

OGGETTO Scheda Piano Direttore sull'energia

TITOLO **Rapporto tecnico sulla scheda di Piano
Direttore sull'energia – Obiettivo 27**

COMMITTENTI Dipartimento del Territorio
CH – 6500 Bellinzona

ESTENSORI RAPPORTO Angelo Bernasconi, Nerio Cereghetti e Claudio Vanoni
SUPSI – DACD – ISAAC

GRUPPO D'ACCOMPAGNAMENTO Riccardo De Gottardi, Moreno Celio e Stefano Brenni
DT – DSTM
Marcello Bernardi, Giovanni Bernasconi e Mario Briccola
DT – DA
Sergio Morisoli e Sandro Pitozzi
DFE

LUOGO E DATA Lugano / Trevano, settembre 2007

Indice

1. Mandato e definizioni.....	3
2. Basi dei dati.....	3
2.1 Consumi totali di energia per vettore energetico.....	4
2.2 Catasto industrie e “grandi” impianti di combustione (> 1 MW).....	7
2.3 Catasto dei “piccoli” impianti di combustione (< 1 MW)	7
2.4 Dati sul parco immobiliare	10
2.5 Dati sui consumi forniti dalle aziende elettriche	14
3. Risultati sugli utilizzi dell’energia.....	15
3.1 Utilizzo di energia risultante dai catasti degli <i>impianti di combustione</i> (olio combustibile e gas)	15
3.2 L’utilizzo di energia dei diversi settori	17
4. Risorse energetiche e produzione di energia nel Cantone	21
4.1 Forza idrica (sfide e indirizzi)	24
4.2 Legna e impianti di cogenerazione	24
4.3 Geotermia (di alta temperatura).....	25
4.4 Eolico	26
4.5 Fotovoltaico (PV).....	26
5. Analisi dell’evoluzione del consumo per il riscaldamento degli edifici abitativi.....	28
5.1 Modello basato sulla superficie delle unità abitative.....	28
5.2 Modello basato sui dati del catasto dei “piccoli” impianti di combustione	31
6. Potenziale di risparmio e di produzione del calore negli edifici	33
6.1 Potenziale di risparmio nel riscaldamento degli edifici abitativi	33
6.2 Potenziale di produzione del calore con energie rinnovabili negli edifici abitativi	39
6.2.1. Impianti a legna.....	40
6.2.2. Solare termico.....	41
6.2.3. Geotermia (a bassa temperatura) e calore ambiente	42
6.2.4. Residui termici e teleriscaldamento	44
7. Gli effetti dei cambiamenti climatici sul settore dell’energia	45
8. Conclusioni	47

1. Mandato e definizioni

Il mandato – descritto nella risoluzione n. 1442 del 20 marzo 2007 del Consiglio di Stato – si prefiggeva di analizzare la situazione cantonale in relazione alla produzione e al consumo di energia, di valutare le potenzialità di risparmio energetico e di impiego di fonti energetiche rinnovabili con particolare attenzione a quelle indigene, di sviluppare degli scenari e degli indirizzi orientati al raggiungimento di quanto indicato nell’obiettivo 29 del Piano direttore (PD) in sulla politica energetica e conseguentemente allestire una scheda di PD che riprenda gli aspetti rilevanti e con incidenza territoriale.

Nell’uso corrente del linguaggio quotidiano si parla sovente di energia “prodotta” e “consumata”. In senso stretto tali denominazioni non sarebbero corrette in quanto l’energia non può essere né creata (prodotta) né distrutta (consumata), bensì solo trasformata. Durante i processi di trasformazione si verificano delle perdite (per es. dissipazione del calore) per cui si introduce di regola il concetto di rendimento, che descrive il grado di riuscita della trasformazione. Nella statistica svizzera dell’energia si ricorre di regola alle seguenti definizioni:

- Fonti energetiche **primarie**: sono vettori energetici che si presentano in natura e non hanno ancora subito trasformazioni, indipendentemente dal fatto che siano o no direttamente utilizzabili nella loro forma grezza. Esempi sono il petrolio grezzo, la legna, il gas naturale o la forza idraulica.
- Fonti energetiche **secondarie**: sono ottenute trasformando le fonti energetiche primarie in una forma utilizzabile da parte dei consumatori. Queste operazioni – che avvengono ad esempio in centrali idroelettriche, nucleari o di riscaldamento a distanza – generano perdite di trasformazione. Esempi di fonti secondarie sono l’elettricità, la benzina, l’olio combustibile e il calore fornito da un teleriscaldamento.
- **Energia finale** (o consumo finale): è l’energia fornita all’ultimo anello della catena commerciale, in altre parole è l’energia che paghiamo. Ad essa va aggiunto il consumo di energie rinnovabili che *non* entrano nel circuito commerciale (come ad es. il calore prodotto da collettori solari o quello estratto dall’ambiente con l’ausilio di pompe di calore). L’energia finale è perciò costituita dall’energia *acquistata o prodotta* dai consumatori per un determinato scopo (illuminazione, riscaldamento, ...).

2. Basi dei dati

La valutazione della struttura dei consumi in Ticino e la previsione degli sviluppi futuri è stata eseguita avvalendosi delle seguenti fonti di dati:

- statistiche ufficiali ticinesi sui consumi, dell’ufficio cantonale dell’Energia (USTAT);
- statistiche ufficiali svizzere sui consumi, dell’ufficio federale dell’Energia;
- censimento federale del 2000 (CF 2000);
- catasto dei grossi impianti di combustione (> 1MW) in Ticino;
- catasto dei piccoli impianti di combustione (< 1MW) in Ticino;
- dati forniti dalle aziende elettriche;
- Swissolar.

Dalle statistiche ufficiali sono stati estratti i dati sui consumi globali di energia (divisi per vettore energetico) per la Svizzera e il Ticino. Per la struttura del parco immobiliare (numero di case, epoca di costruzione, anno di rinnovamento, numero locali, modalità di riscaldamento, ecc.) si è invece fatto riferimento ai dati del censimento del 2000.

2.1 Consumi totali di energia per vettore energetico

Annualmente in Ticino si raccolgono i dati concernenti:

- la produzione e la distribuzione di energia elettrica;
- la distribuzione di gas naturale;
- i consumi di carburante per l'aviazione;
- i consumi di carburante per la navigazione;
- la produzione di energia da impianti fotovoltaici in rete (ISAAC).

Il fabbisogno degli altri vettori viene invece calcolato partendo dai dati nazionali, ai quali è applicato un indice basato su dati ed esperienze fatte in altri cantoni e adattato alle nostre particolari condizioni. Ciò avviene per:

- l'olio combustibile;
- i carburanti;
- la legna.

In particolare per la legna sono a disposizione unicamente i dati sulla produzione dei boschi ticinesi e di assortimenti di legna da ardere provenienti dagli stessi, mentre non si conoscono i quantitativi importati. Mancano inoltre dati affidabili sul consumo di legna da energia prodotta in proprio (autoconsumo) e utilizzata nelle singole economie domestiche (camino, stufa a legna, impianti integrativi, ...).

I dati relativi ai vettori energetici sopraelencati sono oggetto di pubblicazioni statistiche pubblicate dall'USTAT. Nel presente studio i dati relativi ai consumi di olio combustibile e di carburante sono stati verificati utilizzando altre fonti, come il catasto dei controlli della combustione e il modello di traffico; inoltre, il quadro dei consumi è stato completato con stime basate su dati svizzeri per il calore ambiente¹ e il solare termico² per i quali non esiste, per il momento, una statistica sufficientemente dettagliata.

Per il 2005 la struttura dei consumi in Ticino è riassunta nei diagrammi a torta della Figura 1. Nel diagramma a sinistra si osserva come il 66.7% dei consumi di energia sia coperto da fonti di origine fossile (benzina, diesel, olio combustibile e gas naturale). L'energia elettrica copre invece poco più del 30% del fabbisogno cantonale. Il rimanente (3.2%) è coperto dalla legna (2.6%) e dalle nuove energie rinnovabili, il cui contributo è illustrato in dettaglio nella torta di destra. Il calore ambientale estratto tramite di pompe di calore rappresenta, con 49.2 GWh/a, la fetta più importante delle nuove energie rinnovabili ed è seguito dal solare termico, il cui contributo è valutato in 2.6 GWh/a e dal fotovoltaico con 0.49 GWh/a.

L'evoluzione dei consumi illustrata nella Figura 2 permette di constatare quanto segue:

¹ 2% delle abitazioni con pompe di calore e ogni abitazione ha un fabbisogno termico annuo di 27 MWh/a.

² Dato nazionale (190 GWh/a di + dato sulla superficie di collettori solari (Swissolar): 12 m² per 1'000 abitanti in Ticino, 37 m² per 1'000 abitanti a livello svizzero.

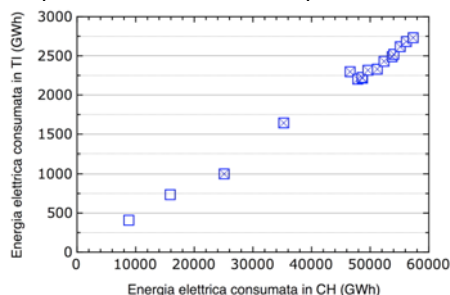
- Il consumo di olio combustibile³ è caratterizzato da una forte crescita dal 1950 al 1970, quando a seguito della crisi del petrolio i consumi si appiattiscono. Negli ultimi 10 anni si osservano delle fluttuazioni probabilmente da ricondurre al carattere statistico del dato. È comunque interessante rilevare la flessione a metà degli anni '90, riconducibile probabilmente alla crisi di tipo congiunturale.
- Il consumo di gas⁴ a partire dalla creazione del metanodotto (ottobre 1988) è rapidamente aumentato nel corso degli anni.
- I carburanti⁵ che sono responsabili di 1/3 dei consumi di energia e della metà dei consumi di energia fossile hanno conosciuto una forte crescita all'inizio degli anni '50. A seguito della crisi del petrolio degli anni '70 si osserva un rallentamento della crescita, che riprende poi in maniera importante all'inizio degli anni '80 con l'apertura della galleria del S. Gottardo.
- L'energia elettrica⁶ nel nostro Cantone negli ultimi 50-60 anni ha avuto un ruolo molto importante nell'approvvigionamento energetico. Copre ca. 1/3 dei consumi la cui evoluzione è caratterizzata da una crescita pressoché regolare. Il consumo di energia elettrica del cantone Ticino ha registrato una crescita media negli ultimi 10 anni del 1.8% all'anno (corrispondente a ca. 40 GWh/a).
- La legna⁷, che è pure un'importante risorsa rinnovabile presente sul territorio cantonale, all'inizio degli anni '50 copriva quasi il 17% dei consumi cantonali. Solo nel corso degli ultimi 10 anni la legna ha ripreso importanza, grazie alle campagne di incentivi promosse a più riprese dal Cantone.
- Le nuove energie rinnovabili⁸ (fotovoltaico, solare termico e calore ambiente) svolgono oggi un ruolo ancora troppo marginale su scala cantonale.

³ Per l'olio combustibile sono stati utilizzati i dati pubblicati dall'USTAT per il periodo 1995-2005 mentre per gli anni precedenti si è fatto capo al Modello energetico cantonale del 1983 che indica un consumo 2'500 GWh nel 1980 e alle statistiche federali.

⁴ Per il gas si sono utilizzati i dati pubblicati dall'USTAT per il periodo 1995-2005, che sono stati completati da quelli direttamente forniti dalle aziende elettriche alla SPAAS (per l'allestimento del Piano di risanamento dell'aria) e le statistiche federali per gli anni precedenti il 1988. Il modello energetico cantonale del 1983 indicava un consumo di 25 GWh nel 1980.

⁵ I carburanti comprendono i consumi di benzina e diesel per il traffico stradale come pure i consumi di carburante per la navigazione e di petrolio per l'aviazione. Per il decennio 1995-2005 sono stati utilizzati i dati pubblicati dall'USTAT. Per il periodo 1950-1994 i consumi di carburanti del traffico stradale sono stati quantificati sulla base di una stima dei chilometri percorsi (v. rapporto Ecocontrol) ai quali sono stati aggiunti i consumi del settore Off-road (navigazione, aviazione, ...) quantificati sulla base delle statistiche federali.

⁶ Per il consumo di energia elettrica esiste una lunga serie storica (dal 1970) di dati dei consumi che sono stati forniti dall'Ufficio cantonale dell'energia. Per il periodo dal 1950 al 1970 i consumi ticinesi sono stati calcolati sulla base dei consumi svizzeri. Infatti come mostrato nella seguente figura le 2 serie di dati sono molto correlate (i quadrati crociati sono dati rilevati indipendentemente mentre quelli vuoti si basano su estrapolazioni).



⁷ I dati del periodo dal 1995 al 2005 sono stati ripresi dalle pubblicazioni dell'USTAT, mentre per il periodo precedente i consumi cantonali sono stati valutati sulla base dei dati federali.

⁸ A parte per il fotovoltaico, per il quale esistono delle statistiche accurate a livello cantonale eseguite dal nostro Istituto, per il calore ambiente e il solare termico si è dovuto ricorrere ai dati raccolti a livello svizzero.

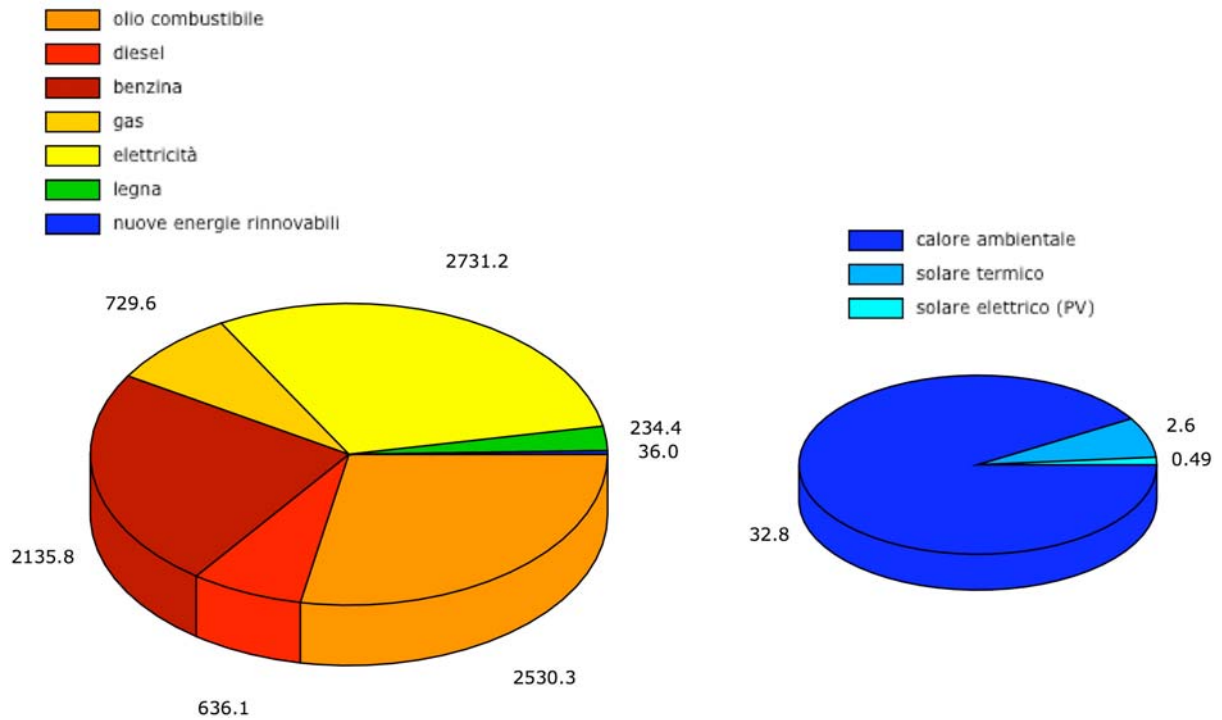


Figura 1: Consumi in Ticino nel 2005 divisi per vettore energetico (i dati sono espressi in GWh).

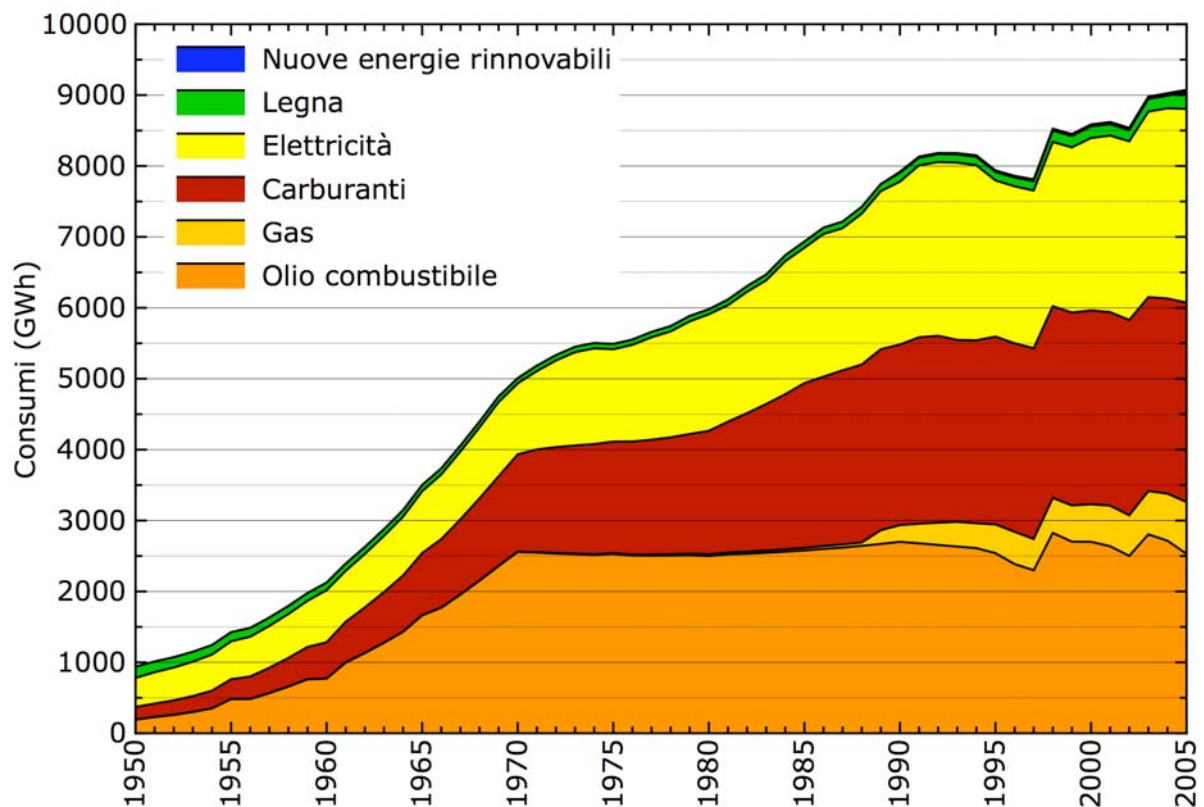


Figura 2: Evoluzione dei consumi in Ticino divisi per vettore energetico.

Nei capitoli seguenti i consumi verranno analizzati in base all'utilizzo facendo capo alle informazioni disponibili presso l'amministrazione cantonale e/o le aziende elettriche.

2.2 Catasto industrie e “grandi” impianti di combustione (> 1 MW)

Il catasto cantonale degli impianti industriali oltre ai dati sui processi industriali più rilevanti, contiene anche informazioni su 65 impianti di combustione di grande potenza (> 1 MW) usati per produrre calore di processo oppure per il riscaldamento di grandi edifici (ad es. ospedali). Parte dei bruciatori inseriti in questo catasto sono caratterizzati dalla potenza e dai consumi annui, mentre per altri è noto solo il valore della potenza. Il consumo dei bruciatori senza indicazioni è stato estrapolato ammettendo una relazione lineare tra potenza e consumo. In questo modo è stato calcolato un consumo totale per i “grandi” impianti di combustione pari a 215.2 GWh. Dato che per molti bruciatori non è conosciuto il vettore energetico, per potere differenziare tra il consumo di olio combustibile e di gas metano si è usato il dato sul consumo annuo di gas nei processi industriali pubblicato dall’USTAT (“Produzione e consumo di gas naturale”), che ammonta a 75.9 GWh. Si può dunque concludere che per i processi industriali vengono consumati annualmente 139.3 GWh in olio combustibile e 75.9 GWh in gas metano. La Tabella 1 riassume i consumi totali per “piccoli” e “grandi” impianti di combustione calcolati usando i dati del 2005 sui consumi totali forniti dal USTAT. I valori relativi ai “piccoli” impianti sono calcolati sottraendo il consumo dei grandi impianti dal totale.

potenza impianti	consumo olio (GWh)	consumo gas (GWh)	totale (GWh)
totale (USTAT)	2530.3	729.6	3259.9
“grandi”, > 1 MW	139.3	75.9*	215.2
“piccoli”, < 1 MW	2391.0	653.7	3044.7

Tabella 3: Consumi di olio e gas metano ripartiti tra i piccoli e i grandi impianti. *: per il gas il valore include tutti gli impianti industriali.

Per il gas, il consumo di tutti gli impianti industriali (anche quelli di potenza inferiore a 1 MW) è incluso nella categoria “grandi” impianti. Nelle analisi dei dati dei “piccoli” impianti (v. 2.3) verranno quindi esclusi gli impianti industriali con gas metano.

2.3 Catasto dei “piccoli” impianti di combustione (< 1 MW)

Il catalogo dei “piccoli” impianti di combustione è stato impiegato per ripartire i consumi energetici in olio (2391 GWh) e gas (653.7 GWh) tra i diversi possibili utilizzi. Questo catasto comprende tutti gli impianti con una potenza inferiore a 1 MW, per i quali è previsto un controllo periodico (ogni 2 o 4 anni) da parte di un controllore incaricato dai singoli comuni. In questo catasto ogni impianto è caratterizzato da:

- nome del proprietario
- descrizione dell’immobile
- luogo
- potenza
- anno della caldaia
- anno del bruciatore
- tipo di combustibile (olio, gas o altro)
- ev. ore di funzionamento totali

Dato che il catasto non contiene informazioni complete sui consumi, è stato applicato il modello usato già in passato sia per la stima delle emissioni nocive [Piano di risanamento dell’aria del Luganese] che per la valutazione del potenziale di Minergie in Ticino

[Technische und wirtschaftliche Potentiale von MINERGIE – Gebäuden im Tessin]. Tale modello permette una stima dei consumi e si basa sulle seguenti ipotesi:

- il catasto comprende la totalità dei piccoli impianti di combustione in funzione in Ticino;
- il consumo di un impianto (i) è proporzionale alla sua potenza P_i ;
- il fattore φ_i con il quale viene ponderata la potenza può essere calcolato sulla base delle ore di funzionamento annuali, dove le ore di funzionamento annuali vengono dedotte da:
 - 1) la differenza delle ore di funzionamento totale tra due controlli biennali;
 - 2) le ore di funzionamento totale e anno di fabbrica dell'impianto;
 - 3) l'ubicazione geografica del comune dove è in funzione l'impianto, quando i suddetti dati non sono disponibili. Si considerano in particolare i mesi di riscaldamento (all'anno), che sono stati assegnati per ogni comune e variano da 5 a 8 a dipendenza dell'esposizione al sole e dell'altitudine. Per località con elevata insolazione e a basse quote altimetriche è stato assegnato un numero di mesi di funzionamento pari a 5, mentre per comuni con meno sole e a quote più elevate si sono considerati 8 mesi all'anno di funzionamento. Il fattore di ponderazione φ_i viene calcolato tramite la relazione

$$\varphi_i = \frac{\text{mesi di riscaldamento}}{12} = \frac{\text{ore di riscaldamento}}{365 \cdot 24},$$

In altre parole, questo modello permette di stimare il consumo (W_i) in olio o in gas per ogni impianto (i) catalogato a partire dal consumo globale (W) di tutti i "piccoli" impianti separatamente per l'olio combustibile e il gas secondo la seguente formula:

$$W_i = \frac{\varphi_i \cdot P_i}{\sum_j \varphi_j \cdot P_j} \cdot W,$$

Si può inoltre notare che l'espressione

$$\frac{W_i}{P_i} = \frac{\varphi_i \cdot W}{\sum_j \varphi_j \cdot P_j},$$

rappresenta le ore di funzionamento dell'impianto (i).

Al fine di ottenere una ripartizione dei consumi di energia tra i vari utilizzi dell'olio combustibile e del gas, i dati del catasto sono stati raggruppati in categorie. Ogni categoria è stata creata partendo da termini chiave usati nel catasto per la descrizione dell'oggetto. Dato che questa descrizione è stata compiuta dai singoli controllori senza seguire uno schema preciso, è stato necessario utilizzare svariate parole chiave ed evitare gli errori di scrittura con "caratteri speciali" (*). Dal catasto completo sono state estratte le categorie che contengono nei campi "proprietario" e "descrizione dell'immobile" i termini della Tabella 2. A tale scopo si è proceduto a esclusioni seguendo l'ordine presentato nella tabella.

Suggerimenti per una migliore raccolta dati

L'attività di controllo consente periodicamente (ca. ogni 2 anni) di entrare in più di 50'000 edifici del Cantone. L'attuale sistema informativo è certamente molto valido ai fini della gestione dei controlli degli impianti di combustione, ma può essere ottimizzato ai fini delle statistiche sui consumi energetici con le seguente modifica:

- Prevedere una lista di categoria di oggetti (casa monofamiliare, palazzi, stabile commerciale, processo industriale, ...) fissa;
- Aggiunta di un campo per la SUL;
- Anno di costruzione o di ultimo rinnovo dell'edificio;
- Consumo annuo di combustibile.

Categoria	Proprietario	Oggetto
Zero Consumi		disabitat, elettrico, fuori, disabitat, “ 100 “, funzion, riserva <u>inoltre</u> <i>tutti gli impianti con potenza zero o senza indicazione</i>
Processi Industriali	garage, car*oz*eria, S.A,	industrial, forno, fabbrica, ferrovia, officina, impiant, garage, depuratore, discarica, car*oz*eria, lava, panet*eria <u>esclusi</u> uffici, abitativ, commercial
Case monofamigliari		monofam, unifam, villa, casa, n. / n° / nr / no / - ,casa ab, abitat, casa nuova, “casa”, bifam, <u>esclusi</u> hotel, appart, bifam
Case bifamigliari		bifam
Palazzi	condominio	palaz, appart, piano, stabil* abitativ, pluri, condominio, PPP/P.P.P, residenza
Immobili pubblici	osped, comune, scolast, cantonal, “osc”,	osped, comun, cantonal, scuol <u>esclusi</u> dipendenti, via cantonale
Servizi	banca, camping	commercial, centro, negoz, alberg, banc, clinic, amministrativ, rist, uffici, grotto, *otel, garni, osteria, chiesa, oratorio, trattoria, bar, campeggio, posta, palestra, piscina, sport, par*oc*hia, stazione, studio, tennis <u>esclusi</u> via stazione
Case di vacanza		vacanz
Serre		serra, serre, tunnel
Abitazione mista		mista, casa, stabile, risc
Non assegnati	<i>tutto il resto</i>	

Tabella 2: Parole chiave usate per la divisione del catasto dei piccoli impianti in categorie di utilizzo.

Si ottiene in questo modo una divisione del catasto in categorie di utilizzo, con ogni categoria caratterizzata dal numero di impianti a olio e dal numero degli impianti a gas (v. Figura 3).

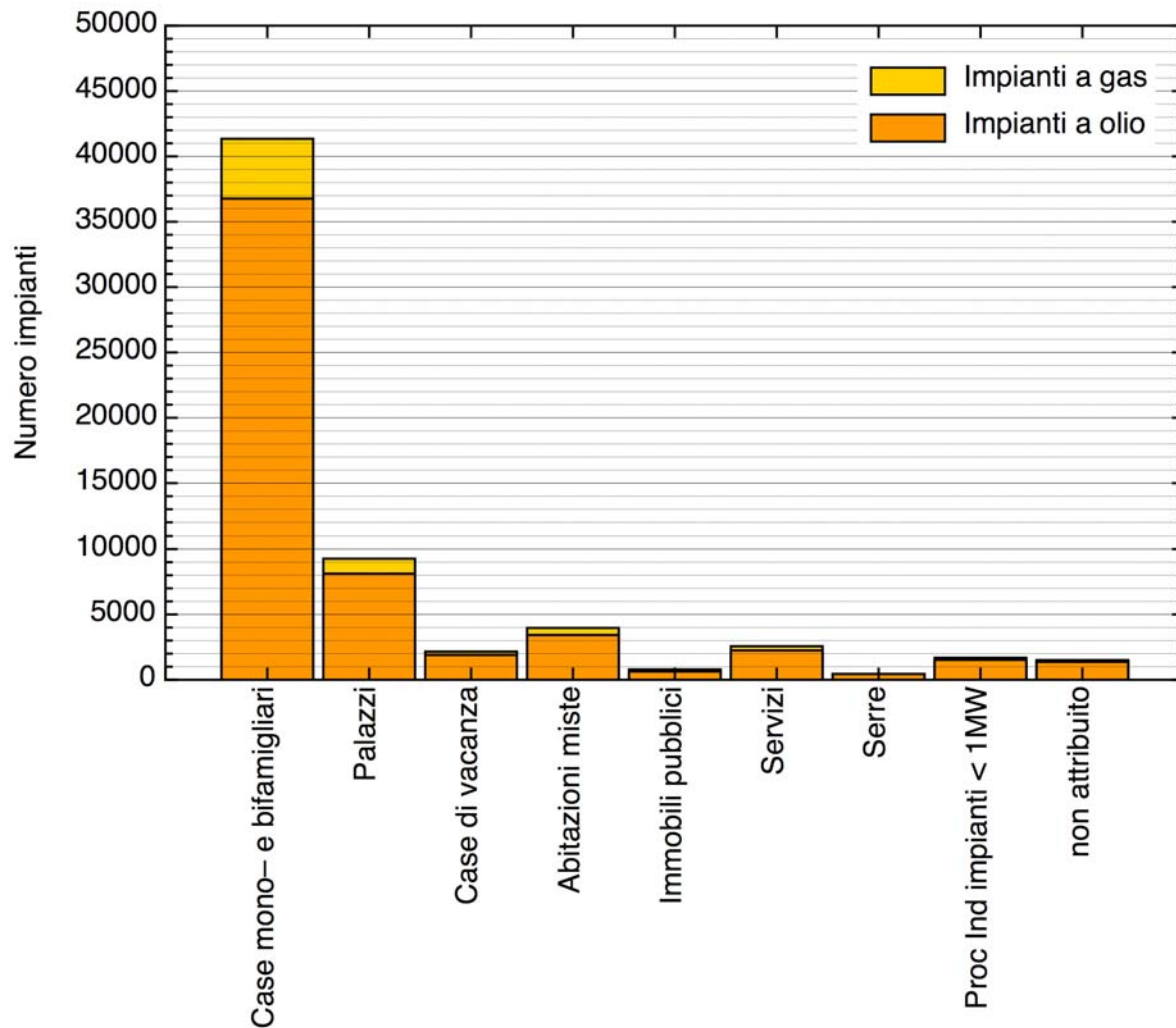


Figura 3: Divisione del catasto dei “piccoli” impianti in categorie.

2.4 Dati sul parco immobiliare

I dati del censimento federale forniscono ulteriori importanti informazioni sulla struttura del parco immobiliare sia in relazione ai sistemi di riscaldamento (con particolare riferimento ai vettori energetici) che per il tipo e l'età delle abitazioni.

Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento risulta che dei ca. 91'000 edifici censiti più di 2'000 sono privi di sistemi di riscaldamento. I vettori energetici (v. Figura 4) ai quali si fa maggiore ricorso per il riscaldamento degli edifici sono l'olio combustibile (nel 47% dei casi) e l'elettricità (nel 36% dei casi!). Il rapporto tra gli edifici che utilizzano il gas e quelli che riscaldano con l'olio combustibile (10:100) è molto simile a quello che si trova per gli impianti di combustione (13:100). Nella Figura 4 spicca l'elevata percentuale degli impianti a legna. Come si può osservare nel grafico della Figura 5, dove i vettori energetici sono messi in relazione anche all'epoca di costruzione, questo vettore si trova soprattutto in abitazioni di vecchia costruzione. Si tratta in maggioranza di caminetti alimentati a legna, il cui rendimento energetico è piuttosto basso (a causa delle perdite attraverso i gas di scarico) e che risultano essere piuttosto problematici ai fini dell'inquinamento atmosferico.

Nella Figura 5 si osserva come il riscaldamento elettrico sia stato spesso adottato nelle abitazioni di vecchia costruzione, probabilmente grazie alla maggiore semplicità di realizzazione (non si devono fare grandi buchi per i tubi), ma anche che negli edifici più recenti è una soluzione che si riscontra sovente. Si tratta di un aspetto da considerare con

attenzione per la trasformazione (in un sol colpo) di una fonte energetica di qualità (a elevato contenuto di exergia) in calore a bassa temperatura che è una forma molto degradata di energia (di contenuto exergetico praticamente nullo). Nella Figura 5 si constata infine l'importante ruolo avuto dal dopo guerra fino al 2000 dell'olio combustibile.

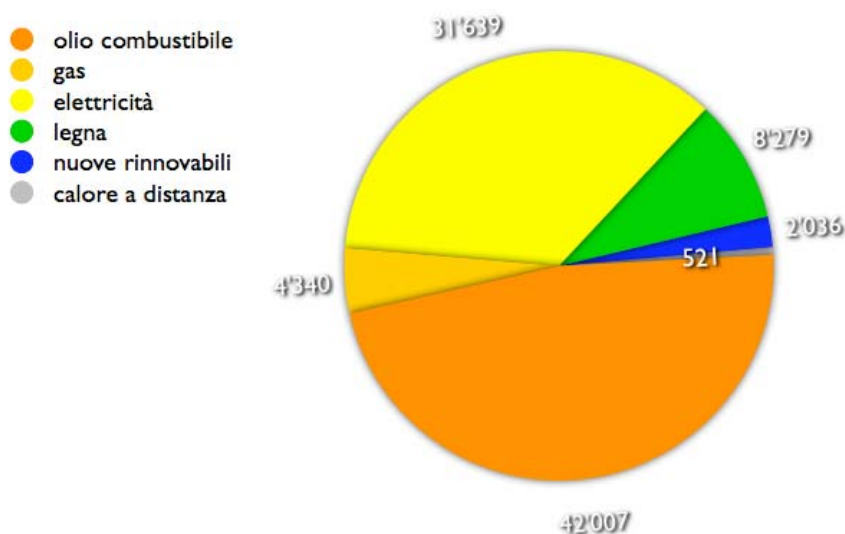


Figura 4: Ripartizione dei vettori energetici negli edifici del Cantone (Fonte: CF 2000, T_090201_06C_20050519).

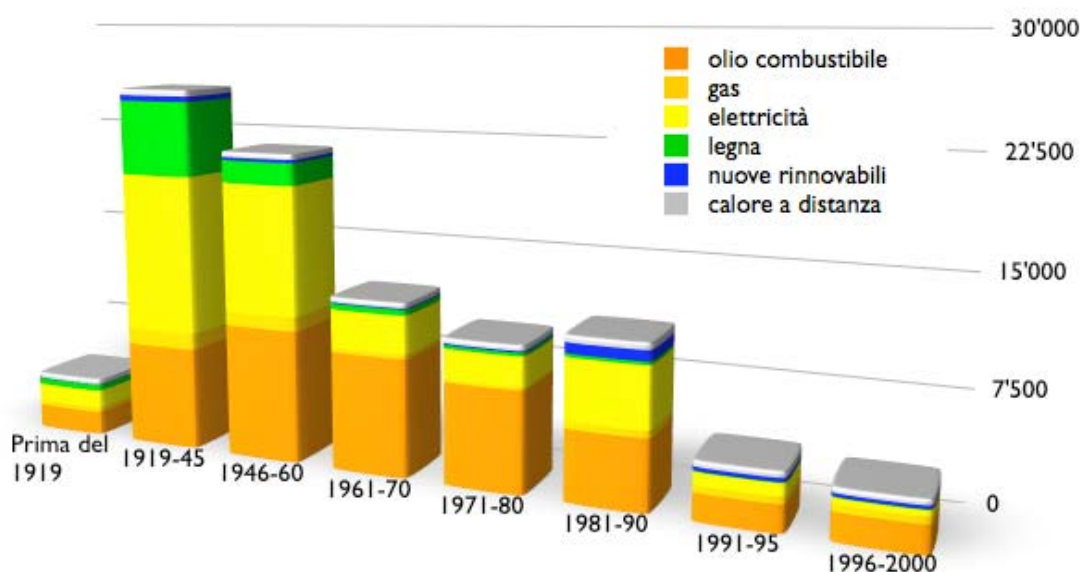


Figura 5: Ripartizione dei vettori energetici negli edifici del Cantone secondo l'epoca di costruzione (Fonte: CF 2000, T_090201_06C_20050519).

I dati del censimento federale del 2000 (CF 2000) permettono di ottenere anche delle informazioni utili sul tipo di edifici (case monofamigliari, bifamigliari, plurifamigliari) e la loro epoca di costruzione. Si tratta di 2 indicatori molto importanti per il calcolo della struttura dei consumi.

Come si osserva dalla Figura 6 la maggior parte degli edifici comprende solo 1 o 2 unità abitative (case mono- o bifamigliari). Sommando il numero di unità abitative di questi edifici si ottiene ca. il 51% del totale *delle unità abitative*. Il rimanente delle unità abitative è ripartito tra gli edifici con 3 o più unità abitative (palazzi).

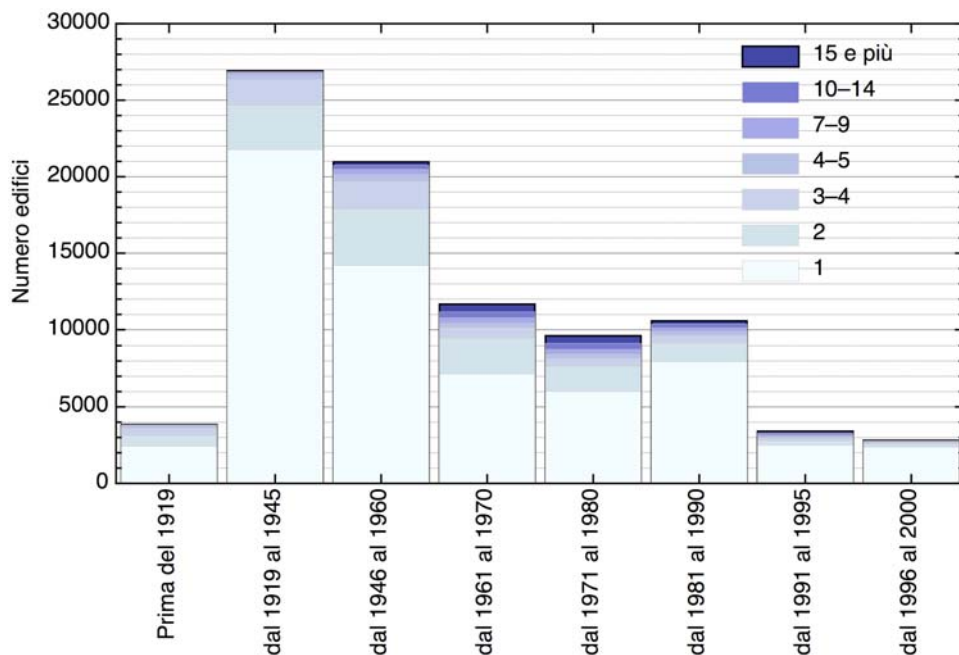


Figura 6: Edifici con unità d'abitazione, secondo il numero di unità d'abitazione e l'epoca di costruzione in Ticino nel 2000 (Fonte CF 2000, T_090102_09C_20050523).

Utilizzando il risultato ottenuto su un campione di edifici del comune di Mendrisio [Technische und wirtschaftliche Potentiale von MINERGIE – Gebäuden im Tessin] - secondo il quale la superficie di una casa monofamiliare (edificio con 1 unità abitativa) è in media di 150 m², mentre la superficie media delle unità abitative negli stabili più grandi scende a 90 m² (valore medio) - è possibile rappresentare la superficie abitativa del Canton Ticino a dipendenza dell'epoca di costruzione dell'edificio (v. Figura 7).

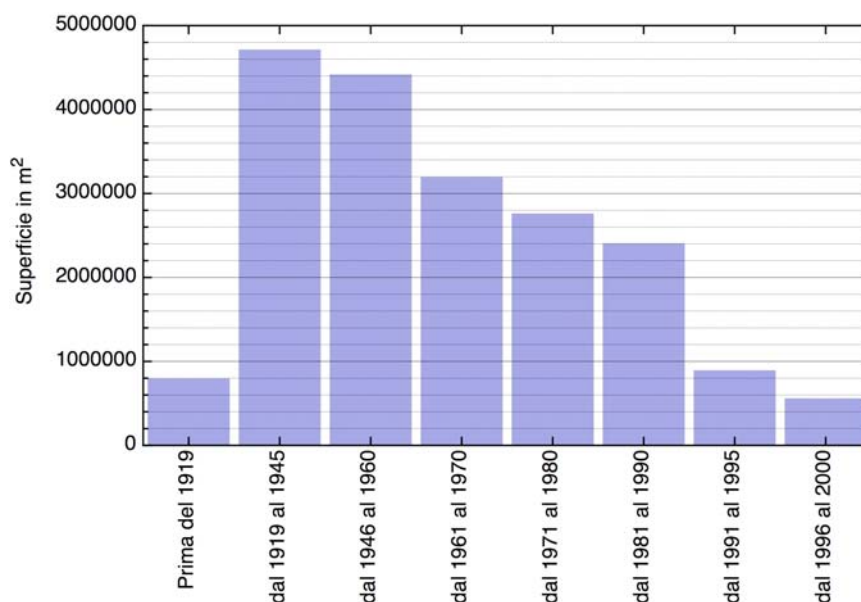


Figura 7: Dipendenza della superficie abitativa degli edifici abitativi dall'epoca di costruzione.

Dei quasi 20 milioni di m² superfici abitative più del 40% è stata edificata in un lasso di tempo tutto sommato breve di ca. 30 anni (dal 1961 al 1990) in risposta alle esigenze della rapida crescita demografica.

Il grafico della Figura 8 mostra l'epoca di costruzione degli edifici e la parte di essi che è stata rinnovata nei vari periodi. Questa informazione, oltre ad essere molto preziosa per il calcolo dei consumi attuali, è di capitale importanza per l'analisi di scenari di evoluzione futura e del potenziale di risparmio energetico ottenibile con un rinnovamento futuro degli edifici secondo standard energetici più severi.

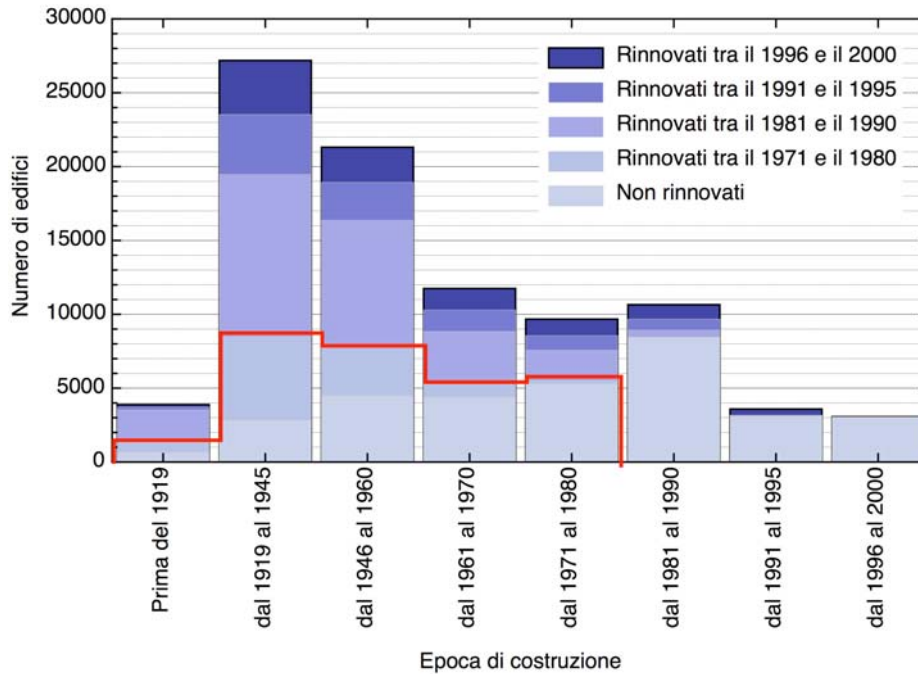


Figura 8: Edifici, secondo l'epoca di costruzione e di rinnovazione in Ticino nel 2000 (Fonte CF 2000, T_090102_09C_20050523 e T_090201_02C_20050519). In rosso è illustrata la parte di edifici (ca. 39%) costruiti prima del 1980 non rinnovati o rinnovati prima del 1980.

Dai dati statistici della Figura 8 si possono ottenere delle informazioni sulla tendenza del processo di rinnovazione degli edifici. La figura mostra il totale accumulato (espresso in %) di edifici rinnovati dopo 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 anni. Come indica la distribuzione normale (accumulata), che riesce a rappresentare in maniera soddisfacente i dati, si devono attendere quasi 48 anni per rinnovare la metà di un parco immobiliare.

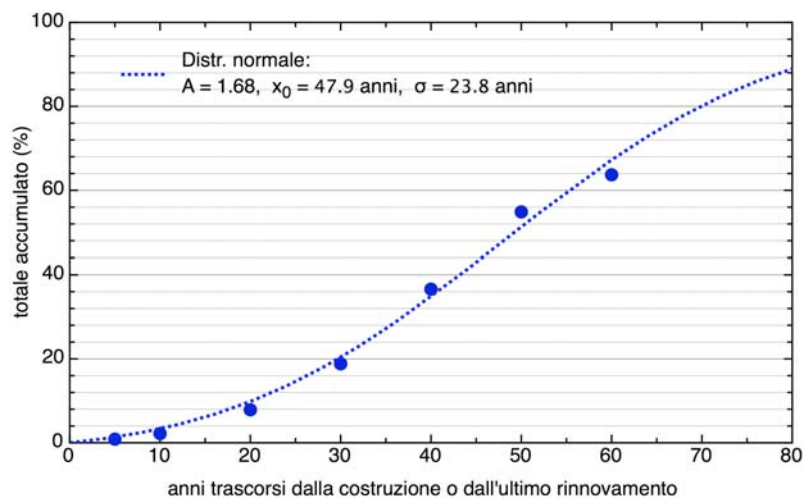


Figura 9: Tendenza della rinnovazione degli edifici calcolata sulla base dei dati degli edifici costruiti dopo il 1919 (v. Figura 8) e relativa “curva di apprendimento”.

2.5 Dati sui consumi forniti dalle aziende elettriche

I dati di base per la suddivisione del vettore energetico “elettricità” nei diversi utilizzi sono oggi piuttosto lacunosi. Si sono quindi interpellate direttamente alcune aziende e sulla base delle informazioni ricevute dalla Società Elettrica Sopracenerina (SES) e dall’Azienda Elettrica di Massagno (AEM) è stato possibile ricavare alcuni importanti indicatori come descritto di seguito.

La SES serve **83** comuni per un complessivo di ca. 78'000 piccoli utenti, di cui **14'200** utilizzano l’energia elettrica per il riscaldamento (di locali). La vendita totale di energia elettrica è pari a 744 GWh, di cui 201.8 GWh viene venduta a grandi utenti (industrie, centri commerciali, ospedali, ...), mentre 542.6 GWh è il consumo dei piccoli utenti (principalmente economie domestiche). Utilizzando la cifra fornita dalla AEM per il consumo medio delle economie domestiche senza risc. elett., senza boiler elett. di 3'000 kWh/a, si può scrivere la seguente equazione:

$$14200 \cdot x + 78000 \cdot 3000 \text{ kWh/a} + 1882 \cdot \frac{x}{3} = 542.5 \cdot 10^6 \text{ kWh/a} ,$$

dove x rappresenta il consumo specifico di energia elettrica e dove si è tenuto conto anche del consumo elettrico delle 1882 pompe di calore, ammettendo un COP pari a 3. Risolvendo l’equazione si ottiene $x = 20803 \text{ kWh/a}$ che si avvicina al valore di 18'000 kWh/a indicato dalle AEM. Per i clienti della SES si valuta un consumo complessivo per il riscaldamento di spazi e di acqua sanitaria (dei 14'200 piccoli utenti con riscaldamento elettrico) di 253 GWh/a. Analogamente per le 1882 pompe di calore alimentate dalla SES si valuta un consumo di 11.2 GWh/a.

La AEM, che fornisce 9 comuni per un totale di quasi 10'000 utenti, offre anche un dato per l’illuminazione pubblica di 1.5 GWh/a, dal quale si può stimare un consumo pro-capite per la stessa di 150 kWh/a. Un’altra possibilità per stimare il consumo di energia per l’illuminazione pubblica consiste nell’utilizzare i risultati dell’inchiesta fatta su web dall’Agenzia svizzera per l’efficacia energetica (SAFE) i cui risultati sono illustrati nella Figura 10.

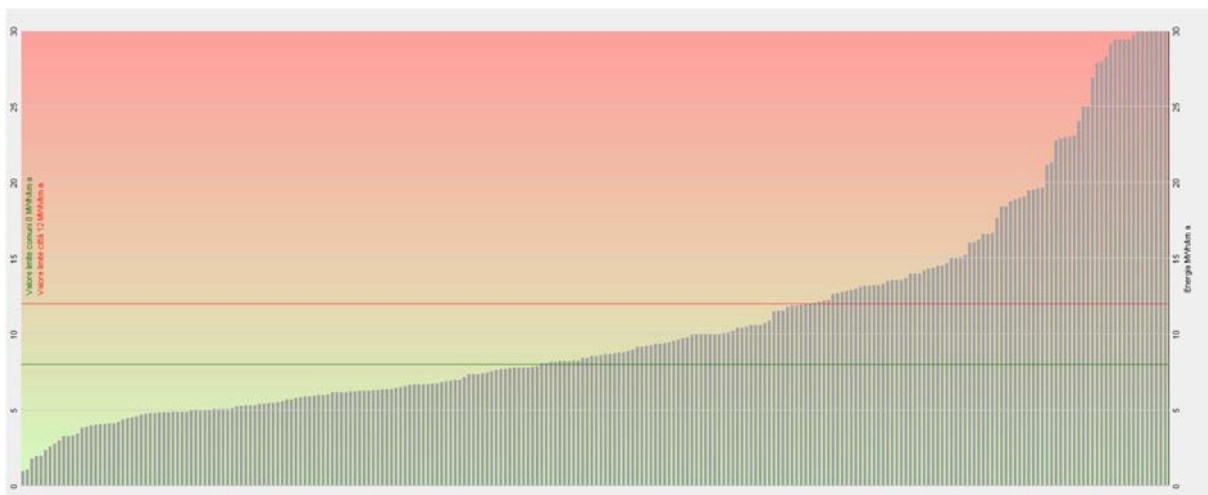


Figura 10: Consumi specifici (in MWh/km-a) per l’illuminazione pubblica (Agenzia svizzera per l’efficacia energetica (SAFE) – www.efficace.ch). Il grafico mostra i consumi specifici di singoli comuni svizzeri ordinati dal più piccolo al più grande. A titolo indicativo è utile considerare il consumo specifico di alcuni comuni ticinesi: Bellinzona 21.4 MWh/km-a, Chiasso 33.8 MWh/km-a e Massagno 40 MWh/km-a.

Utilizzando i dati relativi alle strade cantonali (STRADA-DB: 1049.1 km di cui 447.7 km all'interno di località) e utilizzando il valore medio dei consumi specifici di alcuni comuni ticinesi (pubblicati sul sito della SAFE, v. testo Figura 10), si può calcolare il consumo totale per l'illuminazione pubblica delle strade cantonali, che risulta⁹ pari a 18.2 GWh/a, ossia 57 kWh/a per persona. Il valore così ricavato per le sole strade cantonali conferma quello stimato per tutte le strade ricavato sulla base dei dati forniti dalla AEM.

I principali fattori specifici di consumo dell'energia elettrica per i diversi scopi sono riassunti nella Tabella 3.

Consumo specifico di energia elettrica per riscaldamento	Consumo specifico di energia elettrica per luce e elettrodomestici	Consumo pro capite per l'illuminazione pubblica
20'803 kWh/a	3'000 kWh/a	150 kWh/a

Tabella 3: Riassunto dei principali indicatori statistici ricavati dai dati forniti dalla SES e dalla AEM.

3. Risultati sugli utilizzi dell'energia

3.1 Utilizzo di energia risultante dai catasti degli impianti di combustione (olio combustibile e gas)

Seguendo il modello presentato sopra (v. 2.3), per ogni categoria di utilizzo è possibile assegnare un consumo in base alla relazione:

$$W_{j,k} = \frac{\sum_{ik} \varphi_{ikj} \cdot P_{ikj}}{\sum_{ij} \varphi_{ij} \cdot P_{ij}} \cdot W_j ,$$

dove $W_{j,k}$ è il consumo annuale di vettore j (olio o gas) della categoria k (case monofamigliari, bifamigliari, palazzi, ecc.), mentre W_j è il consumo totale di vettore j dei piccoli impianti. La somma a numeratore si estende su tutti gli impianti (ijk) della categoria k alimentati con il vettore j , mentre la somma a denominatore si estende su tutti gli impianti (ij) alimentati con il vettore j . I consumi e la somma delle potenze ponderate per ogni categoria di utilizzo e vettore energetico sono riportati nella Tabella 4.

I diagrammi delle Figure 12 e 13 rappresentano in modo sintetico l'energia in olio e gas impiegata dagli impianti di combustione per i diversi utilizzi. In generale si osserva come gli edifici residenziali (case monofamigliari, case bifamiliari e palazzi) siano responsabili di ca. la metà dei consumi sia di olio combustibile sia di gas.

⁹ All'interno delle località si è utilizzato un consumo specifico di 30 MWh/km-a, mentre per l'illuminazione fuori località si è fatto capo al limite indicato dalla SAFE (8 MWh/km-a).

Categoria di utilizzo	$\sum_{i,j=olio} \varphi_{ikj} \cdot P_{ikj}$ (kW)	$\sum_{i,j=gas} \varphi_{ikj} \cdot P_{ikj}$ (kW)	consumi olio (GWh)	consumi gas (GWh)	Totale (GWh)
Case monofamigliari	486962.6	50054.2	839.6	177.2	1016.8
Case bifamigliari	16361.1	302.2	28.2	1.1	29.3
Palazzi	350279.8	50734.7	604.0	179.6	783.6
Case di vacanza	28657.8	387.0	49.4	1.4	50.8
Abitazione mista	138408.3	25792.1	238.6	91.3	329.9
Immobili pubblici	58256.6	14619.7	100.4	51.8	152.2
Servizi	119088.2	26482.5	205.3	93.8	299.1
Serre	26450.2	2817.0	45.6	10.0	55.6
Processi industriali	109823.0	-	328.6*	75.9*	404.5
Non assegnati	52442.5	13458.5	90.4	47.6	138.0
Totale	1386730.1	207983.3	2530	730	3260

Tabella 4: Somma delle potenze calibrate e dei consumi per ogni categoria di utilizzo.
*:Comprende anche la quota degli impianti di grande potenza.

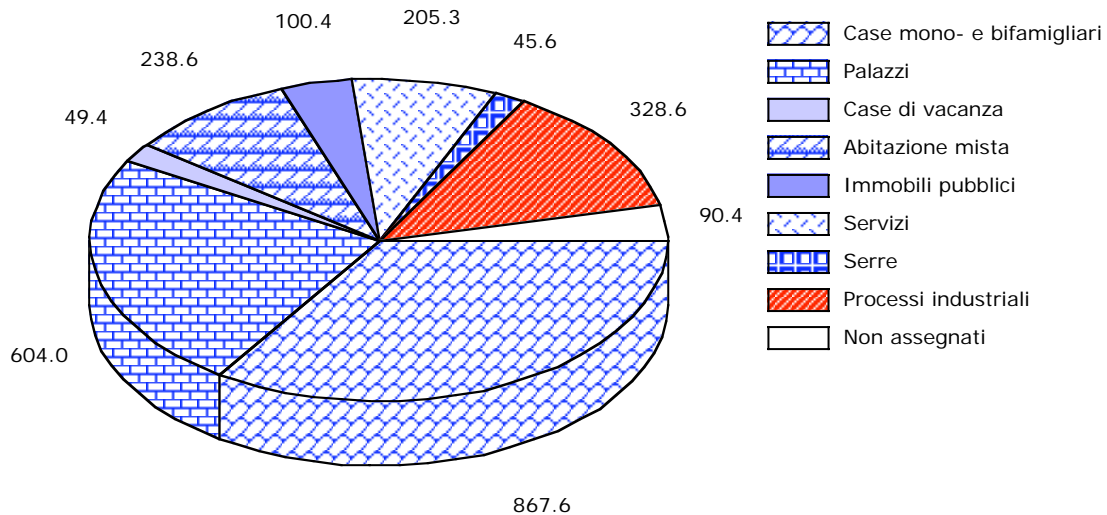


Figura 12: Consumo (in GWh) di olio combustibile negli impianti di combustione per i diversi utilizzi

s

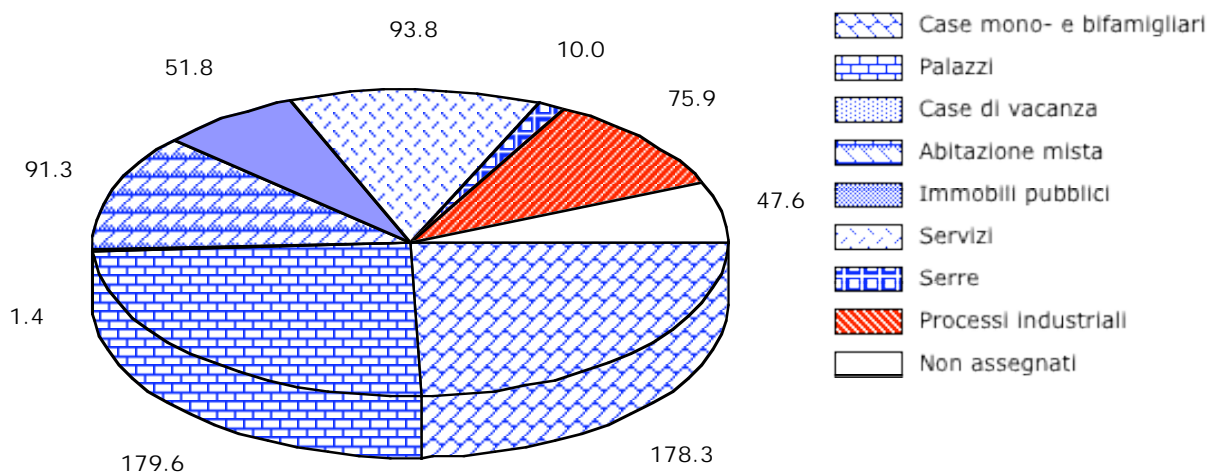


Figura 13: Consumo di gas (in GWh) negli impianti di combustione per i diversi utilizzi

3.2 L'utilizzo di energia dei diversi settori

L'utilizzo dell'energia dei vari vettori energetici (Figura 1) può essere analizzato dividendolo in alcuni settori principali, caratterizzati anche da diverse forme nelle quali l'energia si manifesta:

- trasporti (energia meccanica);
- riscaldamento abitazioni residenziali (calore);
- processi industriali, servizi e altro (calore di processo, luce, energia meccanica, energia chimica);
- elettrodomestici (energia meccanica e calore) e illuminazione privata (luce);
- illuminazione pubblica (luce).

Per potere compiere questa analisi, bisogna sapere quale parte dei diversi vettori energetici contribuisce a quale settore. Questo è abbastanza evidente per il vettore “benzina”, “diesel”, “carburante navigazione” e “petrolio aviazione” che sono le principali fonti energetiche impiegate dal settore dei **trasporti** (e che danno un totale di 3114 GWh).

Gli altri vettori energetici sono invece destinati a più utilizzi. Dai risultati presentati nel capitolo 3.1 si può innanzitutto dedurre la parte di energia, proveniente dall'olio combustibile e dal gas, destinata al **riscaldamento di abitazioni**. Questa viene calcolata sommando le energie utilizzate nelle case monofamigliari e bifamigliari, nei palazzi, nelle case di vacanza e negli edifici a destinazione mista (per un totale in gas e olio combustibile di 2210 GWh). Un altro vettore che contribuisce al riscaldamento è l'energia elettrica. Dai dati forniti dalle aziende elettriche si può dedurre che 676 GWh di energia elettrica vengono impiegati per il riscaldamento (in questa cifra è compresa anche la quota di energia necessaria per far funzionare le pompe di calore e che è valutata pari a 16 GWh). Infine, il vettore energetico “legna” contribuisce per la sua totalità al riscaldamento (234 GWh). Bisogna inoltre aggiungere l'apporto del solare termico (2.5 GWh) e del calore ambientale estratto con pompe di calore (32.8 GWh).

Al settore “**processi industriali, servizi e altro**” vengono invece assegnati i consumi in olio e gas calcolati nel capitolo 3.1 per processi industriali, servizi, immobili pubblici e serre (911.4 GWh). A questa quota va aggiunta la parte di energia elettrica (1'182 GWh) – per forni elettrici, macchine del freddo (per es. di stabili per il freddo), ecc. – calcolata sottraendo dai consumi totali di energia elettrica i consumi per il riscaldamento degli edifici, per il funzionamento di **elettrodomestici e l'illuminazione di economie domestiche** (527.1 GWh) e per **l'illuminazione pubblica** (47.9 GWh).

Lo schema della Figura 14 fornisce un sommario della ripartizione dei consumi e dei vettori energetici che vi contribuiscono. Come si può osservare anche nel diagramma della Figura 15, il riscaldamento delle abitazioni (34.8%) assorbe una parte importante del consumo di energia del nostro Cantone. L'analisi dei contributi dei vari vettori energetici all'energia per il riscaldamento (v. Figura 16) rivela che quasi il 70% dell'energia viene fornita dall'olio combustibile e dal gas, cioè da fonti non rinnovabili. Più del 21% dell'energia per il riscaldamento è fornita dall'energia elettrica. Se si esclude una piccola parte necessaria per il funzionamento delle pompe di calore, si tratta di una trasformazione diretta di energia elettrica in calore a bassa temperatura. La percentuale coperta dalle energie rinnovabili (esclusa l'energia elettrica) corrisponde all'8.5%, di cui il maggior contributo è dato dall'utilizzo della legna quale combustibile, mentre l'apporto delle nuove energie rinnovabili (solare termico e calore ambiente estratto tramite pompe di calore) è di ca. 1%.

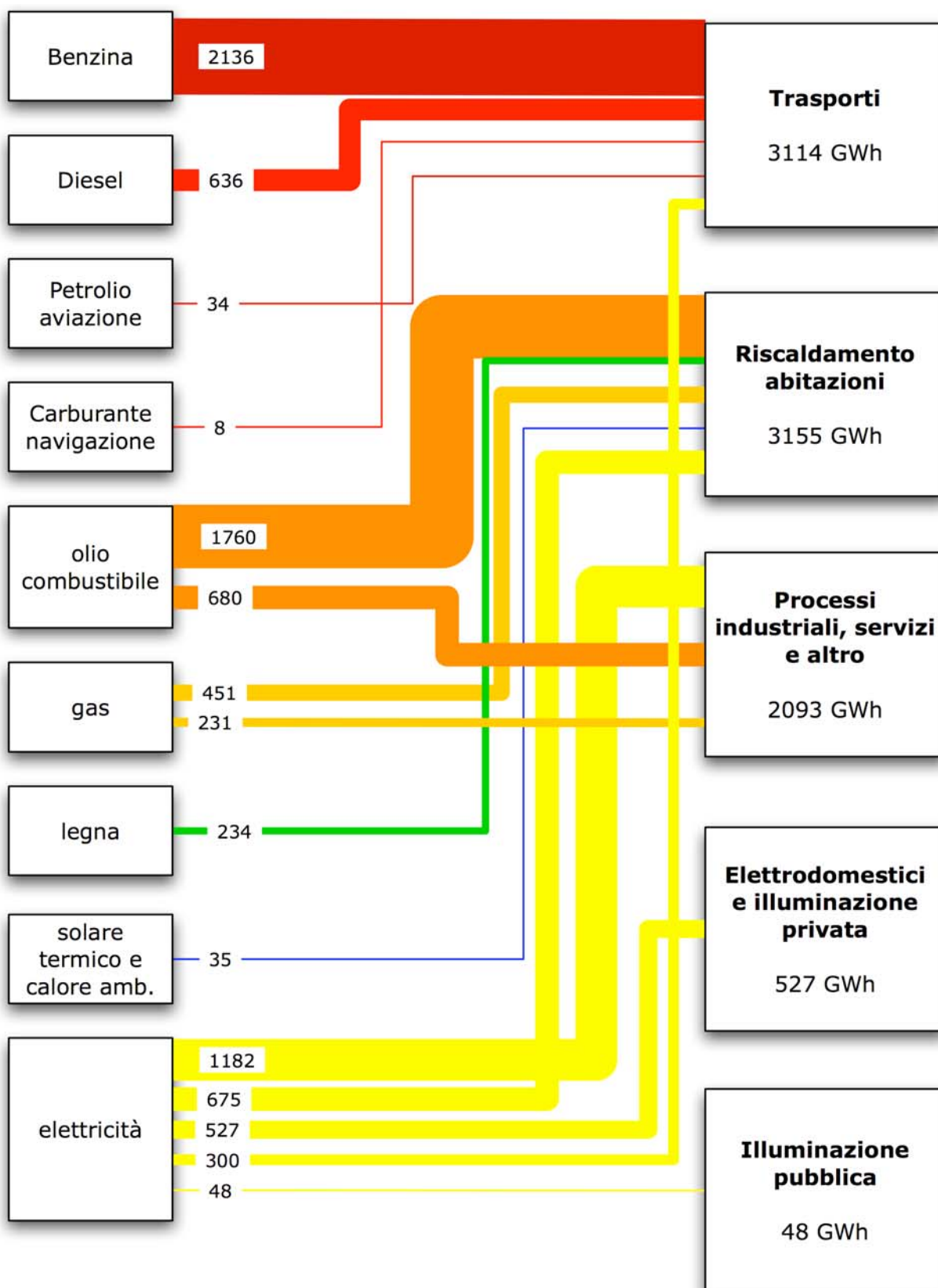


Figura 14: Schema dei consumi (per l'anno di riferimento 2005) dei diversi vettori energetici secondo i diversi settori; le cifre esprimono i quantitativi di energia in GWh.

Nella classifica dei settori più "energivori" in seconda posizione si trovano i trasporti (34.3%), che utilizzano principalmente *fonti di origine fossile* (benzina e diesel). Il settore che racchiude i processi industriali e i servizi costituisce la terza fetta dei consumi (23.1%).

Osservando nel dettaglio questo settore (v. Figura 17), si nota come ben il 56.5% del fabbisogno energetico di questo settore sia coperto dall'energia elettrica, mentre l'apporto di olio combustibile e gas corrisponda al 32.5% e rispettivamente al 11.1%.

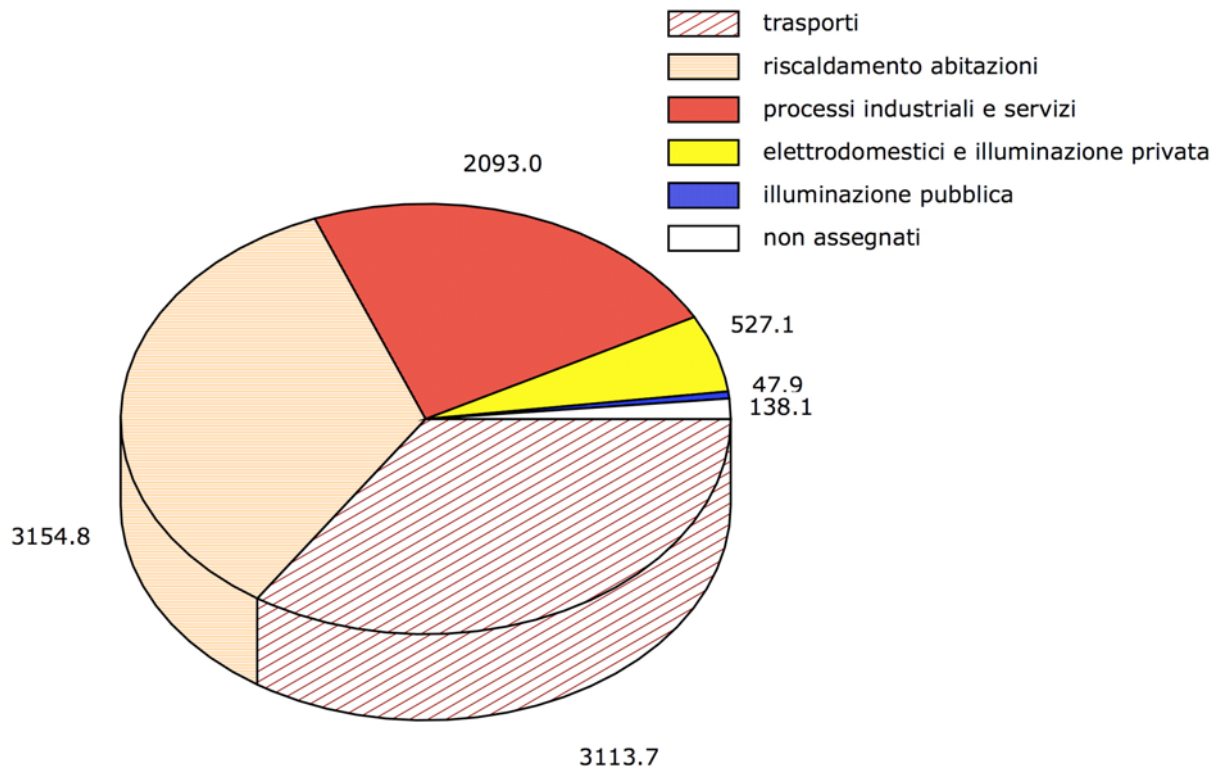


Figura 15: Struttura dei consumi secondo i diversi settori (le cifre esprimono i quantitativi di energia in GWh).

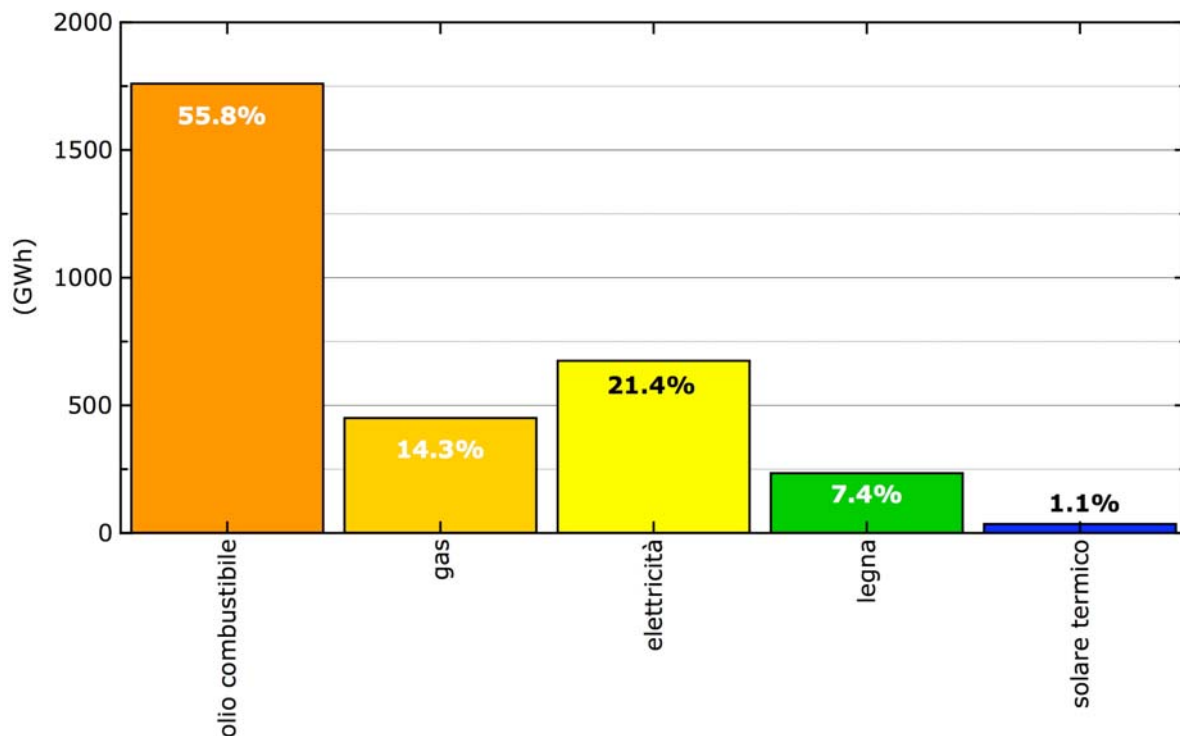


Figura 16: Ripartizione del contributo dei vari vettori energetici all'energia per il riscaldamento delle abitazioni.

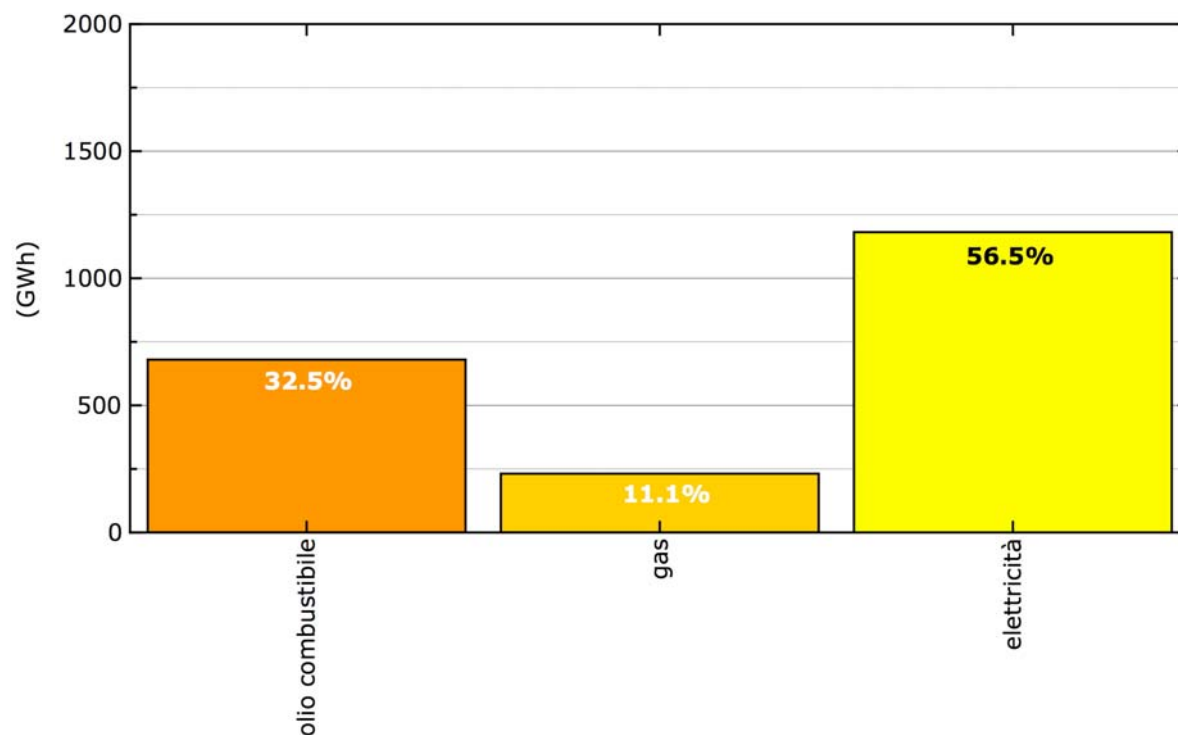


Figura 17: Ripartizione dei vettori energetici utilizzati per la categoria processi industriali, servizi e altro.

4. Risorse energetiche e produzione di energia nel Cantone

Il Ticino dispone di alcune importanti risorse indigene e rinnovabili. Quella maggiormente sfruttata è l'energia idrica, ma potenziali interessanti sono rappresentati dalla legna (ca. il 50% del territorio è coperto da bosco) e dal solare (ca. 1'200 kWh/(a·m²)). Il ruolo delle risorse indigene è mostrato nel diagramma della Figura 18, dove è illustrata per l'anno 2005 l'utilizzazione di energia - suddivisa per vettore (colonna a sinistra) - necessaria per coprire i consumi dei diversi settori (colonna a destra). In mezzo – tra le 2 colonne – sono illustrati i flussi di energia, con ev. trasformazioni e perdite, all'interno dei confini svizzeri¹⁰.

Nel diagramma sono pure evidenziate le esportazioni e le importazioni di energia elettrica. Infatti, anche se le centrali idroelettriche del Cantone producono mediamente ca. 3'600 GWh di energia elettrica all'anno (v. Figura 19), ossia un quantitativo di energia elettrica superiore ai consumi cantonali e questo anche in anni particolarmente scarsi di precipitazioni come il 2005 (durante il quale la produzione è stata solo leggermente inferiore ai consumi), in realtà la situazione è più complessa a causa di:

- **motivi di mercato:** liberalizzazione del mercato, l'energia prodotta in Ticino – anche quella delle cosiddette Partnerwerke (Ofima e Ofible) e delle Überlandswerke (Atel) – viene in gran parte esportata e commercializzata nel resto della Svizzera o all'estero a dipendenza della richiesta di mercato, più precisamente si vende energia “verde” (di alta qualità) per acquistare energia “non omologata” (di bassa qualità), come si evince dall'etichettatura dell'energia fornita dalle aziende elettriche;
- **motivi fisici:** l'energia elettrica è difficilmente immagazzinabile e quindi il fabbisogno di energia elettrica nel nostro Cantone non può essere coperto dalla sola produzione indigena. A tale fine occorre gestire le proprie produzioni in base al profilo orario dei distributori ticinesi e dei clienti finali, tenendo cioè conto dell'andamento del carico rete e della effettiva capacità di produzione delle proprie centrali. La differenza tra l'erogazione e il prelievo dalle centrali è compensata con acquisti e vendite giornalieri di energia sul mercato.

All'evoluzione dei consumi di energia elettrica non ha fatto seguito una corrispondente evoluzione della produzione (confronta Figura 19), che nel corso dello stesso decennio ha fatto registrare unicamente un incremento minimo passando da una potenza installata di 601 MW nel 1995 (impianti dell'AET – incluse le partecipazioni nelle Partnerwerke in e fuori Ticino – e impianti delle aziende di distribuzione ticinesi: Verzasca, Morobbia, Giumaglio, Calcaccia, Ticinetto, Faido e Stampa) ad un valore di 625 MW nel 2004 (acquisto di una sottopartecipazione all'impianto idroelettrico di Mattmark). Il contributo delle cosiddette nuove fonti rinnovabili (fotovoltaico, eolico, geotermia, biomassa,..) è sicuramente prezioso ma per ora ancora limitato dal punto di vista percentuale e deve essere ulteriormente sviluppato.

¹⁰ per i prodotti petroliferi si è considerata una certa percentuale (calcolata a livello svizzero) che viene raffinata all'interno dei confini nazionali.

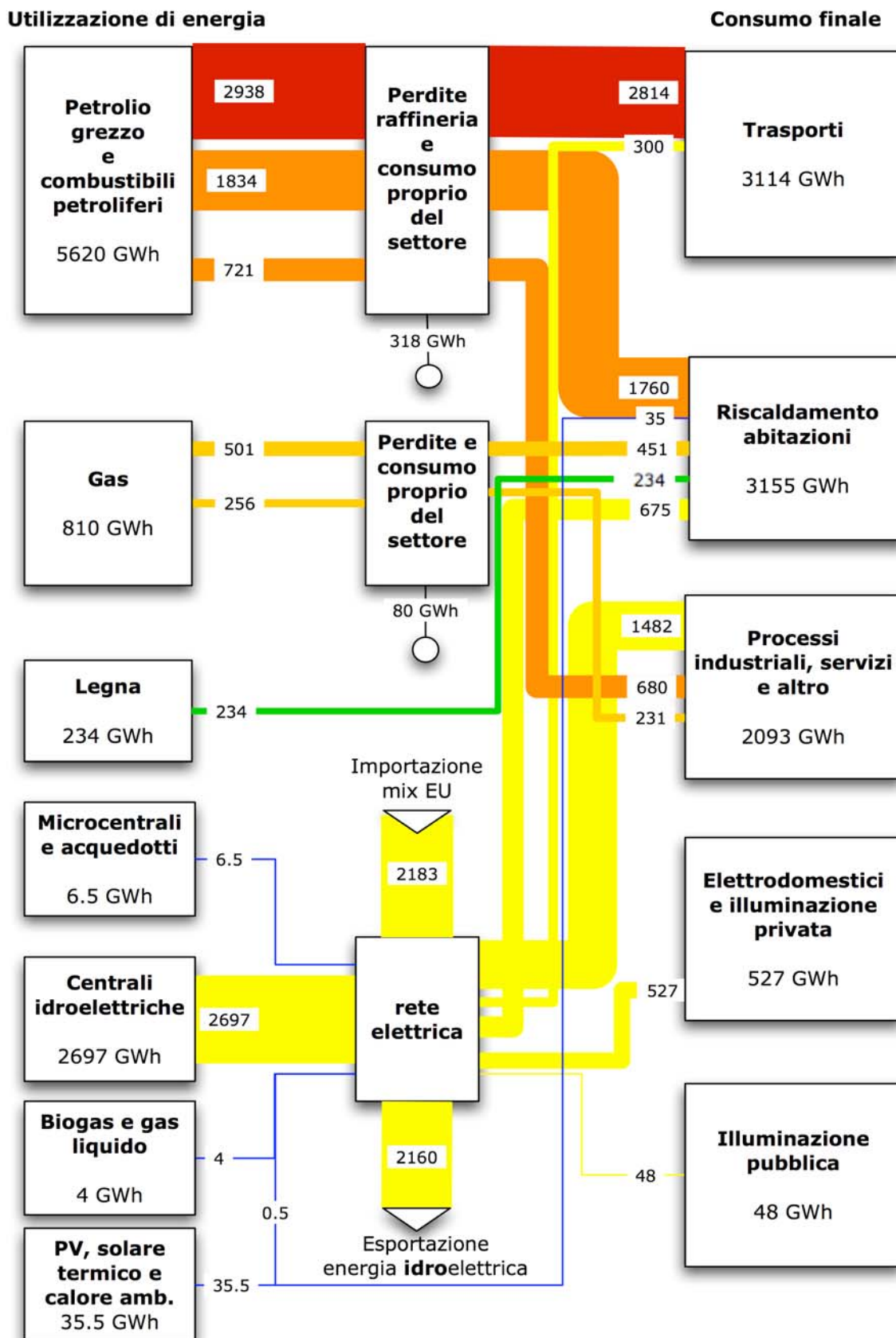


Figura 18: Flussi di energia. Il diagramma indica i quantitativi delle diverse forme di energia utilizzate per soddisfare i consumi cantonali nei diversi settori (le cifre si riferiscono all'anno 2005 ed esprimono i quantitativi di energia in GWh). Con dei cerchi sono indicate perdite o consumi propri. Gli scambi con l'estero di energia elettrica non rappresentano dei flussi fisici, ma piuttosto scambi di mercato.

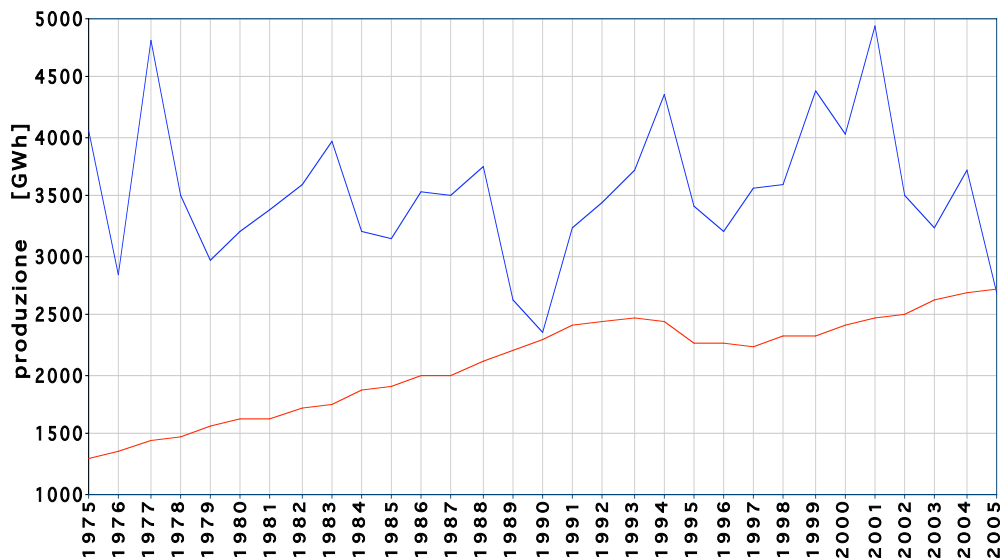


Figura 19: Consumo (curva rossa) e produzione (curva blu) di energia elettrica nel Canton Ticino in GWh dal 1975 al 2005.

Nella Figura 20 la produzione di energia elettrica svizzera (inclusa la quota importata dalla Francia sulla base dei contratti di lunga durata con Electricité de France (EDF)) è confrontata con i fabbisogni valutati per 4 scenari, che vanno da uno scenario che ipotizza essenzialmente la continuazione dell'attuale politica energetica, al più ambizioso orientato alla "Società a 2000 W".

Indipendentemente dallo scenario considerato, in tempi relativamente brevi saremo confrontati con una penuria di energia elettrica. Il contributo del Canton Ticino di fronte a questa problematica dovrà situarsi nel potenziamento, in particolare nell'ottimizzazione, delle strutture idriche esistenti e nello sviluppo dello sfruttamento delle altre energie rinnovabili.

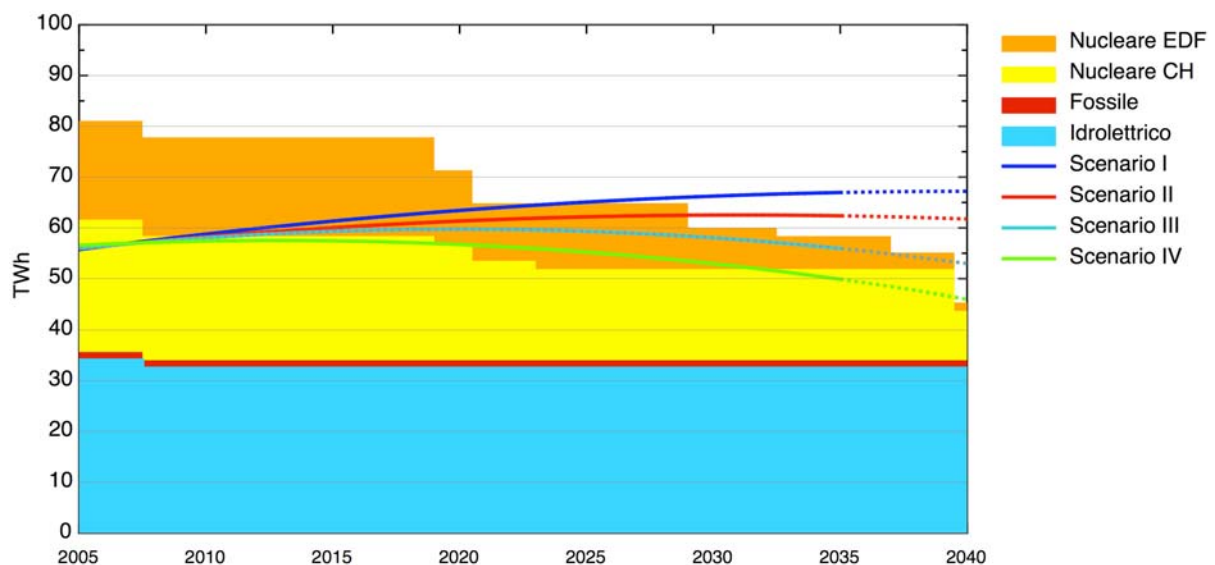


Figura 20: Produzione (superfici colorate) e consumo (curve colorate) di energia elettrica sul piano svizzero secondo 4 scenari di sviluppo (v. studio "Perspectives énergétiques 2035: Management Summary" pubblicato Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC nel gennaio 2007).

Se si tiene conto del fatto che l'energia elettrica viene utilizzata in tutti i settori per svariati tipi di applicazioni, e quindi della difficoltà di intervenire con pochi provvedimenti, i margini di riduzione sono più limitati di quelli che si possono pronosticare per altri vettori energetici (v. capitoli successivi).

4.1 Forza idrica (sfide e indirizzi)

Lo sfruttamento dell'energia idrica, non inquinante e rinnovabile – se si esclude il contributo delle stazioni di pompaggio – ha direttamente o indirettamente un impatto sull'ambiente. Le tematiche toccate dalla realizzazione e dalla gestione di un impianto idroelettrico sono molteplici e comprendono aspetti tecnici, finanziari, ambientali e di natura economica. La produzione di energia idrica è viepiù confrontata con interessi divergenti (esigenze per la pesca, per la protezione delle acque e della natura e per il tempo libero) che necessitano di un coordinamento.

Gli indirizzi principali da adottare per gestire, valorizzare e ottimizzare il patrimonio derivante dalla risorsa acqua sono i seguenti:

- i. creare le condizioni quadro necessarie per promuovere l'energia idroelettrica rispettando le esigenze in materia di protezione dell'ambiente e certificando – nel limite del possibile – l'energia prodotta secondo l'etichetta “nature-made basic”;
- ii. evitare, alla scadenza della concessione, la chiusura di impianti idroelettrici esistenti da diversi decenni;
- iii. sostenere l'ammodernamento degli impianti idroelettrici esistenti in un'ottica di utilizzo più razionale e più efficiente della forza idrica;
- iv. agevolare gli interventi di potenziamento degli impianti idroelettrici – che non provochino modifiche sostanziali del quadro paesaggistico e ambientale già stabilitosi da tempi abbastanza lunghi – e accompagnare adeguate misure di compensazione locale (come quelle previste per il “nature-made star”);
- v. favorire la realizzazione di impianti combinati per la produzione di energia elettrica in impianti d'acqua potabile.

4.2 Legna e impianti di cogenerazione

La legna – come si può osservare dalla Figura 19 – oggigiorno ha un ruolo troppo marginale nella produzione di energia del nostro Cantone. In base ai dati forniti dalla Sezione forestale, risulta che in Ticino la quantità di legname utilizzabile a scopo energetico, a corto termine e a costi concorrenziali con l'energia fossile, è di circa 110'000 m³ pari a 308'000 m³T (1 m³T = 1 m³ di truciolato) equivalenti¹¹ a 262 GWh. Si può quindi affermare che, grazie anche agli investimenti fatti nelle infrastrutture forestali negli ultimi decenni, oggi è possibile garantire un approvvigionamento di legna a un prezzo concorrenziale. Infatti, considerando un costo medio di 45 fr./m³T si valuta¹² un prezzo equivalente di ca. 5 cts/kWh e quindi altamente concorrenziale se paragonato agli attuali prezzi del gasolio.

In relazione alla produzione di energia elettrica giova citare l'esempio della città di Basilea che ha in cantiere una centrale termica per la produzione di 4 MW di elettricità e 21 MW di

¹¹ Il potere calorifico del cippato è di 850 kWh/m³T.

¹² Il costo al kWh si ottiene dividendo il costo al m³T per il potere calorifico (= 45/850= 0.05 CHF/kWh)

calore a distanza, il tutto per un consumo annuo di legna di 190'000 m³T. In base ai dati forniti dalla Sezione forestale, nei prossimi 10 anni i boschi ticinesi potrebbero fornire 529'000 m³T di legname con i quali si potrebbero produrre, tramite 3-4 centrali medie di cogenerazione, ca. 100 GWh/a di corrente elettrica.

Considerato che in simili impianti (di media potenza) si possano adottare misure spinte di trattamento dei gas di scarico, sostenibili anche dal profilo economico, si propone il seguente indirizzo:

- i. compatibilmente con gli obiettivi di politica forestale si promuove la costruzione decentralizzata di impianti di cogenerazione alimentati a legna. L'ubicazione dovrà essere scelta in maniera da poter utilizzare il calore attraverso reti di teleriscaldamento.

4.3 Geotermia (di alta temperatura)

L'energia geotermica, o calore del sottosuolo, è l'energia calorica immagazzinata sotto la superficie terrestre. In profondità, nella 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 1000 °C. Solo lo 0.1% della massa terrestre è più freddo di 100 °C.

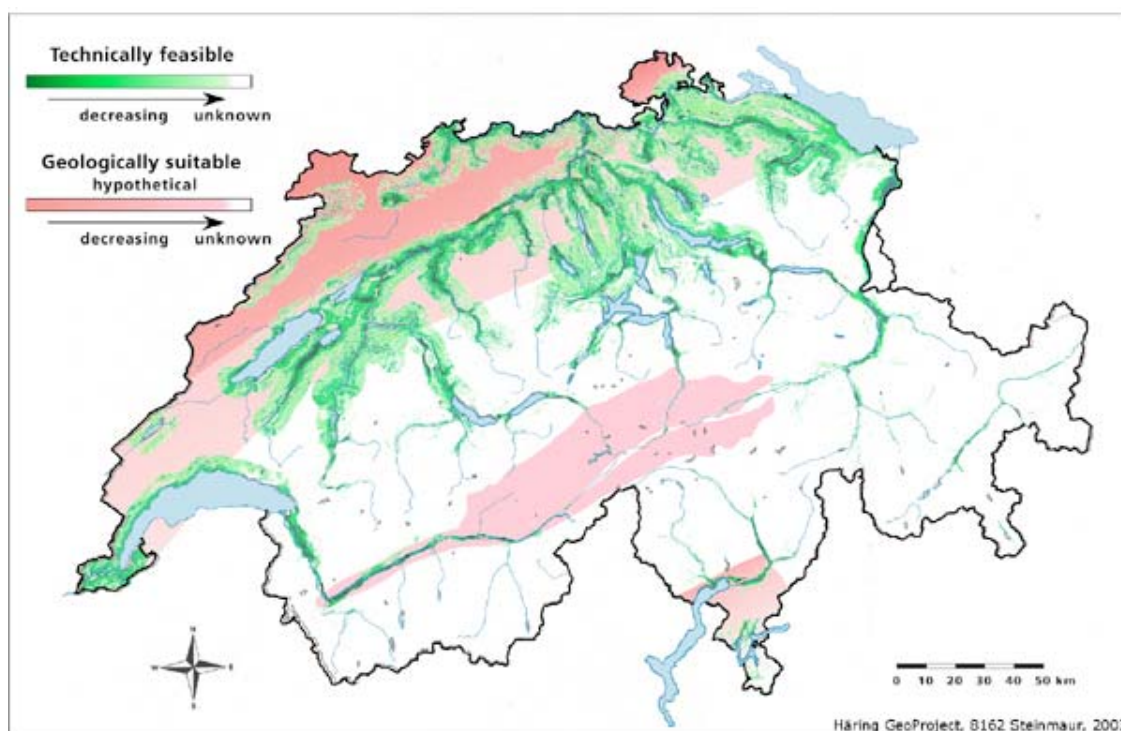


Figura 21: Zone potenzialmente interessanti per la realizzazione di impianti deep heat mining in Svizzera.

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 d'elettricità e di calore. L'interesse di questa tecnologia, che non comporta emissioni di CO₂, risiede nel poterla utilizzare ovunque si trovi del granito a 200°C a una profondità inferiore a ca. 6 km. Ciò corrisponde alle condizioni medie di numerose regioni

della Svizzera (v. Figura 21). Inoltre, considerato che una centrale di questo tipo produce importanti quantità di calore residuo, l'ubicazione deve essere valutata anche in funzione della possibilità di utilizzare tale calore.

Un progetto Deep Heat Mining è iniziato nel 1996 a Basilea. Con tale progetto sarebbe possibile realizzare una centrale di 3 MW di potenza elettrica e 20 MW termici, per una produzione annua di 20 GWh elettrici e 80 GWh termici. I problemi riscontrati (principalmente legati alle scosse sismiche) nel progetto di Basilea dimostrano che questa tecnologia necessita di ulteriori sviluppi per poter dimostrare la sua fattibilità.

Nel frattempo – in attesa dei risultati dei progetti pilota di Basilea e di quello europeo realizzato a Soultz in Alsazia – si tratta, a livello di indirizzo strategico, di:

- i. 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.

4.4 Eolico

La strategia della Confederazione in materia di eolico è descritta nel documento “Konzept Windenergie Schweiz” (agosto 2004), nel quale sono indicati i siti più interessanti per lo sfruttamento della forza del vento. La maggior parte di essi si situa nei Cantoni di Berna, Neuchâtel, Giura e Vaud. Tra i 12 siti prioritari uno si situa in Ticino, sul San Gottardo, dove la superficie interessante sarebbe di 160 ettari e il potenziale stimato di produzione energetica di 11 GWh all'anno. Oltre al potenziale eolico il sito – già oggetto di valutazioni da parte dell'AET – sarebbe interessante per la buona accessibilità (per lavori di manutenzione) e le possibilità di allacciamento alla rete elettrica. Appare quindi importante nell'ottica di un pieno sfruttamento delle risorse rinnovabili:

- i. rivalutare il progetto eolico sul San Gottardo tenendo conto delle esigenze di rispetto dell'area di protezione del Passo.

4.5 Fotovoltaico (PV)

La buona insolazione del Cantone rende questa tecnologia – che può essere integrata nell'ambiente costruito – molto interessante. A livello indicativo, se si ipotizza una superficie di 10 m² (pari a ca. 1 kW) di moduli fotovoltaici (al silicio cristallino) per persona - corrispondenti ad una superficie totale di 3 milioni di m², ossia 3.5% della superficie edificata del Cantone - sarebbe possibile produrre 330 GWh all'anno di energia elettrica solare.

Il buon potenziale del fotovoltaico del Cantone in rapporto al Nord delle Alpi è ben illustrato nella mappa della Figura 22, dove con una scala colorimetrica è riportata l'energia prodotta in un anno da un impianto PV della potenza di 1 kW calcolata sulla base dell'irraggiamento solare e dei rilievi orografici.

In relazione al fotovoltaico è interessante rilevare che la nuova Legge sull'approvvigionamento elettrico – elaborata nell'ambito della revisione della Legge sull'energia – comprende anche un pacchetto di prescrizioni concernenti l'incentivazione delle energie rinnovabili. Essa prevede in particolare una remunerazione per l'immissione di energia a copertura dei costi. Con essa sarà indennizzata la corrente prodotta con nuove centrali che sfruttano le energie rinnovabili mediante un'indennità calcolata sulla base di un impianto di riferimento. In particolare, l'energia fotovoltaica sarà indennizzata con 50 centesimi al kWh.

In considerazione del forte sviluppo di questa tecnologia, dell'indennizzo (previsto dal 1° gennaio 2008) e della buona esposizione al sole del nostro Cantone, occorre creare i presupposti per un inserimento armonioso sul territorio e per garantirne la redditività nel tempo. In questo senso i seguenti indirizzi strategici appaiono importanti.

- i. fissare delle esigenze di integrazione urbanistica dalla scala di agglomerato a quella di quartiere in funzione della destinazione (industriale, commerciale e residenziale) e di alcune specificità come quelle dei nuclei;
- ii. favorire delle tipologie di edificazione atte a garantire una buona insolazione dei tetti;
- iii. elaborare delle norme nei PR atte a garantire l'insolazione anche nel futuro (per es. "servitù di insolazione");
- iv. elaborare strumenti di supporto alla decisione per autorità comunali e i cittadini.

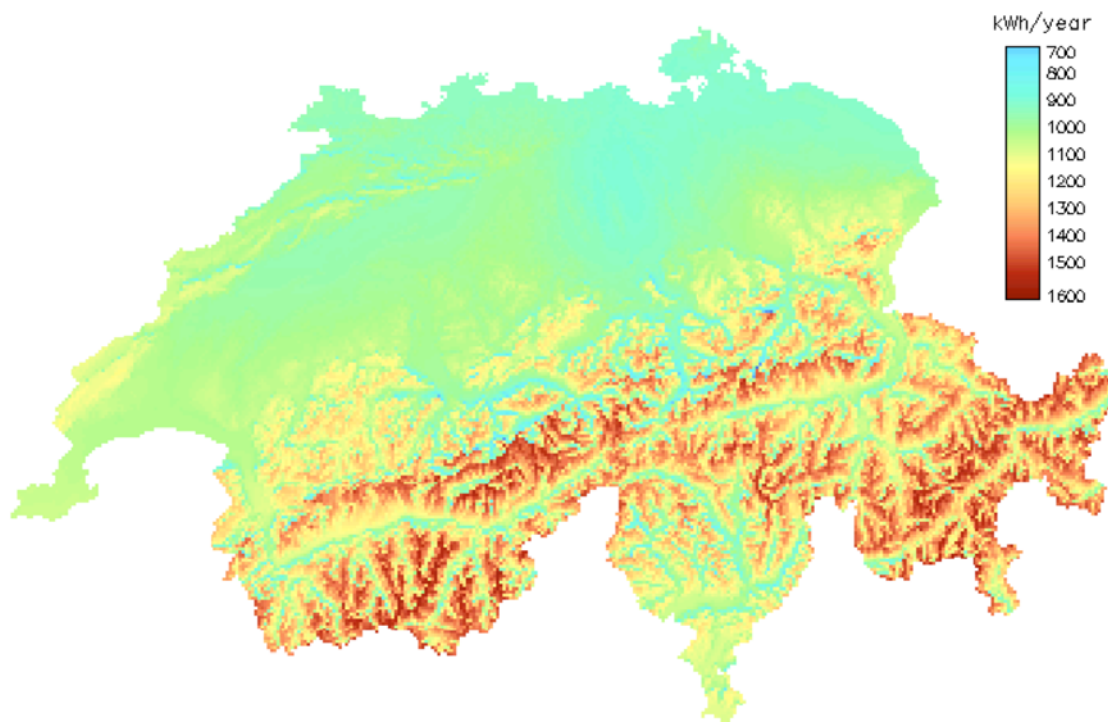


Figura 22: Mappa della produzione annuale di energia di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 1 kW posto con l'inclinazione ottimale. La mappa (calcolata su una maglia di 1 km x 1 km) si basa sulla geometria dell'irraggiamento solare e tiene conto dell'orografia ma non degli edifici presenti sul territorio.

5. Analisi dell'evoluzione del consumo per il riscaldamento degli edifici abitativi

Per poter eseguire un'analisi dell'evoluzione dei consumi per il riscaldamento degli edifici sono necessarie le seguenti informazioni:

- il numero di nuovi stabili edificati e/o rinnovati in diverse epoche;
- gli standard energetici (indici di consumo) applicabili alle diverse epoche.

Dato che non sono disponibili i valori dei consumi dei singoli edifici, sono stati utilizzati due modelli per poi confrontarne i risultati.

5.1 Modello basato sulla superficie delle unità abitative

Il primo modello si basa sui dati della Figura 7 ossia sulle superfici edificate o rinnovate in diverse epoche. Si ipotizza poi un indice energetico ($\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$) per le diverse epoche determinato dallo stato della tecnica, oppure dalle normative in vigore al momento della costruzione (v. Figura 23).

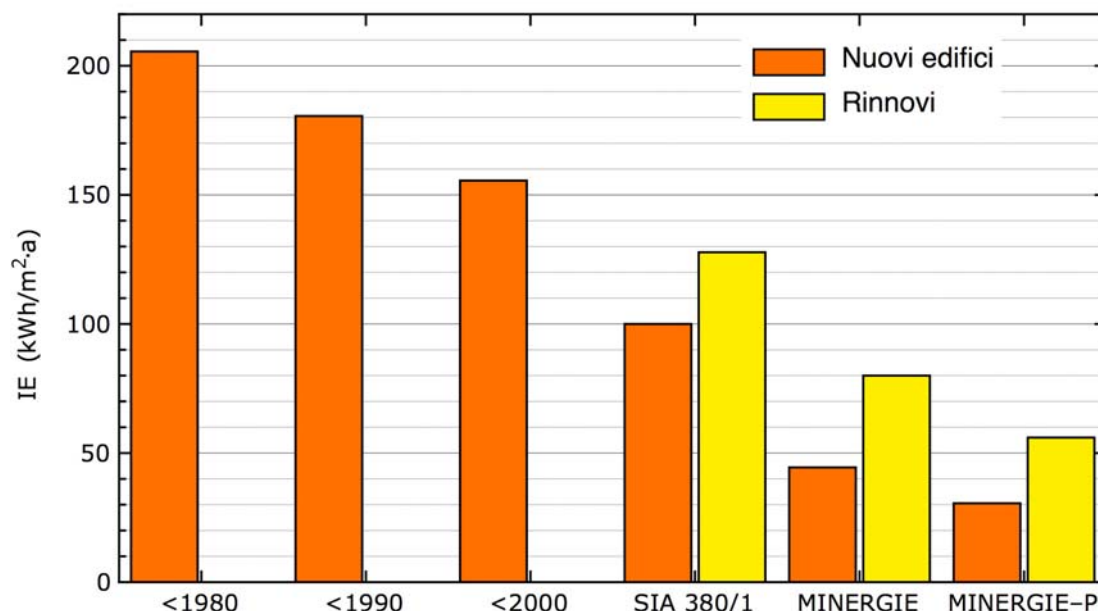


Figura 23: Dipendenza della superficie abitativa degli immobili dall'epoca di costruzione. Il limite Minergie-P per i rinnovi non è ancora stato definito. È quindi stato stimato sulla base del rapporto dei 2 valori dello standard Minergie.

Assumendo che le disposizioni di legge in vigore al momento della costruzione siano state rispettate, si può dunque calcolare il consumo degli edifici costruiti nelle diverse epoche moltiplicando gli indici energetici della Figura 23 con le corrispondenti superfici della Figura 7.

Il risultato di questa analisi è presentato nella grafico di sinistra della Figura 24. Il consumo totale per riscaldamento calcolato tramite questo metodo corrisponde a 3'913 GWh. Questo dato è ragionevolmente in accordo con il consumo per riscaldamento ottenuto tramite l'analisi presentata nel Cap. 3.2 (3'155 GWh), tenuto conto delle incertezze sulle superfici medie delle unità abitative e sugli indici energetici da applicare. È inoltre ragionevole che il

consumo calcolato secondo questo modello risulti superiore a quello del Cap. 3.2, in quanto nella valutazione delle superfici secondo l'epoca di costruzione (Figura 7) non si è tenuto conto dei rinnovi e inoltre mancano gli edifici costruiti dopo il 2000.

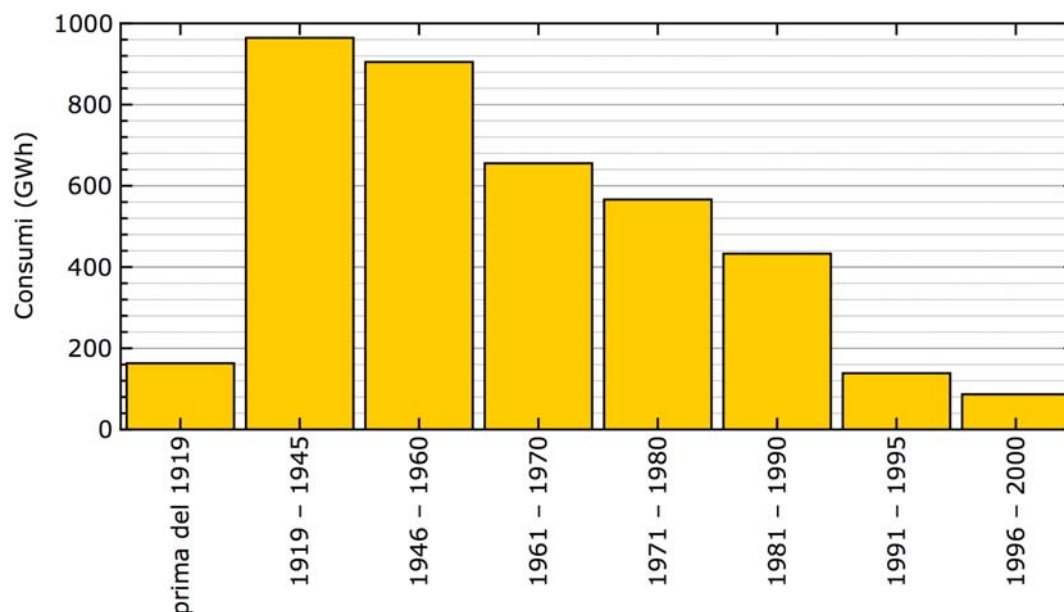


Figura 24: Consumi per il riscaldamento degli edifici abitativi in funzione dell'epoca di costruzione.

L'evoluzione dei consumi per il riscaldamento degli edifici abitativi si può ottenere sommando i contributi delle diverse epoche di costruzione. Nella Figura 25 tale evoluzione è illustrata in % del valore totale dell'anno 2000.

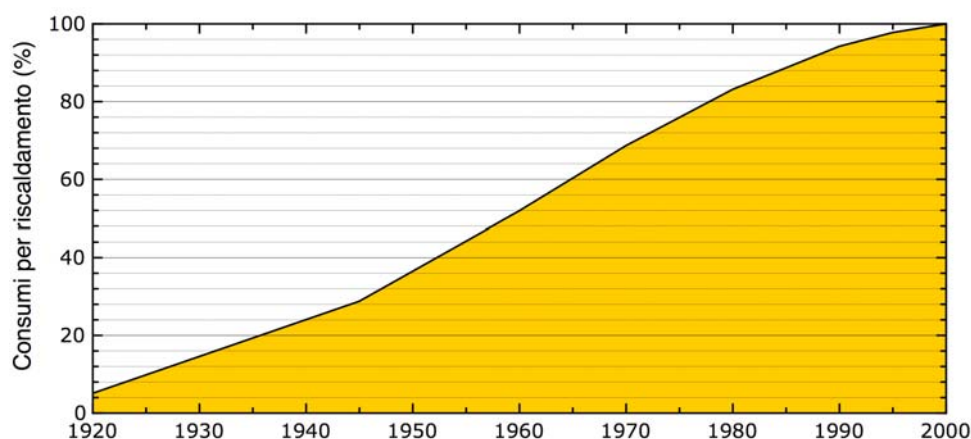


Figura 25: Evoluzione dei consumi per il riscaldamento degli edifici abitativi in percento del valore totale dell'anno 2000.

È interessante osservare come l'83% dei consumi per il riscaldamento degli edifici con abitazioni si verifichi in stabili la cui epoca di costruzione è antecedente al 1980. Di queste abitazioni il 47.6% non ha subito lavori di rinnovo dopo il 1980 (v. anche Figura 7). Agendo su questi stabili – che nei prossimi anni necessiteranno di lavori di rinnovo (quasi 40 anni di vita) – si può intervenire sul 39% dei consumi energetici impiegati per il riscaldamento delle abitazioni. Se si considerano gli stabili edificati prima del 1990 e che non sono stati rinnovati dopo il 1990, la fetta sulla quale si può agire sale al 73%.

Il potenziale di risparmio esistente nell'ambito dei rinnovi è pure ben illustrato dal grafico della Figura 26, costruito sulla base di rettangoli le cui altezze rappresentano l'indice energetico per diverse epoche e la base la superficie di alloggi costruita nelle stesse epoche. L'area di questi rettangoli rappresenta l'energia consumata per il riscaldamento degli edifici suddiviso per epoche di costruzione. La linea rossa del limite Minergie (80 kWh/(m²·a) per i rinnovi e 44 kWh/(m²·a) per le nuove costruzioni) suddivide i rettangoli in due parti. L'area superiore (dipinta con tinte più scure) rappresenta l'energia che si può risparmiare applicando lo standard Minergie. Si osservi come la superficie legata alla possibilità di risparmio nelle ristrutturazioni (area blu scura) superi ampiamente quella delle nuove costruzioni previste fino al 2050 (superficie grigio scura).

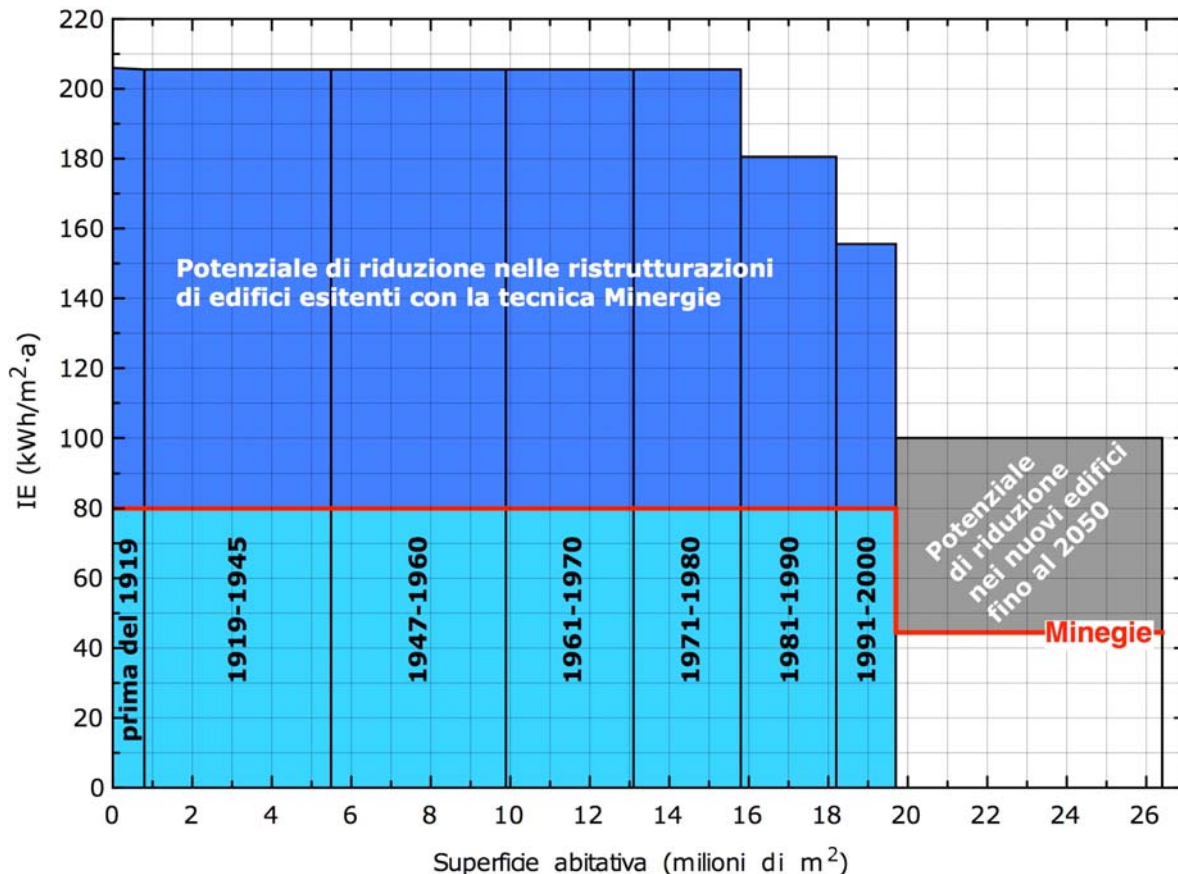


Figura 26: Il grafico è suddiviso in rettangoli le cui altezze rappresentano l'indice energetico per diverse epoche e la base la superficie di alloggi costruita nelle stesse epoche. La linea (rossa) che separa le superfici scure da quelle chiare è determinata dal limite Minergie per rinnovi e nuove costruzioni (abitative).

5.2 Modello basato sui dati del catasto dei “piccoli” impianti di combustione

Un secondo metodo per calcolare il consumo medio delle abitazioni si basa sull'interpretazione e l'analisi dei dati contenuti nel catasto dei “piccoli” impianti di combustione. In questo caso, dato che non è disponibile l'epoca di costruzione dell'immobile, l'anno dello stabile è stato associato a quello della caldaia. L'ipotesi si basa sul fatto che per uno stabile nuovo l'anno di costruzione non dovrebbe essere molto diverso dall'anno della caldaia, mentre per un rinnovamento che non ha modificato sensibilmente la qualità energetica dell'edificio – ad es. eseguito solo per rientrare nei limiti più severi introdotti durante gli anni '90 dal Piano cantonale di risanamento dell'aria per gli impianti di combustione – è possibile che si sia sostituito il bruciatore ma non la caldaia. Ad ogni modo, la minor durata di vita della caldaia rispetto a quella di una casa implica anche che la caldaia potrebbe venire sostituita anche senza un rinnovamento dell'edificio. Inoltre, le caldaie più vecchie datano degli anni '60, mentre esistono edifici più vecchi non rinnovati che in parte posseggono delle caldaie più recenti.

Sulla scorta di queste premesse, dal catasto si possono estrarre i dati relativi alle case monofamigliari e ricavare la distribuzione delle potenze installate in funzione dell'anno della caldaia o di costruzione/rinnovamento dell'immobile. Dalla Figura 27 si nota come la potenza delle caldaie sia leggermente calata negli anni, passando da 30-40 kW negli anni '70 fino a 20-25 kW nel 2000. Nonostante la riduzione dei fabbisogni di energia e le nuove norme sembrerebbe che permanga una certa tendenza a sovradimensionare gli impianti di combustione.

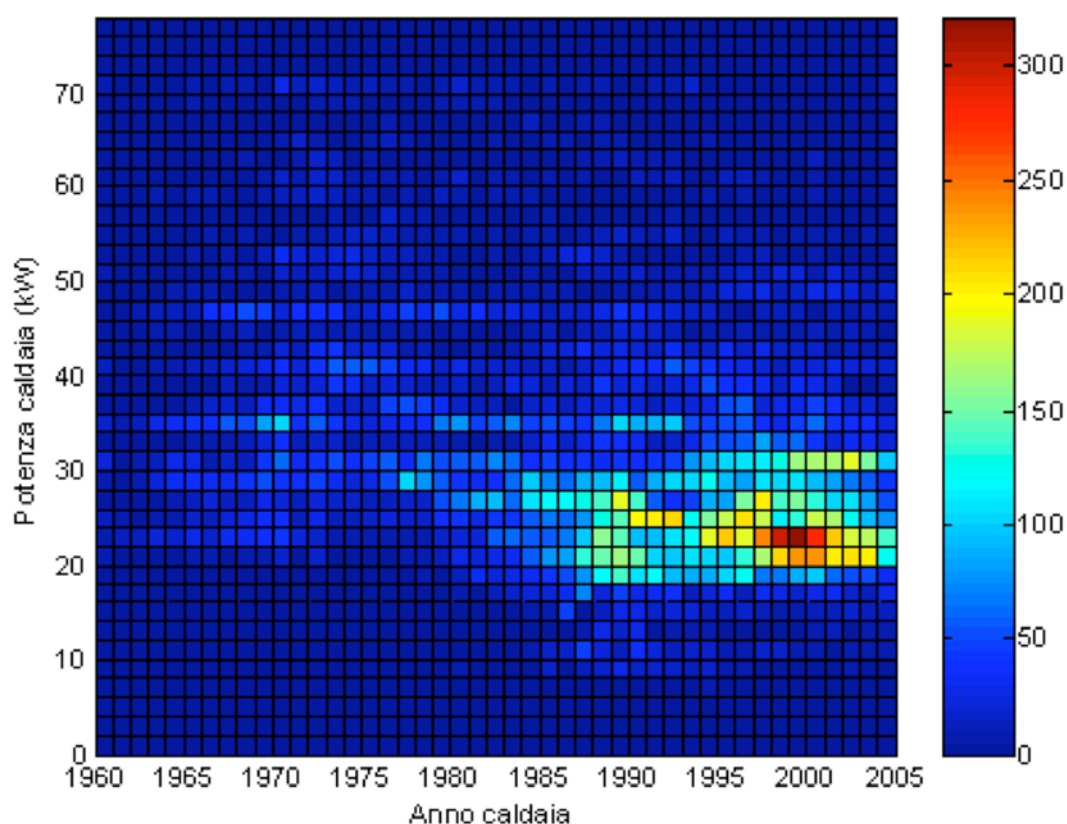


Figura 27: Distribuzione della potenza delle caldaie (riportata in ordinata) in funzione dell'anno (in ascissa). Il numero di impianti di una determinata potenza e anno (della caldaia) è illustrato secondo la scala colorimetrica indicata a lato.

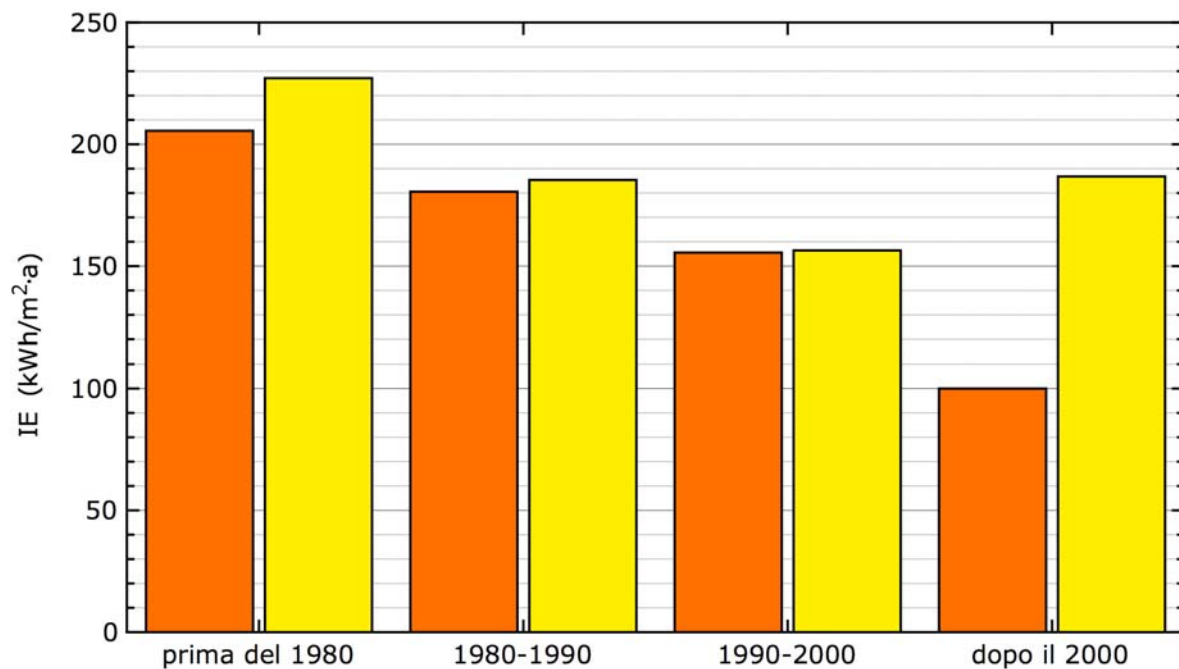


Figura 28: Evoluzione dei consumi medi annui delle case monofamigliari ricavati dal catasto (in giallo) e confronto con gli standard energetici (arancione).

Raggruppando le case monofamigliari in base all'età della caldaia e dividendo l'energia totale - calcolata sulla base dei dati del catasto - per la superficie stimata sulla base dei 150 m² per abitazione, si sono ottenuti gli indici energetici della Figura 28. Con l'eccezione del periodo successivo al 2000, si constata una buona accordanza con i valori stimati in base agli standard energetici in vigore nelle diverse epoche.

6. Potenziale di risparmio e di produzione del calore negli edifici

6.1 Potenziale di risparmio nel riscaldamento degli edifici abitativi

Il settore degli edifici è responsabile di una fetta importante dei consumi energetici. Il riscaldamento delle sole abitazioni copre un buon terzo dei consumi energetici. Per questo motivo, e considerato che il risparmio energetico nel settore dei trasporti è già oggetto di altre schede di PD che perseguono anche fini energetici, nel presente lavoro l'attenzione è posta sugli edifici, in particolare quelli abitativi.

Per meglio quantificare il potenziale di risparmio per il riscaldamento degli edifici occorrono delle prognosi relative alle nuove edificazioni e ai rinnovi degli stabili esistenti.

Per le nuove edificazioni il punto di partenza è lo scenario demografico. A tal riguardo si è fatto riferimento allo scenario recentemente elaborato dall'Ufficio cantonale di statistica (T_010300_01C_20050307) per il periodo fino al 2030 e che prevede una crescita della popolazione cantonale del 10.5% tra il 2005 e il 2030. Per gli anni successivi la tendenza evolutiva è stata estrapolata come illustrato nella Figura 29.

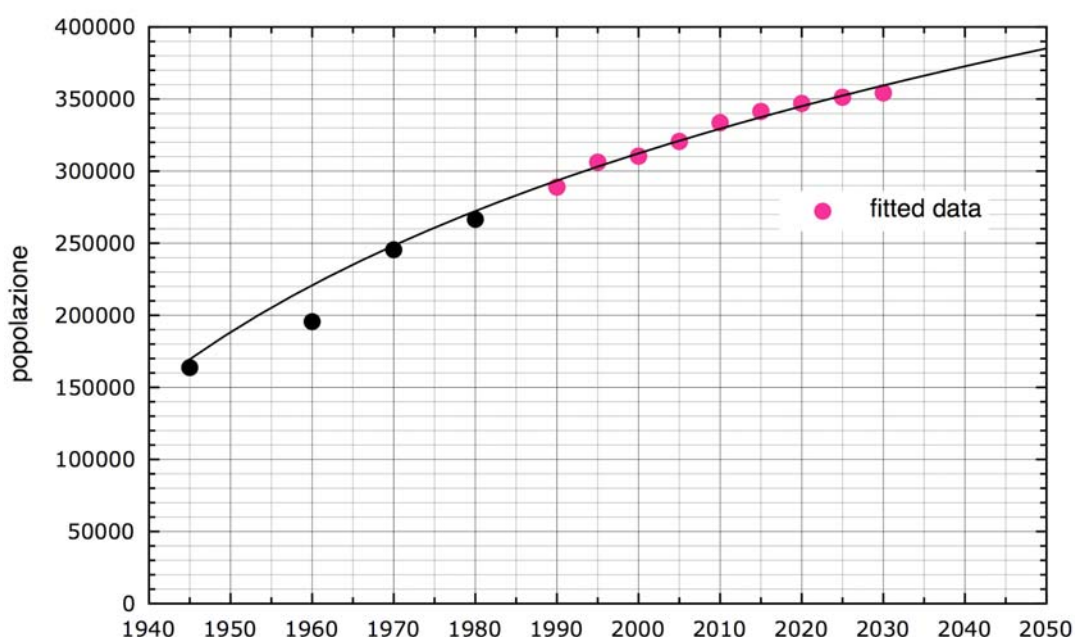


Figura 29: Scenario di sviluppo demografico. I punti sono stati calcolati dall'Ufficio cantonale di statistica (T_010300_01C_20050307) ipotizzando un indice congiunturale di fecondità (ICF) stabile e pari a 1.25 bambini per donna, un ulteriore aumento della speranza di vita alla nascita da 81.3 nel 2003 a 84.7 nel 2025, un saldo migratorio medio su tutto il periodo, pari a 2000 unità. La curva è stata ottenuta fittando i punti in rosso con una legge del tipo $y := c + m \cdot (x - x_0)^n$.

La relazione tra popolazione e superficie abitativa è stata poi determinata sulla base delle serie storiche di dati, ossia combinando i dati della Figura 29 con quelli della Figura 7. Come si osserva nella Figura 30 la relazione è grossomodo lineare e dalla pendenza della retta che meglio rappresenta i dati si ricava che la superficie abitativa aumenta di 94 m² per ogni persona in più residente. Si tratta di un valore piuttosto elevato e che potrebbe essere

messo in relazione con il numero di alloggi disabitati e con quello delle residenze secondarie, che con ogni probabilità conoscono una crescita simile.

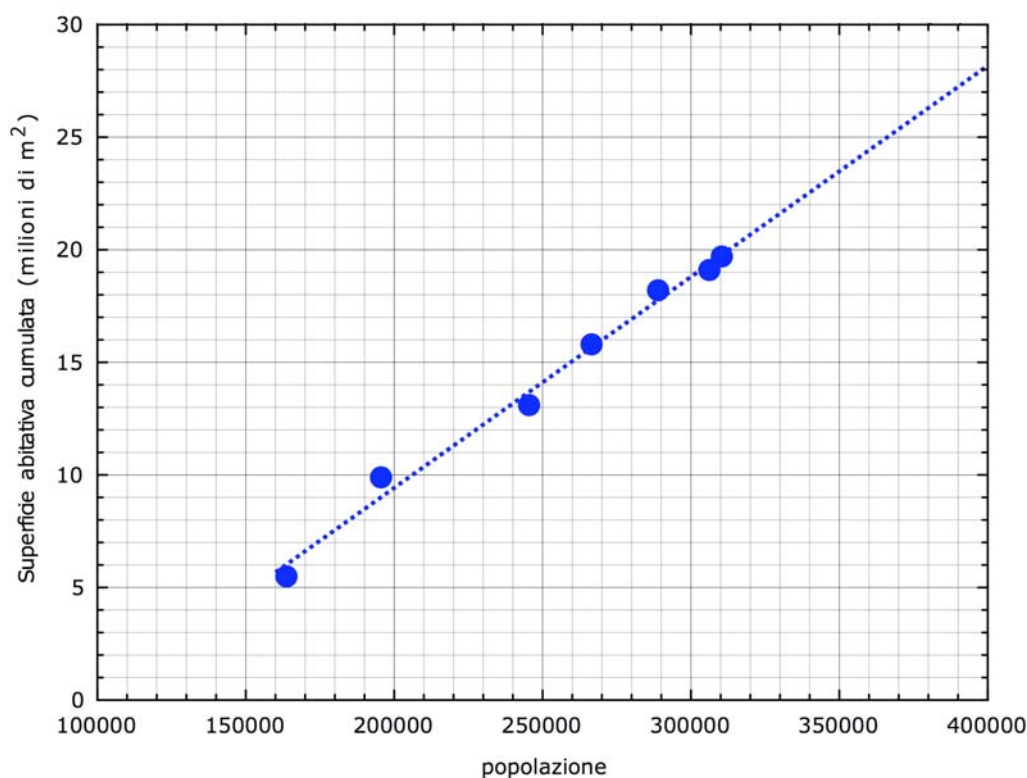


Figura 30: Relazione tra superfici edificate in diverse epoche e popolazione residente nel Cantone (il grafico è una combinazione dei dati della Figura 29 con quelli della Figura 7).

Sulla base della curva della Figura 30 si può infine calcolare la crescita della superficie abitativa. La Figura 31 mostra la previsione fino all'anno 2050.

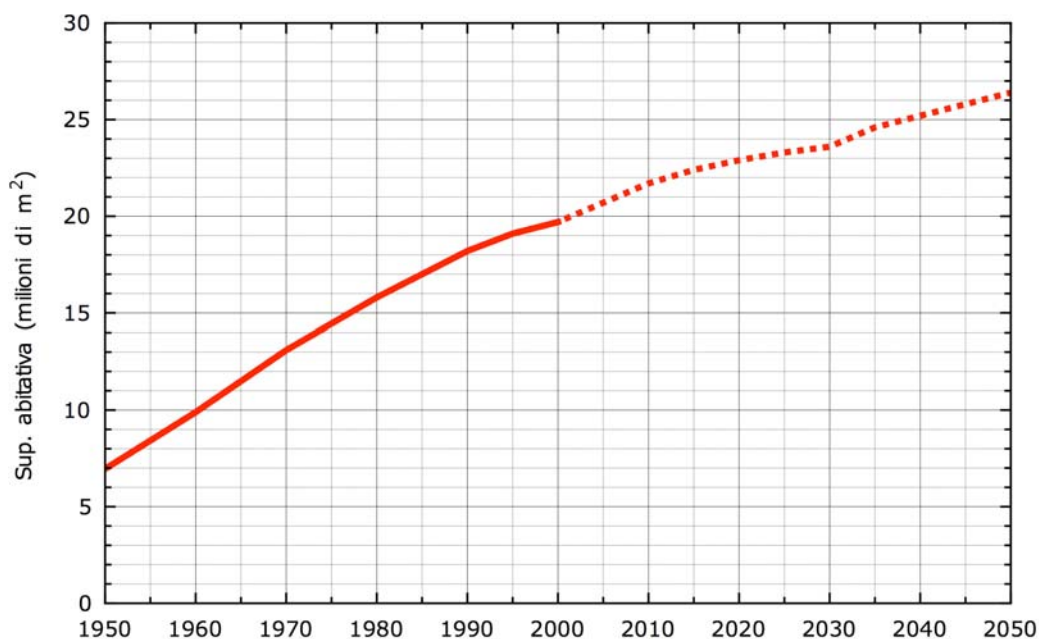


Figura 31: Prognosi dell'evoluzione della superficie abitativa (fino all'anno 2050).

Sulla base di questa evoluzione si può stimare l'andamento dei consumi di energia per **3 scenari**:

- Nuove costruzioni realizzate secondo la norma SIA 380/1 (100 kWh/m²·a).
- Nuove costruzioni realizzate secondo lo standard Minergie (44 kWh/m²·a);
- Nuove costruzioni realizzate secondo lo standard Minergie-P (31 kWh/m²·a);

Aggiungendo ai consumi attuali quelli necessari per riscaldare le nuove superfici si ottengono le curve della Figura 32.

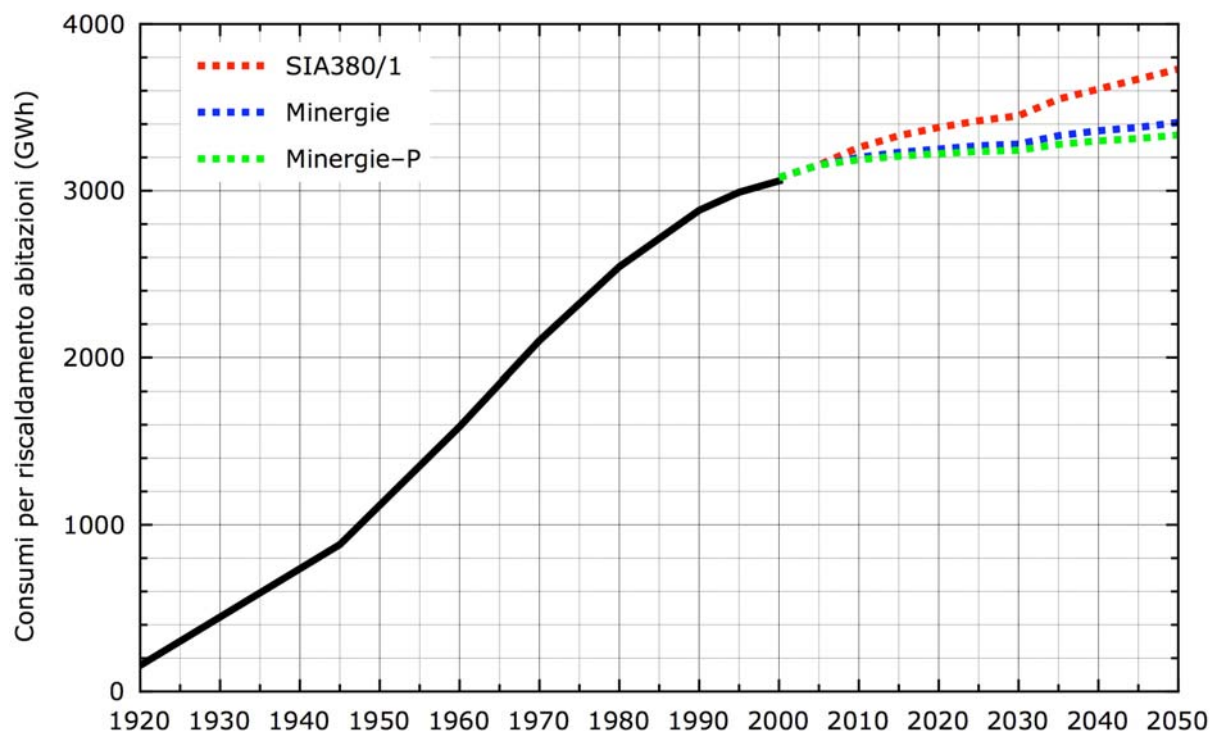


Figura 32: Prognosi di evoluzione dei consumi energetici per il riscaldamento delle abitazioni, senza agire sulle abitazioni esistenti.

È interessante osservare come applicando anche lo standard Minergie alle nuove costruzioni si riesca solo a frenare la crescita dei consumi, ma non a invertire la tendenza. A tale scopo occorre agire sui rinnovi.

Per quantificare il risparmio ottenibile nell'ambito delle ristrutturazioni degli edifici esistenti, con l'ausilio della "curva di apprendimento" della Figura 9 e la struttura dell'età delle unità abitative (v. Tabella 5), si sono dapprima valutati gli edifici per i quali si presenterà la necessità di eseguire lavori ristrutturazione nel periodo dal 2005 al 2075.

Costruiti prima e non rinnovati dopo il ...	Numero di unità abitative
... 1919	674
... 1945	2848
... 1960	4500
... 1970	4381
... 1980	16321
... 1990	36006
... 1995	13155
... 2000	13224

Tabella 5: Struttura dell'età delle unità abitative esistenti.

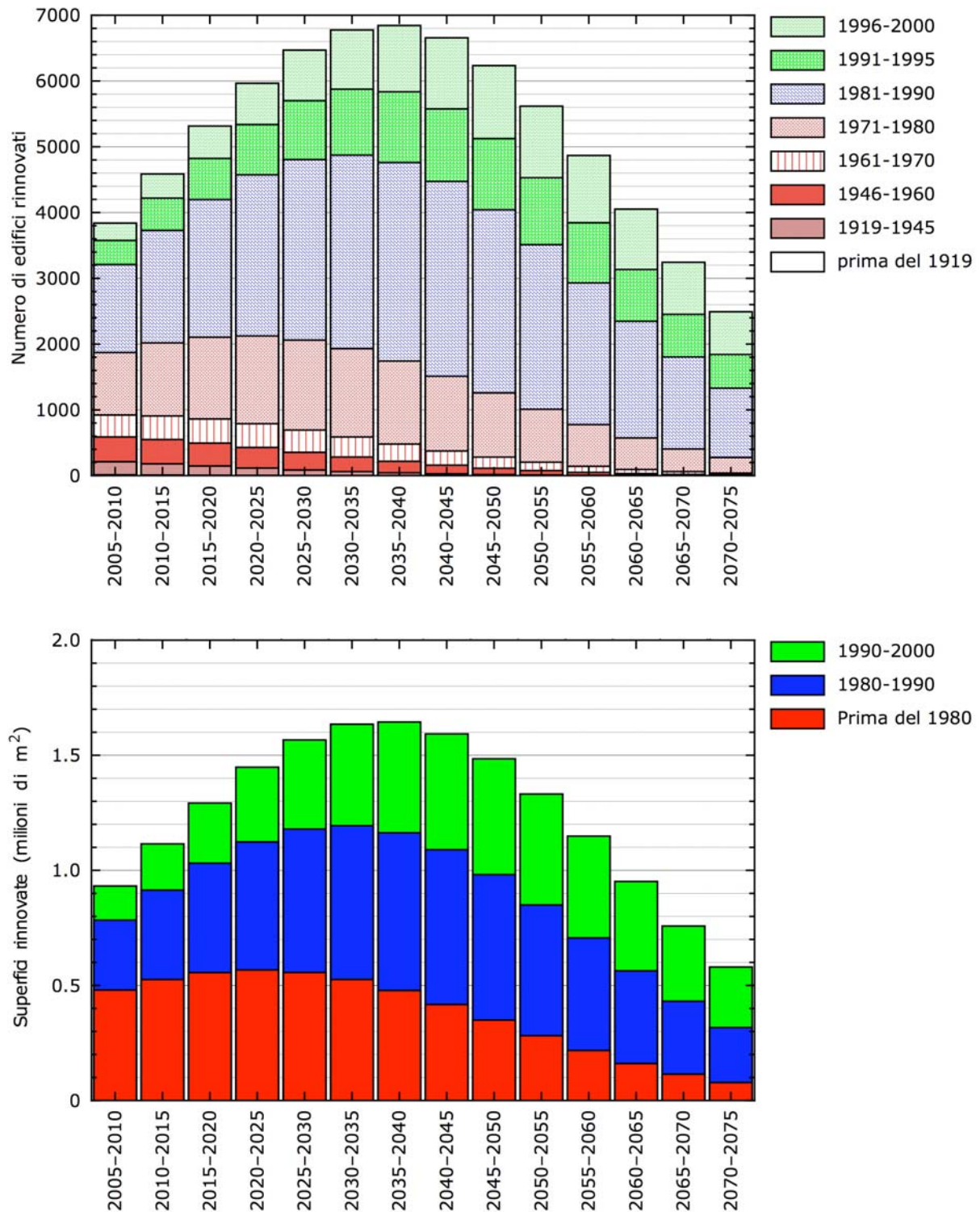


Figura 33: Numero di unità abitative (grafico in alto) e superfici abitative (grafico in basso) per le quali sono ipotizzabili delle ristrutturazioni nei prossimi 70 anni, suddivise per fasce d'età (dell'attuale parco di edifici).

I risultati di queste proiezioni sono illustrati nei grafici della Figura 33. Nel grafico in alto è riportato il numero di unità abitative interessate da lavori di rinnovamento nei diversi quinquenni futuri, suddiviso in base all'epoca alla quale risale l'ultimo intervento (costruzione o rinnovo). Si riconoscono diverse distribuzioni normali che si distinguono per il fatto che hanno avuto inizio in anni diversi (corrispondenti all'epoca dell'ultimo intervento). Nel grafico

in basso sono illustrate le superfici corrispondenti, ottenute raggruppando gli edifici in 3 fasce d'età e calcolando la superficie sulla base delle caratteristiche descritte dalla Figura 6 e nell'ipotesi di una superficie media delle abitazioni monofamigliari di 150 m² e di una superficie media di 90 m² per le unità abitative in case plurifamigliari.

Nelle analisi si è tenuto conto solo di una ristrutturazione. È infatti probabile che un edificio sottoposto a una ristrutturazione all'inizio di questo periodo ne subisca un'altra più tardi. Si tratta di un aspetto che può solo migliorare la situazione ai fini energetici.

Sulla base di queste previsioni per i rinnovi si può calcolare l'energia risparmiata e quindi l'evoluzione dei consumi per **3 scenari**:

- Rinnovi realizzati secondo la norma SIA 380/1 (128 kWh/m²·a).
- Rinnovi realizzati secondo lo standard Minergie (80 kWh/m²·a);
- Rinnovi realizzati secondo lo standard Minergie-P (56 kWh/m²·a)¹³;

I calcoli mostrano come, applicando in maniera conseguente le attuali disposizioni (SIA 380/1), sia solo possibile arrestare la crescita del fabbisogno di calore nelle abitazioni. Per ridurre in maniera sensibile i consumi si devono applicare standard energetici più severi anche nell'ambito dei rinnovi. Applicando lo standard Minergie a tutte le ristrutturazioni, nel 2050 si riuscirebbe a ridurre i consumi di quasi 1'000 GWh rispetto alla situazione attuale, mentre in un'ipotesi di ristrutturazione secondo lo standard Minergie-P, si arriverebbe addirittura a dimezzarli (v. Figura 34).

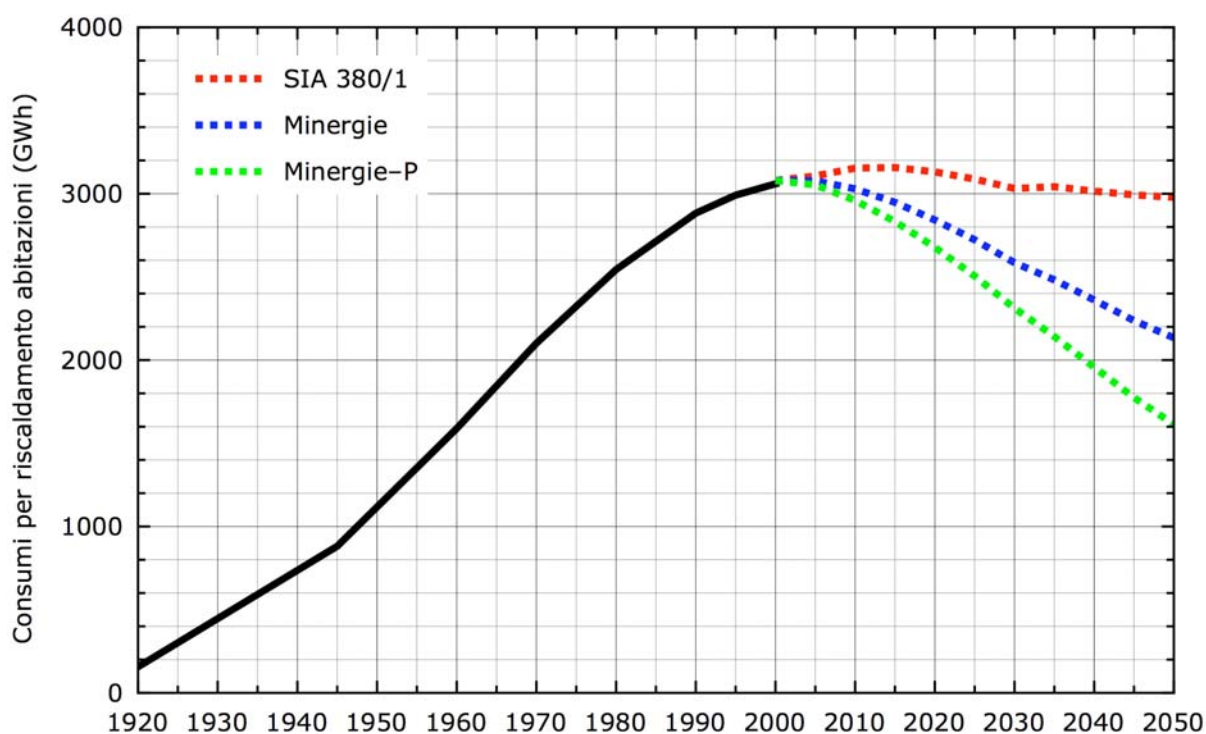


Figura 34: Prognosi di evoluzione dei consumi energetici per il riscaldamento delle abitazioni nell'ipotesi di un risanamento energetico nell'ambito delle ristrutturazioni secondo tre scenari: norma SIA 380/1, Minergie e Minergie-P.

¹³ Non esiste ancora un limite Minergie-P per i rinnovi; il valore è stato stimato in maniera da ottenere lo stesso rapporto che si ottiene tra i limiti Minergie previsti per i rinnovi e le nuove abitazioni.

In relazione alle nuove costruzioni e agli interventi di rinnovo pronosticati è interessante verificare se la relativa mole di lavori è compatibile con la cifra spesa annualmente in Ticino per gli alloggi. Ipotizzando un costo di 2'400 CHF al m² per le nuove costruzioni e di 1'200 CHF al m² per le ristrutturazioni, si calcola – tenendo conto della possibile evoluzione dei costi di costruzione valutata sui dati relativi al periodo 1998-2006 (v. Figura 35) – una spesa complessiva di 662 milioni di franchi all'anno per i prossimi 10-15 anni. A titolo di paragone è interessante rilevare che nel 1998 in Ticino erano stati spesi 658 milioni di franchi. Lo sviluppo ipotizzato è quindi realistico e compatibile con la forza dell'attuale settore edile cantonale. Un indirizzo chiaro per le ristrutturazioni energeticamente valide potrebbe inoltre avere come riflesso un aumento della capacità di costruzione, una sorta di boom edilizio per ristrutturazioni energetiche.

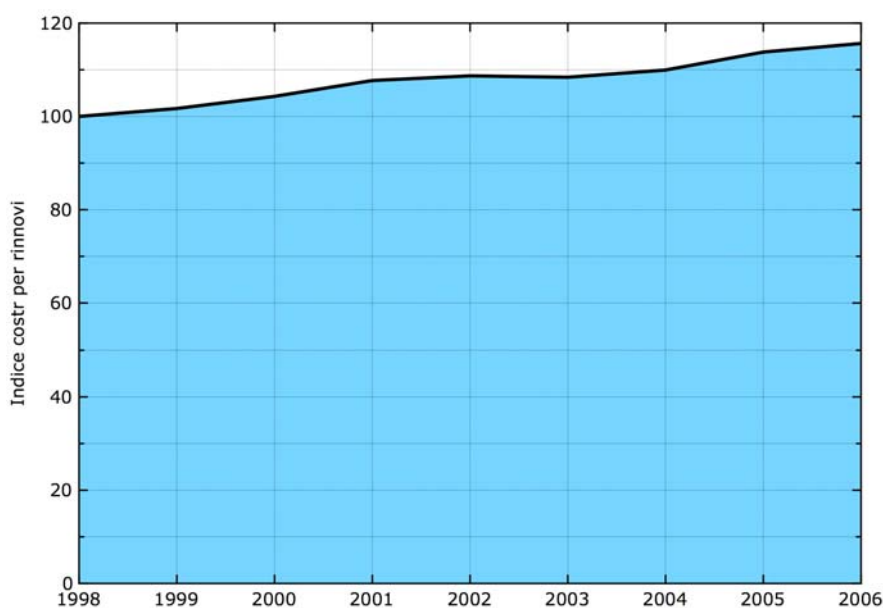


Figura 35: Evoluzione dell'indice dei costi di costruzione per i rinnovi in Ticino nel periodo 1998-2006 (Fonte: Ufficio cantonale di statistica).

6.2 Potenziale di produzione del calore con energie rinnovabili negli edifici abitativi

Nell'ambito degli edifici esiste un'ampia paletta di tecnologie che permettono di sfruttare le energie rinnovabili per produrre calore (o freddo). Si tratta più precisamente dello sfruttamento di:

- energia solare (captata attraverso collettori);
- calore presente nell'ambiente (estratto con pompe di calore);
- energia presente nel suolo (pompe di calore con sonde geotermiche);
- legna (con impianti di combustione);
- residui termici (derivanti da grandi impianti come l'inceneritore di rifiuti, le gallerie, gli impianti industriali, ...) distribuibili attraverso reti di teleriscaldamento.

La Figura 36 illustra una via possibile di sviluppo energetico del Cantone *per il settore del riscaldamento delle abitazioni*.

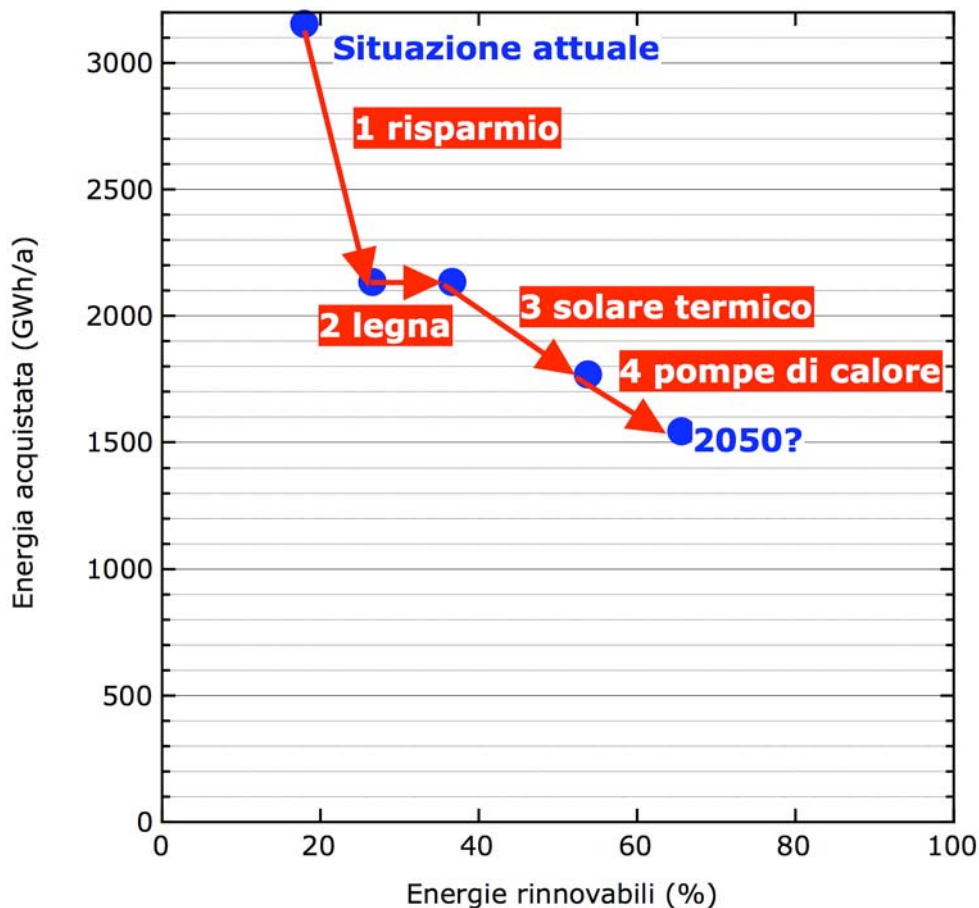


Figura 36: “Verso il 2050” è una possibile via di sviluppo energetico *nel settore del riscaldamento delle abitazioni* nel piano cartesiano dove ogni punto ha per coordinate l'energia totale consumata e la quota di energie rinnovabili. Le quattro tappe che dovrebbero portare al 2050 sono spiegate nel testo.

In un piano cartesiano nel quale in ascissa figura la percentuale di energia rinnovabile utilizzata per il riscaldamento e in ordinata è riportata l'energia acquistata annualmente per il riscaldamento è possibile visualizzare varie tappe che potrebbero portare entro il 2050 a

dimezzare l'energia acquistata per il riscaldamento e a triplicare la quota di energie rinnovabili utilizzata in questo settore. È importante rilevare che per il punto di partenza si è utilizzato, per l'energia elettrica, un mix svizzero con una quota di energia idroelettrica del 44% (ipotesi, alla luce di quanto esposto nel capitolo 4, poco probabile).

Le 4 tappe illustrate nel grafico – anche se numerate in ordine crescente – non sono da intendersi come sequenziali in senso stretto. Esse possono avvenire anche parzialmente in parallelo. È comunque importante rilevare come la **prima tappa** di ottimizzazione energetica, ottenibile con l'applicazione di standard di costruzione a basso consumo (Minergie) sia nelle nuove costruzioni che nei rinnovi, debba essere considerata prioritaria. Infatti, prima di investire in energia di qualità è più razionale evitare gli sprechi, inoltre alcune tecnologie diventano applicabili o economicamente interessanti solo in case a basso consumo. È questo il caso di quelle fonti che forniscono il calore per il riscaldamento a basse temperature. Con la prima tappa diminuisce il fabbisogno di energia e quindi il contributo delle energie rinnovabili – seppur rimanendo costante in termini assoluti – aumenta in termini percentuali. La **seconda tappa** è raggiungibile con l'ulteriore sviluppo dell'energia della legna valutata sulla base delle indicazioni fornite dalla Sezione forestale (v. 6.2.1). In questa tappa l'energia acquistata non diminuisce ma aumenta la quota di energia rinnovabile utilizzata per il riscaldamento che al termine raggiungerà il 37%. La **terza tappa**, che porterà sia a un abbassamento dell'energia acquistata sia ad un aumento della quota di energia rinnovabile (fino al 54%), ipotizza un utilizzo a tappeto dell'energia solare per la produzione di acqua calda sanitaria (950 kWh/a per persona). Infine, la **quarta tappa** prevede la sostituzione di tutti i riscaldamenti elettrici diretti con sistemi a pompa di calore (per le quali si è ipotizzato un coefficiente di prestazione di 3) . Con questa tappa – che in ragione delle modifiche da apportare ai sistemi di distribuzione dell'energia nei locali (passaggio da fili per la corrente elettrica a tubi) e all'esigenza di ridurre le perdite termiche sarà anche l'ultima a completarsi – diminuirebbe ulteriormente l'energia acquistata per il riscaldamento e l'apporto delle energie rinnovabili raggiungerebbe il 65%.

In sintesi con una serie di misure realistiche, per le quali esiste già la tecnologia necessaria, si può dimezzare l'energia acquistata per riscaldare le abitazioni e nel contempo incrementare l'apporto delle energie rinnovabili a più del 65%.

6.2.1. Impianti a legna

Il bosco ticinese da sempre ha una vocazione quale fonte d'energia rinnovabile. In epoche passate i boschi furono letteralmente depredati e il tasso di depauperamento raggiunse soglie allarmanti. Le nostre vallate, 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. A titolo d'esempio riportiamo alcune cifre per il confronto storico sull'utilizzo della legna d'energia: 246'551 m³ nel 1950, 4'507 m³ nel 1990 e 21'873 m³ nel 2005.

L'uso della legna quale combustibile è anche una premessa per poter gestire in modo adeguato il nostro patrimonio boschivo. Infatti, tramite i vettori energetici come legna a pezzi, cippato o pellets, è possibile dare uno sbocco ai grandi volumi di assortimenti di scarsa qualità, derivati dalla cura dei boschi ticinesi.

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. Più precisamente è interessante rilevare come la cenere risultante possa essere ulteriormente valorizzata come fertilizzante, mentre la problematica delle polveri fini possa essere gestita con appropriati accorgimenti tecnici, che in impianti di media-grande potenza sono economicamente sostenibili. Queste tendenze positive hanno trovato riscontro anche nelle aziende forestali specializzate, le quali hanno fatto importanti investimenti per dotarsi di macchinari in grado di approntare combustibile sempre di miglior qualità.

Particolarmente interessante è l'abbinamento di una centrale di cogenerazione con una rete di teleriscaldamento (v. anche 6.2.4), in maniera tale da poter sfruttare l'energia della legna sia per la produzione di energia elettrica sia di calore. La città di Basilea – ad esempio – ha in cantiere una centrale termica per la produzione di 4 MW di elettricità e 21 MW di calore a distanza. Molte sono le realtà innovative legate all'energia del legno, si cita ad esempio: Losanna, Sachseln e Tirano (Italia). Alle nostre latitudini un esempio significativo viene dal Comune di Faido che ha allacciato alla centrale termica del proprio istituto scolastico vari stabili amministrativi e privati. Oggigiorno possono essere realizzate soluzioni tecniche estremamente razionali, che permettono di mettere in rete il riscaldamento di interi quartieri residenziali.

In generale si valuta che con impianti a cogenerazione di media potenza – da pianificare in zone dove il calore residuo può essere distribuito attraverso reti di teleriscaldamento – nei prossimi 10 anni, con il legname dei boschi ticinesi, si potrebbero alimentare 3-4 centrali di cogenerazione di media potenza e produrre ca. 100 GWh/a di corrente elettrica, ossia il 3% dell'attuale fabbisogno cantonale di energia elettrica.

6.2.2. Solare termico

In diverse città europee è stato introdotto l'obbligo dell'utilizzo di kit solari per la produzione dell'acqua calda sanitaria nel caso di nuove costruzioni o di importanti ristrutturazioni. Le condizioni molto favorevoli del Cantone sono illustrate nella mappa della Figura 37. In diverse regioni poste anche sui fondovalle si raggiungono livelli d'insolazione (sul piano orizzontale) superiori ai 1'300 kWh/m²-a. Ipotizzando un utilizzo a tappeto del solare termico per la produzione dell'acqua calda sanitaria, realizzabile con una superficie pro capite di collettori di poco superiore a 1 m², sarebbe possibile ridurre l'energia acquistata – prodotta consumando essenzialmente exergìa (l'energia di alta qualità chimica contenuta nel gas o nell'olio combustibile o addirittura quella elettrica) – di ca. 366 GWh/a.

I costi addizionali per un kit solare sono di ca. 9'000 CHF per una casa monofamiliare. Oggigiorno si stima che in Ticino vengano installati ca. 1'000 impianti all'anno. Se si volesse metterne uno per ogni unità abitativa (ca. 90'000), ci vorrebbero – con l'attuale tendenza – quasi 90 anni! Si se desidera avvicinarsi in tempi brevi (entro il 2050) a un simile obiettivo occorre creare delle condizioni – anche di natura pianificatoria (come obblighi di utilizzo, sistemi di bonus, facilitazioni procedurali) – in grado di accelerare il processo in atto.

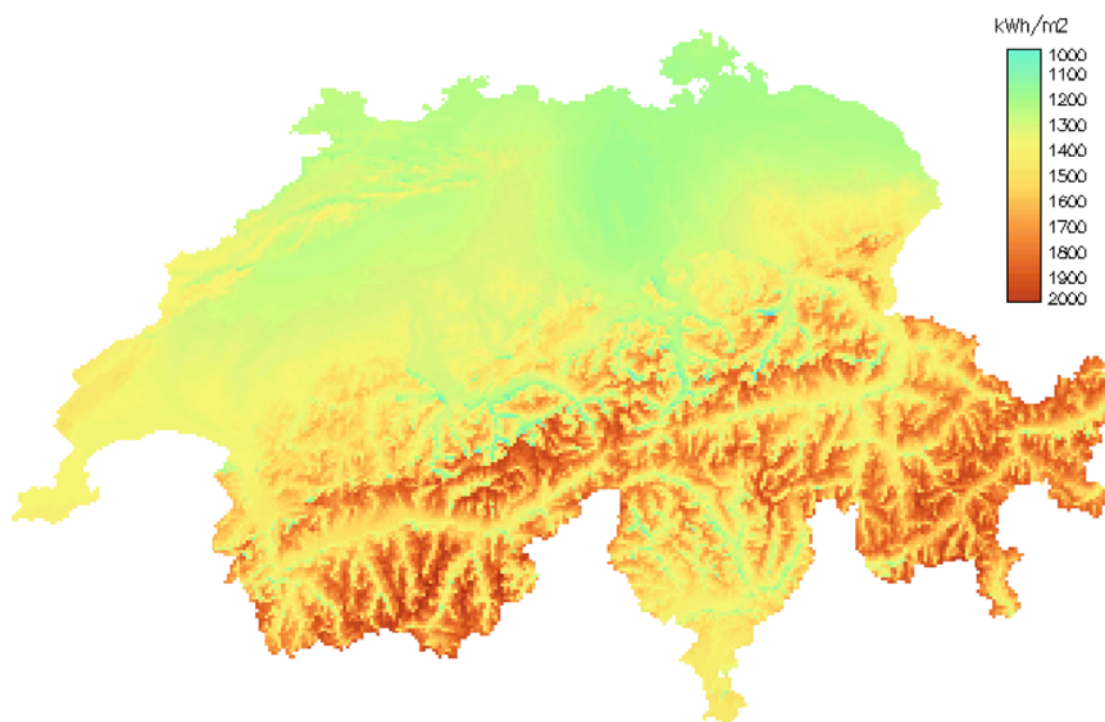


Figura 37: Mappa dell'insolazione della Svizzera: l'irraggiamento **annuo** sul piano orizzontale è illustrato con una scala colorimetrica che va da 1'000 kWh/m² (verde chiaro) a 2'000 kWh/m² (rosso scuro) sulle cime delle montagne.

6.2.3. Geotermia (a bassa temperatura) e calore ambiente

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. In alcuni luoghi la natura stessa fornisce i sistemi di circolazione necessari, per esempio le sorgenti termali. In altre zone si deve ricorrere a perforazioni con pompe di produzione o a sonde geotermiche e pompe di circolazione.

In assenza di forti anomalie di temperatura a basse profondità, sul territorio Svizzero sono le risorse a bassa temperatura (30-70°C) e bassissima temperatura (10-30°C) a essere utilizzate per la produzione di calore. In Svizzera sono numerosi i tipi di sfruttamento della geotermia. Essi 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 d'abitazioni familiari. Da più di 8 anni lo sviluppo di questa tecnologia è in fase di crescita importante. Nel 2005, la lunghezza totale di tutte le perforazioni per sonde geotermiche era di quasi 800 km, ripartiti per tre quarti in impianti d'edifici nuovi e un quarto per ristrutturazioni.

Campi di sonde geotermiche: per edifici più grandi, una serie di sonde verticali sono posate in modo abbastanza serrato, al fine di consentire uno stoccaggio stagionale di calore e di freddo. Esso è sfruttato durante il periodo invernale attraverso il riscaldamento a basse temperature con una pompa di calore, mentre nel periodo estivo quale raffreddamento,

senza macchina del freddo, e con la conseguente ricarica del terreno con gli scarti termici dell'edificio o di un impianto solare. I campi di sonde geotermiche si abbinano bene a edifici che necessitano di raffreddamento durante l'estate.

Collettori orizzontali: Sistema simile al precedente, dove i fasci di tubi (serpentine) sono disposti orizzontalmente nel terreno a una profondità di 1-3 m. Per diverse ragioni, questa tecnica è nettamente meno utilizzata delle sonde geotermiche verticali.

Falde freatiche: L'acqua di una falda sotterranea poco profonda (10-12°C a 5-20 m) è pompata tramite perforazione. Successivamente, una pompa di calore preleva l'energia termica dall'acqua e la cede a un circuito secondario per il riscaldamento di locali. Più di 900 installazioni funzionano con questa tecnica nel cantone Berna.

Pali energetici e geostrutture: sono strutture costruite nel terreno, o a contatto con esso (pali, pareti, solette), destinate a sostenere una costruzione. Sono equipaggiate da tubi per lo scambio di calore utilizzato sia per riscaldare (in inverno) che per raffreddare (in estate). 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 sfruttate con perforazioni da 400 a 2'000 m di profondità per riscaldamento di quartieri tramite una rete di distribuzione del calore. La più grande installazione in Svizzera è la centrale geotermica di Riehen (BS). Questa risorsa geotermica è sufficientemente consistente da permettere la vendita di calore al comune di Lörrach, in Germania, tramite un sistema di "pipeline" transfrontaliero.

Acqua di galleria: sfruttata per il riscaldamento per mezzo di condotte di drenaggio verso i portali esterni. Cinque installazioni sono in funzione nelle seguenti gallerie: San Gottardo (tunnel stradale, TI), Furka (VS), Hauenstein (SO), Mappo-Morettina (TI) e Ricken (SG). Di considerevole interesse è il potenziale sfruttamento, dal punto di vista geotermico, dei futuri tunnel di base dell'AlpTransit.

Il contributo dell'energia geotermica ricavata dalle diverse applicazioni in Svizzera supera i 800 GWh (dato del 2004), che corrisponde a quasi la metà dell'olio combustibile per il riscaldamento degli edifici in Ticino.

Il *potenziale* inesauribile della geotermia e del calore ambiente (quello ad esempio contenuto nell'aria) è enorme soprattutto in case ottimizzate energeticamente. Con l'attuale tecnologia delle pompe di calore è possibile valorizzare il calore del sottosuolo a prezzi interessanti.

I due fattori principali che *limitano* lo sfruttamento dell'energia geotermica sono legati alla esigenze di **protezione delle acque 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 è quindi necessario un permesso rilasciato dall'autorità competente e valutato in funzione della zona in cui si vuole realizzare il progetto. Per ogni tipo di applicazione della geotermia, il territorio del Ticino è suddiviso in 3 zone: una zona dove si può sfruttare l'energia geotermica senza limitazione, una zona dove non si può, e una zona dove si deve valutare la concessione caso per caso.
- Attualmente lo sfruttamento della geotermia passa attraverso la tecnologia delle pompe di calore. L'applicabilità richiede una progettazione e un dimensionamento dei diversi componenti. Il potenziale di applicazione è anche legato al miglioramento termico degli

edifici vecchi, che rende un riscaldamento con pompa di calore molto più interessante. La tecnologia si abbina molto bene allo standard Minergie e, più in generale, a tutti gli edifici a basso consumo. Con queste premesse, la geotermia offre una possibilità molto interessante per il raffrescamento degli edifici tramite geocooling, ovvero senza l'impiego di una macchina del freddo.

6.2.4. Residui termici e teleriscaldamento

Il teleriscaldamento consiste nella messa in rete di più stabili allacciandoli a una o più fonti di calore comuni. Esperienze positive fatte in altri Cantoni o nazioni limitrofe hanno dimostrato l'efficacia di tale sistema anche su grande scala, grazie in particolare alle ripercussioni positive sia in termini di funzionamento dell'impianto, che dai punti di vista ambientali ed economici.

Il calore può essere immesso nella rete da una centrale realizzata ad-hoc, come per es. una centrale di cogenerazione alimentate a legna, oppure sfruttando gli scarti termici presenti sul territorio cantonale. In riferimento a quest'ultima possibilità, interessanti sinergie si possono individuare in relazione allo smaltimento dei diversi tipi di rifiuti, da quelli solidi urbani agli scarti vegetali. L'impianto di termovalorizzazione di Giubiasco – che è predisposto per una produzione teorica di più di 100 GWh all'anno di energia *elettrica* (ca. il 3% del fabbisogno cantonale di energia elettrica) – produce anche un'importante quantità di calore per una potenza termica di ca. 40 MW (potenza corrispondente a quella necessaria per il riscaldamento di oltre 2'000 economie domestiche). Di questa produzione di calore una buona parte si trova a basse temperature (ca. 35-40 °C) e potrebbe essere utilizzata direttamente per il riscaldamento in rete di edifici realizzati secondo elevati standard energetici, o per applicazioni particolari come il riscaldamento di serre.

Anche gli impianti a biogas per la valorizzazione degli scarti vegetali presso le discariche, gli impianti di depurazione acque e i centri di compostaggio rappresentano una risorsa sfruttabile per la produzione di energia sia elettrica che termica.

Un'altra fonte di calore a bassa temperatura (30-35 °C), disponibile in futuro in grandi quantità, è l'acqua che uscirà in futuro dalla galleria di base dell'Alptransit e che dovrà essere adeguatamente raffreddata, prima di poter essere immessa nel Ticino.

Per l'utilizzo di questa importante risorsa energetica (sovente gratuita, trattandosi di scarti) le seguenti azioni appaiono prioritarie:

- eseguire uno studio pilota sulle possibilità di sfruttamento degli scarti termici a bassa temperatura in reti di teleriscaldamento;
- promuovere l'utilizzo del teleriscaldamento in nuovi quartieri da costruire secondo elevati standard energetici (v. ad es. Minergie), evitando di metterlo in concorrenza con altri vettori energetici.

7. Gli effetti dei cambiamenti climatici sul settore dell'energia

La trasformazione e i consumi di enormi quantità di energia hanno notevoli ripercussioni sull'ambiente. La più importante è certamente quella legata alle emissioni atmosferiche. Alcune sostanze (ossidi di azoto e di polveri fini) hanno effetti negativi sulla salute, mentre altre, in particolare il diossido di carbonio (CO₂), sono responsabili dei cambiamenti climatici. L'evoluzione delle emissioni di CO₂ sul territorio cantonale per il periodo dal 1950 al 2005 è illustrata nella Figura 38. Si osserva un rallentamento della crescita negli anni successivi alla crisi del petrolio, come pure una ripresa negli ultimi 20 anni dovuta in particolare ai carburanti e quindi alla crescita della mobilità. La fetta dei combustibili (gas e olio combustibile) appare stabile con una leggera tendenza alla crescita. È interessante rilevare che in Ticino – solo per le trasformazioni di energia che avvengono sul nostro territorio – le emissioni pro-capite di CO₂ sono di ca. 5 tonnellate all'anno. A tale quota si dovrebbe aggiungere quella dovuta ai rifiuti (discariche, impianti di depurazione acque) che ammonta a 0.4 tonnellate all'anno e le emissioni che avvengono fuori dai confini per la produzione di beni importati nel Cantone. A tal riguardo è importante rilevare la problematica dell'elevata quota di energia non omologata in relazione all'elevata percentuale del fossile nel mix energetico europeo.

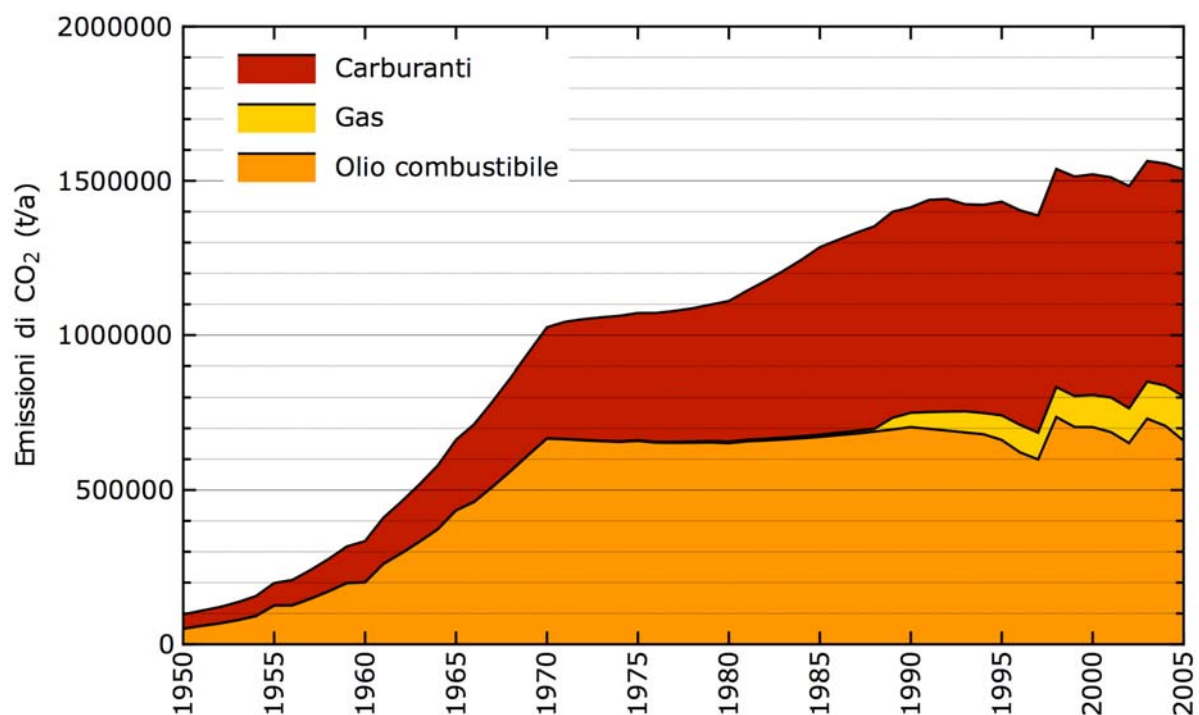


Figura 38: Emissioni di diossido di carbonio (CO₂) causate dai consumi di energia sul suolo cantonale.

Per far fronte a questa situazione – in linea con quanto illustrato al capitolo precedente – occorre agire a livello di utilizzo razionale dell'energia e nel contempo aumentare il contributo delle energie rinnovabili. La conversione del fossile in energia elettrica rappresenta anche una strategia da seguire per far fronte ai mutamenti climatici, premesso

tuttavia che l'elettricità dovrà essere prodotta da tecnologie a basse emissioni di CO₂ o in grado di catturare e stoccare il CO₂.

In relazione ai mutamenti climatici è importante rilevare come non siano solo una conseguenza delle politiche energetiche, ma che a loro volta possono modificare i fabbisogni di energia come pure la disponibilità di diverse forme energetiche.

Sul fronte della produttività si pensi ad esempio alle ripercussioni che possono avere dei cambiamenti a livello di precipitazioni, che potrebbero portare ad accrescere le tensioni tra gli interessi divergenti che ruotano attorno all'acqua. Una diminuzione delle precipitazioni avrebbe delle conseguenze dirette sulla forza idrica ma anche su tutte le centrali termoelettriche (compresi quelle nucleari) che necessitano enormi quantità d'acqua per il loro raffreddamento.

A livello di consumi energetici (cfr. Figura 38) si prevede che – con i mutamenti climatici in atto – nei prossimi anni diminuisca il fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria e per il riscaldamento degli spazi abitativi fino a quasi il 15% (nel 2035), mentre invece nei periodi estivi dovrebbe aumentare di quasi il 5% (nel 2035) il fabbisogno di energia elettrica per far fronte alle maggiori esigenze di climatizzazione.

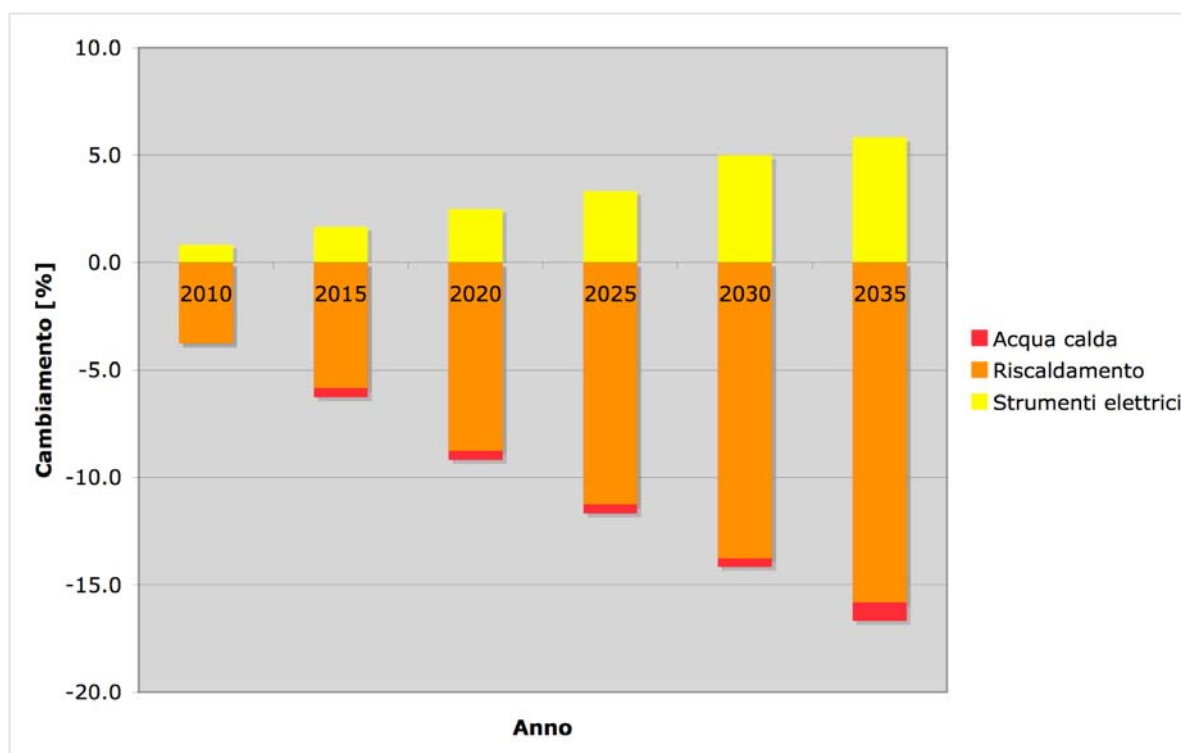


Figura 38: Cambiamenti a livello di consumi energetici a seguito dei mutamenti climatici (“Klimaänderung und die Schweiz 2050”, rapporto dal gruppo ProClim dell’Accademia svizzera delle scienze naturali). Le variazioni sono riferite a uno scenario di riferimento di continuazione della politica attuale.

8. Conclusioni

Con il presente studio è stato possibile fare un quadro dell'attuale struttura dei consumi energetici del Cantone e dei diversi vettori energetici utilizzati per la loro copertura. Lo studio – come da mandato – prevedeva di utilizzare i dati esistenti senza procedere a nuove indagini, come ad es. inchieste. Anche se i dati di base sui quali poggiano le analisi sono a volte strutturati in maniera poco adeguata, oppure parzialmente incompleti, è stato possibile fare una fotografia sufficientemente dettagliata della situazione con i seguenti risultati principali:

- Il consumo si distribuisce in 5 settori principali, come indicato nel diagramma della Figura C1, dove il riscaldamento delle abitazioni e i trasporti assorbono la quota principale di energia.

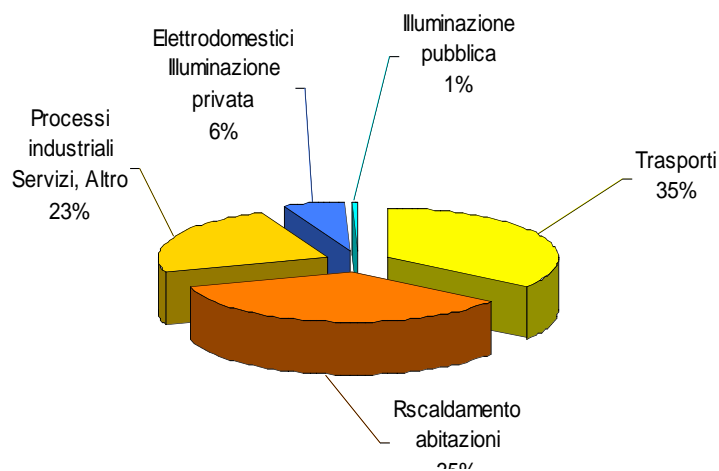


Figura C1: Consumi per settori

- Questi consumi vengono coperti dai vettori energetici mostrati nel diagramma della Figura C2.

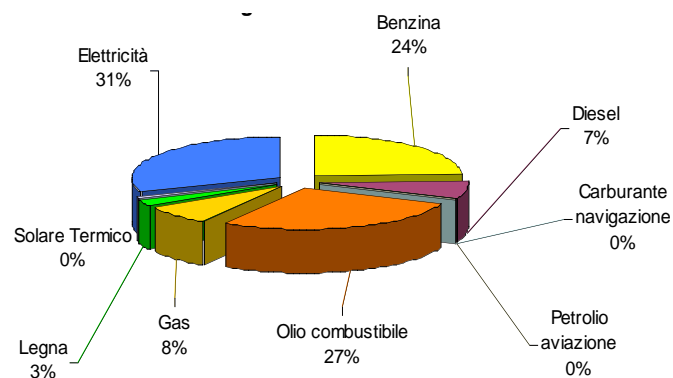


Figura C2: Vettori energetici

- A livello globale il fabbisogno viene coperto per il 66% (ca. 6'000 GWh/anno) da energia di origine fossile, per il 31% (ca. 2'700 GWh/anno) da energia elettrica e solo il 3% viene coperto con energia rinnovabile (v. Figura C3).

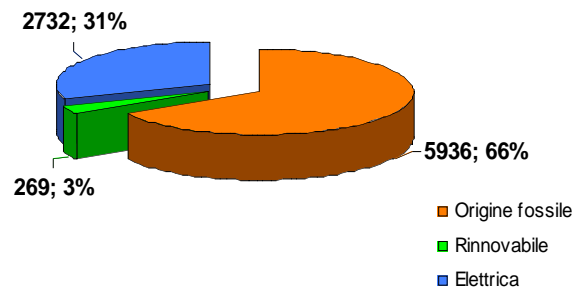


Figura C3: Vettori energetici (in GWh e in %). L'elettricità è rappresentata come categoria a sé stante, ritenuta la difficoltà a determinarne la provenienza.

- L'energia rinnovabile viene utilizzata unicamente nel settore del riscaldamento delle abitazioni (9% pari a 269 GWh/anno, v. Figura C4).

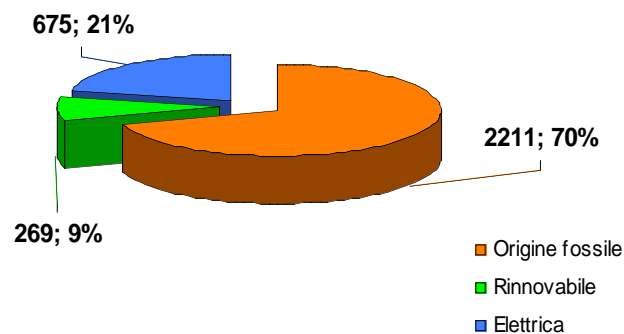


Figura C4: Vettori energetici impiegati per il riscaldamento delle abitazioni (in GWh e in %).

- L'energia elettrica viene utilizzata in tutti i settori, in particolare nel settore dei processi industriali a copertura del 56% dei consumi pari a ca. 1'200 GWh/anno (v. Figura C5) e pure nel riscaldamento delle abitazioni per il 21% pari ca. 600 GWh/anno (Figura C4).

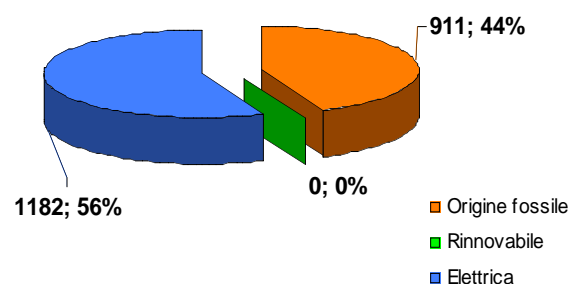


Figura C5: Vettori energetici impiegati per processi industriali, servizi e altro (in GWh e in %).

- L'energia fossile viene utilizzata maggiormente nel settore dei trasporti (ca. 2'800 GWh/anno), è comunque il maggior vettore energetico per il riscaldamento delle abitazioni (70% pari a ca. 2'200 GWh/anno, Figura C4) e copre il 44% dei consumi nel settore dei processi industriali pari a ca. 900 GWh/anno (Figura C5).
- Il settore dei trasporti utilizza per il 90% energia di origine fossile, il rimanente 10% è energia elettrica utilizzata dalle ferrovie (Figura C6).

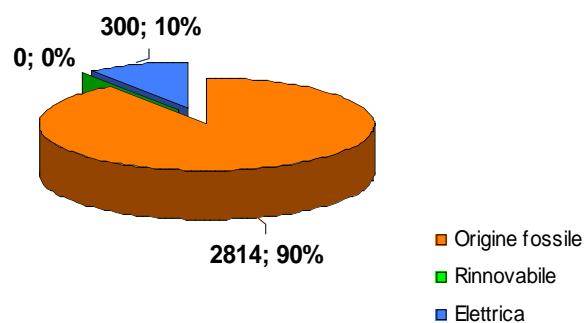


Figura C6: Vettori energetici impiegati per i trasporti (in GWh e in %).

Nonostante la possibilità di descrivere in maniera piuttosto dettagliata il quadro dei consumi, in futuro – anche in considerazione delle esigenze di “controlling” delle politiche adottate – si dovrà fare in modo di poter disporre di dati raccolti in maniera sistematica in funzione dei seguenti indicatori:

- fabbisogno di calore annuo per m² di abitazione (indice energetico medio);
- numero di stabili Minergie e relativa superficie;
- superficie di collettori solari pro capite (sulle abitazioni);
- numero e potenza installata di pompe di calore;
- numero di sonde geotermiche;
- lunghezza delle reti di teleriscaldamento;
- produzione annua di energia idroelettrica;
- produzione annua di energia fotovoltaica;
- consumo annuo di legna per la produzione di energia;
- consumo annuo di olio combustibile per il riscaldamento;
- consumo annuo di olio combustibile per processi industriali;
- consumo annuo di gas per il riscaldamento;
- consumo annuo di gas per processi industriali;
- consumo annuo di energia elettrica per il riscaldamento diretto delle abitazioni;
- consumo annuo di energia elettrica per l’illuminazione pubblica;
- consumo annuo di energia elettrica per i servizi;
- consumo annuo di energia elettrica per processi industriali;
- consumo annuo di energia elettrica per i trasporti (ferrovia, funivie, teleferiche, impianti di risalita);
- consumo annuo di carburanti (benzina, diesel, cherosene) per i trasporti.

La strada da seguire “v. verso il 2050” è quella dell’efficacia e dell’efficienza energetica che significa non consumare di più di quello che è strettamente necessario (parola chiave utilizzo razionale dell’energia) e rispettivamente utilizzare tecnologie efficienti basate sulle energie rinnovabili. Questo possibile sviluppo – che con la nuova scheda di Piano direttore si vuol favorire – è stata valutata per il settore del riscaldamento degli edifici dimostrando la possibilità di dimezzare i consumi e di aumentare la quota di energia rinnovabile utilizzata per il riscaldamento dei nostri edifici fino al 60%.

Chiaramente l’implementazione e l’attuazione delle misure necessarie per raggiungere questi obiettivi, che in questo lavoro – accompagnante l’elaborazione di una scheda di Piano direttore sul tema dell’energia – sono state individuate limitandosi a quelle con un impatto sul territorio e a quelle che necessitano di coordinamento con gli aspetti pianificatori, avrà dei

costi per la nostra società. A tal riguardo è interessante citare le analisi dell'evoluzione dei costi globali elaborata da un gruppo di esperti (Stern Report 2006, *The economics of climate change – The Stern Review*, Cambridge University Press). Esse mostrano (v. Figura C7) che stabilizzare la temperatura a un valore di 1.5°C al di sopra della temperatura dell'era preindustriale (che corrisponde alla situazione attuale) costa meno del 3% del prodotto interno lordo mondiale. A titolo di paragone l'intero sistema di approvvigionamento energetico di un paese industrializzato rappresenta mediamente l'8% del prodotto interno lordo. Le analisi mostrano pure come il non agire comporti costi anche maggiori. In particolare senza una riduzione delle emissioni di CO₂, la temperatura globale potrebbe aumentare di ca. 4.5°C e provocare dei danni con costi stimabili tra il 5 e il 10% del prodotto interno lordo mondiale.

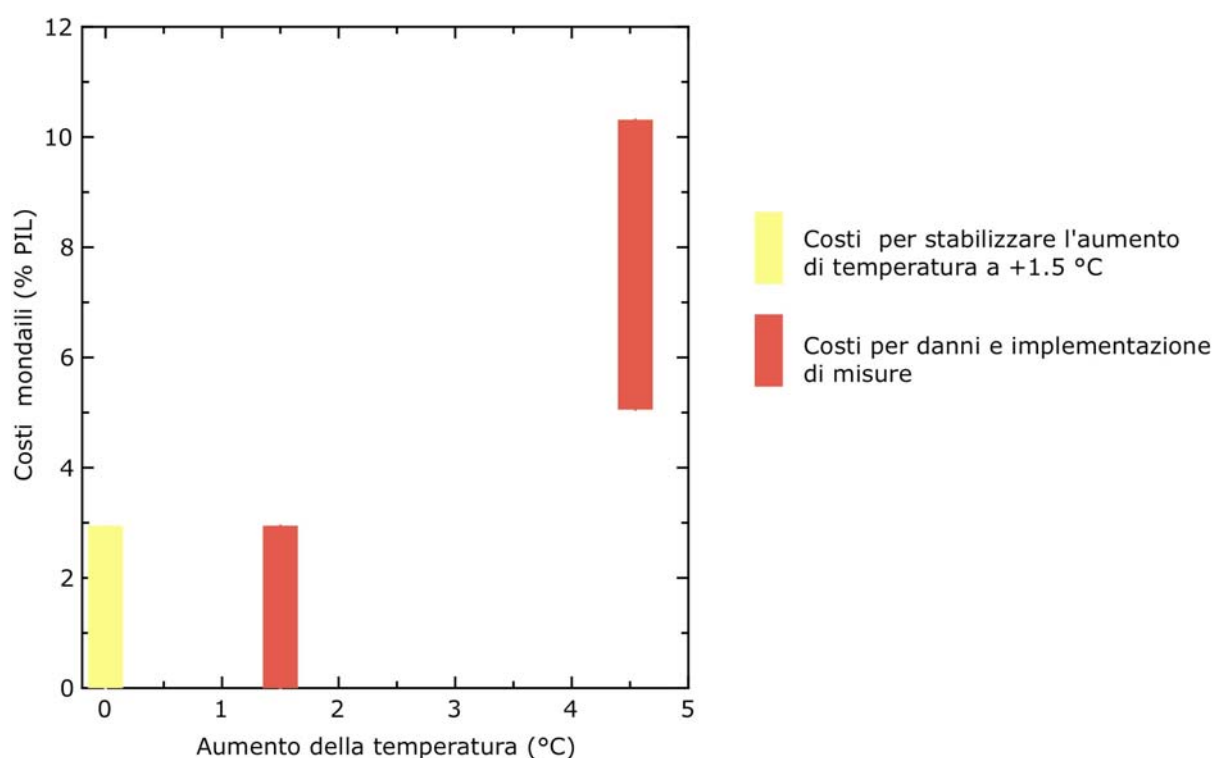


Figura C7: Costi stimati per danni dovuti ai cambiamenti climatici e per l'implementazione di misure (rosso) in funzione dell'aumento di temperatura. In giallo i costi per stabilizzare a un valore che si situa a +1.5 °C rispetto a quello dell'era preindustriale. (Stern Report 2006, *The economics of climate change – The Stern Review*, Cambridge University Press 2006).