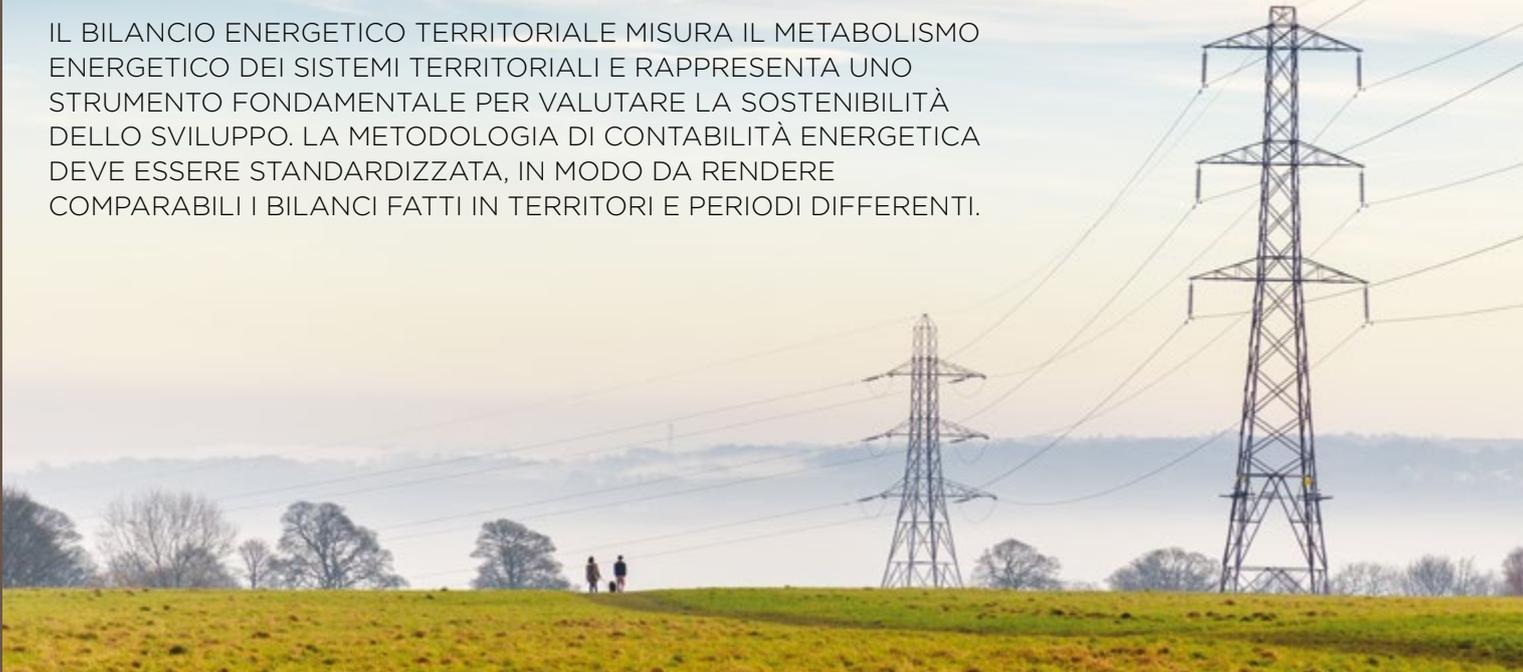


# I BILANCI ENERGETICI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

IL BILANCIO ENERGETICO TERRITORIALE MISURA IL METABOLISMO ENERGETICO DEI SISTEMI TERRITORIALI E RAPPRESENTA UNO STRUMENTO FONDAMENTALE PER VALUTARE LA SOSTENIBILITÀ DELLO SVILUPPO. LA METODOLOGIA DI CONTABILITÀ ENERGETICA DEVE ESSERE STANDARDIZZATA, IN MODO DA RENDERE COMPARABILI I BILANCI FATTI IN TERRITORI E PERIODI DIFFERENTI.



I sistemi energetici a scala territoriale riguardano sia le infrastrutture e gli impianti energetici, sia i consumatori finali: sottosistemi di domanda-offerta fortemente interconnessi che scambiano continuamente varie forme d'energia. La modellazione dei sistemi energetici territoriali serve a controllare questi flussi di energia. I bilanci energetici territoriali fanno proprio questo. Il termine "bilancio" negli ultimi tempi è stato un po' abusato; molti lo usano, non sempre correttamente, in riferimento a fenomeni di natura molto diversa tra loro. Nella sistemica, il termine "bilancio" ha un significato generale e al contempo precisissimo: è la contabilità dei flussi che, in un particolare intervallo di tempo, attraversano un sistema (flussi entranti, uscenti, trasformati o accumulati). Avendo definito i confini del sistema e il periodo dell'analisi, la formulazione matematica generale di un bilancio è sempre la stessa:

$$\text{accumulo} = \text{entrata} - \text{uscita} + \text{generazione} - \text{consumo}.$$

Un bilancio di sistema è un'accezione generale e si può riferire a fenomeni di natura molto diversa: può riguardare l'energia, la materia, la quantità di moto, il denaro o addirittura le informazioni. In altri termini i bilanci, così come il

concetto di sistema, possono servire per molteplici scopi e comportare l'uso d'indicatori di varia natura (materiali, energetici, monetari, informativi ecc.). La conoscenza degli indicatori di bilancio di un sistema dinamico serve a valutarne il metabolismo, il suo stato di salute o le condizioni di sviluppo. Gli economisti, ad esempio, sanno che per ogni impresa il bilancio d'esercizio è il principale documento contabile aziendale, indispensabile per garantire una situazione economico-patrimoniale durevole e per scegliere consapevolmente le azioni di *business*. I pianificatori sanno che la misura del metabolismo urbano è condizione necessaria per disaccoppiare lo sviluppo dei sistemi insediativi dal degrado ambientale che essi determinano.

Il bilancio energetico territoriale misura il metabolismo energetico dei sistemi territoriali (locali, regionali, nazionali o internazionali): il prelievo di fonti primarie, gli ingressi o le uscite ai processi di trasformazione energetici e il consumo finale dei diversi settori socio-economici. Ciò permette di "fotografare" lo stato del sistema energetico nei vari anni, fornendo informazioni mirate all'individuazione di politiche di sviluppo: indicatori su offerta e domanda di energia, per comprendere i

fattori di forza o di debolezza determinati dalla dipendenza; statistiche comparabili tra vari periodi e tra località diverse, fondamentali per stimare le emissioni di gas serra determinati dai sistemi energetici, i vari indici d'efficienza o di risparmio energetico e di quota d'uso di energie rinnovabili (es. v. diagramma di Sankey in Cagnoli, 2017 e 2018). Per rendere ripetibili e confrontabili i differenti bilanci energetici le contabilità di bilancio dovrebbero basarsi sull'organizzazione di indicatori in strutture contabili standard: tabelle in cui le colonne rappresentano le forme di energia utilizzate dai sistemi antropici (ad es. i combustibili fossili, le fonti rinnovabili ecc.) e le righe rappresentano le trasformazioni energetiche. Il bilancio energetico dell'Emilia-Romagna (Ber-ER), descritto nel seguito, è stato realizzato in questo modo: seguendo lo schema di bilancio comune indicato da Eurostat, in cui le forme di energia sono tutte codificate con precisione; lo schema completo del bilancio è molto ampio e riempie una tabella con 75 colonne e 130 righe. Le fonti informative della contabilità energetica regionale comprendono diversi enti sia nazionali (ministero dello Sviluppo economico,

Gse ecc.) che regionali-locali (Arpae, distributori dell'energia ecc.). Qualora i dati di bilancio non siano rilevati direttamente (come il consumo degli impianti energetici, gli "ingressi di trasformazione"), questi valori devono essere stimati indirettamente; ad esempio, gli ingressi di combustibile nelle centrali energetiche possono essere stimati in funzione dei valori noti di produzione d'energia ("uscite di trasformazione"), ipotizzando opportuni rendimenti medi degli impianti.

La parte superiore della tabella di bilancio descrive l'offerta energetica. Questa parte del bilancio è fondamentale soprattutto per controllare l'esito delle politiche di sostituzione delle fonti, poi per migliorare l'affidabilità della fornitura d'energia e migliorare la compatibilità ambientale del settore energetico.

I consumi interni lordi di energia quantificano il recupero delle varie fonti energetiche (primaria e recuperato prodotti energetici, importazioni, esportazioni, variazioni delle scorte e buncheraggi marittimi internazionali). Il consumo interno lordo totale per tutte le fonti rappresenta la domanda totale di energia di un sistema geografico (nazione, regione ecc.). Tra le fonti primarie di energia, quelle maggiormente utilizzate, sono ancora quelle fossili (petrolio e gas). Parte dell'energia disponibile come fonte primaria, prima di essere immessa sul mercato e utilizzata dagli utenti finali, deve essere opportunamente trasformata e trasportata. L'energia elettrica, ad esempio, è un'ottima forma di energia, adatta al trasporto a lunga distanza, ma non semplice da immagazzinare in grandi quantità. Nella parte intermedia della matrice di bilancio sono rappresentate tutte queste trasformazioni energetiche operate ad esempio nelle centrali termoelettriche, che forniscono energia elettrica o calore. Sono quantificate anche le perdite di distribuzione, che si verificano durante il trasporto di combustibili, elettricità o calore. L'analisi di tutti questi dati consente di valutare i rendimenti medi dei sistemi di offerta energetica e, indirettamente, consente di stimare margini di miglioramento anche in termini emissivi.

Nella parte inferiore della tabella di bilancio è quantificata l'energia disponibile per i consumi finali, la domanda generata dai settori socio-economici presenti sul territorio regionale: industria, trasporti, settori civili ecc. Se il bilancio si chiude perfettamente, i consumi finali sono uguali all'offerta (alcune voci di bilancio talvolta non si chiudono per imprecisioni nella raccolta dati).

|                                   | Totale per tutte le fonti | Prodotti petroliferi | Gas   | Rinnovabili (totale) | Rifiuti (non rinnov.) | Calore derivato | Elettricità |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------|-------------|
| Consumo interno lordo             | 16.022                    | 4.940                | 8.306 | 2.033                | 161                   |                 | 583         |
| Ingresso di trasformazione        | 4.868                     | 602                  | 2.992 | 1.146                | 127                   |                 | 3           |
| Uscita di trasformazione          | 3.115                     | 391                  | 1     | 3                    |                       | 689             | 2.031       |
| Consumo del settore energetico    | 335                       | 26                   | 234   |                      |                       | 9               | 66          |
| Perdite di distribuzione          | 182                       |                      | 45    |                      |                       | 7               | 131         |
| Disponibile per il consumo finale | 13.784                    | 4.736                | 5.036 | 890                  | 35                    | 673             | 2.414       |
| Consumo finale non energetico     | 699                       | 638                  | 61    |                      |                       |                 |             |
| Consumo finale di energia         | 13.095                    | 4.098                | 4.975 | 890                  | 35                    | 673             | 2.414       |
| Industria                         | 4.068                     | 129                  | 2.379 | 6                    | 35                    | 470             | 1.049       |
| Trasporti                         | 3.824                     | 3.453                | 163   | 113                  |                       |                 | 94          |
| Altri settori                     | 5.193                     | 516                  | 2.432 | 771                  |                       |                 | 1.271       |
| Commercio e servizi pubblici      | 2.128                     | 33                   | 865   | 430                  |                       |                 | 751         |
| Residenziale                      | 2.620                     | 140                  | 1.549 | 341                  |                       |                 | 442         |
| Agricoltura e foreste             | 398                       | 303                  | 18    | 0                    |                       |                 | 75          |
| Pesca                             | 23                        | 18                   |       | 0                    |                       |                 | 4           |
| Altri settori non specificati     | 25                        | 22                   |       |                      |                       |                 |             |

TAB. 1 BILANCIO ENERGETICO

Esempio di bilancio energetico semplificato dell'Emilia-Romagna per l'anno 2017 (unità in ktep).

Il bilancio regionale dell'Emilia-Romagna è la base conoscitiva del Piano energetico della Regione Emilia-Romagna; inoltre supporta la stima delle emissioni atmosferiche inquinanti pubblicate periodicamente da Arpae. Per la CO<sub>2</sub> questa valutazione può essere svolta annualmente, in modo semplificato rispetto all'approccio seguito nell'inventario emissivo completo (Inemar), a partire dai fattori di emissione specifici per ciascun vettore moltiplicati per i relativi consumi energetici. Purtroppo il bilancio dell'Emilia-Romagna e quelli fatti in alcune altre regioni non sono confrontabili tra loro. I sistemi statistici europeo, nazionali e regionali dovrebbero impegnarsi per promuovere la convergenza delle contabilità energetiche locali, in modo da renderle tra loro comparabili; per aumentare la sinergia informativa dei bilanci energetici sarebbe necessario adottare ovunque lo schema Eurostat. I bilanci energetici andrebbero anche promossi a scala comunale, a supporto soprattutto del Patto dei sindaci. Queste contabilità energetiche locali andrebbero sviluppate facendo leva sia sul principio di sussidiarietà, per cercare di valorizzare le conoscenze-competenze presenti nei comuni, sia adottando strutture contabili semplificate, ma coerenti con quelle regionali.

I comuni dispongono di un importante patrimonio di dati che consentirebbero di compiere analisi molto approfondite, sia sul lato dell'offerta energetica (ad es. dati

sui piccoli impianti energetici distribuiti sul territorio), sia sul lato della domanda (ad es. dati sul patrimonio edilizio, sui trasporti, sulle attività produttive). Lo sviluppo di un sistema di bilanci integrati anche alla scala locale rappresenterebbe un'interessante prospettiva di innovazione per gli enti comunali, anche in relazione al ruolo operativo che essi svolgono nelle politiche di sviluppo, nell'urbanistica o nei piani di settore per la mobilità (Pums), l'energia e il clima (Paesc).

#### Paolo Cagnoli

Arpae Emilia-Romagna

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Cagnoli P., 2000, "Valutazione dell'impatto energetico urbano", in *Sostenibilità urbana: dai principi ai metodi di analisi, forma urbana, energia e ambiente*, Torino, Paravia Scriptorium, Isbn 8839583297.

Cagnoli P., 2017, "Metabolismo urbano e strategie di sviluppo", *Ecoscienza*, n.5/2017, Anno VIII, Issn 2039-0432. [https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/ecoscienza/ecoscienza2017\\_5/cagnoli\\_es2017\\_05.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_5/cagnoli_es2017_05.pdf)

Cagnoli P., 2018, "La sostenibilità dei sistemi energetici in Emilia-Romagna", *Ecoscienza*, n.3/2018, Anno IX, Issn 2039-0432. [https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/ecoscienza/ecoscienza2018\\_3/cagnoli.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2018_3/cagnoli.pdf)

Eurostat, 2019, *Energy balance guide*, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>.