

## Un approccio integrato per i Bilanci Energetico-Ambientali Regionali: il caso della Regione Lombardia

*Autori: Anna Boccardi<sup>(1)</sup>, Niccolò Perina<sup>(1)</sup>, Stefania Ghidorzi<sup>(1)</sup>, Dino De Simone<sup>(1)</sup>, Mauro Brolis<sup>(1)</sup>, Giuseppe Maffei<sup>(2)</sup>*

<sup>(1)</sup> Cestec Spa – B.U. Energia & Ambiente – Via Taramelli, 12 Milano

<sup>(2)</sup> TerrAria Srl – Via M. Gioia 132 Milano

### Abstract

Nel 2002, con l'approvazione in Consiglio regionale dell'Atto di Indirizzo per la Politica Energetica (DGR VII/0674 del 3 dicembre 2002), seguita poi dall'adozione del Programma Energetico Regionale (PER) da parte della Giunta (DGR VII/12467 del 21 marzo 2003), Regione Lombardia si è dotata degli strumenti atti a delineare le proprie scelte in campo energetico.

Nel corso del 2007, per rendere operativa la programmazione energetica, individuando specifiche linee di intervento e prevedendo uno specifico set di azioni e risorse, la Giunta di Regione Lombardia ha approvato, con DGR VIII/4916 del 15 giugno 2007, il Piano d'Azione per l'Energia (PAE). Successivamente sono stati emanati l'aggiornamento del Piano d'Azione (DGR VIII/8746 del 22 dicembre 2008) e il Piano per una Lombardia Sostenibile (DGR VIII/11420 del 10 febbraio 2010). Quest'ultimo propone un approccio trasversale al tema energia, che abbraccia tutti gli ambiti di governance regionali e che muove nella direzione di una svolta nelle modalità di vivere, muoversi, produrre, comunicare, abitare il territorio ed usufruire delle sue molteplici risorse e opportunità. Il Piano opera nel solco della "Azione Clima" promossa dall'Unione Europea per la lotta ai cambiamenti climatici, con attenzione peculiare alle azioni di mitigazione che possono essere attuate negli ambiti dell'efficienza energetica e dello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili.

L'elaborazione del PAE è basata su un quadro conoscitivo di dettaglio e, in particolare, un bilancio energetico-ambientale con proiezione quinquennale (BEAR 2000-2004, successivamente aggiornato al 2005 e al 2007), ma soprattutto è integrato da un sistema di monitoraggio, denominato SIRENA (Sistema Informativo Regionale ENergetico Ambientale), direttamente accessibile sul portale web della Direzione Generale Reti, Servizi di Pubblica Utilità e Sviluppo Sostenibile di Regione Lombardia ([www.ors.regione.lombardia.it/sirena](http://www.ors.regione.lombardia.it/sirena)).

In tale ambito sono state affinate e specificate, rispetto al livello regionale e a quello provinciale, le tecniche tradizionali di stesura del Bilancio Energetico. La metodologia elaborata rende anche disponibili, attraverso un processo "top-down" per i consumi cosiddetti "diffusi", i consumi energetici per vettore e per settore a livello comunale.

Questo documento è finalizzato ad evidenziare l'opportunità per le Regioni di dotarsi, da un lato, di metodi di elaborazione specifici per la scala regionale, capaci di arricchire il patrimonio conoscitivo locale, la pianificazione energetica nazionale e, dall'altro, di strumenti di pianificazione, monitoraggio e divulgazione verso il vasto pubblico di tecnici e non, soprattutto in vista del contributo locale al raggiungimento degli obiettivi nazionali (e regionali) della Azione Clima europea, meglio conosciuta come "politica 20-20-20".

### 1 Premessa

L'assegnazione della competenza dei Piani Energetici Regionali prevista dalla legge 10/91, nel frattempo ridisegnati come Piani Energetici Ambientali Regionali (PEAR), è un passo fondamentale del trasferimento di parte delle funzioni dello Stato alle Regioni. L'oggetto dei Piani Energetici Regionali si è infatti arricchito di tutte le competenze

trasferite alle Regioni in materia di energia dal D.lgs n.112/98 e dal nuovo assetto istituzionale previsto dalla modifica del Titolo V della Costituzione. Ad oggi la formulazione degli obiettivi della politica energetica regionale prevede:

- promozione del risparmio energetico e dell'uso razionale dell'energia, anche tramite contributi e incentivi a sostegno;
- localizzazione e realizzazione degli impianti di teleriscaldamento;
- sviluppo e valorizzazione delle risorse endogene e delle fonti rinnovabili, anche tramite contributi e incentivi a sostegno;
- certificazione energetica degli edifici;
- promozione dei fattori di competitività, sicurezza, affidabilità e continuità degli approvvigionamenti regionali;
- conseguimento degli obiettivi di limitazione delle emissioni di gas serra fissati dal Protocollo di Kyoto.

Accanto agli obiettivi di competitività, sicurezza, affidabilità e continuità degli approvvigionamenti energetici che un PEAR deve porsi, devono oggi necessariamente essere aggiunti gli obiettivi di "sostenibilità energetica" affermati dall'Unione Europea nella propria "Azione Clima". In vista della suddivisione a livello regionale dei nuovi obiettivi delineati a livello europeo per gli Stati Membri, è possibile monitorare il contributo delle singole Regioni rispetto agli obiettivi nazionali:

- al 2020 riduzione del 13% delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente rispetto al 2005;
- copertura del 17% del fabbisogno energetico attraverso produzione da fonti energetiche rinnovabili;
- riduzione del 20% dei consumi rispetto alla *base-line* definita dallo "scenario tendenziale" del PAE e dal suo aggiornamento proposto all'interno del Piano per una Lombardia Sostenibile.

Avendo come riferimento i target definiti a scala europea e nazionale, è fortemente auspicabile che le Regioni si dotino di uno strumento di monitoraggio aggiornato e pubblico, capace di verificare l'efficacia delle azioni (nel caso specifico lombardo) del PEAR rispetto al raggiungimento degli obiettivi quantitativi, mutuando la logica della VAS (che definisce l'obbligo della definizione del Sistema di Monitoraggio di un Piano) e nello specifico di Governo della politica energetica regionale (per la Lombardia il riferimento sono la L.R. 26/03 e la L.R. 24/06). Di fatto il Sistema di Monitoraggio del PEAR è già definito dal punto di vista metodologico ed è rappresentato dal BEAR (Bilancio Energetico Ambientale Regionale): in esso sono contenute tutte le informazioni da cui è possibile desumere gli indicatori di sintesi funzionali a restituire il grado di raggiungimento degli obiettivi. Caratteristica essenziale per un sistema di monitoraggio, quindi anche per un BEAR, è l'aggiornamento annuale, la ripetibilità e la trasparenza dei metodi di elaborazione e dei risultati.

Il presente documento presenta il metodo quantitativo di definizione e valutazione dei flussi energetici a scala regionale e provinciale, dando evidenza al valore aggiunto da esso rappresentato sia in termini di conoscenza del contesto locale e quindi di affinamenti metodologici, sia in termini di maggior governo delle leve determinanti domanda ed offerta energetica a scala regionale. Si discuteranno, quindi, nel dettaglio i metodi di costruzione del BEAR, lato domanda per i principali vettori e lato offerta (principalmente elettrica) e se ne valuteranno gli esiti.

## 2 Il bilancio energetico: metodi di stima della domanda

Nel seguito si illustra il metodo utilizzato nell'elaborazione dei dati lato domanda (consumi usi finali) nel Bilancio Energetico Ambientale Regionale, analizzando singolarmente i settori e i vettori considerati.

### 2.1 Settore civile

I consumi riconducibili al settore civile, inteso come somma dei contributi delle attività dei settori terziario e del residenziale, sono stati analizzati sulla base di dati disaggregati per singoli vettori energetici (gas naturale, gasolio, olio combustibile, gpl e biomasse).

Base di partenza per l'elaborazione dei dati di consumo annuo di **gas naturale** è il volume distribuito e registrato nei punti di riconsegna primari connessi alla rete di distribuzione di SNAM Rete Gas, suddiviso per reti cittadine e terziario, autotrazione, industria e termoelettrico.

Il dettaglio spaziale fornito da SNAM Rete Gas non è quindi riconducibile direttamente ad un consumo comunale, in quanto il volume di gas registrato in ciascun punto di riconsegna potrebbe essere finalizzato a soddisfare i fabbisogni solo di una parte della rete cittadina o viceversa a rifornire più Comuni limitrofi. In Lombardia i Comuni in cui è presente almeno un punto di riconsegna della rete Snam sono 722, mentre i Comuni metanizzati al 2005 ammontano a 1421 (*Elaborazione su dati tariffari Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas*).

Anche la ripartizione dei dati Snam Rete Gas per tipo di uso non corrisponde alla distinzione tra settori adottata nel bilancio energetico: nei volumi destinati a "riconsegna a reti cittadine e terziario" sono inclusi i consumi del settore civile e una parte dei consumi del settore produttivo (per semplicità definita industria "diffusa" o "piccola-media", con consumi di gas naturale contenuti, non servita direttamente dalla rete Snam).

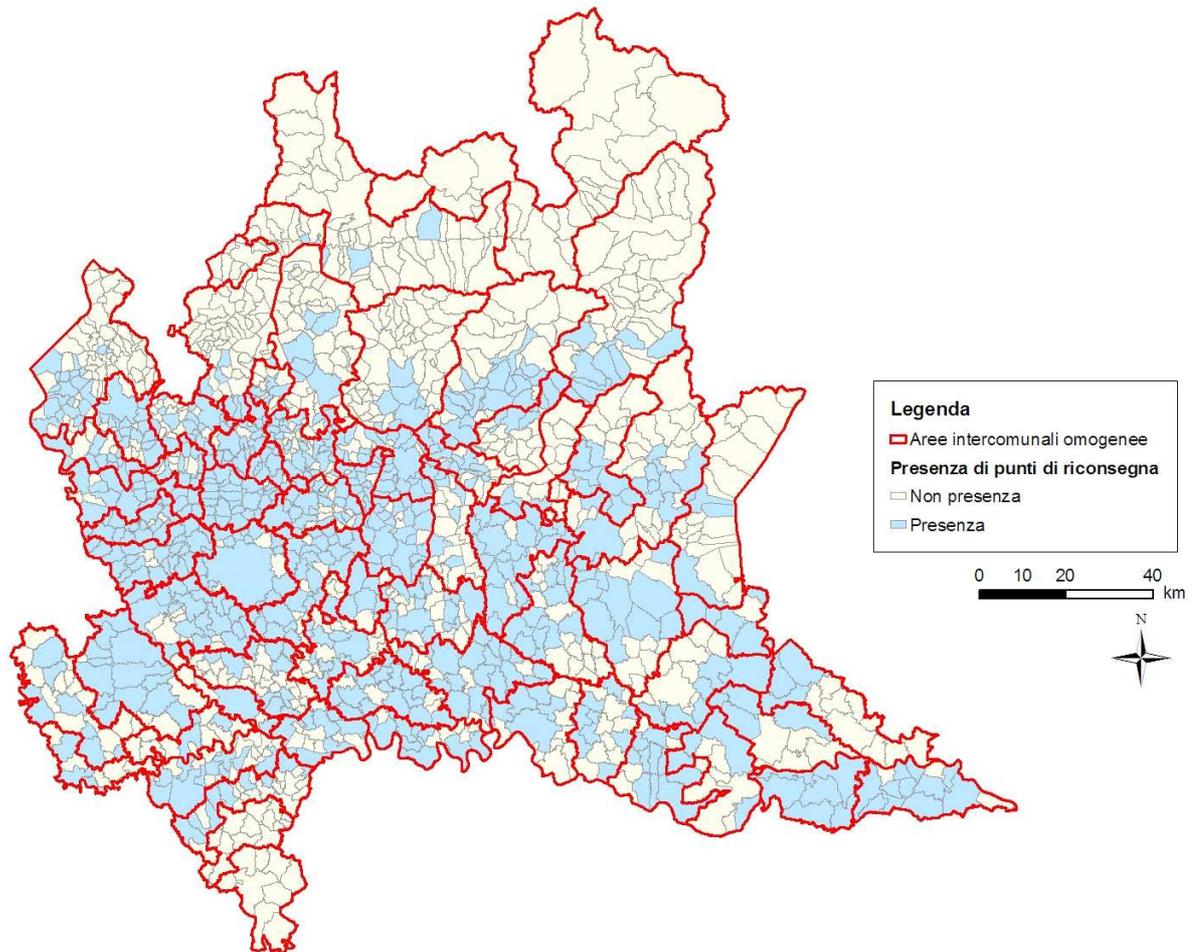
E' stata quindi elaborata una procedura finalizzata a determinare i consumi per settore con dettaglio spaziale comunale: il primo passaggio ha visto l'aggregazione dei Comuni per "regione agraria", con alcune correzioni determinate in base a fattori geomorfologici. Tali ambiti territoriali sono stati ritenuti sufficientemente omogenei da un punto di vista climatologico e sotto il profilo urbanistico ed edilizio, da considerare i consumi per unità di superficie simili nei Comuni inclusi nella medesima regione agraria (Figura 1).

Per ogni Comune e per ogni regione agraria è stata quindi ottenuta la superficie annuale riscaldata a gas naturale *equivalente*<sup>1</sup>. Il calcolo annuo di tale superficie è basato su un modello di evoluzione della superficie ISTAT, suddivisa in quattro tipologie di combustibile (gas metano, gpl, olio combustibile e gasolio, legna), che considera anche il grado di metanizzazione, la nuova volumetria costruita a livello provinciale e la volumetria riscaldata tramite teleriscaldamento. Sulla base di questo modello, sono stati definiti indicatori comunali annui rappresentativi dei consumi civili e di quelli che possono essere attribuiti all'industria diffusa e all'agricoltura. I consumi complessivi per regione agraria sono stati disaggregati a livello comunale, mediante l'indicatore annuo comunale "superficie equivalente".

Il successivo passaggio ha permesso di scorporare i consumi di gas naturale del settore civile-residenziale e civile-Pubblica Amministrazione, commercio e servizi (terziario) dai consumi propri dei settori industria diffusa e agricoltura.

---

<sup>1</sup> La definizione specifica che il dato comprende la superficie residenziale ISTAT incrementata di una quota percentuale legata al numero di addetti pesati per ciascun settore ATECO, a loro volta fatti evolvere sulla base del numero regionale annuo di imprese per comparto.



**Figura 1 – Distribuzione dei punti di riconsegna dalla rete Snam per reti cittadine e terziario e aree intercomunali omogenee in Lombardia.**

Il metodo è stato sviluppato in uno specifico codice Fortran denominato *FORMET* attraverso il quale, oltre a calcolare i consumi di gas metano legati ai settori civile, industria diffusa e agricoltura, come sopra indicato, si è proceduto ad elaborare un dato di consumo "equivalente" (ovvero suscettibile di essere modificato in funzione di eventuali scostamenti nei rendimenti) anche per gli altri vettori (**gasolio, gpl, olio combustibile e biomassa**). Ciò è stato possibile grazie alla stima dei consumi annuali comunali di gas naturale e della percentuale annuale di superficie riscaldata con uno specifico vettore.

Il sistema *FORMET* considera anche altri fattori: la differente percentuale di utilizzo dei combustibili per gli usi riscaldamento e acqua calda sanitaria e cottura, valutata sulla base dei valori nazionali indicati da Enea all'interno del Rapporto Energia e Ambiente, e l'andamento annuale dei consumi totali e per settore rispettivi di olio combustibile e gasolio (indicatori nazionali, regionali e derivanti dall'adeguamento alle normative).

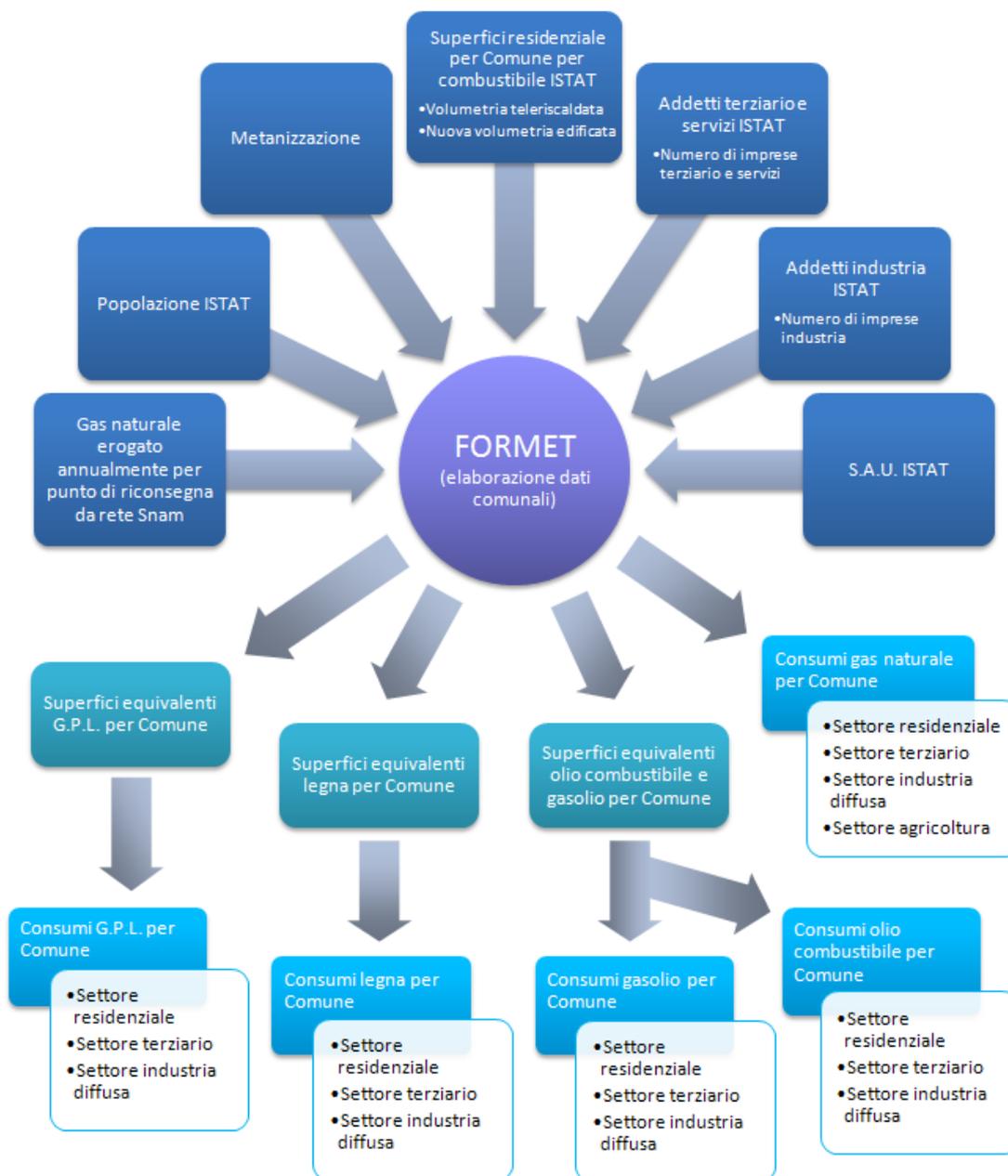
In sintesi, attraverso questo modello è stato possibile ottenere i consumi annuali dei settori civile (residenziale e terziario), agricolo (esclusi i consumi legati ai trasporti) e di una quota parte dell'industria (il cosiddetto "industriale diffuso", ossia i consumi propri delle piccole e medie imprese) per gas metano, gasolio, gpl, olio combustibile e legna.

I totali regionali annuali dei consumi di gpl e di gasolio nell'"industria diffusa" sono calcolati come differenza tra il dato rispettivamente "gpl altri usi" e "gasolio riscaldamento" (ovvero non per autotrazione) pubblicato dal *Ministero dello Sviluppo Economico - Dipartimento per l'Energia - Statistiche ed analisi energetiche e minerarie* e i dati del civile (calcolati come sopra indicato) e i dati di consumi in industrie IPCC (2000-2004) e

ETS (dal 2005); la ripartizione provinciale segue invece le elaborazioni sopra descritte, funzione del numero di addetti del settore industriale).

Il metodo adottato permette pertanto di ricavare sulla base di dati di gas naturale erogato e di indicatori sia la ripartizione per settori sia la disaggregazione per comune dei consumi.

Lo schema a blocchi riportato in Figura 2 ripercorre la metodologia utilizzata.

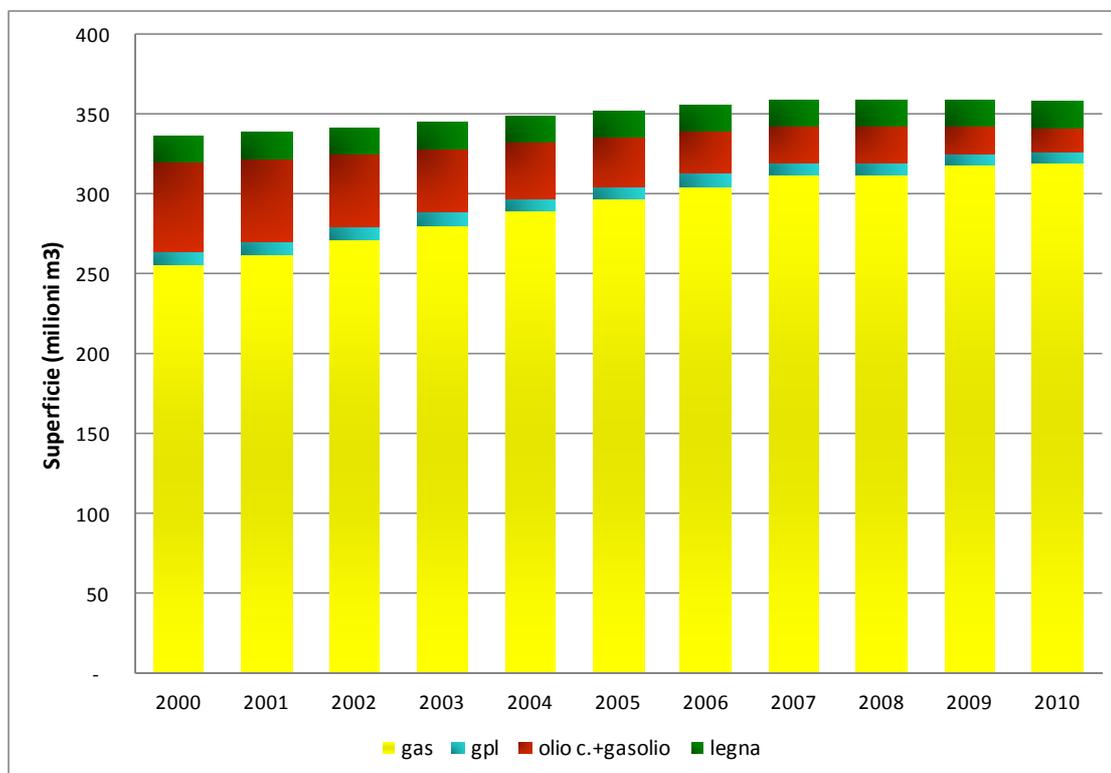


**Figura 2 - Schema a blocchi della metodologia di elaborazione dati settore civile.**

I dati di consumo annuo di **energia elettrica** sono invece resi disponibili direttamente dal gestore della rete di trasmissione elettrica nazionale, TERN, con dettaglio provinciale e disaggregati per categoria merceologica.

Il grado di dettaglio dei dati disponibili è molto elevato: all'interno del settore civile è possibile infatti discriminare il contributo del residenziale e del terziario e all'interno di quest'ultimo identificare una serie di macro-attività. Tuttavia l'articolazione dei consumi

per settore utilizzata da TERNA nei “bilanci regionali” non considera separatamente il comparto dei trasporti, il cui contributo è invece incluso all’interno del settore terziario sotto la voce “trasporti”. Nel caso della Lombardia, in coerenza con il metodo ENEA di elaborazione dei Piani Energetici, si è invece scelto di estrapolare tale voce di consumo e di considerarla separatamente.



**Figura 3 – Superfici residenziali suddivise per tipologia di combustibile utilizzato ad uso riscaldamento in Lombardia (Elaborazioni Cestec).**

L’esito delle elaborazioni per singoli vettori energetici evidenzia per la Lombardia una netta predominanza degli usi di metano nella ripartizione dei consumi del settore civile (Figura 4).

Anche i consumi di energia elettrica sono disaggregati a livello comunale sulla base di indicatori specifici (popolazione, addetti, ...) per i comparti residenziale, pubblica amministrazione e servizi.

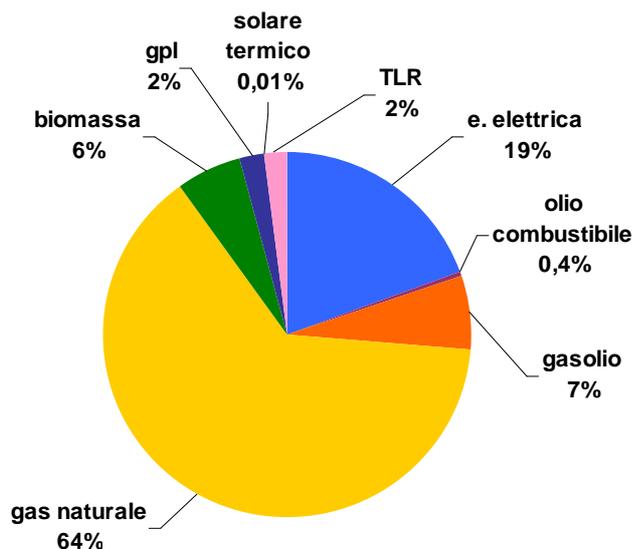


Figura 4 – I consumi del settore civile in Lombardia, disaggregati per singolo vettore energetico.

## 2.2 Settore industria

Per l'elaborazione dei consumi del settore industriale si è proceduto considerando separatamente il contributo delle grandi utenze produttive e della piccola e media industria (industriale diffuso), per tutti i vettori energetici esaminati.

I consumi dell'industriale "diffuso", ovvero riconducibili al settore delle piccole e medie imprese, relativi a gas metano, gasolio, olio combustibile, gpl e biomasse, sono stati calcolati attraverso il programma FORMET corretti sulla base delle quote relative dei combustibili, gasolio/olio e gpl rispetto al metano, così come illustrato in precedenza.

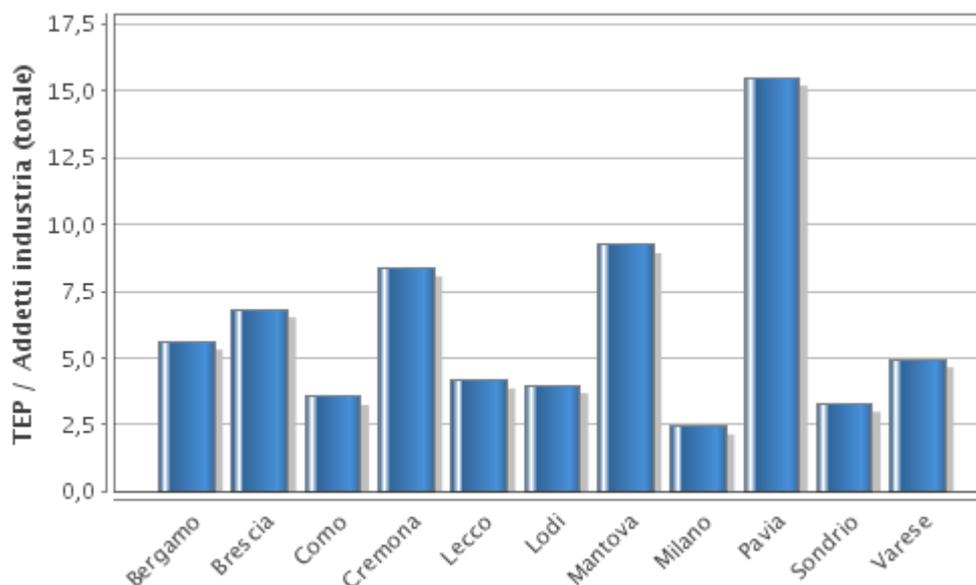
A questo dato di consumo sono stati successivamente aggiunti i contributi puntuali delle grandi utenze industriali. Con l'eccezione del gas naturale, i dati relativi ai consumi degli altri vettori (gasolio, olio combustibile, gpl; biomassa, carbone e altri combustibili fossili solidi, altri combustibili fossili (principalmente gas di raffineria) e rifiuti) delle grandi utenze derivano, per gli anni a partire dal 2005, dalle dichiarazioni degli impianti ETS (inclusi nel Piano Nazionale di Assegnazione delle quote di emissione di gas serra). Per gli anni 2000-2004, in assenza di questa fonte dati, i consumi sono stati elaborati a partire dalla banca dati INES (l'archivio nazionale/regionale relativo alle dichiarazioni IPPC), che però non ha finalità di raccolta sistematica dei consumi energetici degli impianti, integrando le informazioni con altre fonti dati puntuali, ove reperibili.

I consumi dei grandi impianti industriali, ove possibile, sono stati verificati ed integrati con gli esiti della raccolta dati sorgenti puntuali di INEMAR (l'INventario delle Emissioni in Aria Regionale), negli anni in cui era presente.

Nel caso dei consumi di gas naturale, invece, i dati per l'intera serie storica si riferiscono direttamente ai volumi registrati da SNAM RETE GAS ai punti di riconsegna per grandi utenze industriali.

Infine, per quanto riguarda l'energia elettrica i dati di consumo annuo per il settore industria si riferiscono ai bilanci TERNA, all'interno dei quali sono disponibili dati in forma molto disaggregata secondo una serie di attività produttive.

Il confronto tra i consumi provinciali del settore industria (come valori assoluti e come consumo pro addetto) palesa la differente vocazione produttiva delle province lombarde (Figura 5).



**Figura 5 – Consumi del settore industria per addetto in Lombardia nel 2007, disaggregati per provincia.**

### 2.3 Settore trasporti

L'analisi dei consumi dei diversi carburanti per autotrazione è stata condotta sulla base delle informazioni acquisite da banche dati di Regione Lombardia (Direzione Generale Commercio – Ufficio Carburanti<sup>2</sup>) rivelatesi più affidabili alla scala territoriale regionale e soprattutto provinciale (si rimanda per analisi comparative al paragrafo 4) e, solo in parte, da dati riportati nel Bollettino Petrolifero del Ministero per lo Sviluppo Economico.

In particolare, i consumi sono stati elaborati integrando i dati di vendita extra-rete (depositi ad uso privato) acquisiti dal MSE (Bollettino Petrolifero) con i dati di erogato effettivo relativi ai punti vendita della rete di distribuzione carburanti regionale (stradale e autostradale) per gasolio, benzina e gpl. In quest'ultimo caso si dispone di informazioni a livello di singolo comune.

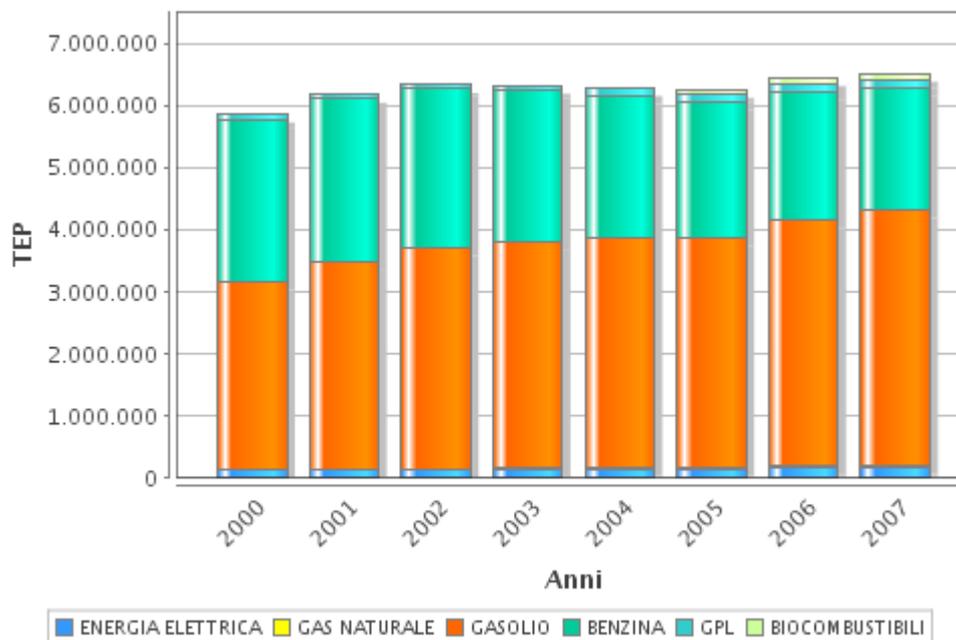
Per quanto riguarda il gas naturale per autotrazione le fonti dati disponibili sono Snam Rete Gas (consumi per punti di riconsegna, come già illustrato nel precedente paragrafo) e il database di Regione Lombardia – Ufficio Carburanti sulla base delle rilevazioni di Assogasmetano. Negli anni in cui sono disponibili entrambe le fonti dati, si rileva una generale sottostima della fonte Snam Rete Gas, probabilmente imputabile al fatto che vengono registrati come "autotrazione" i soli quantitativi erogati direttamente da punti di riconsegna dedicati della rete gas.

I dati di consumo di gas naturale per autotrazione assunti nel Bilancio corrispondono ai dati forniti da Assogasmetano per gli anni 2003-2008, ai dati registrati sotto la voce "Autotrazione" da SNAM Rete Gas e per gli anni 2009 e 2010, non disponendo della prima fonte dati, sulla base dei dati Snam Rete Gas, opportunamente corretti sulla base del discostamento medio delle due fonti dati negli anni precedenti (sottostima della fonte Snam pari all'11%).

L'evoluzione dei consumi dei diversi combustibili (Figura 6) mette in evidenza l'incremento significativo del gasolio a scapito degli usi di benzina, fenomeno da attribuirsi al processo di trasformazione del parco veicolare lombardo ed in generale nazionale. La disaggregazione comunale dei consumi è effettuata tenendo conto delle

<sup>2</sup> Le banche dati di Regione Lombardia relative ai carburanti comunicano con le relative banche dati dell'Agenzia delle Dogane.

infrastrutture viabilistiche che attraversano il comune (strade comunali, statali, autostrade e ferrovie).



**Figura 6 – Evoluzione dei consumi energetici regionali nel settore trasporti per singolo vettore, nel periodo 2000-2007.**

## 2.4 Settore agricoltura

I dati di consumo dei combustibili liquidi ad uso agricolo (gasolio e benzina) sono resi disponibili direttamente dalla Direzione Generale Agricoltura di Regione Lombardia che, annualmente, registra tali informazioni a livello puntuale di singola azienda (Sistema Informativo Agricolo Regionale). Per evitare problemi relativi alla localizzazione della sede legale delle aziende agricole i dati sono stati aggregati a livello provinciale e disaggregati successivamente a livello comunale sulla base del dato di Superficie Agricola Utilizzata (Istat – Censimento Agricoltura).

Per gli usi elettrici in agricoltura la fonte dati è TERNA che rende disponibili dati di consumo con dettaglio regionale e provinciale.

Per i consumi relativi al gas naturale si rimanda al paragrafo dedicato al settore civile.

## 2.5 I consumi del settore trasformazioni energia

I dati di consumo relativi agli impianti di produzione energia sono stati acquisiti direttamente presso le centrali termoelettriche in fase di predisposizione dell'Inventario delle Emissioni Regionali - INEMAR per gli anni 2001, 2003 e 2005.

A partire dal 2005, in concomitanza con l'avvio del sistema Emission Trading, i consumi dei vettori energetici, olio combustibile, gasolio, gpl, carbone, rifiuti e biomasse, destinati alla trasformazione energetica, sono stati invece tratti dal Data Base del Ministero dell'Ambiente riguardante l'elenco delle aziende soggette al Piano Nazionale di Assegnazione delle quote di emissione di CO<sub>2</sub>, con dettaglio puntuale per singolo sito produttivo. Per i consumi di gas metano per gli usi termoelettrici la fonte dati rimane invece, SNAM Rete Gas.

Disporre di fonti dati specifiche e attendibili assume un valore molto importante anche alla luce di alcune incongruenze riscontrate in fase di predisposizione del bilancio energetico. In proposito, per i dati di consumo di olio combustibile si segnala la scarsa corrispondenza riscontrata tra i dati ufficiali pubblicati dal Ministero dello Sviluppo

Economico relativi alle vendite (Bollettino Petrolifero) e i consumi elaborati a partire dai consumi registrati nel settore termoelettrico (riferiti ai singoli impianti di produzione), nel settore industriale e civile. In particolare, nel 2001 i consumi delle centrali termoelettriche sono risultati pari a quasi il doppio rispetto alle vendite (indicate come complessive per tutti gli usi di olio combustibile) registrate dal Bollettino Petrolifero del MSE.

### 3 Il bilancio ambientale: la stima delle emissioni connesse ai consumi energetici

Nel Bilancio Energetico Ambientale la valutazione delle emissioni non ha lo scopo di costruire un inventario delle emissioni, bensì di associare un'emissione di gas climalteranti al consumo energetico annuo di uno specifico "incrocio" vettore-settore.

Alla luce di questa finalità, il metodo utilizzato nei Bilanci Energetici risulta semplificato rispetto all'approccio seguito negli inventari delle emissioni. Nel caso specifico del BEAR di Regione Lombardia le emissioni sono calcolate a partire da fattori di emissione specifici per ciascun vettore, operando una semplice moltiplicazione per il relativo consumo energetico. L'inquinante-indicatore scelto per l'elaborazione del Bilancio Ambientale regionale è la CO<sub>2</sub> equivalente, sintomatica dell'impatto globale degli usi energetici e utilizzato come parametro chiave nella pianificazione europea e internazionale. Nella Tabella 1 sono riportati i fattori di emissione.

I fattori di emissione utilizzati sono coerenti con quelli utilizzati nell'INventario delle Emissioni Ambientali Regionali – INEMAR di ARPA Lombardia.

Le emissioni di gas serra calcolate a partire dai dati energetici differiscono però da quanto riportato nell'inventario INEMAR perché in quest'ultimo sono considerate anche le emissioni non legate a fenomeni di combustione, ad esempio le emissioni evaporative o emissioni da fenomeni di abrasione, processi chimici, processi di fermentazione quali quelli delle discariche di rifiuti.

fe CO2 (Kg/Gj)	GAS NAT.	GASOLIO	BENZINA	GPL	OLIO COMB.	CARBONE	RIFIUTI	BIOMASSE	BIOGAS
<b>Tutti i settori</b>	55.5	73.4	72.4	62.6	75.10381	96.475	47.3	0	0

**Tabella 1 – Fattori di emissione utilizzati nel BEAR di Regione Lombardia**

Un'ulteriore differenza è rappresentata dalle emissioni connesse ai consumi di energia elettrica: nel Bilancio Energetico Ambientale lombardo, infatti, si è scelto di valorizzare le emissioni del vettore energia elettrica (inteso come consumi finali di energia elettrica), utilizzando il fattore di emissione "medio" annuo degli impianti lombardi di produzione di energia elettrica. Le emissioni stimate in questo modo sono denominate "*emissioni ombra*", in quanto non c'è corrispondenza tra luogo del consumo e luogo dell'emissione, ovvero dove sono dislocati gli impianti di produzione dell'energia elettrica. Tale approccio consente di valutare, da un punto di vista emissivo equilibrato, le politiche energetiche rispetto ad un vettore importante e strategico come quello elettrico (che altrimenti favorirebbe una condizione di deficit ovvero di importazione di energia elettrica prodotta al di fuori del territorio in esame). In coerenza con il Protocollo di Kyoto e gli schemi internazionali, fondati sul criterio delle emissioni effettive, si è proceduto anche a stimare le emissioni "locali", ossia le emissioni che possono essere attribuite in via esclusiva ai soli impianti di produzione elettrica presenti sul territorio sulla base dei consumi di energia primaria.

Nel periodo 2000-2007 le emissioni complessive di CO<sub>2</sub> in Lombardia si sono mantenute su valori praticamente costanti, registrando una lieve flessione (Figura 7).

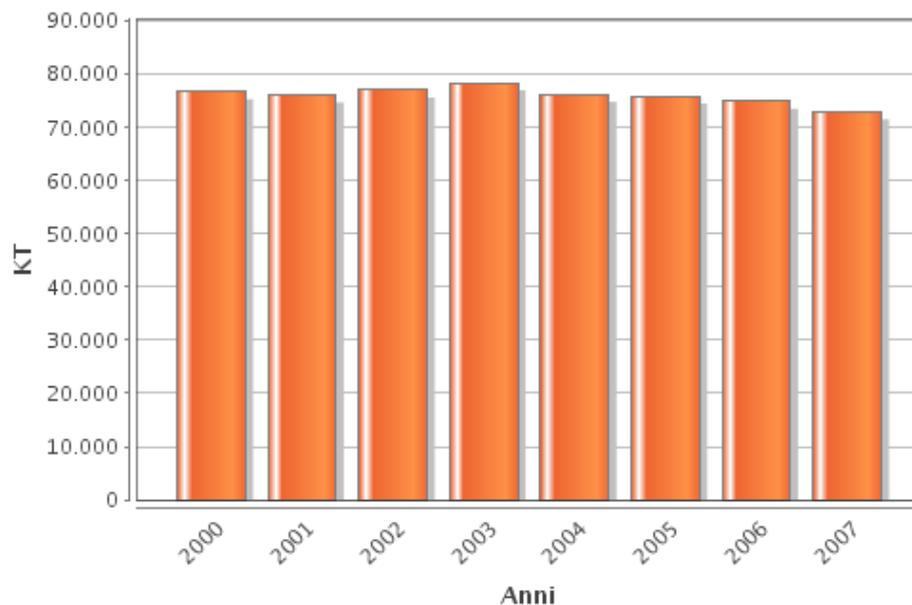


Figura 7 – Andamento delle emissioni “ombra” di CO<sub>2</sub> in Lombardia, 2000-2007

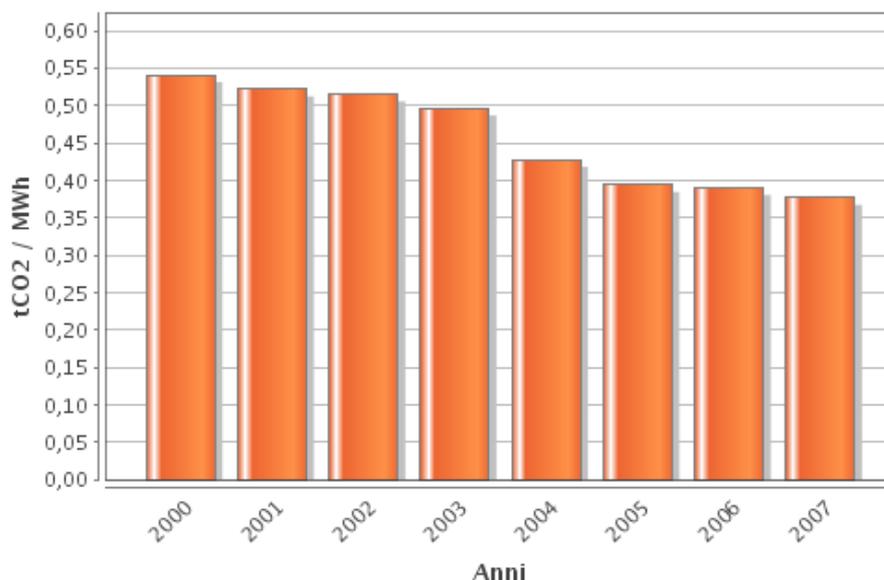


Figura 8 – Efficienza ambientale (fattore di emissione espresso in tonnellate di CO<sub>2</sub> emessa per ogni MWh di energia elettrica prodotta) del parco impianti di produzione di energia elettrica in Lombardia.

Tale risultato trova ragione nell'esito di alcune modifiche del parco impianti che hanno interessato il territorio lombardo in questi ultimi anni:

- da una parte, ha contribuito il processo di ammodernamento e di revamping del parco di produzione termoelettrica, che ha rispettivamente determinato un miglioramento del rendimento elettrico (passato dal 41% del 2000 al 52% nel 2007) e una progressiva sostituzione nel mix di combustibili utilizzati nella produzione elettrica (da olio combustibile a gas metano), portando complessivamente ad una sensibile riduzione delle emissioni legate alla produzione di energia elettrica (Figura 8), nonostante l'incremento verificatosi nello stesso periodo di tempo del fabbisogno elettrico regionale (+8%);

- d'altra parte, si è assistito all'aumento dei consumi energetici nel settore trasporti che ha avuto come conseguenza un incremento delle emissioni relative rispettivamente di oltre il 10%;
- il settore civile (residenziale + terziario) nel 2007 è tornato a valori simili al 2000;
- infine, si è verificata una riduzione dei consumi nel settore industriale che ha portato ad una diminuzione delle emissioni che sfiora il 15%.

## 4 Il bilancio energetico: metodi di stima dell'offerta

### 4.1 Produzione di energia elettrica

La stima della produzione di energia elettrica si è basata sui dati TERNA che annualmente fornisce, attraverso i Bilanci regionali dell'energia elettrica, il quadro completo della consistenza degli impianti, della loro produzione e degli autoconsumi, delle perdite di rete e dei consumi di energia elettrica a livello regionale. Per i dati di produzione di energia elettrica le informazioni sono rese disponibili a livello regionale disaggregate per tipologia di impianto (idroelettrico, solare fotovoltaico, eolico, termoelettrico).

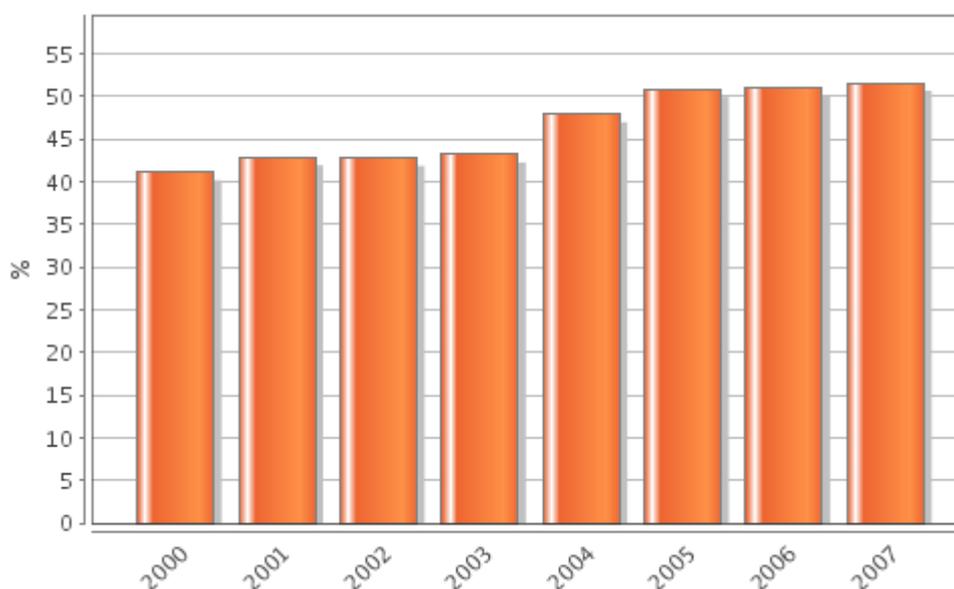


Figura 9 – Rendimento medio annuale del parco impiantistico regionale.

Sulla base di informazioni puntuali relative ai singoli impianti – desunte dall'incrocio di diverse banche dati (elenco impianti IAFR/GSE, siti web società proprietarie, rapporti EMAS, rapporti ambientali, Agenzia delle Dogane/UTF, archivi provinciali di autorizzazione) – si è ricostruito il quadro completo degli impianti alimentati a biomassa, biogas ed i termovalorizzatori, consentendo quindi di individuare la quota parte, all'interno della produzione termoelettrica regionale, della produzione rinnovabile annuale (2000-2007).

Inoltre, sulla base dei dati di consumo annuo di energia primaria degli impianti principali (banche dati PNA, INES, INEMAR...), è stato possibile ricostruire un dato medio di rendimento annuo relativo al parco centrali lombardo (Figura 9).

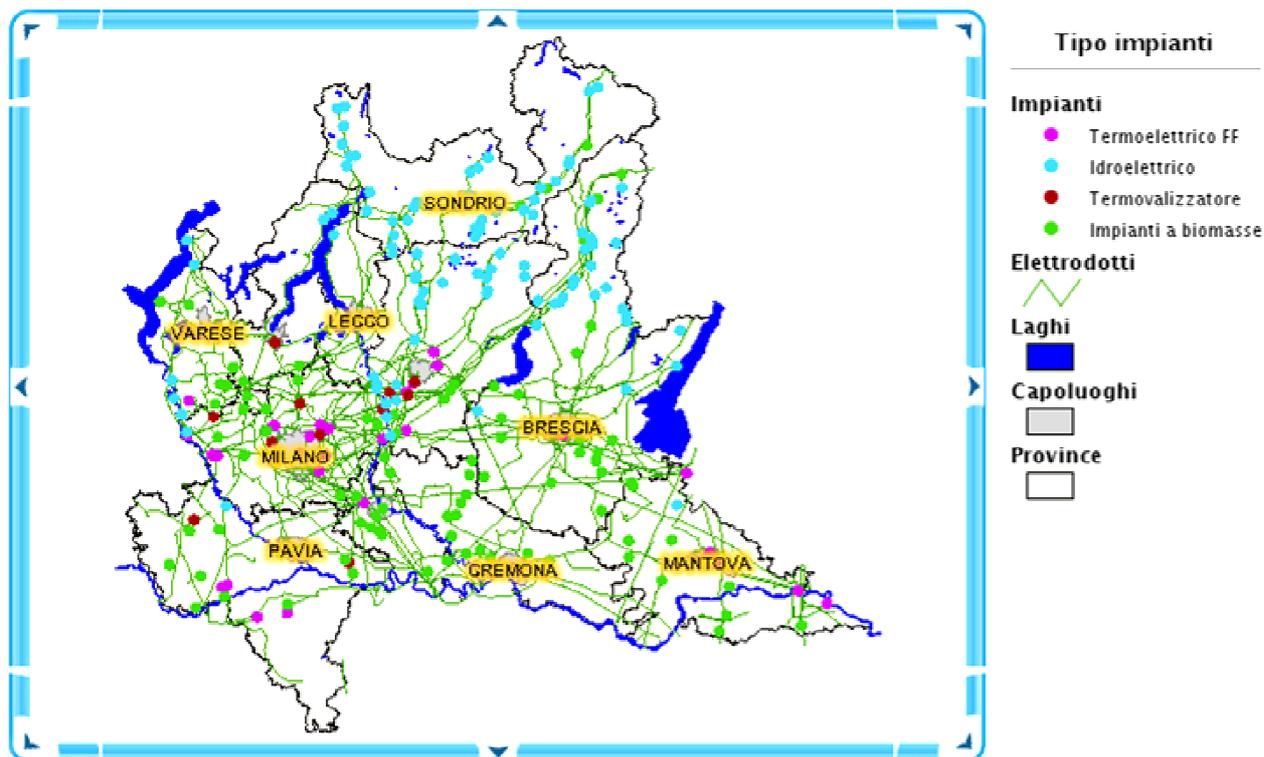


Figura 10 – Consistenza e distribuzione del parco impiantistico lombardo ed elettrodotti.

#### 4.2 Disponibilità di risorse energetiche interne

La produzione di combustibili fossili in Lombardia risulta marginale e limitata al gas naturale (circa 25 ktep pari a circa l'1‰ del Bilancio Energetico Regionale). La fonte dati in questo caso è Enea che attraverso il proprio "Rapporto Energia Ambiente" pubblicato annualmente, fornisce una serie di informazioni sulle produzioni energetiche nazionali e regionali.

Sono da considerarsi, inoltre, risorse energetiche disponibili internamente anche le fonti rinnovabili: principalmente idroelettrico, rifiuti (per la quota parte organica, per convenzione pari al 50%), biomasse, biogas, geotermia, solare termico e fotovoltaico.

Tra le fonti rinnovabili un ruolo non trascurabile è certamente svolto dalle biomasse legnose e gassose. Per le prime si è ipotizzato, in mancanza di informazioni di dettaglio in merito, che 2/3 della domanda venga soddisfatta da fonti disponibili localmente, mentre il resto derivi da importazioni extra regione; per il biogas, invece, si è considerata una produzione solo da matrici di derivazione regionale, così come per i rifiuti.

Complessivamente tali fonti garantiscono la copertura di circa il 7% dell'energia primaria necessaria a soddisfare il fabbisogno energetico lombardo.

### 5 Il bilancio energetico della regione Lombardia

Il Bilancio Energetico costituisce una fotografia del sistema energetico di un determinato territorio, in questo caso la regione Lombardia, e rappresenta uno strumento conoscitivo attraverso il quale vengono descritti i flussi energetici dei diversi vettori, relativamente alle attività di importazione, esportazione, trasformazione e utilizzo finale.

In fase di predisposizione del Bilancio Regionale si sono operate alcune scelte metodologiche:

- i consumi di legna non sono stati considerati tra i combustibili solidi, ma come usi di biomassa tra le fonti rinnovabili
- non sono stati considerati i consumi di carboturbo (in coerenza con quanto previsto dal Protocollo di Kyoto)
- le fonti rinnovabili considerate sono: biomasse solide, biogas, solare termico. Per i rifiuti, nel calcolo della percentuale di copertura del fabbisogno energetico da fonti rinnovabili è stato considerato il 50% del contributo. L'energia idroelettrica viene conteggiata separatamente come produzione di energia elettrica.
- l'energia elettrica è stata valutata per tutte le voci come per i consumi finali: 860 kcal/kWh. Per "Produzione" si intende produzione elettrica da idroelettrico (compreso gli apporti da pompaggio), eolico, fotovoltaico. L'energia elettrica prodotta per trasformazione termoelettrica è conteggiata nella riga "Produzione di energia elettrica".

Il bilancio energetico lombardo (figura 2) rileva un consumo finale nel 2007 di poco meno di 25.000 ktep; il consumo interno di energia (al lordo delle trasformazioni e delle perdite) è di ca. 29.000, a fronte di una disponibilità locale di risorse energetiche di poco superiore a 2.000 ktep. Oltre il 90% del fabbisogno primario di energia viene quindi garantito da importazioni, in modo particolare di fonti fossili (gas metano, prodotti petroliferi e carbone). La ripartizione degli usi finali per settore evidenzia la prevalenza dei consumi attribuibili al settore civile (ca. 40%) e al settore industriale (ca. 30%).

	Comb. solidi (a)	Prodotti Petroliferi (b)	Comb. gassosi	FER (c)	En. El.(d)	TLR	Totale
PRODUZIONE	-	-	25	1.296	784	-	<b>2.104</b>
IMPORTAZIONI	1.316	7.817	15.930	332	1.594	-	<b>26.990</b>
<b>CONSUMO INTERNO LORDO</b>	<b>1.316</b>	<b>7.817</b>	<b>15.955</b>	<b>1.628</b>	<b>2.368</b>	-	<b>29.094</b>
<i>Trasformazioni in en. elettrica e calore rete</i>					-	-	- 7.932
<i>Produzione en. elettrica</i>	-	-	-	-	+ 4.002	-	+ 4.002
<i>Calore reti TLR</i>	-	-	-	-	-	+ 229	+ 229
<i>Consumi/perdite settore energia</i>	-	-	-	-	- 583	-	- <b>583</b>
<b>CONSUMI FINALI</b>	<b>1.228</b>	<b>7.546</b>	<b>9.282</b>	<b>729</b>	<b>5.796</b>	<b>229</b>	<b>24.811</b>
AGRICOLTURA	-	310	14	2	71	-	397
INDUSTRIA	1.228	274	2.760	80	3.243	9	7.594
CIVILE	-	745	6485	548	2.309	220	10.308
TRASPORTI	-	6.216	22	99	173	-	6.510

**Tabella 2 – Bilancio energetico regionale 2007 (ktep).**