompa di calore di 14 kW termici (B0/W35) con 3 sonde geotermiche di 80 m ognuna riscalda la casa. Collettori solari termici (superficie di 7.8 m^2), dimensionati per la produzione di acqua calda sanitaria, possono anche essere utilizzati per il supporto al riscaldamento. Durante la stagione estiva, l'energia superflua prodotta dai collettori solari viene direttamente iniettata nel terreno tramite le sonde geotermiche, a scopo di ricarica.

Figura 49 Il processo di installazione delle sonde geotermiche: nell'immagine di sinistra è visibile la perforazione per la sonda, un tubo in materiale plastico (polietilene). A lavori ultimati, l'impianto è pressoché invisibile.

Di seguito alcuni valori annuali caratteristici per le sonde geotermiche e la pompa di calore dell'impianto:

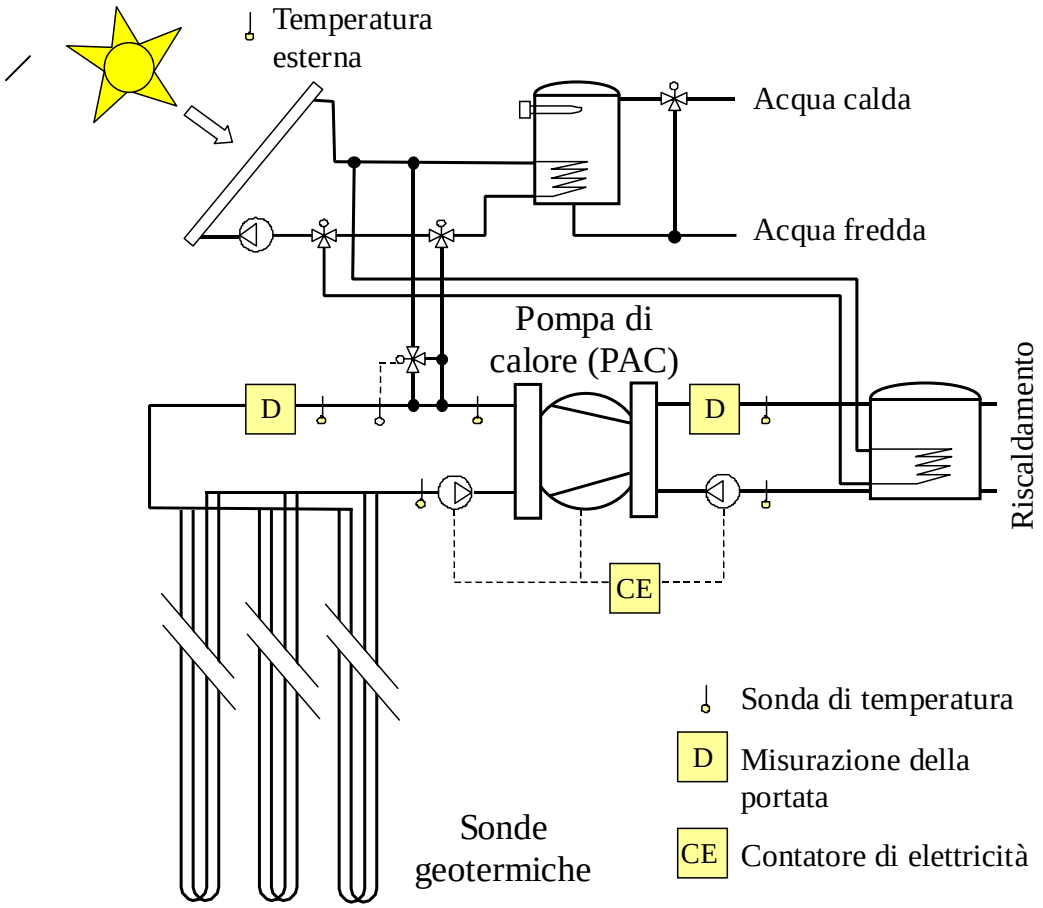


Figura 50 Schema di principio dell'impianto combinato geotermia - solare.

- potenza d'estrazione media per metro sonda	52 W/m
- energia annuale estratta per metro sonda	99 kWh/m
- energia annuale iniettata per metro sonda (energia solare)	18 kWh/m
- energia termica annuale prodotta dalla pompa di calore	30'700 kWh
- coefficiente di prestazione (COP) medio senza pompe di circolazione	4.1
- coefficiente di prestazione (COP) medio con pompe di circolazione	3.8
- livello di temperatura medio all'uscita del condensatore	44 °C
- livello di temperatura medio all'entrata dell'evaporatore	8 °C

Il costo d'investimento per la realizzazione di questo impianto è stato pari a circa 30'000 CHF, cioè 20'000 €, così composti:

- pompa di calore salamoia-acqua: 10'000 CHF;
- sonde geotermiche (3 da 80 metri ciascuna): 14'000 CHF;
- elettricista: 1'500 CHF;
- installazione: 4'000 CHF.

Quale ulteriore interessante applicazione di pompe di calore a sonde geotermiche, si citano quelle installate nel 2008 presso il Museo della cultura rurale e prealpina del Comune di Brinzio (VA), che forniscono sia il riscaldamento invernale che il raffrescamento estivo (geo-cooling).

Nel piazzale antistante l'edificio sono installate 5 sonde geotermiche di profondità di 100 metri ciascuna, caratterizzate da un diametro di perforazione di circa 15 cm ciascuna (Figura 51).

Poiché l'impianto è stato pensato con una valenza dimostrativa e di sensibilizzazione della popolazione, presso le sale del museo sono apposti appositi pannelli informativi di promozione dell'energia geotermica e d'illustrazione del funzionamento dell'impianto.

Figura 51 La perforazione del suolo antistante il Museo della cultura rurale e prealpina per la posa delle sonde geotermiche [fonte: www.museo.brinzio.va.it].

Si presenta infine un esempio di applicazione della tecnologia geocooling, presso la sede della società Perret SA a Satigny (Ginevra), un edificio di superficie lorda di pavimento superiore a 1'000 m^2.

Lo schema dell'impianto di riscaldamento invernale e raffrescamento estivo è schematizzato nella Figura 52. L'aria esterna viene convogliata attraverso tre sistemi:

- attraverso il sottosuolo: passando nel terreno l'aria si riscalda in inverno e si raffredda in estate;
- scambiatore acqua/suolo situato all'entrata del monoblocco di ventilazione, accoppiato al flusso d'aria tramite uno scambiatore aria/acqua e costituito da un circuito di 10 tubi PE di 100 m, ciascuno posato sotto le fondamenta dello stabile;
- ricupero di calore sull'aria viziata attraverso uno scambiatore di calore aria/aria: in inverno il calore viene recuperato dall'aria viziata in uscita per pre-riscaldare l'aria in entrata; in estate (quando

l'aria esterna ha una temperatura maggiore rispetto all'aria interna) il meccanismo funziona all'inverso, l'aria in entrata viene rinfrescata attraverso quella viziata in uscita.

Il potenziale degli scambiatori terrestri riguarda principalmente l'estate, durante la quale essi ammortizzano i picchi di calore diurni. Ciò basta a mantenere l'edificio al disotto della soglia di comfort mirata di 26 °C, anche grazie a un edificio caratterizzato da un involucro efficiente dal punto di vista energetico e da elevata inerzia termica.

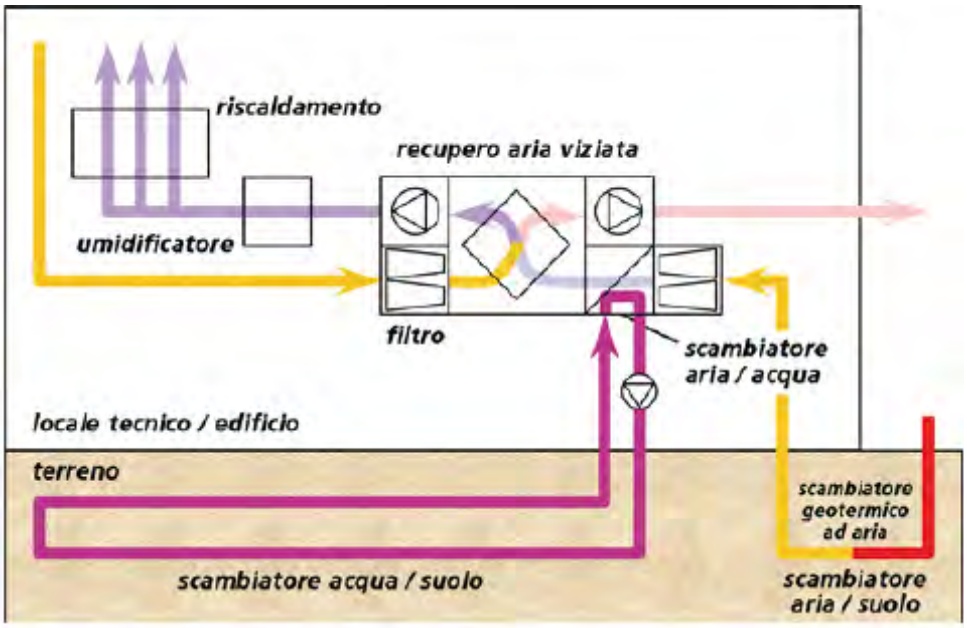


Figura 52 Schema di funzionamento di un impianto di ventilazione geotermico (edificio Perret SA a Satigny, Cantone Ginevra) [fonte: Svizzera Energia, CUEPE Università di Ginevra].

4.5 Energia dai processi

Purtroppo la raccolta dati (vedi capitolo 2) non ha permesso di individuare l'entità dei consumi dei complessi produttivi e commerciali localizzati sul territorio comunale. Quanto descritto in questo capitolo è quindi da intendere unicamente come indicazione qualitativa che può comunque venire progressivamente implementata.

I processi produttivi, così come gli impianti di cogenerazione, possono rappresentare delle fonti di energia termica che, nella maggior parte dei casi, può essere distribuita a più utenti attraverso una rete di teleriscaldamento.

4.5.1 Processi produttivi

Le imprese del settore secondario (industria e artigianato) fanno uso dei seguenti vettori energetici:

- energia elettrica;
- olio combustibile;
- gas.

Parte dell'energia è utilizzata nell'ambito dei processi produttivi (energia di processo), parte a fini di riscaldamento.

I consumi di energia di un'impresa possono diminuire notevolmente attraverso misure di efficienza energetica:

- ottimizzazione dei processi;
- recupero del calore residuo;
- conversione nei vettori di approvvigionamento.

La Cleaner Production

Le politiche industriali possono svolgere un ruolo chiave nel ridurre gli impatti sull'utilizzo delle risorse e dell'ambiente. Questo può avvenire attraverso l'implementazione di processi di produzione più efficienti, una diversa progettazione dei flussi energetici, l'attuazione di strategie preventive, l'impiego di tecnologie e procedure di produzione pulita (Cleaner Production) e un riesame dei cicli di vita dei prodotti per minimizzare la produzione di rifiuti.

Molti degli attuali modelli di produzione e di gestione utilizzano risorse in modo inefficiente. La produzione pulita (Cleaner Production) consiste nell'adozione di una strategia integrata di gestione ambientale preventiva, applicata a processi, prodotti e servizi per aumentare l'eco-efficienza e minimizzare i rischi. Può essere applicata a:

- processi produttivi, risparmiando materie prime ed energia, eliminando materie tossiche e pericolose, riducendo quantità e tossicità delle emissioni e dei rifiuti;
- prodotti, considerando l'intero ciclo di vita e riducendo gli impatti negativi durante tutte le sue fasi;
- servizi, prendendo in considerazione problematiche ambientali nella gestione, nella progettazione e nell'erogazione dei servizi.

Orientare all'efficienza e quindi anche alla sostenibilità ambientale i processi di produzione e la gestione quotidiana delle aziende rappresenta il futuro scenario al quale molte imprese si vedranno per un verso

costrette da vincoli e pressioni sociali ed economiche e per un altro attratte, considerando il guadagni in immagine e le opportunità di mercato e di sostegno finanziario che si vanno creando.

Per un'impresa già presente sul mercato significa riqualificare il proprio ambito di produzione e rinnovare così la propria immagine, presentandosi come all'avanguardia e attenta alle tematiche energetiche ed ambientali. La definizione di un modello di produzione coerente con i principi della sostenibilità richiede da parte delle imprese uno sforzo in termini di organizzazione e di risorse che può in molti casi risultare disincentivante, soprattutto per le piccole imprese. Questo è tuttavia spesso dovuto al fatto che la tendenza del mondo economico è quella di guardare all'introduzione di questi sistemi valutando i costi d'investimento immediati in rapporto alla possibilità di avere un massimo profitto a breve termine, senza prendere in considerazione i vantaggi a lungo termine sia dal punto di vista dell'effettivo risparmio sui costi energetici che dal punto di vista del marketing.

L'internalizzazione dei costi esterni (costi ambientali, di estrazione, trasporto, lavorazione delle materie prime, smaltimento dei prodotti ecc.) è da anni un tema fondamentale. Adottando provvedimenti mirati le aziende sia grandi che piccole possono ridurre i costi esterni e contribuire a migliorare la qualità di vita di tutti.

4.5.2 Cogenerazione

Con impianto a cogenerazione ci si riferisce semplicemente ad un'installazione che produce contemporaneamente sia calore che elettricità. Questo tipo di impianto è caratterizzato da un elevato rendimento, il calore generatosi durante la produzione di elettricità può infatti essere recuperato per la produzione di acqua calda, vapore o calore per essiccazione. L'energia primaria contenuta nel combustibile viene così impiegata fino all'80 – 85%. Gli impianti a cogenerazione sono per lo più delle centrali termoelettriche a blocco comprendenti un motore a combustione e un generatore. Il calore residuo utilizzato proviene dal raffreddamento del motore e dai fumi di combustione. Nel caso di impianti combinati a gas e vapore, comunemente detti impianti a ciclo combinato, l'energia elettrica viene prodotta due volte: la prima mediante una turbina a gas e la seconda tramite il vapore proveniente dalla caldaia a recupero della turbina. Il calore recuperato proviene in questo caso dai fumi di combustione a valle della turbina a vapore.

I moderni impianti di cogenerazione possono essere caratterizzati da rendimenti complessivi di trasformazione energetica pari all'80-85%, di cui fino a 35-45% per la produzione di elettricità. A titolo di riferimento, si consideri che i rendimenti di impianti a ciclo combinato per la sola produzione di elettricità arrivano fino al 55%: la produzione contemporanea di elettricità e calore impone una riduzione dei rendimenti elettrici:, comunque compensata dall'utilizzo complessivamente più efficiente dell'energia primaria contenuta nel combustibile. Il rendimento complessivo della trasformazione elettrica e termica è infatti superiore a quello di due impianti separati per la produzione di elettricità e di altro di calore.

Oltre che da combustibili fossili (tipicamente il gas naturale, per impianti a ciclo combinato), gli impianti a cogenerazione possono essere alimentati da fonti rinnovabili quali:

- legna;
- biomassa vegetale-biogas;
- geotermia di profondità.

La realizzazione di questo tipo di impianti risulta sensata unicamente quando si può prevedere anche una distribuzione capillare del calore residuo (teleriscaldamento). Il potenziale di risparmio energetico derivante dall'impiego sistematico degli impianti a cogenerazione è notevole: stime effettuate a livello

svizzero (Ufficio federale dell'energia) mostrano che se il fabbisogno termico del parco immobiliare fosse complessivamente soddisfatto mediante sistemi di teleriscaldamento e pompe di calore, il fabbisogno di energia primaria e le emissioni di CO_2 derivanti dal riscaldamento degli ambienti e dalla produzione di acqua calda potrebbero essere ridotte del 50%.

4.5.3 Teleriscaldamento

Un sistema di teleriscaldamento è costituito da una rete di distribuzione del calore collegata ad una centrale termica al servizio di un determinato comparto urbano (residenziale, commerciale, ospedaliero ecc.).

La rete di distribuzione del calore è costituita da tubature di andata e ritorno in acciaio termicamente isolate e interrate, attraverso le quali circola un fluido (generalmente acqua) che trasporta il calore dalla centrale termica all'utenza e da quest'ultima nuovamente alla centrale.

Il teleriscaldamento non deve essere necessariamente legato ad una singola fonte di energia né tantomeno ad un unico vettore energetico: la rete può essere infatti alimentata da qualsiasi tipo di impianto, come per esempio centrali di cogenerazione elettricità-calore alimentate a gas naturale, impianti di incenerimento di rifiuti solidi urbani, geotermia di profondità, sistemi di recupero termico da cicli produttivi, ecc. La rete può essere estesa a piacimento in funzione delle zone urbanizzate che si vogliono servire, questo anche grazie al carattere indipendente del sistema di distribuzione, che come accennato non è legato ad una particolare fonte energetica.
I principali punti di forza dei sistemi di teleriscaldamento possono essere riassunti come segue:

- il sistema di distribuzione del calore mediante teleriscaldamento sostituisce i singoli impianti privati (caldaia, bollitore, serbatoi ecc.), spesso non a norma o non gestiti in modo corretto, permettendo inoltre all'utente di evitare i costi di gestione, manutenzione e controllo del proprio impianto e di guadagnare spazio nel proprio edificio;
- le centrali termiche di grande potenza possono integrare, con costi sostenibili, i migliori sistemi di riduzione delle emissioni e sono caratterizzate da una maggiore efficienza di trasformazione dell'energia primaria contenuta nel combustibile;
- le centrali termiche permettono una gestione della distribuzione del calore centralizzata e ottimizzata;
- il gestore della rete di teleriscaldamento garantisce la fornitura di calore tramite contratto.

Il teleriscaldamento è un sistema di distribuzione particolarmente idoneo se una o più delle seguenti condizioni sussistono:

- si è in presenza di un'alta densità di consumo, cioè di comparti urbani densamente edificati che permettono di ridurre al minimo le perdite sulla rete;
- vi sono grandi consumatori con un'esigenza di energia continua lungo tutto l'arco dell'anno;
- è possibile sfruttare energia a basso costo (in particolare calore residuo), che comporta dei costi di produzione limitati e aumenta quindi l'economicità dell'impianto.

Quali ambiti particolarmente idonei ad un sistema di distribuzione del calore di questo tipo possono senz'altro essere presi in considerazione nuovi quartieri e nuclei storici. I primi sono particolarmente adatti poiché la rete di teleriscaldamento può essere inserita sin dall'inizio nel concetto di pianificazione, i secondi perché densamente edificati. Il ricorso a sistemi di teleriscaldamento consentirebbe di apportare miglioramenti dal punto di vista dell'approvvigionamento energetico in ambiti che si caratterizzano per la difficoltà di intervento da parte dei proprietari immobiliari sia sull'impianto di riscaldamento che

sull'involucro dell'edificio (pompe di calore rumorose, limitazioni all'installazione di impianti solari, impossibilità o divieto di realizzare un isolamento interno o esterno degli edifici ecc.).

4.5.4 Opportunità d'intervento a livello comunale

Essendo la disponibilità di calore proveniente da processi e impianti a cogenerazione fortemente legata alla necessità di calore nelle vicinanze, è importante conoscere l'entità e la localizzazione delle varie fonti, motivo per cui risultano di fondamentale importanza le iniziative descritte di seguito.

- Realizzazione di un **censimento** puntuale rivolto alle **aziende, industrie e impianti di produzione** per conoscere i loro consumi ed eventuali disponibilità di calore residuo. Nell'ambito di tale attività, promuovere la diffusione delle procedure di valutazione delle performance energetiche dei processi produttivi (Clean Production – vedi progetto interreg Energy CH-IT: www.energychit.com).
- Realizzazione di una **mappatura del territorio** per identificare aziende, industrie e impianti di produzione atti allo sfruttamento del calore residuo, in riferimento a indici quali il calore residuo, la vicinanza a zone edificate o a zone edificabili.
- **Integrare il Regolamento edilizio** al fine di favorire la **posa delle reti di teleriscaldamento ogniqualvolta si effettuano lavori di scavo**, così che le reti di distribuzione di calore divengano parte integrante dell'urbanizzazione.
- Incoraggiare la realizzazione **studi di fattibilità** concernenti la realizzazione di reti di teleriscaldamento per la distribuzione del calore in funzione della densità di consumo termico o della presenza di scarti di calore. Per i **piani attuativi delle aree di trasformazione** definite dal P.G.T. richiedere studi di fattibilità per valutare la possibilità di realizzare centrali termiche e reti di teleriscaldamento ad esse connesse. In proposito, si segnalano sin da ora le **possibilità d'intervento nell'ambito delle trasformazione relative all'ex-Copertificio Sonnino e all'ex-Cartiera**.

4.5.5 Case history

Un'interessante realizzazione di recupero di calore residuo è costituita dal laboratorio di prove IEC su moduli PV accreditato ISO 17025 dell'ISAAC (Cantone Ticino), presso il quale è stato installato un sistema per utilizzare il calore generato dal funzionamento delle camere climatiche (generalmente espulso e disperso in atmosfera) per riscaldare il capannone.

Figura 53 Fotografia del capannone dove si trova il laboratorio di certificazione dell'ISAAC.

Per poter essere certificati, i moduli fotovoltaici devono superare numerose prove elettriche, meccaniche e climatiche. Per le prove climatiche vengono appunto utilizzate delle camere che permettono di effettuare

dei cicli con temperatura da – 60°C a +100°C ad umidità controllata. Durante la fase di raffreddamento (temperatura di -40°C all'interno della camera climatica, che può venire riempita fino a 500 kg) una notevole quantità di calore viene dispersa nell'ambiente. Tramite una rete di canali si è quindi deciso di convogliare e distribuire il calore in uscita dai condensatori posti sopra la camera climatica, su tutta la superficie del capannone. Una centralina collegata ad un sensore di temperatura regola delle serrande che, a dipendenza delle esigenze, permettono di evacuare all'esterno il calore o distribuirlo all'interno del capannone. Quando all'interno del capannone si raggiunge la temperatura di 20°C, il calore di processo viene evacuato all'esterno attraverso un'apertura situata sul tetto. Durante il periodo estivo, questo sistema permette inoltre di effettuare un ricambio d'aria. Quest'ultima viene infatti aspirata dalle aperture presenti alla base del monoblocco con il condensatore (che solitamente viene posto all'esterno).

Figura 54 Fotografia del sistema di recupero del calore e della distribuzione con canali

Quando le camere climatiche sono in funzione, questo sistema permette di avere una temperatura uniforme in tutto il capannone.

Gli spazi (uffici, laboratori e magazzino) che necessitano di una climatizzazione, oltre che essere fisicamente divisi dal resto del capannone, sono forniti di pompe di calore che garantiscono le condizioni climatiche necessarie ai diversi tipi di attività. Nel periodo invernale queste pompe di calore, che prendono l'aria dell'ambiente interno, hanno quindi dei rendimenti più alti grazie alle "alte" temperature garantite dal sistema di recupero del calore.

La tabella seguente riassume i principali dati riguardanti il sistema di recupero di calore.

Tabella 21 Caratteristiche capannone del laboratorio di certificazione e del sistema di recupero del calore.

Superficie capannone	1'000 m^2
Potenza camere climatiche durante la fase di raffreddamento (2x)	50 kW
Energia termica distribuita su tutto il capannone	400 kWh /giorno
Costo sistema recupero di calore	70'000 CHF
Risparmio olio da riscaldamento (stima)	3'000 – 5'000 l/anno

5 Sistema insediativo: consumi energetici e prospettive di risparmio

Al fine di caratterizzare il parco immobiliare dal punto di vista energetico occorre considerare:

- l'involucro dell'edificio e il relativo grado di coibentazione termica;
- gli impianti e il tipo di vettore energetico utilizzato per la climatizzazione (riscaldamento invernale e raffrescamento estivo), nonché le modalità di utilizzo.

Il bilancio energetico elaborato in sede del Piano d'Azione per l'Energia Regionale [PAE, 2008] mostra che il settore civile è responsabile per il 45% del consumo energetico totale (Figura 4). A questo valore contribuiscono i consumi per la climatizzazione degli edifici, così come i consumi di elettricità delle diverse utenze (domestiche, commerciali, amministrative e servizi).

I dati del PAE (cfr. Figura 55) mostrano che a livello regionale il gas naturale è responsabile del 63% dei consumi del settore civile e che la diffusione di tale vettore ha raggiunto una certa stabilità nel corso degli anni, evidenziando anzi una tendenza alla saturazione, in ragione dell'elevato grado di metanizzazione del territorio regionale.
Particolarmente interessanti sono i dati relativi allo sviluppo del teleriscaldamento su scala urbana, attualmente in grado di coprire il 2% circa del fabbisogno termico regionale, in forte crescita nel corso degli ultimi anni. Altrettanto interesanti sono i dati relativi allo sviluppo della biomassa (legna e scarti vegetali), che ad oggi coprono il 6% del fabbisogno termico.

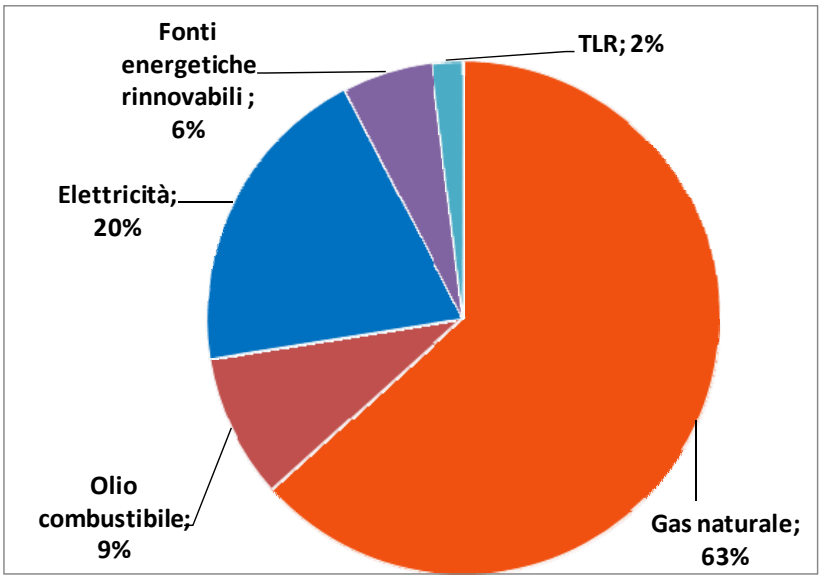


Figura 55 Ripartizione percentuale di utilizzo dei vettori energetici nel settore civile [fonte: PAE Lombardia, 2008].

5.1 L'ambito della residenza: una prima stima dei consumi energetici

Non è facile stimare un indice di fabbisogno energetico medio per gli edifici esistenti [kWh/anno*m^2], in quanto tale valore dipende fortemente dalla dimensione e dalla forma dell'edificio, oltre che dai materiali e dalle tecniche costruttive utilizzate: esso è infatti più elevato in edifici caratterizzati da volumi articolati e più contenuto quindi in edifici di forma compatta. Questo aspetto è definito come rapporto di forma e può

essere valutato considerando il rapporto tra la superficie disperdente dell'edificio (S) e il volume riscaldato (V), come mostrato nella Figura 56.

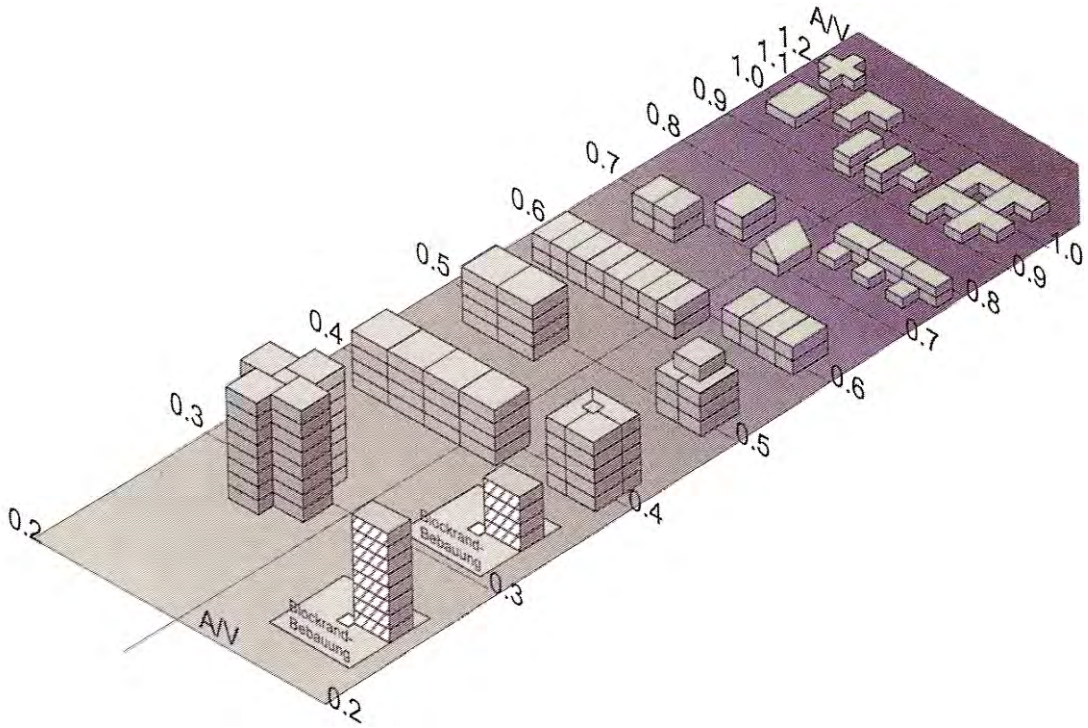


Figura 56 Andamento del rapporto S/V (nella figura, A/V), in funzione della forma dell'edificio [fonte: Solarbüro, Peter Goretzky, 1997].

Una prima analisi del fabbisogno energetico per riscaldamento del patrimonio edilizio esistente sul territorio comunale può basarsi sull'anno di costruzione degli edifici. Disponendo di tale informazione è infatti possibile associare a ciascun edificio un indice di fabbisogno medio, definito sulla base di studi e analisi statistiche condotti su un campione più ampio di edifici. In questo ambito sono disponibili i dati riportati dal Rapporto sullo Stato dell'Ambiente della Lombardia del 2004 [ARPA Lombardia, 2005], che stimano come indicato in Tabella 22 il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli edifici a destinazione abitativa in Lombardia.

Tabella 22 Indici di fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale [kWh/m^2*anno] per epoca di costruzione e tipologia di edificio [fonte: ARPA Lombardia, 2005].

	Indici di fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale [kWh/m^2*anno]						
Epoca di costruzione / Tipologia edificio	Prima del 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dopo il 1991
Villetta 1-2 unità abitative	249	221	194	178	148	131	124
Palazzina piccola 3 – 15 unità abitative	207	185	164	152	126	112	106
Palazzina grande 16 – 30 unità abitative	189	171	151	140	115	103	97
Edificio a torre > 30 unità abitative	151	141	127	119	96	85	81

Attraverso un sistema informativo territoriale (GIS) è possibile incrociare tali stime di fabbisogno con i dati relativi alle caratteristiche del patrimonio edilizio e alle dinamiche insediative (evoluzione dell'edificato in diverse epoche storiche, derivata dalla lettura incrociata delle cartografie aero-fotogrammetriche e catastali per diverse epoche storiche). È pertanto possibile elaborare una prima stima dei consumi energetici dell'edificato con funzione residenziale contestualizzata al territorio comunale.

Le informazioni disponibili in formato vettoriale per il Comune di Besozzo circa l'espansione del sistema insediativo consentono di raggruppare gli edifici nelle seguenti quattro categorie (cfr. Figura 57):

- edificazione antecedente il 1936;
- edificazione tra il 1936 e il 1975;
- edificazione tra il 1975 e il 1998;
- edificazione tra il 1998 e il 2003.

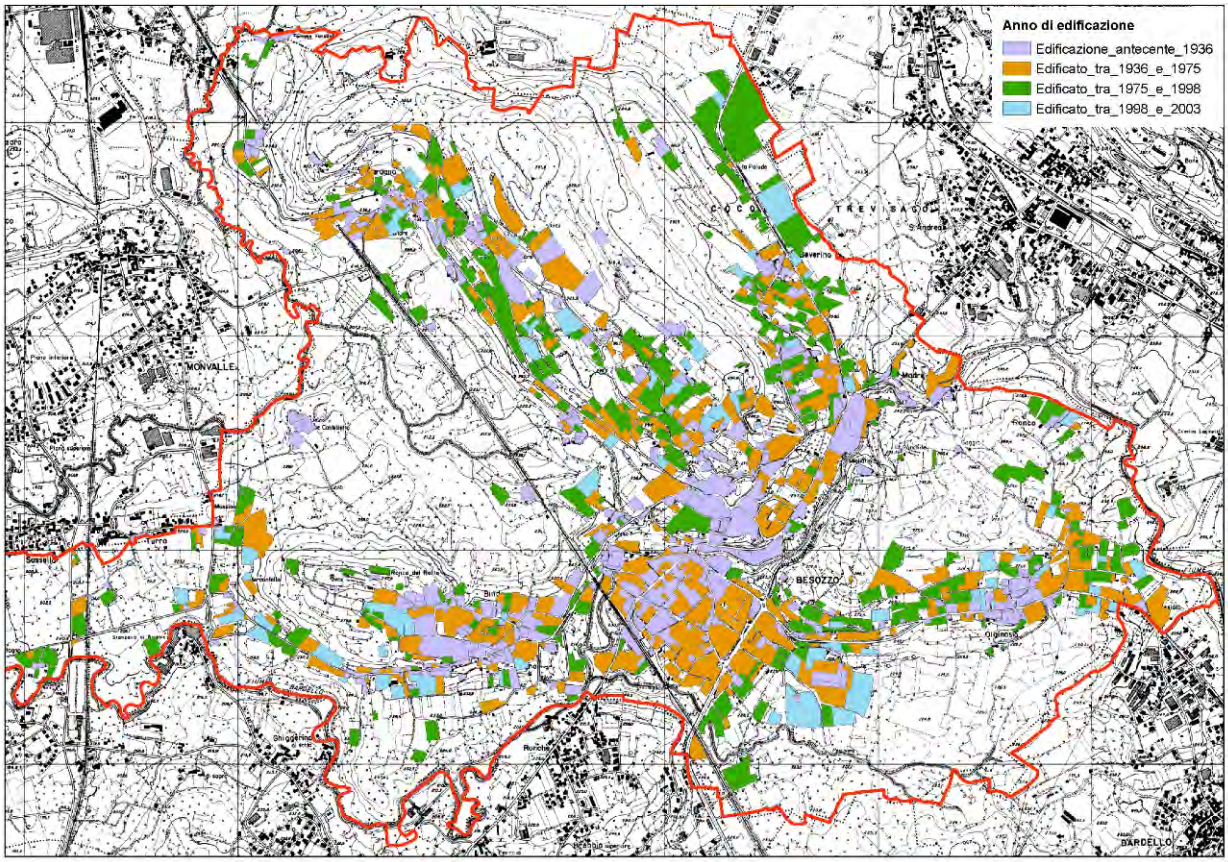


Figura 57 Evoluzione del sistema insediativo: epoca di costruzione degli edifici [fonte: Cartografia aerofotogrammetria del Comune di Besozzo in formato digitale].

La cartografia vettoriale fornisce anche indicazioni circa la funzione d'uso di ciascun edificio: è quindi possibile separare gli edifici a destinazione residenziale prevalente, escludendo dall'analisi quelli con funzione unicamente produttiva o commerciale. Per l'insieme di edifici così ottenuto sono inoltre disponibili indicazioni circa la tipologia edilizia (edificio del centro storico, palazzina, residenza a schiera, residenza a torre, residenza in linea, residenza isolata recente, residenza di origine rurale), nonché la funzione (residenza esclusiva, residenza mista a commercio e terziario, residenza mista a produttivo/artigianale, edificio accessorio). Per tutti gli edifici diversi da quelli appartenenti al centro storico e gli edifici accessori sono inoltre disponibili indicazioni quantitative sulla volumetria, il numero di piani e la superficie coperta. La cartografia è dunque molto ricca e, sebbene non esaustiva, consente di effettuare valutazioni articolate.

Per quanto riguarda gli edifici a destinazione accessoria è possibile ipotizzare che non siano riscaldati mentre per quelli del centro storico è possibile ipotizzare un indice energetico medio pari a circa 200 – 210 kWh/m^2*anno. La forma compatta degli edifici del nucleo consente infatti di riferirsi a valori medi simili a quelli di palazzine di 2/3 piani costruite prima del 1919 (cfr. Tabella 22). A questo proposito si segnala che, anche se oggetto di ristrutturazioni nel corso degli anni, solo gli edifici sottoposti a recupero o demolizione e ricostruzione in anni molto recenti (dopo il 2007, anno di introduzione delle Delibere regionali in materia di efficienza energetica degli edifici) sono caratterizzati da consumi significativamente inferiori. Le tecniche di ristrutturazione tradizionali non agiscono infatti sull'isolamento termico dell'edificio, intervenendo piuttosto sugli aspetti statici della struttura e sugli intonaci delle facciate (aspetti estetici).
Sulla base di queste premesse sono stati incrociati gli strati informativi relativi all'epoca di edificazione con quelli relativi alle caratteristiche del patrimonio edilizio e successivamente con le stime di fabbisogno energetico per riscaldamento fornite da ARPA Lombardia, pervenendo ad una stima, seppure semplificata, del fabbisogno energetico del patrimonio edilizio residenziale o assimilabile del Comune di Besozzo, esclusi i centri storici. Al fine di far dialogare i dati contenuti nei diversi strati informativi disponibili, sono state effettuate le seguenti ipotesi:

- villetta (1-2 unità abitative): edifici con volumetria fino a 900 m^3;
- palazzina piccola (3 – 15 unità abitative): edifici con volumetria fino a 4'500 m^3;
- palazzina grande (16 – 30 unità abitative): edifici con volumetria fino a 9'000 m^3.

Sul territorio comunale non si sono riscontrati edifici a torre, caratterizzati da più di 30 unità abitative.
I consumi degli edifici in linea e delle abitazioni a schiera sono stati equiparati, in prima approssimazione, ai consumi delle piccole palazzine.
Infine, poiché le epoche in cui sono articolati i dati sull'evoluzione dell'edificato non coincidono con le epoche su cui sono disponibili gli indici di fabbisogno energetico di ARPA Lombardia, sono state effettuate le seguenti assunzioni:

- agli edifici costruiti prima del 1936 è stato attribuito il valor medio degli indici di fabbisogno relativi ai periodi "prima del 1919" e "dal 1919 al 1945";
- agli edifici costruiti tra il 1936 e il 1975 è stato attribuito il valor medio degli indici di fabbisogno relativi ai periodi "dal 1946 al 1961" e "dal 1962 al 1971";
- agli edifici costruiti tra il 1975 e il 1998 è stato attribuito il valor medio degli indici di fabbisogno relativi ai periodi "dal 1972 al 1981" e "dal 1982 al 1991";
- agli edifici costruiti tra il 1998 e il 2003 è stato attribuito l'indice relativo al periodo "dopo il 1991".

Il risultato di tali elaborazioni è sintetizzato in forma grafica nella Tabella 23 e in forma cartografica nella Figura 60.

Tabella 23 Indice medio di fabbisogno energetico per riscaldamento invernale in base all'epoca di costruzione degli edifici.

Epoca di costruzione		**Indice medio di fabbisogno energetico per riscaldamento invernale [kWh/m^2*anno]**	**Numero edifici [num]**	**Volumetria complessiva [m^3]**	**Superficie Lorda di Pavimento [m^2]**
Antecedente il 1936	Villette	235	266	81'324	27'108
	Piccole palazzine	196	156	262'107	87'369
Tra il 1936 e il 1975	Villette	186	300	191'337	63'779
	Piccole palazzine	158	279	418'780	139'593
	Grandi palazzine	145	6	34'587	11'529

Tra il 1975 e il 1998	Villette	139	174	110'929	36'976
	Piccole palazzine	119	185	287'031	95'677
Tra il 1998 e il 2003	Villette	124	10	6'457	2'152
	Piccole palazzine	106	8	13'374	4'458
				1'405'926	468'641

I dati disponibili consentono di effettuare una prima statistica circa la ripartizione del patrimonio edilizio in categorie di consumo energetico per il riscaldamento, riportata nella Tabella 24. Queste elaborazioni non includono le prestazioni relative agli edifici dei centri storici, per i quali è stato ipotizzato un indice di fabbisogno energetico medio pari a 200 [kWh/m^2*anno]. Essi ricadrebbero pertanto nella classe G.

Tabella 24 Articolazione del patrimonio edilizio in base alla stima di indice di fabbisogno energetico per riscaldamento invernale [non sono inclusi i centri storici].

Indice di fabbisogno energetico per riscaldamento invernale [kWh/m^2*anno]	**Numero edifici [num]**	**Percentuale [%]**	**Superficie Lorda di Pavimento [m^2]**	**Percentuale SLP [%]**
Compreso tra 100 e 116	**8**	**1**	**4'458**	**1**
Compreso tra 116 e 145	**195**	**14**	**97'829**	**21**
Compreso tra 145 e 175	**459**	**33**	**188'098**	**40**
Superiore a 175	**722**	**42**	**178'256**	**38**
			468'641	

Accettando di trascurare l'effetto del rapporto di forma S/V nella definizione del fabbisogno energetico per il riscaldamento, è possibile effettuare un parallelismo tra i valori di fabbisogno energetico stimati sulla base dei dati ARPA Lombardia e i valori di fabbisogno specifico di energia primaria per il riscaldamento (EP_H) introdotti dalla normativa regionale lombarda (cfr. Tabella 25 e Figura 58).

Tabella 25 Classificazione energetica degli edifici in relazione al fabbisogno specifico di energia primaria per riscaldamento invernale (EP_H) in vigore nella Regione Lombardia.

Classe	Valori di EP_H [kWh/m^2*anno] per edifici di classe E.1 (residenziali e assimilabili), in zona climatica E[22]
A$^+$	$EP_H < 14$
A	$14 \leq EP_H < 29$
B	$29 \leq EP_H < 58$
C	$58 \leq EP_H < 87$
D	$87 \leq EP_H < 116$
E	$116 \leq EP_H < 145$
F	$145 \leq EPH < 175$
G	$EP_H \geq 175$

[22] La zona climatica è definita in base al numero di gradi-giorno che caratterizzano un territorio. I gradi giorno costituiscono il parametro rappresentativo delle condizioni climatiche di una località e, ai sensi del D.P.R. 412 del 1993, sono calcolati come somma, su tutti i giorni del periodo convenzionale di riscaldamento, delle differenze positive tra la temperatura ambiente, fissata a 20° C, e la temperatura media esterna giornaliera. Il Comune di Besozzo appartiene alla zona climatica E, con un numero di gradi-giorno pari a 2'506.

Tale parallelismo costituisce unicamente una prima approssimazione, tuttavia consente di descrivere il patrimonio edilizio di Besozzo in base alla classificazione energetica degli edifici in vigore in Regione Lombardia, come mostrato nella Tabella 26.

Tabella 26 Articolazione del patrimonio edilizio in classi di fabbisogno energetico per riscaldamento [non sono inclusi i centri storici].

Indice di fabbisogno energetico per riscaldamento invernale [kWh/m^2*anno]	**Classe energetica dell'edificio**	**Numero edifici [num]**	**Percentuale [%]**	**Superficie Lorda di Pavimento [m^2]**	**Percentuale SLP [%]**
Compreso tra 100 e 116	**D**	**8**	**1**	**4'458**	**1**
Compreso tra 116 e 145	**E**	**195**	**14**	**97'829**	**21**
Compreso tra 145 e 175	**F**	**459**	**33**	**188'098**	**40**
Superiore a 175	**G**	**722**	**42**	**178'256**	**38**
				468'641	

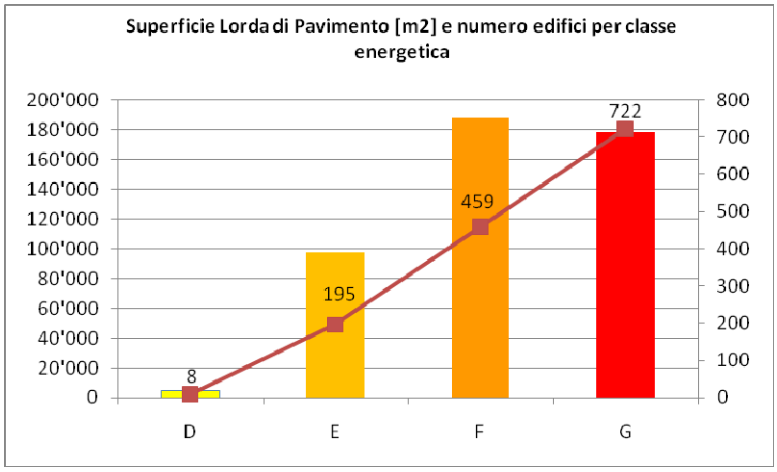


Figura 58 Stima della ripartizione del patrimonio edilizio per classi energetiche.

L'esame svolto costituisce una prima e semplificata analisi del sistema dell'edificato, che ha il pregio di essere intuitiva e di fornire una visione d'insieme. Valutazioni più articolate sono evidentemente possibili su scala di maggior dettaglio: un'indicazione puntuale e precisa dell'indice medio di fabbisogno energetico del territorio comunale potrebbe essere ricavata unicamente attraverso l'analisi per singoli edifici, che consenta di coglierne le peculiarità e le specificità (materiali e tecniche di costruzione utilizzati, interventi di risanamento apportati nel corso del tempo ecc.), in coerenza con quanto previsto nell'ambito delle procedure di certificazione energetica dell'edificio. Si tratterebbe pertanto di un processo molto oneroso che potrebbe non essere necessariamente sensato svolgere.

La principale considerazione che si può trarre dall'analisi della Figura 60 è che, fatta eccezione per i nuclei storici, non vi sono zone del territorio più bisognose di altre di interventi di risanamento: le prestazioni energetiche degli edifici sono mediamente mediocri, distribuite in modo omogeneo sul territorio comunale. Questo risultato non deve stupire: il sistema dell'edificato non presenta un'articolazione del fabbisogno termico difforme da quella complessivamente riscontrata sul territorio della Regione Lombardia. A titolo di paragone si possono considerare i dati statistici basati sui primi processi di certificazione energetica degli edifici realizzati in Lombardia. Nel 2009 la Regione (CESTEC) ha infatti condotto un''ndagine su un campione di 1'000 edifici a destinazione residenziale(estec), in base alla quale il fabbisogno specifico di energia

primaria per il riscaldamento EP_H è stimato mediamente superiore al valore di 180 kWh/m^2*anno, equivalente alla classe energetica G. Se si considera la sola epoca di costruzione degli edifici, trascurando l'effetto del rapporto di forma che non si è potuto tenere in conto con l'analisi svolta, anche la recente indagine CENED produce stime che essenzialmente confermano i valori elaborati da ARPA Lombardia su cui sono basate le elaborazioni presentate in questo documento (cfr. Figura 59).

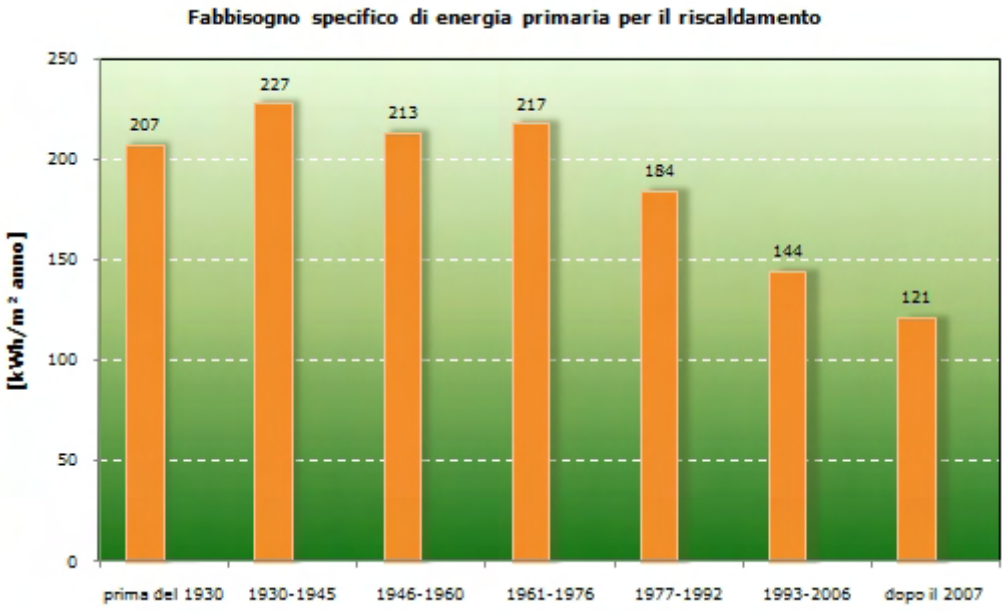


Figura 59 Dati statistici sul fabbisogno specifico di energia primaria per riscaldamento, in Regione Lombardia, basati sull'analisi di 1'000 processi di certificazione energetica [fonte: CESTEC, 2009].

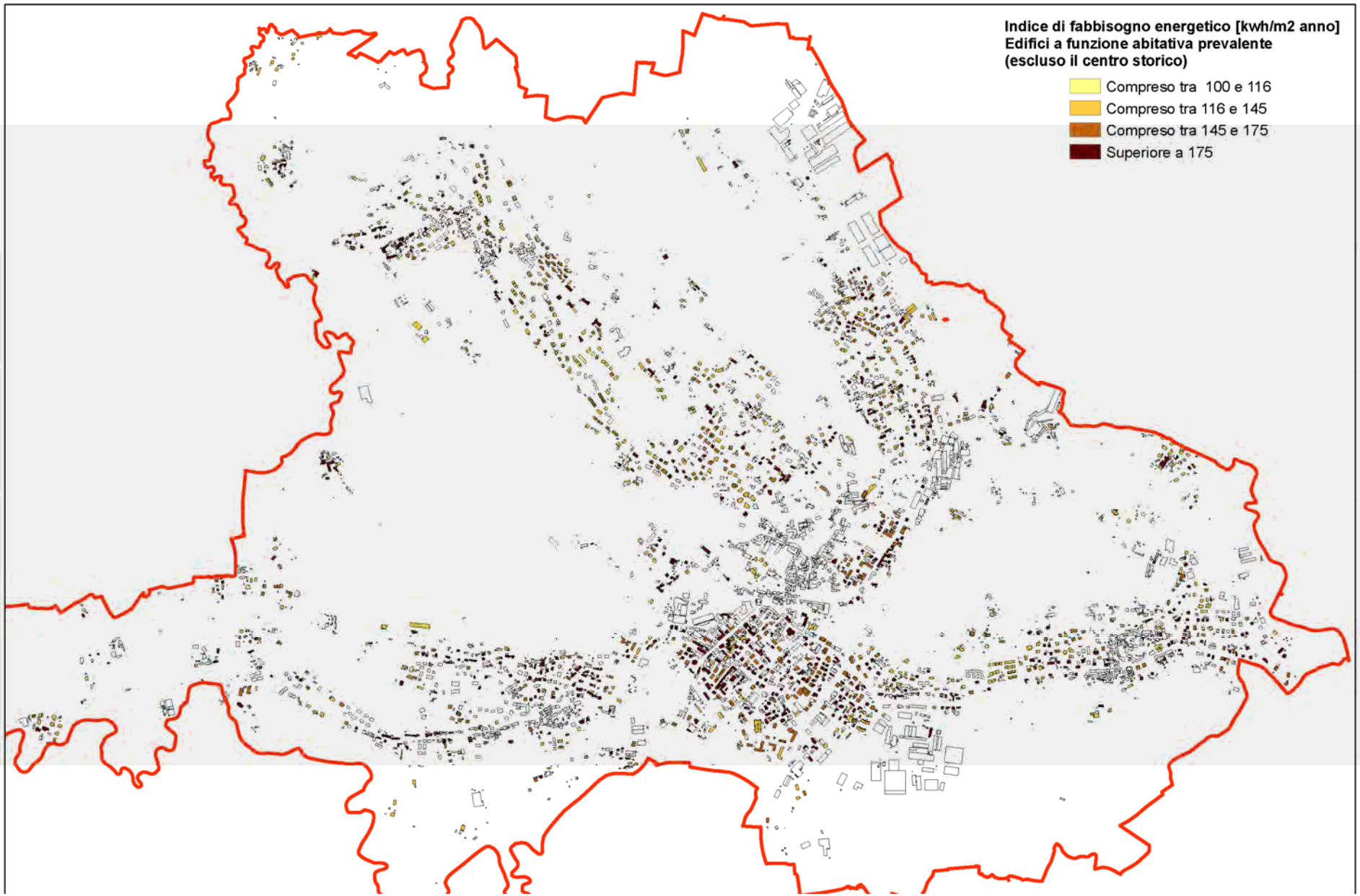


Figura 60 Indice medio di fabbisogno energetico per il riscaldamento degli edifici a funzione abitativa prevalente (non considerato il centro storico).

5.2 Edifici pubblici

Nel periodo 2006-2008, la Fondazione Cariplo ha promosso un Bando con l'obiettivo di favorire la diffusione degli audit energetici negli edifici dei comuni di piccole e medie dimensioni e di avviare - all'interno delle amministrazioni comunali - un processo di formazione di competenze relative alla corretta gestione energetica degli edifici. Un ulteriore obiettivo è stato la diffusione dei risultati alla cittadinanza e alle scuole, per sensibilizzare e coinvolgere anche i cittadini all'adozione di buone pratiche in ambito di risparmio energetico.
Con il progetto "Audit GIS" è stato creato un data base delle informazioni raccolte con gli audit e, per renderle fruibili al pubblico, un sistema di rappresentazione georeferenziata (GIS, Geographical Information System – rappresentazione mediante mappe interattive - vedi www.webgis.fondazionecariplo.it).

Presso il Comune di Besozzo l'audit energetico è avvenuto nel 2007 per i seguenti edifici comunali:

Tabella 27 Elenco edifici comunali di Besozzo oggetto dell'audit energetico.

N°	Nome	Destinazione d'uso	Indirizzo
1	Scuola Elementare 'Giuseppe Mazzini'	Scuole e asili	Via Mazzini, 24
2	Municipio	Municipio e uffici	Via Mazzini, 4
3	Scuola Elementare E Materna 'G. Pascoli'	Scuole e asili	Via Cavour, 6
4	Scuola Elementare 'Margherita Quaglia'	Scuole e asili	Via Quaglia, 2
5	Scuole Medie 'Adamoli'	Scuole e asili	Via Degli Orti, 5
6	Centro Diurno Anziani	Centro ricreativo	Via Zangrilli, 12
7	Scuola Di Musica 'C. Rebuschini'	Scuole e asili	Via Bellorini, 5

5.2.1 Definizione delle caratteristiche degli edifici

Per tutti gli edifici sottoposti all'audit sono state rilevate le caratteristiche tecniche e costruttive (ad esempio muri in pietra, muri in mattoni, ecc.) e l'anno di costruzione con indicazioni di eventuali risanamenti edilizi.

Tabella 28 Estratto caratteristiche principali edifici comunali Besozzo

N°	Tipologia costruttiva edificio	Anno di costruzione	Superficie utile riscaldata (m^2)
1	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	1930	1'538.5
2	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	1850	2'272.5
3	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	1972	1'177
4	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	1950	204
5	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	1974	3'085
6	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	1930	268
7	Sistema puntiforme (trave/pilastro), tamponatura a faccia vista	1950	433

Durante l'audit sono state individuate anche le caratteristiche degli impianti di produzione di calore e dei sistemi di accumulazione, regolazione, emissione e recupero di calore.

5.2.2 Stima dei consumi energetici

La seguente tabella riassume la stima dei consumi energetici (rilevati dalle bollette) così come il conseguente impatto ambientale, per i sette edifici comunali analizzati.

Tabella 29 Consumi per riscaldamento ed elettrici, classe energetica e impatto ambientale

N°	**Consumi riscaldamento** (kWh*anno)	**Consumi riscaldamento specifici** (kWh/m²*anno)	**Consumi elettrici** (kWh*anno)	**Consumi elettrici specifici** (kWh/m²*anno)	**Consumi totali** (kWh*anno)	**Classe energetica**	**CO_2 specifica emessa** (kg/m²*anno)
1	286'145	186.0	39'860	25.9	372'833		49.3
2	294'248	129.5	59'899	26.4	424'516	F	38.2
3	318'262	270.4	34'832	29.6	394'013		67.8
4	42'175	206.7	14'917	73.1	74'617	G	75.6
5	486'253	157.6	46'674	15.1	587'760		38.5
6	39'146	146.1	26'892	100.3	97'631		76.3
7	93'350	215.6	19'116	44.2	134'923		63.7

Terminologia e definizioni:

Consumi riscaldamento
Totale dei consumi per usi termici su base annua espressi in kWh o kWh/m^2
Consumi elettrici
Somma dei consumi di tutte le utenze elettriche su base annua espressi in kWh o kWh/m^2

Consumi totali

Somma dei consumi termici ed elettrici su base annua espressi in kWh, tenendo in considerazione il fattore di conversione delle varie forme d'energia in energia primaria indicato dall'Agenzia per l'energia elettrica e il gas.

Tabella 30 Fattori di conversione dell'energia primaria per vettore energetico.

Vettore energetico	Fattore di energia primaria fEP
Carbone	1.20
Petrolio	1.10
Gas naturale	1.10
Biomasse	1.10
Rifiuti solidi urbani	1.00
Fonti Rinnovabili	1.00
Mix elettrico nazionale	2.37

Classe energetica

La classificazione energetica del CENED è basata sulla valutazione della prestazione energetica del sistema edificio-impianto e utilizza 8 classi, dalla A+ alla G (con efficienza energetica decrescente).

La classe energetica è stata indicata dai Comuni partecipanti alle edizioni del Bando 2006 e 2007 solo nei casi in cui gli edifici sono stati volontariamente sottoposti anche a certificazione energetica. Nel caso di Besozzo si tratta unicamente del Municipio (Classe F) e del Centro Diurno Anziani (classe G).

CO_2 specifica emessa

Valore complessivo della CO_2 emessa sia per gli usi termici che per quelli elettrici rapportata alla superficie dell'edificio. Il calcolo si basa sui coefficienti di emissione riportati nella seguente tabella:

Tabella 31 Coefficienti di emissione di CO_2 per unità di vettore o fonte energetica.

Alimentazione	Coefficiente di emissione CO_2
Energia elettrica (kWh)	0.47
Gasolio (kg)	3.173
Gasolio (l)	3.131
GPL (l)	1.633
Legna da ardere (kg)	3.335
Metano (m^3)	1.95617
Olio combustibile (l)	2.924
Pellets (kg)	3.2

5.2.3 Proposte d'intervento

Per ogni singolo edificio, attraverso gli audit energetici, sono stati identificati degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica (concernenti esclusivamente gli aspetti termici). La seguente tabella presenta i diversi interventi proposti.

Tabella 32 Proposte di intervento per miglioramenti dell'efficienza energetica per edificio e loro caratteristiche.

N°	Tipologia	CO_2 evitata [t/anno]	Energia risparmiata [kWh]	Ritorno investimento [anni]	Costo interventi (€)
1	Coibentazione pareti laterali	12'226	23'971	11	70'132
	Altro - Coibentazione ultimo solaio	21'461	42'077	3	
	Altro - Tubo canadese	5'041	9'884	5	
2	Coibentazione pareti laterali	11'283	22'122	14	90'470
	Altro - Coibentazione ultimo solaio	7'848	15'386	3	
	Altro - Coibentazione primo solaio	4'914	9'634	14	
	Altro - Tubo canadese	5'605	10'990	6	
3	Altro - Coibentazione ultimo solaio	4'430	8'686	5	227'392
	Sostituzione infissi	13'145	25'773	51	
4	Coibentazione pareti laterali	2'702	5'298	9	9'786
	Altro - Coibentazione ultimo solaio	3'079	6'037	3	
5	Coibentazione pareti laterali	8'421	16'511	10	51'275
	Altro - Coibentazione ultimo solaio	9'550	18'724	3	
	Altro - Tubo canadese	7'203	14'122	7	
6	Altro - Coibentazione ultimo solaio	1'200	2'352	4	45'360
	Sostituzione vetrocamere	2'115	4'146	62	
7	Coibentazione pareti laterali	4'834	9'477	11	18'266
	Altro - Coibentazione ultimo solaio	2'437	4'779	3	

Il tempo di ritorno dell'investimento è basato sul costo degli interventi stimati al momento dell'audit e su un tasso di interesse (4.7%) definito dalla Fondazione in base alle condizioni di mercato del 2007. Purtroppo dalle mappe interattive generate dal sistema di rappresentazione georeferenziata non si riesce ad evincere il costo di ogni singolo intervento ma unicamente il totale per ciascun edificio, motivo per il quale non si può effettuare un'analisi economica dettagliata.

Unicamente il Centro diurno anziani e la scuola Elementare e Materna 'G. Pascoli' presentano degli interventi che hanno un tempo di ritorno d'investimento elevato. Ci sono due tipi di interventi (coibentazione ultimo solaio e coibentazione pareti laterali) che possono venire effettuati su tutti o quasi tutti gli edifici e che risultano essere economicamente molto interessanti (ritorno investimento compresi tra 3 e 14 anni) . Realizzando questi due interventi di miglioria si potrebbe diminuire dell'11% il consumo complessivo di energia per il riscaldamento di tutti gli edifici comunali.

La seguente tabella presenta il potenziale di diminuzione per ogni singolo edificio.

Tabella 33 Risparmio energetico ottenibile per edificio con due diversi tipi di intervento (coibentazione solaio e coibentazione pareti laterali).

N°	Nome	Consumi riscaldamento (kWh*anno)	Risparmio energia con coibentazione solaio	Risparmio energia con coibentazione pareti laterali	Risparmio energia con coibentazione pareti laterali e solaio
1	Scuola Elementare 'Giuseppe Mazzini'	286'145	14.7%	8.4%	23.1%
2	Municipio	294'248	5.2%	7.5%	12.7%
3	Scuola Elementare E Materna 'G. Pascoli'	318'262	2.7%	-	2.7%
4	Scuola Elementare 'Margherita Quaglia'	42'175	14.3%	12.6%	26.9%
5	Scuole Medie 'Adamoli'	486'253	3.9%	3.4%	7.2%
6	Centro Diurno Anziani	39'146	6.0%	-	6.0%
7	Scuola Di Musica 'C. Rebuschini'	93'350	5.1%	10.2%	15.3%
Tutti gli edifici comunali		***1'559'579***	***6.3%***	***5.0%***	***11.2%***

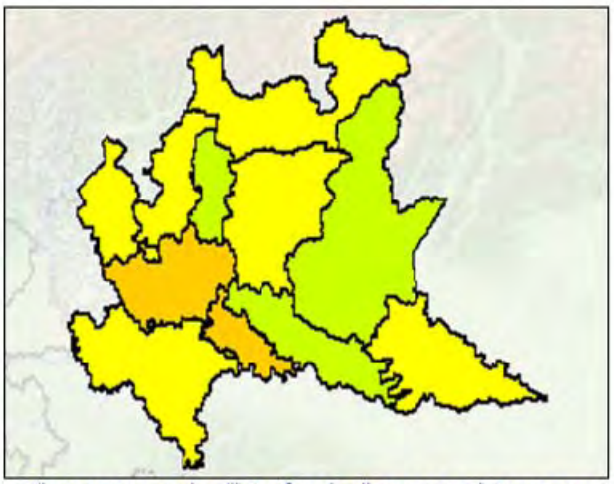
5.2.4 Confronto consumi riscaldamento specifici

Il bando ha coinvolto in tre anni 650 Comuni al di sotto dei 30'000 abitanti appartenenti alle province lombarde e di Novara e Verbania, ovvero oltre un terzo dei Comuni piccoli e medi del territorio. Al termine delle attività, gli audit leggeri realizzati sono stati oltre 4'000, mentre le diagnosi dettagliate, comprensive di analisi degli interventi di efficienza energetica, superavano le 1'500 unità.

I consumi di riscaldamento specifici riscontrati per gli edifici comunali di Besozzo (187 kWh/m²*anno) sono in linea con quelli della provincia di Varese (171 kWh/m²*anno) e nella media con quanto emerso sull'intero territorio esaminato.

Consumi riscaldamento specifici (kWh/m²*anno)

Totale dei consumi per usi termici su base annua espressi in kWh e rapportati alla superficie dell'edificio



Cliccare per aprire l'interfaccia di mappa e interrogare

Legenda (kWh/m²*anno):

< 50	da 50 a 100	da 100 a 150	da 150 a 200
da 200 a 250	da 250 a 500	> 500	

Provincia	kWh/m²*anno
CREMONA	134,31
BRESCIA	134,37
LECCO	148,93
SONDRIO	153,83
MANTOVA	164,99
VARESE	170,95
COMO	172,05
BERGAMO	174,44
PAVIA	191,02
MILANO	213,47
LODI	233,26

Figura 61 Consumi per riscaldamento specifici suddivisi per provincia (output sito Audit GIS).

5.3 Prescrizioni regionali per la razionalizzazione dei consumi e il risparmio energetico

Le stime di consumo energetico introdotte nei due paragrafi precedenti evidenziano la necessità di un intervento radicale al fine di contenere e razionalizzare i consumi del parco immobiliare. Consapevole di tale contesto, negli ultimi anni la Regione Lombardia ha emanato diversi provvedimenti in materia. In particolare, le norme introdotte con la L.R. 24/2006 e le delibere regionali di attuazione in materia di efficienza energetica nell'edilizia e certificazione energetica degli edifici (DGR VIII/5018 del 2007, DGR VIII/5773 del 2007 e DGR VIII/8745 del 2008) introducono vincoli stringenti per:

- nuovi edifici;
- demolizioni con ristrutturazione;
- ristrutturazioni edilizie;
- ampliamenti volumetrici;
- recuperi a fini abitativi di sottotetti esistenti;
- interventi di nuova installazione o sostituzione degli impianti di riscaldamento o dei generatori di calore;
- interventi di manutenzione straordinaria.

Oltre a prescrizioni di natura tecnica che non si ritiene necessario citare in questa sede, tali norme introducono le prescrizioni puntuali indicati di seguito.

- **Limite per l'indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale**, differenziato in base al rapporto di forma dell'edificio (superficie disperdente S/volume lordo a temperatura controllata V), zona climatica e destinazione d'uso dell'edificio, secondo i parametri che seguono:

Rapporto di forma dell'edificio	*ZONA CLIMATICA*				
	D		*E*		*F*
S/V [m^{-1}]	da 1401 [GG]	a 2100 [GG]	a 2101 [GG]	a 3000 [GG]	oltre 3001 [GG]
≤ 0,2	21,3	34	34	46,8	46,8
≥ 0,9	68	88	88	116	116

Per valori di S/V e gradi giorno intermedi a quelli riportati nella tabella, il valore limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale o il riscaldamento deve essere determinato mediante interpolazione lineare. Considerando che il Comune di Besozzo è caratterizzato da 2'506 gradi-giorno, i limiti in vigore possono essere così espressi:

	Limite per l'indice di fabbisogno invernale [kWh/m^2 anno]
Edificio a torre (S/V <0.2)	39.8
Palazzina di 3/4 piani (S/V = 0.5)	65.8
Abitazione mono-bifamigliare (S/V >0.9)	100.6

- **Limite di trasmittanza termica** [W/m^{2}K] per **le strutture che delimitano l'involucro** (valori limite per i singoli componenti opachi e vetrati che delimitano l'involucro dell'edificio verso l'esterno o verso ambienti a temperatura non controllata):

Zona climatica	*Strutture rivolte verso l'esterno ovvero verso ambienti a temperatura non controllata*			
	Opache verticali	*Opache orizzontali o inclinate*		*Chiusure trasparenti comprensive di infissi*
		Coperture	*Pavimenti*	
D	0,36	0,32	0,36	2,4
E	0,34	0,30	0,33	2,2
F	0,33	0,29	0,32	2,0

Per le ristrutturazioni, i valori limite relativi alle strutture opache possono essere incrementati del 30%.

- Obbligo di dotazione di **sistemi schermanti tali da ridurre del 70% la radiazione solare incidente sulle superfici trasparenti nel periodo estivo** e da captare l'intera radiazione nel periodo invernale. Per ristrutturazioni, ampliamenti e manutenzioni straordinarie è consentito l'utilizzo di sistemi filtranti, che garantiscano le stesse prestazioni.
- Obbligo di **coprire almeno il 50% del fabbisogno di energia primaria per la produzione acqua calda sanitaria (ACS) con impianti alimentati a fonti energetiche rinnovabili.** Tale obbligo si intende soddisfatto anche attraverso
    - **reti di teleriscaldamento** alimentate dalla combustione di **rifiuti solidi urbani, biogas o reflui energetici da processi produttivi** non altrimenti utilizzabili;
    - **pompe di calore**, purché siano rispettati valori limite di prestazione energetica.

  Sono comunque previste deroghe in funzione dell'ubicazione dell'edificio o dell'impossibilità di sfruttamento ottimale dell'energia da fonti rinnovabili.
- Obbligo di predisposizione delle **opere e** degli **impianti** necessari a favorire il **collegamento a reti di teleriscaldamento**, nel caso in cui siano presenti tratte di rete a una distanza inferiore a 1'000 metri o progetti approvati nell'ambito di opportuni strumenti di pianificazione.
- In tutti gli edifici esistenti, in caso di nuova installazione o sostituzione dell'impianto termico e in caso di sostituzione del generatore di calore, obbligo di realizzare gli interventi per permettere la **contabilizzazione e la termo-regolazione del calore per singola unità immobiliare.**
- Obbligo di introduzione di **dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali che hanno caratteristiche di uso e esposizione uniformi**, al fine di non determinare sovra-riscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni, e di **centraline di termoregolazione**, pilotate dalla misura dell'aria interna ed eventualmente dalla misura della temperatura esterna, che consentano la programmazione della regolazione della temperatura ambiente nell'arco delle 24 ore.

Una sintesi di tali misure e dei processi alle quali si applicano è riportata nella Tabella 35.

Si segnalano infine i provvedimenti proposti dalla Legge per il rilancio dell'edilizia [L.R. 13/2009], in attuazione del Piano casa governativo. Tale legge dispone la concessione di bonus volumetrici per interventi che garantiscano elevate prestazioni energetiche, secondo le modalità sintetizzate in Tabella 34 (per la descrizione esaustiva dei bonus ammissibili, si faccia riferimento al testo di legge).

Tabella 34 Le condizioni incentivanti proposte dalla Legge per il rilancio dell'edilizia (L.R. 13/2009).

		Incremento volumetrico concesso	Diminuzione del fabbisogno termico per riscaldamento invernale da garantire
Edifici mono e bi-famigliari completamente residenziali	Ampliamento	20% in più rispetto all'esistente, non più di 300 m^3 per unità abitativa	Almeno il 10% rispetto all'edificio esistente
Edifici plurifamiliari inferiori a 1'200 m^3	Ampliamento	20% in più rispetto all'esistente	Almeno il 10% rispetto all'edificio esistente
Edifici esclusivamente residenziali	Demolizione con ricostruzione	30% di incremento volumetrico, 35% in caso di congruo equipaggiamento arboreo (anche senza obbligo di mantenere i caratteri storici, architettonici, paesaggistici e ambientali)	Almeno il 30% del valore limite stabilito dalla DGR VIII/8745
Edifici industriali e artigianali	Demolizione e ricostruzione	30% di incremento volumetrico, 35% in caso di congruo equipaggiamento arboreo	Almeno il 30% del valore limite stabilito dalla DGR VIII/8745

Non sono concessi ampliamenti volumetrici all'interno dei centri storici, dei nuclei di antica formazione e delle aree naturali protette.

Le condizioni definite dal piano di rilancio dell'edilizia sono in vigore dalla metà di ottobre 2009 e termineranno a metà aprile 2011 (al fine di poterne godere occorre presentare ai Comuni le Denunce di Inizio attività o le richieste di Permesso di costruire entro il 15 aprile 2011).

Tabella 35 Sintesi delle prescrizioni vigenti in Regione Lombardia per il sistema edificio-impianto termico (DGR VIII/8745).

	Involucro			Impianti			
	Valore limite per l'indice di prestazione energetica invernale	**Limite di trasmittanza termica**	**Sistemi schermanti o filtranti tali da ridurre del 70% la radiazione**	**Almeno il 50% del fabbisogno energetico per ACS con fonti rinnovabili**	**Predisposizione collegamento a reti di teleriscaldamento**	**Contabilizzazione del calore per unità immobiliare**	**Regolazione della temperatura nei singoli locali**
Nuovi edifici	X	X	X	X	X	X	X
Demolizioni e ricostruzioni	X	X	X	X	X	X	X
Ristrutturazioni che coinvolgano il 25% o meno della superficie disperdente dell'edificio		X	X				
Ristrutturazioni che coinvolgano il 25% o più della superficie disperdente dell'edificio	X						
Ampliamenti tali che il volume lordo a temperatura controllata della nuova porzione risulti inferiore o uguale al 20% di quello esistente		X	X				X
Ampliamenti tali che il volume lordo a temperatura controllata della nuova porzione risulti uguale o superiore al 20% di quello esistente	X						X
Recupero dei sottotetti			X				X
Nuova installazione o sostituzione degli impianti di riscaldamento o sostituzione dei generatori di calore	X			X	X	X	X
Manutenzione straordinaria per le strutture opache e le strutture trasparenti, inclusive di infissi		X	X				

5.4 Lo standard MINERGIE® in vigore in Svizzera

Da diversi anni in Svizzera è stato introdotto lo standard di costruzione MINERGIE®, un modello volontario che promuove l'impiego razionale dell'energia e l'utilizzazione di energie rinnovabili, con l'obiettivo di ridurre l'inquinamento ambientale dovuto agli insediamenti edilizi e di migliorare al contempo il comfort e la qualità di vita.

L'approccio MINERGIE® si basa su una visione integrata del sistema edificio: vengono definite prescrizioni per l'involucro, gli impianti per il riscaldamento e il raffrescamento, gli elettrodomestici. È infatti obbligatorio tenere conto, in sede di progettazione, dei seguenti elementi:

- involucro dell'edificio: l'involucro deve garantire elevata inerzia termica ed elevata ermeticità;
- fabbisogno energetico complessivo dell'edificio, calcolato secondo una apposita procedura di calcolo (parametro energetico pesato);
- sistemi di ventilazione per il rinnovo dell'aria all'interno dell'edificio: poiché gli edifici hanno involucri altamente impermeabili all'aria (ermetici), occorre adottare degli accorgimenti specifici al fine di garantire un apporto adeguato di aria fresca, nonché la fuoriuscita di inquinanti e del vapore acqueo. L'aerazione volontaria (manuale) tramite l'apertura delle finestre non è di per sé sufficiente: il ricambio dell'aria deve essere garantito attraverso requisiti meccanici;
- comfort termico estivo.

E' inoltre obbligatorio soddisfare alcuni requisiti specifici per categoria di edificio, riguardanti l'illuminazione, gli impianti frigoriferi industriali e la produzione di calore.

Gli edifici che rispettano questi standard sono caratterizzati da un consumo energetico per riscaldamento molto ridotto: nel bilancio energetico del sistema edificio gioca quindi un ruolo importante il consumo energetico per produzione di acqua calda sanitaria. Pertanto molto frequentemente gli edifici che rispettano tale standard sono dotati di collettori solari con cui coprire tale fabbisogno.

Attualmente sono in vigore tre standard differenti appartenenti alla famiglia MINERGIE®: MINERGIE®, MINERGIE®-P, più restrittivo del precedente, e MINERGIE-ECO®, volto a garantire una costruzione sana ed ecologica, una estensione dello standard MINERGIE® o MINERGIE-P® (gli edifici certificati MINERGIE-ECO® devono obbligatoriamente essere certificati MINERGIE® o MINERGIE-P®).

I valori limite introdotti in entrambi gli standard sono riferiti alla norma SIA 380/1 della Società svizzera degli ingegneri e architetti (SIA), che ha come obiettivo l'impiego moderato ed economico dell'energia per il riscaldamento dei locali e dell'acqua. Per i nuovi edifici costruiti in base a questa norma, il consumo annuo d'energia deve essere non superiore a 48 kWh/m^2, per i risanamenti degli edifici esistenti a 89 kWh/m^2. Si segnala in particolare che nel corso del 2008 tale norma è stata recepita nel corpo normativo di diversi Cantoni, incluso il Cantone Ticino ("Regolamento per l'utilizzazione dell'energia", RUEn). Le sue prescrizioni sono dunque diventate obbligatorie e vincolanti, sia peri nuovi edifici che per i risanamenti degli edifici esistenti. La differenza principale tra lo standard MINERGIE® e le norme attualmente in vigore in Cantone Ticino riguarda il ricorso a sistemi di ventilazione per l'aerazione dei locali, obbligatorie per MINERGIE® e solo facoltative ai sensi del RUEn. Lo sforzo principale nella promozione della certificazione Minergie in Svizzera è quindi ora principalmente rivolto alla promozione dell'etichetta MINERGIE-P®.

I parametri quantitativi di consumo energetico sono diversificati in base alla tipologia di edificio. A titolo di riferimento, per i nuovi edifici lo standard MINERGIE® è concesso nel caso siano rispettati i parametri riportati nella tabella che segue (dove: RH = riscaldamento ambiente, WW = acqua calda, Elettr. aerazione = elettricità per aerazione automatica), oltre a un vincolo complessivo sul Fabbisogno termico per

riscaldamento (Qh), che deve essere inferiore o uguale al 90% del valore limite definito in base alla procedura SIA 380/1 (Qh,limite).

Tabella 36 Parametri previsti dallo standard MINERGIE® per i nuovi edifici.

Categoria	**Parametro energetico pesato (kWh/m^2 anno)**	**Impianto di aerazione**	**Requisiti specifici**
Abitazioni mono e multifamigliari	**38** RH, WW, elettr. aerazione*	necessario	Elettrodomestici: consigliata etichetta energetica classe A
Amministrazione, Scuole, Vendita	**40** RH, WW, elettr. aerazione*	necessario	Illuminazione secondo SIA 380/4[#] impianti frigoriferi industriali
Ristoranti	**45** RH, elettr. aerazione*	necessario	Illuminazione secondo SIA 380/4[#] EC: 20% del fabbisogno con energia rinnovabile
Locali per riunioni	**40** RH, WW, elettr. aerazione*	necessario	Illuminazione secondo SIA 380/4[#]
Ospedali	**70** RH, WW, elettr. aerazione*	necessario	Illuminazione secondo SIA 380/4, [#] impianti frigoriferi industriali
Industria, Magazzino	**20** RH, WW, (elettr. aerazione*)	raccomandato	Illuminazione secondo SIA 380/4[#]
Impianti sportivi	**25** RH, elettr. aerazione*	necessario	Illuminazione secondo SIA 380/4[#] EC: 20% del fabbisogno con energia rinnovabile

* = Nel valore limite MINERGIE® è compreso anche il consumo energetico per un'eventuale climatizzazione dell'ambiente (raffreddamento, umidificazione e deumidificazione).
[#] = La norma 380/4 si prefigge un impiego razionale di elettricità negli edifici e negli impianti e, quale ausilio alla pianificazione, vuole contribuire all'ottimizzazione del consumo di elettricità negli edifici nuovi o trasformati.

Si noti che il consumo di elettricità dovuto all'impianto di ventilazione costituisce, al pari del consumo energetico per il riscaldamento degli ambienti, parte integrante dello standard MINERGIE® ed entra nel calcolo del cosiddetto "parametro energetico pesato", che definisce il limite di consumo energetico in kWh/m^2 anno.

Il frequente ricambio dell'aria diventa infatti indispensabile negli edifici caratterizzati da elevato isolamento termico e, soprattutto, ermeticità all'aria. Il ricorso a impianti meccanizzati di ventilazione, in luogo dell'aerazione tradizionale attraverso finestra, consente una netta diminuzione del fabbisogno termico complessivo dell'edificio Qh (cfr. Figura 62) e assicura un ricambio d'aria sufficiente all'eliminazione dell'umidità nei locali, degli odori della cucina e al filtraggio dell'aria prelevata all'esterno, limitando l'entrata di smog e pollini.

Al fine di contenere i consumi energetici complessivi è opportuno abbinare all'impianto di ventilazione meccanica dell'aria un sistema di recupero di calore dell'aria che viene convogliata in uscita dall'appartamento.

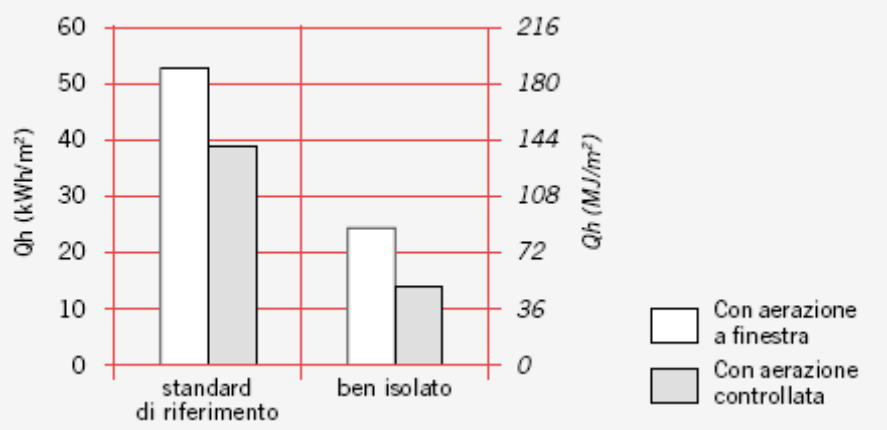


Figura 62 Effetto del sistema di aerazione sulla definizione del fabbisogno termico complessivo Q_h , per un edificio standard e un edificio ben isolato termicamente [fonte: Manuale MINERGIE®, 2004].

Vincoli meno stringenti sono introdotti in entrambi gli standard per interventi di ristrutturazione del patrimonio edilizio esistente: lo standard MINERGIE® impone i limiti riportati nella tabella seguente. Si segnala in particolare che per le ristrutturazioni non sono imposte limitazioni al Fabbisogno termico per riscaldamento Q_h.

Tabella 37 Parametri previsti dallo standard MINERGIE® per le ristrutturazioni.

Categoria	**Parametro energetico pesato (kWh/m² anno)**	**Impianto di aerazione**	**Requisiti specifici**
Abitazioni mono e multifamiliari	**60** RH, WW, elettr. aerazione*	presupposto	Elettrodomestici: consigliata etichetta energetica classe A
Amministrazione, Scuole, Vendita	**55** RH, WW, (elettr. aerazione*)	raccomandato	Illuminazione secondo SIA 380/4 impianti frigoriferi industriali
Ristoranti	**65** RH, elettr. aerazione*	presupposto	Illuminazione secondo SIA 380/4 WW: 20% del fabbisogno con energia rinnovabile
Locali per riunioni	**60** RH, WW, (elettr. aerazione)*	raccomandato	Illuminazione secondo SIA 380/4
Ospedali	**85** RH, WW, elettr. aerazione*	presupposto	Illuminazione secondo SIA 380/4 impianti frigoriferi industriali
Industria	**40** RH, WW, (elettr. aerazione*)	raccomandato	Illuminazione secondo SIA 380/4
Magazzino	**35** RH, WW, (elettr. aerazione*)	raccomandato	Illuminazione secondo SIA 380/4
Impianti sportivi	**40** RH, (elettr. aerazione*)	raccomandato	Illuminazione secondo SIA 380/4 WW: 20% del fabbisogno con energia rinnovabile

L'agenzia che si occupa della promozione degli standard Minergie riscontra sistematicamente che il rispetto dei requisiti previsti dall'etichetta MINERGIE® comporta un aumento dei costi di costruzione pari al massimo al 10% rispetto alle tecniche tradizionali; per lo standard MINERGIE-P® l'aumento dei costi è invece di circa il 15%, a fronte di prestazioni energetica significativamente più efficienti. Si tratta dunque di incrementi sostenibili dal punto di vista finanziario, soprattutto considerando che vengono ammortizzati nel corso della vita utile degli edifici, attraverso la diminuzione delle spese per il riscaldamento invernale. È inoltre importante sottolineare che gli edifici che rispettano gli standard MINERGIE® hanno un valore di

mercato superiore agli edifici tradizionali: secondo ricerche effettuate dalla Banca Cantonale di Zurigo si registra mediamente un incremento del 9% rispetto al prezzo di compra-vendita di edifici di pari caratteristiche (epoca di costruzione, localizzazione, dimensioni e finiture) [fonte: Agenzia MINERGIE®].

La definizione degli obblighi MINERGIE-P® segue lo stesso approccio dello standard MINERGIE®: sono pertanto previsti vincoli differenziati per nuove costruzioni e ristrutturazioni, nonché per funzione d'uso dell'edificio. La Figura 63 sintetizza le differenze principali tra i due sistemi MINERGIE® e MINERGIE-P®, in relazione a un edificio residenziale mono-famigliare di nuova costruzione.

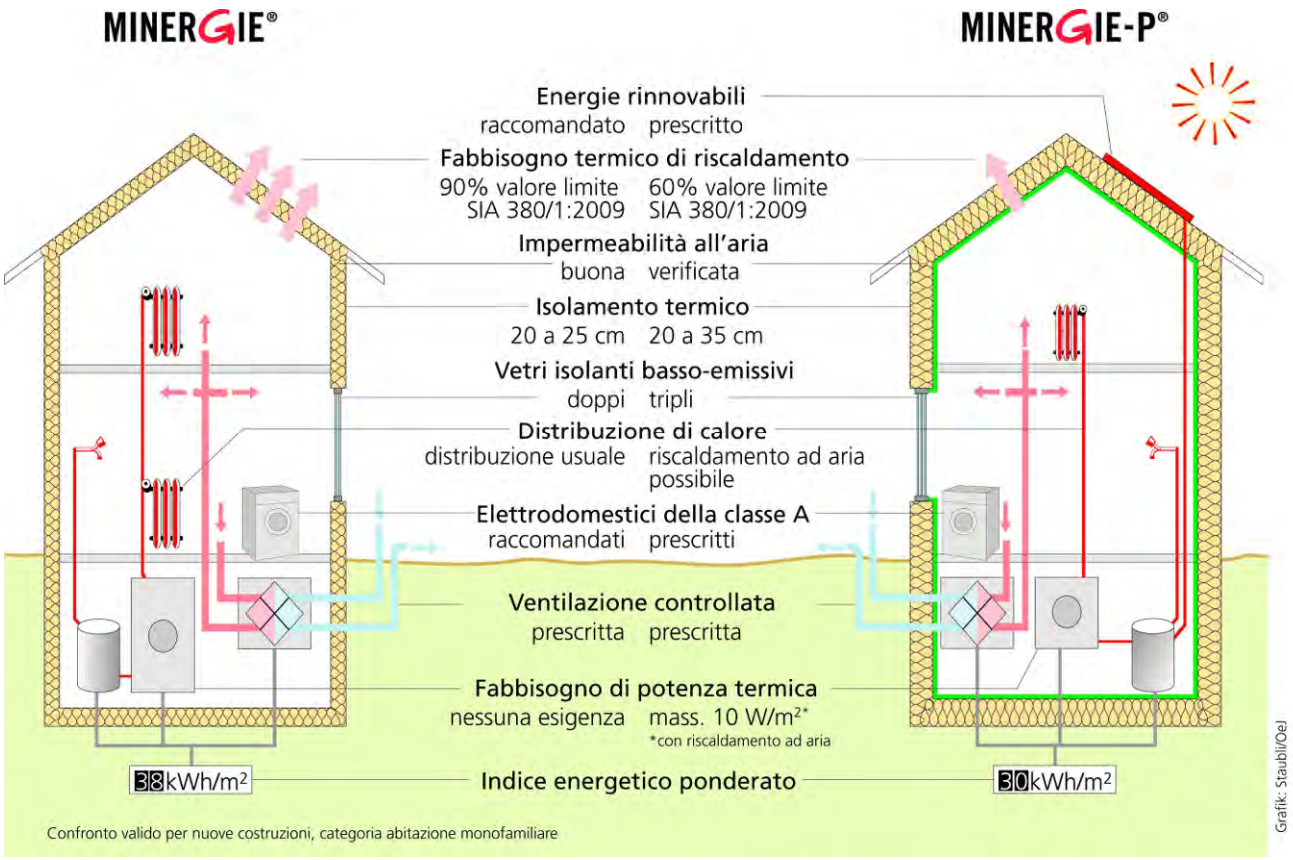


Figura 63 Sintesi dei requisiti introdotti dagli standard MINERGIE® e MINERGIE-P® per edifici di nuova costruzione [fonte: www.minergie.ch].

Lo standard MINERGIE-ECO® è volto a garantire una costruzione sana ed ecologica e deve rispettare le imposizioni previste dagli standard MINERGIE® o MINERGIE-P® per quanto riguarda le caratteristiche del sistema edificio. I requisiti di MINERGIE-ECO® si basano su sei criteri: gli aspetti legati alla salute sono racchiusi nei criteri *luce*, *rumore* ed *aria interna*, mentre i criteri *materie prime*, *costruzione* e *demolizione* raccolgono gli aspetti di edilizia ecologica. Vi sono inoltre criteri di esclusione che impediscono che vengano impiegati metodi e materiali incompatibili con la costruzione sostenibile. La Figura 64 esemplifica i concetti alla base dello standard MINERGIE-ECO®.

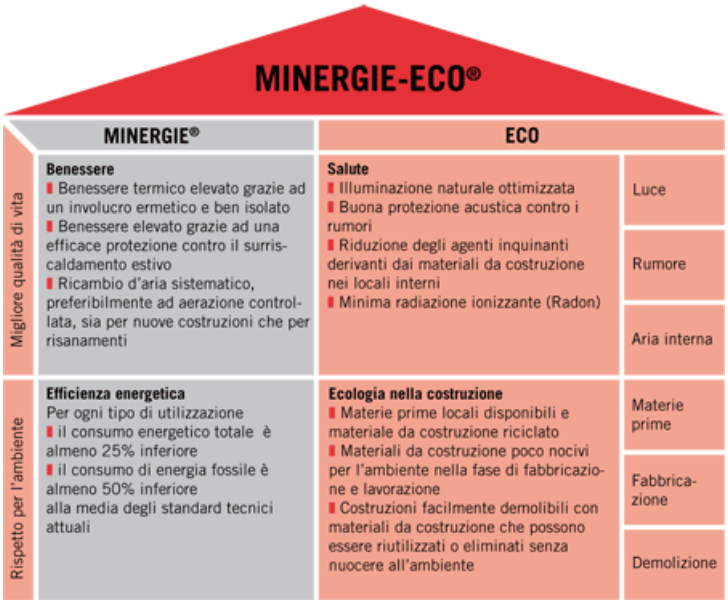


Figura 64 La filosofia di base dello standard MINERGIE-ECO®.

Si ritiene utile in questa sede fornire alcuni suggerimenti operativi relativi al raggiungimento degli standard MINERGIE®, come descritti nell'ambito del "Manuale di aiuto alla progettazione" [Rudolf Fraefel, 2004], disponibile presso www.minergie.ch.

Particolare importanza viene attribuita all'orientamento degli edifici, al fine di massimizzare la captazione diretta di radiazione solare, ritenuta di gran lunga il sistema più efficace e conveniente d'impiego dell'energia solare. L'uso passivo dell'energia solare deve essere ottimizzato a livello architettonico anziché impiantistico: la captazione dell'energia solare avviene tramite le finestre a sud, mentre l'accumulo avviene a livello di pavimento, pareti e solai dell'edificio.

In assenza di ombreggiature sulle finestre esposte a Sud, conviene disporre l'edificio con l'asse principale N-S (zona notte a Nord, zona giorno a Sud): cioè consente una riduzione del fabbisogno energetico pari a circa il 5% (cfr. Figura 65, che mostra l'effetto dell'orientamento dell'edificio in relazione al fabbisogno energetico complessivo Q_h [KWh/m^2*anno]).

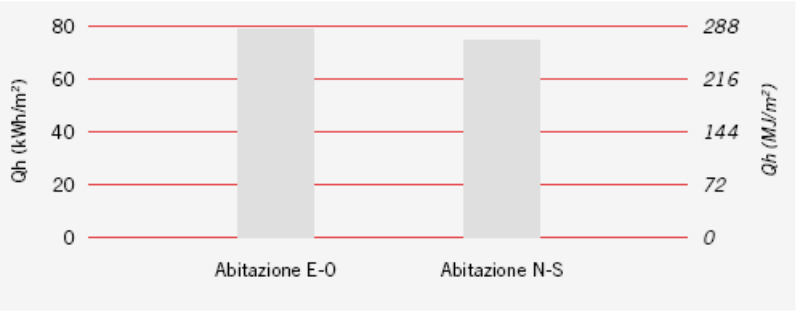


Figura 65 Effetto dell'orientamento dell'edificio rispetto al fabbisogno termico complessivo Q_h [fonte: Manuale MINERGIE®, 2004].

Al fine di limitare l'ombreggiamento dovuto a elementi architettonici dell'edificio stesso, occorre evitare la realizzazione di terrazzi di ampia dimensione davanti alle finestre, preferendo collocarli in posizione laterale. Sono invece auspicabili balconcini di ridotta profondità, tettorie o altri sistemi di ombreggiamento naturale, attraverso piante a foglie caduche, che favoriscano l'ombreggiamento estivo, quando il sole è più alto all'orizzonte, senza impedire la massima captazione della radiazione nei mesi invernali, quando il sole è più basso. Il sistema più efficace per contenere il surriscaldamento estivo consiste comunque nel dotare l'edificio di schermature avvolgibili da apporre esternamente alle finestre.

In relazione alle finestre, si segnala anche che, in presenza di involucri caratterizzati da elevato valore di isolamento termico, l'intelaiatura è responsabile della dispersione di grandi quantità di calore dall'edificio: è pertanto importante che la percentuale di telaio sia ridotta al minimo (cfr. Figura 66).

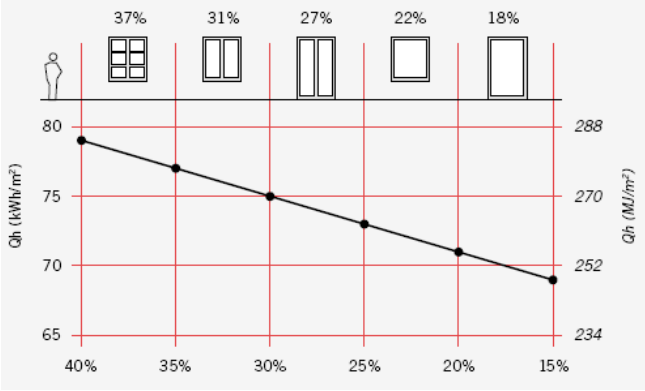


Figura 66 Effetto dell'intelaiatura delle fineste rispetto al fabbisogno termico complessivo Q_h [fonte: Manuale MINERGIE®, 2004].

Ai fini del contenimento delle dispersioni dell'involucro risulta infine di estrema importanza la forma dell'edificio: quanto più è compatta, tanto inferiore è il fabbisogno termico dell'edificio (cfr.Figura 67).

Per quanto riguarda i meccanismi per la distribuzione del calore, lo standard MINERGIE® promuove il ricorso a sistemi di riscaldamento a pavimento autoregolanti, che si caratterizzano per bassissime temperature di esercizio, pari al massimo a 24/30°C in condizioni di estremo freddo o 22/26°C nelle stagioni intermedie. Tali sistemi si definiscono autoregolanti perché non appena l'aria ambiente raggiunge una temperatura superiore a quella del pavimento, l'emissione di calore si arresta automaticamente. I riscaldamenti a pavimento convenzionali invece mal si adattano agli ambienti molto soleggiati a causa della loro inerzia termica.

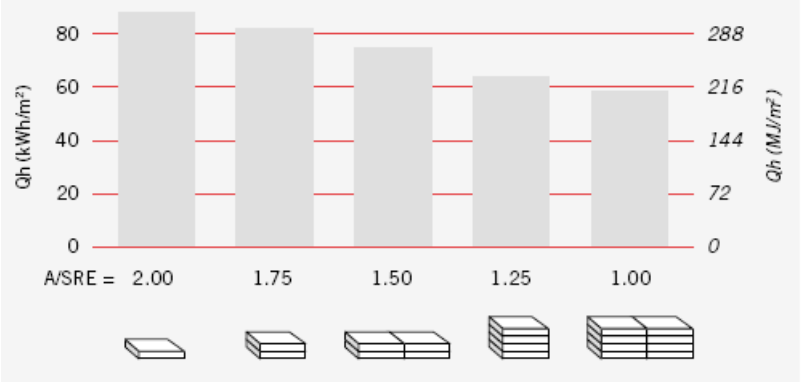


Figura 67 Effetto della forma dell'edificio rispetto al fabbisogno termico complessivo Q_h [fonte: Manuale MINERGIE®, 2004].

A livello di realizzazioni pratiche, si segnala un interessante edificio plurifamiliare realizzato a Lugano nel 2007, che si contraddistingue per aver ottenuto la certificazione MINERGIE- ECO e per i seguenti aspetti innovativi:

- struttura portante in legno;
- utilizzo di energia geotermica per la copertura del fabbisogno termico (cfr. paragrafo 4.4)
- sfruttamento ottimale dell'illuminazione naturale.

Figura 68 Casa Montarina a Lugano (edificio MINERGIE-ECO®) [fonte: Agenzia MINERGIE® www.minergie.ch].

Si tratta del primo edificio svizzero di sei piani realizzato in legno senza un corpo scala stabilizzante in calcestruzzo armato. I quattro appartamenti, per un totale di superficie riscaldata di circa 740 m^2, si sviluppano su diversi livelli sfalsati e vengono riscaldati tramite pompa di calore alimentata da quattro sonde geotermiche (una per ogni appartamento) di circa 100 metri di lunghezza.
Il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio (parametro energetico pesato MINERGIE®, che include il riscaldamento, l'aerazione controllata e l'acqua calda sanitaria) è pari a 41,2 kWh/m^2*anno (si consideri che il limite MINERGIE® in vigore fino al 31/12/2008 era pari a 42 kWh/m^2*anno).

Particolarmente interessanti sono i suggerimenti offerti dallo standard MINERGIE® per gli interventi di ristrutturazione, per i quali conviene sempre attribuire la priorità alla ristrutturazione dell'involucro dell'edificio, effettuando in un secondo tempo il rinnovo degli impianti.

Si consideri ad esempio l'intervento di recupero di una abitazione sita nel nucleo storico di Rancate (Cantone Ticino) [fonte: Agenzia MINERGIE®]. La casa è in contiguità su due lati, presentando solo due facciate esterne: una verso la via pubblica e una verso gli spazi privati; la pianta ha forma rettangolare e compatta su tre piani.

Per la ristrutturazione dell'edificio nel nucleo si è operato soltanto all'interno, lasciando allo stato originale l'esterno. Grazie alle dimensioni relativamente generose dei locali è stato infatti possibile posare uno strato di isolamento termico a secco sul lato interno della muratura, rivestendolo poi con lastre di cartongesso. Le solette sono state sostituite con nuove travature in legno lamellare per poterle meglio isolare, mente il tetto è stato rifatto a nuovo con travi lamellari di sezione 60 x 280 mm, anche per aumentare gli spessori isolanti. Per l'isolamento termico sono stati utilizzati materiali biologici quali pannelli in fibre di legno, fiocchi di cellulosa, lana di pecora per otturare le piccole fessure e pannelli di sughero.
Le grandi vetrate verso il loggiato poste a sud-est sono state dotate di vetri termoisolanti basso emissivi (coefficiente U 0,9 W/m^2 K).

Figura 69 L'abitazione sottoposta a recupero MINERGIE® prima e dopo l'intervento [fonte: Agenzia MINERGIE® www.minergie.ch].

Mentre prima della ristrutturazione il ricambio d'aria era garantito dalla presenza di spifferi attraverso finestre e porte, nel rispetto degli standard MINERGIE®, l'involucro è stato reso praticamente ermetico all'aria: l'edificio è stato pertanto dotato di un meccanismo di ventilazione meccanica con recupero di calore, con portata d'aria pari a 150 m^3/ora.
Infine, l'edificio utilizza l'energia solare, in parte in modo passivo (ampie vetrate a Sud-Est) e in parte in modo attivo (collettori solari piani per l'acqua calda sanitaria). Il rimanente fabbisogno termico è coperto attraverso un impianto stufa a legna a carica manuale, non essendo stato necessario dotare l'edificio di un sistema centralizzato di distribuzione del calore.

In virtù della sua flessibilità, lo standard MINERGIE® si adatta a tutte le tipologie architettoniche, specie negli interventi di ristrutturazione: hanno infatti goduto della certificazione MINERGIE® i risanamenti effettuati sull'edificio di aspetto tradizionale riportato nella Figura 70, sito nel Canton Berna, così come quelli sull'edificio della Figura 71, sito a Zurigo.

Figura 70 Abitazione sottoposta a recupero MINERGIE® nel Canton Berna: due facciate dell'edificio [fonte: Agenzia MINERGIE® www.minergie.ch].

Figura 71 Abitazione sottoposta a recupero MINERGIE® a Zurigo: fronte vero la strada e fronte verso la corte interna [fonte: Agenzia MINERGIE® www.minergie.ch].

5.5 Un riferimento esemplare: il quartiere sostenibile di BedZED

Il quartiere di BedZED (Beddington Zero Energy Development) sito nella periferia di Londra costituisce uno degli esempi più famosi di riqualificazione urbana sostenibile di una area dismessa. Si tratta di un intervento di recupero realizzato tra il 2000 e il 2002, ispirato ad un approccio integrato di sostenibilità ambientale. La pianificazione urbanistica del quartiere, le caratteristiche degli edifici e dei materiali da costruzione utilizzati, la dotazione di impianti e servizi sono pensate in una logica integrata di contenimento dei consumi energetici e idrici e degli impatti ambientali. Inoltre, diverse iniziative sono volte a garantire uno stile di vita sano e sostenibile per la comunità locale che vive nel quartiere (ad esempio, fin dalla nascita del quartiere è attivo un sistema di distribuzione di prodotti alimentari a "filiera corta", dal produttore al consumatore, attraverso gruppi di acquisto biologici).

Il progetto è stato sviluppato dall'architetto Bill Dunster (studio bda ZEDFactory) in collaborazione con lo studio ARUP e finanziato dal Peabody Trust, una fondazione inglese per l'edilizia residenziale, e dall'amministrazione comunale di Sutton, il sobborgo londinese in cui si trova BedZED.

In tale contesto è stato realizzato un intero quartiere pilota, ad elevata densità abitativa e di imprese e servizi, con l'ambizione di essere neutrale dal punto di vista delle emissioni di CO_2: sono infatti state realizzate 82 residenze (un mix di abitazioni sociali, convenzionate e destinate alla vendita) e 18 abitazioni-ufficio, con 1'560 m^2 di superficie ad uso terziario-commerciale e servizi per la comunità (vari negozi, impianti sportivi, una caffetteria, un centro medico sociale e un asilo nido), su un lotto della dimensione complessiva di meno di due ettari.

Figura 72 Visione d'insieme del quartiere BedZED [fonte: BedZED seven years on, Bioregional 2009 report].

L'assetto urbanistico del quartiere è stato definito in base a due principi: la densificazione dell'abitato, necessaria al fine usare appieno la risorsa limitata "suolo", e l'orientamento degli edifici tale da massimizzare l'apporto solare diretto e il suo sfruttamento passivo per il riscaldamento e il comfort abitativo. Gli edifici sono infatti orientati lungo l'asse nord-Sud, con il fronte principale rivolto a sud interamente occupato da una facciata vetrata (vetri ad elevata efficienza termica); il fronte nord ha invece un andamento degradante e ospita terrazze pensili e tetti verdi.

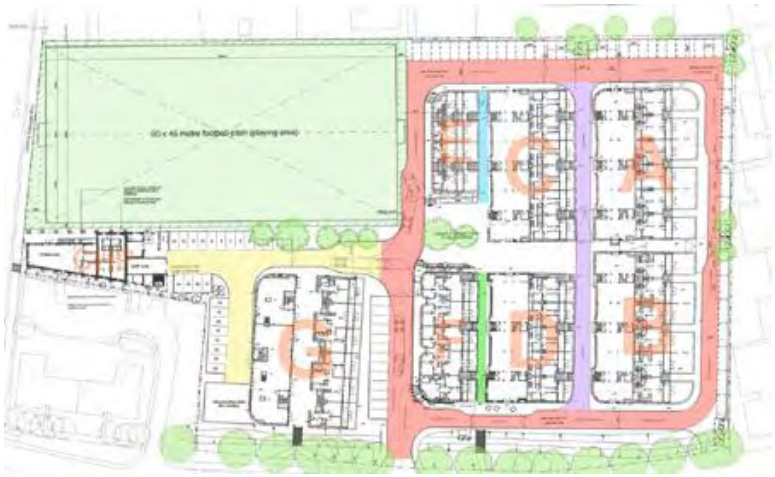


Figura 73 L'assetto urbanistico del quartiere BedZED [fonte: General Information Report 89, BRECSU, 2002].

Il ricorso a modelli di simulazione ha consentito di definire le proporzioni degli edifici in modo da ridurre il più possibile gli ombreggiamenti relativi tra gli edifici (cfr. Figura 74). Il principio di riferimento è stato quello di collocare lungo i fronti Sud degli edifici gli ambiti a destinazione residenziale e lungo i fronti Nord gli spazi a destinazione lavorativa (uffici e servizi).

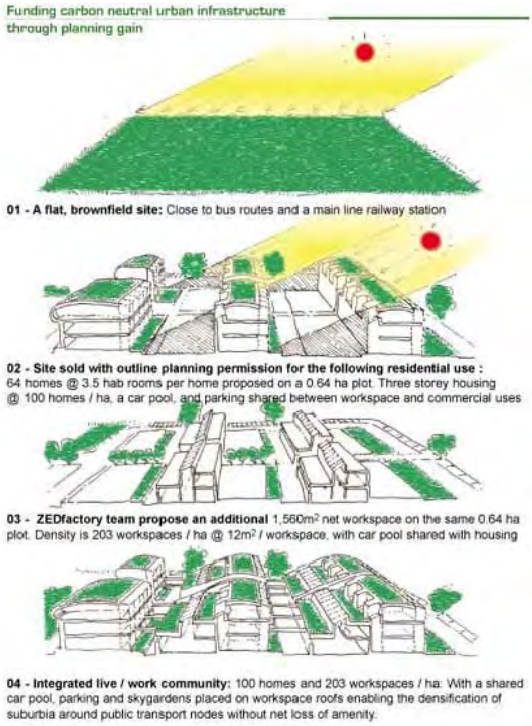


Figura 74 Studio della captazione solare e degli ombreggiamenti relativi tra gli edifici [fonte: BRECSU, 2002].

Gli spazi dedicati al lavoro sono stati posti nelle zone in ombra a Nord, cosa che consente di contenere il surriscaldamento nei mesi estivi, e, al fine di limitare il ricorso all'illuminazione artificiale, sono dotati di lucernari. Nei mesi invernali il fabbisogno termico di questi spazi è fortemente ridotto grazie agli apporti termici gratuiti dovuti alle apparecchiature di calcolo e alla presenza delle persone. Le residenze, esposte invece a sud, godono dell'irradiazione solare diretta nei mesi invernali. Nei mesi estivi è possibile contenere la temperatura attraverso il meccanismo di ventilazione naturale, efficace in particolare durante la notte, ma soprattutto grazie all'elevata inerzia termica degli edifici. Grazie a questa scelta compositiva è stato possibile far convivere abitazioni in linea, ciascuna dotata di un piccolo giardino privato, con spazi a destinazione di servizi, realizzando una densità abitativa non inferiore a 100 abitazioni/ettaro.

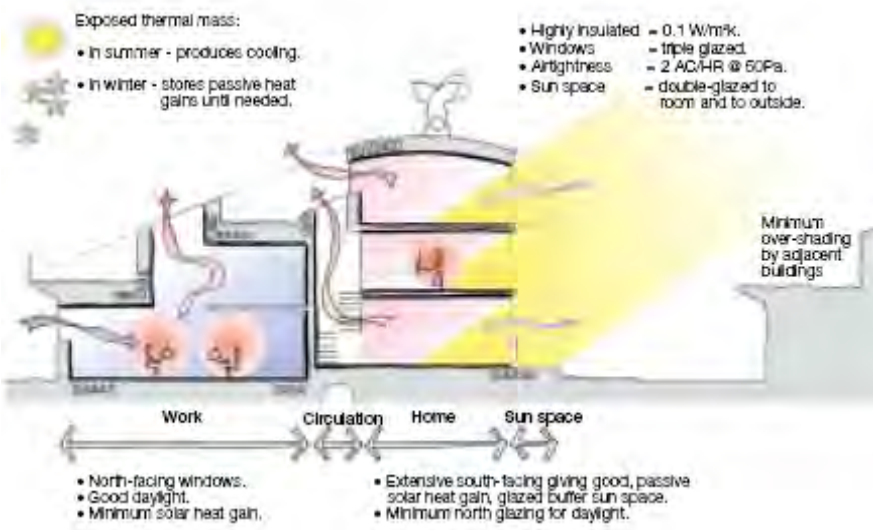


Figura 75 Aspetti di fisica della costruzione [fonte: The ARUP Journal, 1/2003].

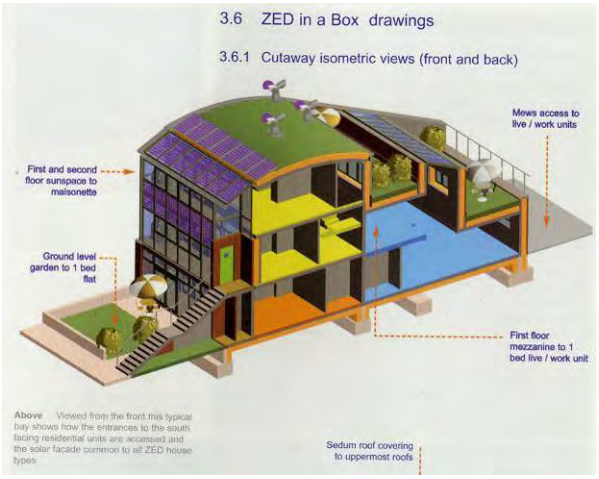


Figura 76 Sezione tipo di un edificio del quartiere BedZED [fonte: bda ZEDfactory, 2006].

L'isolamento termico degli edifici è assicurato attraverso materiali e sistemi costruttivi che garantiscono un'elevata massa termica e una ridotta trasmittanza, limitando le dispersioni di calore in inverno e il surriscaldamento in estate degli ambienti: i vetri sono infatti a tripla camera e riempiti con krypton, le pareti verticali e le coperture sono ricoperte da uno strato di materiale isolante profondo 30 cm.

L'inerzia termica dell'edificio è inoltre aumentata grazie ai tetti verdi: quasi tutti gli alloggi, infatti, dispongono di una piccola area di giardino pensile, o comunque un terrazzo e una serra. Gli uffici sono collocati sotto un massetto verde spesso 30 centimetri, che in estate consente agli spazi di lavoro di usufruire di zone in ombra, mentre in inverno favorisce il riscaldamento passivo, poiché aumenta la massa termica dell'edificio.

Dato che l'involucro degli edifici è reso ermetico al fine di ridurre il più possibile le perdite di calore, le strutture sono dotate di un impianto di aerazione controllata, che fornisce con continuità aria fresca con cui rimuovere l'umidità e gli odori provenienti dalle cucine, dai bagni, dalla presenza di utenti. In alternativa agli impianti meccanici di ventilazione, gli edifici di BedZED sono dotati di canali di ventilazione passiva (camini a vento), associati a scambiatori di calore che preriscaldano l'aria in entrata con il calore sottratto all'aria estratta. I camini a vento sono stati progettati in modo da incanalare l'aria all'interno dell'edificio, fornendo aria pulita pre-riscaldata a ogni stanza di soggiorno e da letto, ed estraendo aria viziata da cucina e bagno. Test in laboratorio hanno permesso di certificare le prestazioni del camino a vento: si è dunque scelto di evitare, in sede progettuale, il ricorso a ventilatori meccanici e apparati elettrici generalmente necessari.

Queste caratteristiche strutturali unite alle scelte di composizione architettonica hanno consentito di fare a meno anche di un sistema di riscaldamento centralizzato, dato che il fabbisogno termico degli edifici risulta limitato alle sole esigenze di produzione dell'acqua calda sanitaria. Al fine di soddisfare tale fabbisogno il quartiere è dotato di una centrale di co-generazione (produzione contemporanea di elettricità e calore) di potenza pari a 108 kW elettrici, alimentata a biomassa (cippato di legno derivato da scarti vegetali prodotti nei dintorni di Londra, che altrimenti non sarebbero stati utilizzati). Il calore prodotto viene distribuito alle varie abitazioni tramite una rete di teleriscaldamento, che attraverso tubi ben coibentati trasporta l'acqua calda alle abitazioni. La centrale richiede un quantitativo di circa 1'100 tonnellate di scarti vegetali all'anno, pari a circa un carico di 20 tonnellate a alla settimana. Essa consente di coprire le necessità del quartiere, è comunque allacciata alla rete elettrica che consente un bilanciamento di eventuali sovra-produzioni o carenze. La produzione di elettricità è inoltre effettuata attraverso impianti fotovoltaici collocati sulle facciate meridionali degli edifici. In un'ottica di sostenibilità complessiva, l'elettricità prodotta viene

utilizzata per alimentare i veicoli elettrici, contribuendo così a ridurre le emissioni anche nel settore dei trasporti. La superficie di impianti fotovoltaici installata ha una potenza complessiva di 170 kW, sufficienti per alimentare 40 auto elettriche, ricaricabili presso opportune postazioni di parcheggio.

Nel settore della mobilità è inoltre stato sviluppato uno specifico programma di riduzione degli spostamenti (favorito dalla presenza contestuale di ambiti di residenza e di lavoro), di promozione degli spostamenti ciclo-pedonali o con il mezzo di trasporto pubblico e di un sistema di car-sharing per i residenti.

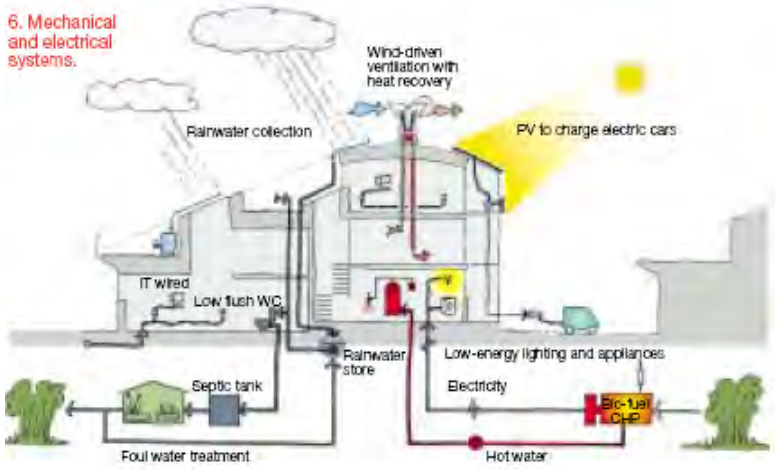


Figura 77 Il sistema degli impianti termici ed elettrici [fonte: The ARUP Journal, 1/2003].

Figura 78 Alcuni particolari costruttivi: camini a vento, tetti verdi, finestre e lucernari e impianti fotovoltaici [fonte: bda ZEDFactory].

Anche nella scelta dei materiali da costruzione il progetto BedZED si è distinto per un approccio sostenibile, che ha cercato di ridurre al minimo la movimentazione di materiali: è stato possibile reperire molti dei materiali da costruzione entro un raggio di 60 km e, laddove possibile, sono state riutilizzate componenti di scarto provenienti da altri interventi. In particolare, sono state recuperate le strutture portanti in acciaio e molte delle travature in legno.

Infine, diversi accorgimenti sono stati utilizzati al fine di contenere il più possibile il consumo di acqua, ottenendo una riduzione pari al 40%-50% dei consumi medi rispetto a insediamenti di equivalenti caratteristiche (toilette a flusso duale, contatori visibili agli utenti, riduttori di flusso per rubinetti e docce).

È stato inoltre installato un sistema di recupero dell'acqua piovana, che viene raccolta dalla grondaia e immagazzinata in serbatoi sotterranei per l'irrigazione e per usi domestici: i tetti sono infatti ricoperti da uno strato di sedum, vegetazione che non richiede irrigazione e ben resistente al freddo: lo strato vegetale trattiene l'acqua piovana creando una massa umida che controbilancia l'insolazione e permette lo sviluppo di fauna e flora all'interno dell'insediamento.

Infine è stato progettato e installato un impianto di depurazione in loco delle acque nere e grigie, basato su un sistema di ossigenazione, che consente di riutilizzarle come acqua di servizio (non potabile) per gli sciacquoni, le lavatrici e l'irrigazione del verde di quartiere.

Poichü BedZED costituisce un esempio innovativo, l'evoluzione del quartiere è monitorata su base annuale dall'organizzazione BioRegional, che produce sistematicamente report di valutazione delle prestazioni specifiche e complessive del sistema. Il più recente rapporto [BedZED seven years on, Bioregional 2009 report] evidenzia in particolare problemi all'impianto di co-generazione alimentato a scarti vegetali e all'impianto di depurazione delle acque grigie, che dopo diversi anni di funzionamento, sono stati dismessi. Si trattava in entrambi i casi di sperimentazioni pilota su piccola scala, che si sono rivelate troppo costose in relazione al fabbisogno del quartiere, comunque limitato. Ora l'impianto di riscaldamento dell'acqua calda sanitaria è alimentato a gas ed è molto probabile che in futuro sarà installato un più semplice impianto di teleriscaldamento alimentato a legna. L'elettricità continua ad essere prodotta attraverso gli impianti fotovoltaici, che coprono circa il 2% del fabbisogno elettrico del quartiere.

Nonostante questi insuccessi, tutto sommato legati alla concezione prototipale del quartiere, BedZED fornisce ancora oggi spunti molto interessanti da prendere in considerazione nella definizione di nuovi insediamenti.

5.6 Opportunità d'intervento a livello comunale

Nel contesto delineato, l'operato delle Amministrazioni deve essere fortemente orientato a **incentivare le trasformazioni dell'edificato esistente**, in attuazione delle prescrizioni regionali, oltre che a promuovere il ricorso agli standard di costruzione più efficienti per le nuove edificazioni e gli ampliamenti. Efficace in questo senso è lo strumento della **detrazione fiscale per il 55% degli investimenti nell'efficienza energetica degli edifici** introdotto dalla Finanziaria 2007, più attrattivo della detrazione del 36% per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria realizzati su immobili residenziali (cfr. par. 3.3.2).

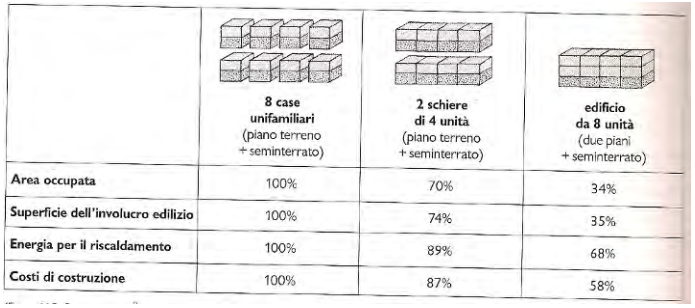
Non potendo agire attraverso l'erogazione di contributi o finanziamenti diretti con cui promuovere trasformazioni esemplari come quelle sopra descritte, l'azione dei Comuni può avvenire principalmente attraverso gli strumenti urbanistici ed edilizi. Le Tabella 38, Tabella 39 e Tabella 40 introducono le principali possibilità di intervento, esplicitando il contributo che potrebbe essere fornito in sede di elaborazione del P.G.T. e Regolamento edilizio.

Proprio il Regolamento Edilizio costituisce uno strumento che molti Comuni a livello nazionale e regionale hanno utilizzato per introdurre importanti innovazioni volte al contenimento dei consumi e in generale all'uso razionale delle risorse in senso lato. Molti comuni hanno infatti introdotto provvedimenti per il risparmio energetico ed idrico (sistema involucro-impianto) e il controllo del micro-clima locale, attraverso la diffusione di tetti e facciate verdi. In relazione a questi ultimi, ritenuti particolarmente efficaci anche dal punto di vista del contenimento dei consumi energetici, si introduce qualche spunto d'azione anche in questo documento. Di particolare importanza è l'aggiornamento del Regolamento edilizio al fine di un **adeguato computo delle volumetrie**: gli extraspessori finalizzati al risparmio energetico delle superfici verticali e dei solai non devono essere computati ai fini del calcolo dei parametri urbanistici.

La strategia di fondo che può essere recepita dal P.G.T. per il contenimento dei consumi energetici è legata alla **"compattazione" dell'abitato esistente** e soprattutto **degli insediamenti che saranno realizzati negli ambiti di trasformazione**. A parità di volume edificato, occorre fare in modo che il coefficiente di rapporto di forma (superficie disperdente S/volume riscaldato V) sia inferiore. Ciò produce effetti positivi su più fronti: oltre al contenimento dei consumi energetici, si realizza un contenimento del consumo di suolo e i costi di costruzione sono inferiori (cfr. Figura 79).

La compattazione dell'edificato si potrebbe ottenere ad esempio proponendo indici di costruzione più elevati, che consentano di costruire maggiormente in altezza, con limiti più stringenti per quanto riguarda il rapporto tra la superficie del fondo e la superficie coperta dagli edifici, mantenendo complessivamente equilibrio tra la superficie impermeabilizzabile e quella libera. In alternativa si potrebbero introdurre direttamente valori limite per il parametro S/V nei criteri per gli ambiti di trasformazione e nel piano delle regole. In quest'ottica, al fine di garantire l'equità del piano, è opportuno appoggiarsi a criteri di perequazione urbanistica.

La Figura 80 mostra ulteriori possibili schemi di densificazione dell'abitato.



	8 case unifamiliari (piano terreno + seminterrato)	2 schiere di 4 unità (piano terreno + seminterrato)	edificio da 8 unità (due piani + seminterrato)
Area occupata	100%	70%	34%
Superficie dell'involucro edilizio	100%	74%	35%
Energia per il riscaldamento	100%	89%	68%
Costi di costruzione	100%	87%	58%

Figura 79 Confronto dell'impatto sull'ambiente di otto unità residenziali raggruppate in modo differente [fonte: H.R. Presid et al., Ökologische Baumcompetenz 1999, tratto da D. Gauzin-Muller, Architettura sostenibile].

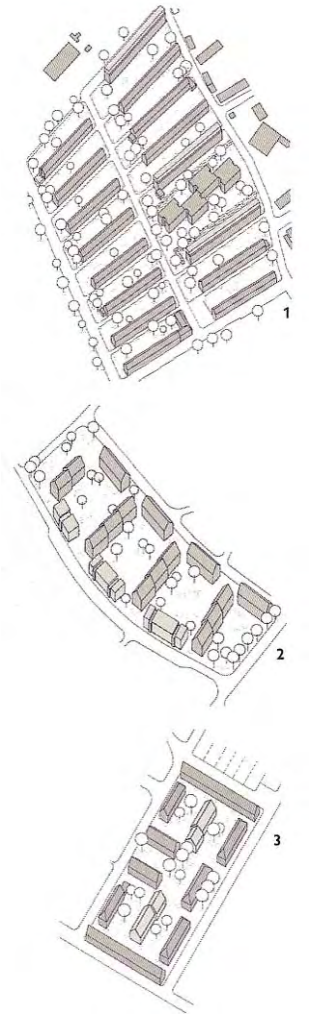


Figura 80 Esempi di incremento di densità abitativa in quartieri esistenti (Germania, Nord Renania-Vestfalia): 1-Colonia, innalzamento di tre edifici residenziali; 2- Münster: integrazione di tre isolati urbani tramite tre nuovi corpi di fabbrica; 3- Viersener: due nuovi edifici costruiti all'interno di edifici esistenti [fonte: D. Gauzin-Muller, Architettura sostenibile].

Tra i provvedimenti strategici che il P.G.T. potrebbe avanzare vi è sicuramente la realizzazione di una **rete di teleriscaldamento su scala urbana/di quartiere**: potrebbe essere realizzata una **centrale di co-generazione (produzione contemporanea di elettricità e calore)**, come effettuato ad esempio nei comuni di Gavirate (impianto C.E.G.) o Varese (impianto Varese Risorse)[23]. A tale scopo uno degli ambiti di trasformazione strategici del P.G.T. potrebbe individuare la sede per una centrale di tele-riscaldamento di quartiere (da privilegiarsi il recupero di spazi produttivi dismessi, ad esempio quelli della ex Cartiera). In quest'ottica, il Regolamento edilizio potrebbe introdurre l'obbligo di posare tubature per la rete teleriscaldamento e la predisposizione dell'allacciamento alla rete, per tutti i nuovi edifici e nell'ambito degli interventi di rifacimento del sistema delle canalizzazioni (fognatura o acquedotto) per quanto riguarda l'edificato esistente.

La centrale di teleriscaldamento urbano così realizzata opererebbe al servizio dei nuovi insediamenti residenziali, produttivi e commerciali che saranno localizzati all'interno degli ambiti ex-industriali, ma anche e soprattutto dell'edificato già esistente.

[23] Dal punto di vista della sostenibilità energetica l'ideale sarebbe alimentare tale centrale a fonti rinnovabili, quali legna o calore del sotto-suolo, oppure recuperare il calore di scarto da impianti produttivi. L'analisi effettuata sul territorio comunale fa tuttavia presupporre che non vi siano le condizioni per l'installazione di impianti di co-generazione di medie-grandi dimensioni.

Per contenere i consumi dell'edificato esistente è inoltre possibile introdurre **vincoli più stringenti di quanto imposto dalla legislazione regionale, in particolare per i progetti di demolizione con ricostruzione**, ma soprattutto è necessario introdurre **meccanismi che stimolino la ristrutturazione secondo parametri di efficienza energetica**. Poiché ciò impone costi d'investimento superiori del 7-10% rispetto alla ristrutturazione tradizionale e il Comune non ha la disponibilità di risorse con cui finanziare bandi d'incentivazione per contributi a fondo perduto o prestiti a tassi d'interesse convenienti, due sono le strategie che possono essere perseguite: la definizione di **sconti sugli oneri di urbanizzazione o sul prelievo fiscale comunale** e la **concessione di bonus volumetrici**, secondo la logica introdotta dalla L.R. 12/05.

Nel primo caso (incentivi fiscali o finanziari) si agisce direttamente sulla riduzione dei costi d'investimento, tuttavia a svantaggio delle casse comunali, nel secondo caso si agisce in modo indiretto: le imprese di costruzione possono costruire più superficie lorda di pavimento (SLP), ricevendo così più introiti a compensazione dei costi d'investimento sostenuti per le più efficaci prestazioni energetiche dell'edificio.
Da quando il principale strumento di leva fiscale comunale, l'imposta comunale sugli Immobili I.C.I., è stato abolito, la possibilità di introduzione di incentivi fiscali a livello comunale è fortemente limitata. E' eventualmente disponibile la tassa rifiuti, che tuttavia si caratterizza per importi non sufficientemente significativi da essere presi in considerazione in questa sede.

La concessione di bonus volumetrici è da intendersi quale operazione molto delicata, perché può comportare effetti negativi sulle componenti ambientali, in particolare per quanto riguarda il paesaggio e il consumo di suolo. Inoltre, essendo entrate in vigore le condizioni incentivanti definite dalla Legge Regionale per il rilancio dell'edilizia L.R. 13/09, tale opzione è di fatto già disponibile, pertanto si ritiene che non sia opportuno cumulare due provvedimenti della stessa natura.

Se le finanze comunali lo consentono, si ritiene sia **da preferire la diminuzione degli oneri di urbanizzazione, in particolare quelli per l'urbanizzazione secondaria**. Al fine di essere realmente appetibile e quindi di stimolare le trasformazioni edilizie ed urbanistiche, tale sconto non dovrebbe essere inferiore al 10% degli oneri di urbanizzazione secondaria. E' inoltre ragionevole supporre che non possa superare il 30% della cifra complessivamente dovuta per gli oneri di urbanizzazione secondaria.

Tabella 38 Proposte d'intervento per il contenimento dei consumi nell'edilizia – P.G.T. Documento di piano.

Documento di Piano - Ambiti di trasformazione

Nella definizione degli ambiti di trasformazione, valutare l'ubicazione in relazione alla disponibilità di irraggiamento solare, **non prendendo in considerazione le zone che godono di cattiva insolazione**
 	
Localizzazione di una **centrale per il tele-riscaldamento urbano/di quartiere**, al servizio dell'ambito di trasformazione ma anche del sistema insediativo consolidato **(ad esempio, edifici dismessi ex-Cartiera)**
 	
Criteri di trasformazione dei singoli ambiti:
- Attribuire indici di costruzione tali da favorire la realizzazione di **edifici di forma più compatta** (valore del rapporto superficie disperdente S/volume riscaldato V inferiore rispetto alla media attuale) o **di maggiore altezza**, nel rispetto dei caratteri paesaggistici del contesto.
- **Orientamento degli edifici** finalizzato alla massima captazione della radiazione solare: lo sviluppo edilizio dei piani attuativi deve disporre le tipologie a più alta densità abitativa lungo le strade orientate in direzione Nord-Sud e quelle a minore densità lungo le strade orientate a Est-Ovest.
- Obbligo di realizzazione di **tutti i nuovi edifici almeno in classe A e di dotazione degli opportuni sistemi di ventilazione**.
- Obbligo di **esposizione dei locali** a maggiore utilizzo (soggiorno, cucina) verso Sud-Est, Sud o Sud-Ovest; gli spazi che hanno meno bisogno di riscaldamento e illuminazione (box, ripostigli, lavanderie e corridoi) devono essere disposti verso nord; le massime aperture devono essere collocate verso Sud e Ovest, limitando al minimo indispensabile quelle a Nord; **divieto di progettazione di abitazioni con affaccio esclusivo a Nord**.
- Obbligo di garantire che le interdistanze tra gli edifici contigui siano tali da **ombreggiare il meno possibile le facciate e le coperture rivolte a Sud degli edifici esistenti**. Tale simulazione deve essere condotta nelle peggiori condizioni stagionali di irraggiamento (il 21 dicembre), con particolare cura nel caso in cui le superfici ombreggiate siano occupate da impianti solari.
- **Progettazione integrata del sistema di riscaldamento** degli edifici tale da prevedere, in alternativa:
  o una rete di teleriscaldamento, se possibile alimentata a fonti rinnovabili (legna o eventuale calore residuo da impianti produttivi);
  o l'utilizzo di impianti solari termici per almeno il 50% del fabbisogno di energia termica per riscaldamento, con eventuale possibilità di *solar cooling* per il raffrescamento estivo;
  o un campo di sonde geotermiche con pompe di calore, utilizzabili sia per riscaldamento e il raffrescamento estivo.
- Obbligo di realizzazione di **impianti solari fotovoltaici sui tetti degli edifici destinati a *standard*,** laddove previsti.
- Obbligo di **copertura a tetti verdi** per una certa percentuale della superficie dei tetti (priorità attribuita a impianti solari termici o fotovoltaici).

Tabella 39 Proposte d'intervento per il contenimento dei consumi nell'edilizia – P.G.T. Piano delle regole.

Piano delle regole - Tessuto insediativo esistente e Ambiti di completamento del tessuto insediativo
Non consentire aumenti della volumetria rispetto all'esistente o al contesto edificato nelle zone che **godono di cattiva insolazione**, causa ombreggiamento dovuto all'orografia o ad altri edifici (eventualmente, ricorrere a principi di perequazione per mantenere l'equità del piano). Per nuove costruzioni o interventi di demolizione con ricostruzione totale, attribuire indici di costruzione tali da favorire la realizzazione di **edifici di forma più compatta** (valore del rapporto "superficie disperdente S/volume riscaldato V" inferiore rispetto alla media attuale) o **di maggiore altezza**, nel rispetto dei caratteri paesaggistici del contesto. Introduzione di parametri più stringenti per l'indice di prestazione energetica invernale: tutti i nuovi edifici e gli edifici risultanti da demolizione con ricostruzione devono essere realizzati almeno in classe **B**. Gli edifici sottoposti a ristrutturazione devono essere realizzati almeno in classe **C**. Introduzione di bonus monetari (**sconto sugli oneri di urbanizzazione secondaria**) per i piani attuativi e per gli interventi di nuova edificazione o demolizione e ricostruzione improntati a criteri di sostenibilità ambientale e energetica (entità dello sconto definita in base a un indice di sostenibilità energetica). Definizione di principi per l'orientamento degli edifici, l'ombreggiamento relativo e la disposizione dei locali (per nuovi edifici e interventi di demolizione e ricostruzione, compatibilmente con i vincoli imposti dall'edificato circostante): - compatibilmente con la disposizione dei fondi e degli edifici circostanti, privilegiare l'orientamento dell'asse principale degli edifici in direzione Nord-Sud e non realizzare unità abitative affacciate unicamente a nord; - le interdistanze tra gli edifici contigui devono garantire che nelle peggiori condizioni stagionali, ovvero il 21 dicembre, l'ombreggiamento sulle facciate e coperture rivolte a Sud sia il minore possibile. Tale verifica deve essere particolarmente accurata in presenza di impianti solari; - privilegiare le aperture verso Sud e Ovest, limitando quelle verso Nord; - collocare preferibilmente verso Nord gli spazi che hanno meno bisogno di riscaldamento e illuminazione (uffici, locali notte) e verso Sud, Sud-Ovest e Ovest i locali a maggiore utilizzo (soggiorno, cucina);

Tabella 40 Proposte d'intervento per il contenimento dei consumi nell'edilizia – Regolamento edilizio.

Definizione di adeguate modalità di calcolo delle volumetrie utili e delle superfici lorde di pavimento e della distanza tra edifici, al fine di non tenere conto dello strato di isolamento delle strutture opache verticali e delle coperture: se finalizzati a comfort ambientale e risparmio energetico, non devono essere computati ai fini del calcolo dei parametri urbanistici:

- gli extraspessori di pareti e solai;
- le serre solari con volume fino al 20% di quello riscaldato dell'edificio;
- gli spazi condominiali interni coperti o racchiusi da vetrate fino al 25% della superficie coperta dell'edificio ed apribili durante la stagione estiva.

Involucro dell'edificio:

- introduzione di soglie più stringenti per il coefficiente di trasmittanza termica delle pareti esterne (ad esempio: 0.30 $W/m^2 K$)
- introduzione dell'obbligo di vetri almeno doppi, con cavità contenente gas a bassa conduttività, tali che la trasmittanza media dei serramenti, riferita all'intero sistema (telaio + vetro), non superi 2,3 W/m^2K (vale anche per interventi di manutenzione straordinaria di sostituzione dei serramenti). Al fine di limitare il fenomeno dei ponti termici, suggerire di:
    - progettare balconi autoreggenti, strutturalmente separati dall'edificio e collegati ad esso mediante tasselli;
    - ridurre al minimo la percentuale di telaio dei serramenti;
    - realizzare i cassonetti di alloggiamento degli avvolgibili in modo tale da garantire la tenuta stagna e una trasmittanza non superiore a quella dei serramenti.

Impianti di produzione del calore:

- per ogni intervento di rifacimento del sistema delle canalizzazioni (fognatura, acquedotto), introdurre l'obbligo di insediare tubature per rete teleriscaldamento e predisposizione allacciamento alla rete;
- negli edifici di nuova costruzione e in quelli nei quali è prevista la completa sostituzione dell'impianto di riscaldamento o del solo generatore di calore:
    - vietare l'installazione di impianti alimentati a nafta, cherosene, olio combustibile, gasolio;
    - introdurre l'obbligo di impiego di sistemi di produzione di calore ad alto rendimento (fatta eccezione per i casi in cui sia disponibile un impianto di teleriscaldamento urbano o siano utilizzate pompe di calore, anche abbinate a sistemi geotermici, o generatori di calore alimentati a biomassa);
    - per edifici con più di quattro unità abitative o con più di 400 mq di superficie lorda di pavimento, introdurre l'obbligo di impiego di impianti di riscaldamento centralizzati con sistema di gestione e contabilizzazione individuale del calore;
    - vietare l'installazione di impianti termici individuali a seguito di dismissione/sostituzione dell'impianto termico centralizzato.

Impianti di diffusione del calore:

Per gli edifici di nuova costruzione e per gli interventi di ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale introdurre l'obbligo di utilizzo di sistemi radianti a bassa temperatura (pannelli radianti integrati nei pavimenti, nelle pareti o nelle solette dei locali da climatizzare).

Ventilazione/aerazione controllata

Per gli edifici di nuova costruzione promuovere il ricorso a tecniche di ventilazione controllata, da rendere obbligatorie per gli edifici in classe energetica A e A+.

Valutare, in sede progettuale, la possibilità di ricorrere a sistemi di ventilazione naturale.

Climatizzazione e raffrescamento estivo:

- Non ammettere ai fini della schermatura della radiazione solare sistemi a "tapparella", tende interne o persiane a lamelle non orientabili;
- per i nuovi edifici e per quelli oggetto di ristrutturazione con demolizione e totale ricostruzione consentire eventuali installazioni di impianti di climatizzazione solo nel caso di impianti centralizzati.
- In ogni caso sono da privilegiare:
    - sistemi con pompe di calore geotermiche che sfruttino l'inerzia termica del terreno o dell'acqua di falda;
    - sistemi di raffrescamento e condizionamento che sfruttino l'energia solare, quali sistemi di assorbimento o adsorbimento e sistemi di deumidificazione alimentati da energia solare.

Tetti e facciate verdi:

- Introdurre l'obbligo di copertura per il 30% con tetti verdi negli edifici a copertura piana, compatibilmente con lo spazio rimanente a seguito dell'installazione di impianti fotovoltaici e solari termici (priorità attribuita alla produzione di elettricità e calore);
- suggerire inoltre:
    - l'uso di rampicanti a foglia caduca sulle facciate esposte a est e a ovest, poiché consente buone riduzioni dell'assorbimento della superficie solare in estate, limitando le dispersioni delle pareti in inverno;
    - l'uso di rampicanti sempreverdi sulle facciate esposte a nord, poiché riduce le dispersioni per convezione e protegge dai venti freddi in inverno;
    - la realizzazione di barriere frangivento a protezione degli edifici dai venti invernali realizzate con alberi sempreverdi.

6 Conclusioni e definizione di proposte d'intervento

Le analisi condotte nei capitoli precedenti consentono di ricostruire un quadro complessivo delle opportunità di produzione di energia da fonti rinnovabili e di utilizzo razionale dell'energia e suggeriscono proposte d'intervento per specifici ambiti territoriali, nell'ottica di un possibile recepimento in sede di elaborazione del Piano di Governo del Territorio.

Si ritiene in particolare che vi siano interessanti opportunità di **sfruttamento dell'energia solare** a fini della produzione di calore e, soprattutto, elettricità. Le condizioni orografiche del territorio di Besozzo sono infatti tali da garantire un orizzonte libero e privo di ombreggiamenti, così da captare in maniera ottimale la radiazione solare incidente. Vi sono inoltre opportunità di **valorizzazione del fiume Bardello**, recuperandone il ruolo essenziale avuto in passato nello sviluppo economico locale.

Occorre dunque mettere in atto tutte le misure che non ostacolino l'utilizzo di tali fonti ma anzi ne promuovano e incentivino la diffusione.

6.1 Trasformazioni "esemplari"

L'ambito dell'**ex Copertificio Sonnino** potrebbe diventare un contesto d'eccellenza (**"il polo dell'energia")** per l'utilizzo di tecniche costruttive all'avanguardia nell'ambito del risparmio energetico (**elevato isolamento termico** dell'involucro, di classe A+ o assimilabile a Minergie-P) e dello **sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili**, sia per la produzione di calore che per soddisfare i propri consumi di elettricità.
In quest'ottica, gli interventi di riqualificazione in atto non dovrebbero trascurare la collocazione di **impianti fotovoltaici di grandi dimensioni sui tetti degli edifici** e potrebbero prendere in considerazione l'opportunità di realizzare una **rete di teleriscaldamento alimentata da una centrale termica a legna (cippato)**, quest'ultimo da reperirsi localmente e nei territori limitrofi. Oltre ad essere al servizio dei nuovi insediamenti che sorgeranno sull'area di trasformazione, tale rete di teleriscaldamento potrebbe estendersi fino alle abitazioni del nucleo storico di Besozzo, risalendo la collina fino al Municipio, oppure scendendo fino alla città moderna.

Anche **uno degli edifici comunali potrebbe essere ristrutturato in maniera esemplare**, così da costituire ulteriore esempio per i cittadini. Gli interventi potrebbero essere realizzati nel rispetto degli **standard di prestazione energetica più esigenti** (classe A+ o equivalente a Minergie-P) e potrebbe essere riscaldato con **pompa di calore a sonda geotermica**. Con riferimento alle analisi sull'attuale stato di conservazione desunte dal Progetto AuditGIS finanziato dalla Fondazione Cariplo (cfr. paragrafo 5.2), sembrerebbe di particolare interesse l'intervento sulla **Scuola elementare Quaglia**, caratterizzato da una stima di costo estremamente contenuta per la coibentazione del solaio e delle pareti laterali. Potendo disporre di una cifra più consistente, l'Amministrazione potrebbe inoltre considerare il recupero della **Scuola elementare Mazzini**, con la coibentazione del solaio, delle pareti laterali e la realizzazione del pozzo canadese, un sistema tradizionale per la climatizzazione passiva degli edifici che sfrutta l'inerzia termica del sottosuolo a meno di due metri di profondità. Le stime effettuate dalla Fondazione Cariplo nell'ambito del progetto AuditGIS mostrano che questi interventi potrebbero consentire un risparmio di energia per i due stabili del 23% e del 27% rispetto agli attuali consumi.

Per quanto concerne lo sfruttamento su scala ridotta della forza idrica, vi sarebbe la possibilità di valorizzare il **salto idraulico lungo il fiume Bardello,** in passato utilizzato per le attività produttive del copertificio, presso la sezione fluviale in cui una società privata ha già chiesto l'autorizzazione per

l'insediamento di un impianto idroelettrico del tipo "coclea idraulica". Poiché il Comune è proprietario del lotto di terreno su cui l'impianto potrebbe essere installato, l'intervento risulterebbe ancora più interessante se l'Amministrazione Comunale potesse **compartecipare alla realizzazione dell'impianto, potendo anche trarre vantaggio dagli utili derivanti dalla produzione di elettricità**. Si sottolinea in proposito che ulteriori impianti idroelettrici del tipo a coclea idraulica potrebbero essere collocati lungo il corso del Bardello, sfruttando i salti idraulici già esistenti. Un esempio è il salto localizzato presso l'estremità Nord dell'ex Cartiera. Questi richiederebbero tuttavia interventi in alveo più significativi al fine di ricavare lo spazio per inserire la coclea idraulica, con un impatto finanziario e ambientale più elevato. Ciò malgrado gli interventi restano interessanti, anche dal punto di vista della valorizzazione della storia e dell'identità locale, e si suggerisce pertanto che il P.G.T. definisca condizioni-quadro tali da non ostacolare eventuali richieste di realizzazione di impianti di questo tipo che dovessero essere presentate da parte di privati.

Anche la zona della **ex-Cartiera**, che molto probabilmente anche dopo la trasformazione prevista dal P.G.T. manterrà il carattere di zona produttiva-commerciale, potrà essere valorizzata dal punto di vista energetico. In relazione al contesto in cui è inserito, tale ambito costituisce infatti la sede ideale per un **impianto a cogenerazione per la produzione contemporanea di elettricità da immettere nella rete elettrica e di calore** da distribuire all'utenza attraverso una **rete di** teleriscaldamento al servizio degli impianti produttivi e commerciali localizzati nell'area. Nell'area sussiste infatti la possibilità di utilizzare il calore come calore di processo, aspetto che garantisce un fabbisogno relativamente costante durante tutto l'anno e anche quindi al di fuori del canonico periodo di riscaldamento: ciò consente di non sprecare risorse termiche durante la stagione estiva. L'impianto potrebbe essere alimentato a **gas naturale**, analogamente a quanto fatto a Gavirate con l'impianto della società C.E.G.

L'area della ex-Cartiera sembra particolarmente adatta per la realizzazione di un siffatto impianto anche per un motivo geografico: le acque del Bardello ne lambiscono il sedime e potrebbero essere utilizzate per il raffreddamento dell'impianto.

6.2 Regolamento per la sostenibilità energetica delle trasformazioni

Oltre alle proposte di sviluppo esemplare di specifici ambiti territoriali, le analisi condotte suggeriscono una serie di provvedimenti di ordine generale, con cui orientare a principi di risparmio energetico e uso razionale dell'energia gli interventi urbanistici ed edilizi che saranno realizzati sul territorio comunale.

Per tradurre in termini operativi tali principi si suggerisce di mettere a punto uno specifico **regolamento di attuazione del Piano di Governo del Territorio ("Regolamento per la sostenibilità energetica delle trasformazioni del territorio")**, da approvare contestualmente al piano. Tale regolamento consentirebbe di introdurre norme e prescrizioni vincolanti per tutti gli interventi sul sistema insediativo, differenziandoli a seconda che riguardino ambiti di trasformazione o elementi del tessuto insediativo consolidato, e a seconda che si riferiscano a nuove edificazioni o interventi sull'esistente.
Dal momento che la maggioranza dei provvedimenti individuati concerne procedure edilizie, si consiglia tuttavia di tenere in considerazione la possibilità di inserire le proposte direttamente nel Regolamento edilizio, al momento di un'eventuale sua futura revisione.

In linea generale, si propone di **introdurre vincoli più restrittivi di quelli imposti dalla recente normativa regionale sia per le nuove costruzioni che per i lavori di demolizione con totale ricostruzione**. Anche per gli interventi di ristrutturazione si propone di introdurre nuove soglie e parametri prestazionali, seppure di minore entità.

Al fine di incentivare trasformazioni d'eccellenza dal punto di vista energetico, si propone l'introduzione di **condizioni premiali**, rivolte agli interventi che adottano provvedimenti più efficaci e rispettano soglie e parametri di prestazione più restrittivi. Tali condizioni premiali potrebbero consistere in una **riduzione degli importi dovuti quali oneri di urbanizzazione secondaria,** in uno sgravio fiscale (in relazione alla fiscalità comunale) oppure nella concessione di **bonus volumetrici** (aumento della volumetria/superficie lorda di pavimento sfruttabile rispetto a quanto previsto per quel tipo di trasformazione), ai sensi di quanto previsto dalla vigente legislazione regionale

Per definire in maniera trasparente e sistematica l'entità di tali condizioni premiali, si propone di fare riferimento a una **procedura dinamica**, che si concluda con la definizione di un "**indice di sostenibilità delle trasformazioni**", proporzionale alla presenza di accorgimenti tecnico-progettuali rilevanti ai fini del contenimento dei consumi energetici. **L'entità delle condizioni premiali potrebbe dunque dipendere dal punteggio complessivo ottenuto dall'indice.** Tale approccio è stato recentemente adottato dal comune di Pisa, nell'ambito del "Regolamento per la sostenibilità edilizia", di cui la Tabella 41 riporta un estratto.

Si ritiene che potrebbe essere molto efficace **l'applicazione di tale procedura non solo alle trasformazioni effettuate attraverso singoli permessi di costruire o dichiarazioni d'inizio attività, ma anche alle trasformazioni regolate da piani attuativi**, tramite opportuna definizione della griglia dei criteri e degli indicatori di sostenibilità utilizzati per stimare il valore dell'indice, nonché dei fattori di ponderazione (pesi) con cui definire il valore complessivo dell'indice. La definizione operativa di tale procedura, da recepirsi nel regolamento di attuazione del P.G.T. o nel Regolamento edilizio, potrà essere messa a punto in una seconda fase del progetto, una volta condiviso l'approccio con l'Amministrazione Comunale.

Si sottolinea tuttavia nuovamente che (purché le finanze comunali lo consentano) **tale premialità debba essere preferibilmente corrisposta in termini di riduzione degli oneri di urbanizzazione secondaria**. La concessione di bonus volumetrici potrebbe essere riservata a interventi che possano apportare un effetto diretto e tangibile alla collettività locale anche dal puto di vista finanziario. Si potrebbe studiare la definizione di un **bonus volumetrico specificamente rivolto agli insediamenti produttivi o commerciali che prevedano la realizzazione di impianti fotovoltaici di potenza superiore a quella minima imposta dal regolamento stesso e cedano ad esempio al Comune una parte dell'energia elettrica complessivamente prodotta**, per tutta la vita utile dell'impianto. Così facendo sarebbe quindi possibile ottenere un beneficio diretto a livello di bilancio comunale, con cui il Comune potrebbe ad esempio coprire parte delle spese per l'illuminazione pubblica delle strade comunali o dei propri stabili.

Tabella 41 Esempio di articolazione delle condizioni premiali (sconto sugli oneri di urbanizzazione secondaria e incremento della superficie lorda di pavimento - Slu ai sensi della normativa vigente in Toscana), in funzione della tipologia di intervento, del valore dell'indice di sostenibilità e della superficie lorda di pavimento [fonte: Regolamento per la sostenibilità edilizia del Comune di Pisa, settembre 2009].

	Classe indice di sostenibilità	Slu > 400 m^2		400 m^2< Slu< 3'000 m^2		Slu≥ 3'000 m^2	
		Sconto oneri	Aumento Slu	Sconto oneri	Aumento Slu	Sconto oneri	Aumento Slu
Ristrutturazione parziale o totale senza incremento della superficie utile	2	20%		Interpolazione lineare		10%	
Ristrutturazione totale e parziale con o senza incremento della superficie utile, sostituzione edilizia o nuova edificazione	3	22%	5%			12%	3%
	4	25%	7%			15%	4%
	5	28%	9%			18%	5%

Tabella 42 Produzione di energia da fonte rinnovabile – proposte d'intervento.

		Potenziale di produzione energetica	Regolamento di attuazione del P.G.T.	
			Introduzione di norme e vincoli	**Definizione di incentivi**
Sole		Buone condizioni di insolazione, non influenzate dalla conformazione orografica del territorio, rendono estremamente interessante lo sfruttamento dell'energia solare.	Regolamentazione dei **criteri per l'inserimento degli impianti solari nei nuclei storici** e per l'**adeguato computo delle altezze degli edifici**	---
	Termico	Possibilità di produrre almeno il **70%** dell'energia termica necessaria per la produzione di **acqua calda sanitaria (ACS) per le unità abitative residenziali** e **il 30-40%** dell'energia termica necessaria per il **riscaldamento.**	**Residenze**: nuove costruzioni, demolizioni con ricostruzione, ristrutturazioni e ampliamenti in caso di sostituzione integrale dell'impianto di riscaldamento: **obbligo di garantire il 60% dell'ACS per persona.** Condizioni speciali per **alberghi, case di cura e piscine**. **Condizioni più restrittive** per gli ambiti di trasformazione. **Condizioni meno vincolanti per i nuclei storici**.	Edifici esistenti, ristrutturazioni e ampliamenti: esonero dall'esazione dei diritti di segreteria e possibilità di concedere **riduzioni sugli oneri di urbanizzazione o sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale.**
	Fotovoltaico	**Possibilità di installare impianti di produzione di energia elettrica per una potenza complessiva patri a 14 MW, equivalenti a una produzione di 16'800 MWh di energia elettrica,** sfruttando le coperture dell'attuale sistema edificato (tetti), escluso il centro storico. Le sole coperture degli **stabili produttivi e commerciali** consentono di installare **5.5 MW (6'600 MWh di produzione di energia elettrica).**	**Residenze**: nuove costruzioni, demolizioni con ricostruzione e ristrutturazioni e ampliamenti con sostituzione del tetto o recupero dei sotto-tetti: **obbligo di installare impianti di potenza pari a 1 kW per unità abitativa** (almeno per edifici sino a tre piani). **Stabili produttivi e commerciali**: nuove costruzioni, demolizioni con ricostruzione e ristrutturazioni e ampliamenti: - se superficie coperta minore di 800 m^2: **obbligo di installare impianti di potenza non inferiore a 5 kW** (2.5 kW per ampliamenti); - se superficie coperta maggiore di 800 m^2: **obbligo di installare impianti di potenza pari al 10% della massima installabile** (5% per ampliamenti). **Condizioni più restrittive** per gli ambiti di trasformazione. In particolare, obbligo di realizzazione di impianti solari fotovoltaici sugli edifici destinati a standard, in quantità superiori alle soglie minime qui introdotte. **Condizioni meno vincolanti per i nuclei storici**.	Edifici esistenti, ristrutturazioni e ampliamenti: esonero dall'esazione dei diritti di segreteria e possibilità di concedere **riduzioni sugli oneri di urbanizzazione o sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale.** **Stabili produttivi e commerciali:** nuove costruzioni, demolizioni con ricostruzione, ristrutturazioni e ampliamenti: **riduzioni sugli oneri di urbanizzazione e/o bonus volumetrici**, **a fronte della realizzazione di impianti di potenza superiore al minimo obbligatorio, e della cessione all'Amministrazione Comunale di tutta l'elettricità prodotta dall'impianto, per tutta la sua vita utile.**
Bosco		**Molto ridotto, considerando la sola superficie boschiva che ricopre il territorio comunale** (bosco di latifoglie, caratterizzato da ridotta resa per ettaro). Più interessanti possibilità di collaborazione con la filiera bosco-legno-energia in fase di sviluppo presso le vicine Comunità Montane. E' comunque possibile l'utilizzo di legname proveniente da altri territori.	Per gli ambiti di trasformazione, obbligo di valutare la fattibilità della realizzazione di **piccole reti di teleriscaldamento di quartiere alimentate a legna.**	Nuovi edifici, demolizioni con ricostruzione, ristrutturazioni e ampliamenti: esonero dall'esazione dei diritti di segreteria e possibilità di concedere **riduzioni sugli oneri di urbanizzazione o sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale per gli impianti di riscaldamento alimentati a legna, con preferenza per piccoli teleriscaldamenti di quartiere.**
Fiume		**Buone possibilità di recupero dei salti idraulici** realizzati in passato, per produzione idroelettrica attraverso **impianti non convenzionali tipo "coclea idraulica"**. Poco redditizio il recupero delle centrali idroelettriche attualmente in stato di semi-abbandono.	Definizione di **adeguate condizioni quadro** per consentire lo sfruttamento del fiume Bardello a fini di produzione idroelettrica e il recupero dei canali di adduzione e dei manufatti tecnici in disuso	---
Terra		Buone possibilità di utilizzo del calore del sotto-suolo a fini di **riscaldamento di edifici residenziali (pompe di calore a sonda geotermica)**. Elevate potenzialità per **edifici di natura commerciale e a servizi,** che possono essere dotati anche del **raffrescamento estivo (geo-cooling)**. Scarse possibilità di sfruttamento del calore geotermico di profondità per la produzione di elettricità e calore (cogenerazione).	Per gli ambiti di trasformazione, obbligo di valutare la fattibilità di **impianti di climatizzazione** (riscaldamento invernale e raffrescamento estivo) **alimentati a sonde geotermiche.**	Nuovi edifici, demolizioni con ricostruzione, ristrutturazioni e ampliamenti con sostituzione integrale dell'impianto di riscaldamento: esonero dall'esazione dei diritti di segreteria e possibilità di concedere **riduzioni sugli oneri di urbanizzazione o sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale** per impianti di riscaldamento di edifici residenziali e impianti di riscaldamento e raffrescamento per edifici di servizi/commerciali.
Processi		Elevato potenziale di **recupero del calore nell'ambito dei singoli processi produttivi**. Da indagare mediante **censimento puntuale** la possibilità di sfruttamento del calore residuo da processi per reti di teleriscaldamento.	Per gli ambiti di trasformazione, obbligo di valutare la fattibilità della realizzazione di piccole **reti di teleriscaldamento** di quartiere alimentate a **legna** e più articolate reti di teleriscaldamento alimentate a **gas, con cogenerazione.**	Promozione di una **campagna informativa** presso le Piccole-Medie Imprese per la diffusione delle procedure di valutazione delle performance energetiche dei processi produttivi (Clean Production).

Tabella 43 Utilizzo razionale dell'energia – proposte d'intervento.

	Potenziale di risparmio energetico	**Regolamento di attuazione del P.G.T.**	
		Introduzione di norme e vincoli	**Definizione di incentivi**
Sistema insediativo	Molto elevato. Gli edifici esistenti sono caratterizzati da elevati valori di consumo energetico, dovuti a ridotta coibentazione degli involucri,poco efficienti impianti di produzione di calore e orientamento non ottimale per favorire la captazione dell'irraggiamento solare.	Favorire la realizzazione di **comparti urbani di forma più compatta**, la progettazione integrata del sistema di riscaldamento degli edifici, con predilezione per **reti di teleriscaldamento**. **Obbligo** di realizzazione degli edifici - almeno in **classe A**, con opportuni sistemi di ventilazione, **per gli ambiti di trasformazione** - almeno in **classe B** per i **nuovi edifici** e gli edifici risultanti da **demolizione e ricostruzione** - almeno in **classe C** per gli edifici sottoposti a **ristrutturazione** e, compatibilmente con i vincoli indotti dall'edificato circostante, orientamento dell'edificio volto a **massimizzare la captazione della radiazione solare**. Definizione di **nuove modalità per il calcolo delle volumetrie, delle superfici lorde di pavimento utili, delle altezze e delle distanze tra edifici**, al fine di tenere adeguatamente conto dello spessore dovuto al maggiore strato isolante degli involucri e alla presenza di impianti solari termici e fotovoltaici. Definizione di **soglie vincolanti per i coefficienti di trasmittanza delle pareti vetrate e opache** e suggerimento di accorgimenti per contenere i ponti termici. Introduzione di provvedimenti per **aumentare l'efficienza dei sistemi di produzione di calore** (in particolare, obbligo di posa di tubature per la rete di teleriscaldamento e di predisposizione dell'allacciamento alla rete, di utilizzo di sistemi ad elevato rendimento e di impianti centralizzati, con contabilizzazione individuale). Introduzione di provvedimenti per **aumentare l'efficienza dei sistemi di diffusione del calore** (sistemi radianti a bassa temperatura). Introduzione di provvedimenti per la **ventilazione controllata**, in particolare per gli edifici caratterizzati da elevate prestazioni energetiche. Introduzione di provvedimenti per **contenere i consumi per il raffrescamento estivo** e per favorire la **diffusione di tetti e facciate verdi** (introduzione di obblighi per i nuovi edifici con tetti a copertura piana).	Nuovi edifici, demolizioni con ricostruzione, ristrutturazioni e ampliamenti edifici esistenti: esonero dall'esazione dei diritti di segreteria e possibilità di concedere **riduzioni sugli oneri di urbanizzazione o sugli strumenti di imposizione fiscale attivi a livello comunale per gli interventi che rispettano condizioni più restrittive di quelle obbligatorie.**

Allegato 1 Il quadro programmatico

Unione Europea

COM(2006) 545	*"Piano di azione per l'efficienza energetica (2007-2012)" [19 ottobre 2006]* • Introduce l'obiettivo di **contenere e ridurre la domanda di energia**, nonché **agire in maniera mirata sul consumo e sull'approvvigionamento** per riuscire a **ridurre del 20% il consumo annuo di energia primaria entro il 2020** (rispetto alle proiezioni sul consumo energetico per il 2020); • tale obiettivo corrisponde alla realizzazione di risparmi di circa l'1,5% all'anno fino al 2020; • i più consistenti risparmi di energia possono essere realizzati nei seguenti settori: o **edifici residenziali e commerciali (terziario)**, con un potenziale di riduzione stimato rispettivamente al 27% e al 30%; o **industria manifatturiera,** con possibilità di risparmio di circa il 25%; o **settore dei trasporti**, con una riduzione del consumo stimata al 26%. • Prevede misure volte a o **accrescere l'efficienza energetica di edifici**, estendendo il campo di applicazione della direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia [2002/91/CE] agli edifici di minori dimensioni e sviluppando requisiti minimi di efficienza per gli edifici nuovi o ristrutturati e promuovendo le abitazioni "passive"; o **accrescere l'efficienza energetica di prodotti e servizi:** sulla base della direttiva 2006/32/CE sull'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici (cfr. più avanti), la Commissione intende sviluppare orientamenti, un codice di condotta ed una procedura di rilascio di certificati applicabili a tutti i settori: combinazione di norme sul rendimento energetico degli elettrodomestici e di un sistema adeguato di etichettatura e di valutazione dell'efficienza energetica per i consumatori; o **migliorare il rendimento della produzione e della distribuzione di energia:** il settore della trasformazione dell'energia utilizza circa un terzo dell'energia primaria, mentre l'efficienza energetica media degli impianti di trasformazione si colloca intorno al 40%: saranno introdotti requisiti minimi obbligatori di efficienza energetica per gli impianti di generazione dell'elettricità e per gli impianti di riscaldamento e raffreddamento di potenza inferiore a 20 MW, ed eventualmente per impianti di potenza superiore. Sarà inoltre rafforzata la promozione della cogenerazione e sarà incoraggiato il collegamento delle unità di produzione decentralizzate; o **ridurre l'impatto dei trasporti sul consumo di energia:** sarà imposto un obiettivo vincolante di riduzione delle emissioni inquinanti dei veicoli, in modo da raggiungere la soglia di 120 g di CO2/km entro il 2012; inoltre, saranno rafforzate le norme sull'etichettatura dei veicoli, saranno effettuate campagne di sensibilizzazione adeguate e sarà promosso l'acquisto di veicoli puliti da parte delle autorità pubbliche; i trasporti urbani saranno inoltre oggetto di un libro verde, che promuoverà anche i trasporti pubblici, i modi di trasporto non motorizzati e il telelavoro; è altresì allo studio la riduzione del consumo energetico degli altri modi di trasporto (ferroviario, aereo e marittimo); o **promuovere e a rafforzare un comportamento razionale in merito al consumo di energia** - le autorità pubbliche dovrebbero dare l'esempio.
COM(2008) 30	"*Due volte 20 per il 2020: L'opportunità del cambiamento climatico per l'Europa" [23 gennaio 2008]* • Il Consiglio Europeo ha definito gli obiettivi «20-20-20» per il 2020: • **riduzione del 20% del consumo di energia primaria dell'UE** rispetto alle proiezioni per il 2020, attraverso aumento dell'efficienza nei processi di produzione, trasporto e consumo dell'energia; • **riduzione del 20% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990** (la riduzione aumenterà al 30% a condizione che altri paesi sviluppati si impegnino ad "analoghe riduzioni delle emissioni e che i paesi in via di sviluppo economicamente più avanzati si impegnino a contribuire adeguatamente sulla base delle loro responsabilità e capacità rispettive); • introduzione nel consumo energetico di una **quota di energie rinnovabili pari al 20% del consumo dell'UE.**
COM(2008) 772	*"Efficienza energetica: conseguire l'obiettivo del 20%" [13 novembre 2008]* • **Misure a favore dell'efficienza energetica negli edifici** • Il consumo di energia nell'edilizia residenziale e commerciale è all'origine di circa il 40% del consumo totale di energia finale e del 36% delle emissioni totali di CO2 nell'UE;

	• per ridurre questo tipo di consumo occorre definire soglie minime di efficienza per tutti gli edifici esistenti soggetti a ristrutturazione rilevante, indipendentemente dalla metratura (cfr. direttiva 2002/91/CE) • **Misure a favore dell'efficienza energetica dei prodotti** • La Commissione ha presentato una proposta di direttiva relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia (lampadine, apparecchiature elettriche, alimentazione elettrica esterna, ecc.); • è altresì prevista una proposta di revisione della direttiva sull'etichettatura energetica (92/75/CEE). • **Cogenerazione** • la direttiva esistente sulla cogenerazione (2004/8/CE), che introduce valori di riferimento per i rendimenti per la produzione contestuale di elettricità e di calore, sarà rafforzata.
COM(2008) 241	*"Affrontare la sfida dell'efficienza energetica con le tecnologie dell'informazione e della comunicazione" [13 maggio 2008]* • Riconosce che le **tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC)** costituiscono un mezzo per migliorare l'efficienza energetica nei vari settori dell'economia: particolare accento viene dato ai comparti potenzialmente più forti come la **rete elettrica**, gli **edifici intelligenti sotto il profilo energetico**, **l'illuminazione intelligente**; • incoraggia la ricerca e l'innovazione, la cooperazione, le iniziative nazionali e regionali, la diffusione di buone pratiche nel comparto delle TIC.

Stato

PEN 1988	*"Piano Energetico Nazionale" [10 agosto 1988]*
	• Definisce obiettivi di:
	  • promozione dell'uso razionale dell'energia e del risparmio energetico;
	  • sviluppo progressivo di fonti di energia rinnovabile, aumentando, al 2000, la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili del 44% (300 MW installati di energia eolica, 75 MW di energia solare)
	• impone l'adozione da parte di tutte le Regioni di Piani d'Azione per l'utilizzo e la promozione di energie rinnovabili sul proprio territorio

PAEE 2007	*"Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE)" [Ministero dello Sviluppo Economico, luglio 2007]*
	• Elaborato in ottemperanza alle prescrizioni della Direttiva 2006/32/CE, che fissa un **obiettivo di risparmio energetico pari al 9% entro il 2016**;
	• strategia di riferimento: "un intervento efficace e lungimirante sull'efficienza energetica negli usi finali può creare una sinergia tra la necessità di ridurre la dipendenza energetica, aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti e ridurre le emissioni di gas serra, con effetti sulla competitività e innovazione tecnologica del sistema produttivo e la creazione di nuova occupazione";
	• si articola su tre linee principali d'intervento:
	  • mantenere almeno per alcuni anni misure già adottate, quali: la **riqualificazione energetica nell'edilizia**; la **riduzione del carico fiscale per il Gpl e gli eco-incentivi** per la sostituzione del parco veicoli circolante; gli **incentivi al sistema agro-energetico**, le **detrazioni fiscali per motori industriali efficienti**; gli **sgravi per elettrodomestici ad alta efficienza**; la **promozione della cogenerazione ad alto rendimento**;
	  • attuare misure in corso di recepimento riferite alle direttive UE che impongono **l'obbligo di etichettatura energetica per la commercializzazione di tutti i prodotti e servizi che utilizzano energia**;
	  • introdurre a partire dal 2009 il **limite di 140 grammi di CO2/km alle emissioni medie delle autovetture**, corrispondente ad un risparmio di oltre 23.000 GWh/anno (18% dell'obiettivo complessivo);
	• contempla anche interventi nel settore della mobilità urbana ed extra-urbana, quali misure tecnologiche relative ai veicoli (sistemi di controllo della pressione dei pneumatici, condizionamento più efficiente, miglioramento dei lubrificanti per rendere i motori più efficienti), incremento nell'uso dei biocarburanti, misure orientate alla domanda e al comportamento (eco-driving), misure infrastrutturali (controllo dinamico dei semafori, teleparking, interventi sulle superfici stradali che riducano la resistenza al rotolamento), car-sharing e car-pooling;
	• i risultati attesi, in termini di risparmio energetico annuo entro al 2016, sono i seguenti:
	  • settore Residenziale (edifici e apparecchiature): 56.830 GWh/anno;
	  • settore Terziario (riscaldamento e condizionamento efficiente, illuminazione pubblica e degli edifici): 24.700 GWh/anno;
	  • settore Industria (motorizzazioni efficienti, azionamenti a velocità variabile, cogenerazione ad alto rendimento, interventi sui processi industriali): 21.537 GWh/anno;
	  • settore dei Trasporti (introduzione del limite di emissioni di 140 di CO2/km, come media dei veicoli del parco venduto dal 2009) 23.260 GWh/anno;
	  • per un totale di 126.327 GWh/anno, cioè il 9.6% dei consumi totali.

Regione Lombardia

DGR 12467 del 21 marzo 2003	*"Programma Energetico Regionale"*
	
	• Con la riforma del Titolo V della Costituzione, l'energia diviene materia di "legislazione concorrente" tra lo Stato, cui spetta la determinazione dei principi fondamentali, e la Regione, cui viene attribuito un nuovo potere legislativo;
	• in tale contesto, il PER definisce i seguenti obiettivi strategici:
	  • ridurre i costi dell'energia per le imprese e le famiglie;
	  • ridurre le emissioni climalteranti ed inquinanti;
	  • promuovere la crescita competitiva dell'industria delle nuove tecnologie energetiche;
	  • incrementare l'occupazione a livello locale, quale diretta conseguenza della politica energetica;
	  • tutelare i consumatori più deboli e vulnerabili;
	• le linee d'intervento introdotte mirano a
	  • ridurre la dipendenza energetica della Regione, **incrementando la produzione di energia elettrica e di calore** con la costruzione di **nuovi impianti ad alta efficienza**;
	  • **ristrutturare gli impianti esistenti elevandone l'efficienza** ai nuovi standard consentiti dalle migliori
	  • tecnologie;
	  • **migliorare e diversificare le interconnessioni con le reti energetiche** nazionali ed internazionali in modo da garantire certezza di approvvigionamenti;
	  • promuovere l'aumento della produzione energetica a livello regionale tenendo conto della salvaguardia della salute della cittadinanza;
	  • riorganizzare il sistema energetico lombardo nel rispetto delle caratteristiche ambientali e territoriali e coerentemente con un quadro programmatorio complessivo;
	  • ridurre i consumi specifici di energia **migliorando l'efficienza energetica** e promuovendo interventi per l'**uso razionale dell'energia**;
	  • promuovere l'impiego e la diffusione capillare sul territorio delle **fonti energetiche rinnovabili**, potenziando al tempo stesso l'industria legata alle fonti rinnovabili stesse;
	  • promuovere lo sviluppo del sistema energetico lombardo in congruità con gli strumenti urbanistici,
	• in questo contesto, il PER sceglie di concentrare le misure domestiche nei settori per i quali il rapporto tra costi di investimento e benefici (riduzione delle fonti primarie e vantaggi collaterali) sia il più favorevole, cioè:
	  • **aumento dell'efficienza nei trasporti;**
	  • **produzione di energia da fonti rinnovabili, con particolare riguardo alle biomasse;**
	  • **riduzione dei consumi nei settori civile, terziario e nella P.A.**;
	  • coltivazione delle foreste;
	• il PER sarà aggiornato, su base annuale, in relazione all'evolversi della situazione di riferimento esterna, soggetta a costante monitoraggio e sulla base dei contributi derivanti dal confronto "permanente" con gli operatori del settore energetico.

DGR VII/4916 del 15 giugno 2007 e aggiornamento 2008	*"Piano d'Azione per l'Energia" [aggiornamento del 2008]*
	
	• Basato sull'aggiornamento del bilancio energetico del territorio regionale, avvenuto nel 2004, dal quale sono emerse nuove criticità del sistema energetico e ambientale lombardo rispetto alle analisi effettuate nel 2000 che avevano portato ad elaborare le misure contenute nel PER del 2003;
	• definisce i seguenti obiettivi:
	  • ridurre il costo dell'energia per contenere le spese delle famiglie e per migliorare la competitività del sistema delle imprese;
	  • diminuire le emissioni che inquinano e alterano il clima, rispettando le particolarità del territorio e dell'ambiente entro il quale vengono previsti gli interventi, secondo le linee del protocollo di Kyoto;
	  • promuovere la crescita competitiva delle industrie legate all'innovazione tecnologica nel settore dell'energia;

	• tutelare la salute dei cittadini e curare gli aspetti sociali legati alle politiche energetiche;
	• si articola in quattro macro-settori, a sua volta organizzati in misure:
	  • risparmio energetico e razionalizzazione:
	  o **sistemi di produzione e distribuzione energetica ad alta efficienza (teleriscaldamento urbano, pompe di calore, produzione centralizzata ad alta efficienza, generazione distribuita e micro-cogenerazione)**
	  o interventi negli **usi finali per la riduzione dei consumi energetici (impianti termici edifici, involucro edificio, illuminazione pubblica e privata, elettrodomestici, industria, trasporti – carta sconto metano/GPL, rete dei distributori a metano per autotrazione, diffusione veicoli a bassa emissione, sviluppo di sistemi di tele-lavoro);**
	  • fonti energetiche rinnovabili:
	  o **idroelettrico (mini-idroelettrico (potenza installata minore di 3 MW) da acquedotto e da canali irrigui, *repowering* o sostituzione di centrali vetuste);**
	  o **biomasse (per riscaldamento individuale, per produzione centralizzata, da reflui zootecnici);**
	  o **rifiuti;**
	  o **solare termico;**
	  o **solare fotovoltaico;**
	  o **geotermia;**
	  o **eolico;**
	  • mercato energetico e Titoli di Efficienza Energetica:
	  o tariffe agevolate;
	  o accordi con le ESCO (Energy SAving COmpanies) e con gli istituti di credito;
	  • interventi normativi, amministrativi, accordi volontari, R&S:
	  o pianificazione urbanistica (edilizia residenziale convenzionata, recupero urbano e piani di lottizzazione);
	  o formazione, progetti di ricerca (film sottile, solar cooling),
	  o sviluppo sistema di monitoraggio (Sistema Informativo Regionale energia e Ambiente – SI.RE.NA);
	• le azione che consentono di attuare le misure sono delle seguenti tipologie:
	  • incentivazione di interventi (co-finanziamento diretto da parte di Regione Lombardia);
	  • interventi volontari (derivati da Accordi volontari che prevedono impegni e obblighi);
	  • attuazione di strumenti normativi, pianificatori e programmatori;
	  • semplificazione amministrativa e autorizzativa e definizione di linee guida;
	  • azioni di sistema (Accordi per attivazione di filiere industriali, agro-industriali, ecc.);
	  • partecipazione a progetti di ricerca e sviluppo;
	  • attività di divulgazione e di informazione/formazione al pubblico.

PTR, DCR 874/2009	*"Piano Territoriale Regionale" [dicembre 2007/Adozione del consiglio Regionale il 30 luglio 2009]*
	• Definisce tre macro-obiettivi per la sostenibilità:
	  o rafforzare la competitività dei territori della Lombardia;
	  o riequilibrare il territorio lombardo;
	  o proteggere e valorizzare le risorse della regione;
	• e 24 obiettivi di riferimento, tra cui:
	  o migliorare la qualità e la vitalità dei contesti urbani e dell'abitare, […] attraverso […] la riduzione del fabbisogno energetico degli edifici, […], il recupero delle aree degradate […];
	  o tutelare la salute del cittadino, attraverso il miglioramento della qualità dell'ambiente, la prevenzione e il contenimento dell'inquinamento delle acque, acustico, dei suoli, elettromagnetico, luminoso e atmosferico;
	  o tutelare le risorse scarse (acqua, suolo, fonti energetiche) indispensabili per il perseguimento dello sviluppo attraverso l'utilizzo razionale e responsabile delle risorse anche in termini di risparmio, l'efficienza nei processi di produzione ed erogazione, il recupero e il riutilizzo dei territori degradati e delle aree dismesse, il riutilizzo dei rifiuti;

	• introduce poi una serie di obiettivi tematici, dei quali i seguenti si riferiscono al sistema dell'energia: o Realizzare interventi per la promozione, anche a livello prototipale, di esperienze per lo sfruttamento di energie rinnovabili e pulite e dei combustibili a basso impatto ambientale, per diffonderne più capillarmente l'impiego sul territorio e per ridurre gli impatti ambientali e paesaggistici in campo energetico: o ricorrere al teleriscaldamento; o promuovere i combustibili a basso impatto ambientale; o promuovere politiche energetiche per gli edifici pubblici (favorendo il ricorso diffuso alla cogenerazione); o favorire il recupero energetico delle biomasse e dei reflui animali nelle aziende agricole; o promuovere investimenti per l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale delle imprese; o sostenere l'innovazione e la ricerca finalizzate all'individuazione di soluzioni tecnologiche per la riduzione degli impatti ambientali e paesaggistici in campo energetico, grazie al ricorso a fonti energetiche rinnovabili e pulite; o Riorganizzare il sistema energetico lombardo tenendo conto della salvaguardia della salute della cittadinanza e degli aspetti sociali, occupazionali, di tutela dei consumatori piu' deboli e migliorare l'informazione alla cittadinanza sul tema energetico: o promuovere la sostenibilità degli insediamenti; o intervenire sulle compensazioni ambientali previste; o razionalizzare la rete distributiva; o razionalizzare la distribuzione degli impianti; o incentivare l'efficienza produttiva; o Incentivare il risparmio e l'efficienza energetica, riducendo la dipendenza energetica della Regione: o incrementare la capacità di generazione energetica degli impianti; o garantire l'efficienza energetica di infrastrutture, edifici, processi produttivi, mezzi di trasporto, sistemi energetici; o incentivare l'innovazione e l'utilizzo delle nuove tecnologie energetiche; o contenere i consumi energetici nei trasporti, nell'industria, nel terziario e nell'edilizia; o promuovere l'edilizia a basso consumo energetico (domotica, risparmio energetico e risparmio idrico, architettura bioclimatica e bio-edilizia); o promuovere la produzione di prodotti e complementi per l'edilizia eco-compatibili e finalizzati al risparmio energetico degli edifici; o incentivare l'utilizzo di apparecchiature ed attrezzature ad elevata efficienza presso i consumatori domestici, del terziario e dell'illuminazione pubblica; o incentivare la diffusione di comportamenti virtuosi tesi al risparmio energetico presso i consumatori domestici. o Garantire la qualità progettuale e la sostenibilità ambientale degli insediamenti: o promuovere la teleclimatizzazione mediante tecnologie a basso impatto ambientale; o utilizzare fonti energetiche rinnovabili; o sviluppare tecnologie innovative a basso impatto; o sviluppare e incentivare tecnologie di bioedilizia e architettura bioclimatica; o promuovere il risparmio energetico e l'isolamento acustico in edilizia; o promuovere interventi di formazione agli Enti Locali e criteri per la qualità paesistica e ambientale degli interventi.
POR *2007-2013*	*Programma Operativo Regionale Competitività 2007-2013 [2006]* • E' lo strumento di Programmazione che definisce quali interventi la Regione Lombardia finanzierà con il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR); • definisce quattro assi d'intervento, ciascuno dei quali è realizzato attraverso obiettivi operativi e linee d'intervento; di particolare interesse è l'Asse 2 – Energia (Finanziamento previsto circa 50'000'000 di €), caratterizzato dai seguenti obiettivi operativi: • Incremento della produzione energetica da fonti rinnovabili e sviluppo della cogenerazione: o Realizzazione ed estensione delle reti di teleriscaldamento;

	○ Produzione di energia da impianti mini-idroelettrici, da fonti geotermiche e attraverso sistemi a pompa di calore; • Riduzione dei consumi energetici: ○ Interventi innovativi, anche a valenza dimostrativa, per ridurre i consumi energetici e implementare la certificazione energetica degli edifici pubblici; ○ Interventi per il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica; • gli interventi coerenti con tali linee sono finanziati attraverso bandi periodici; • l'elenco dei bandi aperti è disponibile presso: http://www.regione.lombardia.it/wps/portal/_s.155/606/.cmd/ad/.ar/sa.link/.c/502/.ce/628/.p/408?PC_408_linkQuery=pagename=PortaleLombardia/GenDoc/PL_GenDoc_light_procom,c=GenDoc,cid=1216017932496#628; • nel 2009 è stato aperto un bando relativo a "progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale nel settore dell'efficienza energetica", nel 2008 è stato finanziato un bando per il "miglioramento energetico degli impianti di illuminazione pubblica".

Provincia di Varese

Delibera Provincia di Varese n. 27/2007	*"Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale" [11 aprile 2007]* • Il piano non individua obiettivi o misure esplicitamente riconducibili al sistema dell'energia.

Processo di Agenda 21 della Provincia di Varese	*"Piano d'Azione Sostenibile Provinciale (P.A.S.P.)" [novembre 2005]*
	• Riassume le azioni proposte nell'ambito del "Gruppo di lavoro sostenibilità energetica", sia di tipo sperimentale (progetti pilota), sia di formazione e educazione al risparmio energetico;
	• di particolare interesse l'azione relativa all'**utilizzo delle biomasse forestali nelle aree montane della Valcuvia e della Valganna Valmarchirolo**, che prevede le seguenti attività:
	  • organizzare e coordinare un tavolo tematico energia che garantisca la riuscita **dell'intera filiera-legno-energia**;
	  • attivare una filiera che coinvolga i portatori d'interesse locali (le imprese forestali, i proprietari di boschi, gli utilizzatori finali, i cittadini, le scuole);
	  • definizione dei migliori siti nei quali realizzare uno studio di fattibilità per un impianto (sono state già individuate alcune candidature cha andranno condivise dai portatori d'interesse);
	  • preparazione dei progetti definitivi per eventuali partecipazioni a Bandi regionali o nazionali di finanziamento.

Processo di Agenda 21 della Provincia di Varese	*Quaderno per la sostenibilità energetica ed ambientale nell'edilizia Provincia di Varese [2006]*
	[http://www.provincia.va.it/agenda21/a21Provincia/Quaderno/Quaderno_sost_energ_amb_edilizia_ProVA.pdf]
	• Contiene una articolata proposta di **norme e misure per l'aggiornamento dei regolamenti edilizi comunali**: "Linee guida per la definizione del Regolamento edilizio", in relazione ai seguenti ambiti:
	  • prestazioni dell'involucro;
	  • efficienza energetica degli impianti;
	  • fonti energetiche rinnovabili;
	  • sostenibilità ambientale.

Allegato 2 Il quadro legislativo

Unione Europea

Direttiva 2002/91/CE	*"Sul rendimento energetico nell'edilizia"* • Riconosce che l'energia utilizzata nel settore residenziale e terziario rappresenta oltre il 40% del consumo finale di energia – settore in espansione, con consumi ed emissioni destinati ad aumentare; • fissa obiettivi di rendimento energetico nell'edilizia: o **tutti i nuovi edifici dovrebbero essere assoggettati a prescrizioni minime di rendimento energetico**, definite in funzioni delle condizioni climatiche locali, da sottoporre a revisione al massimo ogni 5 anni; o **tutti gli edifici esistenti di metratura superiore ai 1000 m^2 che subiscano degli interventi di «ristrutturazione importante»** (sulle mura/o gli impianti di riscaldamento, condizionamento, ventilazione, illuminazione e produzione di acqua calda) **devono migliorare il loro rendimento energetico**; • **introduce la certificazione energetica degli edifici** e definisce disposizioni riguardanti il quadro generale per impostare la metodologia per il calcolo del rendimento energetico degli edifici; • introduce l'obbligo di ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché di perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni; • promuove l'elaborazione di strategie che contribuiscano a migliorare il rendimento termico degli edifici nel periodo estivo e lo sviluppo di tecniche di raffreddamento passivo.
Direttiva 2006/32/CE	*"Sull''efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici"* • Definisce il quadro di riferimento per **l'efficienza negli usi finali dell'energia e i servizi energetici**; • **fissa obiettivi indicativi di risparmio energetico applicabili agli Stati membri**, obblighi per le autorità pubbliche nazionali in materia di risparmio energetico e di acquisti efficienti sotto il profilo dell'energia, nonché misure di promozione dell'efficienza energetica e dei servizi energetici; • gli Stati membri adottano un **obiettivo nazionale indicativo globale di risparmio energetico, pari al 9 % del consumo medio annuo dei 5 anni precedenti (2002-2006) entro il 2016**, da conseguire tramite servizi energetici e ad altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica, definite nel contesto di **piani d'azione in materia di efficienza energetica (PAEE)**, che definiscono obiettivi e strategie triennali.
Direttiva 2009/28/CE	*"Sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"* Per ogni Stato membro, impone: • che la propria **quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia nel 2020 sia almeno pari al proprio obiettivo nazionale generale per la quota di energia da fonti rinnovabili per quell'anno** (allegato I, parte A, per l'Italia pari al 17%) – gli obiettivi nazionali generali obbligatori sono coerenti con l'obiettivo di una **quota pari almeno al 20% di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia della Comunità nel 2020**; • l'adozione di misure per assicurare che la crescita della **quota di energia da fonti rinnovabili rispetti, anno dopo anno, un incremento minimo di riferimento, progressivamente crescente al passare degli anni;** • **la quota indicata nella traiettoria indicativa** di cui all'allegato I, parte B; • che la propria **quota di energia da fonti rinnovabili in tutte le forme di trasporto nel 2020 sia almeno pari al 10% del consumo finale di energia nel settore dei trasporti** nello Stato membro; • **l'adozione di un piano di azione nazionale per le energie rinnovabili**, che fissi gli obiettivi nazionali per la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel 2020 nel settore o dei trasporti, o dell'elettricità, o del riscaldamento e raffreddamento.

Stato

L. 10/1991	*"Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"*
	• Fissa principi e obiettivi di validità generale sull'uso razionale nei processi di trasformazione dell'energia;
	• Definisce i seguenti obiettivi:
	  • garantire un uso razionale dell'energia, **migliorando i processi di trasformazione dell'energia e riducendo i consumi nell'uso e nella produzione dei manufatti**;
	  • migliorare le condizioni di **compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia** a parità di servizio reso e di qualità della vita;
	  • promuovere le **fonti rinnovabili** di energia;
	  • sostituire gli impianti nei settori a più elevata intensità energetica, anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale.
	• Il Titolo II introduce norme esplicitamente rivolte al contenimento del consumo di energia negli edifici; la definizione di requisiti minimi in termini di consumo di energia è demandata a successivi decreti attuativi, emanati solo nel luglio 2005 (Decreto del Ministero delle infrastrutture 27 luglio 2005, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 2 agosto 2005, n. 178).

D.P.R. 412/93	*"Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia"* • Riconosce che il **sistema edificio-impianto** deve essere analizzato come sistema integrato; • definisce **requisiti minimi** e procedure di calcolo per le **prestazioni degli impianti termici**; • introduce **strategie progettuali per controllare il fabbisogno energetico** (soluzioni d'involucro, inerzia termica, sistemi di distribuzione, generazione e regolazione, apporti gratuiti, recupero del calore, fonti di energia rinnovabili).
D.Lgs. 192/2005	*"Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"* • Fissa **condizioni, criteri e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici** (consumo di energia per la climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda, illuminazione artificiale); • disciplina in particolare la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, introducendo **criteri generali per la certificazione energetica degli edifici**; • definisce i **requisiti minimi di prestazione energetica**, introducendo soglie per il parametro **"fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale"** (non definisce tuttavia procedure specifiche per il calcolo del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva). L'introduzione di tali requisiti è prevista gradualmente nel tempo; • Introduce **l'obbligo di dotare tutti i nuovi edifici di impianti solari termici, almeno per il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria** • impone **l'obbligo di ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione**; • rimanda a un successivo regolamento la definizione dei criteri di riconoscimento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e le ispezioni degli impianti di climatizzazione.

D.Lgs. 311/2006	*"Correzione e integrazione del DLgs 192/2005"*
	• **Demanda a un documento di Linee guida nazionali** la definizione puntuale della procedura di certificazione energetica degli edifici e del relativo attestato. In attesa di tali linee guida, **definisce la procedura di qualificazione energetica degli edifici**, che viene disciplinata nei seguenti termini:
	  • la procedura deve calcolare il fabbisogno di energia primaria dell'edificio, sulla base del quale viene individuata la classe energetica dell'edificio;
	  • viene rilasciato un attestato, di validità pari a 10 anni;
	  • negli edifici di proprietà pubblica o adibiti a uso pubblico, con superficie utile totale maggiore di 1000 m^2, l'attestato è affisso sull'edificio, in un luogo visibile per il pubblico;
	  • l'applicazione di tale procedura è graduale nel tempo: immediata per gli edifici di nuova costruzione, graduale per le ristrutturazioni, a seconda del tipo e dell'entità degli interventi previsti; vale anche per edifici non soggetti ad interventi architettonici, per i quali, per ogni atto di trasferimento a titolo oneroso di

	singole unità immobiliari, dal 1 luglio 2009 deve essere definita la classe energetica; • la procedura non viene applicata per o edifici storici, nel caso in cui gli interventi in ossequio della legge implichino una inaccettabile alterazione del loro carattere; o edifici industriali, artigianali e agricoli non residenziali, se gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo; o fabbricati isolati con superficie utile totale minore di 50 m^2. • introduce l'obbligo di utilizzo di sistemi schermanti esterni per nuovi edifici e per tutte le ristrutturazioni di edifici di superficie utile superiore ai 1000 m^2.
D.Lgs. 115/2008	*"Recepimento della direttiva 2006/32/CE"*
D.M. 18 dicembre 2008	*"Incentivazione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili"* Regolamenta gli strumenti per favorire il la produzione di elettricità da fonti rinnovabili: certificati verdi, tariffa fissa omni-comprensiva, regime di scambio sul posto.
D.P.R. 59 del 2 aprile 2009	*"Rendimento energetico in edilizia"* *Regolamento di attuazione del Decreto 192/2005 in materia di rendimento energetico in edilizia* Definisce le metodologie di calcolo e i **requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e l'acqua calda sanitaria**, in materia di progettazione di edifici e di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione e ispezione degli impianti termici.
D.M. 26/06/09	*" Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica degli Edifici"* Disciplina: • **i dati informativi che debbono essere contenuti nell'attestato di certificazione energetica,** compresi i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge, i valori di riferimento o classi prestazionali che consentano ai cittadini di valutare e raffrontare la prestazione energetica dell'edificio in forma sintetica e anche non tecnica, i suggerimenti e le raccomandazioni in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione; • **le norme tecniche di riferimento**, conformi a quelle sviluppate in ambito europeo e nazionale; • **le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici**; • introduce l'**obbligo per le nuove costruzioni, dal 1 gennaio 2010, di raggiungere almeno la classe energetica C**; • fissa gli indicatori con cui sintetizzare le stime di fabbisogno energetico primario globale, per riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria: • indice di prestazione energetica globale dell'edificio (energia totale utilizzata dall'edificio per m^2 di volume climatizzato); • indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (energia utilizzata per riscaldare l'edificio per m^2 di volume climatizzato); • indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda (energia utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria per m^2 di volume climatizzato); • indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (energia utilizzata per raffrescare l'edificio per m^2 di volume climatizzato, ricavata attraverso una valutazione qualitativa dell'involucro); • stima della prestazione energetica raggiungibile, ovvero del miglioramento della prestazione energetica conseguente alla realizzazione degli interventi di riqualificazione che presentano un tempo di ritorno degli investimenti inferiore a 10 anni. • Stabilisce che **l'attestato di certificazione energetica debba essere obbligatoriamente aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione, edilizio e impiantistico, che ricade nei seguenti casi**: • intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione che riguardino almeno il 25% della superficie esterna dell'immobile; • intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria che prevedono l'istallazione di sistemi di produzione con rendimenti più alti di almeno 5 punti percentuali rispetto ai sistemi preesistenti;

	• intervento di ristrutturazione impiantistica o di sostituzione di componenti o apparecchi che, fermo restando il rispetto delle norme vigenti, possa ridurre la prestazione energetica dell'edificio; • fissa in **10 anni la validità dell'Attestato di certificazione energetica**. Le disposizioni contenute si applicano per le Regioni e Province Autonome che non hanno ancora provveduto a dotarsi di una legislazione specifica di attuazione della direttiva 2001/91/CE. In caso di legiferazione regionale, come per la Regione Lombardia, quest'ultima è prevalente sulla norma nazionale. Le Regioni e le Province autonome che hanno già provveduto al recepimento della Direttiva 2002/91/CE devono comunque assicurare un graduale ravvicinamento dei propri strumenti di certificazione alle Linee guida nazionali.

Regione Lombardia

L.R. 26/2003	*"Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche"* • Definisce i seguenti obiettivi: garantire lo sviluppo del sistema energetico nel rispetto dell'ambiente e della salute dei cittadini o contribuendo alla creazione e diffusione di una cultura **dell'uso razionale dell'energia volto al contenimento dei fabbisogni energetici e delle emissioni ed a minimizzare i costi e i relativi impatti**; o attivando provvedimenti concreti finalizzati a conseguire la **riduzione delle emissioni climalteranti** come previsto dal protocollo di Kyoto; o garantendo la sicurezza dell'approvvigionamento per tutti gli utenti; o contribuendo allo sviluppo ed alla **realizzazione delle infrastrutture per il trasporto dell'energia**, così da sostenere le nuove esigenze legate al libero accesso alle reti e facilitare, quindi, la libera circolazione dell'energia sul territorio e il recupero di aree. **La costruzione di nuove infrastrutture non potrà prescindere dalla razionalizzazione delle reti esistenti, con liberazione del territorio dalle linee non indispensabili**; o garantendo che la produzione, l'interconnessione, la distribuzione e la vendita dell'energia elettrica e del gas naturale avvengano secondo **criteri di economicità, efficienza ed efficacia e nel rispetto degli standard qualitativi**; o tutelando i soggetti socialmente ed economicamente svantaggiati o residenti in zone territorialmente svantaggiate e di vigilare, per il tramite del Garante dei servizi e attraverso l'Osservatorio risorse e servizi. • A questo scopo, definisce le seguenti linee di intervento: o favorire e incentivare forme di risparmio energetico, sviluppo della cogenerazione e del teleriscaldamento e **aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili (FER), anche al fine di ridurre la dipendenza energetica della Regione**; o promuovere la **ricerca e l'innovazione tecnologica**, lo scambio di esperienze e di conoscenze per l'utilizzo di combustibili a ridotto impatto ambientale e per l'impiego dell'idrogeno; o incrementare il grado di **competitività del mercato energetico lombardo**, prevedendo interventi a sostegno della liberalizzazione dello stesso; o sostenere le iniziative finalizzate al **miglioramento dell'efficienza energetica e la riduzione delle emissioni inquinanti nei trasporti**, la diversificazione dei carburanti e la promozione dell'uso dei biocarburanti; o promuovere e **sostenere la riduzione dei consumi degli immobili esistenti e di nuova costruzione**, varando misure tese al miglioramento energetico degli stessi mediante soluzioni costruttive e l'utilizzazione delle fonti rinnovabili, anche attraverso la contabilizzazione individuale dei consumi anche nei sistemi centralizzati; o promuovere la realizzazione di **programmi di formazione e informazione** finalizzati ad accrescere la consapevolezza degli attori coinvolti e dei cittadini, affinché siano adottati modelli di comportamento basati su modalità efficienti di produzione e di consumo energetico; o impegnare le società di gestione delle reti e di erogazione del servizio in progetti educativi rivolti agli utenti per incentivare l'uso di impianti ed apparecchi più efficienti. • **Affida ai comuni i seguenti compiti** (estratto): o **favorire la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili, l'uso razionale dell'energia ed il risparmio energetico, anche operando tramite i propri strumenti urbanistici e regolamentari**; o applicare la **riduzione, secondo modalità e criteri definiti dalla Regione, degli oneri di urbanizzazione nel caso di progetti caratterizzati da alta qualità energetica**; o rilasciare la **certificazione energetica degli edifici**.
L.R. 39/2004	*"Norme per il risparmio energetico negli edifici e per la riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti" [21 dicembre 2004]* • Definisce disposizioni prevalenti sui Regolamenti edilizi e sulle norme comunali, che devono essere recepite dai regolamenti comunali stessi entro un anno dall'entrata in vigore della legge; • individua i seguenti obiettivi: o conseguire il contenimento **dei consumi di energia negli edifici**, attraverso il miglioramento delle prestazioni

	energetiche degli involucri edilizi e degli impianti termici; o **ridurre i consumi di energia di origine fossile attraverso lo sviluppo di fonti rinnovabili di energia**; o migliorare le condizioni di sicurezza, benessere abitativo e compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia; o promuovere adeguati livelli di qualità dei servizi di diagnostica energetica, analisi economica, progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici. • Introduce **requisiti più restrittivi rispetto alla normativa vigente circa l'isolamento termico degli edifici di nuova costruzione e di quelli soggetti a ristrutturazione totale**; • introduce la programmazione delle diagnosi energetiche degli edifici, stabilendo che i Comuni con più di 40.000 abitanti e le Province per la restante parte del territorio, sulla base delle risultanze dei dati raccolti nel "Catasto degli impianti di riscaldamento", provvedano a redigere un **programma di diagnosi energetica degli edifici**; • in tale contesto**, le priorità d'intervento definite da tale programma devono essere attribuite agli edifici pubblici** e ai sistemi edificio – impianto che presentano valori più elevati del rapporto tra il consumo e la volumetria riscaldata.
L.R. 24/2006	"Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente" ['11 dicembre 2006] • Persegue la **riduzione progressiva dell'inquinamento atmosferico e delle emissioni di gas a effetto serra** attraverso: o la ricerca, il monitoraggio e la valutazione della qualità dell'aria e delle emissioni di gas ad effetto serra, per assicurare la conoscenza della genesi degli inquinanti; o la programmazione di **misure integrate**, agenti dal breve al lungo periodo sulle varie sorgenti emissive ed in rapporto alle condizioni meteo-climatiche del bacino padano, finalizzate al rispetto dei valori limite degli inquinanti e alla prevenzione degli effetti nocivi sulla salute dei cittadini e sull'ambiente; o la promozione e l'incentivazione di minori impatti ambientali delle emissioni mediante: ▪ **l'uso razionale dell'energia;** ▪ **il potenziamento della produzione di energia da fonti rinnovabili;** ▪ **la qualità tecnica di impianti, apparecchiature, combustibili e carburanti;** ▪ **la gestione razionale della mobilità e dei trasporti di passeggeri e merci, anche migliorando l'offerta di trasporto pubblico locale;** ▪ **l'utilizzo di tecnologie innovative e dei meccanismi flessibili del protocollo di Kyoto;** • programmi per **promuovere l'efficienza energetica e per favorire l'utilizzo di beni e servizi a basso impatto ambientale**; • la riqualificazione del sistema agricolo e rurale; • programmi di ricerca e innovazione tecnologica; • informazione, sensibilizzazione e formazione. • Promuove, anche mediante azioni congiunte con le autonomie funzionali e altri soggetti interessati, accordi e iniziative con gli enti locali riguardanti: o **programmi di sviluppo locale volti a favorire l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili**, in coerenza con i modelli di Agenda 21 Locale; o programmi e progetti pilota di acquisti verdi allo scopo di introdurre criteri ecologici negli appalti pubblici di lavori, forniture e servizi; o programmi e azioni di formazione e di accompagnamento per la definizione di specifiche misure per la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra; o programmi per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili di origine agricola attuati mediante contratti quadro e contratti di programma agroenergetici con gli imprenditori agricoli, nell'ambito di intese di filiera; o programmi per la realizzazione di nuovi boschi e sistemi verdi. • Detta le modalità per ridurre e certificare il consumo energetico degli edifici esistenti, da ristrutturare e di nuova costruzione, stabilendo, in particolare, **requisiti di prestazione energetica degli involucri edilizi, degli impianti termici e dei generatori di calore**; • detta disposizioni per l'esercizio, il controllo, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici; • definisce i **requisiti minimi di prestazione energetica degli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva, degli impianti per la produzione di acqua calda sanitaria e dei generatori di vapore a uso civile**;

	• disciplina l'installazione di impianti di riscaldamento centralizzati a combustione autonoma e la diffusione di sistemi di termoregolazione degli ambienti e di contabilizzazione del calore; • promuove la diffusione di sistemi di alta qualità energetica ed ecosostenibilità ambientale degli edifici, di metodologie costruttive di bioedilizia, nonché di sistemi di filtraggio delle emissioni degli impianti termici. • Incentiva l'**utilizzo delle risorse geotermiche a bassa entalpia e delle pompe di calore**, anche per il teleriscaldamento ed il teleraffrescamento degli edifici. Le pompe di calore geotermiche possono utilizzare le acque del reticolo di bonifica ed irrigazione, previa concessione dei competenti consorzi di bonifica e fatte salve le esigenze irrigue e di bonifica (le province esercitano le funzioni amministrative relative al rilascio della autorizzazione per le piccole utilizzazioni locali di risorse geotermiche) • Ai fini della diffusione di tecnologie di conversione energetica, la Regione promuove: o **l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili di origine agro-forestale e agro-alimentare,** l'utilizzo di biocombustibili, al fine di diversificare l'approvvigionamento e l'offerta energetica regionale e di sostenere forme integrate di sviluppo rurale; o in ambito rurale, **la realizzazione di reti di teleriscaldamento alimentate con biomasse di origine agro-forestale, prodotte prevalentemente in Lombardia**, al servizio di utenze pubbliche e private locali; o iniziative che favoriscano la raccolta e l'impiego energetico di residui colturali di origine arborea, arbustiva, erbacea ed orticola e dei residui vegetali derivanti da attività di manutenzione del verde pubblico e privato; • la Giunta regionale definisce procedure semplificate per la realizzazione e l'esercizio di impianti alimentati da fonti rinnovabili di origine agro-forestale e agro-alimentare.
DGR VIII/5018 e VIII/5773	*"Determinazioni inerenti la certificazione energetica degli edifici, in attuazione del d.lgs. 192/2005 e degli art. 9 e 25 della l.r. 24/2006"* *"Disposizioni inerenti all'efficienza energetica in edilizia"* • Disciplinano: o la progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati; o le opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti, ampliamenti volumetrici e installazione di nuovi impianti in edifici esistenti; o la certificazione energetica degli edifici: il sistema di classificazione energetica degli edifici introdotto in Lombardia è basato sul fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale. **Le disposizioni sono state aggiornate e integrate dalla DGR VIII/8745, cui si rimanda.**
DGR VIII/8745 del 22 dicembre 2008	*"Modifica alla DGR VIII/5773"* • Indica i **requisiti minimi di prestazione energetica dell'involucro, dell'impianto di climatizzazione invernale e del sistema edificio-impianto**; • Introduce due modalità di determinazione della classe energetica di un edificio, non alternative ma complementari: in base all'**indice di prestazione energetica relativo alla climatizzazione invernale (EPH)** e in base all'**indice di prestazione termica per la climatizzazione estiva (ETC)** (l'applicazione di tale classificazione ha degli effetti solo ai fini dell'attestato di certificazione energetica: l'edificio non dovrà rispettare alcun limite di prestazione termica per il raffrescamento estivo); • ribadisce **l'obbligo di coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria attraverso il contributo di fonti di energia rinnovabile**: sono ammesse tutte le fonti rinnovabili e viene specificato che l'obbligo si intende rispettato qualora siano utilizzate pompe di calore che abbiano prestazioni energetiche adeguate; • specifica che la **temperatura di mandata del fluido termovettore non deve superare i 50 °C** qualora sia presente un generatore di calore che aumenta la sua efficienza con temperature di mandata basse (ad esempio le caldaie a condensazione o le pompe di calore); • ribadisce l'**obbligo di allegare l'attestato di certificazione energetica all'atto di compra-vendita nel caso di trasferimenti a titolo oneroso** di interi edifici o di singole unità immobiliari **a partire dal 1 luglio 2009**; • si applica alla progettazione ed esecuzione di nuovi edifici, ristrutturazioni ed ampliamenti volumetrici, recupero di sottotetti e installazioni di nuovi impianti; • sono esclusi dal rispetto di tali condizioni tutti gli immobili che, rientrando nel patrimonio storico/culturale possono essere solo sottoposti a restauro e risanamento conservativo. Stessa situazione per i fabbricati industriali, agricoli e artigianali non residenziali, quando per ragioni produttive la temperatura deve essere mantenuta entro determinati livelli. Non rientrano nell'applicazione neanche i fabbricati isolati con una superficie utile totale

	inferiore ai 50 metri quadri e gli impianti installati ai fini del processo produttivo anche se utilizzati per gli usi tipici del settore civile.
L.R. 13/2009	*"Azioni straordinarie per lo sviluppo e la qualificazione del patrimonio edilizio ed urbanistico della Lombardia" [15 luglio 2009]* • Basata sull'Intesa firmata con il Governo nell'aprile 2009, si applica dal 16 ottobre 2009; • obiettivo di riferimento: **massimo utilizzo del patrimonio edilizio ed urbanistico esistente, evitando il consumo di nuovo territorio** (recupero e riutilizzo degli spazi edilizi attualmente inutilizzati, sottoutilizzati e degradati a fini residenziali e di servizi e attività compatibili con la residenza); • Azioni: o ampliamento del 20% degli edifici residenziali esistenti, mono-bifamiliari o di volumetria inferiore a 1200 mc, ubicati al di fuori delle aree storiche o di antico insediamento; possibilità di demolizione e ricostruzione di edifici residenziali esistenti con un incremento sino al 35% del volume, ubicati al di fuori delle aree storiche o di antico insediamento e **con elevate prestazioni energetiche e ambientali (diminuzione certificata del fabbisogno di energia annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale superiore al 30% del valore limite** previsto dalla L.R. 24/2006, art. 9 e 25); o **possibilità di demolizione e ricostruzione di edifici industriali e artigianali esistenti con un incremento sino al 35% del volume, se ubicati in zone specificamente individuate dai Comuni**; o sostituzione di edifici residenziali incompatibili con le caratteristiche dei centri storici; o riqualificazione di quartieri di edilizia pubblica, con la possibilità di realizzare nuovi edifici avviando azioni di recupero energetico ed ambientale. • Stima degli effetti dal punto di vista energetico (fonte: Regione Lombardia): o per interventi di demolizione e ricostruzione di edifici residenziali, assumendo il valore limite dell'indice di prestazione energetica relativo alla climatizzazione invernale (EPH) pari a 60 kWh/m^2 anno, si può stimare una riduzione dei consumi di energia primaria per la climatizzazione invernale quantificabile, in termini assoluti, in 56.650 MWh, nonostante un incremento volumetrico del 30%; o per interventi di demolizione e ricostruzione di edifici produttivi, assumendo il valore limite di EPH previsto dal dispositivo regionale pari a 18 kWh/m^3 anno, si può stimare una riduzione dei consumi di energia primaria per la climatizzazione invernale quantificabile, in termini assoluti, in 404.460 MWh, nonostante un incremento volumetrico del 30%.