

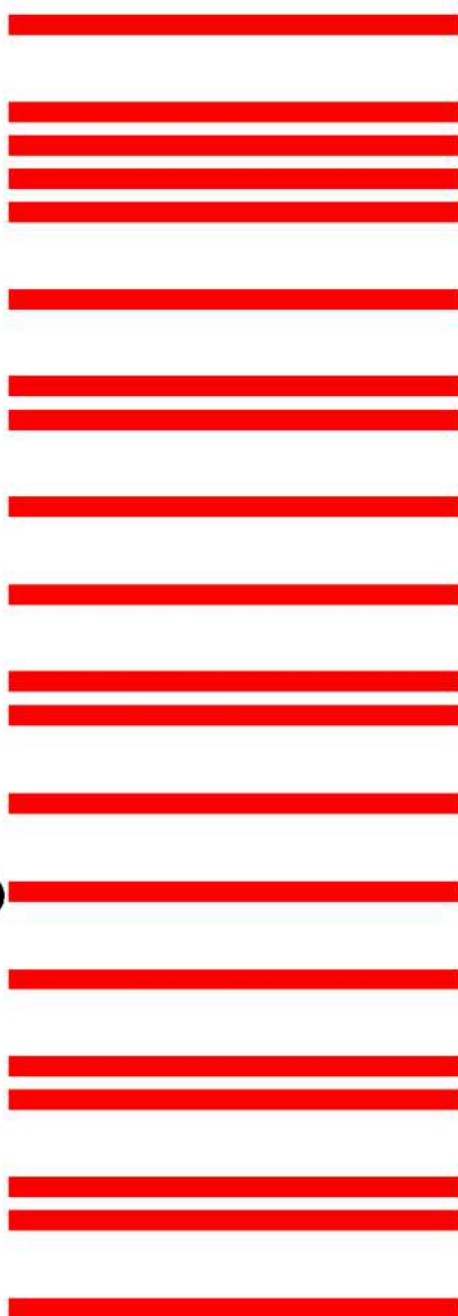
COMUNE DI BRESCIA
SETTORE URBANISTICA

2002



piano energetico comunale

Piano Regolatore Generale



ASM Spa
Brescia

PIANO ENERGETICO COMUNALE

BILANCIO ENERGETICO DELLA CITTÀ DI BRESCIA

Brescia, 26 agosto 2002

INDICE

| | |
|---|-----|
| CONCLUSIONI | iii |
| RACCOMANDAZIONI | vi |
| 1. PREMESSA | 1 |
| 2. ASPETTI GENERALI | |
| 2.1 PIANI ENERGETICI | 3 |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 6 |
| 2.3 PECULIARITÀ DELL'APPROVVIGIONAMENTO ENERGETICO A BRESCIA | 7 |
| 2.3.1 Rete di teleriscaldamento | 7 |
| 2.3.2 Centrali di cogenerazione | 8 |
| 2.3.3 Logica ASM di risposta alla domanda di energia | 10 |
| 2.3.4 Fonti energetiche fossili | 12 |
| 2.3.5 Fonti energetiche rinnovabili | 12 |
| 3. BILANCIO ENERGETICO | |
| 3.1 PREMESSE | 14 |
| 3.2 ENERGIA ELETTRICA | 14 |
| 3.3 ENERGIA TERMICA | 18 |
| 3.3.1 Premesse | 18 |
| 3.3.2 Rete di teleriscaldamento | 18 |
| 3.3.3 Gas naturale e gasolio | 21 |
| 3.4 TRASPORTI | 22 |
| 3.5 OSSERVAZIONI | 24 |
| 4. BILANCIO AMBIENTALE | |
| 4.1 PREMESSE | 26 |
| 4.2 CENTRALI DI TIPO COGENERATIVO | 26 |
| 4.3 ENERGIA ELETTRICA | 27 |
| 4.4 ENERGIA TERMICA | 27 |
| 4.4.1 Teleriscaldamento | 27 |
| 4.4.2 Gas naturale e gasolio | 27 |
| 4.5 TRASPORTI | 28 |
| 4.6 OSSERVAZIONI | 29 |
| 5. SCENARI AL 2006 | |
| 5.1 – BILANCIO ENERGETICO | |
| 5.1.1 Considerazioni di base | 30 |
| 5.1.2 Energia elettrica e termica | 32 |
| 5.1.3 Copertura del fabbisogno energetico | 33 |
| 5.1.4 Trasporti | 33 |
| 5.1.5 Osservazioni | 35 |
| 5.2. BILANCIO AMBIENTALE | |
| 5.2.1 Aspetti generali | 36 |
| 5.2.2 Energia elettrica e termica | 36 |
| 5.2.3 Trasporti | 37 |
| 5.2.4 Osservazioni | 37 |
| 6. POSSIBILITÀ DI INTERVENTO | |
| 6.1 PREMESSE | 38 |
| 6.2 CONSEGUIMENTO DI UNA MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA | 39 |
| 6.2 RIDUZIONE DEI CARICHI ELETTRICI | 41 |
| 6.3 RIDUZIONE DEL CONSUMO DI GAS NATURALE | 42 |
| 6.4 RIDUZIONE DELL'IMPATTO DEI TRASPORTI | 42 |
| 6.5 DIFFUSIONE DELLE FONTI RINNOVABILI E DI TECNOLOGIE EFFICIENTI | 43 |

CONCLUSIONI

Il Rapporto prende in considerazione i seguenti aspetti fondamentali:

- analisi dell'attuale bilancio energetico e ambientale della città di Brescia (anno di riferimento: 2001);
- bilancio energetico e ambientale per l'anno 2006 (scenari ipotetici);
- proposte operative per una più completa e organica programmazione delle attività centrate sul binomio *energia – ambiente* (raccomandazioni).

Situazione attuale

A livello qualitativo, considerando i flussi di elettricità e calore (trasporti esclusi), si nota che il bilancio energetico della città di Brescia è fortemente caratterizzato dalla presenza di sistemi di tipo cogenerativo che consentono un impiego più efficiente dell'energia primaria associata ai diversi combustibili. L'introduzione del termoutilizzatore, in particolare, ha fatto in modo che i combustibili rinnovabili (rifiuti e biomasse) assumessero un ruolo fondamentale. Sulla base del funzionamento a regime, si osserva che tale contributo sia pari rispettivamente a circa 4.672 TJ/anno. Ciò corrisponde, sempre in termini di energia primaria, a un risparmio pari a circa 112.000 tep/anno.

Nel complesso e con riferimento ai dati 2001, il fabbisogno energetico della città è sintetizzato nella **Tabella A**. Si stima un contributo delle fonti rinnovabili pari all'11% in cifra tonda.

Tabella A – Quadro riassuntivo dei consumi di energia primaria del comune di Brescia suddivisi per categorie di vettori energetici (anno 2001).

| <i>Tipo di approvvigionamento energetico e relativa destinazione</i> | <i>Totale in energia primaria (GWh/anno)</i> | <i>Incidenza sul consumo energetico totale (%)</i> |
|--|--|--|
| Combustibili rinnovabili utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 1.298 | 9,8 |
| Combustibili fossili utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 7.438 | 56,4 |
| Combustibili per trasporti pubblici e privati | 4.462 | 33,8 |
| Totale | 13.198 | 100,0 |

Sul fronte ambientale si evidenzia quanto segue (**Tabella B**):

- le maggiori emissioni di NO_x sono da attribuire agli impianti per la produzione di energia elettrica (59% del totale). Di queste il 58% (34% rispetto al totale) sono relative agli impianti posti al di fuori dei confini del Comune. Seguono i trasporti (37%) e in misura minore la generazione di energia termica con caldaie semplici (poco più del 4%);
- le emissioni di SO₂ e di polveri sono dovute sostanzialmente alla produzione di energia elettrica, di cui, rispettivamente, il 69 e il 72% sono da attribuire all'energia prodotta al di fuori dei confini comunali;
- le emissioni di CO₂ sono da attribuire soprattutto alla produzione di energia elettrica (49% di cui il 63% è relativo all'energia importata) e al traffico veicolare (40%).

È quindi evidente il sostanziale contributo all'impatto ambientale complessivo derivante dalla produzione di energia elettrica prodotta al di fuori dei confini comunali e dal traffico veicolare.

Va altresì sottolineato l'effetto mitigante della cogenerazione che consente di ridurre in modo particolare le emissioni di polveri e di CO₂.

Tabella B – Stima delle emissioni atmosferiche totali per soddisfare il fabbisogno energetico del comune di Brescia (anno 2001).

| Fonte | Emissioni (t/anno) | | | |
|--|--------------------|-----------------|--------------|------------------|
| | NO _x | SO ₂ | Polveri | CO ₂ |
| Produzione di energia elettrica e termica | 3.163,0 | 4.831,7 | 337,8 | 1.525.372 |
| Produzione di energia termica con caldaie semplici | 244,3 | 29,6 | 1,1 | 345.504 |
| Trasporti | 1.963,1 | 19,4 | 86,8 | 1.247.600 |
| Totale emissioni | 5.370,4 | 4.880,7 | 425,7 | 3.118.476 |

Scenari al 2006

Il 2006 è stato scelto come anno di riferimento per il quale la principale novità di carattere energetico – ambientale prevista con sicurezza consiste nella messa in esercizio della linea a biomasse ASM mentre si ipotizza l’ammodernamento della centrale Lamarmora. La stima dei consumi energetici è sintetizzata nella **Tabella C**. Rispetto al 2001, va osservato che:

- i consumi di energia primaria rimangono sostanzialmente stabili pur a fronte del sensibile aumento dei fabbisogni energetici;
- aumenta il contributo delle fonti rinnovabili (15% sul totale);
- il fabbisogno elettrico non coperto dal sistema cogenerativo ASM viene assicurato con centrali di generazione elettrica semplice.

Si ipotizza che il *mix* di combustibili utilizzati al 2006 sia costituito da RSU, biomasse, carbone e gas naturale. Di fatto è ragionevole supporre che, sia a seguito degli interventi in corso, sia per i più restrittivi vincoli ambientali, l’impiego di olio combustibile denso per uso termoelettrico sia marginale.

Tabella C –Quadro riassuntivo dei consumi del comune di Brescia suddivisi per categorie di vettori energetici (anno 2006) .

| Tipo di approvvigionamento energetico e relativa destinazione | Totale in energia primaria (GWh/anno) | Incidenza sul consumo energetico totale (%) |
|--|---------------------------------------|---|
| Combustibili rinnovabili utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 1.947 | 15 |
| Combustibili fossili utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 6.537 | 50 |
| Combustibili per trasporti pubblici e privati | 4.462 | 35 |
| Totale | 12.946 | 100 |

La stima delle emissioni totali dell'intero Comune di Brescia è riportata nella **Tabella D**. Tale stima, comunque, dovrà essere confrontata con l’effettiva configurazione che verrà data alle centrali ASM attualmente in esercizio e al *mix* di combustibili effettivamente utilizzato.

Nell’ipotesi considerata si desume che:

- a fronte dell’incremento dei consumi globali il bilancio della CO₂ migliora sensibilmente;
- le emissioni di NO_x diminuiscono per via, soprattutto, del previsto ammodernamento (conversione in ciclo combinato a gas naturale) degli impianti di produzione di elettricità;
- quelle di SO₂ e le polveri subiscono una notevole riduzione per la medesima ragione.

Si ritiene che, pur a fronte dell’aumento dei consumi, l’impatto ambientale venga ridotto soprattutto con riferimento alle emissioni acidificanti e di polveri.

Va sottolineato che nella stima si è tenuto conto di un ipotetico riassetto delle centrali ASM che dovrà essere confrontato con quello che verrà effettivamente messo in essere nei prossimi anni e che il previsto contenimento delle emissioni potrà essere conseguito attraverso il

ricorso alle biomasse e al gas naturale. Le buone prestazioni ambientali di quest'ultimo, in particolare, potrebbero suggerire di aumentare ulteriormente l'utilizzo di questa fonte. Tuttavia, la necessità di diversificare le fonti energetiche per motivazioni strategiche ed economiche fa ritenere più equilibrata la scelta di mantenere un *mix* di combustibili il più ampio possibile.

Tabella D – Stima delle emissioni totali derivanti dalla copertura del fabbisogno energetico del comune di Brescia (anno 2006).

| Fonte | Emissioni (t/anno) | | | |
|--|--------------------|-----------------|------------|------------------|
| | NO _x | SO ₂ | Polveri | CO ₂ |
| Produzione di energia elettrica e termica | 2.141 | 902 | 21,6 | 637.610 |
| Produzione di energia termica con caldaie semplici | 247,8 | 17,9 | 1,0 | 357.150 |
| Trasporti | 1.963,1 | 19,4 | 86,8 | 1.247.600 |
| Totale emissioni | 4.352 | 939 | 109 | 2.242.360 |

In definitiva, l'analisi del bilancio energetico e ambientale della città di Brescia - tenendo conto delle ipotesi assunte nel Rapporto - portano alle seguenti conclusioni generali:

- l'introduzione della linea a biomasse comporterà un aumento della produzione di energia elettrica nell'ambito comunale. Si ritiene che ciò sia da considerare positivamente per la maggiore stabilità dei prezzi di produzione ASM rispetto al *mix* nazionale, il che va potenzialmente a beneficio dell'economia cittadina;
- il futuro aumento delle attività energetiche non dovrebbe incidere sensibilmente sul bilancio ambientale che, nel complesso, migliorerà;
- la linea a biomasse incrementerà notevolmente l'incidenza delle fonti rinnovabili e anche questo aspetto è in linea con le indicazioni degli Organi di governo sia dell'Unione che nazionali.

L'evoluzione dello stato delle cose, quindi, parrebbe positiva anche se va evidenziata la necessità di procedere a ulteriori analisi, al fine di meglio comprendere il ruolo dei singoli fattori che incidono sul bilancio energetico e ambientale.

RACCOMANDAZIONI

Considerando che la programmazione del Comune già include alcuni interventi già acquisiti in termini decisionali e di primaria importanza:

- ammodernamento dei gruppi 1 e 2 della centrale Lamarmora;
- realizzazione della metropolitana leggera e introduzione delle linee ad alta mobilità;
- rinnovo del parco dei bus per il servizio urbano con progressivo incremento dell'utilizzo del gas naturale come combustibile;

si raccomanda di avviare al più presto le seguenti azioni che dovrebbero essere approfondite con alcuni **studi di fattibilità**:

- diffusione di una maggiore consapevolezza sul tema *energia - ambiente*;
- riduzione dei consumi elettrici e di gas naturale;
- ulteriore riduzione dell'impatto del traffico veicolare;
- incremento del risparmio energetico e delle fonti rinnovabili.

Questi suggerimenti vanno inquadrati come proposte operative che vanno ad aggiungersi alla programmazione già in atto.

Conseguimento di una maggiore consapevolezza

Lo sviluppo sostenibile del Comune passa soprattutto attraverso la formazione dei singoli utenti e nell'offerta di servizi che consentano di raggiungere concreti obiettivi di risparmio energetico e, conseguentemente, di minore impatto ambientale. Su questa linea il Comune sta già operando nell'ambito di Agenda 21.

In aggiunta potrebbe essere prevista una serie di attività finalizzate a:

- diffondere una più approfondita cultura dell'energia e dell'ambiente;
- offrire una corretta consulenza agli utenti;
- coordinare le attività di studio e ricerca.

Si ritiene inoltre necessario costituire un *Osservatorio per l'Energia e l'Ambiente* che consideri tutte le attività energetiche presenti sul territorio e coordini le necessarie attività di monitoraggio mirate: sia, al controllo dello stato di fatto; sia, al reperimento delle informazioni utili per ulteriori studi ed analisi.

Riduzione dei carichi elettrici

Si raccomanda di:

- avviare uno studio approfondito sugli attuali carichi elettrici del settore industriale e del terziario;
- individuare alcuni casi studio diversi per taglia di impianti e tipologia, dove intervenire con azioni dimostrative;
- promuovere azioni di tipo informativo.

Si ritiene quindi necessario avviare un apposito *studio di fattibilità sulle potenziali riduzioni dei consumi di energia elettrica*.

Riduzione del consumo di gas naturale

Si raccomanda, analogamente a quanto visto per il caso dell'energia elettrica, di:

- avviare uno studio approfondito sull'attuale uso del gas;
- individuare diversi casi studio dove intervenire con azioni dimostrative;

- promuovere azioni di tipo informativo.

Anche in questo caso si ritiene di particolare utilità l'avvio un apposito *studio di fattibilità sulla riduzione dei consumi di gas naturale*.

Riduzione dell'impatto dei trasporti

Accanto agli interventi già programmati si suggerisce la graduale introduzione dei biocombustibili e di altri combustibili alternativi, oltre delle normali tecniche di riduzione dei consumi ed emissioni. Anche in questo caso, quindi, sarebbe opportuno un ulteriore *studio di fattibilità* che prenda in considerazione i potenziali interventi che potrebbero essere associati a quelli già in essere.

Incremento delle fonti rinnovabili e delle tecnologie efficienti

L'attuale evoluzione basata sull'introduzione della linea a biomasse del Termoutilizzatore porterà a un notevole aumento dell'incidenza delle fonti rinnovabili. Si ritiene, tuttavia, che questa iniziativa - pur di notevole portata - debba essere accompagnata da una serie di azioni finalizzate a:

- stabilire con sufficiente precisione l'attuale penetrazione delle diverse tecnologie alternative;
- aumentare l'applicazione dei sistemi solari fotovoltaici e termici;
- introdurre l'utilizzo dei biocombustibili;
- introdurre sistemi basati sull'impiego della pompa di calore;
- valutare la convenienza economico-energetica conseguente all'adozione di sistemi di trigenerazione (generazione di elettricità, riscaldamento e raffrescamento), al fine di ottimizzare le prestazioni degli impianti di tipo cogenerativo anche in condizioni estive;
- promuovere azioni di tipo informativo.

Le possibilità operative sono molteplici e meritevoli di un apposito *studio di fattibilità sullo sviluppo delle tecnologie efficienti e delle fonti rinnovabili diverse dalle biomasse solide*.

Sebbene le energie rinnovabili diffuse sul territorio non potranno mai dare un contributo sostanziale ai consumi energetici della Città, si ritiene che la loro utilizzazione sia fondamentale per favorire la crescita di una reale cultura energetica nella popolazione, aspetto che si ritiene strategico per gettare le basi per un concreto sviluppo sostenibile.

1 PREMESSA

Obiettivo del presente Rapporto è la stima del bilancio energetico e ambientale¹ del comune di Brescia e l'individuazione dei settori ove sono auspicabili degli interventi correttivi. Lo studio, quindi, si presenta come un'indagine preliminare all'elaborazione di un piano energetico comunale più dettagliato.

Tale analisi può essere sinteticamente trascritta da una *matrice vettori/settori*, che mette in rapporto i diversi beni energetici scambiati (offerta di energia) con i diversi ambiti socio - economici nei quali si verifica il loro impiego finale (domanda).

In questa ottica, vengono affrontati i seguenti argomenti:

- analisi del fabbisogno energetico degli ultimi 5 anni (1997 – 2001; domanda);
- analisi dell'energia fornita negli ultimi 5 anni (1997 – 2001; offerta)
- analisi delle fondamentali emissioni atmosferiche (CO₂, NO_x, SO₂ e polveri²) dovute a fonti fisse (generazione energetica) e mobili (traffico). In questo caso il Rapporto fa riferimento al solo anno 2001 in quanto non risultano disponibili dati sufficienti per impostare una analisi storica³;
- stima del fabbisogno energetico e del relativo impatto ambientale, sempre in termini di emissioni in atmosfera, in relazione allo scenario di riferimento (anno 2006⁴);
- prima individuazione delle possibilità di intervento per la riduzione dei consumi energetici e la limitazione delle emissioni.

Il Rapporto si basa sui risultati di studi precedenti di tipo eco-energetico svolti per il Comune di Brescia e su altri dati ed elaborazioni pertinenti alla realtà nazionale. In particolare, l'analisi viene condotta cercando di distinguere i diversi settori ritenuti fondamentali per un corretto inquadramento del tema energetico e ambientale, quali industria, civile e trasporti. Inoltre vengono considerate le modalità di approvvigionamento energetico e l'attuale e futura penetrazione delle energie rinnovabili.

Va osservato che in tutte le valutazioni di questo tipo vengono introdotte delle assunzioni di calcolo che al momento non sono oggetto di una metodologia sufficientemente standardizzata. Di fatto, l'esistenza di standard permetterebbe di impostare un efficiente confronto tra diversi comuni o altre realtà territoriali nazionali⁵.

Nel caso del presente Rapporto sono state quindi considerate le assunzioni prevalenti e/o ritenute più ragionevoli, tenendo conto delle peculiarità del caso in analisi. Peraltro, molti aspetti meriterebbero una analisi ben più approfondita, quali, a esempio, il reale contributo del traffico veicolare alla formazione del bilancio energetico e ambientale⁶.

¹ Il bilancio ambientale è limitato a quello delle emissioni atmosferiche che sono strettamente connesse con le attività di natura energetica.

² Il set di emissioni scelte è quello ritenuto più rappresentativo delle emissioni che inducono effetti climalteranti (CO₂), acidificanti (NO_x e SO₂) e infine mutageni (polveri). Altre tipologie di emissioni risultano di più difficile stima ma dovranno essere comunque prese in considerazione in future analisi.

³ Ciò, come risulterà evidente in seguito, con particolare riferimento alle emissioni dei trasporti e dei sistemi di combustione non ASM.

⁴ Nel 2006 si ritiene che sarà a pieno regime la linea a biomasse ASM. Tale anno, quindi, è stato scelto quale riferimento nel medio termine sul quale impostare delle prime valutazione sugli effetti indotti da programmi di razionalizzazione energetica che considerano tutte le attività presenti nel Comune.

⁵ Al momento non è quindi consigliabile impostare dei semplici confronti tra le diverse realtà sulla base degli studi svolti. Di questo ne va tenuto conto anche nella lettura del presente documento.

⁶ Altri aspetti meritori di approfondimento potrebbero essere legati a una migliore disaggregazione delle categorie di utenza, con particolare riferimento a quelle industriali.

Per quello che riguarda le principali fonti di informazione o assunzioni di base va segnalato che:

- per il bilancio dell'energia termica ed elettrica la fonte principale sono le statistiche ASM e di altre società distributrici di vettori energetici. Il relativo impatto ambientale è stato valutato in base alla conoscenza delle emissioni specifiche degli impianti energetici comunali e di quelli nazionali;
- per la valutazione del peso sul bilancio energetico dei trasporti per il momento si è fatto riferimento ai settori pubblico e privato suddivisi per grandi categorie⁷, mentre per la valutazione delle emissioni si è tenuto conto dell'intera globalità del traffico⁸ partendo dai risultati resi disponibili con studi specifici ancora in atto⁹;
- le emissioni di CO₂ derivante dalla combustione di biomasse e di rifiuti vengono considerate nulle. Infatti le prime sono sostanze di origine vegetale, per le quali è convenzionalmente riconosciuto un bilancio nullo¹⁰; per i rifiuti, invece, si assume che la combustione emetta una quantità di CO₂ simile a quella rilasciata se lo stesso materiale fosse smaltito in discarica¹¹;
- non sono stati considerati alcuni elementi interni al sistema che si ritengono ininfluenti sulle valutazioni o influenti in termini non apprezzabili o perché esulano dagli obiettivi del Rapporto. A esempio, non vengono considerate le emissioni relative alle attività agricole presenti sul territorio.

⁷ A questo riguardo si riterrebbe utile approfondire il tema dei consumi energetici del traffico cittadino, in modo da permettere una stima aggiornata dei risparmi energetici conseguibili con l'introduzione di nuove forme di trasporto collettivo. Tuttavia, la mancanza di dati al riguardo non permette, al momento attuale, di stimare con ragionevole precisione questa voce.

⁸ Viene incluso anche il tratto autostradale, in quanto le relative emissioni sono rilasciate nell'ambito del territorio comunale e di fatto subite dalla popolazione.

⁹ Si tratta, quindi, di valutazioni da ritenere perfettibili e comunque basate, come risulterà evidente nel seguito, su emissioni specifiche medie per le diverse tipologie di strade rilevate a livello nazionale e anche locale.

¹⁰ Ciò in quanto la materia vegetale assorbe una quantità di CO₂ pari a quella emessa con la sua combustione. Una disamina di questo aspetto è inclusa nello studio svolto dal Comune di Brescia nel 2001 riguardante gli aspetti ambientali derivanti dall'introduzione della linea ASM a biomasse.

¹¹ Conseguentemente la combustione non introduce una emissione addizionale di CO₂ rispetto alla discarica pur tenendo conto di un recupero energetico del biogas prodotto.

2 ASPETTI GENERALI

2.1 PIANI ENERGETICI

La Legge 10/91¹² introduce norme sull'utilizzo razionale dell'energia, del risparmio energetico e dello sviluppo di fonti energetiche rinnovabili, definendo i compiti di Regioni e Province autonome in campo di pianificazione e controllo.

In particolare stabilisce le indicazioni e le informazioni che dovrebbero contenere i piani energetici regionali o provinciali e le modalità di supporto ai piani regionali mediante specifici piani energetici comunali realizzati dai Comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti.

Il Piano Energetico Comunale (PEC) può essere definito come lo strumento di collegamento tra le strategie di pianificazione locale (PRG) e le azioni di sviluppo sostenibile, in quanto fa riferimento all'intenzione da parte delle pubbliche amministrazioni di favorire lo sviluppo delle fonti rinnovabili, di sensibilizzare gli utenti all'uso razionale dell'energia e di adeguare il Regolamento Edilizio ai principi del consumo razionale e sostenibile delle risorse energetiche. L'attuale ruolo di questi strumenti di programmazione del territorio va definito anche alla luce dei cambiamenti in atto sia in campo energetico che in campo ambientale, dalla liberalizzazione dei mercati dell'energia al Protocollo di Kyoto¹³.

Gli strumenti legislativi, in particolare l'articolo 5 della citata legge, svolgono un'azione positiva obbligando i comuni con più di 50.000 abitanti ad effettuare delle scelte di pianificazione, ma lasciano diversi gradi di libertà nella definizione degli obiettivi e dei criteri con i quali devono essere formulati i piani.

Inoltre, la pianificazione energetica è intesa come un processo di ottimizzazione vincolato dalla necessità di soddisfare le esigenze energetiche dell'utenza con diversi vettori energetici.

I PEC elaborati negli ultimi anni associano sempre al bilancio energetico un bilancio ambientale e gli stessi obiettivi dei piani finalizzano le scelte energetiche alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti previste dal Protocollo di Kyoto; in aggiunta, di recente, si stanno diffondendo altri strumenti che si pongono l'obiettivo di dare una risposta concreta al problema della sostenibilità: le Agende 21 locali¹⁴.

Il meccanismo della pianificazione energetica prevede che i PEC definiscano delle azioni concrete e che le scelte energetiche e i risultati attesi vengano periodicamente verificati attraverso degli indicatori.

Lo schema metodologico del PEC, in generale, prevede anche un bilancio energetico e ambientale del territorio e, in funzione dei risultati del bilancio, l'elaborazione di scenari futuri, definiti in riferimento a un quadro di azioni ben precise.

Come già anticipato, il presente Rapporto è da inquadrare come un PEC preliminare che contiene, comunque, tutti gli elementi essenziali per questo tipo di analisi¹⁵.

¹² Legge 9 gennaio 1991, n.10, Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

¹³ Con decisione del 25 aprile 2002, il Consiglio dell'Unione Europea ha approvato il protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e l'adempimento congiunto dei relativi impegni a nome della Comunità europea (2002/358/CE).

¹⁴ Brescia ha applicato da tempo le indicazioni dell'Agenda 21 (<http://www.comune.brescia.it/Ecologia/Agenda21/>) e in questo quadro sarebbe auspicabile un coordinamento di tutte le attività di studio mirate a un migliore utilizzo delle risorse al fine di meglio individuare i settori di intervento (Agenda 21, PEC, studi ASM ecc.).

¹⁵ Come sottolineato in apertura, molti aspetti qui affrontati richiederebbero degli approfondimenti e delle indagini specifiche sul territorio. Di fatto, lungi dalla pretesa di costituire un caso di studio esemplificativo

Il bilancio energetico è il principale strumento di supporto alla procedura di pianificazione e consente di conoscere il sistema energetico fornendone un quadro di sintesi da cui sia possibile evidenziare la quantità e il tipo di energia prodotta, importata, esportata, reperita, trasformata e consumata.

A livello metodologico (**Figura 2.1**), il bilancio energetico permette di approfondire le dinamiche di scambio energetico, di valutare le interrelazioni con il sistema socio-economico e di seguire l'evoluzione della domanda di energia attraverso il confronto su diversi anni: come tale va visto in un'ottica dinamica che contempli valutazioni sulle evoluzioni storiche e sulle implicazioni territoriali ed infrasettoriali anche su scala più ampia.

In tal senso, ai fini della programmazione energetica, la conoscenza dei dati demografici e socio-economici sono fondamentali poiché vi sono strette relazioni, per un dato periodo storico e per un territorio geograficamente definito, tra sistema energetico e aspetti demografici, economici, produttivi e sociali. Inoltre, risulta un valido strumento di sussidio l'elaborazione di una relazione grafica conclusiva in quanto, oltre ad aggiungere elementi di comprensione più immediata propri della forma grafica, permette di associare al quadro energetico il quadro della dinamica dei flussi energetici nel territorio. Infine, la comprensione della fattibilità e della convenienza economico-ambientale di introdurre o potenziare fonti di energia rinnovabile e/o assimilabili, necessita di un bilancio sulle emissioni atmosferiche conclusivo di supporto.

In generale, un bilancio energetico è caratterizzato dai seguenti obiettivi:

- esaminare le infrastrutture presenti sul territorio;
- caratterizzare il territorio in ragione della distribuzione dei flussi energetici;
- valutare il livello di efficienza energetica;
- prevedere le tendenze di sviluppi a breve e medio termine.

Un PEC dovrebbe poi essere integrato da piani d'azione, le cui linee di intervento saranno rivolte con priorità alla razionalizzazione della domanda prima ancora che alla ristrutturazione dell'offerta o produzione di energia.

È opportuno che la strategia di analisi della domanda muova dall'esame parallelo di due approcci strategicamente contrapposti: i *consumi registrati* in un periodo significativo di tempo da un lato e la *stima del fabbisogno energetico* riconducibile al medesimo ambito territoriale dall'altro.

I due metodi possono essere esplorati parallelamente per validarsi o completarsi a vicenda.

I consumi finali registrati e le stime dei fabbisogni andranno riportati ad un livello di disaggregazione e di dettaglio più approfondito possibile, secondo un criterio infrasettoriale (per sottosettori di impiego), temporale (determinando l'andamento annuale, stagionale, mensile e, se necessario, anche settimanale, giornaliero e orario della richiesta energetica), e spaziale (suddividendo in sub-aree la domanda globale). In tal modo saranno possibili confronti per indici (consumi pro-capite, densità energetica ecc.) spazio – tempo - settoriali in virtù di proposte di intervento che tengano conto di una richiesta energetica altrettanto dinamica.

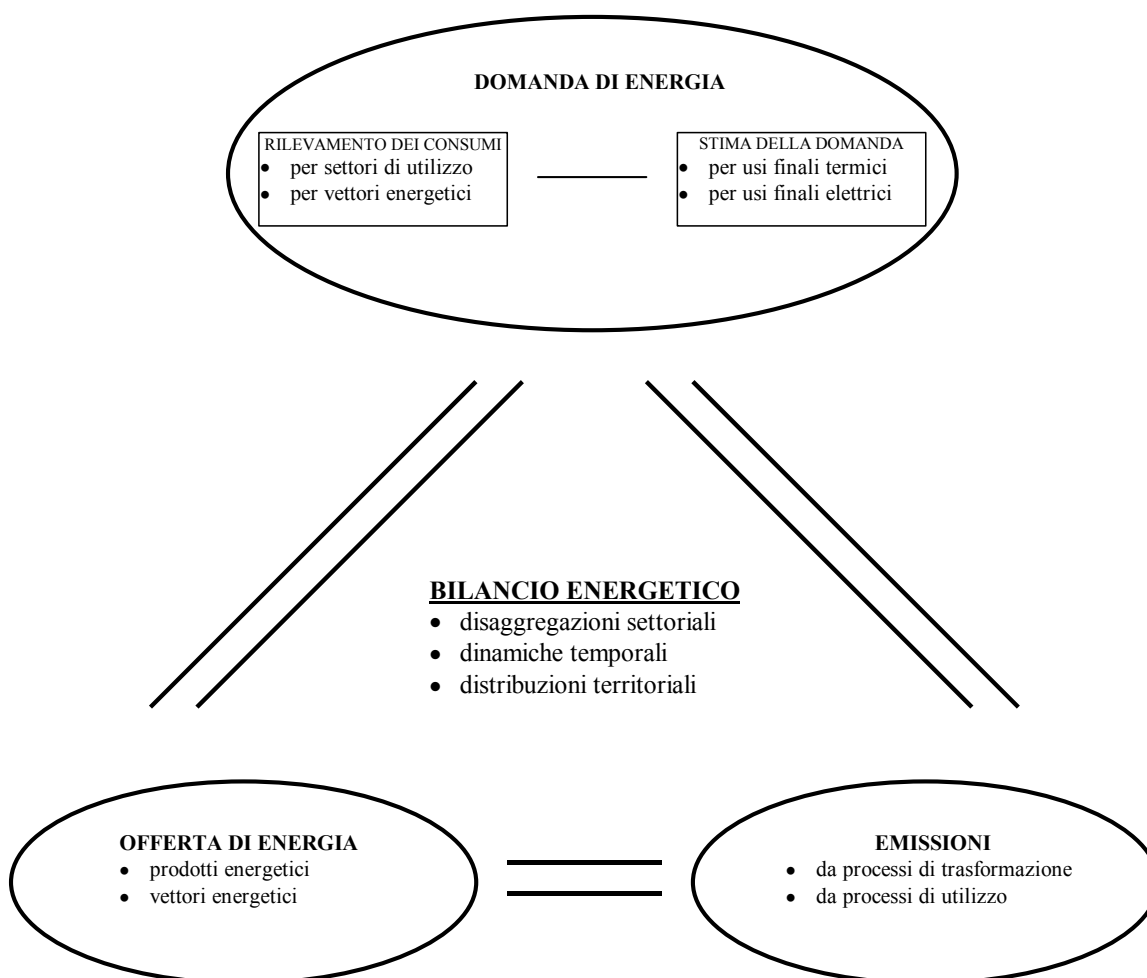
Sul lato della *domanda*, è necessario:

- quantificare i flussi di energia che interessano l'area in esame;
- ricostruire l'evoluzione storica dei flussi di vettori energetici e della loro distribuzione tra i diversi settori;

dell'applicazione approfondita e esauriente della metodologia della pianificazione energetica e della realizzazione di bilanci energetici completi, il presente studio sintetizza alcuni degli aspetti elencati e indica i temi per i quali sarebbe opportuno procedere ad analisi più complete.

- disaggregare a livello territoriale e settoriale i flussi di energia;
- distinguere in funzione della qualità dell'energia (usi elettrici obbligati, usi termici disaggregati in diverse fasce di temperatura);
- interpretare tali disaggregazioni mediante indici sintetici (energia consumata procapite, unità di superficie e/o di volume, unità di prodotto, di distanza percorsa, ecc.) e tracciarne un'evoluzione temporale;
- ricostruire il fabbisogno energetico teorico di ogni settore in base alla domanda di servizi energetici finali;
- determinare indici di efficienza (fabbisogno teorico/consumo effettivo) disaggregati a livello settoriale e territoriale e tracciarne la loro evoluzione storica

Figura 2.1- Schema metodologico per la stesura di un bilancio energetico – ambientale.



Sul lato dell'*offerta*, invece, deve definire:

- l'attuale struttura di approvvigionamento energetico e la sua evoluzione storica;
- la rete di distribuzione;
- l'efficienza di trasformazione degli impianti operanti sul territorio;
- le perdite associate alla trasmissione dei vettori energetici.

Sul lato degli *effetti ambientali* deve stimare:

- emissioni inquinanti associate agli usi finali di energia;

- emissioni di CO₂ ed altri gas serra;
- altri costi ambientali associati agli usi finali di energia;
- costi ambientali associati all'attuale sistema di produzione e distribuzione dell'energia.

2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La città di Brescia e la sua popolazione, in cifra tonda di 200.000 abitanti, insistono su una superficie di 90 km² (oltre 2.200 abitanti/km²). L'area urbana (**Figura 2.2**) si estende per circa 5 km in direzione W-E e quasi 10 km in direzione N-S. La città si colloca ai limiti della Pianura Padana ed è protetta dalle Prealpi soprattutto nelle direzioni tra E e N-W. L'area è percorsa da numerosi corsi d'acqua, che corrono tutti verso il Po a sud, tra cui i fiumi Mella (che proviene dalla Val Trompia verso N), Chiese ed il torrente Garza.

Nel contesto cittadino e nell'immediato circondario è sviluppata una vigorosa attività industriale che attrae verso la città un intenso traffico dal territorio circostante.

Il territorio comunale di Brescia è inoltre interessato a sud dall'autostrada A4 Milano - Venezia, da cui si dirama verso S la A21 Brescia - Piacenza. La prima è uno dei principali assi di comunicazione a livello nazionale e questo tipo di situazione comporta un sovraccarico di traffico che viene a interessare anche il tracciato della tangenziale e, conseguentemente, la viabilità urbana.

Figura 2.2 - L'area del Comune di Brescia.



2.3 PECULIARITÀ DELL'APPROVVIGIONAMENTO ENERGETICO A BRESCIA¹⁶

2.3.1 Rete di teleriscaldamento

L'approvvigionamento energetico della città di Brescia fa per buona parte riferimento all'ASM Brescia S.p.A., nata nel 1908¹⁷ e che quindi si sta avviando al centenario di fondazione. ASM attualmente gestisce i principali servizi locali di pubblica utilità: energia elettrica, acqua potabile, gas, teleriscaldamento, illuminazione pubblica, igiene urbana, fognature e depurazione.

Grazie alla pluralità dei servizi gestiti nel settore energetico - anche attraverso la recente realizzazione del Termoutilizzatore che permette lo smaltimento controllato dei rifiuti e la contestuale produzione di energia elettrica e calore per la città - il gruppo ASM ha conseguito negli anni una consistenza economico-industriale che lo colloca in Italia tra le maggiori imprese di servizi pubblici locali.

La rete di Brescia rappresenta una delle migliori esperienze italiane in materia di teleriscaldamento e caratterizza fortemente l'approvvigionamento di energia termica delle utenze del territorio comunale. Nel quadro nazionale del teleriscaldamento relativo all'anno 1999, risulta la più grande d'Italia, rappresentando il 29% del totale della volumetria teleriscaldata¹⁸. La rete è stata avviata nel 1972 nel quartiere di Brescia Due utilizzando caldaie semplici ad alto rendimento per la sola produzione di calore. Sulla base di questa esperienza nel 1974 è stato approvato il piano per l'intera città, da realizzare in fasi successive. A partire dal 1978, alla produzione di calore si è aggiunta la produzione di energia elettrica utilizzando gruppi di cogenerazione a vapore e diesel.

La filosofia del sistema ASM si basa sulla centralizzazione della produzione del calore con poche unità di generazione. Tale strategia permette di diversificare il combustibile impiegato in funzione della disponibilità di mercato, di ottenere una migliore utilizzazione dell'energia primaria e di contribuire alla riduzione delle emissioni atmosferiche attraverso l'installazione di idonei impianti di depurazione dei gas di combustione. Inoltre, come è noto, un ulteriore beneficio dei sistemi di teleriscaldamento è dovuto al fatto che, oltre alla maggiore facilità di controllo delle prestazioni e dei fumi, l'emissione in atmosfera avviene ad altezza camino, consentendo una migliore dispersione degli inquinanti.

I componenti principali del sistema di teleriscaldamento ASM sono i seguenti:

- centrali di produzione;
- rete di distribuzione (si tratta di un anello chiuso che non cede acqua all'esterno);
- sottocentrali di utenza: sostituiscono la tradizionale centrale termica (caldaia) e sono di proprietà del cliente; consentono la cessione del calore dalla rete di distribuzione all'impianto utilizzatore senza miscelazione di acqua fra i due circuiti.

¹⁶ Il capitolo sottolinea alcuni aspetti relativi all'approvvigionamento energetico di Brescia che per molti versi pongono la città all'avanguardia a livello nazionale. I bilanci energetici e ambientali completi, pur nei limiti del presente Rapporto, sono riportati nei capitoli successivi.

¹⁷ L'attuale ASM S.p.A. deve le sue origini a una complessa serie di acquisizioni avviate dal Comune Brescia a partire dall'assunzione del trasporto pubblico deliberato nel luglio del 1906 (municipalizzazione «dei trams elettrici urbani») e anche un referendum popolare tenutosi il 25 aprile del 1909, al quale parteciparono 3.946 votanti (3554 sì e 383 no) che sancì la costituzione della Sezione energia elettrica dell'Azienda Servizi Municipalizzati di Brescia. Per approfondimenti si rinvia al testo di Valerio Varini (Università degli Studi Milano - Dipartimento di Storia della società e delle istituzioni): *Mercato elettrico in Lombardia e intervento municipale- alcuni casi cittadini*.

¹⁸ Seguono Torino (26%), Reggio Emilia (9%), Verona (8%), Alba (3%), Milano (3%), S. Donato Milanese (3%), Mantova (3%), Ferrara (3%), Sesto S. Giovanni (3%).

Attualmente la rete di distribuzione del calore serve 11.446 edifici, di cui 11.324 situati entro i territori comunali (dato fine 2001).

Il teleriscaldamento copre circa il 65% della popolazione cittadina. Ciò significa che il *vettore* calore da teleriscaldamento copre attualmente circa il 65% delle utenze (Paragrafo 3.3.2); come si vedrà in seguito, il *vettore* gas naturale, copre attualmente circa il 68% della somma di tutti i *settori*¹⁹, rispetto alla domanda di calore.

Il sistema di produzione che alimenta la rete di teleriscaldamento è composto: dalla centrale Lamarmora e dal Termoutilizzatore ubicati nella zona sud del territorio comunale, dalla centrale Diesel ubicata a nord del territorio comunale (centrale Nord) e da alcuni impianti termici minori con funzione di riserva. Tutte le centrali indicate sono di tipo cogenerativo.

2.3.2 Centrali di cogenerazione

Per quanto riguarda la produzione elettrica, ASM possiede quote di centrali termoelettriche, idroelettriche e a fonti rinnovabili ubicate sia sul territorio comunale che extracomunale, come riportato nella **Tabelle 2.1, 2.2 e 2.3**.

Tabella 2.1 – Riepilogo impianti di produzione ubicati in città.

| <i>Centrale</i> | <i>Anno di Costruzione</i> | <i>Potenza Termica nominale (MW)</i> | <i>Potenza Elettrica Lorda (MW)</i> | <i>Combustibile/Fonte</i> |
|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMI DI TIPO COGENERATIVO | | | | |
| Lamarmora | | | | |
| Gruppo 1 | 1978 | 84 | 31 | Gas naturale/OCD ²⁰ |
| Gruppo 2 | 1981 | 87 | 33 | Gas naturale/OCD |
| Gruppo 3 | 1987 | 130 | 75 | Gas naturale/OCD/carbone |
| Caldaia semplice | 1977 | | | Gas naturale/OCD |
| <i>Totale Lamarmora</i> | | <i>301</i> | <i>139</i> | |
| Termoutilizzatore | | | | |
| Linea 1 | 1998 | 51 | 29 | RSU/biomasse |
| Linea 2 | 1998 | 51 | 29 | RSU/biomasse |
| <i>Totale TU</i> | | <i>102</i> | <i>58</i> | |
| Centrale Nord²¹ | | | | |
| Gruppo diesel | | 12,2*2 + 17,4*2 | 2*12,75 | OCD/gasolio |
| Caldaie semplici | | | | Gas naturale/OCD |
| <i>Totale nord</i> | | <i>59,2</i> | <i>25</i> | - |
| SISTEMI DI TIPO SEMPLICE | | | | |
| Caldaie presso Centrale Lamarmora | 1977 | 58 | - | Gas naturale |
| Caldaie presso Centrale Nord | Vari | 107,6 | | Gas naturale/OCD/gasolio |
| Impianti minori | Vari | 14,6 | | Gas naturale |
| <i>Totale</i> | | <i>643²²</i> | <i>222</i> | - |
| ALTRI IMPIANTI | | | | |
| Fotovoltaici | 1997 | - | 0,096 | Solare |

¹⁹ A questo risultato concorrono pesantemente i consumi del settore industriale.

²⁰ Olio combustibile denso.

²¹ Quota ASM pari al 94% del valore riportato.

²² Al netto degli impianti asservito alle utenze dell'Ospedale civile.

Tabella 2.2 – Impianti produzione energia elettrica fuori città.

| <i>IMPIANTI</i> | <i>Potenza elettrica lorda (MW) - Quota ASM</i> |
|---|---|
| Termoelettrici | |
| Ponti sul Mincio | 116 |
| Cassano d'Adda | 139 |
| Idroelettrici | |
| Caffaro | 1,3 |
| Prevalle Chiese | 2,1 |
| Prevalle Naviglio | 1,0 |
| Roè Volciano | 2,2 |
| Pompegnino | 1,5 |
| Altri impianti | |
| Biogas (Buffalora, Calcinato, Passirano, Montichiari) | 10,5 |
| Turboespansore (Ponti sul Mincio) | 1,9 |
| TOTALE | 275 |

Tabella 2.3 – Riepilogo impianti di produzione.

| <i>Impianti</i> | <i>Potenza Termica (MW)</i> | <i>Potenza elettrica lorda (MW)</i> |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Impianti in città | | |
| Lamarmora | 360 | 139 |
| TU | 102 | 58 |
| Nord | 167 | 25 |
| Altri impianti | 14,6 | |
| Impianti fuori città | | |
| Termoelettrici | - | 255 |
| Idroelettrici | - | 9 |
| Altri impianti | - | 11 |
| Totale generale | 643 | 497 |

Gli impianti produttivi ubicati in città al momento attuale hanno le caratteristiche di seguito riportate.

Termoutilizzatore (TU). È composto da due linee di combustione rifiuti, ciascuna con una potenzialità termica massima di 88,3 MW ed è in grado di smaltire circa 250.000 t/anno di materiali con potere calorifico di 9,2 MJ/kg. Il calore prodotto dalla combustione produce vapore che alimenta una unica turbina che a sua volta produce energia elettrica e calore sotto forma di acqua calda. Sulla base del funzionamento attuale (2 linee), mediamente, le potenze complessivamente ottenibili in cogenerazione sono pari a 50 MW elettrici e 100 MW termici. In base ai dati ASM relativi al funzionamento nell'anno 2001 è possibile determinare un coefficiente di utilizzo (ore di funzionamento in un anno rapportate alle ore totali in un anno, ovvero 8.760) del TU pari a circa l'85%. Le prestazioni del TU possono essere così riassunte (dato provvisorio ASM per l'anno 2001):

- energia primaria in ingresso con il mix combustibile: 1.367 GWh;
- energia termica lorda prodotta: 272 GWh;
- energia elettrica lorda prodotta: 378 GWh.

Tali valori possono essere considerati come riferimento per la situazione di funzionamento a regime delle due linee attualmente in esercizio.

Centrale di Lamarmora. È composta da tre gruppi di cogenerazione e da una caldaia semplice con le seguenti potenze termiche nominali:

- gruppo 1 84 MW
- gruppo 2 87 MW

- gruppo 3 130 MW
- caldaia semplice 58 MW

La potenza elettrica lorda è di circa 139 MW. Tali impianti possono essere tutti alimentati con gas naturale o olio combustibile denso (OCD); il gruppo 3 può utilizzare come combustibile anche il carbone. Nell'anno 2001 è stato raggiunto un coefficiente di utilizzo pari a circa l'85%. Le prestazioni della centrale possono essere così riassunte:

- energia primaria in ingresso con il *mix* di combustibili: 1.735 GWh;
- energia termica immessa in rete: 926 GWh;
- energia elettrica lorda prodotta: 476 GWh.

Centrale Nord. È composta da due gruppi di cogenerazione a ciclo diesel (25 MW elettrici e 60 MW termici) e da caldaie semplici per una potenza di oltre 107 MW termici. Nell'anno 2001 la centrale cogenerativa non ha funzionato; pertanto, tutti i parametri che caratterizzano le prestazioni sono quindi nulli.

Nella **Tabella 2.4**, infine, si riportano i dati fondamentali relativi alle trasformazioni energetiche relative alle tre centrali sopra descritte e le fonti energetiche primarie impiegate.

Tabella 2.4 – *Caratteristiche prestazionali e fonti primarie delle centrali bresciane ASM.*

| Centrale | Tipologia di generazione | Rendimento elettrico medio (%) | Rendimento termico medio ²³ (%) | Combustibili impiegati |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|------------------------|
| Lamarmora | Ciclo Rankine (1,2) ²⁴ | 18 | 72 | OCD + metano |
| | Ciclo Rankine (3) | 28 | 62 | OCD+metano+carbone |
| Termoutilizzatore | Ciclo Rankine | 28 | 57 | RSU |
| Centrale nord | Ciclo Diesel | 40 | 40 | OCD |

2.3.3 Logica ASM di risposta alla domanda di energia

La logica di funzionamento del sistema di produzione di energia termica ed elettrica è influenzata da numerosi fattori tecnici ed economici: richiesta di calore dalla rete di teleriscaldamento, esigenza di garantire i minimi tecnici, grado di affidabilità degli impianti, costo dei combustibili, richiesta di energia elettrica (quest'ultima risulta peraltro influenzata dalle nuove regole introdotte a seguito della liberalizzazione del mercato elettrico).

Se da un lato la produzione di energia termica è legata alla copertura del fabbisogno della rete di teleriscaldamento, la cui unica fonte generatrice è costituita dagli impianti ASM con il conseguente obbligo di garantire la copertura dei carichi, la copertura del fabbisogno elettrico può, almeno entro certi limiti, essere effettuata dalla produzione propria o acquistando energia da terzi.

Per quanto riguarda la produzione del calore, la strategia oggi seguita vede il TU, dal momento che deve assolvere al servizio di smaltimento e recupero dei rifiuti, funzionante in continuo per tutto l'anno alla potenza nominale (salvo i periodi di manutenzione). L'energia termica prodotta viene di norma integralmente utilizzata come copertura del fabbisogno di base del teleriscaldamento nel periodo invernale, mentre nel periodo estivo, quando la richiesta della rete è limitata a circa 40 MW per la sola produzione di acqua calda sanitaria, le due linee vengono messe in manutenzione alternativamente e l'eventuale vapore eccedente il

²³ I dati indicati differiscono da quelli riportati nel testo in quanto sono relativi ai rendimenti che si manifestano con il pieno impiego dell'energia termica co-generata.

²⁴ La centrale Lamarmora è formata da tre gruppi caratterizzati da diverse prestazioni.

carico sopra indicato viene ulteriormente espanso in turbina (per massimizzare la produzione di energia elettrica) e successivamente condensato con smaltimento in atmosfera del calore residuo.

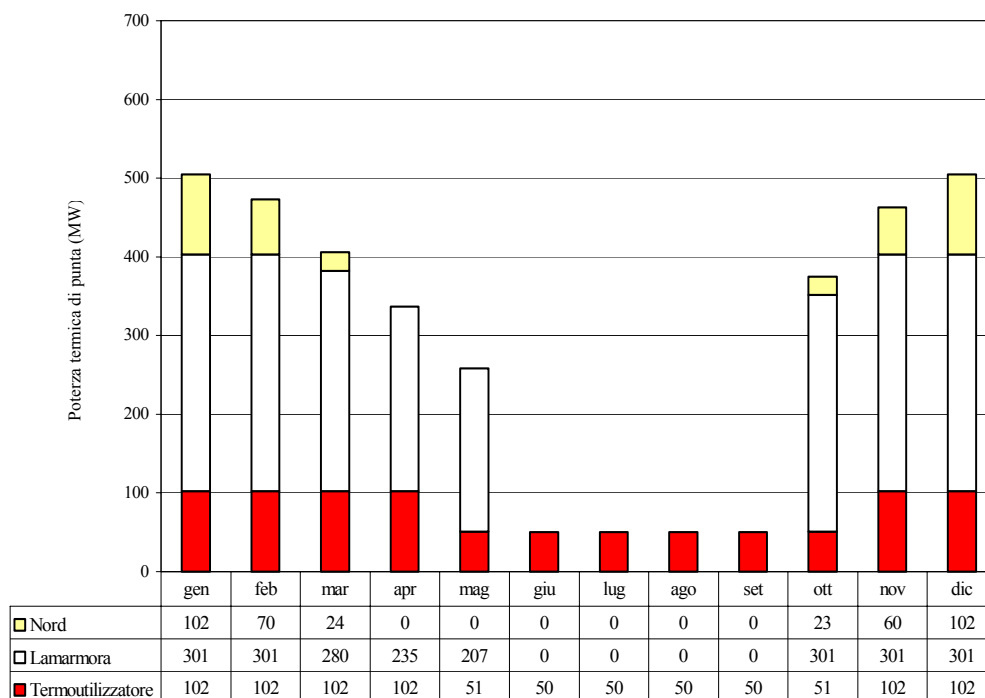
Per la centrale di Lamarmora, dal punto di vista della copertura del fabbisogno termico della rete, la logica di funzionamento prevede l'attivazione dei diversi gruppi con il seguente ordine di priorità (compatibilmente con la disponibilità degli stessi):

- gruppo 3: migliore rendimento elettrico;
- gruppi 1 e 2: minor rendimento elettrico;
- caldaia semplice: peggiore sfruttamento dell'energia primaria in ingresso con il minor risparmio di combustibile per assenza di cogenerazione.

In funzione della domanda di energia elettrica la centrale Lamarmora può venire parzialmente attivata anche indipendentemente dalla richiesta termica, in particolare d'estate o nelle mezze stagioni. In particolare, il gruppo 3 presenta un rendimento elettrico adeguato e quindi può consentire la produzione di energia elettrica a costi competitivi, anche senza il recupero termico. Infine la centrale Nord viene utilizzata nei periodi più freddi, quando il fabbisogno termico non è coperto con altri impianti o in caso di indisponibilità di altre unità o di manutenzioni straordinarie.

La **Figura 2.2** sintetizza lo schema stagionale medio di copertura del fabbisogno termico al momento attuale. Come si può notare gli impianti di cogenerazione possono funzionare tutti a piena potenza per circa 5-5,5 mesi all'anno mentre, gli impianti termici semplici intervengono per circa 3-3,5 mesi a copertura delle punte invernali.

Figura 2.2 - Utilizzo dei diversi impianti nel corso dell'anno (riferimento:2001).



2.3.4 Fonti energetiche fossili

Per quanto riguarda i diversi combustibili utilizzati nelle centrali termoelettriche di tipo cogenerativo localizzate entro i confini comunali, nella **Tabella 2.5** è riportata la suddivisione per tipologia. Come si può osservare, per quanto riguarda i combustibili tradizionali si è avuto un aumento progressivo delle quantità di carbone e una contemporanea diminuzione di olio combustibile denso (OCD), mentre il consumo di gas naturale ha avuto un andamento altalenante. A partire dal 1998, quindi, l'entrata in funzione del TU ha portato con sé due fondamentali effetti:

- una quota parte dell'energia è stata generata a partire da combustibili rinnovabili (i rifiuti);
- è notevolmente aumentata la produzione di energia utile (+ 65% per l'energia elettrica e +16% per l'energia termica, come risulterà evidente nel paragrafo successivo).

Tabella 2.5 – Combustibili utilizzati per la produzione di energia elettrica (valori espressi in GWh in termini di potere calorifico).

| Anno | RSU/Biomasse | Carbone | OCD | Gas naturale | Totale |
|------|--------------|---------|-----|--------------|--------|
| 1997 | 0 | 891 | 525 | 366 | 1.782 |
| 1998 | 478 | 894 | 525 | 300 | 2.197 |
| 1999 | 968 | 1.001 | 485 | 225 | 2.679 |
| 2000 | 1.093 | 1.331 | 430 | 125 | 2.979 |
| 2001 | 1.298 | 1.195 | 528 | 113 | 3.134 |

2.3.5 Fonti energetiche rinnovabili²⁵

Nel comune di Brescia sono in atto diverse iniziative che fanno capo al concetto di città sostenibile; tra queste vi è anche la valorizzazione delle fonti rinnovabili locali e diffuse sul territorio. Oltre all'impiego di rifiuti e biomasse, si segnala quindi la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici per complessivi 96 kW_p²⁶ connessi alla rete di distribuzione e installati negli ultimi anni su tetti di edifici, tra cui un impianto fotovoltaico dimostrativo della potenza di 30 kW_p presente presso la sede ASM di via Lamarmora, che nel periodo 1997-2001 hanno prodotto i quantitativi di energia riassunti nella **Tabella 2.6**.

Inoltre sono in fase di ultimazione altri 3 impianti per un totale di 21 kW_p che porteranno, a breve, la potenza installata a 117 kW_p.

Tabella 2.6 – Energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici ASM.

| Anno | kW _p | MWh elettrici |
|------|-----------------|---------------|
| 1997 | 9 | 6,9 |
| 1998 | 69 | 11,0 |
| 1999 | 96 | 69,3 |
| 2000 | 96 | 83,9 |
| 2001 | 96 | 84,1 |

La produzione annua media è di circa 850 kWh/kW_p, con valori massimi di 1.000 kWh/kW_p per gli impianti meglio esposti, con pannelli orientati a sud ed inclinati di 30°. Questo valore

²⁵ Vengono qui citate le fonti rinnovabili diverse dalle biomasse e rifiuti. In particolare i secondi sono considerati tali dal *Decreto Bersani*. Il tema della rinnovabilità dei RSU, di notevole importanza per le analisi energetiche e le relative strategie, sarà considerato, tra le altre cose, dal nuovo TC 343 CEN (Comitato Tecnico n. 343 del Comitato Europeo di Normazione) che in Italia è seguito dal CTI (Comitato Termotecnico Italiano; www.cti2000.it) per conto dell'UNI.

²⁶ kW di picco, ovvero potenza elettrica resa disponibile dal collettore solare con una radiazione solare di 1 kW/m² (valore massimo raggiunto nelle ore centrali delle giornate limpide).

può essere considerato come indice massimo del contributo energetico della tecnologia fotovoltaica per la zona di Brescia.

Non vi sono invece dati disponibili sulla diffusione di eventuali sistemi solari attivi di tipo termico (collettori solari) e delle relative produzioni²⁷.

Data la situazione del mercato nazionale delle rinnovabili e i meccanismi di incentivazione in atto (certificati verdi, tetti fotovoltaici ecc.), si prevede che in futuro si assisterà a un incremento dell'impiego di queste fonti sul territorio bresciano, in particolare grazie alla nuova linea del TU a biomasse e all'installazione di sistemi per la captazione e l'impiego dell'energia solare elettrici e/o termici^{28,29}.

²⁷ A riguardo di questa tecnologia va evidenziato che i sistemi fotovoltaici connessi alla rete elettrica consentono – in funzione del loro rendimento - una buona utilizzazione della fonte solare, in quanto l'energia prodotta alimenta direttamente i carichi elettrici di competenza o viene riversata in rete. Peraltro, come evidenziato in più parti del Rapporto, i consumi elettrici delle utenze civili e del terziario sono in continuo aumento e rappresentano una parte di primaria importanza del bilancio energetico. La resa dei sistemi solari termici, invece, è strettamente legata alla curva di carico dell'utenza specifica (normalmente da attribuire alla produzione di acqua sanitaria): conseguentemente, i risultati globali di ogni impianto sono legati alla buona progettazione e corretto inserimento del medesimo. In aggiunta, la presenza della rete di teleriscaldamento rende meno interessante questa fonte nell'ambito cittadino, in quanto la disponibilità di energia termica nel corso del periodo primaverile - estivo (cioè quanto la fonte solare è realmente disponibile) è particolarmente elevata grazie alla presenza del TU che funziona in continuo. Ciò nonostante si ritiene, per tutta una serie di aspetti legati anche alla necessità di aumentare la “coscienza” energetica della popolazione, che gli impianti solari termici possano trovare un loro ruolo soprattutto per quelle utenze non convenientemente collegabili alla rete ASM e dove i consumi di acqua a bassa temperatura sono particolarmente elevati.

²⁸ L'ASM è attualmente impegnata anche nel progetto comunitario ZEN (*Zero Emission Neighbourhoods*) che prevede l'installazione di ulteriori sistemi fotovoltaici per complessivi 45 kW_p che interesseranno 85 unità abitative.

²⁹ Nel Capitolo 6 si considerano le motivazioni alla base di un eventuale programma di diffusione dell'uso delle energie rinnovabili.

3 BILANCIO ENERGETICO

3.1 PREMESSE

In generale, l'analisi di un bilancio energetico si basa sull'acquisizione di dati e informazioni relative ai consumi di energia fornita all'utenza da reti urbane (energia elettrica, teleriscaldamento e gas) e ai consumi di fonti non da rete (prodotti petroliferi e combustibili solidi). I primi sono normalmente ottenibili dai tabulati delle concessionarie del pubblico servizio o delle aziende municipalizzate o speciali che forniscono il servizio; i secondi dall'Ufficio Tecnico di Finanza dipendente dal Ministero delle finanze, dai distributori, dai depositi urbani e provinciali delle società petrolifere e dai grossisti.

Risulta inoltre opportuno ripartire le informazioni con il seguente criterio:

- per vettori: energia elettrica; combustibili per autotrazione; gas naturale; gasolio; GPL e olio combustibile;
- per settori: civile (terziario, domestico, Pubblica Amministrazione); trasporti; industria e agricoltura.

Nel presente caso, l'analisi per vettori e per settori viene riportata relativamente agli ultimi cinque anni (1997-2001), in quanto si ritiene che questo periodo temporale possa rappresentare un intervallo sufficientemente ampio in relazione all'evoluzione socio-economica del territorio. Inoltre, il bilancio viene impostato con particolare riferimento alle fonti fisse civili e industriali e ai trasporti sia pubblici che privati.

3.2 ENERGIA ELETTRICA

Per il reperimento delle informazioni necessarie si è fatto riferimento a dati ASM ed ENEL che vengono di seguito disaggregate per tipo di utenza (illuminazione pubblica, usi domestici, settore industriale e terziario).

Nelle **Tabelle 3.1 e 3.2** e nelle **Figure 3.1 e 3.2** viene evidenziato l'andamento dei quantitativi di energia elettrica immessa in rete in relazione ai fabbisogni di energia finale delle varie utenze. È evidente la forte incidenza del terziario e dell'industria che complessivamente superano, in tutto il periodo considerato, l'85% del consumo energetico complessivo. Inoltre, va osservato come le utenze di tipo industriale ad alta tensione (AT) rappresentino una percentuale superiore al 60% dei consumi totali, mentre, a titolo di confronto, i consumi domestici sono limitati a meno del 10%.

L'industria, quindi, è la componente più energivora il che conferma il carattere fortemente industriale del Comune.

Tabella 3.1 – Energia elettrica immessa nella rete della Città di Brescia (valori assoluti).

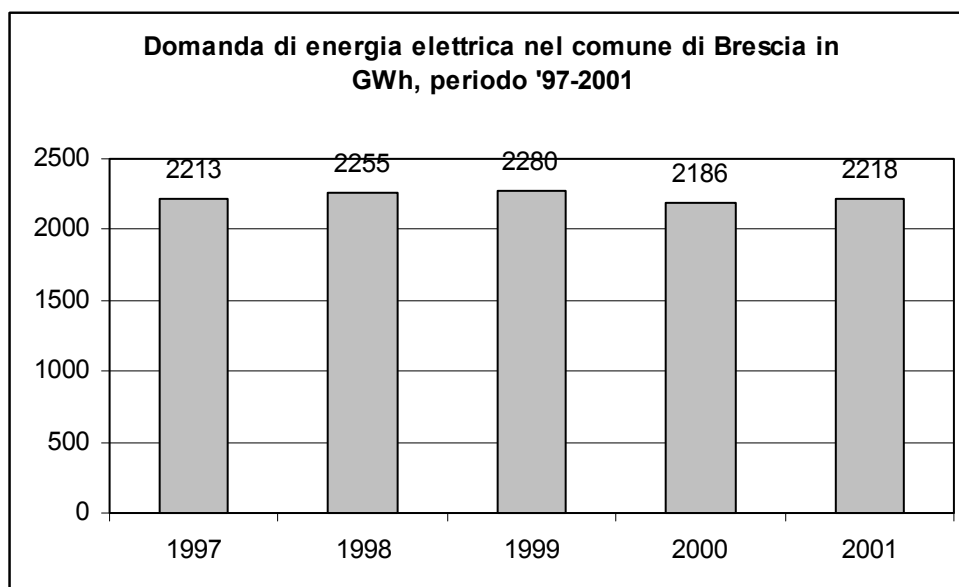
| Anno | EE totale immessa in rete (GWh/anno) | Di cui perdite (GWh/anno) | Consumi (GWh/anno) | | | |
|------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | | Illuminazione pubblica | Utenza domestica | Piccola industria e terziario (MT/BT) | Utenze industriali (AT) |
| 1997 | 2.241 | 28 | 22 | 197 | 553 | 1.441 |
| 1998 | 2.303 | 48 | 22 | 201 | 563 | 1.470 |
| 1999 | 2.325 | 45 | 24 | 208 | 587 | 1.461 |
| 2000 | 2.269 | 83 | 20 | 209 | 585 | 1.372 |
| 2001 | 2.288 | 70 | 20 | 209 | 617 | 1.372 |

Tabella 3.2 – Energia elettrica immessa nella rete della Città di Brescia (valori percentuali).

| Anno | EE totale immessa in rete (%) | Di cui perdite (%) | Consumi (%) | | | |
|------|-------------------------------|--------------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | | Illuminazione pubblica | Utenza domestica | Piccola industria e terziario (MT/BT) | Utenze industriali (AT) |
| 1997 | 100 | 1,2 | 1,0 | 8,8 | 24,7 | 64,3 |
| 1998 | 100 | 2,1 | 1,0 | 8,7 | 24,4 | 63,8 |
| 1999 | 100 | 1,9 | 1,0 | 8,9 | 25,2 | 62,8 |
| 2000 | 100 | 3,7 | 0,9 | 9,2 | 25,8 | 60,5 |
| 2001 | 100 | 3,1 | 0,9 | 9,1 | 27,0 | 60,0 |

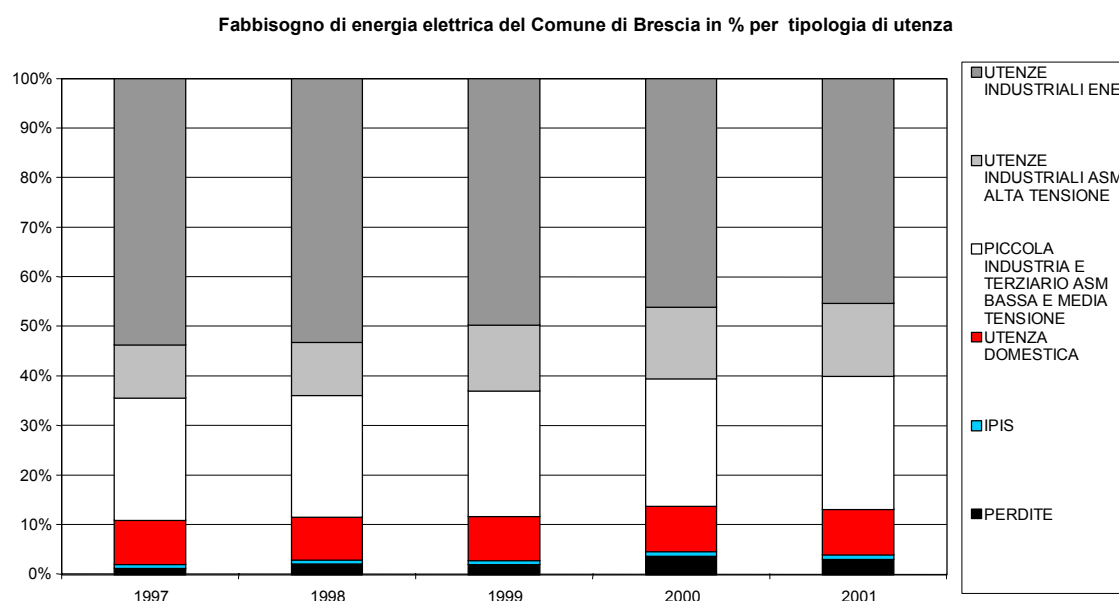
La **Figura 3.1** riporta la somma dei consumi di energia finale (quindi al netto delle perdite) con riferimento ai settori illuminazione pubblica, utenze domestiche, piccola industria e terziario, industria. Parte dell'energia in AT viene fornita da ASM (mediamente il 30%) e parte da ENEL/GRTN³⁰ (complemento al 100%; **Figura 3.2**).

Figura 3.1 - Domanda di elettricità del Comune di Brescia.



³⁰ Si stima che, negli ultimi anni (2000 e 2001), il fabbisogno richiesto alla rete ENEL/GRTN sia dovuto a solo due industrie del settore metallurgico che nel 2001 hanno assorbito circa 1.035 GWh.

Figura 3.2 - Ripartizione percentuale in funzione dell'utenza della domanda di elettricità.



Per quanto riguarda l'andamento temporale dell'energia immessa in rete, si nota che, complessivamente, negli ultimi cinque anni vi è stato un aumento di 47 GWh; se, invece, si guarda la somma degli usi finali, tale aumento è di soli 5 GWh³¹. In particolare, l'andamento ha registrato un incremento massimo del 2,8% nel 1998 rispetto al 1997 e un decremento pari a circa allo 0,2% nel 2000 rispetto al 1999.

In base a quanto osservato, non è immediato estrapolare la tendenza di crescita dei consumi per il futuro, in quanto esaminando i dati disaggregati per singola utenza negli ultimi cinque anni si nota che non si sono avuti andamenti uniformi.

Un'analisi più approfondita (**Figura 3.3**), comunque, mette in evidenza come escludendo i consumi industriali in AT, i consumi di tutti gli altri settori siano in crescita con un ritmo di circa 25 GWh/anno (mediamente il 3,1% di tutto il comparto a bassa tensione, pari all'1,3% dei consumi totali).

Si sottolinea come la maggior parte dell'energia elettrica richiesta dalla città venga prodotta al di fuori del territorio comunale (**Tabella 3.3**). Si nota, comunque, il graduale e forte incremento dell'energia prodotta nell'ambito del territorio in esame grazie alla completa messa in esercizio del Termoutilizzatore che ha raggiunto il pieno regime di funzionamento nel 2001. Come si può osservare, il TU ha consentito di aumentare la quota di produzione comunale sul fabbisogno totale dal 17% al 34%. Di fatto la produzione ASM in Brescia è raddoppiata nel quinquennio preso come riferimento e il quadro del contributo delle singole centrali è illustrata nella **Tabella 3.4**.

³¹ I due incrementi, dell'energia immessa in rete e di quella consumata, sono calcolati come differenza dei relativi dati riferiti al 2001 e al 1997.

Figura 3.3 – Incremento dei consumi totali di energia elettrica rispetto 1997 (spezzata irregolare) a confronto con i consumi globali senza l'inclusione dei consumi di energia AT dell'industria (spezzata regolare).

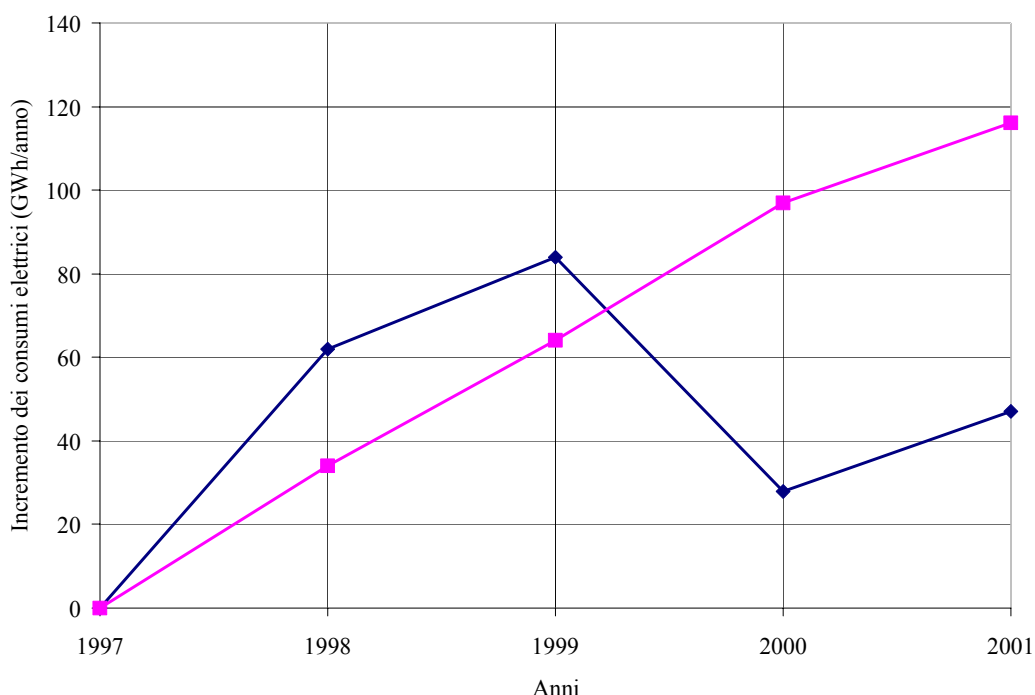


Tabella 3.3 – Ripartizione territoriale della produzione di energia elettrica.

| Anno | Fabbisogno di energia elettrica totale (GWh) | Energia elettrica da impianti ASM a Brescia (GWh) | Energia elettrica da impianti esterni a Brescia (GWh) | Copertura del fabbisogno (%) |
|------|--|---|---|------------------------------|
| 1997 | 2.213 | 381 | 1.860 | 17 |
| 1998 | 2.255 | 474 | 1.829 | 21 |
| 1999 | 2.281 | 635 | 1.691 | 28 |
| 2000 | 2.186 | 725 | 1.544 | 33 |
| 2001 | 2.218 | 757 | 1.531 | 34 |

Tabella 3.4 – Energia elettrica prodotta dagli impianti ASM nel territorio comunale.

| Anno | Produzione totale (GWh) | Termoutilizzatore (GWh) | Lamarmora (GWh) | Centrale Nord (GWh) |
|------|-------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
| 1997 | 381 | 0 | 374 | 7 |
| 1998 | 474 | 94 | 380 | 0 |
| 1999 | 635 | 245 | 390 | 0 |
| 2000 | 725 | 278 | 444 | 3 |
| 2001 | 757 | 336 | 421 | 0 |

Oltre all'aumento del contributo del TU, è complessivamente incrementata anche la produzione di energia della centrale policombustibile Lamarmora³², mentre, si è praticamente annullata la produzione della centrale Nord³³, utilizzata, di fatto, per la sola produzione di calore³⁴ ai fini della copertura dei picchi invernali della rete di teleriscaldamento o di energia elettrica in caso di indisponibilità degli altri impianti.

³² Trattasi della centrale ASM più efficiente in termini elettrici.

³³ Centrale più inquinante soprattutto in termini di NO_x e polveri.

³⁴ Con caldaie semplici.

3.3 ENERGIA TERMICA

3.3.1 Premesse

L'analisi dei flussi di energia termica viene condotta considerando:

- il calore fornito dalla rete di teleriscaldamento;
- la fornitura di gas naturale;
- la fornitura di gasolio³⁵.

Le informazioni relative alle tre voci di cui sopra per gli ultimi 5 anni sono sintetizzate nella **Tabella 3.5** e nella **Figura 3.4**. La fornitura globale di calore è dell'ordine dei 2.700 GWh/anno corrispondenti a circa 232.000 t equivalenti di petrolio (tep) in termini di energia finale (circa 300.000 tep/anno in termini di energia primaria). Nel quinquennio analizzato tale fabbisogno è aumentato del 14%, pari a un incremento medio del 3,6% all'anno. Mediamente, il 60% del carico è stato coperto dal gas naturale, il 38% dalla rete di teleriscaldamento e il rimanente 2% dal gasolio.

Di seguito vengono analizzate nel dettaglio le tipologie di utenze servite dai singoli vettori.

Tabella 3.5 – *Sommatoria dell'energia termica offerta in risposta alla domanda delle diverse utenze presenti sul territorio comunale (calore immesso nella rete di teleriscaldamento e contenuto energetico dei combustibili utilizzati sul territorio comunale per le utenze di tipo fisso).*

| Anno | GWh termici |
|------|---------------------|
| 1997 | 2.362 |
| 1998 | 2.584 |
| 1999 | 2.772 |
| 2000 | 2.674 ³⁶ |
| 2001 | 2.700 |

3.3.2 Rete di teleriscaldamento³⁷

I dati salienti relativi agli ultimi 5 anni sono riportati nelle **Tabelle 3.6** e **3.7** dalle quali risulta evidente come l'utenza residenziale sia quella più importante (mediamente il 58% del calore erogato). Seguono utenze ospedaliere (8% circa), industriali (3-4% circa) e artigianali (2-3% circa), altre utenze (27-28%),

In relazione alla caratteristiche tecniche delle centrali di produzione e della rete di distribuzione, si osserva come la quasi totalità dell'energia termica (oltre il 99%) provenga dagli impianti di cogenerazione³⁸.

L'attuale grado di copertura della volumetria servita è attualmente pari a circa il 65% del totale e pur essendo non distante dai limiti tecnico - economici imposti dai costi di

³⁵ Altri vettori, quali il GPL, non vengono considerati sia per la mancanza di dati, sia per la presunta esiguità dei relativi valori.

³⁶ Per gli anni 2000 e 2001 il consumo di gasolio, non disponibile per gli anni 2000 e 2001, è stato considerato pari a quello relativo al 1999.

³⁷ Oltre al servizio di teleriscaldamento va ricordato anche quello di teleraffreddamento sempre gestito da ASM che – attraverso reti e impianti appositi – è caratterizzato da una potenza installata di 10 MW_f (sostanzialmente ottenuti con macchine elettriche) e da una produzione energetica di 7,2 GWh_f (dati 2001). Considerando un COP medio (Coefficiente di Prestazione) di 3,5-4 ciò corrisponde a un consumo di energia primaria di circa 7-8 GWh/anno, quindi trascurabile rispetto a quella impiegata per il riscaldamento degli edifici. Si tratta, comunque, di un servizio in espansione e con caratteristiche energetiche di grande interesse.

³⁸ Di fatto le caldaie semplici vengono utilizzate per coprire le punte di richiesta che risultano confinate in ambiti temporali ristretti.

distribuzione e allacciamento, ha tuttora un significativo margine di sviluppo soprattutto nelle zone periferiche (villaggi Sereno, Violino, Badia, Folzano, Fornaci), solo di recente raggiunte dalla rete di distribuzione, e nelle nuove zone residenziali di futura realizzazione (quartiere S. Polino; Centro fiera, Comparto Milano, Borgo Würer ecc.).

Figura 3.4 – Copertura nel quinquennio analizzato dei carichi termici con i diversi vettori. Da sinistra a destra: consumo totale, teleriscaldamento, gas naturale e gasolio.

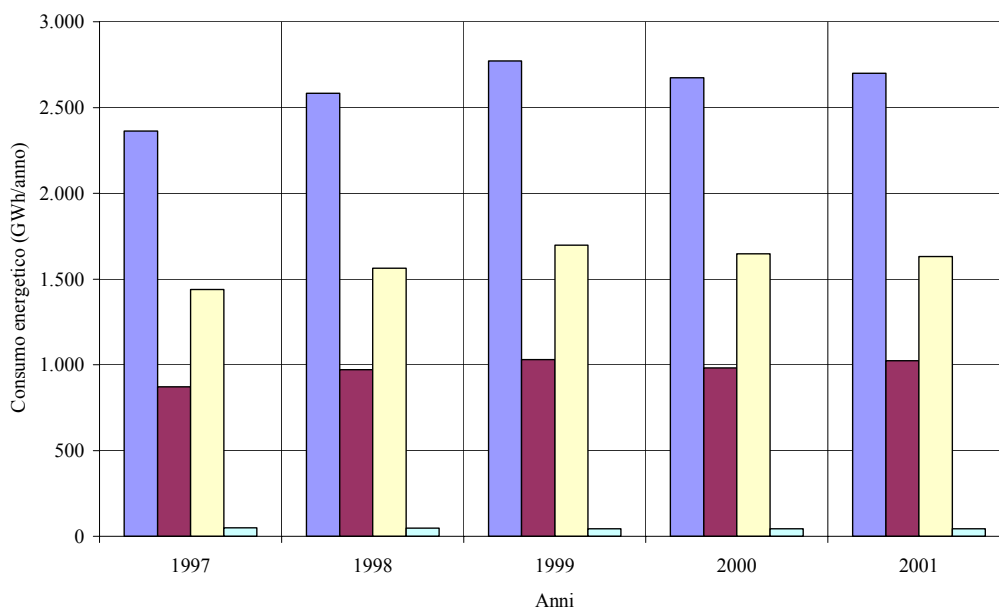


Tabella 3.6 – Energia immessa nella rete di teleriscaldamento.

| Anno | Energia immessa in rete ³⁹ (GWh) | Numero di utenze allacciate | Migliaia di m ³ serviti |
|------|--|--------------------------------|------------------------------------|
| 1997 | 1.013 | 7.821 | 29.072 |
| 1998 | 1.118 | 8.722 | 30.099 |
| 1999 | 1.176 | 9.704 | 31.026 |
| 2000 | 1.141 | 10.482 | 31.830 |
| 2001 | 1.214 | 11.324 | 32.568 |

Nella **Figura 3.5** è evidenziato l'andamento nel tempo della volumetria servita a partire dal 1972 fino al 2001 e la relativa stima al 2006. Dal 1972 l'incremento della volumetria è stato quasi costante (mediamente 1,1 Mm³/anno⁴⁰ con una flessione a circa 0,8 Mm³/anno negli ultimi anni) e per il 2012 si prevede di servire una volumetria di circa 37-38 Mm³⁴¹. In aggiunta, nelle **Tabelle 3.7** e **3.8** si riportano:

- gli impianti di produzione del calore e il loro contributo relativo alla copertura del fabbisogno;
- la disaggregazione per settore di utenza.

³⁹ La fornitura di calore è relativa all'intera rete, quindi è riferita alle utenze interne al comune e a quelle pertinenti ad altri comuni limitrofi. Queste ultime, comunque, sono trascurabili rispetto alle prime.

⁴⁰ Mm³ = milioni di m³.

⁴¹ Ciò in coerenza con il Piano Regolatore 2002 del Comune di Brescia che per il 2012 prevede un incremento della superficie lorda calpestabile di circa 2,2 Mm² (da suddividersi in circa 1,27 Mm² per il settore residenziale; 0,32 Mm² per il terziario e la rimanente parte per il terziario caratterizzato da superfici superiori ai 2.500 m² e il settore produttivo).

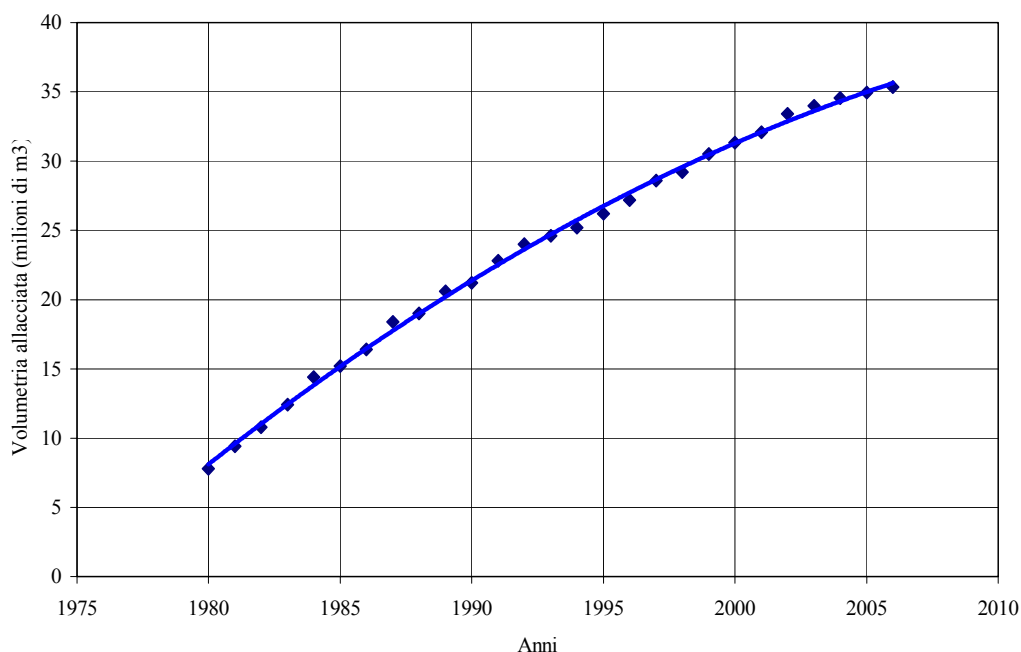
Tabella 3.7 – Energia immessa nella rete di teleriscaldamento (valori in GWh/anno).

| Anno | Impianti combinati ⁴² | Impianti semplici ⁴³ | Totale prodotto | Imnesso in rete | Erogato ⁴⁴ |
|------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| 1997 | 1.109 | 25 | 1.134 | 1.013 | 872 |
| 1998 | 1.172 | 51 | 1.223 | 1.118 | 971 |
| 1999 | 1.277 | 23 | 1.299 | 1.176 | 1.029 |
| 2000 | 1.393 | 30 | 1.423 | 1.141 | 983 |
| 2001 | 1.390 | 28 | 1.418 | 1.214 | 1.023 |

Tabella 3.8 – Energia erogata dalla rete di teleriscaldamento per categorie di utenza (valori in GWh/anno).

| Anno | Utenze domestiche | Utenze Ospedaliere | Utenze Artigianali | Utenze Industriali | Altri usi | Totale Erogato |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|----------------|
| 1997 | 502 | 69 | 23 | 35 | 243 | 872 |
| 1998 | 565 | 79 | 23 | 33 | 271 | 971 |
| 1999 | 599 | 83 | 25 | 36 | 287 | 1.029 |
| 2000 | 580 | 72 | 32 | 31 | 267 | 983 |
| 2001 | 588 | 89 | 32 | 36 | 279 | 1.023 |

Figura 3.5 – Volumetria degli edifici allacciata alla rete di teleriscaldamento. L'andamento fino al 2001 è quello reale, mentre quello compreso tra il 2002 e il 2006 è la stima introdotta nel Capitolo 6 per la definizione dei consumi energetici futuri⁴⁵.



⁴² Produzione combinata di energia termica ed elettrica.

⁴³ Sola produzione di energia termica a mezzo di caldaie semplici.

⁴⁴ In base a dati ASM, le perdite delle rate di teleriscaldamento si assestano intorno al 15%.

⁴⁵ In linea, come sopra evidenziato, con il Piano Regolatore 2002 del comune di Brescia.

3.3.3 Gas naturale e gasolio⁴⁶

Nonostante la capillare penetrazione del teleriscaldamento il gas naturale copre ancora gran parte della domanda di energia termica del comune di Brescia (circa il 60%). La fornitura ASM rappresenta circa il 1'80-82% del totale erogato, mentre la rimanente parte è fornito dalla SNAM Rete Gas (**Tabella 3.9**).

La **Tabella 3.10** riporta la totalità del consumo pertinente ai due settori fondamentali “uso civile” e “deroghe”; inoltre la **Tabella 3.11** riporta i corrispondenti valori in termini di energia. Si nota che gli usi civili e quelli relativi alle piccole aziende rappresentano la maggior parte della fornitura ASM, mentre i settori caratterizzati da consumi di superiore entità (grandi aziende) rappresentano la totalità della copertura SNAM Rete Gas.

Tabella 3.9 – Volume di gas fornito annualmente da SNAM Rete gas e ASM (valori in Mm³)

| Anno | Totale gas naturale erogato da ASM | Gas naturale erogato da SNAM ⁴⁷ (Utenze industriali) |
|------|------------------------------------|---|
| 1997 | 121 | 30 |
| 1998 | 134 | 30 |
| 1999 | 148 | 30 |
| 2000 | 143 | 30 |
| 2001 | 141 | 30 |

Tabella 3.10 – Volume di gas fornito annualmente (valori in migliaia di m³)

| Anno | Totale erogato nell'area comunale da ASM | Uso civile | Deroghe ⁴⁸ |
|------|--|------------|-----------------------|
| 1997 | 120.907 | 96.600 | 28.307 |
| 1998 | 133.921 | 97.943 | 35.978 |
| 1999 | 148.007 | 102.308 | 45.699 |
| 2000 | 142.644 | 93.825 | 48.819 |
| 2001 | 141.162 | 91.719 | 49.443 |

Tabella 3.11 – Energia termica da gas naturale, valori in GWh/anno.

| Anno | Gas naturale erogato da ASM ⁴⁹ | | | Gas naturale erogato da SNAM Rete Gas (utenze industriali) | Totale fabbisogno |
|------|---|-------------------------------|-----------------------|--|-------------------|
| | Usi civili e piccole aziende | Usi industriali e ospedalieri | Totale erogato da ASM | | |
| 1997 | 883 | 270 | 1.153 | 286 | 1.439 |
| 1998 | 934 | 343 | 1.277 | 286 | 1.563 |
| 1999 | 976 | 436 | 1.411 | 286 | 1.697 |
| 2000 | 895 | 465 | 1.360 | 286 | 1.646 |
| 2001 | 875 | 471 | 1.346 | 286 | 1.632 |

La restante quota di domanda (il 2% circa) di energia termica del Comune viene coperta grazie alla fornitura di gasolio, i cui valori sono riportati nella **Tabella 3.12** in termini energetici. Come evidente, il contributo è ridotto e tende a diminuire nel tempo a favore dell'energia termica distribuita dalla rete di teleriscaldamento.

⁴⁶ I dati relativi al presente paragrafo riguardano la fornitura di gas naturale presso le utenze (che impiegheranno opportuni bruciatori in loco) e non comprende, invece, il consumo di gas presso le centrali a servizio della rete di teleriscaldamento.

⁴⁷ I dati SNAM Rete Gas sono stimati.

⁴⁸ Quantitativi ceduti ai prezzi riservati ai grandi consumatori.

⁴⁹ Questi dati sono disponibili suddivisi per le seguenti categorie di utenza: cottura cibi; riscaldamento individuale; riscaldamento centralizzato; usi comunali; usi tecnologici e altri usi ma solo per l'intera rete di distribuzione che copre anche i comuni limitrofi a quello di Brescia. I consumi delle utenze del Comune rispetto all'intero bacino servito da ASM sono pari a circa il 50%.

Tabella 3.12 – Energia termica da gasolio, valori in GWh/anno.

| Anno | Gasolio |
|------|---------|
| 1997 | 51 |
| 1998 | 49 |
| 1999 | 45 |
| 2000 | 45 |
| 2001 | 45 |

3.4 TRASPORTI

I movimenti delle persone mettono in rilievo le note situazioni di centralità – perifericità e descrivono modelli e stili di vita che incidono sia sul bilancio energetico, sia, soprattutto, su quello ambientale.

Per quanto riguarda il Comune di Brescia, il quadro informativo oggi disponibile non è del tutto sufficiente per definire un adeguato set di indicatori idoneo per valutare compiutamente la situazione della mobilità e le tendenze in atto con particolare riferimento alla pressione ambientale⁵⁰. Nondimeno, alcuni indicatori derivati da indagini effettuate nel passato, da statistiche inerenti le autovetture circolanti e i consumi di carburante aggiornati annualmente su base nazionale, consentono di definire il senso delle principali tendenze in atto, unitamente agli indicatori relativi alle componenti ambientali più significative (qualità dell'aria e rumore in primo luogo).

Ritenendo doveroso affrontare l'argomento, nel presente Rapporto l'incidenza dei trasporti sul bilancio energetico viene in parte desunta da dati ASM e in parte stimata sulla base di informazioni rilevate da studi pregressi⁵¹ e da dati medi rilevabili nella bibliografia specializzata. Non è risultato tuttavia possibile, proprio per la mancanza di informazioni omogenee tra loro, tenere conto delle variabilità nel quinquennio 1997-2001.

Per quello che riguarda i trasporti urbani (**Tabella 3.13**), a esempio, sulla base di un consumo medio di 0,51 dm³/km⁵², è possibile stimare un fabbisogno energetico medio pari a 2.750 t/anno di gasolio. Per quello che riguarda i servizi di pulizia e raccolta rifiuti, invece, dati analoghi consentono di valutare in 2.300 t/anno il fabbisogno medio in termini di gasolio equivalente. Il settore pubblico dei servizi⁵³, quindi, comporta un consumo indicativo di circa 5.000 t/anno di gasolio, pari circa 62 GWh di energia primaria⁵⁴.

⁵⁰ Se da un lato si ritiene che i dati oggi disponibili non siano sufficienti per tracciare un quadro dettagliato dello stato di fatto; dall'altro, occorre riconoscere che la Città di Brescia si distingue per l'elevato numero di iniziative mirate alla definizione di questa problematica e alla ricerca di soluzioni migliorative (alcune delle quali vengono di seguito citate).

⁵¹ In modo particolare, lo studio ASM "Identificazione di un piano strategico per la riduzione di emissioni di CO₂ nei paesi del sud Europa" (Thermie Type B Program, aprile 2000) e lo studio ASM "Analisi del ciclo di vita (LCA) comparativa per scenari di mobilità della Città di Brescia in vista della nuova metropolitana leggera" (aprile 2001).

⁵² Dato medio rilevato sulla base di numerosi test svolti in primarie città italiane.

⁵³ Limitatamente ai settori considerati che comunque si ritengono i più importanti.

⁵⁴ Nella conversione si è considerato un contenuto energetico di 1,05 tep per t di gasolio equivalente al fine di tenere conto dei consumi di trasformazione del greggio e dei trasporti al luogo di utilizzo.

Tabella 3.13 – Trasporti pubblici nel Comune di Brescia.

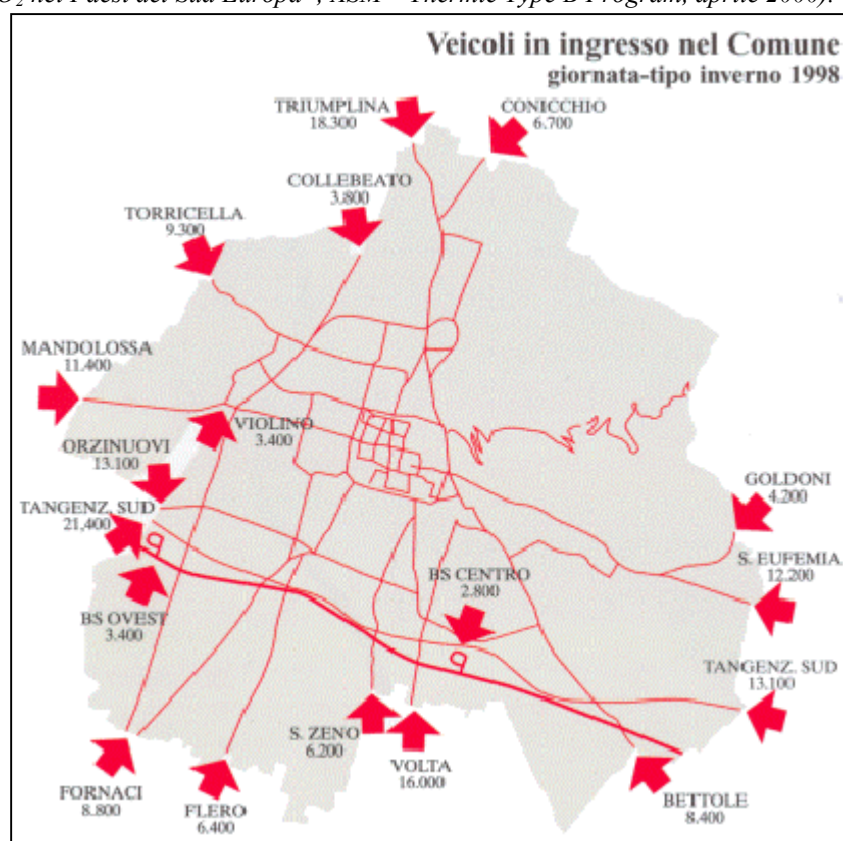
| Anno | Percorrenza totale relativa alle linee urbane (migliaia di km) | Passeggeri trasportati (migliaia di unità) |
|------|--|--|
| 1997 | 6.502 | 28.540 |
| 1998 | 6.464 | 30.364 |
| 1999 | 6.556 | 30.147 |
| 2000 | 6.608 | 31.061 |
| 2001 | 6.571 | 31.526 |

Più complessa, invece, è la stima dei consumi energetici relativi al traffico privato. Il flusso veicolare complessivo in ingresso e uscita del territorio comunale viene valutato su medie giornaliere dell'ordine dei 500.000 veicoli⁵⁵. Su questo totale, si valuta che traffico giornaliero in transito all'interno della città⁵⁶ sia dell'ordine dei 161.000 veicoli⁵⁷.

Sulla base di queste informazioni e tenendo conto dei consumi medi delle diverse classi di mezzi si è costruita la **Tabella 3.14** che porta a stimare il consumo dei veicoli privati circolanti in città in 362.000 t/anno di gasolio equivalente, corrispondente a un consumo annuo di energia primaria di 4.400 GWh.

Si noti come questa voce sia la più consistente tra quelle fino a qui analizzate.

Figura 3.6 - Veicoli in ingresso nel comune (fonte: "Identificazione di un piano strategico per la riduzione di emissioni di CO₂ nei Paesi del Sud Europa", ASM – Thermie Type B Program, aprile 2000).



⁵⁵ L'incidenza del tratto autostradale viene stimato in 10.000 veicoli/ora.

⁵⁶ Su strade diverse dal tratto autostradale.

⁵⁷ Informazioni evidenziate dallo studio ASM - Thermie, aprile 2000.

Tabella 3.14 – *Stima dei consumi del traffico veicolare.*

| <i>Tipo veicolo</i> | <i>Fattore di consumo in dm³/km</i> | <i>Migliaia di km/anno</i> | <i>Migliaia di dm³/anno</i> |
|---------------------|--|----------------------------|--|
| Benzina | 0,094 | 3.200.220 | 301.291 |
| GPL | 0,095 | 129.713 | 12.323 |
| Diesel | 0,162 | 995.169 | 161.217 |

3.5 OSSERVAZIONI

A livello qualitativo, considerando i flussi di elettricità e calore (trasporti esclusi), si nota che il bilancio energetico della città di Brescia è fortemente caratterizzato dalla presenza di sistemi di tipo cogenerativo che consentono un impiego più efficiente dell'energia primaria associata ai diversi combustibili.

Sulla base dei bilanci qui riportati è possibile valutare i rendimenti medi lordi di produzione su base annua elettrico e termico pari rispettivamente al 28 e al 45%⁵⁸. Ciò significa che, a partire da 1 MJ di energia primaria, vengono ricavati circa 280 kJ elettrici e 450 kJ termici.

Considerando che il rendimento medio nazionale di generazione elettrica è pari circa al 39% e che il rendimento termico medio di una caldaia domestica di tipo tradizionale può essere posto pari al 75%, è possibile quantificare il beneficio in termini di risparmio di energia primaria in ingresso a parità di energia elettrica e termica disponibile. Infatti, utilizzando i sistemi tradizionali per ricavare 280 kJ elettrici 450 kJ termici occorrerebbero rispettivamente 718 kJ e 600 kJ e di energia primaria. In totale – quindi - 1,318 MJ contro il valore unitario del sistema cogenerativo. In conclusione, si può affermare che, in funzione delle ipotesi fatte e dei dati a disposizione, l'efficienza del sistema cogenerativo di Brescia consente un risparmio di oltre il 24% rispetto alle prestazioni medie del *mix* nazionale.

In aggiunta, l'introduzione del TU ha fatto in modo che i rifiuti assumessero un ruolo fondamentale nel bilancio energetico del comune di Brescia. Sulla base del funzionamento a regime, si osserva che tale contributo sia pari rispettivamente a circa 4.672 TJ/anno (da intendersi come energia primaria in ingresso; dato ASM per l'anno 2001). Ciò corrisponde, in termini di energia primaria, ad un risparmio pari a circa 112.000 tep/anno.

Nel complesso e con riferimento ai dati 2001, il fabbisogno energetico della città è sintetizzato nella **Tabella 3.15**.

Si stima un contributo delle fonti rinnovabili pari a circa all'11,3%⁵⁹.

⁵⁸ Valutati come rapporto tra l'energia elettrica o termica complessivamente prodotta dalle centrali di tipo cogenerativo ASM su base annuale e l'energia primaria totale in ingresso sempre nell'arco di un anno. La valutazione è stata condotta sulla base dei dati ASM relativi all'anno 2001.

⁵⁹ Dati dalla somma del contributo delle fonti rinnovabili utilizzate con gli impianti ASM all'interno e all'esterno dei confini del comune di Brescia; si rimanda anche alle note successive.

Tabella 3.15 – *Quadro riassuntivo dei consumi di energia primaria del comune di Brescia suddivisi per categorie di vettori energetici.*

| <i>Tipo di approvvigionamento energetico e relativa destinazione</i> | <i>Totale in energia primaria (GWh/anno)</i> | <i>Incidenza sul consumo energetico totale (%)</i> |
|--|--|--|
| Combustibili rinnovabili utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 1.298 ⁶⁰ | 9,8 |
| Combustibili fossili ⁶¹ utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 7.438 ^{62,63} | 56,4 |
| Combustibili per trasporti pubblici e privati | 4.462 | 33,8 |
| <i>Totale</i> | <i>13.198</i> | <i>100,0</i> |

⁶⁰ Ottenuti da RSU.

⁶¹ Sostanzialmente carbone, OCD e gas naturale.

⁶² Del totale, 3.920 GWh/anno sono da attribuire alla produzione di energia elettrica prodotta al di fuori dei confini comunali considerando un approvvigionamento elettrico di 1.529 GWh/anno e un rendimento medio di generazione del 39%; inoltre 1.677 GWh/a sono da attribuire alla combustione di gas naturale e gasolio in caldaie semplici.

⁶³ In questa sede viene assunto che l'energia elettrica importata venga prodotta quasi totalmente con gli impianti ASM operanti al di fuori dei confini del comune di Brescia e descritti nel Capitolo 2.3. In realtà, dei 7.438 GWh di energia primaria, circa 205 GWh equivalenti (2,8%, pari all'1,5% sul totale generale di 13.198 GWh/anno) sono da attribuire agli impianti idroelettrici e a biogas ASM che nel 2001 hanno immesso in rete circa 80 GWh elettrici.

4. BILANCIO AMBIENTALE

4.1 PREMESSE

Per svolgere l'analisi ambientale di un sistema, è necessario definire, oltre ai dati necessari per le valutazioni i seguenti aspetti: confini del sistema studiato; assunzioni semplificative, limiti dello studio e più parametri di riferimento per poter confrontare in modo omogeneo i risultati⁶⁴.

Premesso ciò, il presente Rapporto considera lo stato dell'arte dei livelli di emissione generati per soddisfare il fabbisogno energetico del comune di Brescia con riferimento nell'anno 2001, in quanto l'analisi dell'andamento nel quinquennio 1997-2001 non risulta fattibile per la mancanza di numerose informazioni⁶⁵.

4.2 CENTRALI DI TIPO COGENERATIVO

Lo scenario attuale relativo alle emissioni in atmosfera determinate dal sistema di produzione ASM sono basate sui dati consuntivi ASM che sono sintetizzati nella **Tabella 4.1**.

Risulta chiara la strategia ASM che mira, oltre a seguire un criterio di massima efficienza, a ridurre il funzionamento delle centrali ritenute più inquinanti.

Tabella 4.1 – Dati consuntivi delle emissioni del sistema ASM per l'anno 2001.

| Impianto | EE ⁶⁶ immessa in rete nel 2001 (GWh) | ET ⁶⁷ immessa in rete nel 2001 (GWh) | NO _x (t/anno) | SO ₂ (t/anno) | Polveri (t/anno) | CO ₂ (t/anno) |
|-----------------------------|---|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| TU | 336 | 264 | 224,6 | 67,1 ⁶⁸ | 0,5 | 0 |
| Lamarmora – gruppi 1, 2 e 3 | 421 | 922 | 1.103,6 | 1.400,8 | 31,5 | 562.102 |
| Caldaie semplici | 0 | 28 | 9,3 | 11,9 | 0,1 | 6.954 |
| Nord | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totale | 757 | 1.214 | 1.337,5 | 1.479,8 | 32,1 | 569.056 |

⁶⁴ Le categorie di impatto, sono quelle universalmente definite dai maggiori istituti mondiali che si occupano di analisi del ciclo di vita di determinati processi o prodotti e di effetti climatici a scala planetaria. Tra questi istituti si ricordano, a esempio: CML, EPA, IPCC, WMO ed ECO 99. Tra le diverse categorie particolarmente importanti sono le seguenti: effetto serra, l'impoverimento dello strato di ozono stratosferico; acidificazione, eutrofizzazione, odori, occupazione del suolo, consumo di risorse non rinnovabili, cambiamenti climatici, effetti mutageni, tossicità ed ecotossicità e riduzione delle risorse (derivanti dall'estrazione di minerali e di combustibili fossili). Un indicatore particolarmente idoneo per il Rapporto è la CO₂ equivalente, anche alla luce degli obiettivi di Kyoto cui si è fatto cenno nella parte introduttiva.

⁶⁵ Di fatto l'analisi storica sarebbe agevole per i soli impianti ASM per i quali si conosce l'andamento nel tempo del *mix* di combustibili utilizzati. Viceversa, ben poco si può dire a riguardo degli altri impianti di combustione e del traffico, a meno di introdurre dei coefficienti di variazione legati ai trend nazionali. Al fine di ridurre le incertezze si preferisce quindi fare riferimento ai dati 2001 che in realtà rappresentano un valore mediato del triennio 1999-2001 in quanto alcune informazioni (es.: consumo di gas industriale e livello di traffico) sono in realtà stimate.

⁶⁶ Energia elettrica.

⁶⁷ Energia termica.

⁶⁸ Per il termoutilizzatore il valore di emissione di SO₂ tiene conto anche delle emissioni di HCl.

4.3 ENERGIA ELETTRICA

Il bilancio elettrico della città di Brescia vede il contributo sia della rete nazionale che degli impianti ASM ubicati nell'ambito dei confini comunali il cui contributo in termini di emissioni atmosferiche è stato valutato nel paragrafo precedente. Per quanto riguarda l'elettricità importata (1.529 GWh/anno) occorre invece fare riferimento alle emissioni relative all'insieme di centrali termoelettriche che caratterizzano il sistema nazionale⁶⁹ (**Tabella 4.2**).

Tabella 4.2 – Valutazione delle emissioni relative alla generazione di energia elettrica prelevata dalla rete e prodotta al di fuori del Comune (anno 2001).

| Sistema energetico di riferimento | Emissioni (t/anno) | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------|---------|-----------------|
| | NO _x | SO ₂ | Polveri | CO ₂ |
| Energia elettrica da rete esterna | 1.834,8 | 3.363,8 | 305,8 | 963.270 |

4.4 ENERGIA TERMICA

4.4.1 Teleriscaldamento

Avendo attribuito le emissioni delle centrali cogenerative interamente alla produzione di energia elettrica, il bilancio delle emissioni relativo alla produzione energia termica viene posto pari a zero. Va tuttavia valutato l'impatto ambientale delle caldaie di tipo semplice che nel 2001 hanno prodotto 28 GWh di calore.

4.4.2 Gas naturale e gasolio

Come visto in precedenza il gas naturale copre più della metà del fabbisogno di energia termica di Brescia (1.632 GWh nel 2001), mentre il consumo di gasolio è molto ridotto (45 GWh nel medesimo anno). Le relative emissioni sono stimate nella **Tabelle 4.3**⁷⁰.

Nella **Tabella 4.4**, infine, vengono riportate le emissioni totali da attribuire alla generazione di energia termica.

Tabella 4.3 – Stima delle emissioni degli impianti a metano e gasolio (anno 2001).

| Sistema energetico di riferimento | NO _x (t/anno) | SO ₂ (t/anno) | Polveri (t/anno) | CO ₂ (t/anno) |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Impianti a gas naturale | 228,5 | 2,4 | 0,82 | 326.400 |
| Impianti a gasolio | 6,3 | 15,3 | 0,18 | 12.150 |
| Totale impianti di combustione | 234,8 | 17,7 | 1,00 | 338.550 |

⁶⁹ Nei paragrafi precedenti è stato assunto che la quasi totalità dell'energia elettrica prelevata dalla rete provenga dagli impianti ASM ubicati al di fuori dei confini comunali. Le emissioni di questi ultimi sono da considerare in linea con quelle del *mix* nazionale i cui valori, per le finalità del Rapporto, sono stati valutati in base alla banca dati AIREs messa a punto dall'Istituto di ricerche *Ambiente Italia* per analizzare le emissioni connesse alle varie attività presenti su un territorio.

⁷⁰ Valutazioni effettuate in base alla banca dati AIREs.

Tabella 4.4 – Stima delle attuali emissioni derivanti dalla produzione di energia termica nell'anno 2001 (non vengono considerati gli impianti di cogenerazione in quanto le relative emissioni sono state contabilizzate a carico della produzione di energia elettrica).

| Impianto | NO _x (t/anno) | SO ₂ (t/anno) | Polveri (t/anno) | CO ₂ (t/anno) |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Caldaie semplici del sistema ASM | 9,5 | 11,9 | 0,1 | 6.954 |
| Impianti di combustione non appartenenti al sistema ASM | 234,8 | 17,7 | 1,0 | 338.550 |
| Totale impianti di combustione | 244,3 | 29,6 | 1,1 | 345.504 |

4.5 TRASPORTI

Per le analisi di tipo ambientale vengono normalmente utilizzati gli strumenti del progetto COPERT e della metodologia CORINAIR⁷¹ che si basano sulla valutazione dei fattori di emissione medi in termini di massa d'inquinante emessa per unità di percorrenza (g/km). Tali coefficienti dipendono principalmente dai seguenti fattori:

- tipo di carburante (benzina, gasolio e GPL);
- tipo di veicolo (motociclo, autovettura, veicolo commerciale leggero o pesante ecc.);
- velocità media di percorrenza o tipo di strada percorsa (urbana, extraurbana, autostrada);
- cilindrata del motore per i veicoli passeggeri e portata nel caso di veicoli commerciali;
- anno di costruzione del veicolo.

I fattori di emissione possono dipendere anche dalla pendenza media del tratto di strada e dall'effettivo carico nel caso di veicoli commerciali pesanti.

La determinazione delle emissioni stradali è legata quindi alla composizione del parco veicoli circolanti che varia nel tempo e può differire anche significativamente rispetto al parco medio nazionale.

Nel presente Rapporto si fa riferimento alle informazioni emerse con uno studio in corso presso l'ASM che si basa sui metodi sopra citati e, per la sola emissione di CO₂, ai risultati conseguiti con lo studio ASM - Altener⁷². Come composizione del parco circolante è stata adottata quella relativa ai veicoli immatricolati a livello nazionale e riferita all'anno 1998.

Le stime attuali sono riassunte nella **Tabella 4.5**.

⁷¹ Un ulteriore strumento è il programma TREFIC III, un programma di calcolo delle emissioni inquinanti da traffico stradale, sviluppato da ARIANET S.r.l., sulla base della metodologia COPERT. Tale programma è attualmente in fase di applicazione presso il Comune di Brescia; come dati di input si considerano quelli provenienti dalla rete di rilevamento del traffico gestita dalla società Brescia Trasporti, rielaborati con l'ausilio di un modello di traffico presso l'Università di Brescia.

⁷² Va segnalato che i dati considerati sono notevolmente inferiori a quelli valutati nel *Rapporto sulla qualità dell'aria per il 2001* redatto dall'ARPA di Brescia che considera per NO_x, SO₂ e polveri una emissione complessiva, rispettivamente, di 2.840, 233 e 165 t/anno. Sia lo studio citato nel testo che quello ARPA utilizzano per le stime dei modelli matematici che si basano su emissioni specifiche degli automezzi e su flussi medi del traffico giornaliero sulle diverse tipologie di strade. Ne consegue che una piccola variazione di questi parametri si riflette in evidenti differenze sui consuntivi annuali. In questa sede si preferisce prendere in considerazione i dati più ridotti. Si sottolinea, comunque, la necessità di procedere ad ulteriori studi – coinvolgendo tutti gli attori attualmente impegnati sul tema - in modo da meglio valutare l'effettivo apporto del traffico all'inquinamento cittadino.

Tabella 4.5 – Stima delle emissioni del traffico veicolare.

| Tipo di strada | Emissioni (t/anno) | | | |
|-------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------|
| | NO _x | SO ₂ | Polveri | CO ₂ |
| Autostrada | 838,4 | 8,5 | 34,5 | 1.247.600 |
| Tangenziale | 167,8 | 1,7 | 7,0 | |
| Urbane | 206,7 | 2,9 | 13,8 | |
| Extra - urbane | 750,2 | 6,3 | 31,5 | |
| Totale trasporti | 1.963,1 | 19,4 | 86,8 | 1.247.600 |

4.6 OSSERVAZIONI

La stima delle emissioni totali dell'intero Comune di Brescia sono riportate nella **Tabella 4.6**.

È possibile osservare quanto segue:

- le maggiori emissioni di NO_x sono da attribuire agli impianti per la produzione di energia elettrica (59% del totale). Di queste il 58% (34% rispetto al totale⁷³) sono relative agli impianti posti al fuori dei confini del Comune. Seguono i trasporti (37%) e in misura sostanzialmente minore la generazione di energia termica con caldaie semplici (poco più del 4%);
- le emissioni di SO₂ e di polveri sono dovute sostanzialmente alla produzione di energia elettrica, di cui, rispettivamente, il 69 e il 72% sono da attribuire all'energia prodotta al di fuori dei confini comunali;
- le emissioni di CO₂ sono da attribuire soprattutto alla produzione di energia elettrica (49% di cui il 63% è relativo all'energia importata) e al traffico veicolare (40%).

È quindi evidente il sostanziale contributo all'impatto ambientale complessivo derivante dalla produzione di energia elettrica importata nei confini comunali e dal traffico veicolare.

Tabella 4.6 – Stima delle emissioni atmosferiche totali per soddisfare il fabbisogno energetico del comune di Brescia (anno 2001).

| Fonte | Emissioni (t/anno) | | | |
|--|--------------------|-----------------|--------------|------------------|
| | NO _x | SO ₂ | Polveri | CO ₂ |
| Produzione di energia elettrica e termica ⁷⁴ | 3.163,0 | 4.831,7 | 337,8 | 1.525.372 |
| Produzione di energia termica con caldaie semplici ⁷⁵ | 244,3 | 29,6 | 1,1 | 345.504 |
| Trasporti | 1.963,1 | 19,4 | 86,8 | 1.247.600 |
| Totale emissioni | 5.370,4 | 4.880,7 | 425,7 | 3.118.476 |

⁷³ Il 25% delle emissioni totali di NO_x, quindi, vanno attribuite al sistema ASM che produce energia termica in cogenerazione in ragione di 1,6 unità energetiche per ogni unità di energia elettrica prodotta. Nel caso di generazione separata, quindi, le emissioni sarebbero notevolmente superiori. Questo tipo di osservazione è applicabile anche a tutte le altre emissioni qui discusse.

⁷⁴ Sistema ASM posto all'interno dei confini del Comune più energia elettrica importata.

⁷⁵ Caldaie alimentate a gasolio o gas naturale.

5. SCENARI AL 2006

5.1 – BILANCIO ENERGETICO

5.1.1 Considerazioni di base

L'anno 2006 è stato scelto come anno di riferimento per le condizioni a regime relative allo scenario futuro per il quale il principale evento di carattere energetico – ambientale previsto con sicurezza consiste nella messa in esercizio della linea a biomasse ASM⁷⁶.

Ricordando i punti salienti emersi con l'analisi energetica dell'attuale situazione, ovvero che:

- i settori nel complesso più energivori sono quelli industriale e dei trasporti⁷⁷;
- il più grande consumatore di energia elettrica risulta essere il settore industriale i cui fabbisogni sono strettamente connessi all'andamento congiunturale;
- tra i grandi consumatori di energia termica si distingue il settore domestico che risulta legato all'andamento demografico⁷⁸, al programma di estensione della rete di teleriscaldamento, alle caratteristiche climatiche dell'area⁷⁹ ed energetiche degli edifici,

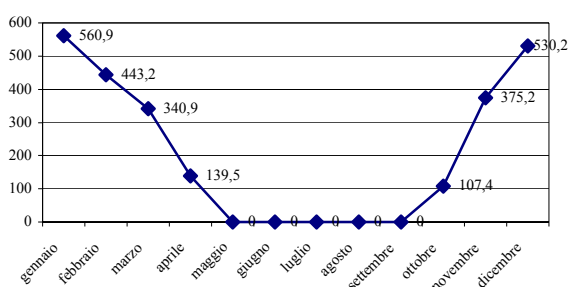
⁷⁶ La realizzazione della linea a biomasse è stata formalizzata dalla Giunta comunale con la Delibera 70 del 30.1.2002 che definisce i combustibili che potranno essere utilizzati (scarti vegetali, residui della lavorazione del legno e delle fibre tessili, residui della lavorazione del tabacco e della carta, fanghi delle acque reflue e dell'industria cartaria e oleosa, pollina di allevamenti avicoli) e una serie di interventi aggiuntivi (in particolare, lo smantellamento dei gruppi diesel della centrale Nord e la riduzione delle emissioni della centrale Lamormora). In aggiunta ASM dovrà corrispondere al Comune un importo annuo di 5 Euro per t di biomassa utilizzata.

⁷⁷ I trasporti rivestono un ruolo fondamentale anche nei confronti della qualità dell'aria cittadina, specie se si considera che l'impatto ambientale attribuito all'elettricità prodotta al di fuori dei confini comunali è di fatto rilasciato in località diverse.

⁷⁸ In base ai dati provvisori dell'ultimo censimento della popolazione, si evince che mentre la popolazione residente all'interno del territorio provinciale ha subito una crescita di quasi del 6% nel decennio 1991-2001, quella residente all'interno del territorio comunale ha subito un decremento di circa il 3%. Infatti, i residenti a Brescia nel 1991 e nel 2001 erano rispettivamente 194.502 e 187.865. In aggiunta, il numero di componenti per famiglia è passato, sempre a livello provinciale e con riferimento agli stessi anni, da 2,7 a 2,5: trend che trova conferma anche nell'incremento del numero delle abitazioni occupate (da 373.190 a 429.751 unità). Se questa evoluzione dovesse essere riscontrata in futuro, ciò potrebbe riflettersi in un incremento delle utenze domestiche per la rete di teleriscaldamento. Si ritiene, tuttavia, che tale osservazione non sia sufficiente per ipotizzare un incremento del corrispondente consumo energetico comunale che, come visto, è influenzato in modo prevalente dalle attività industriali presenti sul territorio.

⁷⁹ Mentre il fabbisogno di energia elettrica è fortemente condizionato dall'attività industriale, il fabbisogno di energia termica dipende dalle caratteristiche quali - quantitative delle utenze e dalle peculiarità climatiche dell'area in esame. I dati statistici ASM relativi a Brescia evidenziano un valore medio di gradi giorno (mediato sugli ultimi 50 anni) pari a 2.497 (**Figura 5.1**). Si segnala che i valori di gradi giorno rilevati negli ultimi 5 anni sono inferiori rispetto ai valori medi riportati che, pertanto, sono da considerarsi cautelativi.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei gradi-giorno mediati nel periodo 1950-2000.



alle abitudini degli utenti e ai potenziali interventi di risparmio energetico⁸⁰ che si vorranno adottare.

Partendo da tali considerazioni, si ritiene di prevedere l'entità del fabbisogno energetico per l'anno 2006 con le modalità che seguono.

- *Elettricità*. Viene mantenuto costante il consumo in AT delle utenze industriali registrato nel 2001, mentre per tutti gli altri settori⁸¹ viene applicato un aumento di 25 GWh/anno (pari a circa l'1% dei consumi elettrici totali); le perdite, dal canto loro, vengono mantenute sui livelli di quelle registrate nel 2001.
- *Energia termica*. Viene mantenuto costante l'incremento registrato negli ultimi 5 anni per i consumi di gas naturale (193 GWh in più nel 2001 rispetto al 1997, pari a 38,6 GWh/anno) e mantenuto costante il consumo di gasolio (45 GWh). Infine, viene considerata la previsione ASM di espansione della volumetria allacciata⁸² (**Tabella 5.1**).

Tabella 5.1 – Stima degli incrementi dei consumi di energia termica.

| Anno | Programmi di aumento volumetria riscaldata (m ³) | Volumetria totale riscaldata ⁸³ (migliaia di m ³) | Volumetria totale riscaldata ⁸⁴ a Brescia (migliaia di m ³) |
|------|--|--|--|
| 2002 | 650.000 | 33.744 ⁸⁵ | 33.406 |
| 2003 | 600.000 | 34.344 | 34.000 |
| 2004 | 550.000 | 34.894 | 34.544 |
| 2005 | 400.000 | 35.294 | 34.940 |
| 2006 | 400.000 ⁸⁶ | 35.694 | 35.337 |

- *Trasporti*. Viene mantenuto costante il consumo 2001 ipotizzando che gli interventi migliorativi (diminuzione dei consumi energetici specifici per autoveicolo a seguito del rinnovo del parco, aumento del trasporto collettivo, politiche mirate) contrastino quello della massa di mezzi circolante⁸⁷. Questa ipotesi di base, in un certo senso ambiziosa,

⁸⁰ Nel presente Rapporto non vengono considerate le caratteristiche degli edifici del territorio comunale. Sarebbe invece opportuno censire gli edifici in funzione dell'epoca di costruzione e delle loro caratteristiche fisico - energetiche (spessori, materiali ecc). In particolare, sarebbe utile definire le classi di trasmittanza media delle unità abitative esistenti e di quelli in corso di realizzazione o progettazione. Tali considerazioni permetterebbero di valutare la convenienza a procedere a interventi di risparmio energetico e di riqualificazione edilizia.

⁸¹ A riguardo dei consumi elettrici residenziali vanno ricordate anche le campagne ASM per la diffusione degli apparecchi di cottura ad induzione che permettono, in concomitanza dell'utilizzo del teleriscaldamento, di eliminare l'uso del gas metano dalle abitazioni a tutto vantaggio del risparmio energetico e della sicurezza. A esempio, un piano di cottura ad induzione è caratterizzato da un rendimento energetico del 90% contro valori del 55 e 50% rispettivamente del piano elettrico convenzionale (a resistenza) e a gas (fornelli).

⁸² Si rimanda al Capitolo 4 per ulteriori dettagli.

⁸³ Tutta la rete.

⁸⁴ Pari al 99% di quella totale.

⁸⁵ Si considera una volumetria riscaldata di 33.093.740 m³ per il 2001.

⁸⁶ Le previsioni ASM si limitano al 2005. Per il 2006 viene quindi considerata una espansione pari a quella dell'anno precedente.

⁸⁷ Questa ipotesi dovrebbe essere meglio valutata con approfondimenti specifici. Non disponendo di dati particolareggiati per Brescia, è interessante segnalare come il parco circolante in Italia sia costituito da quasi 40 milioni di auto passeggeri, 3 milioni e 250 mila veicoli commerciali e quasi 5 milioni tra motocicli e ciclomotori (ANPA, 2000). In Italia nel 1998 sono state immatricolate circa 2,4 milioni di nuove vetture contro 0,53 milioni di nascite (4,4 nuove autovetture per nascita). Il 28,2% dei chilometri percorsi dalle auto passeggeri avviene in ambiente urbano, mentre per i veicoli commerciali (leggeri, pesanti e autobus) questa percentuale è del 21,5 che sale al 60% per i motocicli e al 70% per i ciclomotori. Secondo i rapporti "Ecosistema urbano" di Legambiente (edizioni 2000 e 2001), la densità automobilistica costituisce uno degli elementi più critici per le città italiane e distingue l'Italia nel panorama mondiale. Brescia si pone ai vertici, con 70 vetture ogni 100 abitanti (1998) in un contesto nazionale che varia tra 88 (Aosta) e 45 (Venezia). Altro indice significativo è il consumo di benzine e gasolio da trazione. I consumi pro capite (kg di petrolio equivalente nel 1998) nei capoluoghi di provincia sono

viene qui sostanzialmente posta come un obiettivo da raggiungere per conseguire una effettiva sostenibilità dell'ambito cittadino⁸⁸.

Con l'ipotesi di lavoro introdotta per il traffico non si considerano, quindi, gli effetti derivanti con la eventuale realizzazione della metropolitana leggera (metrobus⁸⁹). Tale assunzione è giustificata dal fatto che difficilmente saranno conseguibili dei risultati parziali tangibili⁹⁰ entro il 2006.

5.1.2 Energia elettrica e termica

Applicando i criteri sopra esposti al fabbisogno di energia elettrica e termica si ottengono le stime dei relativi andamenti nel tempo e che sono illustrati nelle **Tabelle 5.2** e **5.3**.

Tabella 5.2 – *Stima degli incrementi dei consumi annui di energia elettrica.*

| Anno | Consumi in AT (GWh) | Consumi in BT-MT (GWh) | Perdite (GWh) | Totale (GWh) |
|------|------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 2002 | 1.372 | 871 | 70 | 2.313 |
| 2003 | 1.372 | 896 | 70 | 2.338 |
| 2004 | 1.372 | 921 | 70 | 2.363 |
| 2005 | 1.372 | 946 | 70 | 2.388 |
| 2006 | 1.372 | 971 | 70 | 2.413 |

Tabella 5.3 – *Stima degli incrementi dei consumi annui di energia termica.*

| Anno | Energia immessa nella rete di teleriscaldamento ⁹¹ (*) (GWh) | Gas naturale e Gasolio (GWh) | Totale (GWh) |
|------|---|------------------------------------|-----------------|
| 2002 | 1.343,0 | 1.715,6 | 3.058,6 |
| 2003 | 1.366,9 | 1.754,2 | 3.121,1 |
| 2004 | 1.388,8 | 1.792,8 | 3.181,6 |
| 2005 | 1.404,7 | 1.831,4 | 3.236,1 |
| 2006 | 1.420,6 | 1.870,0 | 3.290,6 |

aumentati del 5% rispetto all'anno precedente e mostrano un valore medio di 625 kg/abitante, oscillante tra un minimo di 323 (Enna) e un massimo di 1.312 kg (Ravenna). Brescia si distingue con 813 kgep/anno per abitante, il che evidenzia – rispetto alla elevata densità di veicoli – un consumo proporzionalmente ridotto. Questo consumo pro capite corrisponde a un consumo cittadino di circa 155 migliaia di tep (circa 1.800 GWh) e ciò non deve essere visto in contrasto con quanto stimato in sede di bilancio energetico (oltre 4.400 GWh), in quanto in questa valutazione si tiene conto anche del traffico esterno che insiste sulle strade e autostrade comunali. Mentre aumentano gli indici indicatori dell'utilizzo del mezzo privato, si assiste a livello nazionale a un continuo declino del trasporto pubblico urbano (5,5 milioni di passeggeri/km nel 1999 in meno rispetto al 1998 a livello nazionale). Sui 103 Comuni capoluoghi di provincia nel 1999 i viaggi per abitante all'anno dei mezzi pubblici sono stati 176, contro i 188 del 1998. Brescia nel 1998 si distingue con 155 viaggi per abitante/anno. In questo contesto sono fondamentali politiche mirate a una decisa inversione di tendenza nell'utilizzo del trasporto privato.

⁸⁸ Quanto riportato nella nota precedente porta a stimare che più del 50% dei consumi energetici dei trasporti è da attribuire ai veicoli extra-comunali, alla base della mobilità legata alle attività produttive. Si ritiene che gli interventi per la promozione dei trasporti collettivi vada soprattutto ad incidere in modo favorevole su questa aliquota.

⁸⁹ ASM, nell'ambito della razionalizzazione del sistema di mobilità urbana della città di Brescia, ha programmato e progettato in via preliminare la costruzione della metropolitana la cui entrata in funzione nel 2001 era prevista per l'anno 2008.

⁹⁰ Vale a dire nel contesto del presente Rapporto, che considera solo gli aspetti energetici ed ambientali derivanti dai primi. È evidente che la realizzazione anche parziale degli interventi previsti potrebbe portare a degli indubbi benefici a livello di viabilità e di altri indicatori ambientali, quali, a esempio, il livello di rumore.

⁹¹ Valore calcolato sulla base di indicazioni ASM: l'energia specifica da immettere in rete per ogni m³ allacciato è pari a 39,8 kWh (media annua).

5.1.3 Copertura del fabbisogno energetico

La dotazione delle centrali ASM risentirà entro il 2006 di due innovazioni particolarmente importanti:

- entrata in funzione della linea a biomasse⁹²;
- ammodernamento dei gruppi 1 e 2 della centrale Lamarmora⁹³.

Più nel dettaglio, si può ipotizzare che le modalità di funzionamento degli impianti di cogenerazione siano le seguenti:

- il TU funzionerà continuativamente ed a pieno carico per tutto l'anno, salvo i periodi di manutenzione che saranno concentrati nella stagione estiva. Il recupero di calore sarà massimizzato nei mesi invernali, mentre sarà tutto quello richiesto dalla rete (circa 40 MW) nei mesi estivi;
- i gruppi a cogenerazione della centrale Lamarmora verranno utilizzati per integrare il calore fornito dal termoutilizzatore a seconda della richiesta di calore della rete di teleriscaldamento e potranno inoltre essere utilizzati, in funzione dell'andamento del mercato elettrico e dei programmi di dispacciamento fissati dall'Acquirente unico nazionale, anche per la produzione semplice di energia elettrica.

Sul fronte dell'energia termica, tuttavia, va segnalato che l'incremento della volumetria servita dal teleriscaldamento richiederà probabilmente di aumentare la potenza termica disponibile oltre al contributo che sarà conseguito con l'unità a biomasse⁹⁴. Di tale esigenza si potrà tenere conto nell'ambito del progetto di ammodernamento della centrale Lamarmora.

Indicativamente, il fabbisogno della rete del teleriscaldamento all'anno 2006 è stimato in 1.421 GWh (**Tabella 5.3**) e potrebbe essere prodotto dagli impianti di generazione ASM in funzionamento cogenerativo. Tale fabbisogno sarà coperto - ipotizzando che il sistema ASM abbia, nell'anno 2006 e in assetto cogenerativo, un rendimento medio termico ed elettrico pari rispettivamente al 56 e 31% - con un utilizzo di 2.519 GWh di energia primaria.

Conseguentemente, la contemporanea produzione elettrica raggiungerà i 775 GWh. Inoltre, essendo il fabbisogno elettrico stimato per il medesimo anno pari a 2.413 GWh (**Tabella 5.2**) resterebbe da coprire una quota residua di 1.638 GWh a mezzo della generazione elettrica semplice. Ipotizzando la relativa efficienza pari al 40% risulterebbe quindi necessario l'impiego di ulteriori 4.095 GWh di energia primaria.

5.1.4 Trasporti

Previsioni generali

La stima dell'evoluzione dei consumi energetici dei trasporti si presenta particolarmente complessa e meritoria di approfondite analisi.

⁹² La costruzione della terza linea a biomasse del TU è iniziata nei primi mesi del 2002 e terminerà presumibilmente entro il 2004;

⁹³ Il Comune ha richiesto all'ASM per rivedere la tecnologia di questi impianti. Tuttavia non è ancora disponibile un piano sufficientemente dettagliato che sarà definito nei prossimi mesi. A livello qualitativo, al momento è possibile ipotizzare un incremento del consumo di gas naturale attraverso la sostituzione degli attuali impianti con cicli combinati ad alta efficienza (turbine a gas accoppiate con turbine a vapore).

⁹⁴ Circa 50 MW termici.

Come evidenziato in precedenza, le ipotesi qui introdotte si basano sull'adozione di una serie di provvedimenti che riescano a mantenere costante entro il 2006 il relativo fabbisogno energetico.

Di fatto, il possibile potenziamento delle forme di trasporto collettivo e il rinnovo dei mezzi dovrebbero, da un lato, favorire il risparmio energetico; mentre la necessaria espansione delle attività produttive, dall'altro, dovrebbe indurre un aumento dei consumi energetici.

Un ruolo non secondario, poi, avranno i seguenti fattori:

- andamento dei prezzi di mercato dei carburanti;
- espansione dell'utilizzo del gas naturale nel trasporto pubblico⁹⁵;
- realizzazione delle linee ad elevata mobilità e della metropolitana leggera già citata in precedenza.

Alla luce di queste considerazioni si ritiene ragionevole ipotizzare che il livello di consumi al 2006 si mantenga sui valori di quello del 2001, cioè di 62 GWh di energia primaria per il trasporto pubblico e di 4.400 GWh per quello privato.

Trasporto pubblico

Gli interventi previsti (metropolitana leggera) e in parte già in atto (linee ad alta mobilità) nel settore dei trasporti pubblici sono meritevoli di qualche considerazione aggiuntiva, in vista dei vantaggi sia energetici che ambientali che si attendono nel lungo termine.

In particolare, gli effetti derivanti dall'introduzione della metropolitana leggera (Metrobus) sono oggetto degli studi ASM citati più volte in precedenza⁹⁶. I vantaggi appaiono non trascurabili sia sul lato energetico che ambientale. In particolare lo Studio basato sulla tecnica LCA⁹⁷ (*life cycle analysis*) evidenzia come sia conseguibile un risparmio energetico compreso tra circa 3.700 e 6.750 tep/anno (43-78 GWh), cioè il 2-4% degli attuali consumi urbani o l'1-2% di quelli complessivi del trasporto (considerando anche i tratti autostradali).

Le linee ad alta mobilità, dal canto loro, prevedono la costruzione di sedi protette per i bus urbani in modo da incrementare la velocità media dei mezzi⁹⁸. ASM valuta un numero di passeggeri di oltre 3 milioni di unità e un risparmio complessivo (rispetto al trasporto con auto) di circa 1.800 t/anno di CO₂ il che corrisponde a un risparmio di energia primaria pari a circa 500 tep.

⁹⁵ Dal 2000 al 2001 il consumo di gasolio dei mezzi urbani è passato da circa 3.400 a 2.700 t/anno grazie all'introduzione di 31 mezzi alimentati a gas naturale il cui consumo, in soli 6 mesi a partire dal mese di agosto 2001, è salito da valori irrilevanti a oltre 480.000 m³.

⁹⁶ Il Metrobus, nella configurazione prevista da ASM, si integrerà non solo con la rete complessiva di trasporto urbano ma anche con il trasporto privato mediante una serie di parcheggi (oltre 5.500 posti) di interscambio nelle periferie e verso il centro. Il progetto prevede una linea della lunghezza complessiva di 12,5 km di cui 5,8 in galleria, 0,9 in trincea coperta e 5,8 in viadotto sopraelevato. Sono previste 17 stazioni, di cui 8 fuori terra, una in trincea superficiale e altre 8 sotterranee. La portata iniziale prevista è di circa 7.200 passeggeri/ora con convogli della lunghezza di 30 m che si alternano con intervalli compresi tra due e otto minuti. La velocità massima prevista è di 80 km/ora, quella media di oltre 35 km/ora contro le attuali medie del trasporto urbano di 17 km/ora (6 nel centro storico).

⁹⁷ *Analisi del Ciclo di Vita comparativa per scenari di mobilità della città di Brescia in vista della nuova metropolitana leggera (Metrobus)*. PriceWaterhouseCoopers – Ecobilan S.r.l., aprile 2001.

⁹⁸ Le linee ad alta mobilità si differenziano per alcuni aspetti: velocità commerciale media di circa 20 km/ora; alta frequenza e affidabilità nel rispetto degli orari; veicoli moderni; priorità agli incroci semaforici; collegamento con parcheggi di interscambio.

5.1.5 Osservazioni

Il fabbisogno energetico stimato per il 2006 è sintetizzato nella **Tabella 5.6**.

Si osserva che, rispetto al 2001:

- i consumi di energia primaria rimangono sostanzialmente stabili pur a fronte del sensibile aumento dei fabbisogni energetici;
- aumenta il contributo delle fonti rinnovabili (15% sul totale);
- il fabbisogno elettrico non coperto dal sistema cogenerativo ASM viene assicurato con centrali di generazione elettrica semplice.

Si ipotizza che il *mix* di combustibili utilizzati sia costituito da RSU, biomasse, carbone e gas naturale. Di fatto è ragionevole supporre che, sia a seguito degli interventi in corso, sia per i più restrittivi vincoli ambientali, l'impiego nel 2006 di OCD per uso termoelettrico sia marginale.

Tabella 5.6 –Quadro riassuntivo dei consumi del comune di Brescia suddivisi per categorie di vettori energetici (anno 2006) .

| <i>Tipo di approvvigionamento energetico e relativa destinazione</i> | <i>Totale in energia primaria (GWh/anno)</i> | <i>Incidenza sul consumo energetico totale (%)</i> |
|---|--|--|
| Combustibili rinnovabili utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 1.947 ⁹⁹ | 15 |
| Combustibili fossili ¹⁰⁰ utilizzati per la produzione di energia elettrica e termica | 6.537 ¹⁰¹ | 50 |
| Combustibili per trasporti pubblici e privati | 4.462 | 35 |
| <i>Totale</i> | <i>12.946</i> | <i>100</i> |

⁹⁹ RSU e biomasse.

¹⁰⁰ Sostanzialmente carbone e gas naturale.

¹⁰¹ Si prevede di coprire circa 4.000 GWh con gas naturale in impianti cogenerativi.

5.2. BILANCIO AMBIENTALE

5.2.1 Aspetti generali

Le previsioni di impatto ambientale vengono qui impostate sulla base delle seguenti assunzioni:

- livelli di emissioni delle diverse tecnologie (impianti cogenerativi, di combustione e automezzi) identici a quelle rilevate nel 2001 per quelle sorgenti che non subiranno modifiche. Tale ipotesi è conservativa in quanto sarebbe da prevedere un continuo miglioramento delle emissioni specifiche, in modo particolare dei trasporti^{102,103};
- utilizzo di gas naturale per i gruppi 1 e 2 della centrale Lamarmora (nell'ipotesi del relativo ammodernamento) e per la generazione di energia elettrica¹⁰⁴ con turbine a gas per la copertura dei fabbisogni elettrici non attualmente coperti dal sistema cogenerativo ASM;
- emissioni di CO₂ nulle per la biomassa e i RSU utilizzati nel TU;
- livelli di emissione dei *mix* nazionali di riferimento anch'essi identici ai livelli del 2001, per omogeneità con il punto precedente.

5.2.2 Energia elettrica e termica

Va subito sottolineato che il calcolo delle portate annue relative ai vari inquinanti sarà possibile solo quando verrà definito il futuro programma di riassetto delle centrali ASM. Di fatto, come già precisato più volte, non si è ancora in grado di stimare, con un sufficiente livello di affidabilità, quale sarà il fattore di utilizzo e l'energia prodotta da ciascun impianto nell'anno 2006. Tuttavia, supponendo che gli impianti abbiano delle prestazioni generali simili a quelle dell'anno 2001, è possibile fornire, a puro titolo esemplificativo, un ipotetico scenario di funzionamento, le cui emissioni, sono riportate nelle **Tabelle 5.7** e **5.8**.

Tabella 5.7 – *Stima delle emissioni del sistema ASM per l'anno 2006 (caso esemplificativo).*

| <i>Impianto</i> | <i>Energia elettrica (GWh/anno)</i> | <i>Energia termica (GWh/anno)</i> | <i>NO_x (t/anno)</i> | <i>SO₂ (t/anno)</i> | <i>Polveri (t/anno)</i> | <i>CO₂ (t/anno)</i> |
|---------------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Generazione da RSU e biomasse | 552 | 591 | 369,9 | 110,2 ¹⁰⁵ | 0,8 | 0 |
| Generazione da carbone e metano | 1.861 | 830 | 1.771 | 792 | 20,8 | 637.610 |
| <i>Totale</i> | <i>2.413</i> | <i>1.421</i> | <i>2.141</i> | <i>902</i> | <i>21,6</i> | <i>637.610</i> |

Con l'ipotesi esemplificativa introdotta è possibile notare che lo scenario 2006 potrebbe essere caratterizzato da livelli di emissione sostanzialmente inferiori rispetto a quelli dell'anno 2001; a tal proposito, si confrontino i dati sopra riportati con quelli delle **Tabelle 4.1** e **4.2**.

¹⁰² La Direttiva 1998/70/CE relativa al tenore di zolfo nei carburanti comporterà verosimilmente delle modifiche nei processi di raffinazione (desolforazione) oltre che in termini di emissioni dirette degli autoveicoli. In accordo alla Direttiva, il tenore di S dovrebbe passare dagli attuali 500 ppm ai 50 ppm entro il 2005. Assumendo che la produzione di SO₂ sia proporzionale al tenore di S, le relative emissioni dovrebbero quindi ridursi a un decimo. In aggiunta, la Direttiva 1999/125/CE relativa alle emissioni di CO₂ degli autoveicoli prevede una riduzione fino a 140 g/km di biossido di carbonio entro il 2008 per consentire l'omologazione dei veicoli. È previsto un valore intermedio di 165 g/km entro il 2003. Si stima una età media del parco circolante di 8 anni.

¹⁰³ Oltre alle considerazioni di carattere generale sopra esposte si ricorda anche il programma di metanizzazione di 31 autobus già in atto. La trasformazione dei motori diesel in motori a ciclo otto consente di ridurre le emissioni in modo significativo (soprattutto il particolato).

¹⁰⁴ I relativi fattori di emissione sono stati desunti dalla banca dati AIRES.

¹⁰⁵ Per il termoutilizzatore il valore di emissione di SO₂ riportato tiene conto anche delle emissioni di HCl.

Tabella 5.8 – Stima delle emissioni degli impianti a metano e gasolio (anno 2006; caso esemplificativo).

| <i>Sistema energetico di riferimento</i> | <i>NO_x (t/anno)</i> | <i>SO₂ (t/anno)</i> | <i>Polveri (t/anno)</i> | <i>CO₂ (t/anno)</i> |
|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Impianti a gas naturale | 241,5 | 2,6 | 0,86 | 345.000 |
| Impianti a gasolio | 6,3 | 15,3 | 0,18 | 12.150 |
| <i>Totale impianti di combustione¹⁰⁶</i> | <i>247,8</i> | <i>17,9</i> | <i>1,04</i> | <i>357.150</i> |

5.2.3 Trasporti

Sulla base delle ipotesi assunte si assume che le emissioni al 2006 siano identiche a quelle stimate per il 2001.

5.2.4 Osservazioni

La stima delle emissioni conseguenti al soddisfacimento del fabbisogno energetico dell'intero Comune di Brescia è riportata nella **Tabella 5.9**.

Rispetto alle valutazioni relative all'anno 2001 si osserva quanto segue:

- a fronte dell'incremento dei consumi globali il bilancio della CO₂ migliora sensibilmente;
- le emissioni di NO_x diminuiscono per via, soprattutto, dell'ammodernamento (conversione in ciclo combinato a gas naturale) degli impianti di produzione di elettricità.
- quelle di SO₂ e le polveri subiscono una notevole riduzione per la medesima ragione vista nel punto precedente.

In definitiva, si ritiene che pur a fronte dell'aumento dei consumi, l'impatto ambientale venga ridotto soprattutto con riferimento alla diminuzione delle emissioni acidificanti e di polveri.

Si rammenta che nella stima si è tenuto conto di un ipotetico riassetto delle centrali ASM che dovrà essere confrontato con quello che verrà effettivamente messo in essere nei prossimi anni.

Si sottolinea, infine, che il previsto contenimento delle emissioni potrà essere conseguito attraverso il ricorso intensivo alle biomasse e al gas naturale. Le buone prestazioni ambientali di quest'ultimo, in particolare, potrebbero suggerire di aumentare ulteriormente l'utilizzo di questa fonte. Tuttavia, la necessità di diversificare le fonti energetiche per motivazioni strategiche (sicurezza dell'approvvigionamento energetico, oggi fortemente dipendente dai paesi extra-comunitari) ed economiche fa ritenere più equilibrata la scelta di mantenere un *mix* di combustibili il più ampio possibile.

Tabella 5.9 – Stima delle emissioni totali derivanti dalla copertura del fabbisogno energetico del comune di Brescia (anno 2006).

| <i>Fonte</i> | <i>Emissioni (t/anno)</i> | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| | <i>NO_x</i> | <i>SO₂</i> | <i>Polveri</i> | <i>CO₂</i> |
| Produzione di energia elettrica e termica | 2.141 | 902,2 | 21,6 | 637.610 |
| Produzione di energia termica con caldaie semplici ¹⁰⁷ | 247,8 | 17,9 | 1,0 | 357.150 |
| Trasporti | 1.963,1 | 19,4 | 86,8 | 1.247.600 |
| <i>Totale emissioni</i> | <i>4.352</i> | <i>939</i> | <i>109</i> | <i>2.242.360</i> |

¹⁰⁶ L'ipotizzato aumento della capacità degli impianti di cogenerazione ASM dovrebbe coprire l'intero fabbisogno termico della rete di teleriscaldamento. Conseguentemente le emissioni da caldaie semplici viene qui attribuito agli impianti non ASM.

¹⁰⁷ Caldaie non appartenenti al sistema ASM e alimentate a gasolio o gas naturale.

6. POSSIBILITÀ DI INTERVENTO

6.1 PREMESSE

L'analisi del bilancio energetico e ambientale della città di Brescia tenendo conto delle ipotesi introdotte nel Rapporto¹⁰⁸ portano alle seguenti conclusioni generali:

- l'introduzione della linea a biomasse comporterà un sensibile aumento della produzione di energia elettrica in ambito comunale¹⁰⁹. Si ritiene che ciò sia da considerare positivamente per la maggiore stabilità dei prezzi di produzione ASM rispetto al mix nazionale¹¹⁰ il che va potenzialmente a beneficio dell'economia cittadina;
- il futuro aumento delle attività energetiche non sembrerebbe incidere sensibilmente sul bilancio ambientale che, nel complesso, dovrebbe tendere a migliorare¹¹¹;
- la linea a biomasse incrementerà notevolmente l'incidenza delle fonti rinnovabili e anche questo aspetto è in linea con le indicazioni degli Organi di governo sia dell'Unione che nazionali.

In aggiunta a quanto visto va ricordato che la programmazione del Comune già include alcuni interventi di primaria importanza e che quindi vanno considerati già acquisiti in termini decisionali:

- l'ammodernamento dei gruppi 1 e 2 della centrale Lamarmora¹¹²;
- la realizzazione della metropolitana leggera¹¹³ oltre che delle linee ad alta mobilità;
- rinnovo del parco bus per il servizio urbano e lo sviluppo della relativa metanizzazione.

L'evoluzione dello stato delle cose, quindi, parrebbe positiva anche se va subito sottolineata la necessità di procedere a ulteriori analisi, al fine di meglio comprendere il ruolo dei singoli fattori che incidono sul bilancio energetico e ambientale. Già da ora, comunque, il quadro qui analizzato offre molteplici spunti di riflessione che possono risultare utili per impostare una programmazione energetico – ambientale ancora più completa ed organica di quella attuale.

Gli argomenti che si affrontano nei prossimi paragrafi, quindi, vanno inquadrati come proposte operative che vanno ad aggiungersi alla programmazione in atto.

¹⁰⁸ Si rammenta che una delle ipotesi importanti è quella della “stabilità” del consumo energetico e dell'impatto dei trasporti.

¹⁰⁹ Nella redazione delle stime 2006 è stato previsto anche un aumento della produzione della Centrale Lamarmora.

¹¹⁰ Di fatto il mix nazionale sta pericolosamente spostando la sua dipendenza ai combustibili di tipo pregiato, mentre il sistema ASM sta aumentando la sua dipendenza nei confronti delle biomasse e di combustibili più facilmente reperibili sul mercato internazionale. Va da sé che il primo sarà più sensibile alle fluttuazioni dei prezzi di mercato dei vettori energetici.

¹¹¹ Si tratta, ovviamente, di una conclusione legata alle stime sugli inquinanti considerati e che è meritoria di ulteriori approfondimenti. Si dovrebbe, di fatto, considerare un maggiore numero di parametri in modo da effettuare delle stime sull'andamento nel tempo della qualità dell'aria che dipende anche dalla distribuzione spaziale delle fonti di inquinamento.

¹¹² Le ipotesi di lavoro introdotte nel Rapporto in relazione agli scenari 2006 non considerano le piene potenzialità di questo intervento che, quindi, potrebbe incidere in modo ancora più favorevole sull'intero bilancio energetico – ambientale.

¹¹³ Le considerazioni svolte nel Capitolo 5 evidenziano come la realizzazione della metropolitana leggera non comporta un risparmio energetico e un miglioramento del bilancio ambientale considerevole in termini globali ma è da ritenere necessaria per il miglioramento della qualità di vita cittadina, soprattutto in termini di inquinamento localizzato e di riduzione del traffico (aumento della velocità media dei veicoli). L'intervento, poi, va inquadrato come un passo iniziale per una nuova configurazione della viabilità cittadina che dovrà forzatamente privilegiare il trasporto collettivo nel lungo termine.

Più in particolare si vuole porre all'attenzione le seguenti proposte di linee di attività tese a:

- diffondere una maggiore consapevolezza sul tema;
- ridurre i consumi elettrici e di gas naturale;
- ridurre ulteriormente l'impatto del traffico veicolare;
- favorire l'introduzione del risparmio energetico, delle fonti rinnovabili e di tecnologie efficienti (a esempio: trigenerazione).

Nel seguito si analizzano i singoli aspetti.

6.2 CONSEGUIMENTO DI UNA MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA

Lo sviluppo sostenibile del Comune passa soprattutto attraverso la formazione dei singoli utenti e nell'offerta di servizi che consentano di raggiungere concreti obiettivi di risparmio energetico e, conseguentemente, di minore impatto ambientale.

Su questa linea il Comune sta già operando nell'ambito di Agenda 21.

In aggiunta potrebbe essere prevista una serie di attività finalizzate a:

- diffondere una più approfondita cultura dell'energia e dell'ambiente;
- offrire una corretta consulenza agli utenti;
- coordinare le attività di studio e ricerca.

Circa i primi due punti si suggerisce di promuovere:

- una campagna di risparmio energetico (rivolta alle scuole, insegnanti e studenti);
- l'utilizzo efficiente degli elettrodomestici e dei sistemi di illuminazione;
- la manutenzione degli impianti termici autonomi;

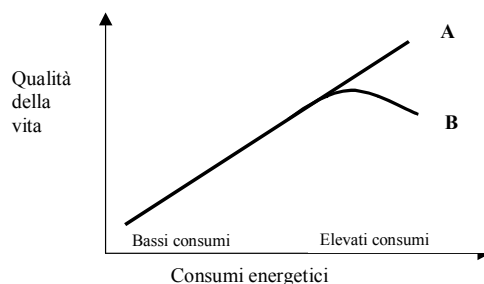
mentre per il terzo si ritiene necessario costituire un *Osservatorio per l'energia e l'ambiente* che consideri tutte le attività energetiche presenti sul territorio e coordini le necessarie attività di monitoraggio mirate: sia, al controllo dello stato di fatto; sia, al reperimento delle informazioni utili per ulteriori studi ed analisi.

Non è agevole prevedere le ricadute dirette di queste azioni in termini di bilancio energetico e ambientale ma si ritiene si tratti di obiettivi assolutamente necessari per preparare al meglio il futuri programmi d'azione che si basano sul concetto di sostenibilità¹¹⁴.

¹¹⁴ Il tema merita di essere almeno delineato per comprenderne l'eccezionale importanza. Di fatto, l'energia è una necessità per qualsiasi processo. Nonostante l'evidenza di questa affermazione e la maggiore sensibilità generale ai problemi politici e ambientali, gli addetti ai lavori sono spesso colpiti dalla apparente difficoltà di far comprendere in pieno la forte dipendenza dell'attuale quadro socio – economico dalle diverse fonti energetiche e ancora di più il significato fisico – soprattutto in termini di depauperamento delle risorse naturali - dei livelli energetici oggi richiesti per la fabbricazione di prodotti e lo svolgimento di servizi. Conseguentemente, è forse relativamente nota anche la stretta relazione tra consumi energetici e qualità della vita (QV). Secondo Morrison (1978), tale legame è di tipo lineare a bassi livelli di richiesta energetica (situazione sicuramente vera per tutti i Paesi in via di sviluppo), mentre per alti livelli si possono ipotizzare due andamenti (**Figura 6.1**): il primo ancora lineare (andamento A; visione classica), il secondo decrescente (andamento B, visione “ambientalista”) dovuto a un peggioramento di QV a seguito del degrado ambientale derivante dall'impiego “non sostenibile” delle risorse naturali. È inoltre facile rilevare dalla bibliografia come all'aumentare di QV aumentino in modo particolare i consumi di energia elettrica, sicuramente la forma energetica più utile per qualsiasi forma di sviluppo. Concentrando l'attenzione sulle problematiche più generali legate allo sviluppo, nel 1980 Smil e Knowland osservavano che i ¼ della popolazione mondiale viveva nei Paesi in via di sviluppo, dove il consumo energetico pro capite era quello di EU e USA alla fine del 19° secolo. È come dire, quindi, che l'evoluzione dei medesimi, di fatto, richiede enormi quantità di energia, peraltro stimabili senza eccessiva difficoltà attraverso lo studio dei consumi energetici dei paesi capifila. Oggi, nel 2002, si può dire che la situazione sia praticamente immutata.

Da un altro punto di vista, si può certamente affermare che sono stati fatti dei progressi per il contenimento dei consumi energetici e per la sostituzione delle fonti convenzionali ma è altrettanto evidente come tali progressi – se pur concettualmente importanti – siano ancora ben poca cosa se paragonati all’andamento dei consumi di energia fossile e come gli stessi siano comunque annullati dall’incremento delle attività umane, sempre considerandole nel loro complesso. In aggiunta, l’evoluzione del sistema e soprattutto le aspettative legate allo sviluppo economico dell’intero pianeta contrastano con l’andamento delle riserve fisiche di materie prime energetiche che in qualche caso sta raggiungendo livelli critici, peraltro caratterizzati da fattori di incertezza ormai confinati in limiti piuttosto ridotti (pur cercando di tenere conto degli eventuali imponderabili), e quindi tali da giustificare una reale attenzione a queste problematiche già da oggi. Va sottolineato, a questo riguardo, che le tecniche di valutazione oggi disponibili appaiono più solide e affidabili di quelle utilizzate fino pochi decenni fa.

Figura 6.1 – Conflitto tra prospettive di sviluppo e ambientali (Morrison, 1978; modificato).



Da questo punto di vista anche le usuali definizioni di “sviluppo sostenibile” si presentano piuttosto approssimative e poco efficaci per la promozione di una reale politica di difesa e gestione delle risorse energetiche. Di fatto, la definizione sintetica imperante è “un livello di sviluppo tale da garantire le generazioni future”, quindi molto generica e oggi utilizzata in termini vaghi, pensando a un mix di fattori soprattutto di derivazione economica centrati sul mantenimento della “qualità” dell’ambiente. Da quanto qui riportato la definizione oggettiva potrebbe essere concettualmente molto semplice: *quel livello di sviluppo che – a livello globale - a un incremento marginale ΔR_p di impiego di materie prime non rinnovabili contrappone un incremento $\Delta P > 0$ di produzione di beni o servizi (espressi comunque in termini fisici e non in valore economico) tale che $\Delta R_p / \Delta P \leq 0$* . Limitando R_p all’impiego di soli combustibili fossili, ciò equivale ad affermare che è necessario promuovere quelle attività che comportano un consumo di energia convenzionale negativo (quindi, da un certo punto di vista, auto sostenenti e nello stesso tempo produttori di energia!) o al limite nullo. *Non sarebbero quindi accettabili le attività marginali che comportano un consumo di energia fossile anche minimo!*

Un esempio pratico: un impianto progettato e utilizzato con reali criteri di “sostenibilità” è quell’impianto che, nel caso sostituisca un analogo impianto più vecchio (riferimento), lavori “di più consumando globalmente di meno” rispetto al caso di riferimento. In questo caso l’aumento marginale di produttività è ottenuto con un consumo marginale negativo (risparmio) di energia. L’attività marginale appare quindi realmente “sostenibile” almeno in termini energetici ma non quella di base per la quale, sempre da questo punto di vista, va trovata ancora una soluzione per la sua “sostenibilità” che coincide, in pratica, con l’azzeramento del consumo totale della specifica fonte fossile in tempi congruenti con il depauperamento delle risorse. Va osservato che gli impianti di cogenerazione sono tra i pochi che si avvicinano a questo concetto.

L’attuale modo pensare comune trova le sue radici profonde in una cultura economica che basa ogni suo presupposto sull’esperienza statistica degli ultimi 100-150 anni e che ha visto una crescita esponenziale dello sviluppo delle attività umane al punto che è ormai opinione comune che il solo sussistere delle medesime sia sufficiente per garantire i risultati voluti (sostanzialmente il perdurare della crescita). Nella realtà, la crescita economica è stata sempre accompagnata da una parallela crescita dell’impiego delle materie prime e, conseguentemente, le aspettative culturali odierne non sembrerebbero tenere conto delle implicazioni derivanti dalla eventuale rarefazione delle seconde, fattore che non può essere scartato a priori. Di fatto, esistono delle differenze sostanziali tra il denaro circolante (nella pratica un sistema di contabilizzazione basato su della carta) e il complesso di materie prime (inclusi i combustibili fossili), elementi fondamentali per il funzionamento del mondo fisico. Hubbert, offre una visione sintetica ed efficace di questo problema. Definita con M_o la massa di denaro circolante a livello nazionale, le aspettative sono quelle di una sua crescita con un certo tasso di interesse i nel tempo t con una legge del tipo $M = M_o \cdot e^{it}$. La produzione fisica di beni (derivanti dalle attività agricole e industriali) Q seguirà un andamento analogo con un tasso di crescita a : $Q = Q_o \cdot e^{at}$. Conseguentemente in un certo istante t il prezzo generalizzato dei beni P sarà pari a $P = M/Q = P_o \cdot e^{(a-i)t}$ ove $P_o = M_o/Q_o$. Ciò sta ad indicare

6.2 RIDUZIONE DEI CARICHI ELETTRICI

Il Rapporto ha messo in chiara evidenza come il settore industriale e dei servizi sia particolarmente energivoro. Il problema è sicuramente di importanza primaria per lo sviluppo sostenibile della Città e merita azioni specifiche.

In particolare si suggerisce di:

- avviare uno studio approfondito sugli attuali carichi elettrici del settore industriale e del terziario;
- individuare alcuni casi di studio dove intervenire con azioni dimostrative;
- promuovere azioni di tipo informativo.

Gli studi dovrebbero essere impostati su solide analisi di campo, in modo da mettere in luce con chiarezza le tipologie di utenza più importanti e le loro caratteristiche.

I casi di studio dovrebbero essere accuratamente scelti, monitorati per almeno tre anni e resi accessibili ad altri utenti che potrebbero essere sensibilizzati con specifiche campagne di opinione.

In questo quadro si ritiene necessario avviare da subito una programmazione operativa preparando un apposito *studio di fattibilità sulle potenziali riduzioni dei consumi di energia elettrica*¹¹⁵.

che il prezzo generalizzato dovrebbe aumentare esponenzialmente con un tasso pari alla differenza $(a-i)$. In particolare, quando $a=i$ i prezzi non dovrebbero aumentare. Se per ragioni fisiche a diminuisce e i rimane costante si genera un tasso di inflazione pari a $(i-a)$. È evidente come, da questo punto di vista, la rarefazione delle materie imponga, senza possibilità di correzioni, dei limiti ad a e, volendo conservare l'attuale sistema economico, conseguentemente a i .

Da qui l'attuale difficoltà culturale che vorrebbe comunque la coesistenza, apparentemente incompatibile, tra incremento esponenziale di M e "sviluppo sostenibile".

In conclusione, le domande pratiche rimangono sempre le stesse, purtroppo ancora senza risposte realmente convincenti anche da parte degli esperti del settore:

1. dove si potrà trovare l'energia necessaria per lo sviluppo globale?
2. le tecnologie alternative a quelle basate sull'impiego dei combustibili fossili e che hanno permesso il raggiungimento dell'attuale *status* sono realmente disponibili e utilizzabili o devono essere ancora sviluppate?

Risposte plausibili potrebbero comunque essere le seguenti (in ordine):

1. non si sa, almeno per il lungo termine e in un'ottica di reale "sviluppo sostenibile". Manca peraltro una reale cultura per una oculata gestione delle risorse naturali che dovrebbe essere alla base di qualsiasi intervento di tipo programmatico;
2. le energie rinnovabili hanno potenzialità enormi ma occorrerebbe ancora svilupparle con un impegno decisamente maggiore di quello odierno e a tutti i livelli.

In conclusione, queste poche osservazioni evidenziano una forte esigenza di sviluppare tecnologie e cultura. Quindi investimenti materiali e umani sull'energia. Fatti che potrebbero tradursi in una specializzazione di primario valore da vendere a terzi nel lungo termine.

¹¹⁵ Lo studio dovrebbe essere approntato in termini rapidi e mirato alle seguenti finalità: disamina dettagliata dei consumi elettrici; individuazione delle tipologie di utenze e dei casi sui quali intervenire; metodologie di lavoro e obiettivi da conseguire.

6.3 RIDUZIONE DEL CONSUMO DI GAS NATURALE

Il gas naturale serve oggi utenze di tipo domestico¹¹⁶ e industriale e il consumo è in espansione.

Si suggerisce, analogamente a quanto visto per l'energia elettrica, di:

- avviare uno studio approfondito sull'attuale uso del gas. In particolare va stabilito l'impatto ambientale delle piccole caldaie¹¹⁷ e il grado di efficienza delle utilizzazioni industriali;
- individuare alcuni casi di studio dove intervenire con azioni dimostrative;
- promuovere azioni di tipo informativo.

Si ritiene necessaria una robusta analisi di campo, in modo da mettere in luce con chiarezza le tipologie di utenza più importanti e le loro caratteristiche.

I casi di studio dovrebbero essere accuratamente scelti, monitorati per almeno tre anni e resi accessibili ad altri utenti che potrebbero essere sensibilizzati con specifiche campagne di opinione.

Anche in questo caso si ritiene di particolare utilità l'avvio di una programmazione operativa attraverso un apposito *studio di fattibilità sulla riduzione dei consumi di gas naturale*¹¹⁸.

6.4 RIDUZIONE DELL'IMPATTO DEI TRASPORTI

Come visto la città di Brescia ha in animo la realizzazione della metropolitana leggera e ciò costituisce un obiettivo di primaria importanza. In aggiunta la flotta pubblica ha in corso un programma di metanizzazione dei veicoli.

Accanto a questi interventi si suggerisce la graduale introduzione dei biocombustibili e di altri combustibili alternativi, oltre delle tecniche di riduzione dei consumi ed emissioni¹¹⁹. I vantaggi sono i seguenti:

¹¹⁶ A questo riguardo va ricordata nuovamente la campagna ASM mirata alla sostituzione del servizio gas con apparecchiature ad induzione nelle abitazioni civili servite da teleriscaldamento. Ciò al fine di aumentare la sicurezza di esercizio degli impianti domestici.

¹¹⁷ Aspetto di particolare importanza e sul quale si dispongono di poche informazioni affidabili.

¹¹⁸ Le caratteristiche dovrebbero essere del tutto simili a quelle viste per il caso precedente.

¹¹⁹ I motori (soprattutto quelli diesel) costituiscono un elemento di preoccupazione soprattutto nelle aree urbanizzate per i potenziali effetti negativi sulla salute dell'uomo. Gli aspetti più importanti sono legati alle emissioni di polveri e ossidi di azoto. Negli ultimi anni i progressi della tecnica sono stati enormi, così come rimangono le aspettative per ulteriori miglioramenti e queste attese costituiscono un elemento basilare per il programmato contenimento del consumo di combustibili fossili e di taluni impatti ambientali, quali l'effetto serra. Limitando l'analisi ai fattori igienici e ambientali, il problema si pone a due livelli:

- quali scelte costruttive e gestionali adottare per il futuro;
- come intervenire sui motori in esercizio (per applicazioni sia stazionarie che mobili).

Circa il primo punto, il programma di riduzione delle emissioni in atto nella UE e in USA sta imponendo ai costruttori una continua evoluzione tecnologica che non sembra aver ancora esaurito il suo potenziale.

Nel secondo caso è possibile corredare i motori di particolari dispositivi (es.: filtri per particolato) che possono limitare sensibilmente il problema delle emissioni. In entrambe i casi, infine, possono essere utilizzati dei combustibili alternativi (es.: biodiesel, gasolio di sintesi ecc.), migliori del gasolio standard in termini di impatti sulla salute e l'ambiente. In dettaglio, l'analisi delle diverse soluzioni tecniche proponibili per i motori in esercizio evidenzia la difficoltà di stabilire quali sia il provvedimento più vantaggioso in termini generali.

Di fatto:

- con la maggioranza delle tecniche oggi proposte (modifiche ai motori e combustibili alternativi) si ottengono delle prestazioni interessanti che, in ultima analisi, sono spesso comparabili;

- riduzione considerevole del bilancio della CO₂ e di altri inquinanti;
- collegamento, nel caso dei biocombustibili, con il mondo agricolo¹²⁰. Questa opportunità dovrebbe essere letta con grande attenzione anche alla luce della forte vocazione agricola della provincia.

Anche in questo caso, quindi, sarebbe opportuno un ulteriore *studio di fattibilità* che prenda in considerazione i potenziali interventi che potrebbero essere associati a quelli già in atto.

In aggiunta, nel punto seguente viene formulata una proposta operativa a riguardo dei biocombustibili.

6.5 DIFFUSIONE DELLE FONTI RINNOVABILI E DI TECNOLOGIE EFFICIENTI

L'attuale evoluzione basata sul programma di potenziamento del TU porterà a un notevole aumento dell'incidenza delle fonti rinnovabili.

Tuttavia, si ritiene che questa iniziativa, pur di notevole portata soprattutto in termini energetici, debba essere necessariamente accompagnata da una serie di azioni finalizzate a:

- stabilire con sufficiente precisione l'attuale penetrazione delle diverse tecnologie alternative;
- aumentare l'applicazione dei sistemi solari fotovoltaici¹²¹ e termici;

-
- quasi sempre le diverse soluzioni sono adottabili contemporaneamente. A esempio, nel caso dei motori diesel, si potrebbero utilizzare le emulsioni unitamente a un filtro per particolato, regolando, in aggiunta, opportunamente il motore;
 - i dati reperibili dalle diverse fonti sono sempre di difficile lettura in quanto nelle pubblicazioni si fa riferimento a motori diversi e a differenti metodologie di prova. Quasi sempre, poi, il quadro dei risultati è molto limitato, quindi insufficiente per impostare delle comparazioni affidabili.

Tuttavia, se da un lato è praticamente impossibile individuare la soluzione migliore in assoluto, dall'altro, è evidente che il contenimento degli effetti igienico - ambientali può essere massimizzato solo attraverso un uso combinato di tutte le tecniche oggi disponibili e una paziente opera di raccolta e studio di dati di qualità.

Limitando ulteriormente il panorama ai combustibili alternativi per i motori diesel (biodiesel ed emulsioni) le conclusioni rimangono le medesime: si tratta di soluzioni sostanzialmente equivalenti sul piano delle emissioni standard al tubo di scappamento anche se si differenziano per alcuni aspetti:

- il biodiesel è da considerare un combustibile effettivamente "ecologico", in quanto ottenuto da sostanze vegetali rinnovabili. Presenta un bilancio della CO₂ nullo, è degradabile, privo di zolfo e allo stato attuale delle conoscenze produce delle emissioni probabilmente meno cancerogene di quelle del gasolio (e quindi anche delle emulsioni). In aggiunta, il biodiesel, essendo prodotto dall'agricoltura, offre una concreta risposta al problema dell'impiego alternativo delle produzioni agricole e, quindi, fornisce un effettivo contributo al mantenimento del tessuto rurale, aspetto di straordinaria importanza nei paesi industrializzati. Di converso, almeno a livello nazionale, si presta ad essere prodotto solo in quantità limitate.
- le emulsioni acqua - gasolio, dal canto loro, non presentano particolari vantaggi di natura socio - ambientale e non offrono un reale contributo al contenimento dei gas serra. Potrebbero essere prodotte in qualsiasi quantitativo, sebbene la loro scarsa stabilità consente, al momento, unicamente applicazioni di flotta, ove il combustibile può essere ulteriormente trattato durante lo stoccaggio (agitazione) e utilizzato in quantità certe nel tempo. Le prestazioni ambientali dipendono dalle caratteristiche del gasolio di partenza e, a parità di quest'ultimo, consistono nella riduzione del particolato e, in misura più contenuta, degli ossidi di azoto, mentre per tutti gli altri aspetti si ritiene che le differenze con il combustibile base non siano significative. I risultati ottenibili sono, comunque, da considerare interessanti in termini di contenimento dell'inquinamento delle aree urbanizzate.

Si ribadisce ancora una volta, quindi, che non esiste una soluzione ottimale, ma diverse soluzioni caratterizzate da un complesso di vantaggi e svantaggi a volte complementari e per le quali si può dare una preferenza soggettiva in funzione delle specifiche esigenze. Di questo, quindi, ne va tenuto conto sia nella preparazione di programmi specifici, sia nell'informare la cittadinanza.

¹²⁰ A questo riguardo la Regione Lombardia ha in atto uno specifico programma "Agricoltura per la città" che si inserisce nel programma nazionale PROBIO del Ministero delle Politiche Agricole.

- introdurre l'utilizzo dei biocombustibili;
- valutare la convenienza economico - energetica conseguente all'adozione di sistemi di trigenerazione¹²² (generazione di elettricità, riscaldamento e raffrescamento), al fine di ottimizzare le prestazioni degli impianti di tipo cogenerativo anche in condizioni estive¹²³;
- introdurre sistemi basati sull'impiego della pompa di calore;
- promuovere azioni di tipo informativo.

Sebbene le energie rinnovabili diffuse sul territorio non potranno mai dare un contributo sostanziale ai consumi energetici della Città, si ritiene che la loro utilizzazione sia fondamentale per favorire la crescita di una reale cultura energetica nella popolazione, aspetto che si ritiene strategico per gettare le basi per un concreto *sviluppo sostenibile*, aspetto trattato in apertura del presente Capitolo.

Le possibilità operative sono molteplici e meritevoli di un apposito *studio di fattibilità sullo sviluppo delle tecnologie efficienti e delle fonti rinnovabili diverse dalle biomasse solide*. Lo scopo dello studio sarebbe primariamente quello di identificare le fonti da promuovere e le relative modalità di applicazione, andando a fondo sugli aspetti di programma e sugli obiettivi attesi.

Esempi di target per il 2006 potrebbero essere i seguenti:

- aumento degli impianti fotovoltaici a 1.000 kW_p attraverso la loro applicazione ad edifici pubblici¹²⁴;
- installazione di 1.000 m² di collettori solari termici¹²⁵;
- utilizzo di 1.000 t/anno di biodiesel nei mezzi pubblici (20% degli attuali consumi del settore);
- promozione della vendita di gasolio e benzina rispettivamente additivati con biodiesel ed ETBE in alcuni distributori cittadini attraverso la collaborazione di una primaria società petrolifera;
- diffusione di applicazioni della pompa di calore¹²⁶;

¹²¹ Si ricorda l'attuale impegno di ASM nel progetto comunitario *ZEN* che mira alla installazione di ulteriori 45 kW_p.

¹²² Oltre agli attuali sistemi di teleraffreddamento già in esercizio.

¹²³ Quando il carico termico è molto basso e corrisponde al solo consumo di acqua sanitaria, la cogenerazione di elettricità e calore avviene in termini minimi; nel caso in cui venissero installati sistemi ad assorbimento per la produzione di freddo, potrebbe essere convertito il calore cogenerato in freddo (rigenerazione) per le utenze domestiche.

¹²⁴ La diffusione degli impianti fotovoltaici è legata alla loro integrazione negli edifici soprattutto residenziali: si potrebbe proporre quindi l'obiettivo di una produzione correlata al fabbisogno elettrico del settore domestico (209 GWh nel 2001). Ipotizzando un tasso di penetrazione dello 0,5%, l'obiettivo potrebbe essere quello di produrre 1 GWh/anno ottenibile con circa 1.000 kW_p da realizzare in edifici pubblici e privati utilizzando al meglio le forme di finanziamento presenti e future.

¹²⁵ L'idea potrebbe essere quella, come accennato in precedenza, di servire edifici pubblici caratterizzati da un elevato consumo di acqua sanitaria e non convenientemente collegabili alla rete di teleriscaldamento.

¹²⁶ Tra le diverse tecniche basate sull'impiego della pompa di calore si rileva molto interessante quella che utilizza il terreno come sorgente calda (in fase di riscaldamento) o fredda (in fase di raffreddamento). Di fatto, il terreno rappresenta sempre una interessante sorgente di energia termica per tutte quelle utenze che richiedono calore a bassa temperatura (< 50-60 °C, sistemi di riscaldamento radianti o realizzati con elementi terminali ventilati – *fan coils* -; produzione di acqua calda sanitaria ecc.) e che comunque comportano un importante consumo energetico.

La problematica dei consumi del settore civile è considerata nel Libro verde "*Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*" (COM(2000) 769) ove si osserva che in mancanza di provvedimenti di risparmio energetico, nell'arco di 20 o 30 anni la dipendenza dell'Unione dalle importazioni di energia avrebbe raggiungerebbe il 70%, a fronte dell'attuale 50%. Il consumi relativi alla climatizzazione, peraltro, inciderebbero su quest'ultima aliquota di ben il 40%. Per tale motivo, la CE ritiene che sia necessario

- seminari e pubblicazioni di carattere informativo.

prendere misure concrete sia sul piano legislativo (es.: attraverso, un chiaro quadro normativo che consenta di frenare la crescita della domanda), sia con lo sviluppo di tecnologie energetiche più efficienti. Proprio in questa ottica, la Commissione ha proposto una nuova direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia (COM(2001) 226), intesa a migliorare la situazione energetica degli edifici di nuova costruzione e di quelli già esistenti nella UE. Lo scopo è di realizzare, entro il 2010, un risparmio del 22% rispetto all'attuale livello dei consumi.

L'obiettivo fondamentale della proposta di direttiva è il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici nella UE, in particolare per quanto riguarda l'energia in essi consumata per il riscaldamento, l'acqua calda, il raffreddamento e l'illuminazione. L'Italia, dal canto suo è forse caratterizzata, in ambito UE, da valori dei consumi energetici medi degli edifici compresi nella fascia più bassa, ma pur sempre importanti.

L'ENEA (2001) valuta infatti come i consumi del settore civile raggiungano i 37,5 Mtep, dei quali ben i 2/3 (27,5 Mtep) da imputare al residenziale. Più in particolare, si valuta che i 18 milioni di abitazioni riscaldate consumino in media 1 tep/anno per il solo riscaldamento invernale. La problematica del riscaldamento si sovrappone poi con quella del raffrescamento estivo legata soprattutto alla crescente domanda di qualità della vita. Si valuta, a questo proposito, che nelle case italiane siano installati mediamente apparecchi elettrici con una potenza cumulata per 13 kW (contro il limite contrattuale di 3 kW) per la quale ormai incide sensibilmente la presenza di apparecchi portatili di raffrescamento a compressore elettrico, efficienti in sé ma quasi sempre installati irrazionalmente. In questo contesto, lo sviluppo e la diffusione di sistemi di climatizzazione reversibili a basso consumo exergetico, quali le pompe di calore (PdC), si pongono di primario interesse strategico e commerciale. Di fatto le PdC promettono elevati risparmi energetici in un'ampia rosa di applicazioni edilizie e impiantistiche e, conseguentemente, un positivo impatto sull'ambiente soprattutto in termini di contenimento delle emissioni di gas serra.