

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI
MATERIALI

Ciclo XXXII

Settore Concorsuale: 08/A2, Ingegneria sanitaria ambientale

Settore Scientifico Disciplinare: ING-IND29, Ingegneria delle materie prime

ANALISI DELLE CORRELAZIONI POSSIBILI TRA CONSUMI DI ENERGIA
ED INDICATORI ECONOMICI

Presentata da: Francesca Lussu

Coordinatore Dottorato

Prof. Luca Vittuari

Supervisore

Prof. Alessandra Bonoli

Co-supervisore

Prof. Paolo Cagnoli

Esame finale anno 2020

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare al Prof. Paolo Cagnoli ed alla Prof.ssa Alessandra Bonoli, per il supporto tecnico ed umano che mi hanno assicurato lungo tutto il percorso della ricerca. Grazie anche ad Arpae, che sempre garantisce ai suoi collaboratori grandi possibilità formative.

Dedico questa ricerca a mia figlia Ludovica.

Sommario

Abstract	4
1 Introduzione	8
2 Analisi della letteratura tecnico-scientifica	11
3 Indicatori nei bilanci energetici	21
3.1 Aspetti metodologici generali dei bilanci energetici	21
3.2 Bilancio energetico dell'Emilia-Romagna	31
3.3 Dinamiche e complessità dei sistemi energetici	33
4 Indicatori economici nei sistemi contabili NAMEA	35
4.1 Regionalizzazione delle NAMEA	36
5 Confronto dei sistemi energetici ed economici in Europa	41
5.1 Quadro europeo	41
5.2 Caso inglese	46
5.3 Caso italiano	51
6 Disaccoppiamento tra indicatori energetici ed economici.....	58
6.1 Analisi del disaccoppiamento in Sardegna	59
6.2 Analisi del disaccoppiamento in Emilia-Romagna	81
7 Confronto di alcuni metodi econometrici per prevedere i consumi energetici.....	93
7.1 Caso dell'industria in Emilia-Romagna	97
7.1.1 Consumi energetici industriali in Emilia-Romagna.....	97
7.1.2 Valore aggiunto industriale in Emilia-Romagna	104
7.1.3 Intensità energetica dell'industria regionale.....	107
7.1.4 Analisi di correlazione tra consumi energetici e valore aggiunto	118
7.1.5 Analisi di decomposizione dei consumi energetici industriali.....	119
7.2 Previsione dei consumi energetici industriali in Emilia-Romagna.....	124
7.2.1 Metodo dell'intensità energetica	124
7.2.2 Metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci.....	141
7.2.3 Confronto dei metodi di previsione	150

8	Conclusioni.	152
9	Glossario, termini e concetti chiave.	156
10	Riferimenti bibliografici e sitografici.....	159
10.1	Riferimenti bibliografici	159
10.2	Riferimenti sitografici	166
	Allegato 1. Guida per i bilanci energetici (Eurostat).....	170
	Allegato 2. Integrazione degli indicatori socio-economici ed ambientali nelle contabilità nazionali	171

Abstract

English

This research is the product of a three years study on the possible correlation of the energy and economic systems of a territory; the idea of the work was born while investigating the reasons for the reduction of energy consumption on a European scale, three years before the global economic crisis of the 2009. In this research a pragmatic heuristic approach to the analysis of these systems is developed, trying to divide the complexity in simpler parts, to then analyze the different aspects separately and finally recompose the system in its entirety. In the first part the various indicators are systematized, for example by developing energy balances, while in the second part we analyze the economic drivers of energy consumption (considered as raw material such as wood, water, et.c.) focusing on the industrial sector.

The analysis of the indicators of the energy-economic accounting systems has allowed to understand the trends of the energy system at different territorial levels and in particular in two Italian regions, Sardinia and Emilia-Romagna, for which the degree of decoupling between the economic and energy indices has been studied and some expeditious models have been compared to predict regional energy consumption in Emilia-Romagna.

Several models characterized by different complexity levels are available in literature exploiting the correlation between economic and energy indicators to make forecasts and support development policies.

In the first part of the work methodologies were developed to produce energy balances on a regional scale. In technical-scientific knowledge it is essential to understand the usefulness of the systemic approach, and system balances are fundamental cognitive elements to understand and monitor all systems, and in particular energy systems. The matrixes of the regional energy balances can be constructed, for each year, according to different schemes, taken from Eurostat, the Italian Ministry of Economic Development, ENEA, etc. Eurostat collects energy statistics with data that are the input in the process of coordinated construction on a European scale of national and regional energy balances; in this common scheme the forms of energy are precisely coded (e.g. coal, crude oil, natural gas, biomass, waste). For the Emilia-Romagna Regional Energy Balance (BER-ER) the common methodology indicated by Eurostat was applied. Energy balances are the most powerful form of statistical accounting of energy products and their flows within regional economies (Eurostat, 2019). The energy balance allows planners to appreciate the total amount of energy extracted from the environment, exchanged, transformed and used by end users. It also allows to evaluate the relative contribution of each energy carrier. The energy balance allows decision makers to study the global internal energy market and to monitor the impacts of energy policies. The

energy balance offers a complete description of a country's energy situation in a compact format, for example in terms of the energy consumption of the entire economy and of the individual sectors. The energy balance shows all the statistically significant energy products (fuels, renewable sources, etc.) of a country and their production, transformation and consumption by different types of economic actors (industry, transport, etc.). Therefore, an energy balance is the natural starting point for studying the energy sector. To put it simply, we can say that the energy balance is a matrix, whose columns are energy products and the lines are energy flows (production, transformation and consumption sectors). In a more complex connotation an energy balance is an accounting framework for the compilation and systematization of data on all the energy products that enter, leave and are used within the national territory of a given country during a reference period. The Eurostat methodology for the construction of energy balances could be developed on a national and regional scale, in order to allow comparisons between the different regions and to create a robust knowledge base for energy planning.

In the second part of the present work, using regional energy balance data, correlations between the economic and energy systems were analyzed, especially to evaluate their decoupling levels and trends. In particular, some heuristic methods were compared to discover both the critical points and the opportunities to be developed in each strategic market. In this work it was decided to investigate the heuristic model sector in particular. An heuristic model is designed to solve a problem in a quite straightforward way, if the classic methods are too slow, for example in the calculation (in case of high computational complexity) or to find an approximate solution, in case the classical methods fail in finding an exact solution (in the case of complex systems with emergent behaviors). In heuristic models the result is obtained by trying to balance the optimization, completeness, accuracy and speed of execution. The heuristic methods are often an obligatory way to solve very difficult problems (for example those of the evaluation of territorial systems), because under certain hypotheses the heuristic model is able to easily derive a solution approximately close to the optimal one. Although this property cannot be verified systematically a priori, it is often a solution available within a reasonable time. Heuristics is a problem-solving approach that is widespread in various simulations if the optimal resolution of the problem can be impossible or too expensive in terms of time or processing capacity.

Italiano

La presente tesi è il prodotto di un percorso triennale di studio sulle possibili correlazioni dei sistemi energetici ed economici di un territorio; l'idea del lavoro è nata indagando i motivi della riduzione a scala europea dei consumi di energia, tre anni prima della crisi economica globale del 2009. In questa ricerca viene sviluppato un approccio euristico pragmatico all'analisi di questi sistemi, cercando di dividere la

complessità in parti più semplici, per analizzare poi separatamente i diversi aspetti ed infine ricomporre il sistema nella sua totalità. Nella prima parte vengono sistematizzati i vari indicatori, ad esempio sviluppando i bilanci energetici, mentre nella seconda parte si analizzano i determinanti economici dei consumi energetici (considerati come una materia prima come acciaio, legno, acqua, semilavorati, ecc.) utilizzati dai settori economici più energivori.

L'analisi degli indicatori dei sistemi contabili energetici-economici ha consentito di comprendere le tendenze del sistema energetico a diversi livelli territoriali ed in particolare in due regioni italiane (Sardegna ed Emilia-Romagna), per cui è studiato il grado di accoppiamento tra gli indici economici ed energetici. Si sono poi confrontati alcuni modelli speditivi per prevedere il consumo di energia a livello regionale in Emilia-Romagna.

In letteratura sono disponibili diversi modelli, più o meno complessi, che sfruttano la correlazione tra indicatori economici ed energetici per fare previsioni e supportare le politiche di sviluppo.

Nella prima parte del lavoro si sono sviluppate metodologie per produrre bilanci energetici a scala regionale. Nel sapere tecnico-scientifico è essenziale comprendere l'utilità dell'approccio sistemico. I bilanci di sistema sono elementi conoscitivi fondamentali per comprendere e monitorare tutti i sistemi, ed in particolare quelli energetici. Le matrici dei bilanci energetici regionali possono essere costruiti, per ogni anno solare, secondo schemi differenti, desunti da Eurostat, Ministero italiano dello Sviluppo Economico, Enea, ecc. In particolare Eurostat raccoglie le statistiche sull'energia con dati che sono l'input nel processo di costruzione coordinata, su scala europea, dei bilanci energetici nazionali e regionali; in questo schema comune le forme di energia sono codificate con precisione (ad es. carbone, petrolio greggio, gas naturale, biomasse, rifiuti, ecc.). Per il Bilancio Energetico Regionale dell'Emilia-Romagna (BER-ER) è stata applicata la metodologia comune indicata da Eurostat. I Bilanci energetici sono la più potente forma di contabilità statistica dei prodotti energetici e dei loro flussi all'interno delle economie regionali (Eurostat, 2019). Essi consentono ai pianificatori di apprezzare la quantità totale di energia estratta dall'ambiente, scambiata, trasformata e utilizzata dagli utenti finali. Permettono di valutare il contributo relativo di ogni vettore energetico, di studiare il mercato interno globale dell'energia e di monitorare gli impatti delle politiche energetiche. Questo fondamentale strumento di contabilità presenta tutti i prodotti energetici statisticamente significativi (carburanti, fonti rinnovabili, ecc.) di un territorio e la loro produzione, trasformazione e consumo da parte dei diversi attori economici (industria, trasporti, civile, ecc.). Pertanto esso rappresenta il punto di partenza naturale per studiare il settore energetico. Semplificando, si può dire che il bilancio energetico è una matrice, le cui colonne sono i prodotti energetici e le righe sono flussi di energia (produzione, trasformazione e settori di consumo). In una connotazione più complessa un bilancio energetico è un quadro contabile per la compilazione e la sistematizzazione dei dati su tutti i prodotti energetici che entrano, escono e vengono utilizzati all'interno del territorio nazionale durante un periodo di

riferimento. La metodologia Eurostat per la costruzione di bilanci energetici dovrebbe essere sviluppata su scala nazionale e regionale, al fine di consentire confronti tra le diverse regioni e creare una solida base conoscitiva per la pianificazione energetica.

Nella seconda parte del presente lavoro, usando dati di bilancio energetico regionale, si sono analizzate le correlazioni esistenti tra i sistemi economico ed energetico, soprattutto per valutarne le tendenze ed il livello di disaccoppiamento. In particolare, sono stati messi a confronto alcuni metodi euristici per scoprire sia i punti critici sia le opportunità da sviluppare in ogni mercato strategico. Nel presente lavoro si è deciso di approfondire soprattutto il settore dei modelli euristici. Un modello euristico è progettato per risolvere un problema in modo speditivo, nel caso in cui i metodi classici siano troppo lenti, per esempio a causa di una elevata complessità computazionale, oppure per trovare una soluzione approssimata, nel caso in cui i metodi classici falliscano nel trovare una soluzione esatta (in caso, ad esempio, di sistemi complessi con comportamenti emergenti). Con un modello euristico il risultato è ottenuto cercando di equilibrare l'ottimizzazione, la completezza, l'accuratezza e la velocità di esecuzione. I metodi euristici sono spesso una strada obbligata per risolvere problemi molto difficili (ad esempio quelli della valutazione dei sistemi territoriali), perché sotto determinate ipotesi il modello euristico riesce a ricavare facilmente una soluzione approssimativamente vicina a quella ottima. Nonostante tale proprietà non si possa verificare sistematicamente a priori, si tratta spesso di una soluzione disponibile in tempi ragionevoli. L'euristica è un approccio di risoluzione dei problemi diffuso in diverse simulazioni se la risoluzione ottimale del problema può essere impossibile o troppo costosa in termini di tempo o di capacità di elaborazione.

1 Introduzione

I fenomeni complessi sono difficilmente analizzabili con gli stessi strumenti utilizzati per i sistemi semplici, come i calcoli matematico-statistici o le sperimentazioni in laboratorio (Barzel, B. e altri, 2015). Il motivo risiede nel grandissimo numero di variabili che li caratterizzano. I sistemi complessi hanno componenti emergenti contro intuitive (De Carolis, J. e altri, 2017). I sistemi economici ed energetici sono di fatto tra i sistemi più complessi (Celata, G., Guidi, G., 2016). Per capire ad esempio se sia il PIL il driver dei consumi energetici o viceversa, cioè se i consumi energetici determinino il PIL, occorre studiare il comportamento di vari settori socio-economici, in particolare quelli più energivori. Il settore industriale, determinante principale del consumo d'energia nelle regioni più sviluppate (Gracceva, F. e altri, 2019), usa l'energia innanzitutto per l'estrazione delle risorse, poi per il loro trasporto, per la trasformazione in prodotti-sottoprodotti e per la loro commercializzazione; solo al termine di questi passaggi avviene la monetizzazione economica che determina il PIL settoriale. Sul medio-lungo termine però il driver dei consumi può diventare il PIL che, anche a causa del Paradosso di Jevons, aumentando il benessere economico, induce la crescita dei consumi di energia (Jevons, 1865; Kenneth, 2005). Il Paradosso di Jevons si verifica quando il progresso tecnologico determina l'incremento dell'efficienza con cui viene prodotta ed utilizzata una risorsa, e per la crescita della domanda aumenta anche il tasso di consumo di tale risorsa. L'economista William Stanley Jevons nell'Ottocento, osservò che i miglioramenti tecnologici che aumentavano l'efficienza dell'uso del carbone portavano ad un aumento del consumo dello stesso carbone; è contro intuitivo: per ridurre il consumo di combustibili fossili non si può fare affidamento solo sul progresso tecnologico.

Negli ultimi anni le tecnologie informatiche hanno progressivamente colonizzato, integrato e migliorato i sistemi tecnologici e tutti i settori socio-economici: trasporti, comunicazione e produzione in generale. Ciò ha determinato anche l'accelerazione del consumismo: l'accelerazione dei consumi è stimolata dalla fusione virtuale-materiale. La de-materializzazione dell'economia era stata ritenuta capace di determinare una progressiva riduzione dell'utilizzo di materie prime e dell'energia; in realtà l'economia materiale continua a subire un'espansione. La questione è stata riesaminata da molti analisti: una maggiore efficienza, oltre a ridurre la quantità di risorse necessarie per un determinato utilizzo, riduce anche il costo della risorsa, aumentandone la quantità richiesta; per di più una maggiore efficienza accelera la crescita economica e quindi anche la domanda di risorse. Molti analisti e governi generalmente ipotizzano che i guadagni di efficienza ridurranno il consumo di risorse; essi respingono il Paradosso, mentre altri temono che sia controproducente perseguire la sostenibilità aumentando solo l'efficienza energetica. Ciò non implica che il miglioramento dell'efficienza dei consumi sia inutile: una maggiore efficienza consente una

maggior produzione e una migliore qualità della vita. Nel prossimo futuro l'aumento del consumo di energia da fonti rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica saranno obiettivi sempre più importanti, soprattutto per le economie più sviluppate caratterizzate da alti livelli d'intensità energetica. Il dibattito sulle correlazioni tra i consumi di energia e gli indicatori economici è molto rilevante ed attuale. La maggior parte dei governi persegue politiche che migliorano l'efficienza, sostenendo che tali politiche ridurranno il consumo di risorse e ridurranno i problemi ambientali. Altri dubitano di questa "strategia di efficienza" e temono un aumento della produzione e dei consumi.

La tesi presente è il prodotto di un percorso triennale di studio sulla possibile correlazione dei sistemi energetici ed economici di un territorio. L'idea della presente ricerca è nata indagando i motivi della riduzione a scala europea dei consumi di energia, tre anni prima della crisi economica globale del 2009 (Eurostat, 2017). I sistemi energetici sono complessi ed hanno dinamiche difficili da prevedere. In questa ricerca viene sviluppato un approccio pragmatico all'analisi di questi sistemi, cercando di dividere la complessità in parti più semplici, per analizzare separatamente i diversi aspetti e semplificarne la comprensione, per poi cercare di ricomporre il sistema nella sua totalità. Lo studio, incentrato sull'analisi delle relazioni tra indicatori energetici ed economici ha dapprima analizzato la principale letteratura sull'argomento. Tale analisi ha messo in luce come dai primi studi risalenti agli anni '70, le metodologie statistiche ed econometriche che tentavano di individuare una direzione di causalità tra consumi energetici e crescita economica siano diventate sempre più complesse, soprattutto per l'intento di tenere conto di tutti i determinanti alla base dei consumi. Tali studi però non hanno fornito risultati univoci. Sono stati quindi messi a punto gli strumenti utili per l'analisi di queste relazioni, a partire dai bilanci energetici e dalle matrici di contabilità ambientale (NAMEA) a scala regionale. I primi forniscono i principali indicatori energetici, le seconde gli indici economici integrati con diversi indicatori di sviluppo sostenibile. Dopo l'analisi delle intensità energetiche a diversa scala territoriale (europea, nazionale e regionale), ci si è concentrati sulla valutazione del disaccoppiamento tra indicatori di consumo ed indicatori economici. Infine si sono messe a punto metodologie di screening per la previsione dei consumi, focalizzandosi sul settore industriale della Regione Emilia-Romagna. Lo sviluppo di modelli energetici previsionali è motivato dalla necessità di pianificare i sistemi di sviluppo socio-economico, di garantire la sicurezza dell'approvvigionamento di risorse strategiche per tale sviluppo, di limitare l'impatto economico dei sistemi energetici, di soddisfare la crescente attenzione rivolta alla riduzione delle emissioni di gas serra e di ottimizzare lo sfruttamento delle risorse naturali. I modelli energetici consentono di prevedere gli effetti di diverse politiche o di possibili evoluzioni tecnologiche; essi si rivelano, pertanto, strumenti non solo di analisi scientifica, ma anche di supporto ai decisori.

I modelli energetici, come tutti i modelli per l'analisi di sistemi, possono essere suddivisi in due categorie: modelli di ottimizzazione e di simulazione. I modelli di ottimizzazione calcolano i valori degli indicatori che

descrivono configurazioni ottimali dei sistemi energetici, cioè configurazioni che minimizzano o massimizzano funzioni-obiettivo predefinite (ad es. minimizzazione dei costi). I modelli di simulazione valutano la risposta di un sistema a un insieme di variabili tecnico-politiche per identificare soprattutto effetti, costi o benefici e consentono di confrontare più scenari futuri. Questa tesi è interessata a definire questo secondo tipo di modelli energetici.

I fenomeni complessi sono difficilmente valutabili attraverso gli stessi metodi utilizzati per i sistemi semplici. Il motivo risiede nel grandissimo numero di variabili da tenere sotto controllo, che risulterebbe non gestibile con equazioni matematiche. I sistemi complessi hanno anche delle componenti dinamiche di imprevedibilità e caotiche, che gli strumenti tradizionali hanno difficoltà ad affrontare. I sistemi energetici territoriali presentano queste caratteristiche di complessità. Per descrivere gli indicatori di un sistema complesso è possibile costruire un modello articolato molto accurato oppure è possibile costruire un modello semplificato, ma che non può riprodurre completamente la realtà complessa. Nel primo caso la costruzione del modello complesso richiede un grande sforzo e risorse sia per lo sviluppo modellistico sia per l'uso dello strumento; inoltre anche un modello molto sofisticato non spiega mai tutta la realtà, poiché il numero di fattori dei sistemi complessi è troppo elevato. Nel secondo caso la costruzione del modello semplificato è comune alla soluzione preliminare-speditiva di molti problemi dell'ingegneria e delle scienze, risolti con metodiche speditive, di "screening", che coinvolgono l'esplorazione delle relazioni tra poche variabili descrittive di sistemi complessi e la modellazione del possibile legame esistente tra queste. Lo scopo dei modelli semplificati è di porre in luce in modo chiaro, poco dispendioso, anche se non completo ed esaustivo, le variabili più significative operanti nel sistema reale e le loro mutue relazioni. Questa tesi è interessata a definire questo secondo tipo di modelli semplificati. Da sempre gli studiosi hanno fatto ampio ricorso a modelli semplificati per rappresentare realtà troppo complesse per poter essere esaminate direttamente, con le poche risorse disponibili. La necessità di ricorrere a modelli semplificati delle realtà complesse è determinata dalla difficoltà, o impossibilità, di esaminare compiutamente tutte le variabili del sistema.

2 Analisi della letteratura tecnico-scientifica

Lo studio delle relazioni causali tra consumi energetici e crescita economica ha cominciato ad occupare una posizione di rilievo in letteratura economica dal 1978, quando i primi pionieri in questo campo, Kraft e Kraft, realizzarono uno studio incentrato sull'economia americana (Yaşar N., 2017). L'intento degli studiosi era quello di indagare le relazioni di causalità tra consumi energetici e sviluppo economico ed in particolare comprendere se fossero i consumi energetici a stimolare la crescita economica o viceversa fosse quest'ultima ad indurre un aumento dei consumi.

Gli studi che indagano le correlazioni esistenti tra indicatori economici e consumi energetici seguono principalmente quattro grandi filoni:

- la teoria della "crescita" ipotizza che i consumi energetici siano il motore dello sviluppo economico in parallelo ad altre variabili macro economiche. Gli studi che affermano tale teoria portano prove statistiche della relazione causale tra aumento dei consumi energetici e conseguente aumento del PIL. La teoria della crescita ha come effetto una tendenza alla cautela verso politiche economiche ed ambientali indirizzate alla conservazione energetica (come ad esempio le politiche di efficientamento energetico, di riduzione della domanda di energia, o di controllo e riduzione delle emissioni), perché queste politiche potrebbero comportare un effetto deprimente sulla crescita economica;
- la teoria della "conservazione" implica che le politiche volte a contenere la domanda energetica ed i conseguenti consumi non abbiano una influenza negativa sullo sviluppo economico di una regione. Rientrano in questo filone gli studi che verificano un incremento dei consumi energetici all'aumentare del PIL;
- la teoria della "neutralità" considera i consumi energetici alla stregua di una limitata componente del PIL e come tali non capaci di poter condizionare negativamente la crescita economica. Gli studi che seguono questo filone non riscontrano causalità tra indicatori di consumo e PIL. Di conseguenza ritengono che le politiche di contenimento dei consumi non possano innescare processi di depressione economica;
- la teoria del "feedback" implica che i consumi di energia ed il PIL di una regione siano grandezze interdipendenti. Gli studi che appoggiano questa tesi verificano sia delle causalità da incrementi del PIL verso incrementi dei consumi energetici, sia causalità nella direzione opposta. Anche in questa fattispecie, quindi, politiche ambientali mirate al contenimento dei consumi energetici, sono ritenute capaci di influire negativamente sulla crescita economica.

Nonostante queste argomentazioni siano ben documentate da una ampia letteratura e siano stati realizzati numerosi studi riguardanti diversi paesi e periodi di rilevamento, non vi è univocità dei risultati e neppure consenso scientifico sulle relazioni di causalità suddette. Come evidenziato da alcuni studi (Payne J.E., 2010), la variazione dei risultati può essere correlata alle variabili selezionate, alle specifiche dei modelli, ai periodi di tempo considerati negli studi ed ai differenti approcci econometrici utilizzati.

Da una prospettiva storica, una possibile categorizzazione della letteratura su questi argomenti potrebbe essere effettuata a partire dalle metodologie econometriche utilizzate negli stessi studi.

La tabella sotto riassume le metodologie impiegate e le direzioni di causalità tra consumi energetici e PIL, nei principali riferimenti bibliografici su questa materia. Le fonti utilizzate per la ricostruzione della tabella sono soprattutto Yasar N., 2017; Tiba S. e Omri A., 2016; Almozaini M., 2019.

Tabella 2-1 Quadro riassuntivo dei più importanti studi sulle relazioni di causalità tra PIL e consumi energetici (PIL = Prodotto interno Lordo, CE = consumi energetici, CEel = consumi elettrici, ARDL = Auto regressive distributed lag, VECM = vector error correction model, la freccia indica la direzione di causalità mentre la linea – indica assenza di causalità)

Metodologie di verifica di causalità	Studi scientifici di riferimento	Direzione di causalità
Causalità di Granger	Kraft e Kraft, 1978;	Stati Uniti PIL →CE
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Masih e Masih, 1997;	India CE →PIL Indonesia PIL →CE Pakistan PIL↔ CE Malesia Singapore CE→PIL
Co-integrazione, Causalità di Granger	Glasure e Lee, 1998;	Corea del Sud CE—PIL Singapore CE →PIL
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Asafu-Adjaye, 2000;	India, Indonesia CE→PIL
Co-integrazione, Causalità di Granger	Soytas e Sari, 2003;	Italia, Corea PIL→CE Turchia, Francia, Germania, Giappone CE→PIL
Co-integrazione, VECM (vector error correction model), Causalità	Oh e Lee, 2004a;	Corea (solo sul lungo periodo) PIL →CE

Metodologie di verifica di causalità	Studi scientifici di riferimento	Direzione di causalità
di Granger Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Oh e Lee, 2004b;	Corea (sul breve periodo) CE →PIL (sul lungo periodo) CE ↔ PIL
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Lee, 2005;	Corea, Singapore, Argentina, Cile, Colombia, Messico CE →PIL
Causalità di Granger	Lee, 2006;	Canada, Belgio, Svizzera CE →PIL Francia, Italia, Giappone PIL →CE Stati Uniti PIL↔ CE
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Ghali e El Sakka, 2004;	Canada PIL↔ CE
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Dinda e Coondoo, 2006;	PIL↔ CE (Panel su 88 stati)
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger, Causalità di Hsiao	Yoo, 2006;	Malesia, Singapore CEel ↔ PIL
Co-integrazione, Causalità di Granger	Narayan e Singh, 2007;	Isole Fiji CEel→PIL
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Mehrrara, 2007;	11 paesi esportatori di petrolio PIL →CE
Co-integrazione, Causalità di Granger	Ho e Siu, 2007;	Hong Kong CEel →PIL
Co-integrazione su Panel Pedroni, Causalità di Granger	Chen e altri, 2007;	India, Corea, Malesia PIL →CEel Indonesia CEel→PIL
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Lee e Chang, 2008;	16 Regioni asiatiche CE→PIL
Decomposizione della varianza, Toda-Yamamoto	Wolde-Rufael, 2009;	Egitto, Marocco, Nigeria, Senegal PIL →CE Algeria, Benin, Sud Africa CE →PIL Gana, Togo, Zimbabue, CE ↔ PIL Camerun, Kenya CE—PIL

Metodologie di verifica di causalità	Studi scientifici di riferimento	Direzione di causalità
ARDL (auto regressive distributed lag), Causalità di Granger	Akinlo, 2008;	Sudan, Zambia, Congo, Senegal, Congo, PIL →CE
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Apergis e Payne, 2009;	Panama, Salvador, Costarica, Guatemala, CE →PIL
Co-integrazione, VAR (vector autoregressive), Causalità di Granger	Ghosh, 2009;	India PIL →CE
Co-integrazione, VECM	Odhiambo, 2009b;	Sud Africa PIL↔ CEel
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Narayan e Smith, 2009;	Iran, Israel, Kuwait, Oman, Arabia Saudita, Siria CEel →PIL
Procedura ARDL (auto regressive distributed lag), Causalità di Granger	Ozturk e altri, 2010;	Paesi a basso reddito (nel lungo periodo), PIL→CE Paesi a medio ed alto reddito, PIL↔ CE
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Wang e altri, 2011;	Cina PIL↔ CE
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Belke e altri 2011;	Paesi Ocse CE ↔ PIL
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Al-Mulali e Sab, 2012;	33 regioni sub Sahariane CE ↔ PIL
Metodo generalizzato dei momenti (GMM)	Omri, 2013;	14 regioni nordafricane e mediorientali, CE ↔ PIL
Co-integrazione, VECM, Causalità di Granger	Herrerias e altri, 2013;	Regioni cinesi, PIL →CE
Co-integrazione, VAR (modelli vettoriali autoregressivi), Causalità di Granger, VECM	Ouedraogo, 2013;	Regioni africane, nel breve termine, PIL→CE. Sul lungo termine, CE→PIL

Metodologie di verifica di causalità	Studi scientifici di riferimento	Direzione di causalità
VAR, Causalità di Granger	Tan e Tang, 2013;	Malesia, PIL ↔ CEel
Approccio multivariato, decomposizione della varianza, co-integrazione non lineare	Omay e altri, 2014;	G7 CE ↔ PIL
Co-integrazione Pedroni, 1999 e Westerlund, 2006	Narayan e Smyth, 2008; Basci e altri, 2015	G7 (sul lungo periodo) CE → PIL Asia centrale CE → PIL
Metodo generalizzato dei momenti	Al-Iriani, 2006,	Barein, Kuwait, Oman, Qatar, Arabia Saudita PIL → CE
ARDL Bound test	Al Mulali e Sab, 2012; Ouedraogo, 2013;	33 regioni sub sahariane CE ↔ PIL Regione dell’Africa Occidentale Sul breve termine PIL → CE Sul lungo termine CE → PIL
Causalità di Hsiao	Cheng e Lai, 1997; Chontanawat e altri, 2008	Taiwan PIL → CE
Co- integrazione Co-integrazione non lineare e causalità di Granger Co-integrazione Westelund 2007 Metodo generalizzato dei momenti Causalità di Granger ARDL (Auto regressive distributed lag)	Apergis e Payne, 2014; Omay e altri, 2014; Basci e altri, 2015; Alaali e altri, 2015; Telatar, 2015	Regioni nordafricane e mediorientali CE → PIL G7, CE ↔ PIL Asia centrale e Azerbaijan CE → PIL 130 regioni CE → PIL Paesi con alto reddito procapite PIL → CE Paesi a basso reddito CE → PIL

Come emerge dalla tabella riportata sopra, che mostra un quadro non esaustivo dei lavori finalizzati a scoprire il livello di correlazione tra economia e sistema energetico, lo sviluppo di metodologie applicate sta portando a tecniche econometriche sempre più complesse, come l’approccio multivariato, la

decomposizione della varianza o la co-integrazione non lineare. Ma i risultati continuano a non essere univoci. Gli indici macroeconomici ed i consumi territoriali di energia certamente si influenzano a vicenda, ma l'interrelazione non va in una sola direzione.

Un filone di indagine prova ad interpretare su scala nazionale, in modo empirico o statistico, le correlazioni tra il consumo energetico finale e la crescita economica per ambiti territoriali con caratteristiche simili. In particolare, molti studiosi tentano di effettuare le analisi di causalità su paesi a differente livello di sviluppo economico. Ad esempio, sono stati analizzati con i metodi d'analisi bivariata (Chontanawat, 2006) i dati sul consumo di energia e sul PIL dei paesi in via di sviluppo e nei paesi sviluppati dell'OCSE; in questo confronto sono emerse differenze significative: in particolare per i paesi sviluppati, il PIL è il determinante, cioè è la variabile indipendente che influenza il consumo di energia. Mentre le economie dei paesi in via di sviluppo presentano una minore correlazione tra PIL e consumi di energia; ciò vale in particolare per le economie povere basate prevalentemente sul settore agricolo, quindi meno energivore e relativamente poco dipendenti dal consumo energetico.

Considerando la causalità inversa, cioè l'influenza del consumo di energia sul PIL delle nazioni, gli analisti hanno scoperto che questa relazione cresce con il livello di sviluppo. Alcune analisi mostrano che il consumo totale di energia di un territorio sviluppato non può essere considerato un buon indicatore del sistema energetico: in questi casi per scorgere correlazioni significative è meglio differenziare il consumo sia per tipologia di fonte energetica (Chontanawat, 2006) sia per macrosettore economico (industria, agricoltura, ecc.).

Huang utilizza il 'metodo generalizzato dei momenti' (Generalised Method of Moments, o GMM) per la ricerca di stimatori statistici in una sua ricerca sui dati di panel del consumo di energia, fatta per 82 paesi dal 1972 al 2002, divisi in quattro gruppi a seconda del livello di reddito (Huang B. et al., 2008). Huang sottolinea che: nel gruppo a basso reddito non esiste relazione causale tra consumo di energia e crescita economica; nei gruppi a reddito medio la crescita economica comporta il consumo di energia; nel gruppo dei paesi ad alto reddito, la crescita economica influenza negativamente il consumo di energia, come se ci fosse disaccoppiamento per un aumento di efficienza. Mentre non ci sono prove che il consumo di energia porti alla crescita economica in nessuno dei quattro gruppi di reddito.

Anche secondo Yasar (Yasar, N., 2017), la relazione di causalità tra consumi energetici e crescita economica dipende dal grado di sviluppo economico delle regioni oggetto di indagine. In particolare egli rafforza la teoria di neutralità per le regioni a basso reddito, giustificando questa ipotesi con l'assenza di evidenza statistica ed econometrica della causalità, e spiegando la mancata correlazione con il fatto che le regioni a basso reddito si trovano ancora ad un primo grado di sviluppo in cui i processi di produzione si basano su tecniche convenzionali. Nei paesi a medio reddito la crescita economica comporta un aumento dei

consumi, per cui è lecito impostare politiche di conservazione energetica. Mentre nei paesi ad alto reddito si verifica una ipotesi di feedback, per cui occorre gestire con attenzione le politiche di contenimento dei consumi energetici.

Più recentemente altri ricercatori (Scalia M., 2019; Mattioli G et al., 2019) hanno adattato il formalismo hamiltoniano per applicarlo al modello generale di Volterra 'predatore/preda', per la costruzione di un modello globale di stato stazionario di un'economia sostenibile; essi affermano che i consumi energetici sono sempre stati il principale "motore" per la crescita economica.

Negli ultimi anni molte organizzazioni ed agenzie internazionali e nazionali, come lo Spazio economico europeo, l'International Energy Agency, l'Enea, l'ISPRA, ecc. (European Commission 2012, Economidou, M., 2017, Economidou, M e Roman Collado, R., 2019) hanno applicato i metodi di decomposizione statistica, la cosiddetta "Index decomposition analysis" o IDA (Ang B.W., 2004, Ang, B.W. e Zhang, F.Q., 2000) per studiare come i diversi parametri economici, sociali e tecnici possono determinare i consumi energetici territoriali.

Sono stati sviluppati numerosi modelli di previsione energetica anche per il solo settore elettrico utilizzando fattori economici, sociali, geografici e demografici. Alcuni analisti (Egelioglu e al., 2001) hanno studiato l'influenza delle variabili economiche sul consumo annuale di elettricità nella parte settentrionale di Cipro utilizzando l'analisi di regressione lineare multipla; in questi studi è stato riscontrato che il numero di clienti, il prezzo dell'elettricità e il numero di turisti sono correlati al consumo annuale di elettricità. Harris e Liu (Harris et al., 1993) hanno scoperto che il prezzo gioca un ruolo importante nel determinare il comportamento di limitazione dell'uso elettrico da parte dei consumatori. Rajan e Jain (Rajan et al., 1999) hanno descritto schemi di consumo energetico per Delhi in funzione delle condizioni meteorologiche e della popolazione. Fung e Tummala (Fung et al., 1993) hanno concluso che a Hong Kong è ragionevole utilizzare come determinante dei consumi elettrici il prezzo dell'elettricità, il prodotto interno lordo (PIL), deflazionare le esportazioni nazionali e la popolazione. Liu e altri (Liu et al., 1991) hanno utilizzato il PIL, il prezzo reale dell'elettricità e la popolazione nella previsione del consumo di elettricità di Singapore. Lakhani e Bumb (Lakhani et al., 1978) hanno utilizzato il prezzo dell'elettricità nel settore civile, il reddito pro capite e l'elasticità della domanda a lungo termine per prevedere il consumo di elettricità nel Maryland. Tutti questi risultati suggeriscono che un modello di regressione lineare multipla che utilizzi PIL, prezzo e popolazione potrebbe essere un modello di previsione appropriato per il consumo di elettricità.

Negli anni '70 sono stati sviluppati modelli tecnico-economici ad equilibrio parziale, MARKAL-TIMES, che rappresentano il sistema elettrico nazionale anche nella sua articolazione regionale (Tosato, 2008). La metodologia MARKAL-TIMES è il frutto del lavoro di un gruppo internazionale di ricerca istituito presso l'Agenzia internazionale per l'energia (IEA) di Parigi, nel 1976, nell'ambito del programma ETSAP (Energy

Technology System Analysis Programme). L'IEA ha patrocinato lo sviluppo del generatore di modelli matematici di sistemi energetici detto MARKAL (acronimo di MARKet ALlocation) e la sua evoluzione detta TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System). Il modello permette di ricostruire l'intero reticolo rappresentativo del sistema elettrico nazionale, dalle domande di servizi energetici soddisfatte dall'energia elettrica (es. illuminazione, raffrescamento degli ambienti, conservazione del cibo, entertainment, ecc.) nei vari settori economici, fino all'approvvigionamento di fonti energetiche primarie, ricostruendo cioè la rete di tecnologie di estrazione, conversione, distribuzione e utilizzazione delle commodities energetiche. Il modello simula in modo dinamico non solo il comportamento operativo del sistema elettrico, ma anche la sua struttura in termini tecnologici, lato domanda ed offerta. Il criterio di ricostruzione del sistema anno dopo anno, fino al periodo orizzonte, è quello della massimizzazione della somma del surplus del produttore e del consumatore (social surplus) ovvero l'equilibrio economico parziale. L'evoluzione strutturale del sistema elettrico è legata alla dinamica del mercato dell'energia elettrica. In pratica si tratta di una complessa modellizzazione dal basso, che parte dalla domanda per le commodities o servizi energetici esogena rispetto al modello, ma stimata in abbinamento ad un set di indicatori socio-economici e demografici, ed attraverso la ricostruzione dei processi determina l'energia primaria necessaria, complessiva e settoriale, permettendo l'esplorazione di possibili scenari energetici alternativi rispetto ad uno scenario di riferimento preso come base. In particolare, l'utilizzo di modelli di equilibrio parziale si basa sull'assunto che essi permettono di individuare la soluzione che minimizzi i costi necessari per ottenere i servizi energetici desiderati grazie alla successione di scelte razionali degli operatori. I modelli della famiglia MARKAL-TIMES permettono, quindi, di rappresentare molto in dettaglio il lato domanda del sistema energetico, descrivendo in termini quantitativi la conversione dell'energia finale in energia utile, ovvero il passaggio dai consumi finali di vettori energetici alla domanda di servizi energetici. La domanda di servizi energetici, infatti, è costituita individuando gli elementi che ne determinano l'evoluzione nel tempo costituiti da variabili economiche e sociali come il PIL ed il valore aggiunto settoriale, oltre alla popolazione, al numero di abitazioni, ecc. In generale MARKAL-TIMES è molto complesso, di difficile utilizzo, anche se rispetto a modelli bottom-up più semplici o a modelli top-down consente di analizzare, anche in orizzonti temporali lunghi, l'impatto delle singole tecnologie energetiche sulle problematiche di sistema, economiche ed ambientali, insieme alla possibilità di calcolare i costi delle tecnologie energetiche e del sistema nel suo complesso, tutti i prezzi delle commodities energetiche, nonché i costi e i benefici delle azioni di indirizzo. Il modello MATISSE è uno sviluppo dell'AIEE/Fondazione Energia e del Politecnico di Torino, in collaborazione coi Politecnici di Milano e di Bari e con un gruppo di lavoro interno del CESI (ora Ricerca di Sistema Elettrico o RSE): MATISSE è adattato agli scopi dei diversi studi effettuati; oltre alla disarticolazione territoriale, il modello ha anche una disarticolazione in 4 livelli di tensione elettrica (AAT, AT, MT, BT) in modo da rappresentare le infrastrutture di trasporto e distribuzione e la struttura della domanda. MATISSE rispetta la logica classica dei modelli della famiglia MARKAL-TIMES, in cui le ipotesi sulla domanda regionale di

servizi energetici (illuminazione, produzione di freddo per la conservazione di cibi, ecc.) sono ancorate ad un quadro coerente di assunzioni circa l'evoluzione regionale di indicatori socio-economici (valore aggiunto, popolazione residente, ecc.) esogene rispetto al modello. MATISSE calcola i consumi finali di elettricità per regione, per servizio energetico reso e per settore economico, ricostruendo la consistenza degli stock di tecnologie di uso finale dell'elettricità, attingendo alla sua banca dati tecnologica e tenendo conto dei vincoli evolutivi imposti dall'analista, ossia ricostruendo tutto il sistema elettrico.

Nel tentativo di prevedere il consumo di elettricità in Nuova Zelanda, inizialmente è stato proposto un modello logistico basato sulla curva di crescita logistica (Mohamed e altri, 2003), di estrapolazione di serie storiche. Il modello logistico prevede una tecnica di ricerca basata sulla Serie di Fibonacci (Mohamed e altri., 2003). Il modello logistico applicato alle serie storiche ha un po' sottostimato i valori di consumo di elettricità.

Makridakis e Wheelwright (Makridakis e altri, 1989) spiegarono chiaramente che è possibile costruire un modello semplice, ma che non può riprodurre completamente la realtà, oppure che è possibile costruire un modello complesso più accurato, ma ciò richiede un grande sforzo e risorse per essere sviluppato ed utilizzato. Inoltre, anche il modello più sofisticato ha una parte di realtà che non può essere spiegata, poiché il numero di fattori dei sistemi complessi è troppo alto e tende all'infinito (Makridakis e altri., 1989).

Un modello euristico è progettato per risolvere un problema più velocemente, nel caso in cui i metodi classici siano troppo lenti, ad esempio nel calcolo (in caso di elevata complessità computazionale) oppure per trovare una soluzione approssimata, nel caso in cui i metodi classici falliscano nel trovare una soluzione esatta (in caso di sistemi complessi con comportamenti emergenti). Con un modello euristico il risultato è ottenuto cercando di equilibrare l'ottimizzazione, la completezza, l'accuratezza e la velocità di esecuzione. I metodi euristici sono spesso una strada obbligata per risolvere problemi molto difficili (ad esempio quelli della valutazione dei sistemi territoriali), perché sotto determinate ipotesi il modello euristico riesce a ricavare facilmente una soluzione approssimativamente vicina a quella ottima. Nonostante tale proprietà non si possa verificare sistematicamente a priori, si tratta spesso di una soluzione disponibile in tempi ragionevoli. L'euristica è un approccio di risoluzione dei problemi diffuso in diverse simulazioni se la risoluzione ottimale del problema può essere impossibile o troppo costosa in termini di tempo o di capacità di elaborazione. I modelli euristici sono focalizzati sulla domanda d'uso del modello piuttosto che sul processo per realizzarlo e considerano le variabili "Qualità", "Tempo" e "Costi" non negoziabili rendendo flessibili le "Funzionalità". L'approccio euristico evidentemente non è adatto ad ogni situazione ed è sempre necessaria una delimitazione del campo di utilizzo; alcuni dei modelli euristici meno formali, come quello derivato dalle Serie di Fibonacci, potrebbero non essere sempre facilmente assorbiti all'interno di grandi organizzazioni tradizionali che seguono processi o metodi operativi rigidi o standardizzati. Inoltre, dato che questo modello si concentra soprattutto sul breve termine c'è il rischio che si perda una visione di lungo

periodo. Alcuni studiosi vedono ancora gli approcci euristici come competitivi rispetto a quelli più formali e precisi; in realtà questi due approcci devono essere visti in una prospettiva di complementarità l'uno rispetto all'altro. Entrambe le metodologie (euristica e formale) sono valide, ma richiedono una grande capacità interpretativa, oltre che esperienza, per poter essere applicate correttamente nelle diverse situazioni.

3 Indicatori nei bilanci energetici

3.1 Aspetti metodologici generali dei bilanci energetici

Nel sapere tecnico-scientifico è essenziale comprendere l'utilità dell'approccio sistemico, ed i bilanci di sistema sono elementi conoscitivi fondamentali per controllare i sistemi, in particolare anche quelli energetici, e per comprendere i loro indicatori. Un "bilancio di un sistema" in generale è un quadro contabile molto utile per valutare lo stato di un sistema complesso (economico, fisico, energetico, ecc.), attraverso i suoi flussi di produzione, di entrata, di uscita e di trasformazione (Millard D., Quadrelli R. 2017). In particolare i bilanci energetici sono strumenti di supporto conoscitivo fondamentali per la gestione dei sistemi energetici, a tutte le scale di lavoro: locali, regionali, nazionali, internazionali (Eurostat, 2019). In generale un bilancio di sistema è una relazione che intercorre tra i flussi entranti, uscenti, trasformati ed accumulati, in uno specifico intervallo di tempo e ambito d'indagine. Quindi per impostare un bilancio di sistema bisogna definire diversi elementi: natura delle grandezze di bilancio (es. gas, calore, elettricità, ecc.), ambiti (es. regioni, città, impianti, ecosistemi, cellule, ecc.) ed intervalli di tempo (es. anno, giorno, minuto, ecc.). I bilanci di sistema condividono tutti una stessa formulazione: $\text{Accumulo} = \text{Entrata} - \text{Uscita} + \text{Generazione} - \text{Consumo}$; nel caso di un bilancio energetico, quando si considerano tutte le forme di energia, la differenza tra generazione e consumo è nulla, in base al Principio di Conservazione dell'Energia.

Per rappresentare visivamente il bilancio di sistema è utile il "diagramma di Sankey".

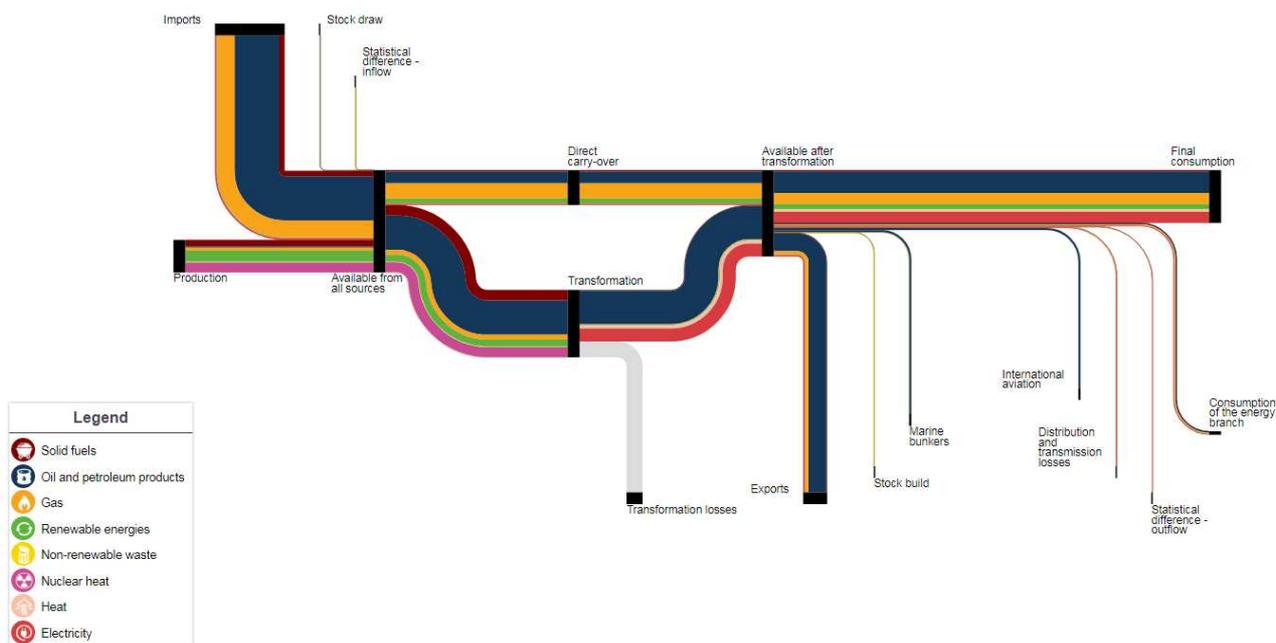


Figura 3-1. Esempio di diagramma di Sankey che fotografa i flussi energetici che interessano l'Europa a 27 nell'anno 2018. Le linee hanno larghezza proporzionale alle grandezze del bilancio (Eurostat, 2019).

Oltre alla forma diagrammatica un bilancio energetico può essere rappresentato anche in forma tabellare: le colonne delle tabelle rappresentano le forme di energia utilizzate dai sistemi antropici (ad es. i combustibili fossili, le fonti rinnovabili, ecc.); le righe rappresentano le trasformazioni energetiche. Nel suo complesso un bilancio energetico esprime tutte le forme di energia in un'unica unità di misura (ad es. tonnellate equivalente di petrolio, tep), trasformate e consumate dal sistema antropico in un determinato arco temporale (ad es. un anno). Ogni bilancio energetico si dovrebbe chiudere dal punto di vista fisico; cioè la domanda totale di energia dovrebbe uguagliare l'offerta totale perché, in base alla prima legge della termodinamica, l'energia di un sistema chiuso non si crea né si distrugge, ma si trasforma passando da una forma ad un'altra.

Le tabelle dei bilanci energetici regionali possono essere costruite, per ogni anno solare, secondo schemi differenti, desunti da Eurostat, Ministero italiano dello Sviluppo Economico, Enea, ecc. In particolare Eurostat raccoglie statistiche dell'energia con dati che sono l'input nel processo di costruzione coordinata su scala europea dei bilanci energetici nazionali e regionali; in questo schema comune le forme di energia sono codificate con precisione (ad es. carbone, petrolio greggio, gas naturale, biomasse, rifiuti).

I Bilanci energetici rappresentano la più potente contabilità statistica dei prodotti energetici e dei loro flussi all'interno delle economie (Eurostat, 2019). Il bilancio energetico consente ai pianificatori di apprezzare la quantità totale di energia estratta dall'ambiente, scambiata, trasformata e utilizzata dagli utenti finali. Permette anche di valutare il contributo relativo di ogni vettore energetico. Il bilancio energetico consente

di studiare il mercato interno globale dell'energia e di monitorare gli impatti delle politiche energetiche. Il bilancio energetico offre, in un formato compatto, una visione completa della situazione energetica di un paese e presenta tutti i prodotti energetici statisticamente significativi (carburanti, fonti rinnovabili) di un paese, la loro produzione, trasformazione e consumo da parte di diversi settori economici (industria, trasporti, ecc.). Pertanto, un bilancio energetico è il punto di partenza naturale per studiare il settore energetico. Semplificando, si può dire che il bilancio energetico è una matrice, le cui colonne sono i prodotti energetici e le righe sono flussi di energia (produzione, trasformazione e settori di consumo). In una connotazione più complessa un bilancio energetico è un quadro contabile per la compilazione e la sistematizzazione dei dati su tutti i prodotti energetici che entrano, escono e vengono utilizzati all'interno del territorio nazionale di un determinato paese durante un periodo di riferimento.

La metodologia Eurostat per la costruzione di bilanci energetici potrebbe essere sviluppata su scala nazionale e regionale, al fine di consentire confronti tra le diverse regioni e creare una solida base conoscitiva per la pianificazione energetica.

Nei bilanci energetici tutti i dati per tutti i prodotti energetici sono presentati in un'unità energetica comune. Possono essere efficacemente utilizzati per la verifica della qualità, accuratezza e coerenza dei dati energetici: grandi differenze statistiche, eccessive perdite nei processi di trasformazione, ecc., possono fornire dei segnali rilevanti di problematiche relative alla qualità dei dati utilizzati.

I bilanci energetici rappresentano anche la base informativa per la costruzione di importanti indicatori quali la dipendenza energetica o l'intensità energetica (consumi su PIL).

La metodologia Eurostat è stata aggiornata nel gennaio 2019, e si applica in maniera uniforme a tutti gli stati membri e per tutte le annualità disponibili (in genere a partire dal 1990).

I bilanci Eurostat rispondono ad una solida impostazione metodologica e normativa comune (a partire dal Regolamento europeo n. 1099/2008 sulle statistiche energetiche) permettendo così una efficace comparazione tra i sistemi energetici dei diversi paesi europei.

Nella costruzione di un bilancio energetico, deve essere sempre tenuta in considerazione la prima legge della termodinamica. Essa afferma che l'energia totale di un sistema isolato è costante; l'energia può essere trasformata da una forma all'altra, ma non può essere né creata né distrutta. La prima legge è spesso formulata affermando che la variazione di energia interna a un sistema chiuso è pari alla quantità di calore fornito al sistema, meno la quantità di lavoro svolto dal sistema sull'ambiente circostante. Di conseguenza, i guadagni energetici non sono possibili e, se presenti, sono il risultato di una discrepanza statistica (dati di bassa precisione) o del non considerare in modo esaustivo tutti i prodotti di input nell'ambito del sistema considerato.

Un approccio semplificato considera i seguenti passi fondamentali:

- Il primo passo è quello di costruire saldi di materie prime per ogni vettore energetico in unità di misura naturali del vettore energetico considerato, unità fisica (tonnellate e metri cubi) o unità di energia (GWh per l'elettricità e TJ per il calore).
- Il secondo passo consiste nel convertire il saldo delle materie prime espresse in unità diverse in un'unità energetiche comuni, moltiplicando tutti i dati per il fattore di conversione appropriato (potere calorifico o fattore di conversione per unità di misura differenti).
- Il terzo passo consiste nell'organizzare le colonne e le righe del bilancio in modo da evitare i doppi conteggi.

I confini delle statistiche energetiche sono definiti dalla scelta della forma di energia primaria. Il principio generale dell'approccio di Eurostat è che la forma di energia primaria dovrebbe essere la prima forma di energia nel processo di produzione per la quale i vari usi energetici sono realmente praticati. La metodologia di Eurostat si basa sul metodo del contenuto energetico fisico. Per i prodotti energetici direttamente combustibili (ad esempio carbone, petrolio greggio, gas naturale, biocarburanti, rifiuti) è il loro effettivo contenuto energetico misurato in base ai relativi valori calorifici lordi e netti. Per i prodotti che non sono direttamente combustibili, l'applicazione di questo principio porta alla scelta del calore come forma di energia primaria per nucleare, geotermico e solare termico; e alla scelta dell'elettricità come forma di energia primaria per il fotovoltaico solare, l'eolico, l'idroelettrico. La misurazione della forma di energia primaria per le fonti non direttamente combustibili è effettuata come produzione lorda di elettricità, per le fonti in cui l'elettricità è la forma di energia primaria e come produzione di calore lordo per le fonti in cui il calore è la forma di energia primaria. Secondo gli obblighi di regolamento (CE) N. 1099/2008 sulle statistiche energetiche, la rendicontazione riguarda gli input geotermici e solari termici necessari per la produzione di elettricità e/o calore da queste fonti.

Un bilancio energetico per essere costruito necessita talvolta trasformazioni di unità di misura sulla base del contenuto energetico "netto" dei combustibili, come il gas naturale o i prodotti petroliferi, dove "netto" si riferisce ai valori calorifici inferiori utilizzati per la conversione. La quantità nota come potere calorifico superiore (GCV) (o valore calorifico superiore o energia lorda) viene determinata riportando tutti i prodotti della combustione alla temperatura di precombustione originale, e in particolare condensando il vapore acqueo prodotto. Questo è lo stesso del calore termodinamico della combustione poiché il cambiamento di entalpia per la reazione assume una temperatura comune dei composti prima e dopo la combustione, nel qual caso l'acqua prodotta dalla combustione viene condensata in un liquido, producendo quindi il suo calore latente di vaporizzazione. La quantità nota come potere calorifico inferiore (o valore calorifico inferiore) viene determinata sottraendo il calore della vaporizzazione del vapore acqueo dal valore

calorifico superiore. Questo valore è meno facilmente definibile in fisica, ma è quello che più correttamente deve essere utilizzato nelle trasformazioni di bilancio; l'energia necessaria per vaporizzare l'acqua non viene rilasciata come calore. Poiché il potere calorifico netto rappresenta la quantità di energia effettivamente utilizzabile dagli impianti energetici questo è il valore di conversione delle masse dei vettori energetici nei bilanci. Eurostat ha definito per gli Stati membri dell'Unione un sistema a cascata per la scelta dei valori calorifici netti utilizzati per la costruzione di bilanci energetici.

1. I valori calorifici netti sono sottoposti ad obblighi di trasmissione dei dati (Regolamento n. 1099/2008 relativo alle statistiche dell'energia).
2. Per i prodotti del carbone primario e secondario, è prevista anche una comunicazione dei valori calorifici lordi. Se non vengono forniti i valori calorifici netti ma vengono forniti i valori calorifici lordi, Eurostat utilizzerà la stima del potere calorifico netto. La stima si basa sul presupposto che $GCV = 1,05 \times NCV$ (il potere calorifico superiore è del 5% superiore al potere calorifico netto).
3. Per i prodotti del carbone primari e secondari, se non vengono forniti specifici valori calorifici settoriali, ma vengono forniti valori calorifici per altri settori, per la costruzione del bilancio energetico viene utilizzata la media aritmetica dei valori calorifici disponibili. Per i prodotti petroliferi tabellati del questionario petrolifero (petrolio greggio, NGL, materie prima della raffineria, additivi/ossigenati o altri idrocarburi), se non viene riportato un potere calorifico medio ma sono indicati i valori calorifici per la produzione, le importazioni o le esportazioni, per costruire il bilancio energetico è usata la media dei valori calorifici disponibili.
4. Se un paese non fornisce valori calorifici, Eurostat utilizza i valori calorifici netti stabiliti dal regolamento (UE) n. 601/2012 della Commissione, relativo al monitoraggio e alla comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87 / CE del Parlamento e Consiglio.
5. Per i prodotti non coperti dal regolamento (UE) n. 601/2012 della Commissione, i valori calorifici netti utilizzati sono le stime di Eurostat. Tali stime tengono conto della decisione 2007/589/CE della Commissione che stabilisce orientamenti per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

I riferimenti alla legislazione europea si basano sulle versioni consolidate degli atti giuridici disponibili il 16 agosto 2017. In termini pratici, la decisione 2007/589/CE della Commissione e il regolamento (UE) n. 601/2012 della Commissione si riferiscono agli orientamenti IPCC del 2006. Per carbone e prodotti a base di carbone, va notato che il potere calorifico riportato sotto "Per altri usi" viene utilizzato (tra gli altri flussi) anche per i seguenti flussi del bilancio energetico: prodotti recuperati, variazioni delle scorte,

autoproduttori, impianti del gas, liquefazione del carbone, consumi finali non energetici e perdite di distribuzione.

Tabella 3-1 Panoramica dei valori calorici rispetto al punto 4 (ombreggiatura verde) e al punto 5 (ombreggiatura gialla; Eurostat, 2019).

Product	Net calorific value (TJ/kt)	Product	Net calorific value (TJ/kt)
Anthracite	26.7	Aviation gasoline	44.3
Coking coal	28.2	Gasoline-type jet fuel	44.3
Other bituminous coal	25.8	Kerosene-type jet fuel	44.1
Sub-bituminous coal	18.9	Other kerosene	43.8
Lignite	11.9	Naphtha	44.5
Patent fuels	20.7	Gas oil and diesel oil (w/o bio)	43.0
Coke oven coke	28.2	(Residual) Fuel oil	40.4
Gas coke	28.2	White spirit and SPB	40.2
Coal tar	28.0	Lubricants	40.2
Brown coal briquettes	19.0	Bitumen	40.2
Peat	9.76	Petroleum coke	32.5
Peat products	16.0	Paraffin waxes	40.2
Oil shale and oil sands	8.9	Other oil products	40.2
Crude oil	42.3	Charcoal	29.5
Natural gas liquids	44.2	Pure biogasoline	27.0
Refinery feedstocks	43.0	Blended biogasoline	27.0
Additives and oxygenates	42.5	Pure biodiesels	27.0
Other hydrocarbons (w/o bio)	42.5	Blended biodiesels	27.0
Refinery gas	49.5	Pure bio jet kerosene	44.0
Ethane	46.4	Blended bio jet kerosene	44.0
Liquefied petroleum gases	47.3	Other liquid biofuels	27.4
Motor gasoline (w/o bio)	44.3		

Nel caso dei prodotti non combustibili il calore è l'energia primaria considerata per geotermico o solare termico, mentre l'elettricità è l'energia primaria considerata per il solare fotovoltaico, l'eolico e l'idroelettrico (oltre a maree, onde, oceano). Qualora i consumi degli impianti energetici (ingressi di trasformazione) non siano rilevati direttamente, questi valori vengono determinati indirettamente, ad esempio in funzione dei valori noti di produzione d'energia (uscite di trasformazione), ipotizzando opportuni rendimenti medi di trasformazione. Ad esempio per il calore generato con energia geotermica, se non è nota la quantità effettiva di calore geotermico usato come fonte primaria, l'equivalente d'energia primaria inserita nel bilancio è calcolata assumendo un'efficienza degli impianti mediamente pari al 50%.

Nelle tabelle di bilancio le principali trasformazioni indicate sulle righe sono descritte nel seguito, in sequenza logica, dall'offerta alla domanda energetica (Eurostat, 2019).

Offerta energetica

Questa parte del bilancio è fondamentale soprattutto per controllare l'esito delle politiche di sostituzione delle fonti, per migliorare l'affidabilità della fornitura d'energia e per aumentare la compatibilità ambientale del settore energetico.

Consumi interni lordi di energia

Questa voce riguarda l'alimentazione di varie fonti energetiche (primaria, 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.) ed è l'aggregato più importante per un bilancio energetico di scala internazionale. Il consumo interno lordo per le fonti energetiche primarie (cioè quelle direttamente raccolte dalla natura) rappresenta il loro prelievo, mentre per le fonti derivate (prodotti secondari) rappresenta solo gli scambi con le regioni esterne o le variazioni delle scorte (di conseguenza il consumo interno lordo per le fonti derivate in qualche caso potrebbe avere valori negativi).

Trasformazione d'energia

Ingressi di trasformazione

Questa voce registra le forme di energia che subiscono trasformazioni in vari processi (ad es. in centrali termo-elettriche per la produzione di elettricità o calore; in raffinerie per la produzione di prodotti petroliferi dal petrolio greggio, ecc.). La trasformazione viene registrata solo se le forme di energia sono fisicamente o chimicamente modificate per produrre energia elettrica e/o calore.

Uscite di trasformazione

Questa voce del bilancio registra le forme di energia come risultano da vari processi di trasformazione; le differenze tra l'uscita e l'ingresso in trasformazione quantificano le perdite d'energia dei vari processi di trasformazione. Le centrali degli 'autoproduttori' nelle tabelle di bilancio si riferiscono ad imprese che in parte generano energia per il proprio uso e per sostenere un'altra attività primaria.

Consumi del settore energetico

Questa voce del bilancio si riferisce all'uso interno alle industrie energetiche per tutte le operazioni a sostegno dei loro processi; un esempio di consumo del settore è il pre-riscaldamento delle caldaie delle centrali energetiche.

Scambi, trasferimenti, resi e perdite d'energia

Scambi e trasferimenti

Questa voce del bilancio è essenzialmente un elemento di contabilità statistica necessaria per spostare quantità d'energia tra le colonne della tabella di bilancio, cioè tra le tipologie di fonte energetica. In pratica questo spostamento di valori tra le colonne del bilancio serve a considerare la variazione di una forma di energia o la ridenominazione di alcune forme di energia durante i processi di trasformazione. Ad esempio del cherosene dopo una miscelazione potrebbe essere riclassificato come gasolio per il suo uso nei motori diesel; questa operazione produrrebbe valori negativi "nei trasferimenti" per cherosene e positivi per il gasolio. I processi di trasformazione di alcune fonti rinnovabili non combustibili producono energia elettrica (idroelettrica, eolica e solare fotovoltaico); dunque in questa riga si contabilizza il trasferimento di energia dalla colonna della fonte primaria a quella dell'energia elettrica.

Resi

I resi dell'industria petrolchimica riguardano prodotti energetici riconsegnati dai consumatori finali a raffinerie per successiva trasformazione, miscelazione o vendita.

Perdite di distribuzione

Questa voce copre le perdite che si verificano durante la trasmissione, distribuzione e trasporto di combustibili, elettricità o calore. Ad esempio le perdite possono includere anche lo sfiato di gasdotti, oppure le perdite di calore geotermico da vapordotti.

Disponibilità d'energia per i consumi finali

Questa voce aggregata è centrale e rappresenta l'offerta d'energia (necessaria per soddisfare la domanda). Nel bilancio il valore risulta dalla sommatoria delle voci precedenti (consumo interno lordo, ingresso di trasformazione, uscita di trasformazione, scambi-trasferimenti-resi, consumo del settore energia, perdite di distribuzione). Se il bilancio si chiude perfettamente questa voce aggregata eguaglia i consumi finali; ma talvolta il bilancio non si chiude per imprecisioni nella raccolta dati.

Domanda energetica

Questa parte del bilancio è fondamentale soprattutto per controllare l'esito delle politiche di riduzione degli sprechi energetici, poi per conseguire risparmi sotto il profilo dei costi economici e per limitare le emissioni atmosferiche inquinanti dei vari sotto-settori socio-economici.

Consumi finali non-energetici

Questa sezione del bilancio registra i combustibili non usati per produrre energia (si applica per carbone, petrolio e gas), ma impiegati in altro modo, per altre loro proprietà chimiche e fisiche (ad es. l'uso di lubrificanti o grassi per ridurre gli attriti, oppure l'uso di bitume per superfici stradali). Le fonti energetiche rinnovabili usate per scopi non energetici non sono considerate nel bilancio energetico e non vengono conteggiate nelle statistiche dell'energia (ad es. il legname usato nei cantieri o per la produzione di mobili).

Consumi finali d'energia

Questa voce aggregata è molto importante perché registra l'energia usata nei vari settori socio-economici: 3 settori principali, industria, trasporti ed altri, a loro volta ulteriormente disaggregati.

Industria:

- industria del ferro e dell'acciaio,
- industria chimica e petrolchimica,
- industria dei metalli non ferrosi,
- industria dei minerali non metallici (vetro, ceramica e materiali da costruzione) ,
- mezzi di trasporto,
- meccanica,
- cave e miniere,
- alimenti,
- carta, pasta carta e stampa,
- legno e prodotti del legno,
- costruzioni,
- tessile e pelletteria,
- industria non specificata.

Trasporti:

- ferrovie,
- strade,
- aviazione internazionale,
- aviazione domestica,

- navigazione domestica,
- trasporti in condotta,
- trasporti non specificati.

Altri settori:

- servizi,
- residenziale,
- agricoltura e foreste,
- pesca,
- altri settori non specificati.

Differenze statistiche tra offerta e domanda energetica

Questa voce aggregata è calcolata come differenza tra l'energia disponibile per il consumo finale ed i consumi finali (consumo finale non-energetico e consumo finale d'energia). Le differenze statistiche possono fornire una valutazione della qualità dei dati di bilancio, perché rappresentano l'equilibrio statistico tra offerta e richiesta di energia; si rileva però che in alcuni casi bassi valori di differenza statistica potrebbero indicare dati di qualità superiore ad un equilibrio con una differenza statistica nulla. Differenze statistiche nulle potrebbero anche risultare da approcci metodologici di stima indiretta "a somma zero" invece che essere basati su valori raccolti in modo diretto. Il sistema di raccolta di dati statistici potrebbe distinguere tra vari casi: i dati non sono a disposizione; i dati sono confidenziali e non sono esplicitati; la quantità di energia è nulla o trascurabile.

3.2 Bilancio energetico dell'Emilia-Romagna

Per il Bilancio Energetico Regionale dell'Emilia-Romagna (BER-ER) è stato applicato lo schema di bilancio comune indicato da Eurostat (Eurostat, 2019). Nel BER-ER in coerenza con le indicazioni Eurostat, il contenuto energetico di ciascun combustibile è quantificato in base al suo potere calorifico inferiore. In questo modo è stato possibile arrivare ad una contabilizzazione di tutti i flussi energetici regionali, semplificati nello schema sotto riportato.

Bilancio energetico dell'Emilia-Romagna, 2017 (unità in ktep)	Totale per tutte le fonti	Carbone e derivati	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	3.113		391	1	3		687	2.031
Consumo del settore energetico	333		26	234			7	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	13.085		4.098	4.975	890	35	673	2.414
+ Industria	3.961		129	2.388	6	35	354	1.049
+ Trasporti	3.824		3.453	163	113			94
+ Altri settori	5.154		516	2.443	771			1.271
+ Commercio e servizi pubblici	2.119		33	868	430			751
+ Residenziale	2.589		140	1.555	341			442
+ Agricoltura e foreste	399		303	20	0			75
+ Pesca	23		18		0			4
+ Altri settori non specificati	24		22					

Figura 3-2 Bilancio energetico di sintesi dell'Emilia-Romagna nel 2017. Le colonne della tabella rappresentano le forme di energia utilizzate; le righe rappresentano le principali trasformazioni energetiche (in ktep; elaborazioni su dati Arpaee, MISE, Terna, GSE, ecc. 2019).

Nel 2017 il consumo finale è stato superiore ai 13 milioni di tep, soddisfatto con un consumo interno lordo di quasi 16 milioni di tep. Il consumo di fonti di energia in Emilia-Romagna è ripartito tra l'industria (30%), i trasporti (29% dei consumi finali totali), il settore residenziale (20%) e poi i restanti settori (agricoltura, servizi, ecc.). La disponibilità di fonti energetiche deriva in buona parte dalle importazioni. Le fonti principali dei consumi sono state il gas naturale (8,3 milioni di tep, quasi il 52% del consumo interno lordo) ed i prodotti petroliferi (4,9 milioni di tep, il 31% del totale); le fonti rinnovabili hanno contribuito per circa il 13% dei consumi, mentre il carbone ormai rappresenta una percentuale irrilevante. In riferimento al rapporto tra produzione e richiesta di energia elettrica, dopo il referendum che nel 1986 decretò la chiusura dell'impianto nucleare di Caorso in provincia di Piacenza, in Emilia-Romagna si instaurò un periodo di deficit di produzione rispetto alla richiesta elettrica complessiva; questo deficit elettrico è diventato strutturale e si è protratto sino ad oggi. Le importazioni di elettricità hanno avuto dei punti minimi dal 2005 al 2011 sia per il completamento della riconversione a gas dei grandi impianti regionali ad olio combustibile

sia per lo sviluppo della produzione energetica da fonti rinnovabile, sia per il contenimento dei consumi a causa della crisi economica.

Lo stesso bilancio regionale può essere rappresentato, in maniera più intuitiva con il diagramma di Sankey seguente.

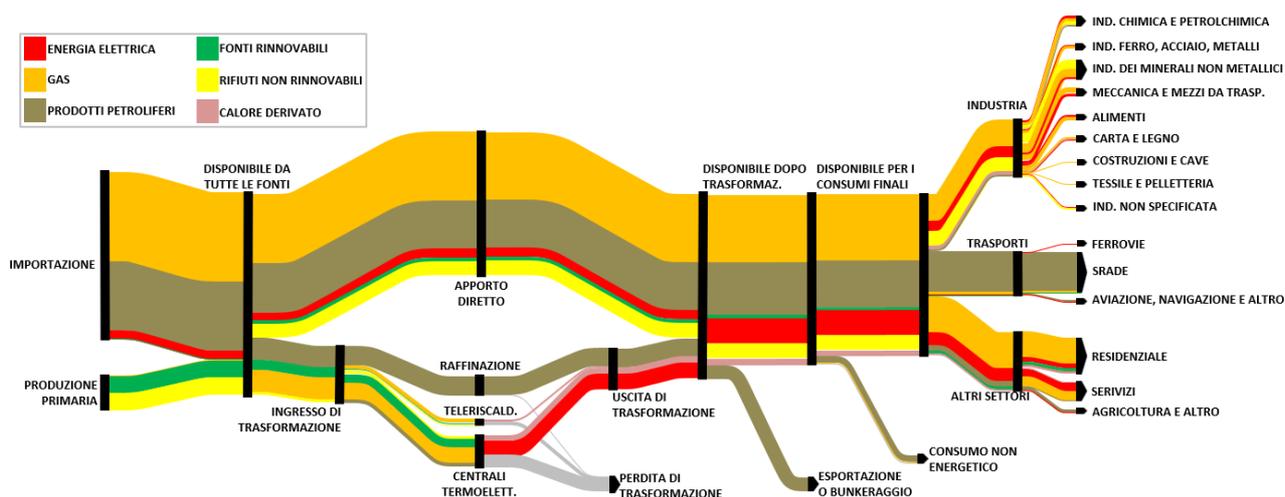


Figura 3-3. Esempio di diagramma di Sankey che fotografa i flussi energetici che interessano l'Emilia-Romagna: il diagramma è stato costruito in base al bilancio energetico regionale 2017; nel diagramma le linee hanno larghezza proporzionale alle grandezze del bilancio.

Il diagramma di Sankey mostra in modo semplificato ed immediato tutti i flussi energetici caratteristici della Regione Emilia-Romagna, che altrimenti, in forma tabellare, avrebbero la struttura complessa riportata di seguito.

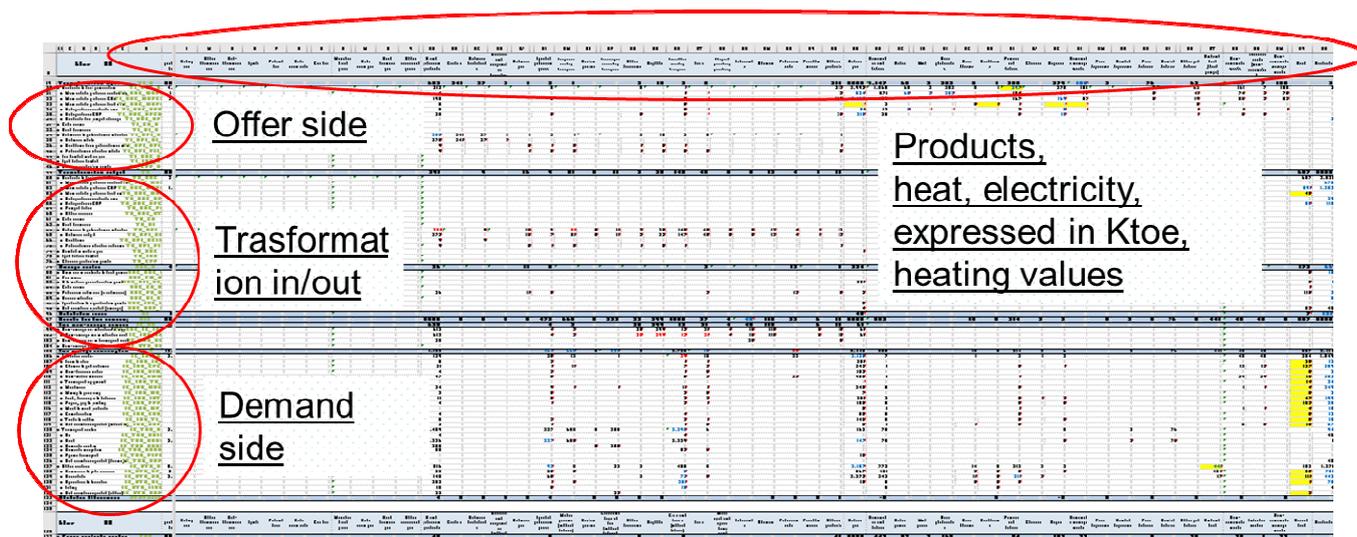


Figura 3-4 Estratto del bilancio Energetico dell'Emilia-Romagna (anno 2017; in ktep). Le informazioni riportate nella parte superiore della tabella riguardano l'offerta di energia, nella parte inferiore la domanda, mentre sulle colonne sono indicate le diverse forme di energia.

I bilanci rappresentano una base informativa indispensabile nella presente ricerca e in futuro dovrebbero essere costruiti in modo sempre più sistematico, in accordo sia con le organizzazioni che realizzano i bilanci energetici a livello internazionale (es. Eurostat), nazionale (es. MISE) e regionale (es. Osservatorio energia dell'Emilia-Romagna), per assicurarne la coerenza con tutti i detentori di dati energetici, per fare in modo che la contabilità energetica risulti sempre più solida, robusta e ripetibile, anno dopo anno.

3.3 Dinamiche e complessità dei sistemi energetici

Un bilancio energetico ed un diagramma di Sankey possono fornire una fotografia statica di un sistema energetico. Ma i sistemi energetici sono dinamici, dipendono dall'interazione di vari sottosistemi e sono complessi.

Possiamo distinguere due contesti: complicati e complessi. In contesti “complicati” esistono relazioni di sistema tra le cause e gli effetti non semplici da identificare: possono esserci più risposte alle questioni che possono sorgere. In questa situazione gli analisti devono percepire le relazioni, analizzarle e rispondere alle questioni; i sistemi esperti possono consentire di analizzare la situazione ed indagare sulle soluzioni; ad esempio un tecnico energetico può essere chiamato per aiutare a trovare soluzioni ai problemi di impatto ambientale degli impianti energetici. I fenomeni complessi sono difficilmente studiabili con gli stessi strumenti utilizzati per i sistemi semplici o complicati, con i calcoli matematico-statistici e le sperimentazioni di laboratorio. Il motivo risiede nel grandissimo numero di variabili che si dovrebbero

manipolare, che risulterebbe non gestibile con equazioni matematiche. I sistemi complessi hanno anche delle componenti dinamiche di imprevedibilità e caotiche, che gli strumenti tradizionali hanno difficoltà ad affrontare. Nei sistemi complessi le relazioni di causa-effetto possono essere identificabili a posteriori (ex-post) e possono anche essere previsti in modo ex-ante, ma con diverse incertezze. Per questo motivo prima di fare previsioni sui sistemi complessi è opportuno studiare molto bene il loro comportamento, per rilevarne situazioni emergenti impreviste e rispondere prontamente. Gli esempi includono la gestione dei sistemi energetici territoriali o dei cambiamenti climatici, per cui le soluzioni non sono perfettamente note in anticipo, ma devono essere verificate continuamente con la collaborazione di diversi esperti e soggetti interessati (ricerca inter-disciplinare e trans-disciplinare): i risultati possono essere imprevisti e ciò richiede che i modelli siano facilmente riprogrammabili, che le iniziative siano flessibili e che i risultati siano attentamente monitorati per consentire l'adattamento rapido quando i risultati si rivelano negativi. Ciò richiede quindi una modellistica accessibile, di semplice applicazione, per condurre molti esperimenti affidabili, in modo che da questi processi di "azione-reazione" possano emergere schemi istruttivi ed adattivi per la comunità e le parti sociali interessate, per capire cosa sta succedendo, come stanno procedendo gli interventi pianificati e praticare la gestione adattiva (Lewin, 1951). Talvolta in condizioni di crisi ci si aspetta che i decisori agiscano il più presto possibile. Ad esempio in condizioni di black-out energetico. Nella gestione delle crisi l'uso di strumenti decisionali veloci e la comunicazione sono fondamentali: non c'è tempo per consultare le modellistiche complesse che necessitano di un lavoro di preparazione degli input e i cui output sono spesso di difficile interpretazione. È importante anche la capacità d'identificazione dei modelli emergenti dei sistemi complessi, per aiutare a scoprire nuove opportunità e prevenire situazioni future simili.

4 Indicatori economici nei sistemi contabili NAMEA

Per comprendere quali indicatori e dinamiche economiche di un contesto territoriale possano essere in relazione con i flussi energetici è utile considerare le relazioni tra produzione ed acquisti-vendite dei beni tra i vari settori in cui si articola un sistema economico.

Wassily Leontieff ha modellato un sistema economico territoriale con un sistema "input-output" (Leontieff, 1986): una matrice di indicatori che analizza statisticamente le interazioni tra i settori economici di una regione (tavola delle interdipendenze settoriali). L'analisi di un sistema economico si può basare sul sistema input-output che in pratica offre una rappresentazione delle relazioni determinate dalla produzione, dagli acquisti e dalle vendite dei beni tra i vari settori in cui si articola un sistema economico (anche in relazione all'esterno per le importazioni-esportazioni). In altre parole Leontieff ha definito dei sistemi contabili con indicatori che possono essere usati per misurare gli effetti del cambiamento della domanda, in un qualunque settore sull'intera economia. Eurostat ha compreso l'importanza di questi sistemi contabili ed ha promosso le matrici Namea (*National Accounting Matrices including Environmental accounts*; cfr. Allegato 2) che integrano le matrici di Leontieff con alcuni indicatori ambientali (Sansoni, M. Bonazzi, E., 2012).

I consumi energetici e il consumo di risorse ambientali possono così essere conteggiati in modo integrato nelle matrici NAMEA (National Accounting Matrix including Environmental Accounts) (Sansoni M., Bonazzi E., 2010). Le contabilità meramente economiche classiche non consideravano i costi ambientali nel calcolo del prodotto interno lordo (PIL). Solo recentemente si è sentita la necessità di estendere i confini della contabilità nazionale e regionale, considerando anche la sfera sociale e ambientale. Dalla Commissione Brundtland si è iniziato a parlare di contabilità ambientale. L'obiettivo era quello di realizzare in modo sistematico una rendicontazione economica ed ambientale integrata in modo da affiancare a ogni risorsa ambientale utilizzata gli euro persi o guadagnati. La metodologia di costruzione di una contabilità integrata economica ed ambientale, riassunta nell'*Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting (SEEA)*, del 2003, è stata più volte rivista ed ottimizzata da vari organismi internazionali (Onu, Fondo monetario internazionale, Ocse e Banca mondiale). Anche l'Eurostat ha promosso sin dagli anni '90 un programma statistico di contabilità ambientale finalizzato a realizzare un sistema europeo di indici economici e ambientali integrati per descrivere le relazioni tra economia e ambiente nei diversi settori produttivi. Dal programma Eurostat nacquero le prime NAMEA.

Questo importante strumento ormai diffuso in tutti gli Stati membri è un conto ibrido espresso in unità di tipo fisico e monetario rigorosamente separate. Gli indicatori di pressione ambientale e quelli socioeconomici sono suddivisi per settore produttivo (NACE). È stato identificato come prioritario per la

contabilità ambientale dall'Unione europea e standardizzato dall'Eurostat (2009) nel "Manual for Air Emissions Accounts", ripreso poi da successivi documenti e Comunicazioni. Le politiche ambientali europee hanno introdotto la necessità di disaccoppiare crescita economica e consumo o degrado di risorse ambientali e la NAMEA è ritenuta uno degli strumenti più efficaci per misurare questo disaccoppiamento.

4.1 Regionalizzazione delle NAMEA

In alcune regioni è stata sviluppata una regionalizzazione della matrice NAMEA: per l'Italia, nel Lazio ed in Emilia-Romagna. Per la sua costruzione sono stati elaborati una serie di indicatori regionali economici ed ambientali con l'obiettivo di analizzare gli effetti dell'interazione economia-ambiente in un approccio di sistema, anche al fine di supportare i processi decisionali, suggerendo linee di indirizzo sostenibili sia dal punto di vista economico, sia da quello ambientale.

RAMEA è stata costruita seguendo le metodologie ufficiali nazionali ed europee richiamate sopra, e presenta quindi coerenza con la NAMEA nazionale. RAMEA si presenta come una matrice di rendicontazione divisa in due parti, economica e ambientale, con indicatori integrati e la possibilità di compiere analisi intersettoriali. Oggetto dell'analisi sono i settori economici e le famiglie. Per ogni settore sono confrontati il valore economico creato e le pressioni ambientali generate (per le famiglie le pressioni generate dai consumi vengono associate alle spese). Inoltre RAMEA serve a quantificare i fattori critici regionali (pressioni ambientali esercitate dalle attività economiche e dai consumi delle famiglie), ad analizzare le correlazioni tra le performance ambientali e quelle socioeconomiche, a elaborare gli indici di eco-efficienza e relative analisi economico-statistiche. In sintesi la metodologia RAMEA potrebbe essere usata a consuntivo come quadro statistico per organizzare le informazioni economico-ambientali integrate, a preventivo per modellare l'evoluzione di un sistema territoriale (analisi di scenario) in termini di sviluppo economico e pressioni ambientali. La matrice è in aggiornamento continuo. La figura sottostante riporta in modo semplificato i principali blocchi informativi che costituiscono la RAMEA Regionale.

	RAM (Conti economici)				EA (Conti ambientali)			
Classificazione attività economiche (NACE, ATECO)	Matrice input-output (EUR)	Produzione (EUR)	Valore aggiunto (EUR)	Occupati (UL)	Emissioni in atmosfera (ton)	Consumi di energia	Produzione di rifiuti	Imposte ecologiche
Consumi delle famiglie (COICOP)	Consumi per trasporti e riscaldamento (EUR)				Emissioni in atmosfera (ton)	Consumi di energia	Produzione di rifiuti	Imposte ecologiche

Figura 4-1 Schema semplificato di RAMEA (Regional Accounting Matrix including Environmental Accounts) in Emilia-Romagna (Sansoni M., Bonazzi E., 2010).

La RAMEA regionale associando i consumi energetici (oltre che altri indicatori di pressione ambientale come le emissioni climalteranti o la produzione di rifiuti), alla matrice input output, permette di effettuare analisi delle performance economico ambientali della Regione Emilia-Romagna. In particolare è possibile analizzare:

- in che misura le attività produttive (suddivise per sotto settori) e le famiglie, contribuiscono ai consumi di energia (anche elettrica), oltre che alle emissioni in atmosfera (effetto serra, acidificazione, ozono troposferico), alla produzione di rifiuti, ecc.
- in che misura i sottosectori industriali contribuiscono alle performance economiche e ambientali totali (profili economico-ambientali delle attività produttive),
- l'eco-efficienza delle attività produttive (Intensità di emissione relative al valore aggiunto, intensità energetica relativa al valore aggiunto, intensità di produzione di rifiuti rispetto al valore aggiunto).

Si tratta quindi di un utile strumento per la valutazione delle correlazioni tra consumi energetici e performance economiche e necessita di essere continuamente aggiornato con gli output dei bilanci energetici.

RAMEA (Regional accounting matrix for environmental accounts) o Namea Regionale per l'Emilia-Romagna, è un progetto di ricerca concepito dalla Direzione tecnica di Arpa e conclusosi nel 2007. Ramea air emissions (Sansoni et al., 2010; Tibaldi et al., 2009) è stata poi annoverata tra gli strumenti di sostenibilità nella Relazione sullo stato dell'ambiente della Regione Emilia-Romagna, nel 2009 (Bianconi et al., 2009; Bonazzi e Sansoni, 2010). La RAMEA regionale realizzata seguendo le linee guida di sviluppo europee (Eurostat, 2009; Eea, 2013) e inserendosi nel contesto internazionale di ricerca di nuovi indicatori per la misurazione del benessere nelle dimensioni dello sviluppo sostenibile (Almunia, 2007; Giovannini, 2010), ha poi sviluppato l'estensione della matrice, portando l'attenzione oltre che alle emissioni climalteranti, ad altri temi ambientali previsti dal framework di Eurostat (consumi elettrici ed energetici, imposte ambientali

e produzione di rifiuti speciali) e approfondendo analisi economico-ambientali. L'obiettivo finale è il supporto alla pianificazione regionale, in particolare nelle fasi di valutazione e monitoraggio delle politiche, cercando di interpretare l'esigenza di riformare i processi decisionali attraverso lo sviluppo di strumenti utili alle decisioni in un'ottica di integrazione tra economia e ambiente, come anticipato dall'Agenda 21 nel 1992. La matrice RAMEA grazie a una riclassificazione dei dati ambientali, può rappresentare l'interazione tra economia e ambiente assicurando la confrontabilità dei dati economici con le pressioni ambientali, secondo un "linguaggio" economico standardizzato e coerente con la logica della contabilità nazionale. A partire dai dati socio-economici associati alle diverse imprese che formano una filiera (in particolare unità locali e addetti), è stato possibile stimare le pressioni che queste attività economiche esercitano sull'ambiente. RAMEA rende particolarmente agevole l'elaborazione di indici di eco-efficienza settoriali. In particolare nei diversi ambiti di applicazione ci si è soffermati su:

- intensità di pressione ambientale (rapporto tra pressione ambientale e determinante economico, rappresentativo di un indice inverso di eco-efficienza) e di eco-efficienza, come indici di sintesi per una lettura integrata delle performance economico-ambientali dei settori produttivi,
- profili economico-ambientali dei settori dell'economia regionale,
- posizionamento negli anni dei settori produttivi dal punto di vista economico-ambientale e verifica di un percorso di efficientamento delle performance,
- tassi di crescita delle variabili economiche e delle pressioni ambientali per valutare i trend di cambiamento,
- verifica dell'esistenza di un eventuale delinking/disaccoppiamento tra gli indicatori di crescita economica pressioni ambientali associate.

Tra le opportunità di utilizzo che risultano più promettenti si evidenziano quelle di:

- monitorare come le attività produttive e i consumi delle famiglie contribuiscano all'economia e alle pressioni ambientali regionali (profili energetico-economico-ambientali),
- valutare l'eco-efficienza delle attività produttive come indice di sintesi per una lettura integrata delle performance economico-ambientali,
- correlare dati economici sulle attività di produzione e consumo con le pressioni ambientali che tali attività generano,
- costruire uno strumento utile per valutazioni ambientali, studi, analisi di scenario, più in generale per determinate fasi delle procedure di Valutazione ambientale strategica dei piani e programmi e per la

pianificazione regionale - analizzare e valutare (in itinere ed ex post) gli effetti economico-ambientali degli stessi piani,

- quantificare le criticità regionali (hot spots) per ciascun settore economico, sia in relazione ai singoli inquinanti, sia per temi ambientali di sintesi (surriscaldamento globale, acidificazione, formazione di ozono troposferico, consumi elettrici, consumi energetici, produzione di rifiuti speciali, tassazione ambientale) (Bonazzi e Sansoni, 2012).

In quanto Policy Tool (Eurostat, 2009, Eea, 2013), Ramea può essere usata a consuntivo come quadro statistico per raccogliere e organizzare le informazioni economico-ambientali integrate, a preventivo per modellare l'evoluzione di un sistema territoriale (analisi di scenario) in termini di sviluppo economico e pressioni ambientali, con l'auspicabile integrazione di matrici input-output.

In generale le RAMEA sono strumenti capaci di dimostrare come la costruzione e la lettura di indici economico-ambientali integrati possa contribuire a indirizzare l'evoluzione del sistema produttivo regionale con l'obiettivo di analizzare gli effetti dell'interazione economia-ambiente in un approccio sistemico, al fine di determinare linee di indirizzo sostenibili per le politiche ambientali regionali in stretta relazione con quelle di sviluppo. L'intensità di produzione è perciò un indice sintetico della lettura integrata delle performance ambientali: diventa importante come si produce oltre a quanto. Una corretta valutazione delle prestazioni ambientali non può prescindere dalla considerazione dell'eco-efficienza. Se da un lato la costruzione di matrici Ramea fa leva sull'utilizzo di dati economici e ambientali esistenti o stimati attraverso procedure validate, dall'altro l'inserimento di tali dati all'interno di un sistema contabile integrato implica un intenso lavoro di omogeneizzazione e riclassificazione dei dati ambientali, secondo un "linguaggio" di tipo economico che consenta un diretto confronto delle prestazioni economiche e ambientali di un territorio. Analisi e comprensione dell'indice "intensità di pressione ambientale" hanno consentito la predisposizione di un valido supporto per un processo decisionale consapevole, chiamato a integrare, all'interno delle tradizionali analisi economiche, aspetti correlati con le pressioni esercitate sull'ambiente.

Tra gli auspicabili sviluppi della RAMEA si rileva l'opportunità di: - rendere lo strumento sempre più adattabile agli usi dei decisori che operano in una società che sta attraversando profondi cambiamenti (economici, produttivi, sociali, normativi, climatici) e anche emergenze ambientali sempre diverse, seguendo così le indicazioni di Eurostat, Commissione europea e organismi internazionali - approfondire e integrare l'utilizzo di questo strumento con gli altri policy tools come le matrici input-output, utili al supporto delle decisioni (Policy Question), per un'applicazione anche dinamica, non solo di studio statico (valutazione ex-post). Si è in conclusione rivolto ai decisori del nostro paese, in particolare, operanti in un contesto locale e globale, l'auspicio che venga incoraggiato a più livelli lo sviluppo di questi strumenti di analisi e valutazione delle politiche, ampliati gli ambiti di approfondimento e applicazione; che sia inoltre

acquisita una miglior familiarità, unita a competenze tecnico-specialistiche, con questi policy tools per rendere strategico e operativo il valore aggiunto che possono consegnare la conoscenza e l'analisi integrata dei fenomeni socio-economici e ambientali al fine di una migliore comprensione dello stato della realtà e degli interventi, in una declinazione efficace dei principi interdisciplinari propri del concetto di sviluppo sostenibile.

Anche con queste premesse Istat ha anticipato la volontà di preparare e pubblicare le Ramea regionali per tutte le Regioni Italiane entro la fine del 2020.

5 Confronto dei sistemi energetici ed economici in Europa

5.1 Quadro europeo

Per descrivere l'efficienza economica ed energetica di un sistema territoriale vengono spesso utilizzati indicatori di consumo energetico, ricavati da bilanci energetici (consumi primari o consumi finali di energia), associati ad indici rappresentativi della ricchezza del sistema territoriale (Prodotto Interno Lordo, o valore aggiunto, se si fa riferimento ad un settore economico specifico). Il rapporto tra queste due tipologie di indici, consumi energetici e PIL o valore aggiunto, rappresenta invece *l'intensità energetica*: un indice integrato utilizzato spesso come indicatore di efficienza energetica di un sistema. Un incremento dell'intensità energetica può indicare un peggioramento delle condizioni di efficienza energetico - ambientale del sistema considerato. Essendo un rapporto tra due grandezze, può essere utilizzato anche per confrontare sistemi territoriali di dimensioni differenti. Nei prossimi paragrafi verrà quindi utilizzato per mettere a confronto le performance energetiche a livello di bacino europeo, a livello nazionale, e a livello regionale.

L'Unione europea si è impegnata con una serie di misure su tutti i principali settori a ridurre il consumo energetico del 20% entro il 2020 rispetto alle proiezioni ottenute con il modello Primes.

In termini quantitativi l'UE dovrà conseguire, nel 2020, un consumo di energia primaria non superiore a 1483 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) e un consumo finale di energia non superiore a 1086 Mtep.

Nel 2016, il consumo di energia primaria nell'UE era superiore all'obiettivo di efficienza del 4%. Rispetto al 1990, il primo anno per il quale i dati sono disponibili, il consumo è diminuito dell'1,7%. Nel corso degli anni, i valori di consumo di energia primaria hanno subito forti oscillazioni. La maggiore divergenza rispetto all'obiettivo si è registrata nel 2006 (16,2%, con un consumo pari a 1723 Mtep). A partire da tale data, sembra essersi verificato un cambio di paradigma nei consumi, che ha portato con varie fluttuazioni a ad un minimo storico nel 2014 (pari a 1509 Mtep, superiore al valore obiettivo di solo 1,7 punti percentuali). Negli ultimi due anni il divario è aumentato di nuovo, al 4% sopra l'obiettivo del 2020, pari a un consumo di 1543 Mtep nel 2016.

Nel 2016, il consumo finale di energia nell'UE è stato di 1108 Mtep, superiore del 2% all'obiettivo di efficienza. È aumentato del 2,1% tra il 1990 (1085 Mtep) e il 2016 (1108 Mtep). Il livello più basso del consumo finale di energia è stato registrato nel 2014 (1063 Mtep, 2,1% al di sotto dell'obiettivo) e il più alto

nel 2006 (1194 Mtep, 10% sopra l'obiettivo). Nel 2015 l'UE ha raggiunto l'obiettivo di efficienza di 1086 Mtep, tuttavia nel 2016 i consumi sono aumentati di nuovo, superando del 2% l'obiettivo al 2020.

Nel 2018, nell'ambito del pacchetto "Energia pulita per tutti gli europei", è stata concordata la nuova Direttiva sull'efficienza energetica (Direttiva 2018/2002/UE) che modifica ed aggiorna, fino al 2030 e oltre, il quadro politico sull'efficienza energetica determinato dalla Direttiva 2012/27/UE.

L'elemento chiave della Direttiva modificata è un nuovo obiettivo primario di efficienza energetica per il 2030 di almeno il 32,5%. L'obiettivo vincolante, da raggiungere in tutta l'Unione, è fissato rispetto alle proiezioni di modellazione del 2007 per il 2030. In termini assoluti, ciò significa che il consumo di energia dell'UE non dovrebbe superare i 1273 Mtep di energia primaria e non più di 956 Mtep di energia finale.

Analizzando il rapporto tra i consumi energetici ed il Prodotto Interno Lordo Europeo ciò che emerge assume dei connotati interessanti (EEA, 2018).

Tra il 1990 e il 2016, l'intensità energetica dell'UE, ovvero il rapporto tra il consumo interno lordo di energia e il prodotto interno lordo europeo (PIL) è diminuito del 36%. La riduzione è risultata continua per tutto il periodo, con una media di calo annuo dell'1,7%. Il periodo 1990-2005 è caratterizzato da una crescita economica relativamente elevata e una crescita più moderata del consumo interno lordo di energia. Mentre il periodo 2005-2014 è caratterizzato da una minore crescita economica e una diminuzione del consumo interno lordo di energia. Nel 2014 quest'ultimo ha ripreso ad aumentare, determinando un rallentamento dei miglioramenti dell'intensità energetica europea. Tra il 1990 e il 2016, si è assistito quindi, a livello europeo, ad un disaccoppiamento tra consumi interni lordi di energia e crescita economica. Infatti mentre il PIL (misurato a prezzi costanti nel 2010) è cresciuto dell'1,7% all'anno, il consumo interno lordo di energia è diminuito complessivamente dell'1,7% (corrispondente ad una diminuzione media annua pari allo 0,1%). Di conseguenza, l'intensità nell'UE è diminuita del 36% (1,7% all'anno).

Tra il 2005 e il 2016, l'intensità energetica è diminuita in media di 2,1 % all'anno: il consumo interno lordo di energia è diminuito del 10% (1,0% per anno), mentre il PIL è aumentato del 13% (1,1% all'anno). Tra il 2015 e il 2016, l'intensità energetica è diminuita dell'1,3%: il PIL è cresciuto più del consumo lordo di energia (2,0% rispetto allo 0,7%, rispettivamente). Dal 2005, i miglioramenti nell'efficienza energetica hanno subito un'accelerazione.

In generale tutti i paesi europei hanno registrato nel periodo considerato un disaccoppiamento assoluto (riduzione dei consumi energetici e contestuale crescita del PIL) o relativo (rateo di crescita dei consumi energetici inferiore a quello della crescita economica) tra consumo interno lordo di energia e Prodotto interno lordo.

Gli stati che hanno mostrato un disaccoppiamento relativo sono: Estonia, Finlandia, Norvegia, Polonia e Turchia. In Islanda, tra il 2005 e il 2016, la crescita del consumo interno lordo di energia ha superato la crescita del PIL, mentre in Grecia e in Italia sia il PIL che i consumi energetici sono diminuiti (i consumi ad un tasso di riduzione inferiore rispetto al PIL).

Tra i paesi che hanno sperimentato un disaccoppiamento assoluto dal 2005 in poi, troviamo: Austria, Belgio, Bulgaria, Croazia, Cipro, Repubblica Ceca, Danimarca, Francia, Germania, Ungheria, Irlanda, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Paesi Bassi, Portogallo, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia e Regno Unito.

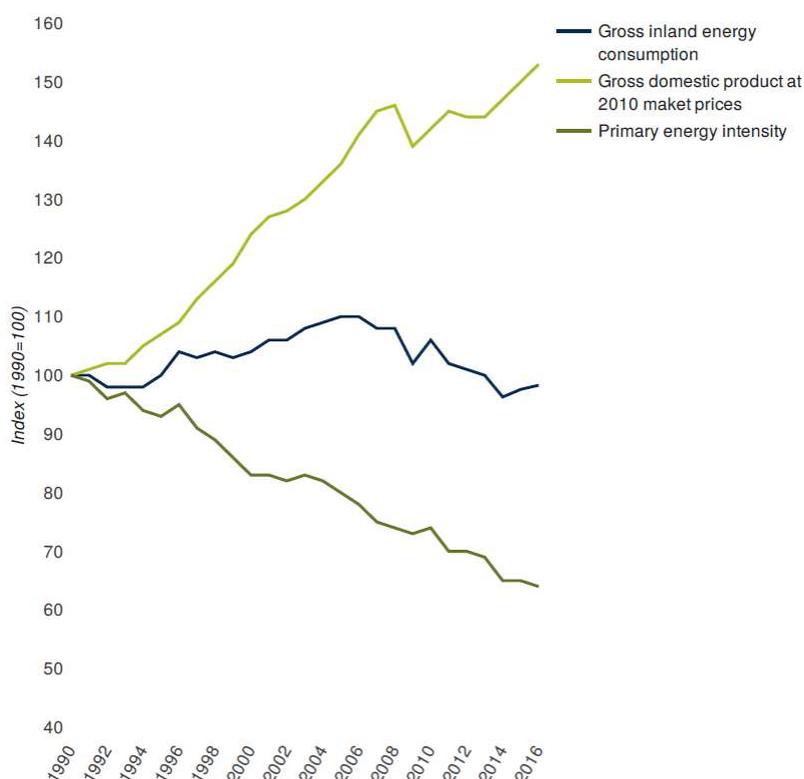


Figura 5-1. Andamento normalizzato dei valori di PIL (linea verde), Consumi interni lordi di energia (linea blu) e Intensità energetica (linea verde scuro) in Europa. Fonte: Agenzia Europea per l'ambiente (EEA, 2018).

La recente pubblicazione "decoupling debunked" (Parrique, T. et al., 2019) ha riaperto l'annoso dibattito sull'efficacia del disaccoppiamento tra crescita economica ed uso delle risorse. Si tratta di un dibattito fondamentale in questo periodo di trasformazioni economico-sociali i cui effetti sul clima sono sempre più evidenti anche per i non addetti ai lavori. Secondo questo studio non solo non ci sarebbero prove empiriche a sostegno di un evidente disaccoppiamento della crescita economica dalle pressioni ambientali, ma tale disaccoppiamento sembra impossibile anche in futuro, per varie ragioni. La più importante è che il progresso tecnologico non si rivolge ai fattori di produzione che contano per la sostenibilità ecologica, e

non porta al tipo di innovazioni che riducono le pressioni ambientali. Non è abbastanza dirompente in quanto non riesce a sostituire altre tecnologie indesiderabili e non è abbastanza veloce da consentire un disaccoppiamento sufficiente. L'innovazione non è di per se una cosa buona per la sostenibilità ecologica. L'innovazione corretta è l'eco-innovazione: quella che permette di risparmiare risorse naturali, ridurre i rischi ambientali o l'inquinamento. Spesso invece le aziende tendono a risparmiare sui fattori di produzione più costosi (lavoro e capitale), con conseguenti benefici limitati per la sostenibilità. Secondo questo studio, promotore della decrescita, il disaccoppiamento misurato in alcuni sistemi territoriali era soprattutto il risultato di processi di delocalizzazione ed esternalizzazione degli impatti ambientali da paesi ad alto livello di consumi a paesi a basso livello di consumi. Sempre secondo lo studio in futuro sarà ancora più difficile arrivare a percorsi di disaccoppiamento, per altre importanti ragioni:

1. Aumento della spesa energetica. L'estrazione di risorse di solito diventa più costosa man mano che le scorte si esauriscono: quando le opzioni più economiche non bastano più, si passa a sistemi caratterizzati da una maggiore intensità energetica, con conseguente aumento della pressione sull'ambiente. È il caso del gas di scisto o del petrolio da sabbie bituminose, che richiedono processi di estrazione molto impattanti perché si tratta di materie prime non facili da recuperare.
2. Effetti rimbalzo. I miglioramenti nell'efficienza sono spesso compensati, del tutto o in parte, da un utilizzo dei risparmi per aumentare i consumi nello stesso settore o in altri. Non è raro che un'auto a basso consumo venga utilizzata più spesso, o che il denaro risparmiato venga speso in un biglietto aereo per vacanze che altrimenti non ci si poteva permettere. Inoltre, la promozione di automobili più efficienti può rafforzare una mobilità basata sull'auto privata, invece di spostare il sistema di trasporto verso i mezzi pubblici e la bicicletta.
3. Spostamento dei problemi. Le soluzioni tecnologiche a un problema ambientale possono crearne di nuovi o esacerbarne altri. Ad esempio, la produzione di energia elettrica per la mobilità privata causa pressioni sulle riserve di litio, rame e cobalto, mentre i biocarburanti sottraggono suolo alla produzione di cibo.
4. Impatto sottovalutato dei servizi. L'economia dei servizi può esistere solo se basata sull'economia materiale. I servizi hanno un'impronta significativa che spesso si aggiunge a quella dei beni invece di sostituirla.
5. Potenziale limitato del riciclo. I tassi di riciclo sono attualmente bassi e crescono lentamente. Un loro aumento richiederà una quantità significativa di energia e materie prime. Inoltre, ad oggi il riciclo ha una capacità limitata di supportare un'economia materiale in crescita.

6. Trasferimento dei costi. In alcuni casi il disaccoppiamento calcolato su base locale non è altro che l'effetto di un'esternalizzazione dell'impatto ambientale in altri paesi, favorita dalle regole del commercio internazionale.

A prescindere dagli esiti di studi come quello qui citato, è utile rilevare l'importanza, per le economie mondiali, di puntare al disaccoppiamento tra crescita economica e uso delle risorse naturali (energetiche e non energetiche), in modo da non prescindere dalla capacità di carico degli ecosistemi su cui insistono le economie oggetto di valutazione. La strada per assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni passa proprio da questo disaccoppiamento e, come si vede dalla figura sottostante, è una strada ancora lunga da percorrere.

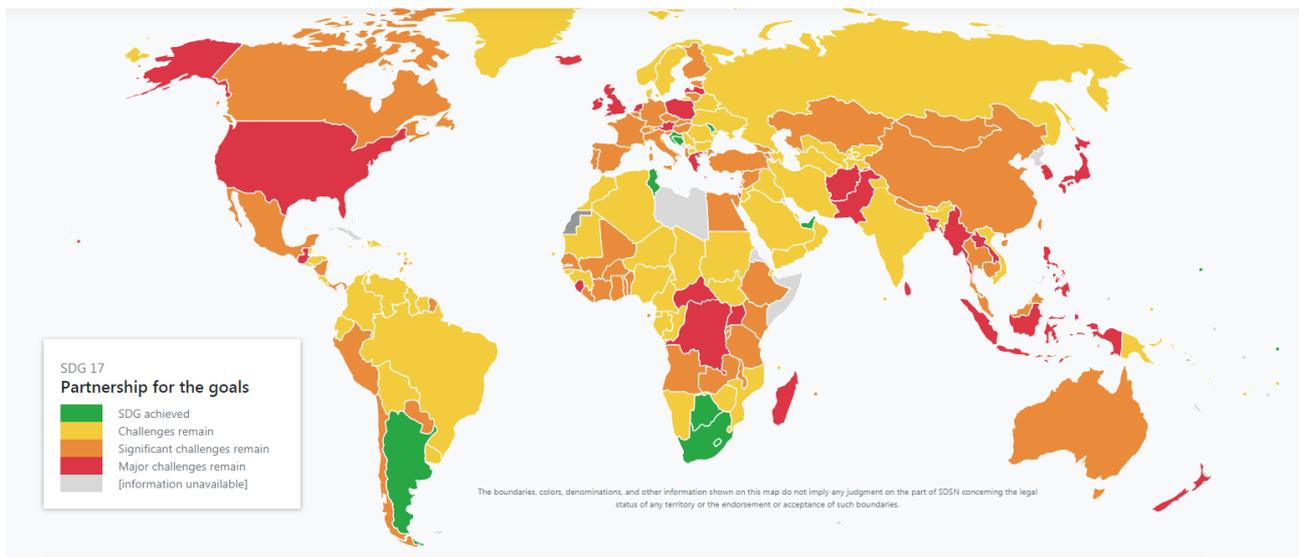


Figura 5-2. livello di raggiungimento dell'obiettivo 7 dell'Agenda per lo sviluppo sostenibile 2030 dell'ONU "Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni", comprende tra i suoi target quello di raddoppiare, entro il 2030, il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica (SDGs, goal 7, target 7.3). La gradazione dei colori passa dal verde (obiettivo raggiunto), al rosso (obiettivo in gran parte da raggiungere). (Sachs J. e altri, 2019).

5.2 Caso inglese

In questo capitolo saranno esaminate più nello specifico le relazioni tra gli indicatori economici ed energetici di alcune regioni Inglesi, che come è stato mostrato, hanno sperimentato un disaccoppiamento assoluto tra consumi energetici e crescita economica (Lissia, 2016).

Le regioni considerate sono state scelte sia sulla base della significativa presenza di un settore produttivo ad alta intensità energetica e un alto valore aggiunto, sia sulla base della disponibilità di dati a livello regionale.

Di seguito si mostra quindi l'analisi delle correlazioni tra i valori aggiunti e il consumo finale di energia del settore industriale di queste regioni.

Attualmente, non esiste un unico organismo statistico dal quale sia possibile ottenere dati sul consumo di energia a livello regionale. Le serie storiche in questione sono infatti gestite autonomamente da enti statistici regionali che, tuttavia, svolgono questa attività secondo diversi metodi.

Per quanto riguarda i consumi energetici delle regioni inglesi del Regno Unito è immediato notare il trend di decrescita che accomuna tutto il paese. Questo fatto, insieme ai dati del valore aggiunto in stabile aumento dei diversi settori industriali, testimonia la decrescita dell'intensità energetica, diminuita del 38% tra il 1990 e il 2015.

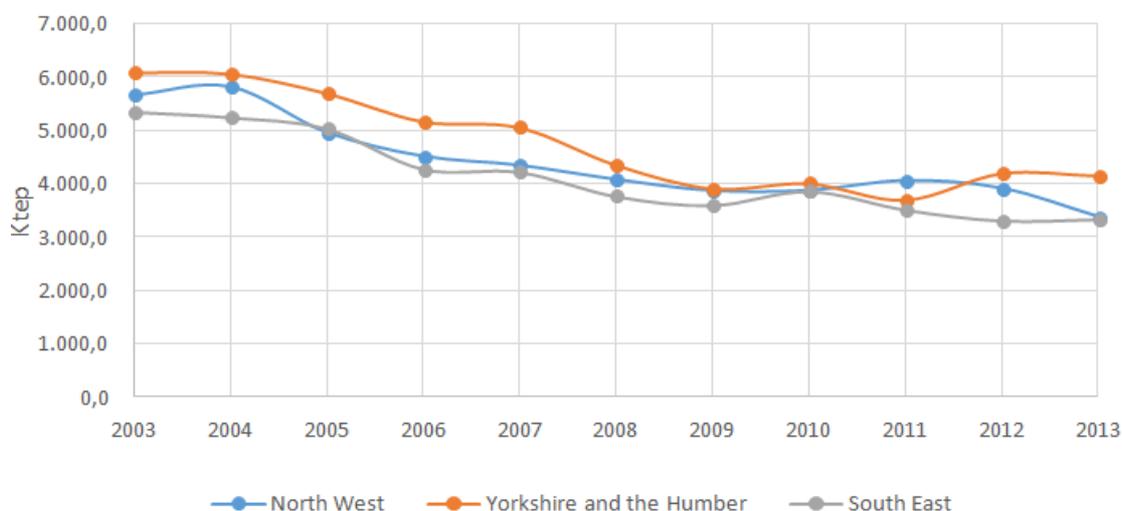


Figura 5-3. Consumi energetici finali (al netto dell'elettrico) delle principali regioni industriali del Regno Unito (in ktep; Office for National Statistics UK, 2017).

La diminuzione dei consumi può essere dunque valutata come una combinazione tra un miglioramento dell'intensità energetica ed un generale calo della produzione. Essa rispecchia inoltre la transizione dall'industria pesante verso industrie leggere e servizi, così come il sempre maggiore utilizzo di gas nel mix energetico nazionale (Office for National Statistics UK, 2015).

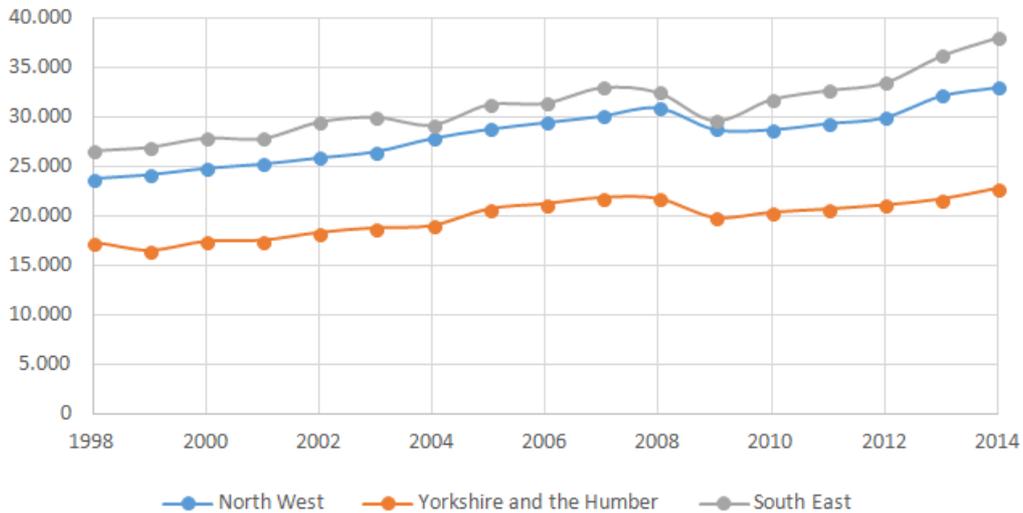


Figura 5-4. Valore aggiunto del settore produttivo delle principali regioni industriali – Regno Unito (in milioni di sterline; Office for National Statistics UK, 2017).

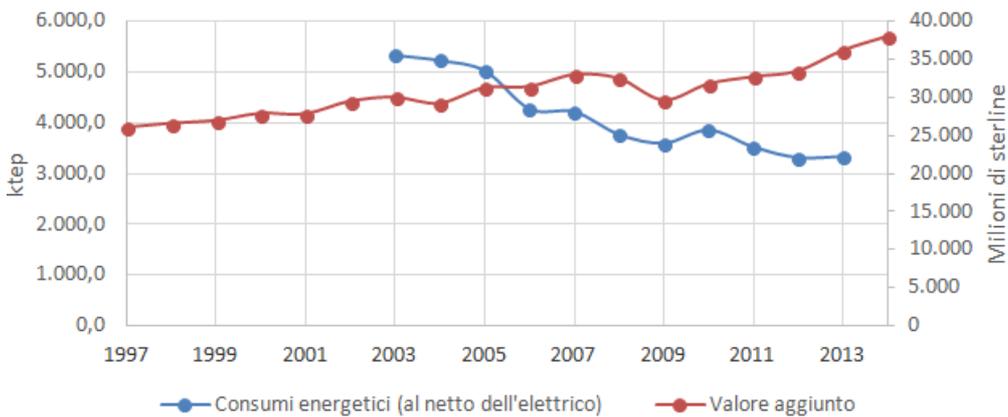


Figura 5-5. Figura. Confronto fra Valore Aggiunto e Consumi energetici (al netto dell'elettrico) riferiti al settore industriale della regione South East - Regno Unito (in ktep e milioni di sterline; Office for national Statistics UK, 2017).

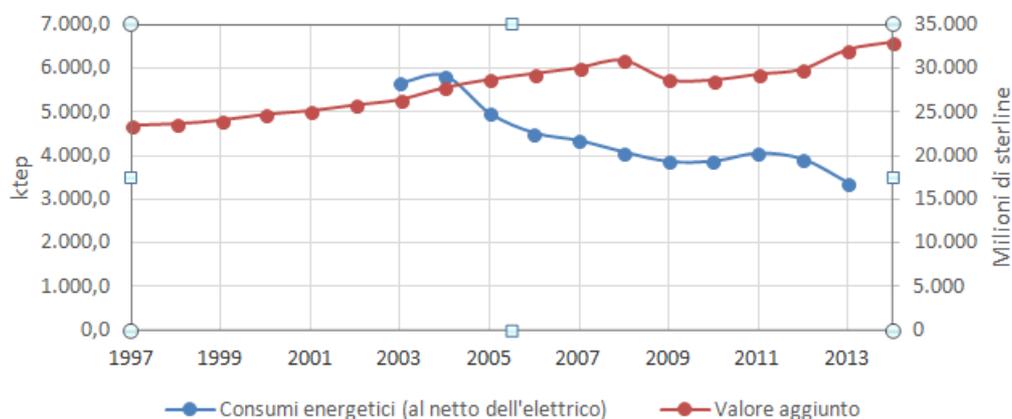


Figura 5-6. Confronto fra Valore Aggiunto e Consumi energetici (al netto dell'elettrico) riferiti al settore industriale della regione North West - Regno Unito (in ktep e milioni di sterline; Office for national Statistics UK, 2017).

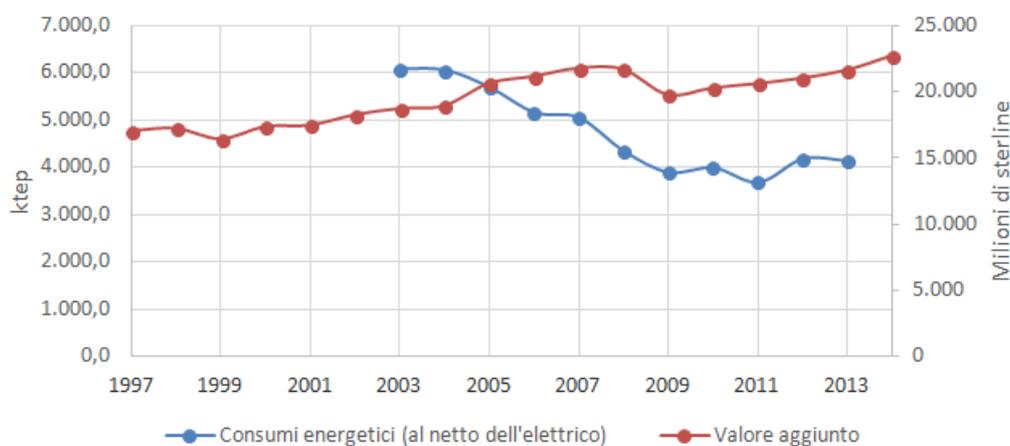


Figura 5-7. Confronto fra Valore Aggiunto e consumi energetici (al netto dell'elettrico) riferiti al settore industriale della regione Yorkshire and the Humber - Regno Unito (ktep e milioni di sterline; Office for national Statistics UK, 2017).

Gli indici di correlazione tra Consumi energetici e Valore Aggiunto sono:

- 0,780 per la regione North West;
- 0,472 per la regione Yorkshire and the Humber;
- 0,665 per la regione South East.

Questi dati evidenziano pertanto una correlazione quasi nulla (ed al limite inversa) fra le due grandezze. Il settore produttivo occupa ancora un ruolo primario nell'economia di queste tre regioni, nonostante la progressiva perdita di peso, ben documentata dalle seguenti statistiche: l'industria, nel 2014, vale il 22% del Pil della regione North West (era il 28% nel 2000), il 21% del Pil della regione Yorkshire and the Humber (28% nel 2000) e il 15% del Pil della regione South East (20% nel 2000).

L'industria manifatturiera, nel 2014, rimane però ancora fondamentale nei settori produttivi delle regioni North West e Yorkshire and the Humber: 71% per la prima (75% nel 2000) e 69% per la seconda (73% nel 2000). Per la regione South East vale un discorso a parte: l'industria manifatturiera è infatti passata dal 68% nel 2000 al 55% nel 2014. Come precedentemente sottolineato, questi valori si inseriscono in un generale calo dei consumi e in una progressiva transizione verso il settore dei servizi comuni a tutto il Regno Unito. In particolare, si può rilevare come sia stata la regione South East a subire più di tutte questa evoluzione, nonostante sia i consumi energetici che il Valore Aggiunto siano rimasti elevati, rispetto alle altre due regioni, in termini di valore assoluto.

In tutte e tre le realtà i consumi energetici mostrano un andamento in evidente opposizione a quello del Valore Aggiunto: i consumi sembrano pertanto essere slegati da ciò che è l'effettiva rendita economica, e ciò vale anche per tutte le altre regioni del Regno Unito (GOV_UK, 2017).

In parte, ciò potrebbe essere spiegato dall'importante efficientamento energetico tutt'ora in atto in tutta la nazione. In riferimento a questo, è utile osservare le due seguenti misure che mostrano rispettivamente, l'andamento delle Intensità energetiche per le tre regioni considerate e le relative variazioni percentuali annuali. Fino al 2008 le Intensità energetiche seguono un comportamento simile, per poi mostrare una diversa variabilità.

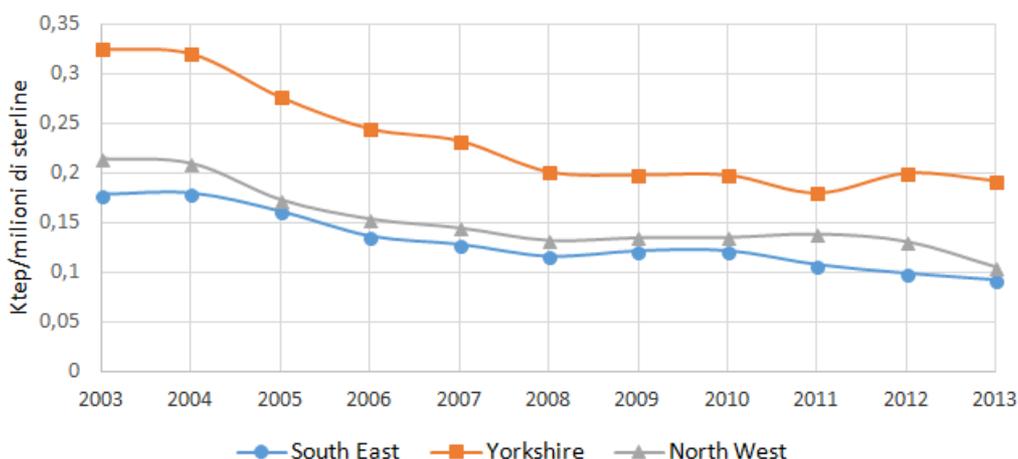


Figura 5-8. Intensità energetica (ktep/milioni di sterline) dei settori industriali delle regioni South East, Yorkshire and the Humber e North West - Regno Unito (Office for national Statistics UK, 2017).



Figura 5-9. Variazioni percentuali, rispetto all'anno precedente, di Intensità energetica delle Regioni North West, Yorkshire and the Humber and the South East – Regno Unito (Office for national Statistics UK, 2017).

Una considerazione essenziale è costituita dal differente mix energetico caratterizzante questo Paese: al contrario dell'Italia, in cui una percentuale assolutamente significativa di energia è importata (circa l'80% costituendo pertanto un fattore di costo non trascurabile), nel Regno Unito la stessa percentuale è significativamente più ridotta (intorno al 30%; IEA, 2015). L'incidenza del costo delle materie prime per le aziende produttrici potrebbe dunque essere minore rispetto alle controparti italiane le quali, come è confermato dalle statistiche (Unione Petrolifera, 2017); per alcuni settori sono costrette a sottostare a prezzi tra i più alti d'Europa.

Altro punto fondamentale è inoltre l'impiego dell'energia nucleare (18%), fornita principalmente sotto forma di energia elettrica. Nonostante i consumi di energia elettrica seguano un andamento costante, come previsto nelle ipotesi iniziali, dal momento che i consumi termici sono in costante diminuzione, essi ricoprono un ruolo sempre più primario per le industrie del Regno Unito.

La peculiare relazione che lega consumi energetici e valore aggiunto delle regioni del Regno Unito (realtà comunque piuttosto industrializzate) resta in ogni caso un fatto notevole, che potrebbe essere utile ed interessante approfondire con ulteriori studi. Un livello di disaccoppiamento così netto tra crescita economica e consumi energetici, confermato dal disaccoppiamento settoriale tra consumi energetici industriali e relativo valore aggiunto dovrebbe essere ulteriormente studiato per capirne cause e dinamiche.

5.3 Caso italiano

A livello italiano, l'analisi dei consumi nazionali (dai bilanci nazionali, su dati MISE) mostra che i consumi energetici totali (non solo quindi relativi al settore industriale) sono aumentati del 37%, da 125 Mtep (nel 1971) a 171 Mtep (nel 2015). La dinamica è stata crescente fino al 2005, nonostante già nel 1979 si fosse manifestato un primo picco, superato solo 8 anni più tardi, a testimonianza del fatto che solo una crisi dal forte impatto come quella che ha seguito i due shock petroliferi degli anni Settanta è riuscita a scalfire il sistema in modo evidente (Marghella, 2017). La nuova fase discendente, invece, ha effettivamente subito un arresto nel 2015, ma essa sembra riprendere già dal 2016.

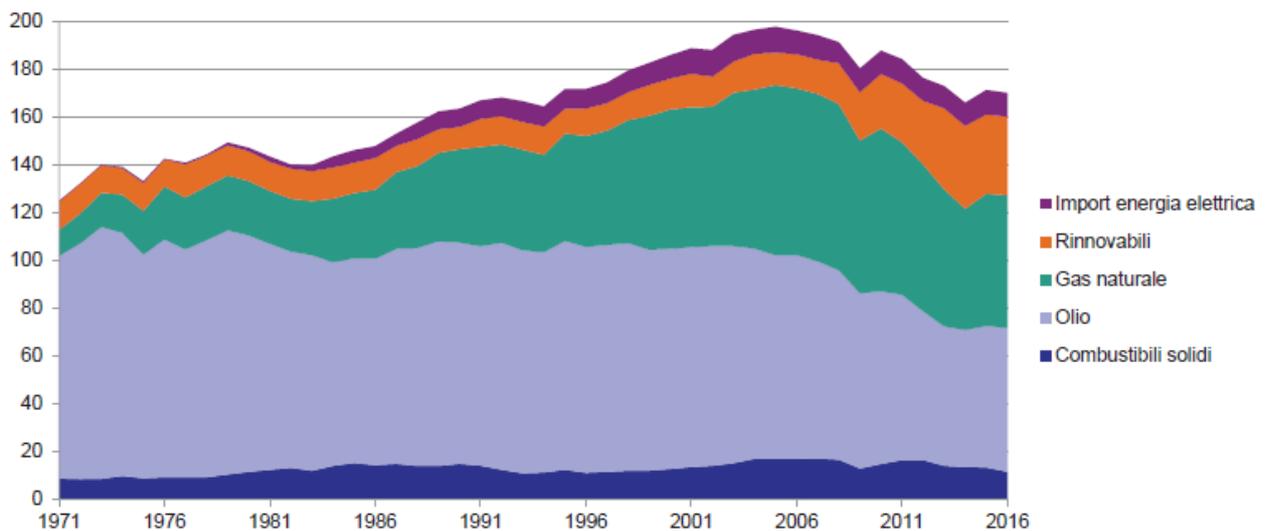


Figura 5-10. Domanda di energia primaria per fonte, in Italia (Mtep; AIEE, 2017).

Dal 2006 al 2016 il sistema energetico italiano ha risparmiato 28 Mtep di consumi primari, equivalente ad una variazione del -14%, e portandosi a livelli inferiori del 1995. Nel 2015, la variazione annuale dei consumi di energia primaria è stata del +3,2%, che fa seguito ad un 2014 caratterizzato da un clima mite. Tra le fonti utilizzate predomina l'olio, ma con un ruolo calante in favore di gas e rinnovabili. La frazione di fabbisogno primario soddisfatto dai liquidi nei primi anni Settanta era pari al 75%. La quota è passata al 56% nel 1990 per finire al 35% in tempi recenti, di poco sopra la quota soddisfatta con il gas. I combustibili solidi si sono aggirati su una quota sempre inferiore al 10%. Le rinnovabili sono tornate alla ribalta negli ultimi anni, superando di 10 punti percentuali la quota detenuta nel 1971, quando l'idroelettrico, per quanto con un'importanza che andava scemando, era una delle alternative principali ai combustibili liquidi. L'import netto di energia elettrica ha assunto un ruolo via via crescente fino al 2003, per poi calare leggermente.

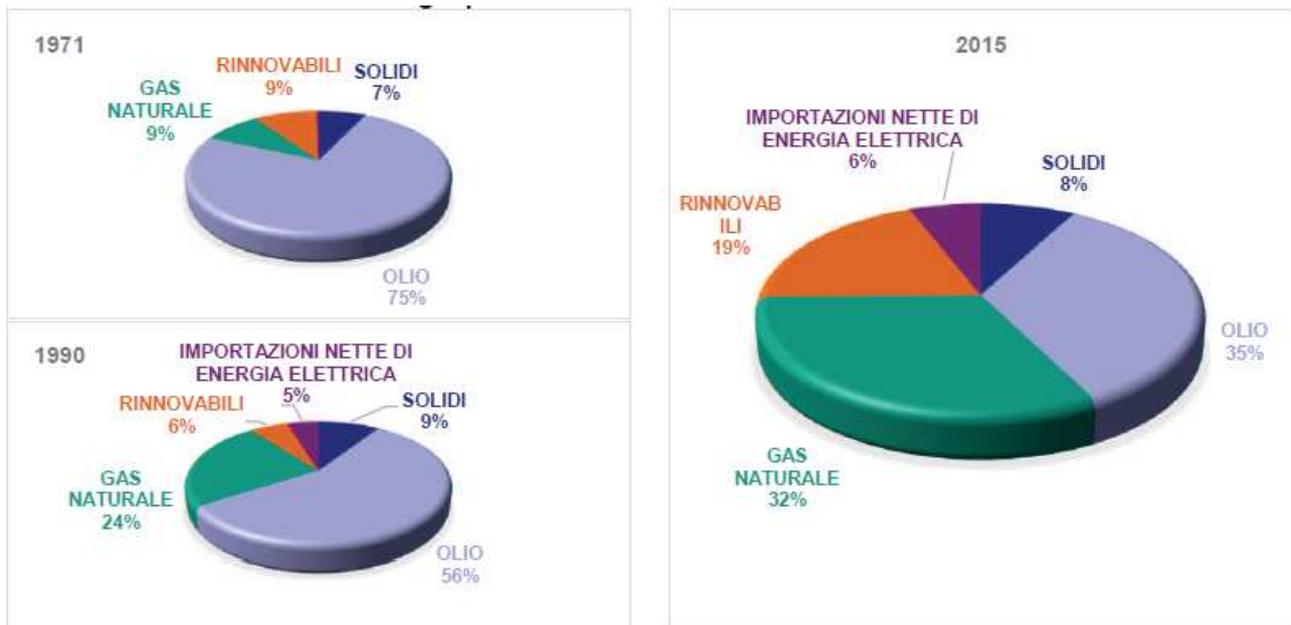


Figura 5-11. Mix delle fonti di energia primaria in Italia (AIEE, 2017).

Sul lato degli usi finali dell'energia, emerge l'Industria come settore che negli ultimi anni ha fatto registrare i cambiamenti più profondi. I consumi, dopo l'arresto del trend ascendente avvenuto attorno alla metà della prima decade di questo secolo, hanno subito una forte riduzione, pari ad un terzo dei consumi registrati nell'anno di picco. Anche il settore primario si è fortemente ridimensionato energeticamente, con un calo 2005-2016 del 18%. A seguire il settore Trasporti, -9%, ed il Civile, -3%.

Nel 2016 i consumi finali di energia sono cresciuti del 4,1% su base annuale. Dal punto di vista settoriale, la variazione maggiore in termini percentuali è spettata agli Usi civili, +7,2%, che ben rappresenta le differenti condizioni climatiche del 2015 rispetto all'anno precedente. Anche i Trasporti, tuttavia, risultano in ripresa, con un +4,1%. In calo dell'1,8% l'Industria. Quest'ultimo settore rappresenta il 22% della domanda di energia per usi finali nel 2015. Una quota del 31,8% spetta al settore trasporti. La frazione più grande tocca, però, al settore civile: 37,4%. Segue l'Agricoltura e pesca, con la piccola quota del 2,2%. La restante parte, inferiore al 7%, è rappresentata dagli Usi non energetici e dai Bunkeraggi.

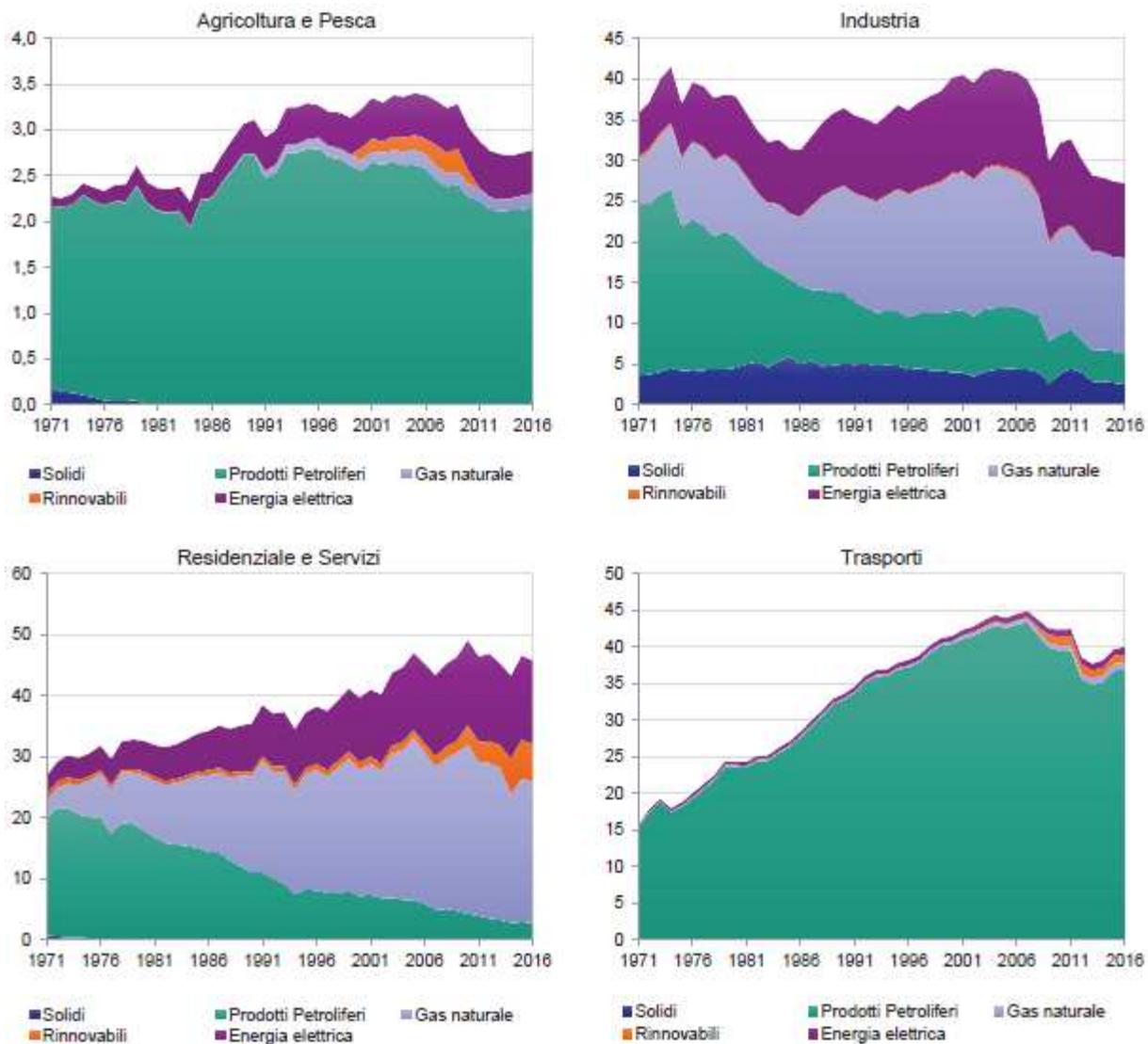


Figura 5-12. Consumi finali di energia per settore e per fonte in Italia (Mtep; AIEE, 2017).

Anche il settore elettrico è attualmente in ridimensionamento. La richiesta di energia elettrica ha continuato a crescere anche dopo il 2005, raggiungendo il picco di 340 TWh nel 2007. Dopo aver sperimentato un tracollo senza precedenti nel biennio successivo in concomitanza con la crisi economica ed essere tornata su un livello di 335 TWh nel 2011, è iniziata una fase di declino in conseguenza della quale la richiesta ha toccato un nuovo minimo nel 2014 a 311 TWh.

Il fabbisogno di energia elettrica 2016, pari a 314,3TWh (-0,8% sul 2015), è stato soddisfatto per l'88,2% da produzione nazionale (277,2 TWh: +2,5% sul 2015) e per la restante quota da importazioni nette dall'estero (37,0TWh: -20,2% sul 2015).

La produzione nazionale registra un consistente incremento della componente termoelettrica e una cospicua riduzione di quella idroelettrica. La produzione da fonti rinnovabili registra un calo dovuto alla

riduzione della produzione idroelettrica rinnovabile e, per la prima volta, del fotovoltaico. Tre le fonti in controtendenza: l'eolico, le bioenergie e la produzione geotermoelettrica.

I consumi sono in calo dello 0,6% rispetto al 2015 e si attestano a 295,5 TWh. La distribuzione per settore economico mostra un incremento dell'industria, una sostanziale stabilità del terziario attestato e un calo sia del settore domestico che dell'agricoltura.

In termini di potenza installata, al 31 Dicembre 2016 la potenza efficiente lorda di generazione risulta pari a 117.081 MW, in calo di 2.960 MW (-2,5%) rispetto al 2015. Il fenomeno è dovuto alle dismissioni nel parco termoelettrico, mentre risulta in aumento la capacità delle fonti rinnovabili quali il fotovoltaico, l'eolico e l'idroelettrico.

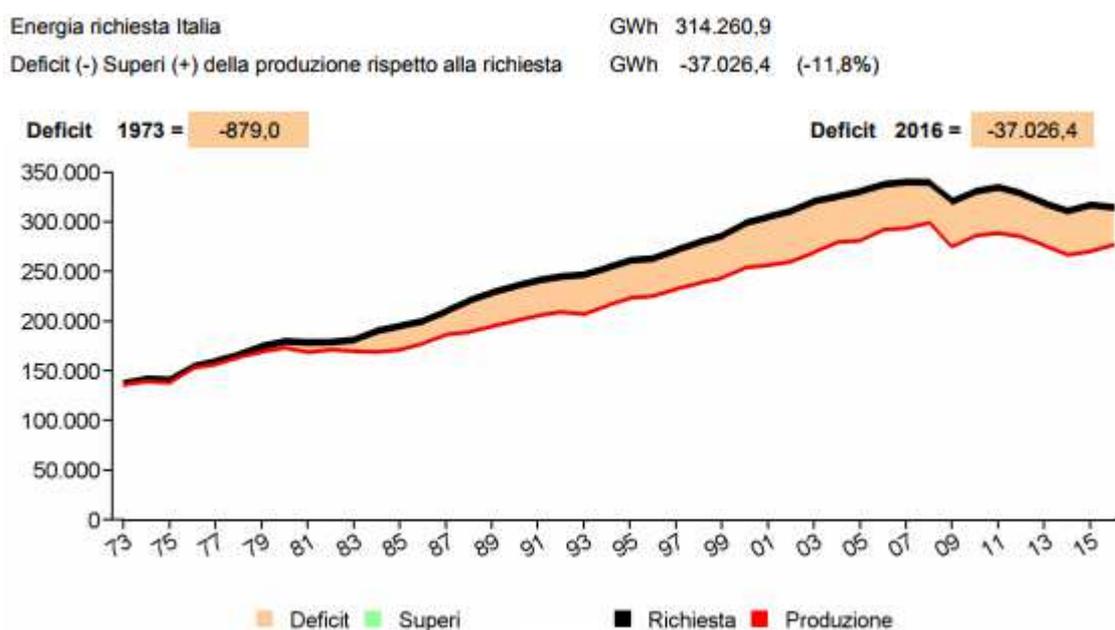


Figura 5-13. Richiesta e produzione elettrica in Italia dal 1973 al 2016 (in GWh; Terna, 2017).

Sul fabbisogno energetico italiano e sull'attuale quadro di sviluppo pesano due fattori principali. Uno è la crisi economica, da cui a stento si può dire di essere usciti. Essa è andata ad incidere negativamente su un sistema che già aveva manifestato segnali di declino. Su questo declino ha inciso il fattore tecnologico, che è andato a scardinare uno dei principi su cui si fondava il vecchio modello energetico: maggiori volumi produttivi comportano maggiori consumi di energia. Ad esso si è aggiunto, pur se in secondo piano, anche il fattore strutturale di lungo periodo, legato al processo di smantellamento dell'industria pesante ed alla maggiore vivacità dei settori produttivi a minore intensità energetica. La tendenza negativa dei consumi

energetici a partire dalla metà degli anni duemila, del resto, accomuna tutti gli altri paesi dell'Europa occidentale. E le motivazioni rimangono, fatte le dovute proporzioni, le stesse.

Gli indicatori socio-economici sono driver essenziali per tracciare la possibile evoluzione della domanda di servizi soddisfatti dall'energia. Il complesso di ipotesi sull'evoluzione della domanda di elettricità deve essere coerente con gli indicatori socio-economici individuati come determinanti dei vari servizi energetici. I dati (Terna, 2017) mostrano una continua crescita della domanda elettrica in Italia dagli anni '70 ad oggi. Il ritmo di crescita non è stato costante nei decenni, ma ha seguito la crescita economica facendo così segnare una crescita energetica più elevata nel decennio 1970–1980 (+4,6%). Nello stesso decennio, la performance economica misurata dal PIL è risultata crescente ad un ritmo del 19% medio annuo, passando dai 35,3 milioni di euro del 1970 agli oltre 203 milioni di euro del 1980 a causa della ricostruzione del post dopoguerra. Tuttavia, a seguito delle crisi petrolifere del 1973 e del 1978 poi, ed al contemporaneo boom economico, notevoli furono le azioni compiute soprattutto dai diversi settori produttivi per ridurre i consumi energetici ed elettrici. L'intensità elettrica nel 1970 era pari a 3,26 kWh/€ ed è poi scesa a 0,33 kWh/€ nel 1990. La maggior efficienza registrata dal 1980 in poi è stato il frutto delle politiche di risparmio energetico e di efficienza attuale dal sistema industriale all'indomani delle due crisi che hanno mostrato le correlazioni esistenti tra economia e disponibilità di energia: senza questa non si può avere sviluppo economico. Dal 1990, la crescita sia dell'economia che della richiesta elettrica si attesta su ritmi, sebbene ancora interessanti, più contenuti. L'intensità elettrica continua a diminuire raggiungendo il valore di 0,21 kWh/€ del 2010. Focalizzando l'attenzione sugli ultimi anni, appare evidente come i consumi elettrici risentono della crisi che a partire dal 2008 ha colpito l'intera economia mondiale non risparmiando quella italiana. A partire dal 2008 si è registrato un decremento del PIL in concomitanza con l'esplosione della crisi economica a livello mondiale, preludio ad una recessione in atto, per molti parificabile con quanto avvenuto in passato (in particolare nel 1974-1975 e nel 1992-1993). La crisi economica, che ha colpito anche il nostro Paese, è stata in larga parte dovuta alla perdita nel comparto industriale, la cui struttura produttiva continua a evolversi riducendo progressivamente il peso delle attività dell'industria in senso stretto a favore del settore dei servizi. Si tratta di una tendenza in atto da diverso tempo, ma che ha visto il suo aggravarsi negli anni più recenti con la progressiva contrazione della produzione industriale. La crescita del PIL ha un impatto favorevole sulla domanda di confort e d'intrattenimento domestico, che da tempo registra incrementi regolari e svincolati dalla variabilità della congiuntura economica. Ciò significa che l'aumento dei servizi elettrici richiesti dalle famiglie cresce secondo un movimento di fondo legato sia alla capacità di spesa che alla composizione della popolazione per classi d'età. Infatti, secondo i dati Istat dal 1971 al 2000, la popolazione italiana è cresciuta, passando da 54 a 57 milioni (+5,5% complessivo, secondo un tasso medio annuo dello 0,18%), ed ha continuato a crescere anche nel periodo 2000-2010, ma ad un tasso superiore tanto che nell'ultimo decennio è aumentata complessivamente del 6%, raggiungendo la quota di 60,5 milioni, con una crescita media annua dello 0,6%, grazie soprattutto all'aumento del flusso

migratori, verificatosi in maniera preponderante a partire dal 2000, ma che tuttavia non è bastato ad invertire la tendenza del tasso di crescita naturale, da diversi anni negativo nel nostro Paese. La struttura della popolazione mostra una predominanza di fasce centrali di età compresa tra i 25 ed i 60 anni, che ne costituisce oltre il 50%. Inoltre, dall'analisi dei dati Istat emerge, un progressivo incremento del numero delle famiglie a discapito del numero medio dei suoi componenti. Infatti, dal 1971 ad oggi il numero delle famiglie è progressivamente cresciuto al tasso dell'1,15% passando da 16 milioni del 1971, a circa 22 milioni nel 2000 fino a giungere a circa 25 milioni nel 2010, ma al contempo si è assistito alla diminuzione del numero dei suoi componenti che sono passati da 3,35 del 1971, a 2,6 del 2000 fino a 2,4 nel 2010. Le ragioni di questo andamento sono legate all'incremento delle famiglie uni personali, come confermato dal confronto dei dati dei Censimenti, che solo nel decennio 1991-2001 sono aumentate di ben 32%, passando da 4.099.970 a 5.427.621, ed incidendo così per circa il 25% nella composizione della struttura familiare.

Inoltre il confronto dell'Italia rispetto all'Unione Europea mette in evidenza che sia l'intensità energetica primaria che l'intensità energetica finale restano più basse della media europea. Ciò è determinato:

- sia dalla storica carenza italiana di fonti primarie di energia, che ha favorito la creazione di comportamenti e infrastrutture parsimoniose nell'uso dell'energia e una struttura produttiva non eccessivamente energivora,
- sia dalla forte fiscalità, che ha aumentato il costo delle fonti energetiche all'utenza finale ben oltre i valori tipici negli altri paesi,
- sia dal più basso reddito pro capite degli italiani,
- sia dal clima italiano relativamente mite.

Secondo una graduatoria crescente dei valori di intensità energetica primaria l'Italia si colloca al sesto posto tra i paesi europei. I dati delle intensità energetiche settoriali italiane presentano andamenti piuttosto differenti a seconda dei settori considerati. A fronte di una considerevole variabilità annuale, su un periodo di lungo termine si osserva un andamento decrescente dell'intensità energetica finale, dovuta a una diminuzione di energia impiegata per unità di PIL prodotto. Complessivamente l'intensità energetica finale nel periodo 1995-2016 si è ridotta del 9,5%. Dei diversi settori l'edilizia e i servizi fanno registrare un sensibile incremento dell'intensità energetica mostrando un utilizzo poco efficiente delle risorse. D'altro canto i restanti settori, soprattutto quello dell'industria, contribuiscono alla diminuzione dell'intensità.

Tabella 5-1. Intensità energetiche finali settoriali e totale in Italia (in tep/M€ 2010, cioè valore aggiunto concatenato al 2010; elaborazione su dati ENEA, Ministero dello Sviluppo Economico e Istat).

Settore	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agricoltura e pesca	119,9	119,1	113,8	110,5	102,9	105,4	113,0	116,5	122,7	109,2	116,2	115,7	111,7	107,2	110,3	103,5	101,0	100,1	97,4	99,4	97,6	98,1
Industria	116,0	113,8	117,0	117,2	120,2	119,2	116,5	115,4	122,5	118,5	116,3	108,8	104,3	102,8	98,6	98,5	94,5	94,8	89,5	87,5	85,5	84,8
Industria manifatturiera	157,1	154,9	158,6	158,1	162,4	161,2	159,3	159,0	170,3	164,4	161,9	150,2	143,0	140,9	139,4	134,3	125,7	125,7	117,3	113,0	109,5	108,4
Metallurgia	925,9	933,0	933,1	916,6	867,3	944,3	975,0	930,8	942,7	1044,5	983,0	938,1	844,7	842,7	842,7	854,2	817,1	693,4	557,7	496,5	424,2	409,8
Meccanica	42,5	43,3	46,5	48,2	50,0	50,4	51,5	52,4	53,2	50,5	49,2	45,8	42,9	42,8	43,7	42,4	38,9	38,4	37,7	37,2	37,2	36,8
Agroalimentare	109,4	114,5	114,5	118,4	136,9	126,9	137,2	141,7	145,3	141,9	133,2	125,4	121,3	128,5	124,4	112,0	105,7	103,8	103,6	106,4	101,2	103,9
Tessile e abbigliamento	75,5	75,0	77,9	82,0	90,9	89,9	89,7	96,8	102,6	99,8	94,9	88,7	74,1	67,5	71,7	60,7	51,0	53,2	52,5	50,5	49,0	48,6
Minerali non metalliferi	604,4	585,3	603,1	634,5	661,7	642,9	596,0	571,4	647,3	661,8	652,2	598,5	589,4	624,4	529,3	518,0	511,4	516,6	498,3	465,0	520,9	481,7
Chimica e petrolchimica	445,5	414,2	402,6	378,9	361,9	356,7	311,9	293,0	325,7	307,7	303,0	282,1	307,0	249,6	276,5	232,4	225,8	224,7	218,5	197,2	163,7	173,3
Cartaria e grafica	246,5	252,3	264,9	261,2	248,3	255,9	259,0	264,2	276,7	277,1	268,0	262,5	266,3	248,4	261,0	246,3	226,6	238,5	206,7	222,7	246,4	227,6
Altre manifatturiere	71,3	82,7	80,9	80,3	80,6	79,9	86,3	88,7	93,7	70,3	74,2	75,5	71,0	82,6	85,7	89,6	58,1	59,7	59,3	56,9	57,9	59,3
Edilizia	2,7	2,7	2,6	2,8	2,5	2,6	2,2	1,9	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,5	5,6	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6
Trasporti (1)	27,4	27,6	27,5	27,9	28,2	27,3	27,1	27,5	27,9	28,0	27,5	27,3	27,1	26,4	26,7	26,0	25,9	25,2	25,1	26,0	25,4	24,8
Servizi	11,0	11,3	11,1	11,5	12,4	12,1	12,2	12,2	13,4	13,5	14,8	15,1	14,6	16,3	16,6	16,5	15,2	15,7	15,8	14,5	15,1	15,0
Intensità finale (2)	81,3	81,1	80,3	81,3	83,0	80,2	79,6	79,6	83,9	82,8	84,2	81,6	79,8	80,4	79,9	80,1	76,3	77,7	76,9	73,4	74,6	73,6
Intensità primaria (3)	114,8	113,8	113,0	114,5	114,2	112,0	110,5	111,2	116,7	115,3	116,6	113,2	111,5	111,6	110,1	110,9	106,9	105,7	103,5	97,9	100,3	98,3

(1) Le intensità dei trasporti non sono confrontabili con gli altri settori in quanto non misurate rispetto a un proprio "valore aggiunto" ma rispetto al PIL. (2) I consumi finali di energia su PIL. (3) I consumi primari di energia su PIL.

6 Disaccoppiamento tra indicatori energetici ed economici

Le analisi delle correlazioni tra indicatori energetici ed economici, come si è visto, sono fondamentali per la verifica del grado di disaccoppiamento tra crescita economica e pressioni ambientali sempre associate ai consumi energetici. Il presente approfondimento è finalizzato a definire le relazioni esistenti tra indicatori di consumo energetico ed indicatori economici a scala regionale, ed è stato concepito soprattutto nell'ambito del programma Pioneer di Climate Kic, e della collaborazione tra Università di Bologna, Crenos, Arpa Emilia-Romagna e Aess Modena. In particolare l'approfondimento è finalizzato a definire le relazioni esistenti tra indicatori di consumo energetico ed indicatori economici, focalizzandosi sul contesto territoriale della Sardegna. Le motivazioni che hanno portato alla scelta della Sardegna come ambito di analisi si basano sulla opportunità di comparare alcune realtà regionali differenti soprattutto per la composizione del tessuto produttivo, in particolare Sardegna ed Emilia-Romagna.

Il settore energia rappresenta un sistema complesso la cui analisi e valutazione richiede competenze tecniche, analitiche, economiche e comunicative multiformi e variegate. Si tratta di un mondo complesso, strettamente correlato ai mercati, così come al benessere sociale; si pensi ad esempio al problema, sempre più urgente, della povertà energetica. Questo significa che lo studio del settore energia (con le sue implicazioni sui cambiamenti climatici) dovrebbe sempre più ridurre l'utilizzo di approcci tradizionali all'innovazione, che si limitano spesso ad indagare singoli o pochi aspetti del "problema".

La metodologia qui utilizzata trova le sue basi in alcuni strumenti di analisi propri della "Innovation system analysis" ed in particolare si focalizza sulla valutazione di una nicchia strategica, rappresentata dal settore elettrico, in una regione come la Sardegna, un'isola in cui il processo di metanizzazione non è ancora stato avviato. Dopo un primo focus sugli aspetti macroeconomici utili per inquadrare la Sardegna nel contesto nazionale ed europeo, si analizza il suo ambito energetico e infine si evidenziano alcune significative dinamiche di disaccoppiamento (in linea con le metodologie Unep) tra crescita economica ed indicatori energetici.

6.1 Analisi del disaccoppiamento in Sardegna

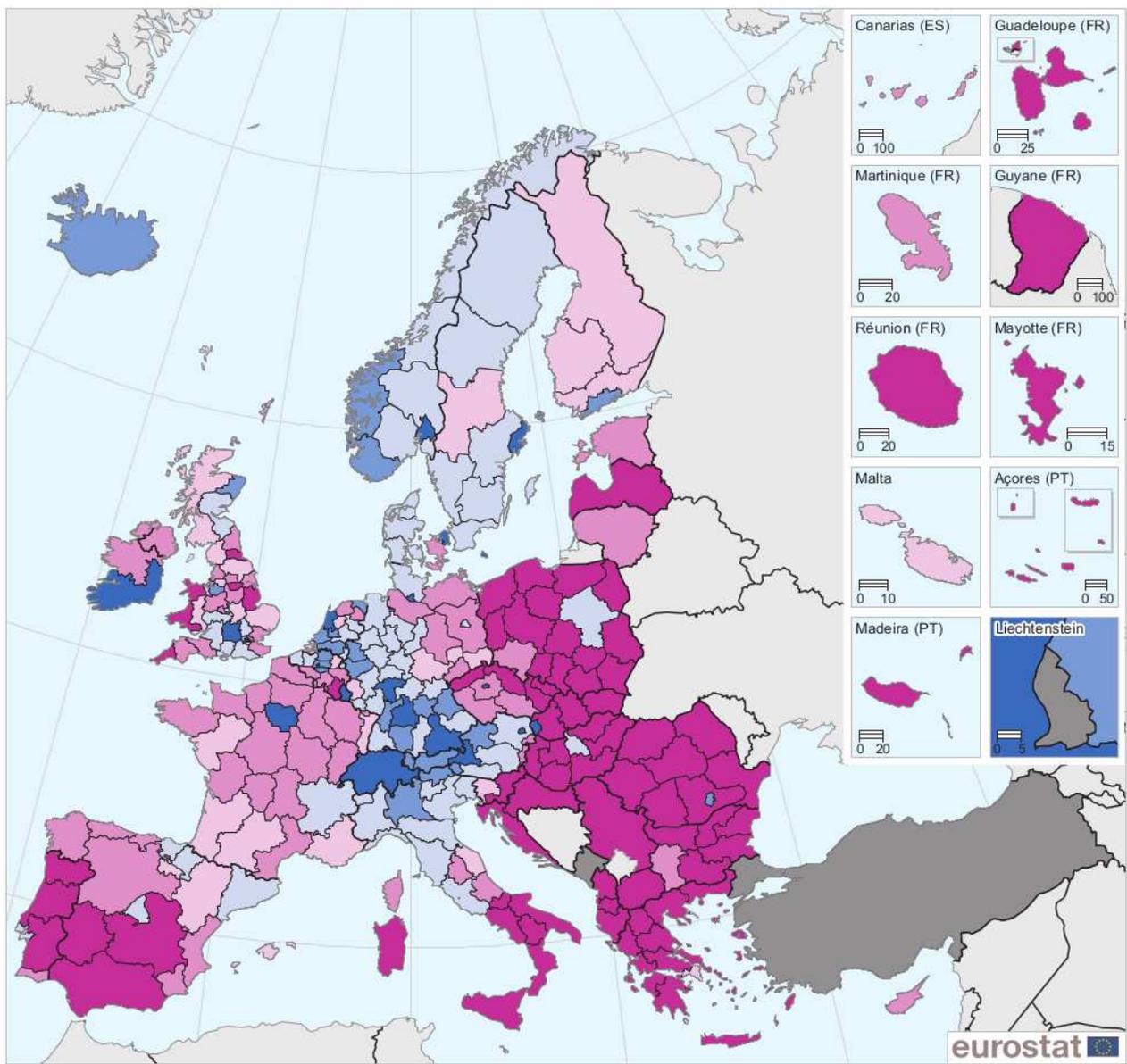
Aspetti macroeconomici rilevanti per la Sardegna

La prima figura sottostante, tratta da Eurostat, riporta graficamente, per tutte le 276 regioni Europee (NUTS di livello 2) i valori di PIL pro capite, espresso in standard di potere di acquisto (SPA). La scelta di questa unità monetaria fittizia ha lo scopo di rendere comparabile il potere d'acquisto in regioni con diverse valute nazionali e differenziali, anche elevati, nel livello dei prezzi.

Per la stessa motivazione, i valori regionali di PIL pro capite sono espressi in termini % rispetto alla media europea (EU 28), posta pari al 100%.

Il Pil pro capite medio italiano risulta uguale al 97% della media europea. La Regione Emilia-Romagna si posiziona tra le regioni più performanti dell'Europa centrale, in linea con le altre quattro regioni italiane del nord-est, mentre la Sardegna, con un PIL procapite pari al 69% di quello medio europeo, presenta ancora delle consistenti fragilità strutturali.

La seconda figura, sempre tratta da Eurostat, mostra la variazione regionale dei PIL procapite (SPA), rispetto alla media Europea, posta uguale al 100% per le regioni europee, nel periodo 2007-2016. È utile per rappresentare la capacità delle diverse regioni di reagire alla crisi globale del 2009. Entrambe le regioni mostrano forti difficoltà di ripresa, seppur con grandi differenze in termini quantitativi. In particolare, lo stesso indicatore, mostrato nel 26° Rapporto sull'economia della Sardegna (2019), del Crenos, mostra, per il periodo dal 2013 al 2017, come la Sardegna non sia ancora in grado di stare al passo con la crescita del resto d'Europa, perdendo 4 punti percentuali (73% del PIL procapite dell'UE28 nel 2013 rispetto al 69% nel 2017).



(based on data in purchasing power standards (PPS) in relation to the EU-28 average, EU-28 = 100)

EU-28 = 100

- < 75
- 75 - < 90
- 90 - < 100
- 100 - < 125
- 125 - < 150
- ≥ 150
- Data not available

Administrative boundaries: © EuroGeographics © UN-FAO © INSTAT © Turkstat
 Cartography: Eurostat — GISCO, 04/2018

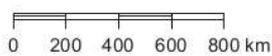


Figura 6-1. PIL procapite per le regioni europee nel 2016 (Eurostat, 2019).

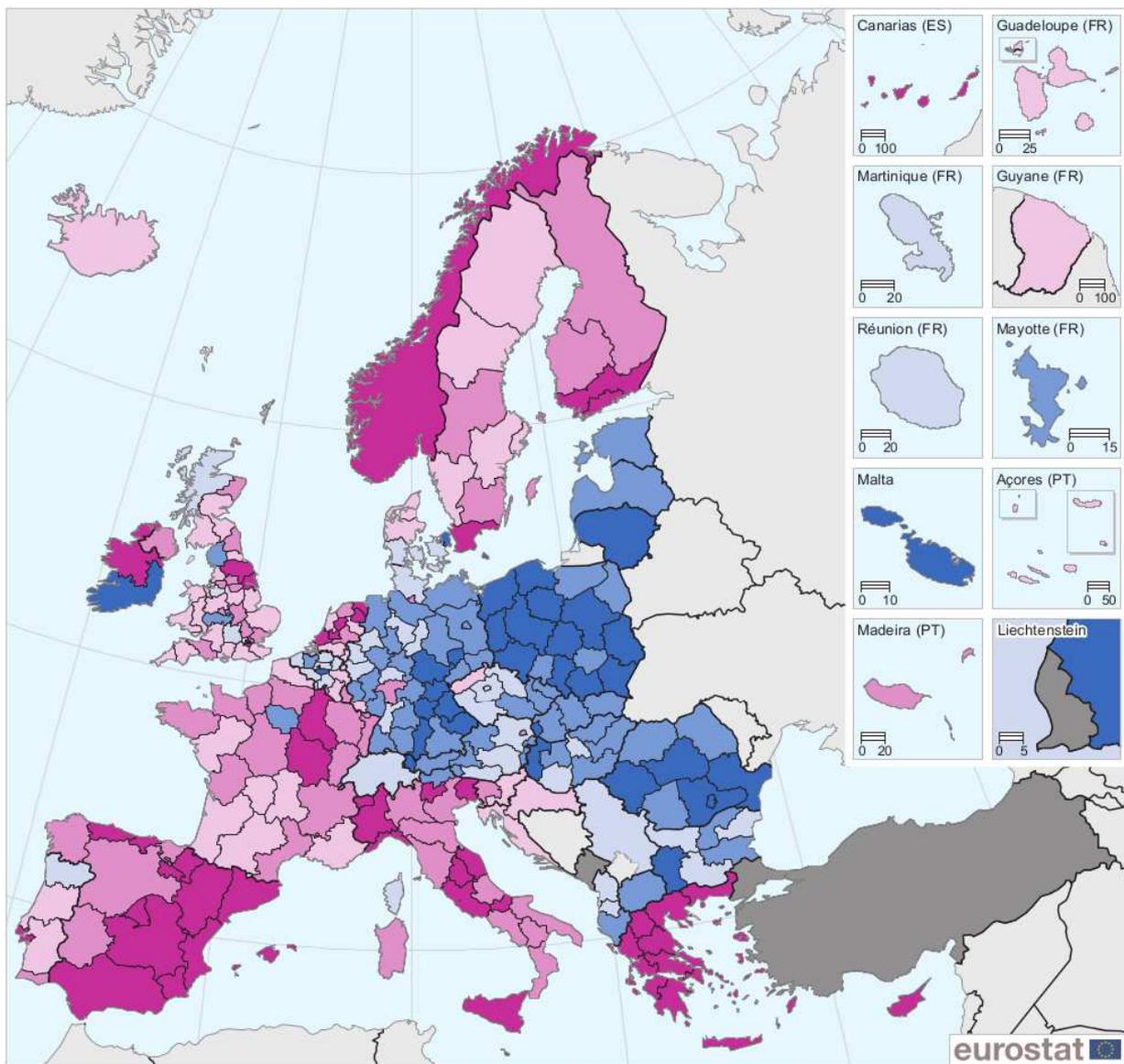


Figura 6-2. Figura: Variazione del PIL pro capite per regione (anni 2007-2016; Eurostat, 2019).

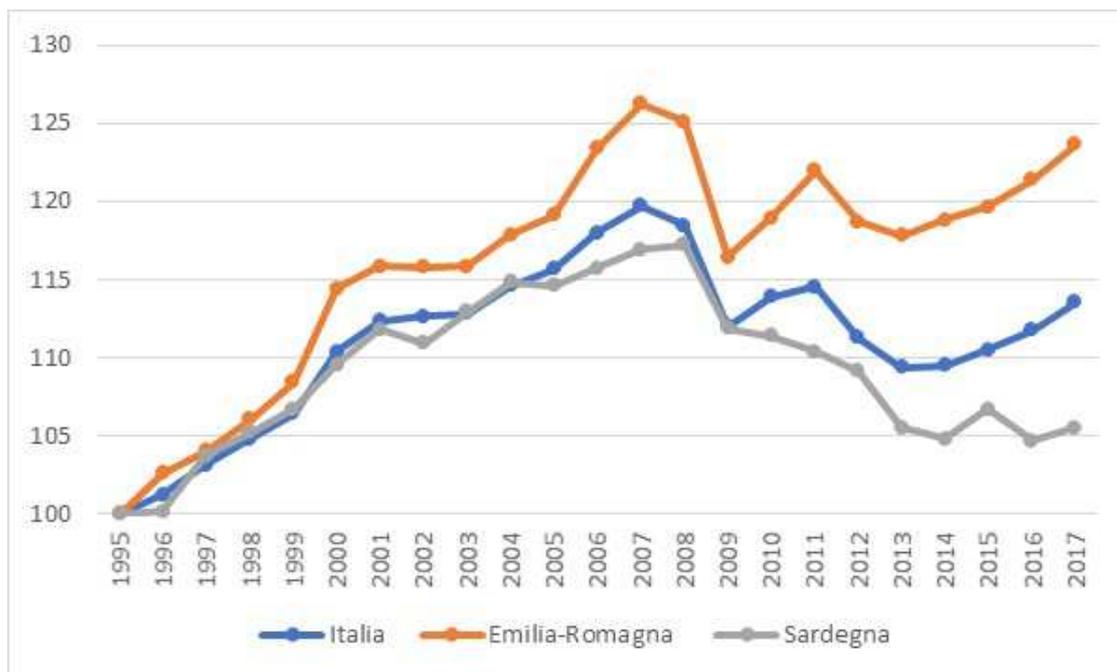


Figura 6-3. Dinamica di crescita del PIL per Sardegna, Emilia-Romagna ed Italia (PIL a valori concatenati 2010, serie 2018, 1995=100; elaborazione su dati Istat). La figura sopra mostra la dinamica di crescita del PIL a valori concatenati 2010, rispetto ad un anno di riferimento (il 1995, posto pari a 100) per gli anni compresi tra il 1995 e 2017, per la Sardegna (linea grigia), l'Emilia-Romagna (linea rossa) e per l'Italia (linea blu).

Il PIL dal lato della produzione è costruito come la somma del valore aggiunto ai prezzi base delle unità produttive residenti, più IVA, imposte sulle importazioni e imposte sui prodotti, al netto dei contributi ai prodotti. La dinamica di crescita del PIL evidenzia come nel periodo precedente alla crisi economica globale il trend di crescita della Sardegna sia stato sostanzialmente analogo a quello italiano ed inferiore in intensità alla dinamica della Regione Emilia-Romagna. La dinamica di crescita del PIL mostra inoltre come la Sardegna abbia ammortizzato meglio che l'Emilia-Romagna il crollo dell'economia nell'anno cruciale della crisi economica globale (2009), ma evidenzia anche come la risposta dell'economia sarda sul lungo periodo abbia sostanzialmente reso strutturale la crisi, avendo perso, al 2017, 12 punti di PIL rispetto al 2008. Dopo due periodi recessivi, l'Emilia-Romagna sembra invece proiettarsi, dal 2013, verso una crescita decisa. Stesso andamento si nota per il PIL Italiano, sebbene quest'ultimo sia più contenuto rispetto a quello emiliano - romagnolo. Si nota anche come la Sardegna abbia raggiunto nel 2008 il picco massimo in termini di PIL nel periodo considerato, un anno dopo l'Italia e l'Emilia-Romagna.

La qualità del presente studio è influenzata in modo determinante, dalla disponibilità e dalla qualità statistica delle serie storiche dei consumi energetici regionali e degli indicatori economici ad essi associabili. I riferimenti e le basi dati delle prime sono rappresentati dai bilanci energetici, mentre le serie storiche sugli indicatori economici hanno come principale base statistica i conti territoriali delle serie prodotte da Istat.

In generale, sarebbe auspicabile una attiva e costante collaborazione dei referenti regionali per la costruzione dei bilanci energetici delle regioni Italiane, in modo da costruire bilanci di dettaglio utili come base conoscitiva per la pianificazione in materia energetica. In questo modo sarebbe possibile realizzare a livello nazionale, bilanci energetici regionali confrontabili, sia tra loro, sia con il livello nazionale ed europeo.

Tale collaborazione potrebbe portare, sul medio termine, alla condivisione di metodologie e buone pratiche di redazione di bilanci energetici affidabili e robusti, ed in linea con le Direttive europee sulle statistiche in campo energetico (recentemente è stata modificata la metodologia Eurostat di predisposizione dei bilanci energetici nazionali di dettaglio).

Il sistema energetico sardo

Alla base di tutte le pianificazioni regionali, in campo energetico, vi sono le ricostruzioni dei bilanci energetici. Questo perché essi rappresentano, in maniera compatta, la composizione della domanda, dell'offerta e dei flussi di energia che caratterizzano il sistema regionale analizzato. Il bilancio energetico mostra tutte le fonti (fossili e rinnovabili, primarie e secondarie, endogene ed esogene, che entrano, si producono internamente, si trasformano ed escono dal sistema regionale attraverso le attività di tutti gli attori economici (settori) e producendo informazioni utili per impostare strategie e obiettivi di sviluppo. Tutte queste informazioni rendono i bilanci energetici elementi fondamentali e base informativa per lo studio del settore energia e permettono di impostare analisi approfondite nei seguenti settori chiave:

1. comprensione dei mercati energetici domestici (produzione, commerci, trasporto e consumi finali,
2. evoluzione della domanda e dell'offerta (dipendenza energetica, intensità energetica, ecc.)
3. sviluppo sostenibile (emissioni inquinanti o climalteranti, impatti ambientali, quota di fonti rinnovabile sul totale, ecc.,
4. sviluppo di modellistica previsionale.

L'attività di predisposizione dei bilanci delle regioni italiane su base annuale è stata per lungo tempo portata avanti da Enea. In particolare, l'Ente nazionale per l'energia e l'ambiente ha predisposto bilanci dettagliati per tutte le regioni italiane dal 1988 al 2008. A partire dal 2009 alcuni fattori rilevanti hanno condizionato la diffusione delle informazioni statistiche in campo energetico:

- la metodologia per la predisposizione dei bilanci energetici nazionali è profondamente cambiata; rendendo non più confrontabili i bilanci energetici successivi al 2008, con quelli della serie storica precedente (1988-2008).
- non essendo in vigore un obbligo di predisposizione di bilanci regionali in linea con le più recenti metodologie Eurostat, ciascuna regione si è organizzata autonomamente.

È il caso, ad esempio, della Regione Sardegna che ha costruito il proprio bilancio energetico con l'obiettivo di rispondere alle esigenze informative della normativa nazionale di recepimento del cosiddetto "Burden Sharing", che attribuisce ad ogni regione italiana un obiettivo di consumo di fonti rinnovabili (nel settore elettrico, nel settore termico e nei trasporti), sui consumi interni lordi.

Il bilancio energetico completo così predisposto è relativo in particolare all'anno 2013.

Il piano energetico della Regione Sardegna.

Il Piano energetico ambientale della Regione Sardegna (di seguito PEARS) è il documento programmatico e strategico che governa, in un processo dinamico, lo sviluppo del sistema energetico regionale sardo. Il PEARS identifica le scelte più efficaci, in campo energetico, per andare incontro agli obiettivi di sviluppo sostenibile individuati sia a livello europeo, sia dagli strumenti di pianificazione nazionale e regionale in materia di energia ed ambiente.

Il processo di Valutazione ambientale strategica (definito in Italia principalmente dal Decreto Legislativo n.152/2006) ha posto le basi sia per una adeguata considerazione degli obiettivi di sostenibilità ambientale del piano, sia per determinare il suo carattere partecipativo. Il processo partecipato alla base della predisposizione del PEARS ha portato ad una importante revisione del primo documento adottato, per tenere conto di tutte le osservazioni e suggerimenti espressi dalle principali autorità ambientali e da tutti gli altri numerosi portatori d'interesse.

Nella versione approvata nell'agosto 2016 dal Consiglio regionale, con Delibera regionale n.45/40 il piano è stato aggiornato anche per tenere conto dei più recenti target ed obiettivi ambientali, che guardano al 2030 in un'ottica di lotta decisa ai cambiamenti climatici.

L'obiettivo ambientale più strategico del PEARS è infatti, quello di raggiungere, al 2030, il 50% di riduzione delle emissioni di gas climalteranti associati ai consumi finali di energia.

Il PEARS fa proprie le più importanti sfide lanciate dall'Unione europea sulle tematiche legate all'energia e all'ambiente, attraverso alcune azioni strategiche quali:

- il rafforzamento e l'armonizzazione delle infrastrutture energia, (stabilità reti e sicurezza energetica),
- il potenziamento del sistema energetico per far fronte ai requisiti delle nuove forme di produzione distribuita,
- la diversificazione delle fonti per assicurare una efficace offerta energetica,
- la limitazione della dipendenza da prodotti petroliferi di importazione,

- la compatibilità del sistema di produzione e distribuzione energetica con i più recenti e innovativi requisiti ambientali.

La Sardegna negli ultimi anni ha mostrato una significativa capacità di trasformazione del proprio sistema energetico, testimoniata da una riduzione dei propri consumi finali (28,5%), da una elevata produzione elettrica da fonti rinnovabili sul totale dei consumi elettrici (45.8%) e dalla conseguente riduzione dei consumi di combustibili fossili (-52%). La trasformazione più evidente è rappresentata poi dalla transizione da un sistema centralizzato di produzione e consumo, ad un approccio più distribuito (dovuto in maniera determinante alle nuove fonti rinnovabili). Questa trasformazione ha però evidenziato delle criticità relative alle infrastrutture capaci di interfacciarsi con una nuova struttura di produzione e consumo caratterizzata da bi-direzionalità dei flussi energetici in ingresso e uscita dalle reti di trasporto. Per questo motivo il piano pone tra i suoi obiettivi principali l'innovazione della rete elettrica regionale.

Ai fini del presente approfondimento è stato necessario avere a disposizione serie storiche sufficientemente estese da permettere di identificare dinamiche di lungo periodo.

Per questo motivo la scelta dei data set è ricaduta sulla analisi del sistema elettrico regionale, con un approfondimento sui consumi finali per settore. Il vantaggio è quello di poter contare su una affidabile fonte informativa, Terna S.p.a., proprietaria principale della rete elettrica in alta e altissima tensione, che storicamente raccoglie e pubblica le informazioni sul sistema elettrico nazionale e su quelli delle regioni italiane.

L'analisi seguente si concentra quindi sul settore elettrico sardo e dopo una ricognizione delle principali sue caratteristiche, che lo rendono unico nel panorama italiano, esamina le relazioni di causalità tra consumi elettrici e gli indici di sviluppo economico.

Il sistema elettrico della Sardegna

Il sistema elettrico è molto correlato ai parametri economici. Storicamente, la produzione dell'energia elettrica è stata garantita dai combustibili fossili come carbone e petrolio, a cui successivamente si è affiancato il gas naturale e, solo di recente, le fonti rinnovabili. Per muoversi verso un futuro a basso impatto ambientale occorre una radicale trasformazione del sistema di generazione elettrica. Ciò determina l'indicazione di alcuni vincoli da rispettare, vincoli che spesso si scontrano sulla capacità del nostro sistema di garantire la disponibilità energetica giacché il sistema economico nazionale, ed anche sardo, dipende dall'estero per la maggior parte delle risorse fossili impiegate. Inoltre, l'evoluzione del sistema elettrico nazionale non può prescindere dagli indirizzi di politica energetico-ambientale concordati a livello comunitario e applicati su scala nazionale ed internazionale. Da sempre il sistema elettrico è

oggetto di un susseguirsi di studi volti ad analizzare l'evoluzione nel tempo della disponibilità di energia non solo per la popolazione e le necessità attuali, ma anche per garantire la disponibilità di energia elettrica per le generazioni future. Nel settore elettrico è importante giocare d'anticipo: pianificare e programmare come far fronte ai bisogni futuri, anche perché la realizzazione di una qualsiasi opera nel settore (centrali, elettrodotti, reti, ecc.) richiede l'investimento di ingenti risorse finanziarie. Per ogni investimento caratterizzato da un enorme sforzo economico è richiesto un quadro stabile di riferimento sia normativo sia di mercato al fine di garantire scelte ponderate e razionali; questo è ancor più vero per gli investimenti effettuati all'interno del settore energetico. In questo settore c'è l'esigenza di comprendere come lo scenario futuro possa evolversi col variare di alcuni elementi, come ad esempio il perdurare della crisi economica, il mutare del quadro di riferimento politico energetico.

Il sistema elettrico della Regione Sardegna rappresenta attualmente la principale infrastruttura energetica regionale. Esso presenta caratteristiche di univocità nel panorama nazionale, legate, come si vedrà, alle tendenze di consumo, alla struttura del parco di generazione elettrica e soprattutto alla sua condizione di insularità. Queste condizioni rendono la Sardegna uno scenario interessante per le analisi del settore energia, in un momento di transizione energetica come quello che stiamo attraversando negli ultimi anni.

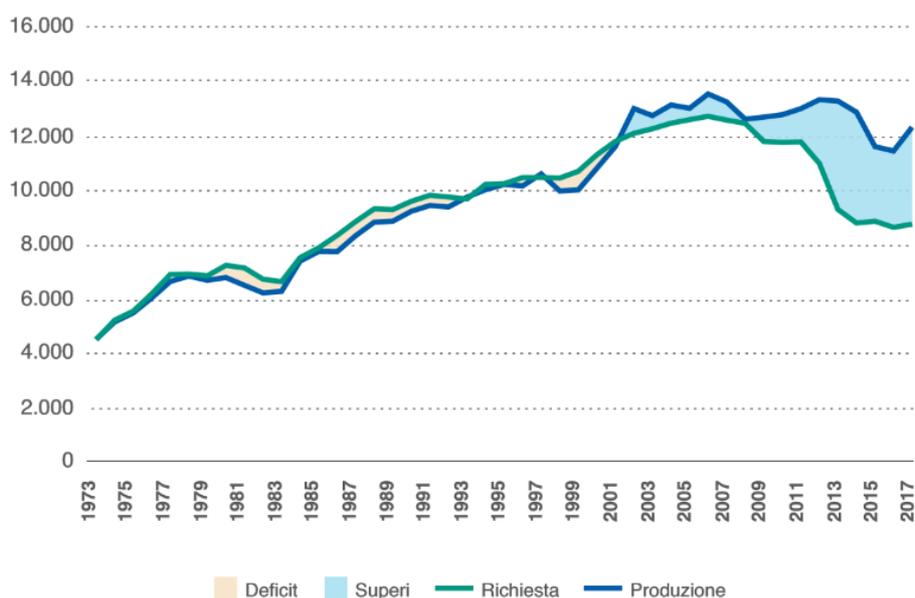


Figura 6-4. Produzione e richiesta elettrica (GWh) in Regione Sardegna dal 1973 al 2017 (Terna, 2018).

Come si nota dal grafico elaborato da Terna, riportato sopra, la produzione elettrica in Sardegna (evidenziata dalla linea blu) è sempre stata ben correlata alla richiesta elettrica totale regionale (evidenziata con tratto continuo verde) sino al 2000. Da quella data, due principali caratteristiche hanno modificato la condizione elettrica dell'isola: dal 2001 la Regione Sardegna ha cominciato ad esportare verso le altre

regioni l'energia elettrica in surplus prodotta internamente e, di conseguenza, la richiesta elettrica non risulta più correlata alla produzione.

A livello di macro trend, inoltre, il 2006 rappresenta un anno di importante cambiamento, in quanto si verifica un impulso ribassista di forte entità, in anticipo di tre anni rispetto alla crisi economica globale, che determina un cambiamento di tendenza storica, sino ad allora in costante aumento, sia per la richiesta elettrica totale, che si riporta al 2017 su valori di fine anni ottanta (8426 GWh), sia per la produzione, che dal 2006 presenta un andamento oscillatorio orientato al ribasso, sebbene non della stessa intensità di quello dei consumi.

La stessa produzione elettrica mostra una forte accelerazione tra la fine degli anni Novanta e il 2006, una tendenza alla stabilità sino al 2010 e fasi alternate di crescita (2011) e rallentamento (2016) che portano al 2017 a valori di produzione dei primi anni 2000.

Nella seconda metà degli anni 90' la produzione elettrica in Sardegna era prevalentemente (95%) di origine termoelettrica, generata da impianti alimentati a carbone o ad olio combustibile, con una integrazione di energia idroelettrica in percentuale variabile in base alla disponibilità idrica, anche se essenzialmente costante.

Dal 2002 è notevolmente aumentata la percentuale di energia elettrica prodotta dalle altre fonti rinnovabili, con prevalenza dell'eolico (12,5% al 2017). Mentre, dal 2005, anche grazie ai fondi messi a disposizione dal cosiddetto "Conto Energia" (nelle sue varie versioni di modulazione dei finanziamenti), è cresciuta la percentuale di energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici, sino a raggiungere una quota significativa al 2017, pari al 7,5% della produzione elettrica totale.

Ad oggi le fonti rinnovabili hanno un ruolo determinante nella produzione elettrica regionale, anche se il 2017 registra un significativo utilizzo di fonti fossili (comprendenti anche il diesel) e, in misura non importante, di biomasse.

La domanda elettrica della Sardegna

Le seguenti considerazioni sui consumi elettrici finali in Sardegna si basano sulle serie storiche prodotte da Terna nel periodo compreso tra il 1995 ed il 2017. I consumi elettrici sardi mostrano un andamento storico unico nel panorama nazionale.

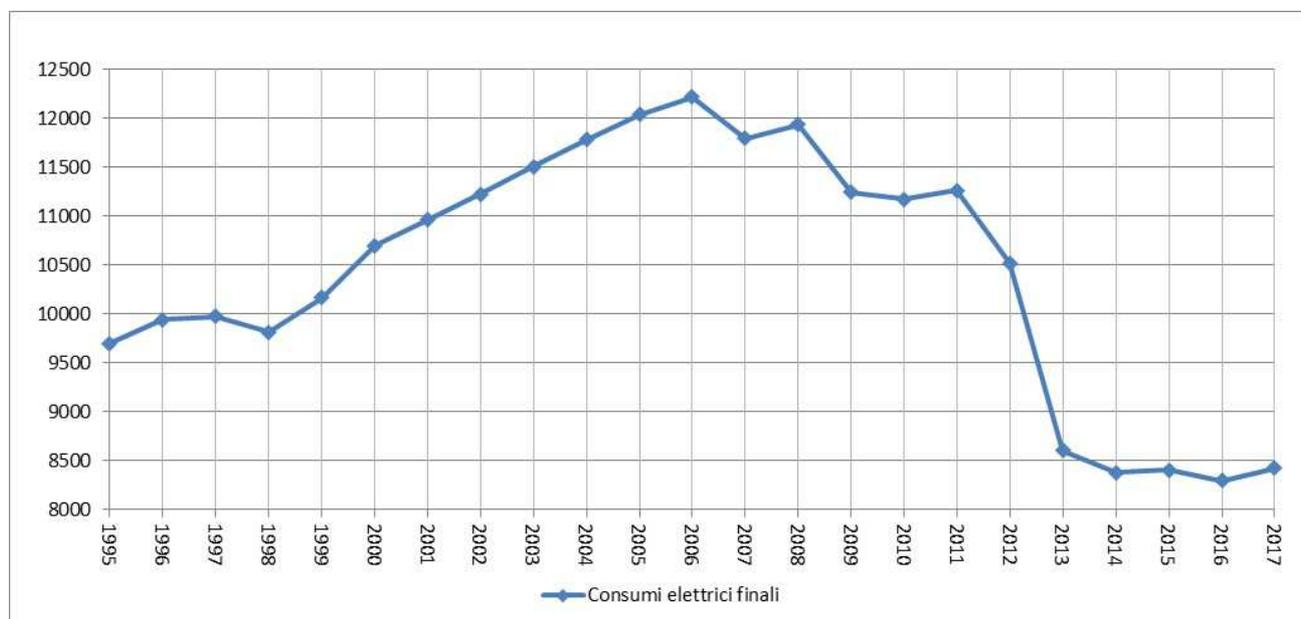


Figura 6-5. Consumi elettrici finali in Regione Sardegna (GWh; elaborazione su dati Terna).

Dal 1995, dopo quattro anni di consumi pressoché stabili, si assiste ad un forte incremento degli stessi, sino al picco del 2006, anno in cui, con tre anni di anticipo rispetto alla crisi economica globale (manifestatasi con tutta la sua forza nel 2009), comincia un rapido periodo di decrescita dei consumi finali totali (con le due sole deboli eccezioni di ripresa del 2008 e del 2011). Dal 2013 si assiste ad una nuova fase di stabilizzazione dei consumi che si attestano attorno agli 8500 GWh.

Di assoluto rilievo il calo deciso in corrispondenza del 2013, confermato nel 2014, anno che vede la chiusura definitiva dello stabilimento dell'Alcoa di Portovesme.

I grafici sottostanti mostrano la composizione, in termini assoluti (in GWh) e percentuali, dei consumi elettrici finali per macrosettore economico. La dinamica di trasformazione è evidenziata per alcuni anni significativi. In particolare, il 1995, anno di prima rilevazione statistica, il 2006, anno in cui i consumi finali elettrici regionali hanno raggiunto il picco massimo ed il 2017, ultimo anno di rilevazione disponibile.

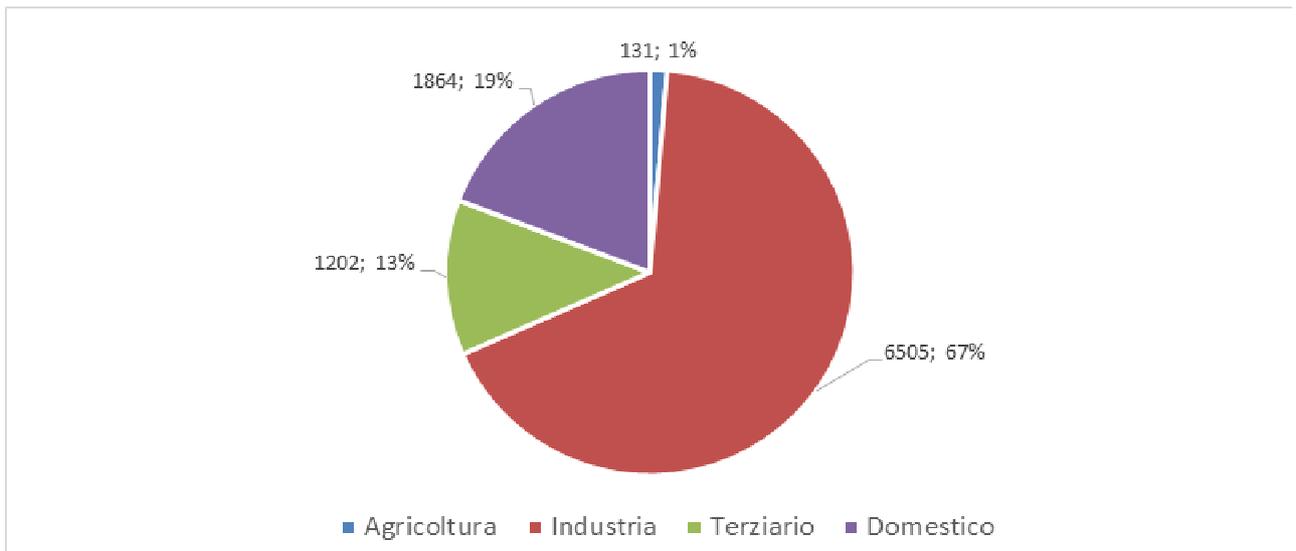


Figura 6-6. Ripartizione dei consumi elettrici finali per macrosettore (GWh, %; anno 1995; elaborazione su dati Terna).

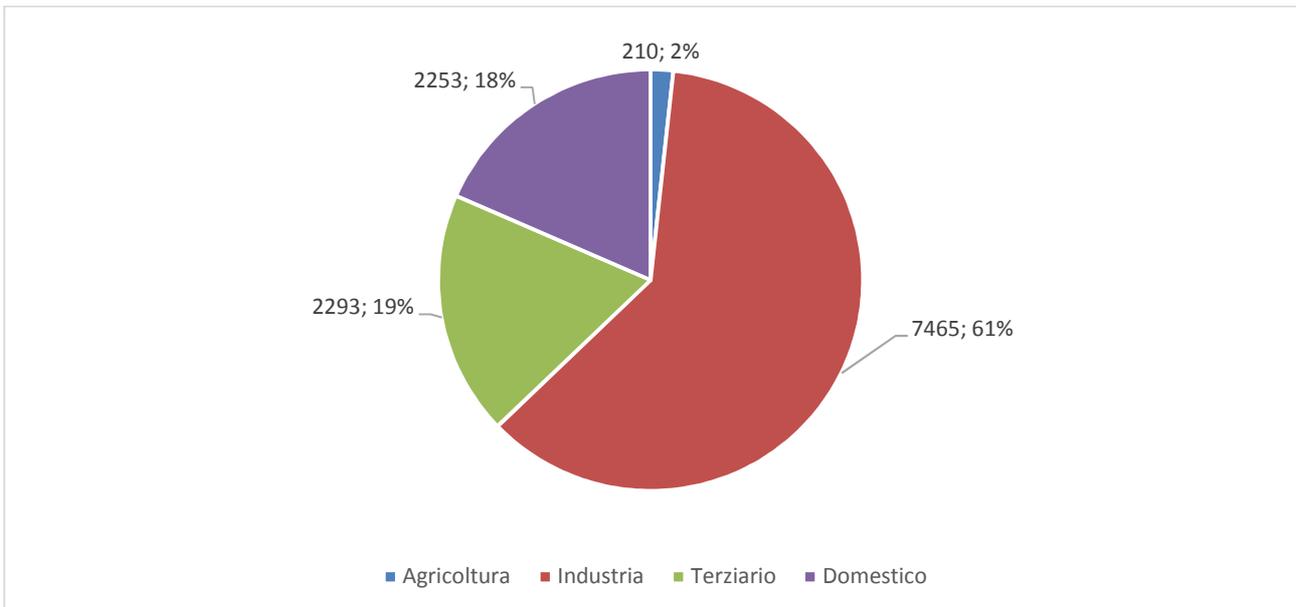


Figura 6-7. Ripartizione dei consumi elettrici finali per macrosettore (GWh, %; anno 2006; elaborazione su dati Terna).

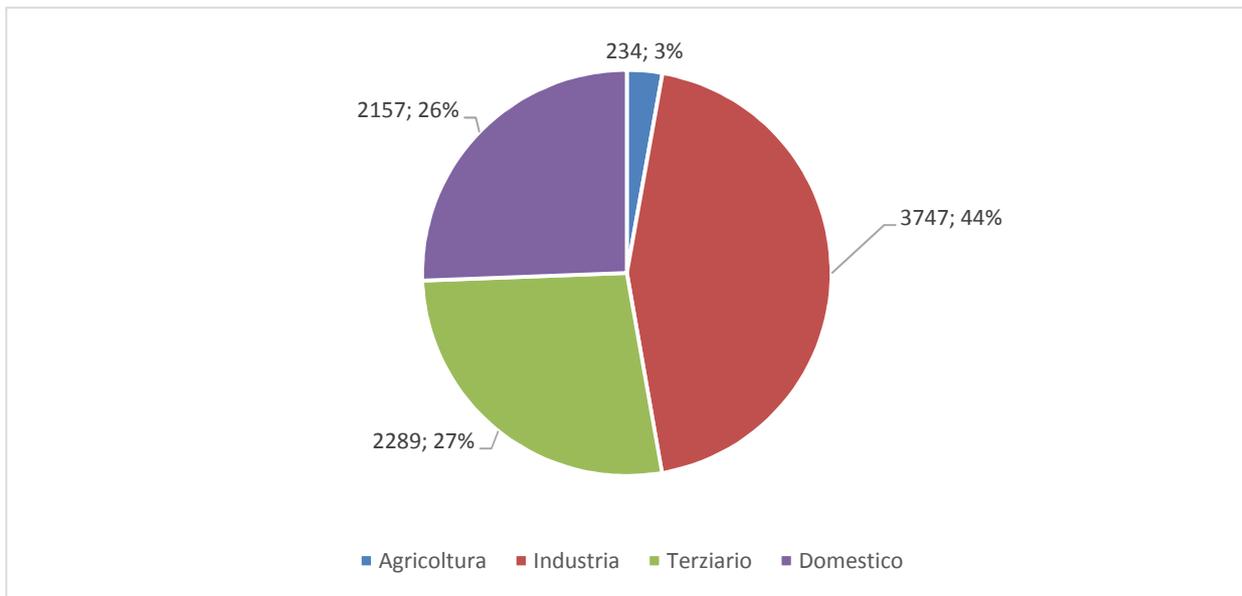


Figura 6-8. Ripartizione dei consumi elettrici finali per macrosettore (GWh, %; anno 2017; elaborazione su dati Terna).

I grafici mostrano una progressiva e significativa contrazione dei consumi industriali, che passano dal 67% del 1995 al 44% del 2017 (pari a 3747 GWh), a favore del settore domestico (che vira dal 19% del 1995 al 26% del 2017, pari a 2157 GWh, con una leggera contrazione rispetto allo sviluppo degli altri settori nel 2006) e dei servizi, che aumentano significativamente il proprio peso passando dal 13% del 1995, al 19% del 2006, sino a raggiungere, nel 2017, il 27% del totale dei consumi finali della Sardegna.

L'agricoltura negli stessi anni raddoppia i propri consumi, ma continua a rappresentare una quota poco significativa (3%) della domanda elettrica regionale.

Analisi di disaccoppiamento

L'analisi sotto riportata è utile alla valutazione dell'eco-efficienza, ossia l'efficienza economico ambientale di consumo del settore elettrico in Italia ed in Sardegna. Sostanzialmente viene definita come la capacità di produrre ricchezza (beni e servizi) in modo competitivo, facendo leva su quantitativi sempre più ridotti di risorse naturali, riducendo così le pressioni sull'ambiente. Anche i consumi energetici possono essere considerati "pressioni ambientali", secondo lo schema DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatto, Risposta), adottato per la prima volta dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e diffusamente utilizzato dalle principali organizzazioni ambientali nella reportistica ambientale), perché producono effetti non trascurabili sulle matrici ambientali (emissioni inquinanti, climalteranti, produzione di radiazioni elettromagnetiche, consumo di suolo, ecc.).

Di seguito sono stati analizzati i valori delle variazioni annuali di consumi elettrici e PIL per l'Italia e per la Regione Sardegna. Per i consumi elettrici sono stati utilizzati i dati Terna. I dati del PIL a valori concatenati, con riferimento all'anno 2010 ed alla più recente edizione dei conti 2018, sono tratti dalle serie Istat.

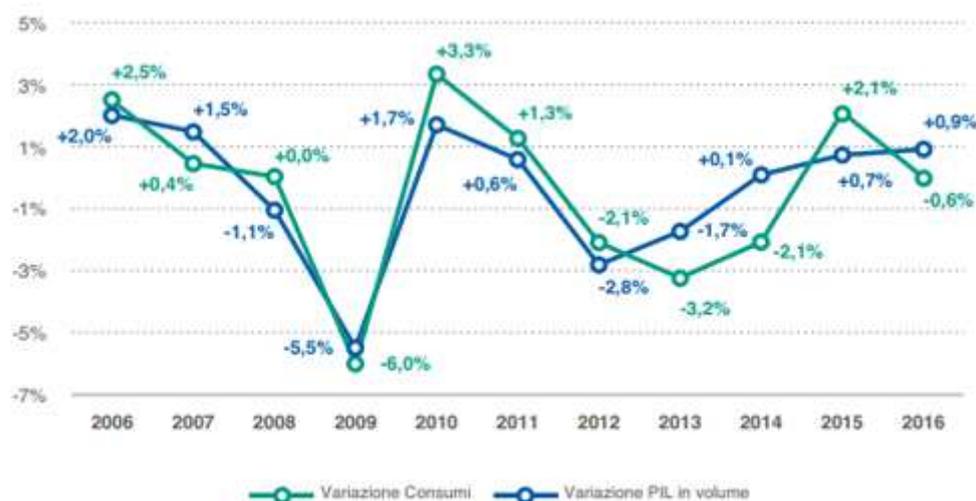


Figura 6-9. Andamento dei consumi elettrici e del PIL (% in Italia, dal 2006 al 2016; elaborazione Enea su dati Terna e Istat).

A livello nazionale i dati statistici di Terna (Terna 2016) mostrano che dopo un periodo di costante crescita della produzione lorda e dei consumi elettrici che arriva fino al 2007, le grandezze seguono un andamento ampiamente oscillatorio con una tendenza al ribasso causata dalla crisi economica.

Nel 2016 i consumi di energia elettrica sono diminuiti dello 0,6% rispetto all'anno precedente, che invece aveva registrato una crescita dopo tre anni di continue riduzioni. I consumi elettrici sono diminuiti malgrado la crescita del Pil in volume (+0,9%), una situazione analoga si è verificata soltanto una volta (nel 1981) negli ultimi cinquanta anni. Analizzando le serie storiche di queste due grandezze si può infatti vedere che le loro variazioni annue hanno generalmente un segno concorde, positivo o negativo.

Analizzando la figura sopra si manifesta nel 2016 un disaccoppiamento dei consumi complessivi di energia elettrica dall'andamento del PIL. Una tale circostanza, ad una più approfondita analisi, è tuttavia spiegata dalla particolare dinamica dei consumi settoriali. Se si esaminano i consumi elettrici dei settori produttivi – agricoltura, industria, terziario – si osserva che nel 2016 sono risultati complessivamente in crescita (+0,1%) – e quindi in fase con la crescita del PIL - rispetto ai consumi dei medesimi settori nel 2015. Quindi sulla domanda elettrica complessiva ha avuto pesante ricaduta la contrazione della domanda negli usi domestici (-1,9 TWh, pari al -2,8%). Sui consumi domestici ha sicuramente avuto peso il diverso andamento delle temperature medie mensili nel 2016 - più miti nei mesi invernali e più fresche nei mesi estivi – rispetto al 2015 ma anche l'effetto delle misure di efficienza energetica dispiagate progressivamente negli ultimi anni.

La grandezza che collega la domanda di energia elettrica e il PIL è l'intensità elettrica. Nel 2016 la domanda di energia elettrica è diminuita del -0,8% mentre il PIL in volume è cresciuto del +0,9%, di conseguenza l'intensità elettrica è diminuita del -1,7%.

L'analisi storica dell'andamento dell'intensità elettrica in figura sotto evidenzia un trend prevalentemente crescente seppure a fasi alterne.

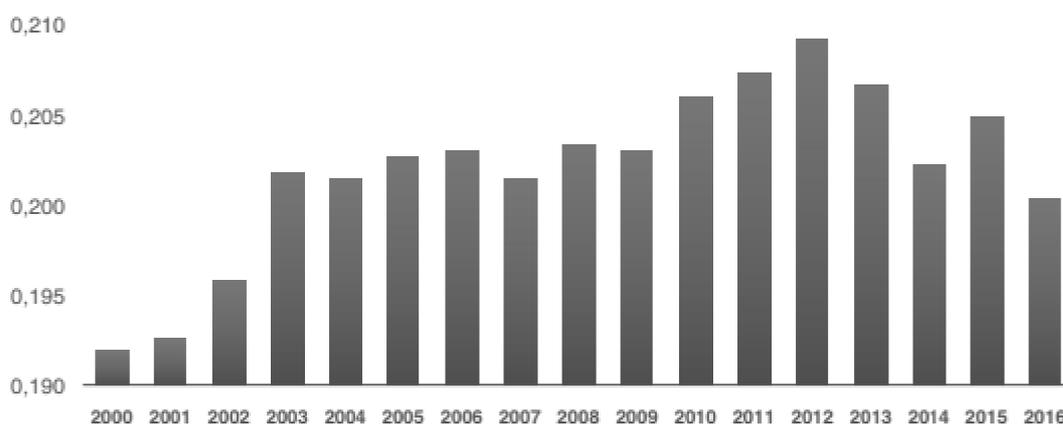


Figura 6-10. Evoluzione dell'indice di Intensità elettrica del PIL in Italia. Fonte: Terna, 2017

L'intensità elettrica italiana passa da 0,192 kWh/euro del 2000 a 0,200 kWh/euro del 2016, con un CAGR nel periodo di +0,3%.

Se nel periodo dal 2003 al 2009 l'intensità elettrica si era mantenuta altalenante, anche se in un range di variazione piuttosto ristretto, dal 2010 al 2012 si è osservata una nuova fase di crescita, a conferma dell'aumento percentuale della risorsa elettrica nella formazione del PIL nazionale, pur in presenza – come nel biennio 2011/2012 – di una riduzione in termini assoluti della domanda di energia elettrica. Nel biennio 2013/2014 è intervenuto un nuovo calo dell'intensità elettrica, calo che si è ripetuto anche nel biennio 2015/2016.

L'utilizzo di indici integrati come l'intensità dei consumi elettrici permette di effettuare confronti utili su scale territoriali differenti facilitando le valutazioni di causa effetto.

In Regione Sardegna l'evoluzione dell'indice di intensità elettrica è mostrata nel grafico seguente.

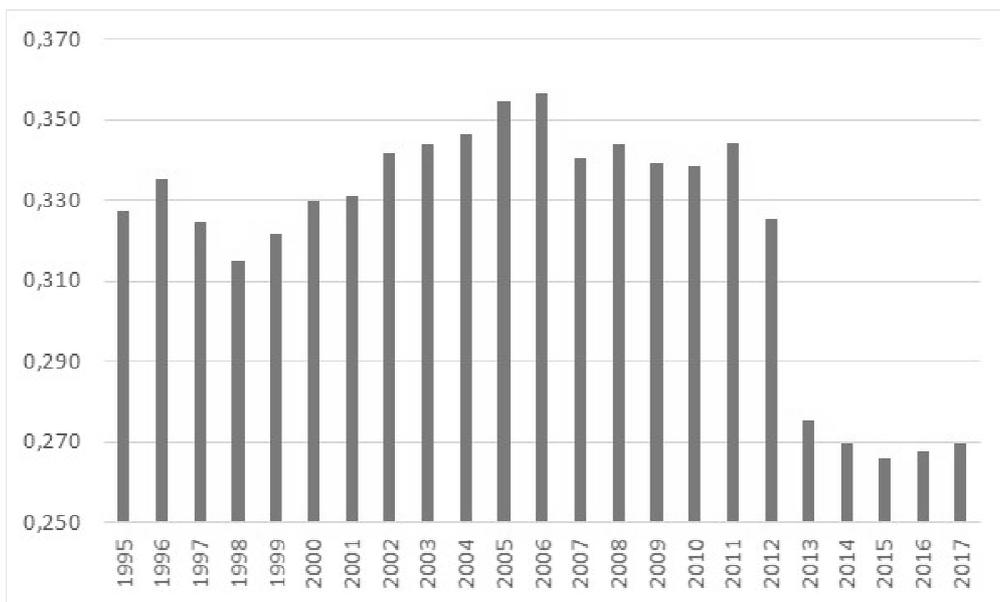


Figura 6-11. Andamento dell'indice di intensità elettrica per la Regione Sardegna (kWh/euro; elaborazione su dati Terna ed Istat).

L'intensità elettrica del PIL in Regione Sardegna mostra valori mediamente più elevati di quelli nazionali, soprattutto nel periodo dal 1995 al 2012, in cui si alternano fasi di lieve decrescita, (dal 1996 al 1998) ad una lunga e costante fase di crescita che porta al picco di intensità del 2006, per poi calare al 2007 e tenersi mediamente costante sino al 2011. Al 2012 si assiste ad un primo forte calo dell'indicatore di intensità, rincarato dalla brusca riduzione relativa al 2013. La diminuzione diventa poi sempre meno significativa sino al 2015 per poi mostrare una nuova blanda crescita dell'intensità sino al 2017. L'intensità elettrica è un diffuso indicatore di eco-efficienza, che aumenta al diminuire dell'indice, essendo definita come il rapporto tra i consumi elettrici finali ed il PIL a valori concatenati. Si ritiene, dalla considerazione dei grafici successivi, che nel caso della Sardegna esso sia maggiormente guidato dai consumi che dalla variazione del PIL.

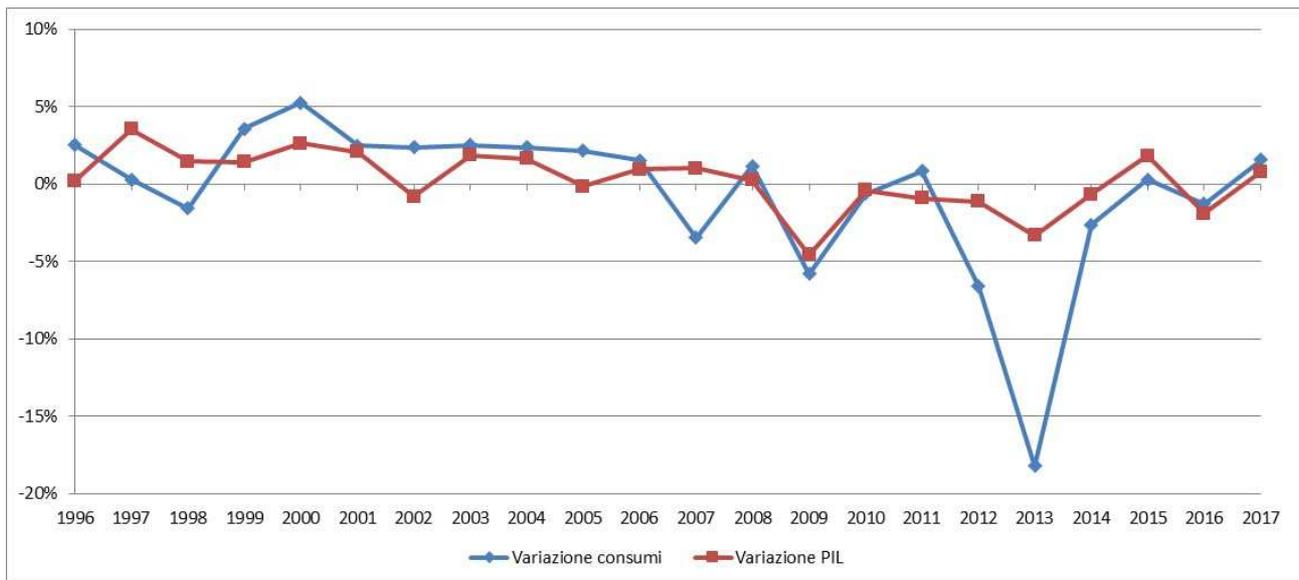


Figura 6-12. Variazione annuale dei consumi elettrici e del PIL (%; elaborazioni su dati Terna ed Istat).

La tabella sottostante evidenzia gli anni in cui le variazioni delle due grandezze (consumi finali elettrici totali e PIL) hanno un segno concorde, positivo o negativo e gli anni in cui si assiste ad un disaccoppiamento assoluto.

Tabella 6-1. Andamento (% rispetto all'anno precedente) dei consumi e del PIL in Regione Sardegna per gli anni dal 1995 al 2017 (elaborazione su dati Terna e Istat).

Anno	Consumi finali elettrici	PIL	Disaccoppiamento
1996	2,5%	0,2%	
1997	0,3%	3,5%	
1998	-1,6%	1,4%	
1999	3,6%	1,4%	
2000	5,2%	2,6%	
2001	2,5%	2,1%	
2002	2,4%	-0,8%	
2003	2,5%	1,8%	
2004	2,4%	1,7%	
2005	2,1%	-0,2%	
2006	1,5%	0,9%	
2007	-3,5%	1%	
2008	1,2%	0,3%	
2009	-5,8%	-4,5%	
2010	-0,6%	-0,4%	
2011	0,8%	-0,9%	
2012	-6,6%	-1,1%	
2013	-18,2%	-3,3%	
2014	-2,6%	-0,7%	
2015	0,3%	1,8%	

Anno	Consumi finali elettrici	PIL	Disaccoppiamento
2016	-1,3%	-1,9%	
2017	1,6%	0,8%	

A livello regionale, in Sardegna è immediatamente visibile la serie di disaccoppiamenti assoluti (relativamente agli anni 1998, 2002, 2005, 2007, 2011).

Nel primo caso dall'inizio della serie storica considerata, ad un aumento del PIL regionale di 1,4 punti percentuali, non è corrisposto un aumento dei consumi elettrici, che, al contrario, segnano un arretramento pari all'1,6%.

Nel 2002 si assiste invece ad una condizione inversa: il Pil cede di quasi un punto percentuale, mentre i consumi aumentano rispetto al 2001 di 2,4 punti percentuali. Nel 2005 si nota lo stesso tipo di disaccoppiamento precedente, anche se di minore intensità. Nel 2007 i consumi elettrici subiscono un discreto calo (-3,5%) mentre il PIL isolano continua a salire (+1%).

Inoltre, è di rilievo notare il picco negativo in corrispondenza del 2013, in cui i consumi si riducono di quasi il 20%; è l'anno di chiusura definitiva dello stabilimento Alcoa di Portovesme (Carbonia Iglesias), accompagnato da un calo del PIL dello stesso segno negativo, ma di entità molto meno rilevante (3,3%). Mentre nell'anno di massima evidenza della crisi economica globale, l'andamento di PIL e consumi è in entrambi i casi decrescente e di forte intensità (rispettivamente -4,5% e -5,8%).

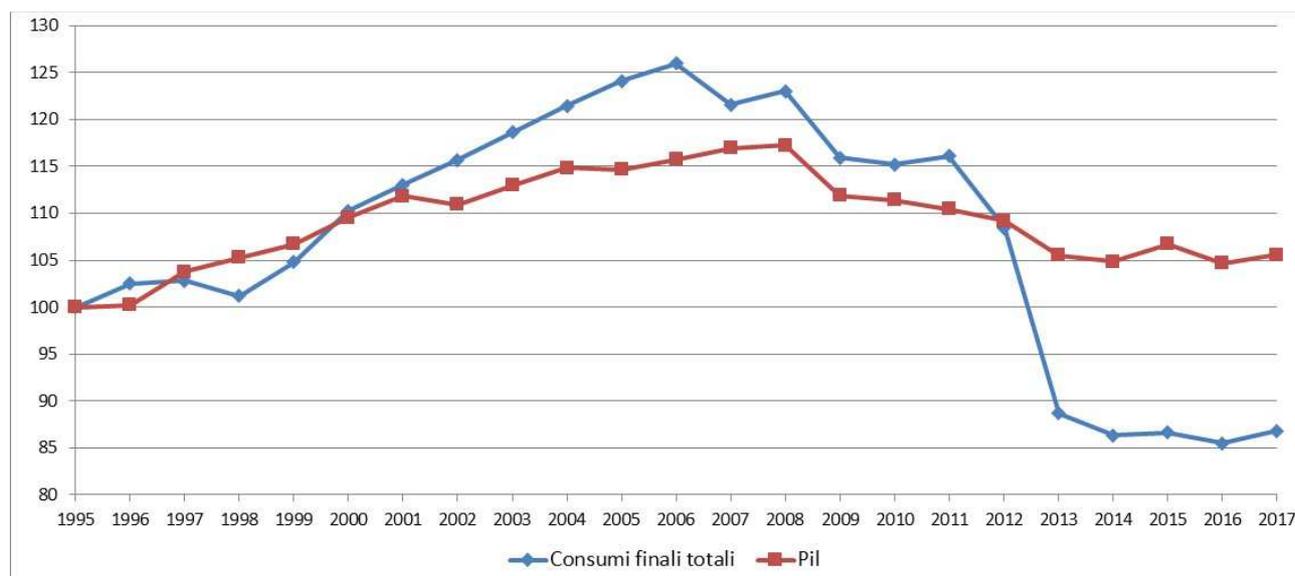


Figura 6-13. Andamento normalizzato dei consumi elettrici e del PIL a valori concatenati 2010 della Regione Sardegna (valore 1995=100; elaborazione su dati Terna ed Istat).

È utile mostrare l'andamento normalizzato dei due indicatori per valutare la relativa forza nella definizione dell'indice di intensità del sistema elettrico regionale e di conseguenza, analizzare alcune reciproche responsabilità sul miglioramento, ovvero sulla riduzione, dell'efficienza elettrica totale.

Si nota in particolare come i consumi elettrici, nel periodo analizzato, mostrino un andamento molto meno regolare di quello del PIL ed anticipino di due anni il picco storico positivo dell'indice economico relativo al 2007, quasi a precorrere un atteggiamento di frenata dei consumi in previsione della crisi economica mondiale. I consumi elettrici aumentano inoltre in modo più marcato rispetto all'indice economico sino al 2006, ma in seguito alle due crisi del 2009 e 2012, sembrano non risentire delle variazioni del PIL e al contrario essi stessi determinare il forte abbassamento del valore d'intensità elettrica.

La verifica degli andamenti settoriali serve a focalizzare le dinamiche rispetto alla ricchezza prodotta dagli stessi settori. Si è scelto in particolare l'utilizzo del Valore Aggiunto a valori concatenati relativi all'anno 2010, quale indicatore del valore della produzione settoriale, di solito maggiormente correlato ai consumi energetici.

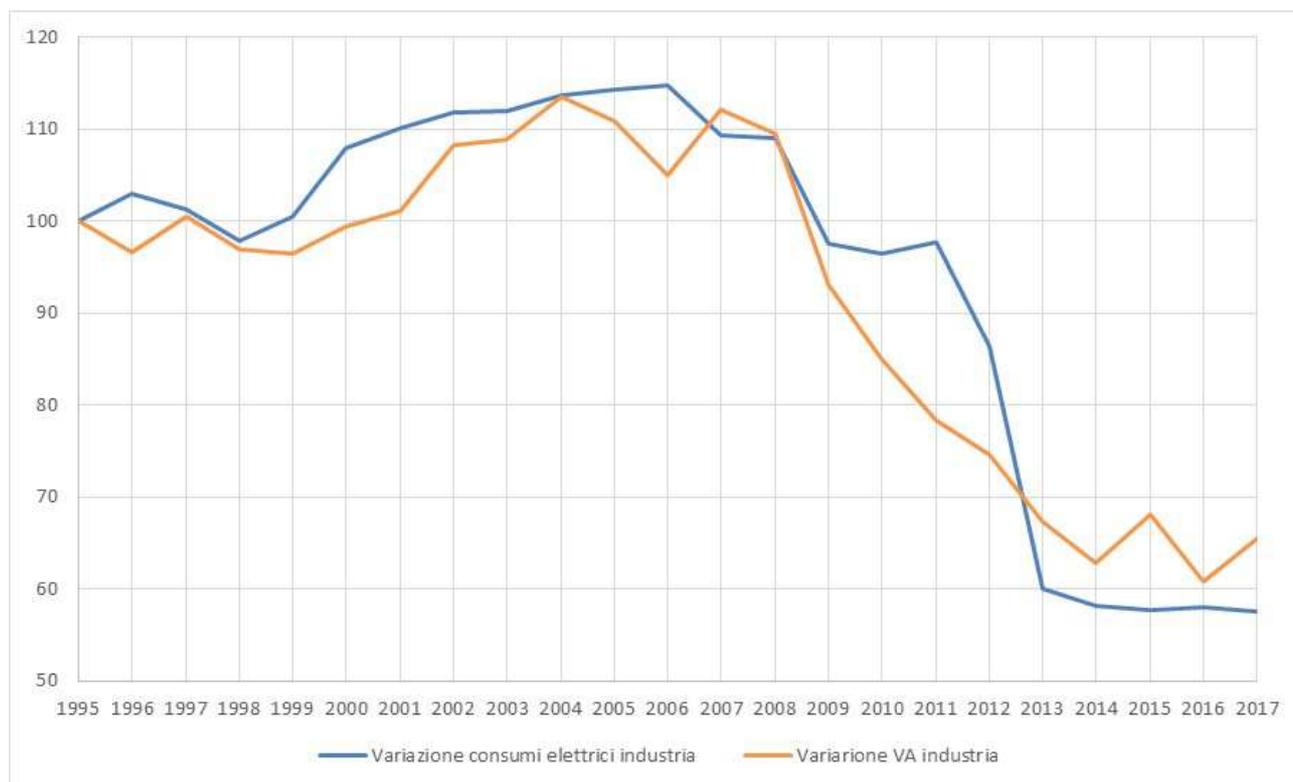


Figura 6-14. Andamento normalizzato dei consumi elettrici e del Valore Aggiunto a valori concatenati 2010 del settore industriale in Sardegna (anno 1995=100; elaborazione su dati Terna ed Istat).

In seguito ad un primo lieve disaccoppiamento nel 1996, Valore Aggiunto e consumi elettrici industriali hanno seguito un andamento mediamente concorde sino al 2004. Il Valore Aggiunto comincia a calare dal

2004 in modo disaccoppiato rispetto ai consumi elettrici sino al 2006, invertendo il relativo andamento al 2007. I consumi elettrici cominciano il loro rapido andamento in decrescita (rallentato solo negli anni dal 2009 al 2011) per poi collassare in modo drastico dal 2011 in poi, mentre il valore aggiunto mostra un forte declino dal 2007 al 2013, con una rapida accelerazione del crollo dei consumi (dal 2011 al 2013) che manifesta chiaramente la crisi strutturale della grande industria isolana. A conferma di questa tesi il fatto che mentre nel 2011 si rilevava una concentrazione di quasi il 50% dei consumi sulle forniture in Alta Tensione, nel 2013 circa il 48% dei consumi è concentrato sulla Bassa Tensione, con una riduzione dell'incidenza dei consumi sulla rete di Alta Tensione di circa 15 punti percentuali. Tale correlazione consente di evincere che il forte ridimensionamento del comparto industriale, con la chiusura dei principali stabilimenti collegati in Alta Tensione, sia la causa principale del calo drastico dei consumi industriali e di questa differente ripartizione dei consumi isolani sui diversi livelli di tensione. È comunque importante evidenziare come il sistema energetico elettrico dell'isola nel 2011 fosse totalmente asservito ad alimentare un numero estremamente limitato di utenze industriali e terziarie di grandi dimensioni (0,25% delle utenze totali) che rappresentavano un carico energetico pari a circa il 61% del consumo totale. Nel 2013 questa condizione si è appunto modificata, in quanto le grandi utenze industriali rappresentano lo 0,4% delle utenze totali e coprono circa il 34% del consumo totale dell'isola. Tale analisi evidenzia la significativa modifica subita nella configurazione di carico elettrico dalla Sardegna dal 2011 al 2017, mettendo in luce alcune criticità del sistema energetico elettrico sardo in presenza di fenomeni di instabilità economica e/o industriale.

L'analisi dei sotto settori mostra poi come il calo dei consumi elettrici sia stato determinato soprattutto dalla crisi del settore manifatturiero di base, la cui evoluzione dei consumi non è correlata con quella nazionale ed è caratterizzata nel periodo 2006-2017 da una significativa riduzione dei consumi elettrici, pari a circa 3.500 GWh, determinata soprattutto dal settore dei minerali non metalliferi (che riducono i propri consumi del 75%, passando dai 2994 GWh del 2006 ai 755 GWh del 2017), e da quello della chimica (che riduce i propri consumi elettrici di circa il 55%, passando dai 2092 GWh del 2006 ai 971 GWh del 2017).

Il comparto della manifattura non di base nello stesso periodo riduce invece i propri consumi del 28%. La concentrazione dei consumi elettrici è riferita in particolare al settore alimentare, che comunque vede un calo dei consumi di solo il 10%, da 203 GWh del 2006 a 183 GWh del 2017.

Il settore delle costruzioni mostra invece negli anni considerati un andamento dei consumi elettrici che risente della recessione, riducendosi di più del 50% ma non essendo rilevante rispetto agli altri settori di consumo (al 2017 consumava solo 30 GWh).

Di rilievo anche il settore energia ed acqua, il cui consumo elettrico si attesta costante dal 2006 al 2017 ed intorno ai 1400 GWh e il settore delle raffinerie, anch'esso caratterizzato da consumi costanti, intorno a 700 GWh.

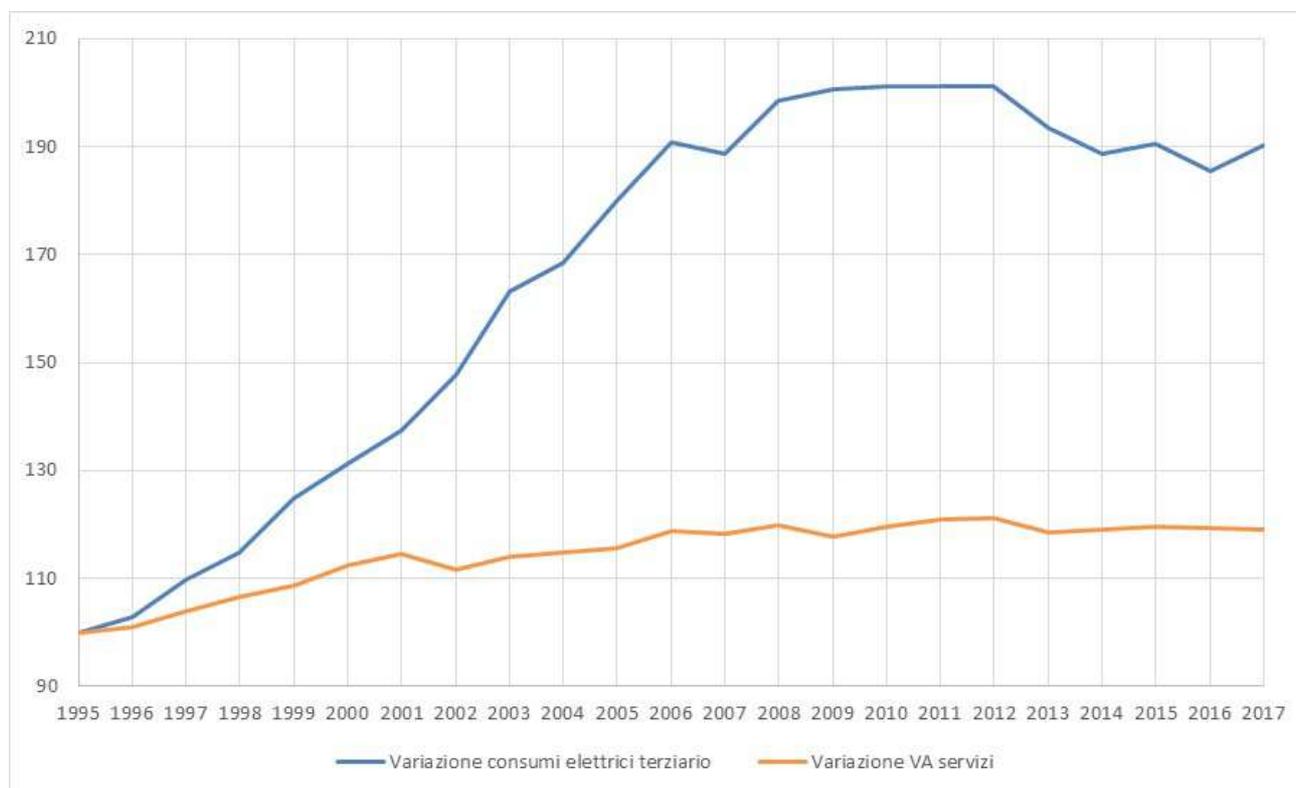


Figura6-15. Andamento normalizzato dei consumi elettrici e del Valore Aggiunto a valori concatenati 2010 del settore Terziario in Sardegna (anno 1995=100; elaborazione su dati Terna ed Istat).

Il settore terziario pesa circa un terzo dei consumi elettrici regionali totali e produce una ricchezza pari al 73% del PIL. La comparazione tra le due dinamiche evolutive evidenzia come il settore abbia influito in maniera rilevante sulla crescita dell'intensità elettrica della Regione Sardegna, mostrando nel periodo considerato, un raddoppio dei consumi elettrici a fronte di una crescita del Valore Aggiunto di circa 15 punti. Questo significa che per produrre la stessa ricchezza, il settore terziario ha richiesto sempre più energia elettrica. Ciò ha determinato un aumento rilevante dell'intensità elettrica del terziario e di conseguenza un aumento significativo dell'intensità aggregata del PIL. A riconferma di questa tesi, anche la riduzione dell'intensità elettrica totale in corrispondenza della riduzione dei consumi del terziario.

Gli andamenti normalizzati dei due indicatori in tutto il periodo considerato (1995-2017) sono prevalentemente accoppiati, tranne che negli anni dal 2001 al 2002, dove a fronte di una diminuzione del Valore Aggiunto del terziario si assiste ad un aumento dei consumi, e negli anni dal 2008 al 2009, in cui l'arrivo della crisi globale provoca un rallentamento del Valore aggiunto, mentre i consumi continuano a

aumentare sino al 2012, per poi ridursi drasticamente sino al 2014 ed attestarsi con alterne fasi di crescita e rallentamento sino ai 2288 GWh del 2017. Tra i sottosettori di rilevanza per i relativi consumi si segnala, nel periodo, un raddoppio dei consumi di alberghi, ristoranti e bar e per quanto riguarda i servizi non vendibili, un aumento del 60% dei consumi elettrici della pubblica amministrazione. Tutti i sottosettori subiscono un rallentamento dei consumi a partire dal 2013. Questa riduzione potrebbe essere spiegata sia dalla messa in pratica di misure di efficientamento energetico portate avanti dalla Pubblica Amministrazione e dal settore dei servizi, sia dalla cristallizzazione a livello regionale della crisi economica globale, sia, probabilmente come conseguenza della crisi storica del settore industriale che può avere indotto un rallentamento dei consumi del settore terziario.

Per quanto riguarda il settore agricolo, la figura seguente mostra gli andamenti normalizzati dei consumi elettrici e del Valore Aggiunto.

Il settore agricolo mostra un disaccoppiamento che può essere considerato, a partire dal 2004 quasi strutturale. Tale disaccoppiamento però non è quello auspicato da Unep (Unep 2011), ossia una crescita economica che implichi un minor consumo di risorse. Ma un disaccoppiamento “non virtuoso”, caratterizzato da una diminuzione tendenziale del valore della produzione di ricchezza da parte del settore contestuale ad un aumento dei consumi. Infatti, mentre il valore aggiunto mostra un andamento decrescente di lungo periodo, i consumi elettrici assumono un andamento quasi speculare, incrementando di 80 punti al 2017 rispetto al 1995.

Tuttavia, essendo il settore complessivamente poco energivoro (rappresenta il 3% dei consumi), questa dinamica non implica un apporto significativo alla riduzione dell'efficienza elettrica regionale complessiva.

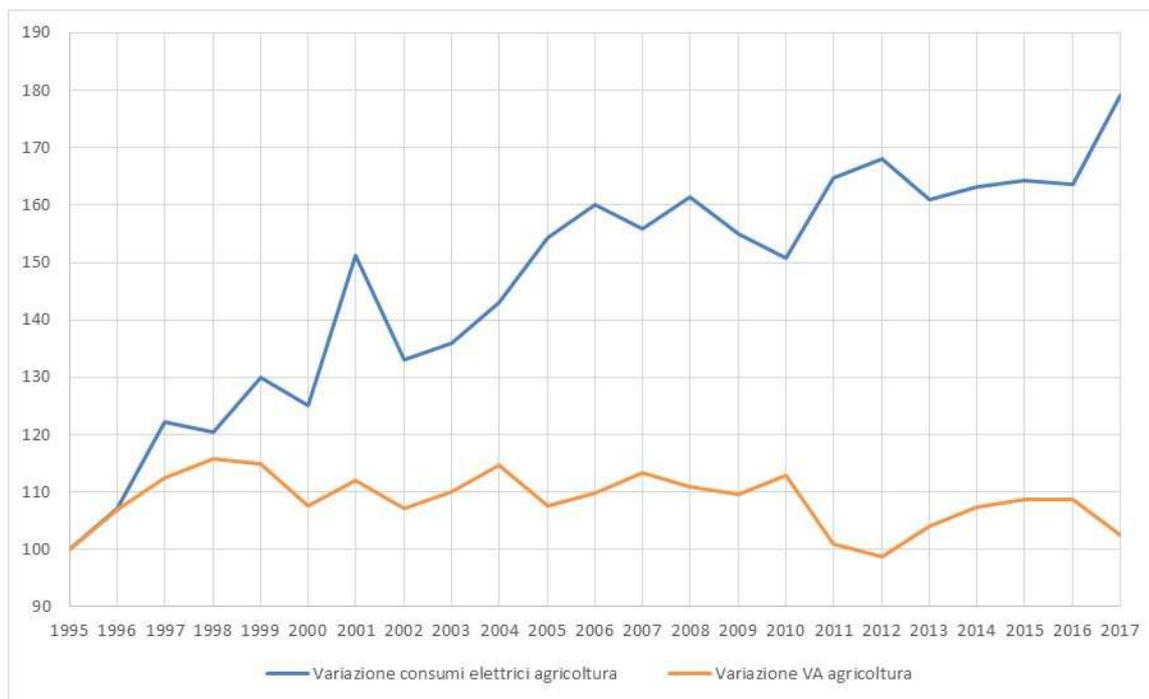


Figura 6-16. Andamento normalizzato dei consumi elettrici e del Valore Aggiunto a valori concatenati del settore agricoltura in Sardegna (anno 1995=100; elaborazione su dati Terna ed Istat).

Le considerazioni riportate nei paragrafi precedenti mettono in evidenza la sensibilità del sistema energetico sardo che, in presenza di fenomeni recessivi nazionali ed internazionali di natura socio-economica, amplifica soprattutto attraverso il proprio comparto produttivo industriale di tipo primario i processi recessivi, anticipandoli e registrando per primo una riduzione della produzione e, conseguentemente, dei consumi.

Il caso sopra esaminato porta a fare delle considerazioni riguardo le analisi di disaccoppiamento classiche realizzate seguendo la metodologia Unep (Unep, 2011).

Una prima considerazione riguarda la opportunità di effettuare analisi di disaccoppiamento in periodi caratterizzati da recessione economica. Se trova un senso la propensione al disaccoppiamento in periodi di crescita economica, non altrettanto giustificato sarebbe disaccoppiare i consumi rispetto ad una decrescita.

Una seconda considerazione riguarda la necessità di approfondire a livello di macro-settori e sotto settori economici, il disaccoppiamento tra indicatori di consumo e valore aggiunto. Solo in questo modo è possibile verificarne le dinamiche e le effettive relazioni di causalità. Nel caso della Sardegna infatti, una valutazione effettuata solo tra consumi energetici finali totali e PIL avrebbe erroneamente rilevato una dinamica di disaccoppiamento relativo al periodo 2012-2017. Il focus sul settore industriale ha invece evidenziato il collasso strutturale di un sottosectore industriale primario (quello metallurgico), escludendo l'efficientamento come motivazione del calo dei consumi.

6.2 Analisi del disaccoppiamento in Emilia-Romagna

L'analisi delle statistiche sul settore elettrico messe a disposizione da Terna permettono di effettuare dei confronti utili a capire come si modificano le relazioni fra indicatori energetici ed indicatori rappresentativi della ricchezza economica in differenti contesti regionali, caratterizzati da dinamiche produttive profondamente differenti.

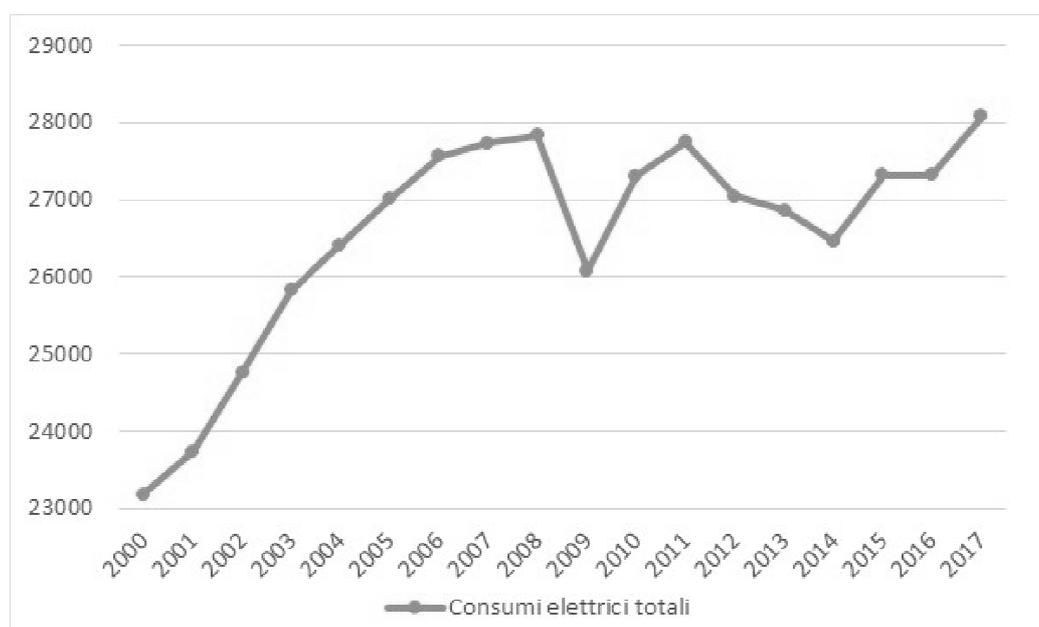


Figura 6-17. Consumi elettrici finali totali in Emilia-Romagna (GWh; elaborazione su dati Terna, 2019).

I consumi elettrici in Emilia-Romagna mostrano una fase di rapida crescita dal 2000 al 2008, per poi calare drasticamente in corrispondenza della crisi del 2009. Nel biennio 2010-2011 recuperano i valori pre-crisi, per poi diminuire sino al 2014. La ripresa dei consumi prosegue poi sino al 2017, intervallata da una fase di stallo degli stessi dal 2015 al 2016.

L'intensità elettrica per l'Emilia-Romagna è mostrata dalla figura sottostante. Si ricorda che questo indice viene definito dal rapporto tra i consumi elettrici finali ed il PIL a valori concatenati 2010. Un aumento del suo valore viene quindi associato ad una diminuzione dell'efficienza complessiva del sistema elettrico regionale.

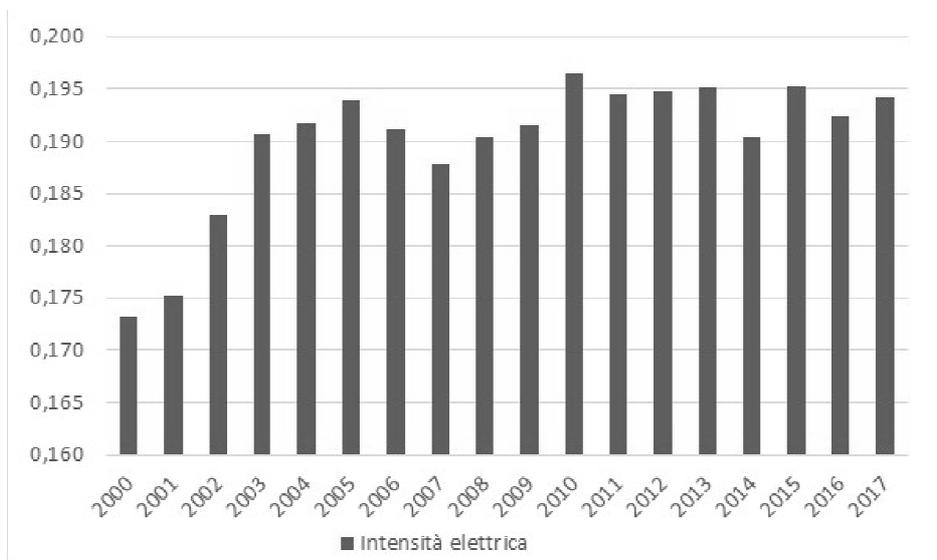


Figura 6-18. Intensità elettrica del PIL per la Regione Emilia-Romagna (kWh/euro; elaborazione su dati Terna e Istat).

Come si è già sottolineato precedentemente il valore nel tempo di questo indice serve a valutare traiettorie di eco-efficienza per il settore energetico considerato, indicando periodi di eventuale criticità delle dinamiche di consumo di risorse rispetto alla ricchezza generata.

I valori dell'intensità elettrica sono in media inferiori rispetto a quelli nazionali, ma ne seguono la tendenza di crescita sul periodo e dopo una fase di rapido aumento dal 2000 al 2003, si stabilizzano tra i 0,190 e 0,195 kWh/euro, ad esclusione di un picco negativo del 2007 (pari a 0,188 kWh/euro), corrispondente ad una forte riduzione dell'intensità dovuta ad un netto aumento del PIL, in concomitanza di consumi prossimi al massimo storico (avvenuto nel 2008) e di un picco positivo al 2010 (pari a 196 kWh/euro).

Lo studio dell'andamento normalizzato degli indicatori che compongono l'intensità elettrica aiuta ad individuare le motivazioni alla base delle dinamiche di crescita dell'intensità elettrica. Si considera in particolare la serie storica di dati sui consumi finali di energia elettrica in Emilia-Romagna, fornita da Terna e la serie storica di dati Istat su PIL a valori concatenati 2010.

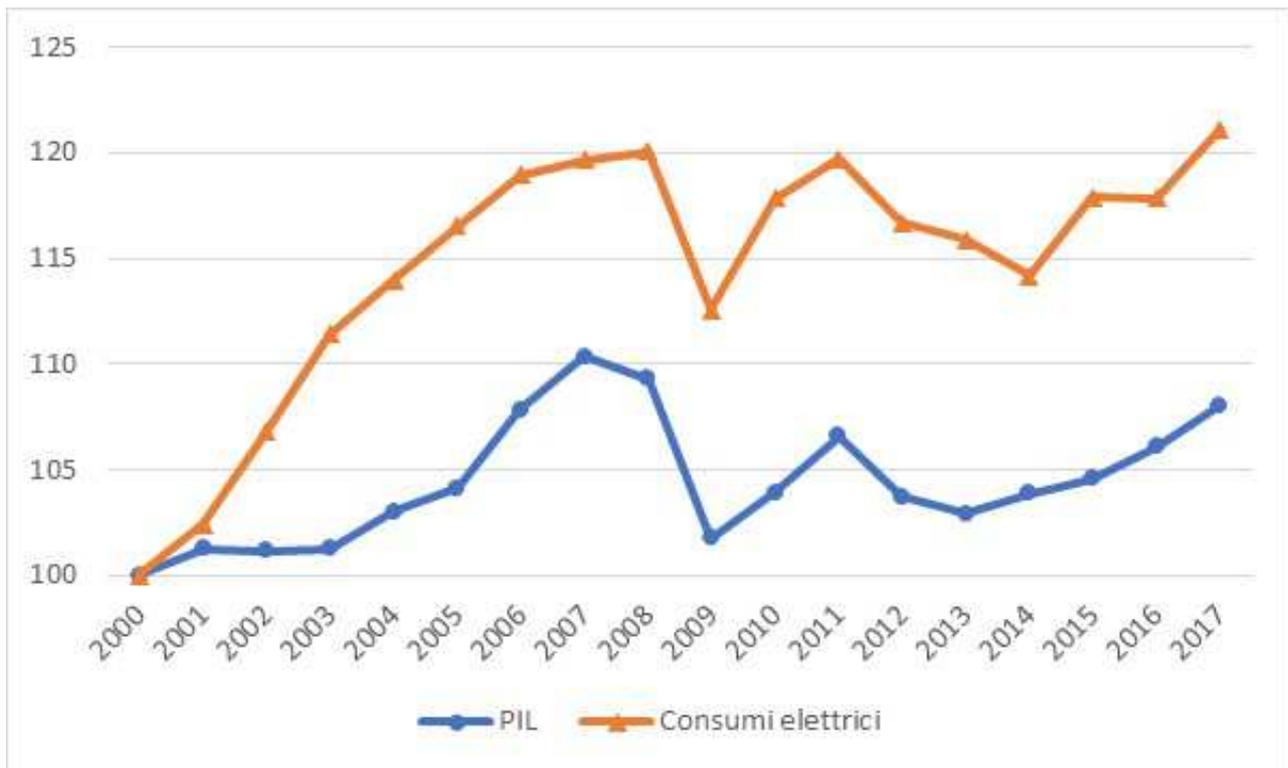


Figura 6-19. Andamento normalizzato di PIL a valori concatenati 2010 e consumi elettrici finali in Regione Emilia-Romagna (valore al 2000=100; elaborazione su dati Istat e Terna).

Per i due indici PIL e consumi elettrici c'è un andamento mediamente correlato in termini di dinamica generale nel periodo 2000-2017. I consumi elettrici, però presentano una crescita molto più marcata (al 2017 superano di 21 punti il valore del 2000) rispetto all'indice economico. Il PIL raggiunge il suo massimo assoluto nel 2007 (aumentando di 10 punti il valore del 2000), per poi calare bruscamente in occasione della crisi del 2009, recuperare un nuovo massimo relativo al 2011 e cedere nuovamente punti percentuali verso il nuovo minimo relativo del 2013. Da questa data in poi si assiste ad una costante ripresa del PIL regionale che però al 2017 ancora non recupera il massimo storico relativo al 2007.

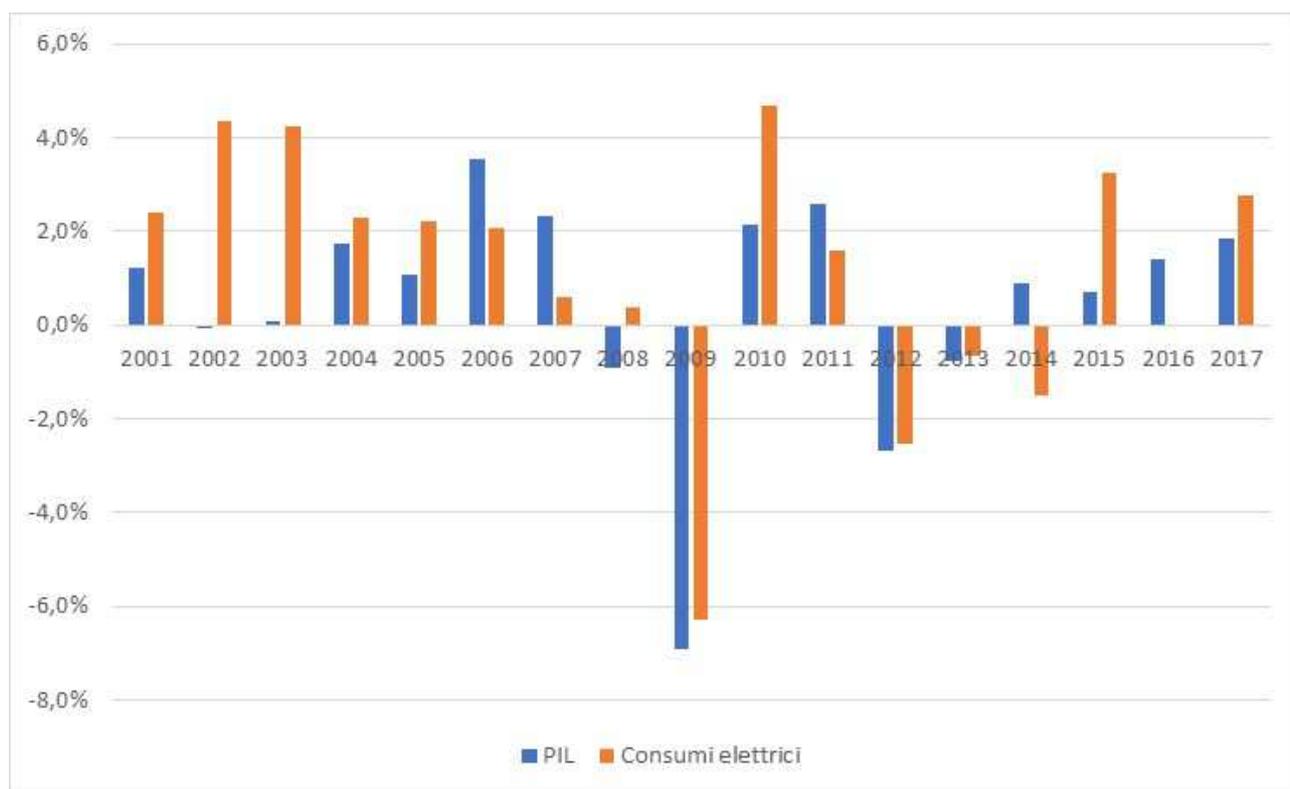


Figura 6-20. Variazioni rispetto all'anno precedente dei valori di consumo finale totale di energia elettrica e del PIL a valori concatenati 2010 per la Regione Emilia-Romagna (in %; elaborazione su dati Istat e Terna).

Tabella 6-2. Variazioni rispetto all'anno precedente dei valori di consumo finale totale di energia elettrica e del PIL a valori concatenati 2010 (%; elaborazione su dati Istat e Terna). Si evidenziano gli anni in cui si verifica un disaccoppiamento assoluto (variazione percentuale di segno opposto) e relativo (variazione percentuale a diversa "elasticità" fra consumi elettrici e PIL, dove per elasticità si intende il coefficiente angolare della retta tangente alle curve del PIL e dei consumi elettrici).

Anno	PIL	Consumi elettrici	Disaccoppiamento
2001	1,2%	2,4%	
2002	-0,1%	4,3%	
2003	0,1%	4,3%	
2004	1,7%	2,3%	
2005	1,1%	2,2%	
2006	3,6%	2,1%	
2007	2,3%	0,6%	
2008	-0,9%	0,4%	
2009	-6,9%	-6,3%	
2010	2,1%	4,7%	
2011	2,6%	1,6%	
2012	-2,7%	-2,5%	
2013	-0,8%	-0,7%	
2014	0,9%	-1,5%	
2015	0,7%	3,3%	

Anno	PIL	Consumi elettrici	Disaccoppiamento
2016	1,4%	-0,02%	
2017	1,8%	2,8%	

Dal 2001 al 2003 si assiste ad una rapida crescita dei consumi che non viene accompagnata da un recupero del PIL, che a sua volta registra la sua prima flessione negativa. Nel 2002 il PIL regionale diminuisce a fronte di un aumento consistente dei consumi. E questa dinamica imprime la prima spinta in aumento all'indice di intensità elettrica regionale. Nel 2005 si assiste ad un rallentamento di entrambi gli indicatori ma più marcato per la crescita economica e questo potrebbe spiegare il massimo relativo dell'intensità elettrica manifestatosi in quest'anno. Nel 2006 il PIL dell'Emilia-Romagna trascina l'intensità elettrica verso valori di eco efficienza più elevati, che portano ad un minimo relativo dell'intensità elettrica nel 2007. Sempre al 2007 il PIL regionale tocca il suo massimo storico mentre i consumi, sebbene in aumento, subiscono un lieve rallentamento. Nel 2008 il PIL perde quasi un punto percentuale anticipando la dinamica recessiva, che diventa evidente nel 2009 con un netto calo di PIL e consumi elettrici. Al 2010 si assiste ad un discreto recupero dell'indice economico e contestualmente ad un aumento netto dei consumi elettrici, e questo spinge l'intensità elettrica verso il massimo assoluto nel periodo dal 2000 al 2017 (pari a 0,196 kWh/euro). Dal 2011 al 2013 l'intensità elettrica rimane costante (intorno a 0,195 kWh/euro) e negli stessi anni consumi e PIL presentano dinamiche concordi. La crisi economica del 2012-2013 trascina i consumi, mentre nel 2014 si assiste al primo disaccoppiamento assoluto, ossia una condizione tale per cui ad un aumento dell'indicatore della ricchezza regionale si associa una dinamica di rallentamento dei consumi elettrici dei settori che producono quella stessa ricchezza. Un altro disaccoppiamento assoluto caratterizza anche il 2016. E proprio in corrispondenza di questi due anni l'efficienza elettrica regionale subisce un miglioramento (più marcato nel 2014 e più lieve nel 2016). La ripresa dei consumi elettrici del 2017 guida poi un nuovo leggero rialzo dell'indice di intensità. La successione ravvicinata di due anni in cui si verifica un disaccoppiamento assoluto tra indice di pressione ambientale e indice economico potrebbe essere prodromica di una fase di sviluppo più eco-efficiente dei settori economici regionali.

La valutazione dei consumi settoriali può facilitare la comprensione delle dinamiche descritte nei paragrafi precedenti.

Dal 2000 al 2017 la composizione dei consumi elettrici regionali è notevolmente mutata per i tre settori più energivori (industria, domestico e servizi), mentre l'agricoltura rappresenta sempre il 3% dei consumi elettrici regionali. In particolare, si assiste ad una riduzione della quota di consumi elettrici del settore industriale, che passa dal 53% del 2000, al 44% del 2017; il settore domestico perde due punti percentuali sul totale dei consumi elettrici regionali (dal 20% al 18%), mentre il peso del settore terziario aumenta in maniera considerevole (dal 24% del 2000 al 35% del 2017).

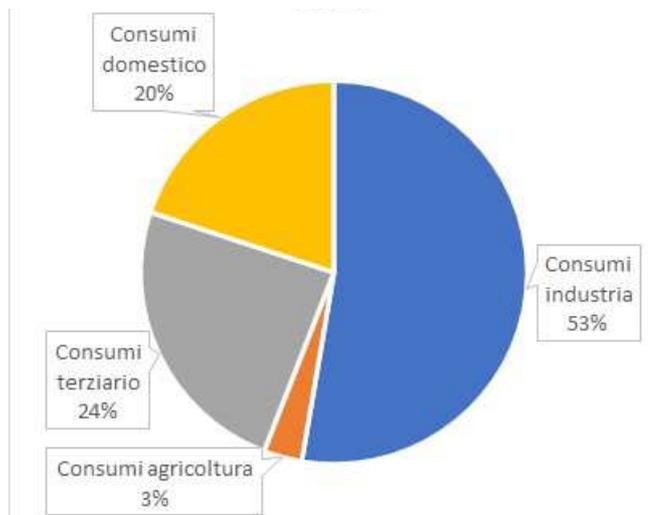


Figura 6-21. Composizione percentuale dei consumi elettrici per macrosettore (anno 2000; elaborazione su dati Terna, 2018).

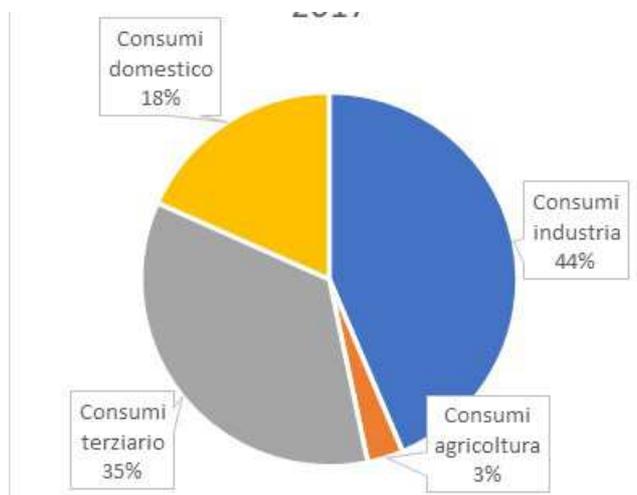


Figura 6-22. Composizione percentuale dei consumi elettrici per macrosettore (anno 2017; elaborazione su dati Terna, 2018).

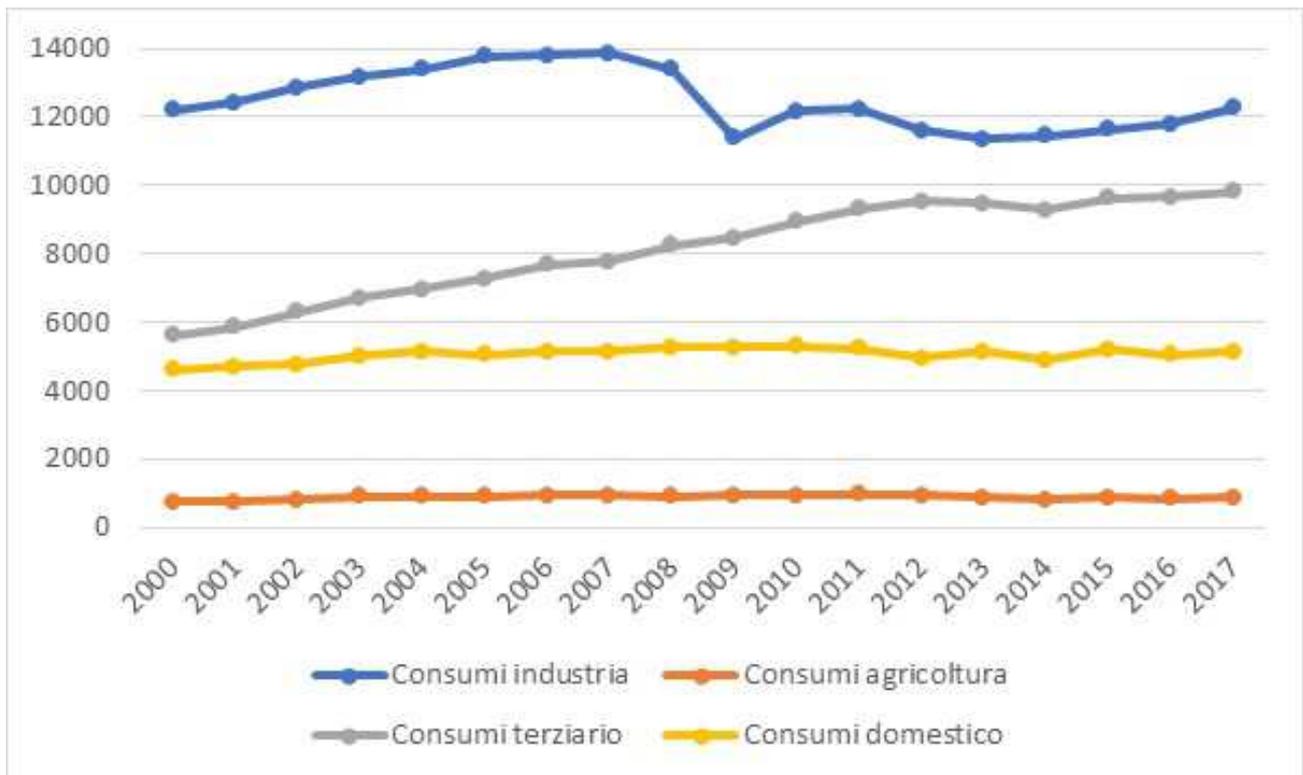


Figura 6-23. Trend storico dei consumi elettrici settoriali in Regione Emilia-Romagna (GWh, 2000-2017; elaborazione su dati Terna, 2019).

Il grafico sopra evidenzia qualitativamente alcune dinamiche macroscopiche relative ai consumi elettrici dei settori economici. Mostra i valori assoluti dei consumi elettrici in GWh, ed è utile in particolare per valutare le tendenze di lungo periodo e per meglio attribuire responsabilità di consumo. Il prospetto dei consumi elettrici settoriali sul periodo è simile a quello nazionale. Si nota in particolare una marcata modifica strutturale del settore elettrico, che per lungo tempo è stato caratterizzato da sostanziale stabilità. È evidente anche la progressiva riduzione dei consumi del settore industriale a vantaggio del settore terziario, la tenuta del settore domestico e dell'agricoltura.

Nonostante la flessione dal picco del 2007 in poi, l'industria rimane il settore più rilevante nella struttura di consumo elettrico regionale. Il terziario sembra essere il settore più dinamico e presenta una tendenza alla crescita molto accentuata, che appare destinata a divenire preponderante, nonostante abbia risentito del periodo recessivo del 2012-2013 rispondendo con una flessione marcata nel 2014. Il settore domestico, su un andamento lievemente crescente, ha toccato un massimo nel 2010. Anche se il suo andamento si ritiene legato debolmente ai fattori di tipo economico e invece strettamente legato alle temperature medie stagionali, oltre che agli effetti del calendario, sembra aver risentito della flessione economica del 2012-2013, presentando due minimi relativi (nel 2012 e nel 2014). L'aumento dei consumi del 2015 sembra più

legato alle condizioni climatiche particolarmente eccezionali dell'estate. Il 2016, anno mite, vede un calo dei consumi domestici. Nel 2017 i consumi del settore residenziale ricominciano a crescere.

Per valutare il comportamento dei consumi settoriali rispetto alla creazione di ricchezza si utilizzano invece i diagrammi degli andamenti normalizzati, rispetto ad un anno di riferimento posto uguale a 100, degli indicatori di consumo elettrico dei vari macrosettori economici e dei relativi Valori Aggiunti.

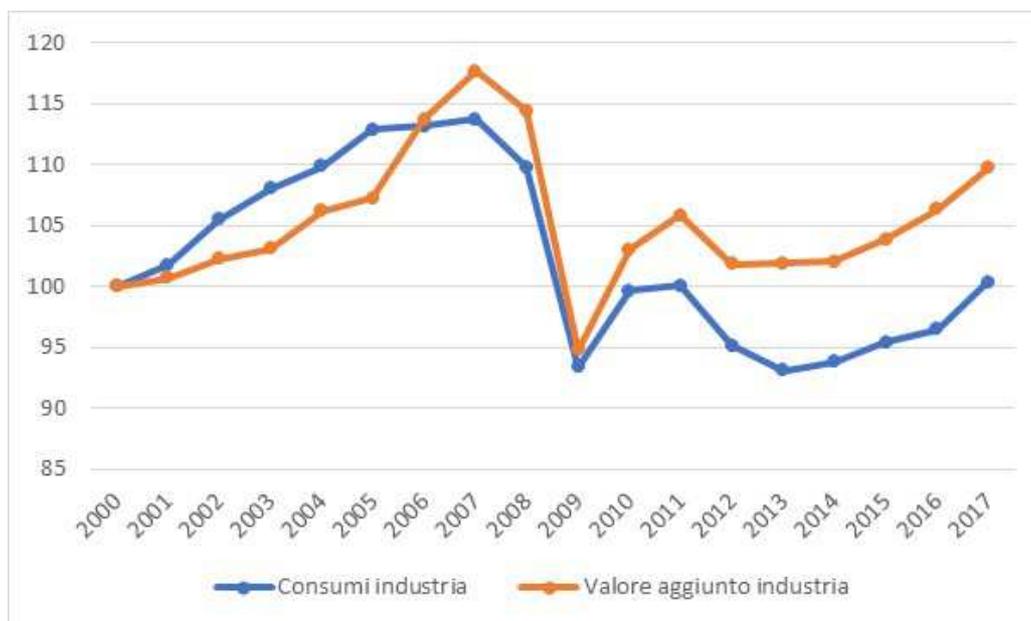


Figura 6-24. Andamento normalizzato del Valore Aggiunto a valori concatenati 2010 e dei consumi elettrici finali del settore industria in Regione Emilia-Romagna (valore al 2000=100; elaborazione su dati Istat e Terna).

L'industria è il settore elettricamente più energivoro in Regione Emilia-Romagna. Il grafico mostra una buona correlazione tra consumi elettrici e Valore Aggiunto, soprattutto a partire dal 2007. Il settore industriale presenta un incremento sostenuto e costante dei consumi elettrici sino al 2005 per poi rallentare la crescita sino al picco del 2007. Nello stesso periodo il Valore Aggiunto industriale segue una crescita moderata sino al 2005 per poi accelerare sino al picco del 2007. Entrambi gli indici seguono poi un deciso tracollo in corrispondenza del default mondiale del 2009. I consumi elettrici industriali ed il relativo Valore Aggiunto crescono nuovamente in modo significativo al 2010 e più contenuto sino al massimo relativo del 2011. Gli stessi calano poi in corrispondenza del rallentamento dell'economia regionale del 2012, e presentano nel biennio 2012-2013 il primo disaccoppiamento assoluto (i consumi calano, anche se debolmente, a fronte di una lieve crescita di ricchezza settoriale). Dal 2013 e dopo una fase di stallo dell'economia industriale sino al 2014 entrambi gli indici presentano una crescita moderata e correlata.

Tra i settori più energivori si segnala, nel periodo considerato, una riduzione dei consumi del comparto chimico e della ceramica, ed un aumento dei consumi elettrici del settore alimentare e meccanico.

Il grafico sopra mostra come la dinamicità del settore industriale dell'Emilia-Romagna vada in contro tendenza rispetto alle indicazioni fornite dall'andamento dell'Intensità elettrica regionale (in crescita) e dal diagramma normalizzato che rappresenta l'indice aggregato della ricchezza regionale (PIL) ed il totale dei consumi elettrici. Evidenzia come l'uso della risorsa elettrica, grazie anche alle diagnosi energetiche che suggeriscono le più efficaci misure di riduzione dei consumi per ciascun processo produttivo ed ai numerosi interventi di efficientamento nei settori chiave per l'economia regionale, cresca con un tenore inferiore rispetto alla creazione di valore.

Le figure seguenti mostrano le performance degli altri macrosettori economici regionali, ed in particolare del terziario e dell'agricoltura.

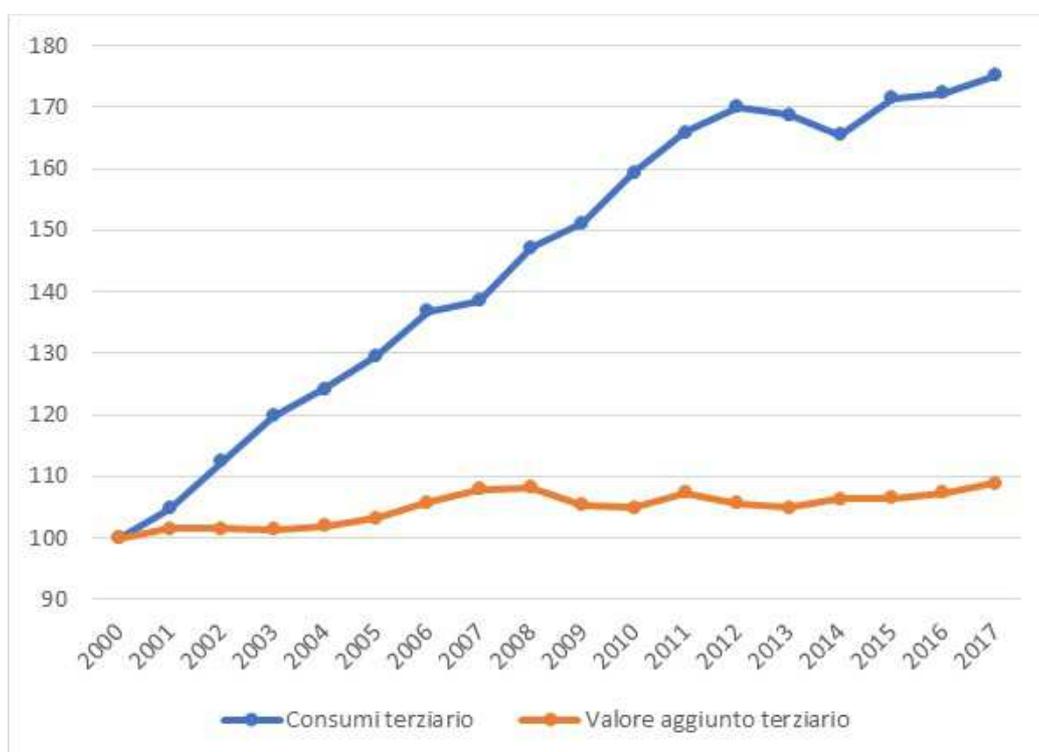


Figura 6-25. Andamento normalizzato del Valore Aggiunto a valori concatenati 2010 e dei consumi elettrici finali del settore terziario in Regione Emilia-Romagna (valore al 2000=100; elaborazione su dati Istat e Terna).

Il diagramma normalizzato sopra mostra una netta dinamica di crescita dei consumi del settore dei servizi, non accompagnata da una altrettanto spiccata crescita economica del settore terziario. I consumi elettrici crescono anche in corrispondenza delle recessioni del 2009 e del 2012, mentre subiscono un netto calo al 2014, quando il Valore Aggiunto settoriale ottiene una modesta ripresa. Dal 2014 gli stessi consumi ricominciano l'andamento crescente. Si osserva una dinamica di crescita marcata degli "altri servizi vendibili", che dovrebbe essere approfondita, per valutarne adeguatamente le cause e le modalità di controllo. In generale il settore contribuisce in maniera rilevante all'aumento dell'intensità elettrica

regionale. Per questo motivo è importante continuare ad implementare gli strumenti di innalzamento dell'efficienza energetica del settore terziario analizzando le peculiarità di consumo per tipologia di servizio fruito.

Il grafico sottostante mostra gli andamenti normalizzati dei consumi elettrici e del Valore Aggiunto del settore agricoltura.

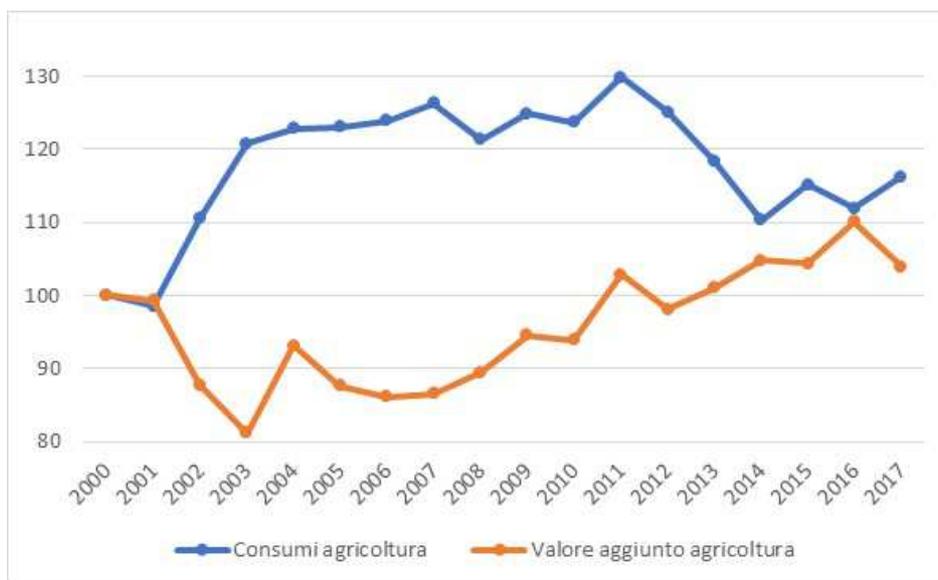


Figura 6-26. Andamento normalizzato del Valore Aggiunto a valori concatenati 2010 e dei consumi elettrici finali del settore agricoltura in Regione Emilia-Romagna (valore al 2000=100; elaborazione su dati Istat e Terna).

Il settore agricolo mostra negli anni dal 2001 al 2003 un netto disaccoppiamento “non virtuoso”, caratterizzato da una diminuzione brusca del valore della produzione di ricchezza da parte del settore contestuale ad un aumento altrettanto deciso dei consumi. A partire dal 2003 si avvia una fase di crescita ad elasticità tendenzialmente costante (a parte i picchi positivi del 2004, 2011 e 2016) del Valore Aggiunto, che recupera al 2010 il valore del 2000. I consumi elettrici, dal 2003, seguono un andamento crescente (ad eccezione dei cali del 2008 e 2010) sino al massimo assoluto del 2011 (in cui i consumi superano di 30 punti il valore del 2000). Dal 2012 al 2014 consumi calano in corrispondenza di un aumento del Valore Aggiunto, determinando un disaccoppiamento virtuoso che però viene confermato solo nel passaggio dal 2015 al 2016. In generale quindi i consumi non sembrano correlati all'indicatore di creazione di ricchezza; presentano fenomeni di disaccoppiamento virtuosi che non si strutturano nel tempo. Tuttavia, essendo il settore complessivamente poco energivoro (rappresenta il 3% dei consumi), questa dinamica non implica un apporto significativo alla riduzione dell'efficienza elettrica regionale complessiva.

L'analisi di disaccoppiamento mostrata nei paragrafi precedenti mostra come in Emilia-Romagna le misure di efficientamento elettrico del settore industriale abbiano portato ad una complessiva riduzione dell'intensità elettrica regionale, anche se in parte la tendenza alla riduzione dei consumi è stata influenzata da fenomeni recessivi del 2008 e 2012 che ancora oggi non hanno fatto raggiungere i livelli di crescita pre-crisi. Si nota comunque, un miglioramento nell'uso delle risorse utile alla produzione di ricchezza del settore industriale causato dalla maggiore forza di crescita del Valore Aggiunto rispetto alla accelerazione dei consumi, soprattutto nel decennio 2007-2017.

Altra considerazione di notevole importanza riguarda la maggiore correlazione dei consumi elettrici industriali al Valore aggiunto industriale rispetto a quella esistente tra i consumi energetici totali industriali (comprendenti anche il calore e l'energia di processo) e lo stesso Valore Aggiunto.

Per la Regione Emilia-Romagna infatti, i consumi totali presentano il picco storico al 2006, per poi cominciare in maniera prodromica il declino verso la crisi del 2009, mentre i consumi elettrici industriali seguono perfettamente l'andamento del Valore aggiunto.

In Emilia-Romagna i consumi del settore terziario non sembrano correlati al relativo Valore Aggiunto, ma condizionano negativamente l'intensità elettrica.

Rispetto all'impostazione metodologica dell'Unep (Unep 2011) che puntava al disaccoppiamento assoluto tra consumi di risorse naturali e crescita economica, la constatazione di alcune dinamiche economiche di realtà regionali che in certa misura hanno strutturato la congiuntura economica di estrema difficoltà iniziata con la crisi mondiale del 2009, evidenzia l'importanza e l'utilità delle analisi sugli indici di eco-efficienza, e sui differenti tipi di disaccoppiamento, che indicano segnali importanti sulle relazioni esistenti tra i consumi di risorse e gli andamenti dell'economia.

In questo periodo di trasformazioni e transizione energetica siamo stati abituati ad analizzare piani e programmi energetici elaborati ai vari livelli istituzionali (dai contesti municipali, con i Patti dei sindaci, sino alla programmazione europea), in cui erano presentate sostanziali differenze di ipotesi strategiche sulle modalità e nel mix di produzione energetica tra i diversi scenari predittivi. Nonostante ciò, tutti i piani considerano la diffusione e l'adozione completa di misure di efficienza energetica, in tutti i settori di uso finale, come pilastro centrale e trasversale a tutti gli scenari, al pari di un'invariante. L'importanza e i benefici dell'efficienza energetica sono stati ben documentati e dimostrati in tutti i settori economici chiave, sia nelle economie sviluppate che in quelle emergenti ed i governi sono sempre più consapevoli che le misure di efficienza energetica possano offrire molteplici benefici all'economia, tra cui risparmi sui costi, un basso livello di emissioni, sicurezza energetica, produttività e miglioramenti delle bilance commerciali e una migliore integrazione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Numerosi sono gli strumenti messi a disposizione dai singoli governi europei per rendere questa invariante una caratteristica

ubiquitaria in Europa, orientata alla riduzione dell'intensità energetica in un'ottica di crescita economica diffusa.

Puntare sui settori economici più eco-efficienti e innovare le tecniche di risparmio ed efficienza in quelli più energivori dovrebbe essere la priorità.

7 Confronto di alcuni metodi econometrici per prevedere i consumi energetici

Il confronto di metodi econometrici utili per la previsione dei consumi energetici è svolto in un contesto ricco di informazioni sui sistemi energetici, come è il caso dell'Emilia-Romagna, dove da tempo è istituito un Osservatorio regionale energia, che predispose bilanci energetici, e dove si organizzano contabilità integrate in NAMEA a scala regionale (RAMEA; Bonazzi, 2008).

La Legge regionale n. 13/2015 attribuisce ad Arpae le funzioni dell'Osservatorio regionale energia. Questa attribuzione ad Arpae ha finalità che attengono soprattutto alla raccolta d'informazioni in materia di energia, allo sviluppo di scenari evolutivi, alla valutazione dei servizi di pubblica utilità, allo studio del quadro legislativo e regolamentare.

Per il conseguimento delle finalità prefissate dalla normativa citata l'Osservatorio regionale energia deve svolgere soprattutto le seguenti attività:

- raccolta informazioni su infrastrutture ed impianti energetici (sul lato "offerta di energia"; localizzazione e caratteristiche di centrali, elettrodotti, ecc.);
- raccolta informazioni su consumi energetici (sul lato "domanda di energia"; tipi di consumo per unità territoriali, per settori e per fonte);
- raccolta informazioni su procedure di autorizzazione degli impianti energetici (archivio per procedure nazionali, regionali e locali);
- raccolta informazioni su quadro normativo vigente (livelli nazionale-europeo, regionale, locale);
- raccolta informazioni su strumenti di pianificazione e politiche regionali in materia di energia (mosaico di PAES comunali, progetti europei vigenti, ecc.);
- raccolta informazioni su fonti di finanziamento del settore energia (segmentati per offerta-domanda energetica, cioè per tipologia d'impianto o di consumatore);
- analisi ed elaborazione dati in materia d'energia-ambiente (bilanci energetici regionali-locali, anche con scenari di previsione tendenziale o di piano, ecc.);
- supporto a strutture regionali per la predisposizione di varie politiche rilevanti per i processi energetici (PER, PAIR, POR, trasporti, ecc.);
- comunicazione, pubblicazione dati e networking in materia di energia-ambiente (news, dati on-line, rapporti, partecipazione o promozione di eventi, ecc.).

Tutte queste attività consentono ad Arpae di costruire bilanci energetici robusti con un approccio prevalentemente “bottom up” mentre tradizionalmente i bilanci regionali sono stati sempre costruiti a partire dalla regionalizzazione di dati nazionali, in un’ottica “top down”, dall’alto verso il basso.

Negli ultimi anni si è rafforzata la collaborazione tra Arpae e numerose altre organizzazioni scientifiche, con l’obiettivo di ottimizzare la metodologia di predisposizione dei bilanci energetici. Tra queste organizzazioni la più importante è l’Enea (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile), che dal 1988 costruisce i bilanci energetici per tutte le regioni italiane. Questa ricerca ha contribuito a rafforzare l’interazione tra le due organizzazioni scientifiche, che sono ora legate da un accordo di collaborazione per la condivisione della metodologia di predisposizione dei bilanci energetici dell’Emilia-Romagna e lo scambio di dati.

Nella predisposizione dei bilanci energetici un aspetto di primaria importanza è rappresentato dalla identificazione di tutte le principali fonti dei dati. L’analisi dei detentori di dati energetici deve essere impostata in modo sistematico con le tecniche proprie della “stakeholders analysis”. Come spiega J. Vicente (Vicente J. et al, 2016), una caratteristica essenziale dell’intero ciclo di Stakeholder Management è la sua natura temporanea. Questo significa che le fonti informative su cui si basa il bilancio presentano caratteristiche di dinamicità e devono essere continuamente aggiornate, inserendo nuovi “data providers”.

Il lavoro di identificazione delle informazioni energetiche e delle relative fonti è una attività tipicamente portata avanti dagli Osservatori energia, che assumono spesso la connotazione di “Hub” regionali delle informazioni energetiche: raccolgono i dati dai numerosi “data providers” e li restituiscono agli enti che li utilizzano per la pianificazione energetica (Regione o comuni). Le tabelle seguenti sono disponibili in formato aperto sul sito ufficiale Arpae dell’Osservatorio regionale energia, e mostrano tutte le fonti dati utilizzate nella predisposizione dei bilanci energetici regionali, sul lato dell’offerta e sul lato della domanda di energia.

Fonti dei dati

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Dati Strumenti Componenti aggiuntivi Guida L'ultima modifica è stata apportata il 17 settembre 2019 da Paolo Cagnoli

Home di Fogli 100% € % 0,00 123 Arial 10 B I S A

fx TEMI RELATIVI ALLOFFERTA ENERGETICA

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	TEMI RELATIVI ALL'OFFERTA ENERGETICA	DATI DISPONIBILI PER L'EMILIA-ROMAGNA	FONTE INFORMATIVA	LINK	DETTAGLI GEOGRAFICI	DETTAGLI TEMPORALI (AGGIORNAM.)	NECESSITA' DI ELABORAZIONI E VALIDAZIONI	NOTE ED AZIONI UTILI PER MIGLIORARE L'ACCESSO AI DATI
6	Disponibilità interna di fonti energetiche	Dati di produzione di biogas	Consorzio italiano biogas (Cib)	Cib - pubblicazioni	n.d.	n.d.	Le informazioni del Cib sulla produzione di biogas legate a ricerche e casi di studio puntuali	Nel sito del Crpa sono disponibili alcune pubblicazioni tecniche
7		Dati di produzione di biogas	Centro Ricerche Produzioni Animali (Crpa)	Crpa - pubblicazioni	n.d.	n.d.	Le informazioni del Crpa sulla produzione di biogas sono saltuarie e legate a ricerche e casi di studio puntuali	Nel sito del Crpa sono disponibili diverse pubblicazioni tecnico-scientifiche
8		Localizzazione di sorgenti geotermiche, di pozzi principali e potenziali geotermici	Ministero dello sviluppo economico - Inventario geotermia	Mise - inventario geotermia	Italia	Aggiornato al 2016	Le info. sono fornite in formato testuale (pdf) e numerico per consentire un'estrazione semiautomatica (kml)	In Emilia-Romagna non sono presenti sorgenti geotermiche ad alta entalpia; il potenziale geotermico è significativo in alcune zone con anomalie termiche positive (Ferrara ed alcuni sistemi idrotermali)
9		Localizzazione di pozzi e sorgenti termali, con temperature, gradienti di temperatura, flussi di calore, caratteristiche dei serbatoi; produzione dai pozzi; caratteristiche chimiche, fisiche ed isotopiche di acque e gas	Cnr - GeoThopica	Cnr - Geothopica	Nazionale	Situazione attuale	I dati tecnici sono in corso di aggiornamento ed in parte sono ad accesso riservato	Disponibili mappe tematiche interattive con isoterme a varie profondità; Pozzi; Temperature in pozzo; ubicazioni di sorgenti; Litostratigrafie
10		Dati in materia di produzione lorda di energia da fonti rinnovabili e bilanci energetici	ISTAT	Istat energia	Italia	2018 (di norma aggiornato annualmente)	Informazioni amministrative ufficiali che non richiedono validazione, con indicatori rappresentati in forma sintetica ed estraibili in modo semi-automatico	
11		Dati su riserve geotermiche a bassa entalpia: ubicazione, temperature, salinità	Regione Emilia-Romagna - Geotermia	Rer - Geotermia	Regione	2010	Le informazioni della Regione sul potenziale geotermico in Emilia-Romagna sono legate a ricerche preliminari e casi di studio	In Emilia-Romagna non sono presenti sorgenti geotermiche ad alta entalpia; il potenziale geotermico è significativo in alcune zone con anomalie termiche positive (Ferrara ed alcuni sistemi idrotermali)
12		Caratteristiche di opere di installazioni energetiche sottoposte a VIA statale, con relativi impatti ambientali: attività di ricerca idrocarburi, estrazione-stoccaggio d'idrocarburi; centrali energetiche di potenza; elettrodotti ad alta tensione; gasdotti ed oleodotti; dati di localizzazione, dimensione, potenza, consumo per tipo di alimentazione, rendimento, emissioni inquinanti, scarichi, ecc.	Ministero dell'Ambiente. Base-dati online per procedure di Valutazione Impatto ambientale	Min_Amb - portale naz. VIA	Informazioni dettagliate per ciascun ambito di progetto	Serie storica (dal 2015 in poi) aggiornate in tempo reale	- Informazioni tecnico-amministrative ufficiali che non richiedono validazione - Dati tecnici ex-ante estraibili dall'interpretazione di documentazione testuale (pdf) - Dati tecnici in-itinerare reali dovrebbero essere monitorati periodicamente	Per l'Emilia-Romagna si contano in media annua una decina di nuove procedure di opere energetiche a VIA statale
13		Caratteristiche tecniche di opere sottoposte a VIA-regionale, con impatti ambientali: infrastrutture (elettrodotti) ed impianti di trasformazione en.; dati di localizzazione, dimensione, potenza, consumo per tipo di alimentazione, rendimento, emissioni inquinanti, ecc.	Regione Emilia-Romagna. Base-dati online per procedure Valutazione Impatto ambientale	Rer - portale reg. VIA	Informazioni dettagliate per ciascun ambito di progetto	Serie storica (dal 2013 in poi) aggiornate in tempo reale	- Informazioni tecnico-amministrative ufficiali che non richiedono validazione - Dati tecnici ex-ante estraibili dall'interpretazione di documentazione testuale (pdf) - Dati tecnici in-itinerare reali dovrebbero essere monitorati periodicamente	Per l'Emilia-Romagna si contano in media annua una ventina di nuove procedure di VIA regionali di opere energetiche
14		Caratteristiche tecniche e pressioni amb. di installazioni energetiche sottoposte ad AIA statale: centrali di potenza, centrali di compressione, centrali di rigassificazione, raffinerie	Ministero dell'Ambiente. Base-dati online per le Autorizzazioni Integrate Ambientali statali	Min_Amb - AIA statali	Informazioni dettagliate per ciascun ambito d'installazione	Serie storica (dal 1999 in poi) aggiornate in tempo reale	- Informazioni tecnico-amministrative ufficiali che non richiedono validazione - Dati tecnici ex-ante estraibili dall'interpretazione di documentazione testuale (pdf) - Dati tecnici in-itinerare reali dovrebbero essere monitorati periodicamente	Per l'Emilia-Romagna si contano 8 procedure di AIA nazionali di installazioni energetiche

Figura 7-1. Estratto del quadro delle fonti dati principali utilizzate per descrivere i sistemi energetici dell'Emilia-Romagna (1 di 2).

Fonti dei dati

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Dati Strumenti Componenti aggiuntivi Guida [L'ultima modifica è stata apportata il 17 settembre 2019 da Paolo Cagnoli](#)

100% € % .0 .00 123 Arial 10 B I S A

fx **TEMI REALTIVI ALLA DOMANDA ENERGETICA**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	TEMI REALTIVI ALLA DOMANDA ENERGETICA	DATI DISPONIBILI PER L'EMILIA-ROMAGNA	FONTI INFORMATIVE	LINK	DETTAGLI GEOGRAFICI	DETTAGLI TEMPORALI (AGGIORNAM.)	NECESSITA' DI ELABORAZIONI E VALIDAZIONI	NOTE ED AZIONI UTILI PER MIGLIORARE L'ACCESSO AI DATI
2	Consumi energetici per tipo di fonte	Consumi di gas naturale regionali e provinciali	Ministero Sviluppo economico. Consumi regionali di gas naturale	Mise - consumi req. di gas	Regione e province	Serie storica dal 2002	Dati amministrativi ufficiali che non richiedono validazione	I dati del Mise sono precisi ed affidabili
3		Consumi finali di energia in Emilia-Romagna per tipo di fonte	Gse - Monitoraggio obiettivi regionali Burden-sharing	Gse-Monitoraggio Burden-sharing	Regione	Serie storica dal 2012	Dati amministrativi ufficiali che non richiedono validazione	I dati del Gse sono precisi ed affidabili
4		Consumi di en. elettrica, regionali e provinciali (per settore socio-economico)	Terna - Statistiche	Terna - statistiche	Aggregati a scala regionale e provinciale	Serie storiche annuali dal 1977 fino al 2016	Dati ufficiali che non richiedono validazione, desumibili da bilanci elettrici regionali in formato testuale (pdf)	I dati di Terna sono molto precisi ed affidabili a scala regionale
5		Consumi di gas naturale a scala comunale	Distributori gas metano: AIMAG, A TUTTA RETE (CMV SERVIZI), COIMEPA, EDISON, GAS PLUS, HERA, IREN EMILIA, ITALGAS, SAN DONNINO MULTISERVIZI, SGR RETI, SOELIA, 2I RETEGAS, ecc.	Autorità energia	Comuni	Serie storiche annue dal 2010	Dati che richiedono validazione	I dati resi disponibili dai singoli distributori sono in formati disomogenei tra loro. L'Autorità per l'Energia elettrica ed il Gas raccoglie tutti questi dati; quindi per sistematizzare l'accesso ai dati è opportuno stipulare accordi direttamente con l'Autorità
6		Consumi energetici di gas naturale (CH4)	Snam - Rete nazionale gasdotti	Snam - rete gasdotti	Mapa a scala nazionale	Aggiornato al 2011-->2017	Dati statistici di distribuzione	I dati sulla rete nazionale dei gasdotti possono essere richiesti per email alla Snam
7		Consumi di en. elettrica a scala comunale	Distributori en. elettrica: E-DISTRIBUZIONE S.P.A., HERA, IRETI S.P.A.	Autorità energia	Comuni	Serie storiche annue dal 2010	Dati che richiedono validazione	I dati resi disponibili dai singoli distributori sono in formati disomogenei tra loro. L'Autorità per l'Energia elettrica ed il Gas raccoglie tutti questi dati; quindi per sistematizzare l'accesso ai dati è opportuno stipulare accordi direttamente con l'Autorità
8		Gas metano ed en. elettrica richiesta nei comuni alle reti di distribuzione	ISTAT	Istat - Ambiente urbano	Comuni capoluogo di provincia	Aggiornato annualmente	Dati ufficiali che non richiedono validazione	Elaborazioni di Istat
9		Consumi di metano per uso domestico e riscaldamento nei capoluoghi di Provincia	Unione Camere di Commercio dell'Emilia-Romagna - Banche-dati	Unioncamere - Banche-dati	Comunale	2010-2014	Dati estratti da Unioncamere da valori di Istat	
10		Vendite provinciali di benzine, gasolio e olio combustibile per uso trasporti, riscaldamento, termoelettrico ed agricolo	Ministero dello sviluppo economico - Statistiche dell'energia	Mise - Vendite idrocarburi	Provinciale	Serie storica dal 2014	Dati ufficiali che non richiedono validazione	
11		Consumi energetici per settore	Consumi di reti di teleriscaldamento	Associazione Italiana Riscaldamento Urbano (Airu)	Airu - Annuari	Singola rete di telerisc.	Serie storica dal 2014	Dati di Airu che richiedono verifiche e validazioni
12	Dati aggregati nazionali di domanda energetica: consumi finali settoriali		Ministero Sviluppo economico. Bilanci energetici nazionali	Mise - Bilanci en.	Italia	Aggiornati fino al 2015	Dati ufficiali che non richiedono validazione	I nuovi dati del Gse sono molto più precisi ed affidabili dei dati dei precedenti bilanci di Enea
13	Dati aggregati nazionali e regionali di domanda energetica: consumi finali macro-settoriali		Enea. Statistiche nazionali e regionali	Enea - Bilanci energ.	Emilia-Romagna	Aggiornamenti annuali fino al 2008	Dati ufficiali che non richiedono validazione	I dati di bilancio en. regionale di Enea non sono molto affidabili
14	Consumi energetici comunali macro-settoriali (residenziale, terziario, produttivo e trasporti)		Regione Emilia-Romagna - Patto dei Sindaci	Rer - Patto dei Sindaci	Comunale	Anno 2010	Dati in corso di aggiornamento da parte di Arpae	Elaborazioni Arpae per conto della Regione Emilia-Romagna
15	Consumi energetici aggregati delle famiglie		ISTAT	Istat - Consumi famiglie	Regionale	Anno 2013	Dati in corso di aggiornamento da parte di Arpae	Elaborazioni di Istat
16	Interventi di riqualificazione energetica su edifici dei comuni; azioni di promozione sull'efficienza energetica degli edifici		ISTAT	Istat - Ambiente urbano	Comuni capoluogo di provincia	Aggiornato annualmente	Dati ufficiali che non richiedono validazione	Elaborazioni di Istat
17	Dati su efficienza impianti termici del settore residenziale in Emilia-Romagna, per tipo di combustibile		Catasto regionale impianti termici (Criter)	CRITER - Impianti termici residenziali	Comunale (numero civico)	Aggiornato periodicamente	Dati ufficiali validati da Eret	Sono milioni di impianti ancora non accessibili pubblicamente. Eret per conto della Regione Emilia-Romagna ha il ruolo di "organismo di accreditamento ed ispezione" e raccoglie tutti questi dati; quindi per sistematizzare l'accesso ai dati è opportuno stipulare accordi direttamente

Figura7-2 Tabella. Quadro delle fonti dati principali utilizzate per descrivere i sistemi energetici dell'Emilia-Romagna (2 di 2).

7.1 Caso dell'industria in Emilia-Romagna

7.1.1 Consumi energetici industriali in Emilia-Romagna

Per evidenziare meglio eventuali relazioni tra gli indicatori economici settoriali ed i consumi di energia la presente ricerca prende in considerazione i consumi finali settoriali (essendo i vari settori rappresentati dagli usi industriali, civili, dell'agricoltura e dei trasporti); in particolare si analizzano i consumi finali di energia elettrica e termica del settore industriale, che nelle regioni sviluppate contribuisce in maniera significativa alla creazione di valore economico, differenziati per tipologia di fonte energetica (carbone, derivati del petrolio, gas naturale, rinnovabili ed elettricità).

Nel seguito sono riportati quindi i dati ed i grafici della serie storica dei consumi finali del settore industriale. La fonte dei dati è Enea. Sino al 2008 i Bilanci Energetici Regionali venivano elaborati da ENEA, per tutte le regioni italiane, in maniera omogenea e coerente col dato nazionale che il Ministero dello Sviluppo Economico invia annualmente ad EUROSTAT, come stabilito già dal Decreto Legislativo n.10 del 9 gennaio 1991. I Bilanci Energetici Regionali rispondono all'esigenza di conoscenza dettagliata dei sistemi energetici finalizzata sia ad una adeguata pianificazione energetica sia al monitoraggio degli obiettivi posti dagli stessi piani e programmi, in linea con le direttive Europee in materia. In questa ottica i Bilanci Energetici Regionali permettono di descrivere:

- la formazione della disponibilità (offerta) e degli impieghi (domanda) di energia e posizionare la Regione nel contesto nazionale;
- l'evoluzione temporale dei consumi energetici per cogliere lo sviluppo delle fonti energetiche utilizzate evidenziando gli eventuali effetti di sostituzione intervenuti tra le fonti energetiche e le variazioni intervenute nel grado di efficienza energetica e di risparmio energetico;
- le relazioni tra i processi di trasformazione socio-economici intervenuti nel periodo di osservazione e i consumi energetici a livello regionale attraverso indicatori di efficienza energetica intesi come relazione tra la variabile energetica e le principali grandezze socio-economiche.

Proprio l'analisi di queste relazioni rappresenta il cuore della presente ricerca.

Da Enea si ricavano dati storici omogenei dal 1988 fino al 2008. I Bilanci Energetici Regionali di sintesi sono organizzati per macrofonte e per settore economico: Enea non pubblica più bilanci energetici regionali annuali in modo sistematico. Questo pone delle problematiche relative alla omogeneizzazione di eventuali

altri dati di bilancio riferiti agli anni successivi alle serie storiche predisposte da ENEA relative al periodo 1988-2008.

I consumi finali totali del settore industria in Emilia-Romagna presentano un andamento stabile dal 1988 sino al 1993, per poi crescere pressoché linearmente sino a raggiungere il picco del 2005 di 5187 ktep. Dal 2005 al 2008 si verifica invece una brusca riduzione dei consumi. Dal 2005 le dinamiche di consumo nel settore produttivo regionale mostrano, in coerenza con i dati a livello nazionale ed europeo per lo stesso settore, una inversione di tendenza.

Tabella 7-1. Serie storica dei consumi finali annuali di energia nel settore industriale in Emilia-Romagna. Elaborazione su dati Enea, 2017.

Industria	Cons. finale energia (Ktep)	Cons. finale energ. termica (Ktep)	Cons. finale energia elettrica (Ktep)	Cons. finale combustibili solidi (ktep)	Cons. finale prodotti petroliferi (ktep)	Cons. finale comb. gassosi (ktep)	Cons. finale fonti rinnovabili (ktep)
1988	3339	2679	660	51	649	1961	18
1989	3630	2932	698	51	636	2219	26
1990	3546	2843	703	59	567	2186	31
1991	3335	2626	708	46	485	2086	9
1992	3443	2719	724	65	484	2154	16
1993	3291	2563	727	49	412	2090	12
1994	3439	2666	772	38	371	2207	50
1995	3737	2896	841	53	445	2355	42
1996	3805	2948	857	56	403	2447	42
1997	3841	2962	879	51	414	2486	11
1998	3873	2956	917	43	373	2527	13
1999	3965	3014	951	28	379	2607	0
2000	4148	3138	1011	20	347	2762	8
2001	4230	3205	1025	23	331	2845	6
2002	4401	3336	1064	14	404	2893	24
2003	4424	3334	1089	8	336	2964	26
2004	4796	3685	1110	8	329	3296	52
2005	5187	4054	1133	9	318	3558	169
2006	5125	3989	1135	9	342	3477	161
2007	4753	3614	1139	4	267	3305	38
2008	4447	3347	1100	4	334	2985	24

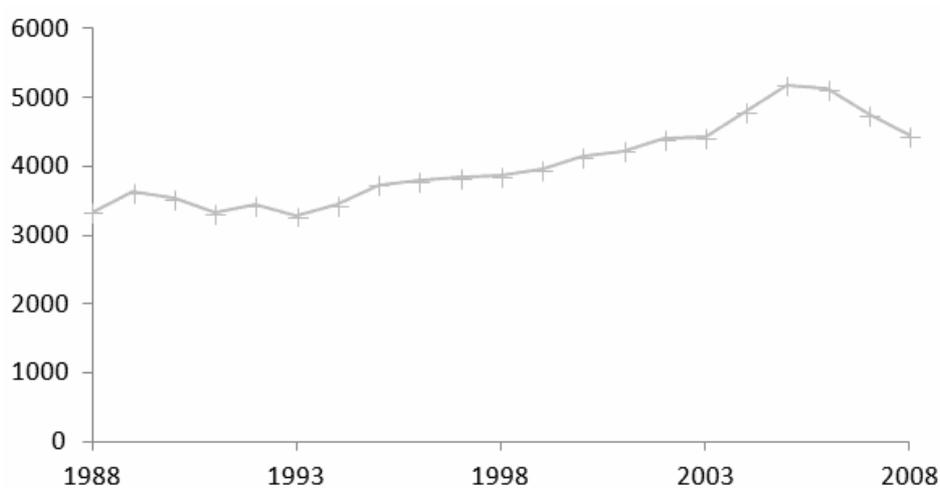


Figura 7-3. Grafico della serie storica dei consumi finali totali annuali di energia nel settore industriale in Emilia-Romagna (in Ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I valori di consumo finale totale per il settore industria sono ottenuti, per il periodo 1988-2008 come sommatoria dei singoli contributi di consumo delle diverse tipologie di combustibili (solidi, prodotti petroliferi e gassosi), del consumo finale di energia da fonti rinnovabili e del consumo finale di energia elettrica. Essi rimangono quasi stabili o in leggera decrescita dal 1988 sino al 1993, per poi aumentare pressoché linearmente sino al 2003 e poi più velocemente sino a raggiungere il picco del 2005 di 5187 ktep. Dal 2005 al 2006 una lieve flessione dei consumi ne anticipa la brusca riduzione dal 2006 al 2008. Il calo dei consumi finali anticipa quindi, di almeno due anni, la crisi economica globale manifestatasi in Italia a partire dal 2008.

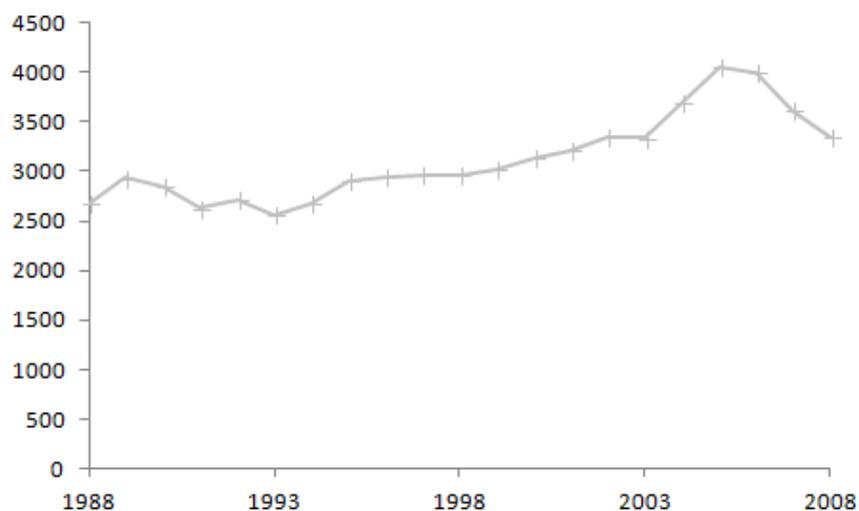


Figura 7-4. Grafico della serie storica dei consumi finali totali annuali di energia al netto dei consumi elettrici nel settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi finali termici totali del settore industria in Emilia-Romagna presentano un andamento molto simile a quello dei consumi finali totali (rappresentandone la quota parte di maggior peso, pari a circa il 75%), ossia rimangono quasi stabili o in leggera decrescita dal 1988 sino al 1993, per poi aumentare pressoché linearmente sino a raggiungere il picco del 2005 di 4054 ktep. Dal 2005 al 2006 una lieve flessione dei consumi ne anticipa la brusca riduzione dal 2006 al 2008.

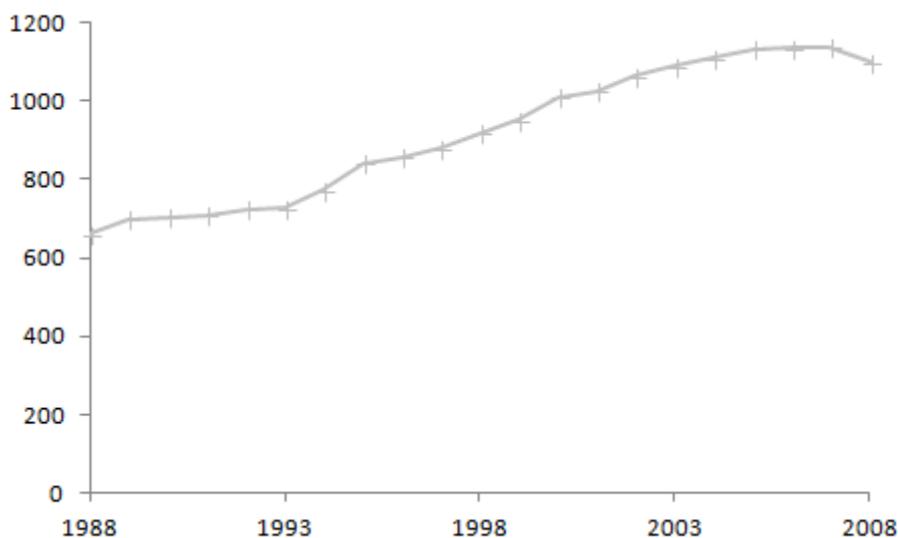


Figura 7-5. Grafico della serie storica dei consumi finali totali annuali di energia elettrica nel settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi finali elettrici totali del settore industria in Emilia-Romagna rappresentano il complemento ad uno rispetto ai consumi termici (circa un 25%). Mostrano un andamento sempre crescente dal 1988 al 2007, ed una accelerazione dei consumi dal 1993 al 2007, anno in cui raggiungono il picco di 1139 ktep, per poi calare nel 2008, in corrispondenza della crisi economica globale. Sembrano quindi rispondere istantaneamente alle dinamiche economiche.

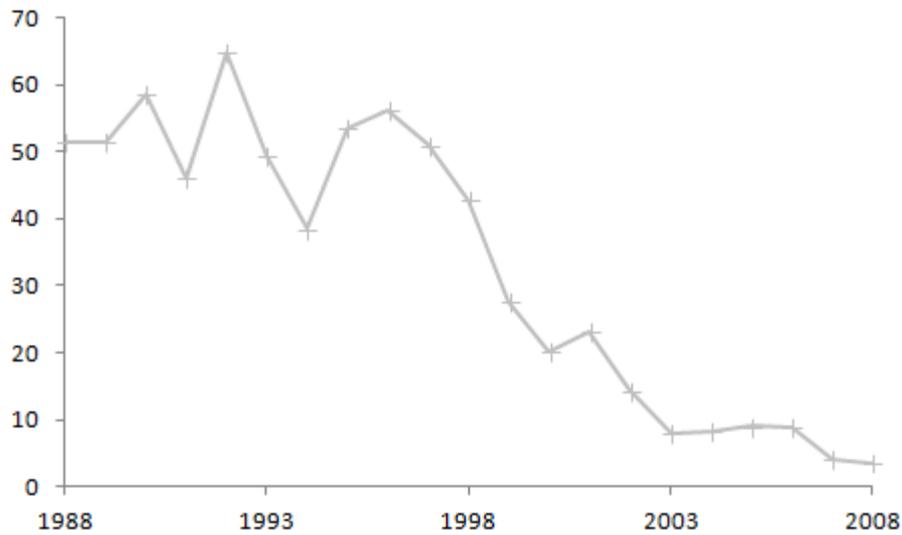


Figura 7-6. Grafico della serie storica dei consumi finali annuali di combustibili solidi nel settore industriale in Emilia-Romagna, (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi finali di combustibili solidi del settore industria in Emilia-Romagna mostrano un andamento fluttuante decrescente con un picco nel 1992, dove avevano un peso sul settore industria pari al 1,9% (65 ktep), per poi calare rapidamente sino al 2008, anno in cui il loro valore può essere considerato trascurabile (4 ktep).

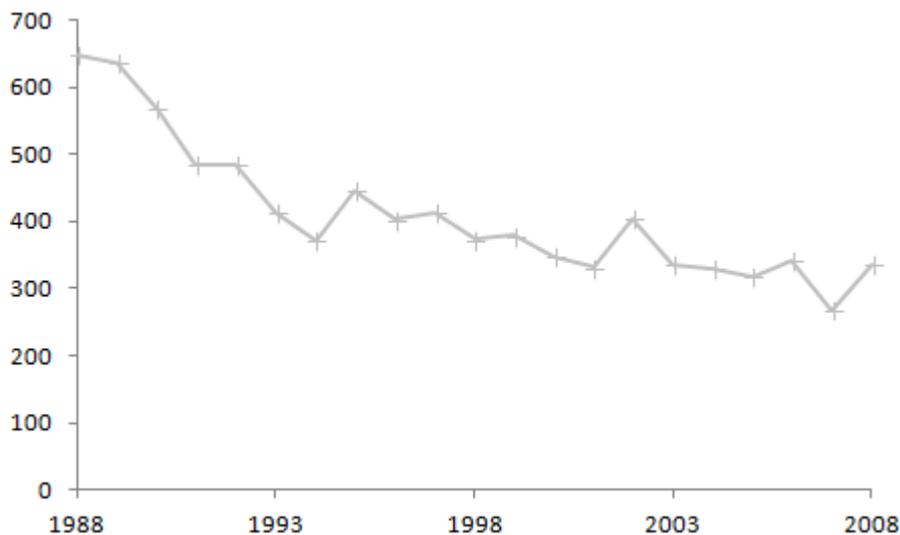


Figura 7-7. Grafico della serie storica dei consumi finali annuali di prodotti petroliferi nel settore industriale in Emilia-Romagna (in Ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi finali di prodotti petroliferi del settore industria in Emilia-Romagna mostrano un andamento decrescente molto accentuato dal 1988 al 1994 e moderatamente decrescente dal 1994 al 2008. Il loro

peso sui consumi finali totali è passato da circa il 20% nel 1988 al 7,5% nel 2008. Nello stesso periodo il loro consumo in regione si è quasi dimezzato (da 649 a 334 ktep).

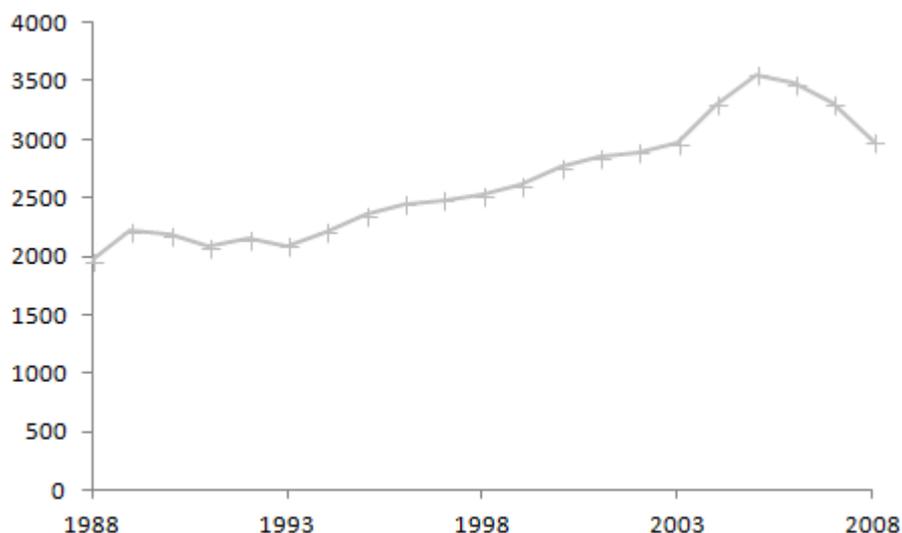


Figura 7-8. Grafico della serie storica dei consumi finali annuali di combustibili gassosi nel settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi finali di combustibili gassosi rappresentano la quota parte maggiore del settore industria in Emilia-Romagna. Mostrano un andamento crescente accentuato soprattutto dal 1993 al 2005. In quest'ultimo anno raggiungono un picco di 3558 ktep (pari al 69% dei consumi), per poi calare bruscamente sino al 2008 a 2985 ktep. Nel 2005 la crisi energetica registrata in Europa dovuta alla crisi geopolitica tra Russia ed Ucraina ha sicuramente condizionato le disponibilità di gas nelle regioni energeticamente dipendenti da questa fonte.

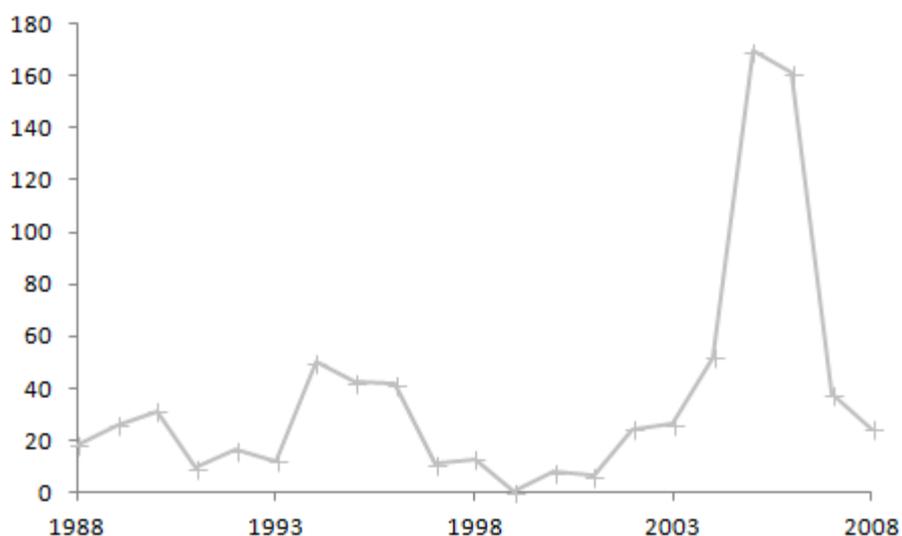


Figura 7-9. Grafico della serie storica dei consumi finali annuali di fonti rinnovabili nel settore industriale in Emilia-Romagna (in Ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi finali di fonti rinnovabili presentano un andamento altalenante, mantenendosi, sino al 2004, costantemente sotto i 60 ktep, e presentando un valore minimo pari a 0 ktep nel 1999. Nel 2005 raggiungono un picco di 170 ktep, in corrispondenza del massimo storico dei consumi finali totali, per poi calare bruscamente nel 2007 a 40 ktep. I valori di consumo finale di fonti rinnovabili sembrano oscillare in maniera tale da suggerire approfondimenti circa la loro affidabilità.

7.1.2 Valore aggiunto industriale in Emilia-Romagna

La serie storica dei consumi finali può essere confrontata con diversi indici economici aggregati.

Gli studi classici degli economisti sono tradizionalmente focalizzati su capitale e lavoro e, più recentemente, sugli effetti del progresso tecnologico.

Nei sistemi economici moderni, la ricchezza prodotta annualmente è misurata dal Prodotto Interno Lordo, il cui acronimo, PIL, è divenuto ormai sinonimo di benessere economico di un territorio. Da decenni definizione e modalità di calcolo del PIL come misura della qualità della vita sono oggetto di discussione tra gli economisti. Associare il PIL al tenore di vita porta infatti a usare il benessere materiale come indicatore della qualità della vita, con tutto ciò che ne consegue. E nonostante decenni di proteste, non solo da parte ambientalista, ed il più recente dibattito istituzionale del cosiddetto “Beyond GDP”, volto alla ricerca di un indice aggregato di sviluppo più adatto a descrivere la qualità della vita nelle economie moderne, ad oggi il PIL risulta ancora il parametro più utilizzato a livello mondiale.

Il Prodotto Interno Lordo (PIL; *Gross Domestic Product*, GDP) è pari al valore in unità monetaria della produzione totale di beni e servizi di una regione, calcolato su un arco di tempo ad esempio annuo, diminuito dei consumi intermedi ed aumentato delle imposte nette sui prodotti.

Il Valore Aggiunto (VA; *Economic Value Added*, EVA) è la misura dell'incremento di valore che si verifica nell'ambito della produzione e distribuzione di beni e servizi grazie all'intervento dei fattori produttivi: capitale e lavoro; il VA rappresenta quindi il valore che i fattori produttivi utilizzati dall'impresa, capitale e lavoro, hanno aggiunto agli input acquistati dall'esterno, in modo da ottenere una data produzione. Questi indici macroeconomici sono spesso associati alla ricchezza del paese o del suo benessere, ma dei due è soprattutto il valore aggiunto che può essere riferito direttamente alle attività fisiche di produzione industriale che causano consumo d'energia; per questo motivo nella presente analisi come indice macroeconomico si sceglie il VA invece del PIL.

I dati monetari dell'analisi presente in particolare si basano sui VA a prezzi costanti, che tengono conto dell'inflazione e che quindi, in altre parole, sono indici economici maggiormente correlati all'attività settoriale ed ai relativi consumi di energia, essendo al netto della variazione dei prezzi dovuta all'inflazione. Per calcolare questi valori a prezzi costanti si moltiplicano i dati del VA a prezzi correnti per dei coefficienti di rivalutazione forniti dagli istituti statistici nazionali e diversi per ogni anno.

Tabella 7-2. VA annuale a prezzi costanti del 2005 del settore industriale in Emilia-Romagna (in M€; elaborazione su dati Istat, 2017).

Anno	Valore Aggiunto (Meuro 2005)
1988	28068
1989	28596
1990	28660
1991	28353
1992	28970
1993	28302
1994	29669
1995	31394
1996	31740
1997	31762
1998	32329
1999	32738
2000	34599
2001	34599
2002	34888
2003	34636
2004	35627
2005	36178
2006	38454
2007	40012
2008	38294
2009	32326
2010	34652
2011	35764
2012	34651

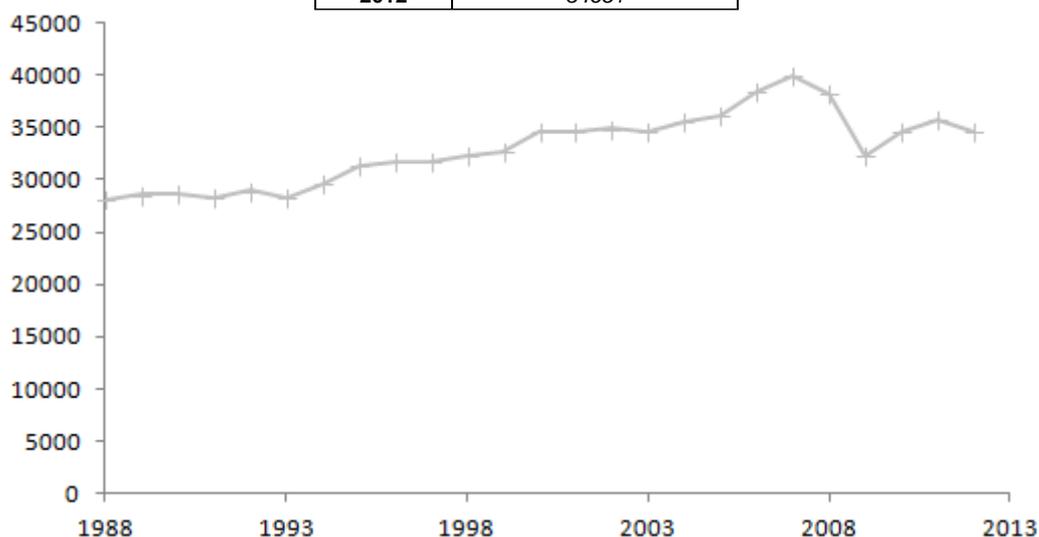


Figura 7-10. VA annuale a prezzi costanti del 2005 del settore industriale in Emilia-Romagna (in M€; elaborazioni su dati Istat, 2017).

La serie storica del VA a prezzi costanti del 2005 è disponibile presso Istat dal 2005 al 2012; per i dati precedenti si è operata una trasformazione di riallineamento della serie storica fornita da ISTAT negli anni precedenti il 2015 in base al doppio computo dell'indice, fornito sempre da ISTAT, negli anni di raccordo: 2005, 2000, 1995 e 1990.

Dal 1988 al 1993 il valore aggiunto del settore industriale rimane pressoché costante, attorno ai 28 mila milioni di euro, per poi presentare una rapida crescita tra il 1993 ed il 2007, anno in cui raggiunge il valore di 40 mila milioni di euro. Nel 2008 c'è un'inversione di tendenza, confermata poi dal crollo del 2009. L'andamento del valore aggiunto sembra anticipare di circa un anno la crisi economica congiunturale del 2008. Si nota un certo accoppiamento tra la serie storica del Valore Aggiunto e dei consumi con una anticipazione di questi ultimi rispetto agli indici economici.

Molto importante, ai fini della presente ricerca, è l'analisi dell'andamento dei tassi di crescita annuali del valore aggiunto.

Tabella 7-3. Serie storica del tasso di crescita annuale del valore aggiunto a prezzi costanti del settore industria (elaborazione su dati ISTAT, 2017).

Anno	Tasso di variazione annuale del valore aggiunto
1988	
1989	0,019
1990	0,002
1991	-0,011
1992	0,022
1993	-0,023
1994	0,048
1995	0,058
1996	0,011
1997	0,001
1998	0,018
1999	0,013
2000	0,057
2001	0,000
2002	0,008
2003	-0,007
2004	0,029
2005	0,015
2006	0,063
2007	0,041
2008	-0,043
2009	-0,156
2010	0,072
2011	0,032
2012	-0,031

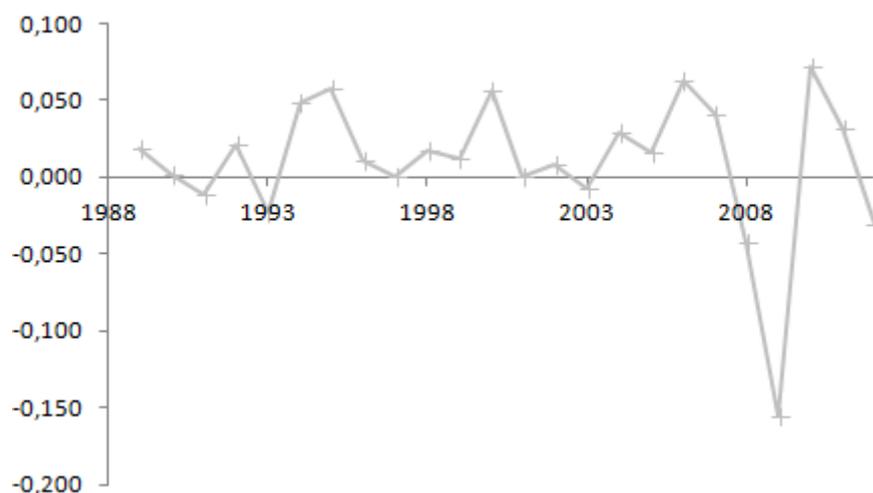


Figura 7-11. Tasso di crescita del Valore aggiunto a prezzi costanti del 2005 in Emilia-Romagna (elaborazione su dati ISTAT, 2017).

Il tasso di variazione annuo del valore aggiunto per l'industria in Emilia-Romagna viene ottenuto attraverso il rapporto tra la differenza fra due anni consecutivi ed il valore relativo all'anno meno recente ($\Delta VA = (t_1 - t_0)/t_0$). Per questo motivo, se il valore aggiunto cresce il relativo tasso sarà positivo; se invece diminuisce, il tasso presenterà valori negativi. Per il ventennio dal 1988 al 2012 mostra un valore medio pari a 0,01, confermando una moderata crescita della produttività del settore industriale. Si noti come le oscillazioni diventino più importanti in corrispondenza della crisi economica della fine dello scorso decennio (2008-2010).

7.1.3 Intensità energetica dell'industria regionale

I valori aggiunti ed i consumi di energia possono essere rapportati tra loro, seguendo il metodo dell'intensità energetica.

L'intensità energetica è definita come il rapporto tra consumo di energia primaria e PIL (Zuliani, 2015).

Un valore alto di intensità energetica indica un alto consumo nel convertire l'energia in valore economico e, dunque, una bassa efficienza. Una bassa intensità energetica, al contrario, indica una migliore performance economica per unità di energia consumata. L'intensità energetica quindi è da molti considerata una misura attendibile per l'efficienza energetica dei sistemi economici e per indicare il grado di disaccoppiamento tra la crescita dei consumi d'energia primaria e la crescita del PIL.

L'efficienza energetica italiana sembra attestarsi su buoni livelli. Il confronto dei valori dell'intensità energetica delle diverse nazioni evidenzia infatti la buona posizione del nostro Paese.

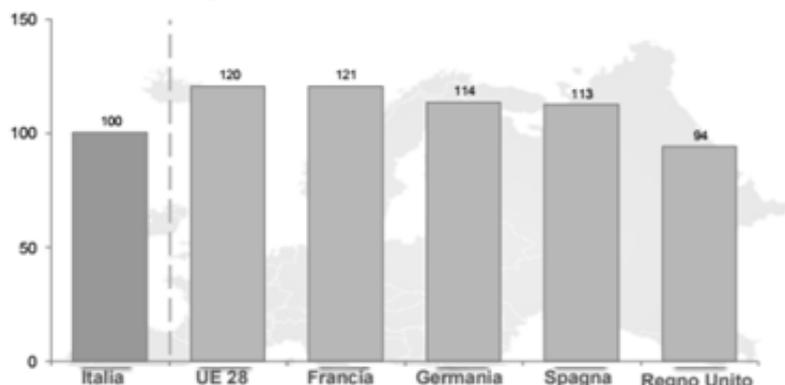


Figura 7-12. Intensità energetica in Europa nel 2015 (tep/M€; MISE, 2017).

Il Ministero dello Sviluppo Economico, nel documento che descrive la Strategia Energetica Nazionale (SEN) al 2017, sulla base di dati Eurostat, mostra come l'intensità energetica Italiana sia pari a circa 100 tep (tonnellata equivalente di petrolio) per milione di euro di PIL nel 2015, in leggero incremento rispetto al 2014 (+2,5%), ma comunque ben al di sotto della media UE 28 di 120 tep per milione di euro di PIL (MISE, 2017).

Si rileva che il confronto fra le intensità energetiche di paesi diversi, volto a misurarne il differente grado di disaccoppiamento tra crescita del consumo energetico e crescita del PIL presenta comunque alcune difficoltà, soprattutto a causa delle modalità di conversione dei PIL nelle varie valute nazionali.

Il PIL è calcolato nella valuta di ciascun paese; quindi per fare confronti internazionali le singole valute devono essere convertite in una unità monetaria comune; solitamente ci si riferisce al dollaro americano. E' possibile convertire i valori dei PIL scambiando le valute nazionali al tasso di cambio di mercato (MER). Alternativamente, è possibile impostare i tassi di conversione in modo che il valore di ogni valuta sia equivalente in termini di qualità e quantità di beni e servizi acquistabili dai consumatori. Questo è il cosiddetto metodo a parità di potere d'acquisto (Purchasing Power Parity, PPP) ed è calcolato tramite un paniere dei prezzi mantenuto da OCSE e Banca Mondiale. Ma possono esservi notevoli differenze nel confrontare le intensità energetiche con i due metodi (MER o PPP), perché i valori del tasso di cambio di mercato (MER) sono fissati in conformità alla legge del prezzo unico per merci scambiate in regime di concorrenza internazionale. Il che non è verificato per tutti i prodotti. Ad esempio, per i prezzi dell'energia si ipotizza la libera concorrenza in un mercato internazionale perfetto. L'analisi storica mostra invece come possano presentarsi pratiche distorsive dei prezzi, tassazioni, sussidi o regolamentazioni nazionali che possono favorire una forma di energia rispetto alle altre (per esempio il nucleare in Francia o in Inghilterra).

D'altro canto, anche il metodo PPP presenta alcune problematiche. È difficile innanzitutto calmierare i prezzi di beni e servizi scambiati nel mondo reale. Inoltre, il confronto tra prezzi spesso non considera adeguatamente la qualità dei beni e servizi. È ben noto che beni e servizi dei paesi in via di sviluppo sono di qualità generalmente inferiore a quelli delle economie avanzate, il che induce una sottostima del prezzo. Inoltre il metodo MER considera solo il prezzo unico internazionale di beni e servizi e non considera i prezzi dei singoli Paesi, col risultato di sottostimare il PIL dei paesi in via di sviluppo, dove i prezzi sono generalmente bassi. L'intensità energetica calcolata è dunque spesso maggiore del caso reale. Al contrario, il metodo PPP considera i singoli prezzi nazionali ma non la qualità di beni e servizi, sovrastimando il PIL dei Paesi in via di sviluppo. L'intensità energetica in questo caso è minore del dovuto. Questa distorsione è ovviamente presente anche quando si confrontano le performance delle economie avanzate, sebbene in modo quantitativamente meno vistoso. Nella conversione dei PIL occorre tenere conto di queste considerazioni.

Un'altra problematica relativa al calcolo dell'intensità energetica dei paesi in via di sviluppo, le cui statistiche energetiche, risultano a volte poco affidabili soprattutto nel conteggio delle fonti rinnovabili distribuite o della biomassa, e dunque sottovalutano notevolmente il consumo energetico effettivo di molti dei paesi poveri. Vi sono poi spesso imprecisioni nella conversione di combustibili ad un denominatore comune.

I meri confronti tra consumi di energia primaria tra diversi paesi rischiano di considerare le differenze nelle condizioni economiche, produttive, geografiche e morfologiche dei rispettivi territori. In particolare il consumo di energia primaria del settore industriale dipende dal tipo di attività produttiva. Ad esempio nell'industria pesante ci sono molte attività energivore (produzione di acciaio, cemento, carta, petrolchimica) che producono prodotti dal valore aggiunto non elevatissimo (commodities) e finiscono per pesare negativamente sul mix economico-energetico nazionale; l'intensità energetica dipende molto dal mix produttivo presente delle diverse regioni. Può essere utile quindi delimitare il confronto dei valori dell'intensità energetica tra regioni climaticamente simili o tra sistemi economici con mix produttivi analoghi così da comprenderne meglio le prestazioni in termini di efficienza energetica e di disaccoppiamento tra indici di crescita economica e di consumo energetico. Inoltre può essere utile effettuare l'analisi delle serie storiche dell'intensità energetica in singole regioni. Per l'Italia si evince ad esempio come la crescita del PIL sia associata ad una crescita dell'energia primaria consumata, ma con intensità energetica calante (negli ultimi 20 anni il disaccoppiamento tra PIL e consumo d'energia italiani ha raggiunto il 15% del totale). Attribuire però questa prestazione ai programmi d'efficienza energetica non è immediato: il mix del consumo energetico nazionale è cambiato molto negli ultimi 10-15 anni per la decrescita dell'industria chimica e petrolchimica e per il passaggio al gas naturale.

L'analisi delle serie storiche sull'intensità energetica come valutazione sull'efficienza dei processi di consumo di energia primaria mostra alcune problematiche. In generale, i paesi avanzati sono caratterizzati da un sistema di produzione meno intensivo nel consumo di energia primaria ma uno stile di vita a più alto consumo energetico. Al contrario, i paesi in via di sviluppo sono caratterizzati da un sistema di produzione con consumo di energia più elevato, ma uno stile di vita a minor impatto energetico. L'economia è un sistema interconnesso e occorre grande attenzione nel paragonare l'impronta energetica nelle singole economie nazionali senza considerare i valori di energia contenuta in materiali finiti o semilavorati e servizi scambiati per evitare valutazioni inesatte sia nel confronto tra Paesi diversi che nella quantificazione del disaccoppiamento tra economia e consumo di energia primaria. Di seguito si riporta la serie storica delle intensità energetiche del settore industriale in Emilia-Romagna.

Tabella 7-4. Intensità energetiche annuali del settore industriale in Emilia-Romagna (tep/M€; elaborazione su dati Enea e Istat, 2017).

Anno	Intensità energetica (tep/Meuro)
1988	118,95
1989	126,94
1990	123,71
1991	117,61
1992	118,85
1993	116,27
1994	115,91
1995	119,03
1996	119,87
1997	120,92
1998	119,81
1999	121,11
2000	119,90
2001	122,27
2002	126,13
2003	127,72
2004	134,61
2005	143,39
2006	133,27
2007	118,78
2008	116,12

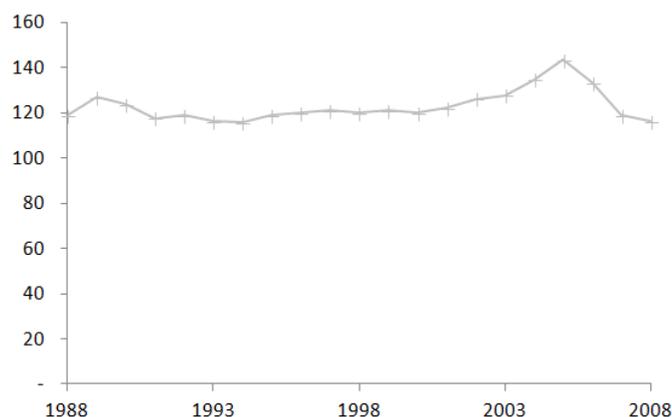


Figura 7-13. Intensità energetiche annuali del settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea e Istat, 2017).

L'intensità energetica del settore industriale viene ottenuta come il rapporto tra il consumo energetico finale e il valore aggiunto del settore industriale; la serie storica presenta un primo picco nel 1989, a cui segue un andamento lineare su valori costanti (attorno ai 120 tep/Meuro) sino al 2000, per poi crescere sino al picco più alto del 2005. A seguire l'intensità energetica industriale presenta un andamento decrescente sino al 2008, dovuto soprattutto al calare dei consumi del settore.

Tabella 7-5. Variazione annuale dell'intensità energetica del settore industriale in Emilia-Romagna (Enea e Istat, 2017).

Anno	Tasso di variazione annuale intensità energetica
1988	
1989	0,067
1990	-0,025
1991	-0,049
1992	0,011
1993	-0,022
1994	-0,003
1995	0,027
1996	0,007
1997	0,009
1998	-0,009
1999	0,011
2000	-0,010
2001	0,020
2002	0,032
2003	0,013
2004	0,054
2005	0,065
2006	-0,071
2007	-0,109
2008	-0,022

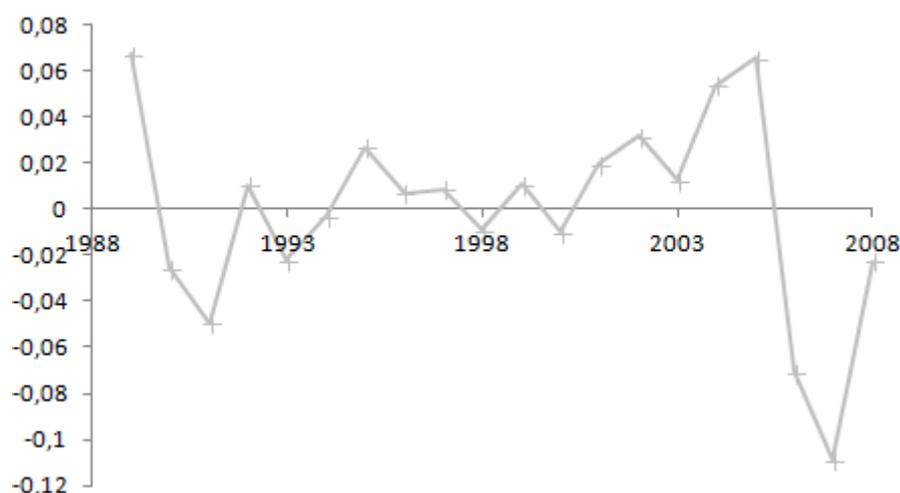


Figura 7-14. Serie storica della variazione annuale dell'intensità energetica del settore industriale in Emilia-Romagna (Enea e Istat, 2017).

Il grafico dei tassi di variazione annua dell'intensità energetica per l'industria in Emilia-Romagna è ottenuto attraverso il rapporto tra la differenza fra due anni consecutivi ed il valore relativo all'anno meno recente ($\Delta E = (t_1 - t_0) / t_0$). Per questo motivo, se l'intensità cresce il relativo tasso sarà positivo; se invece diminuisce, il tasso presenterà valori negativi. Per il ventennio dal 1988 al 2012 mostra un valore medio pari a 0, confermando una sostanziale costanza dei valori di intensità energetica per il settore industriale. Si noti come le oscillazioni sono più importanti nel triennio precedente alla crisi economica del 2008.

Tabella 7-6. Peso dei consumi di combustibili solidi sul consumo finale totale nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Peso consumi finali di combustibili solidi sul totale
1988	0,015
1989	0,014
1990	0,017
1991	0,014
1992	0,019
1993	0,015
1994	0,011
1995	0,014
1996	0,015
1997	0,013
1998	0,011
1999	0,007
2000	0,005
2001	0,005
2002	0,003
2003	0,002
2004	0,002
2005	0,002
2006	0,002
2007	0,001
2008	0,001

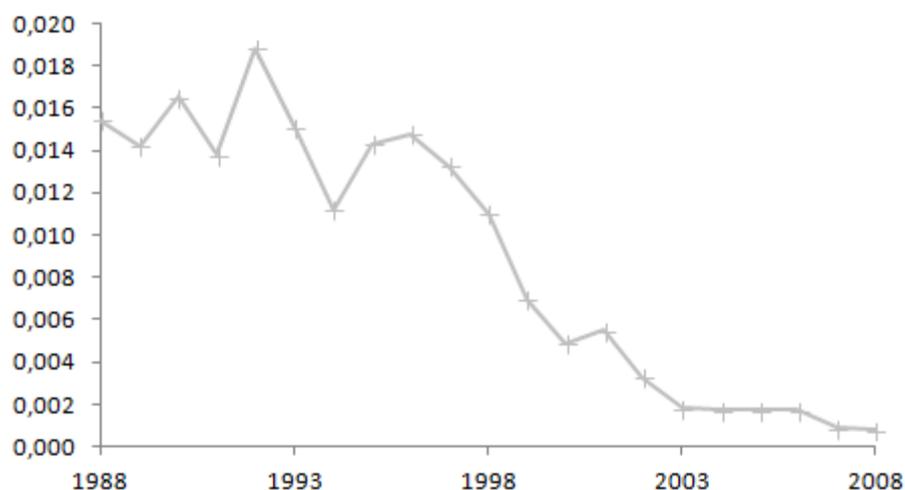


Figura 7-15. Peso dei consumi di combustibili solidi sul consumo finale totale nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Nel ventennio considerato (1988-2008) il consumo di combustibili solidi nell'industria è sempre stato inferiore al 2% (1,9% è il picco massimo relativo al 1992), presentando un andamento decrescente molto pronunciato soprattutto dal 1996 al 2008, anno in cui il peso di questa tipologia di combustibile raggiunge il valore trascurabile di 0,1%. Questi valori mostrano con chiarezza l'ampia propensione del settore manifatturiero ed industriale regionale ad abbandonare progressivamente questa fonte di energia, anche a causa delle stringenti politiche ambientali messe a punto dal comparto.

Tabella 7-7. Peso dei consumi di prodotti petroliferi sul totale dei consumi finali nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Peso consumi finali di prodotti petroliferi sul totale
1988	0,194
1989	0,175
1990	0,160
1991	0,146
1992	0,141
1993	0,125
1994	0,108
1995	0,119
1996	0,106
1997	0,108
1998	0,096
1999	0,095
2000	0,084
2001	0,078
2002	0,092
2003	0,076
2004	0,069
2005	0,061
2006	0,067
2007	0,056
2008	0,075

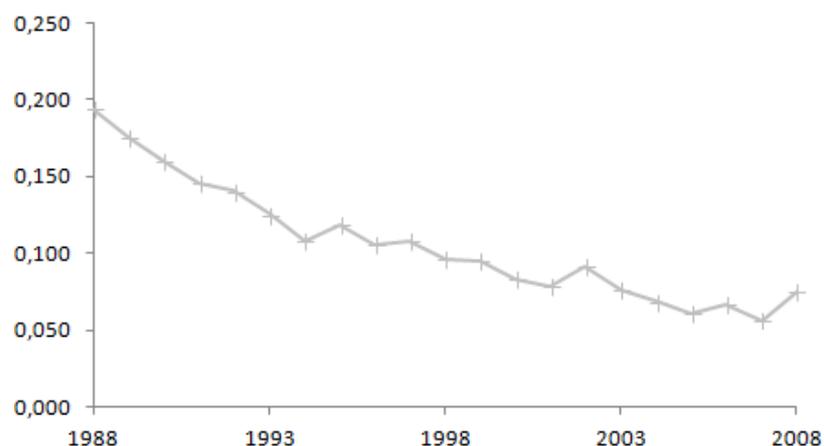


Figura 7-16. Peso dei consumi di prodotti petroliferi sul totale dei consumi finali nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Il grafico del peso dei prodotti petroliferi sul totale dei consumi finali per il settore industriale mostra un andamento decrescente in tutto il periodo considerato, passando dal 20% del 1988 all'8% del 2008. Tale andamento è confermato dalla dismissione di impianti ad olio a favore del più pulito gas metano.

Tabella 7-8. Peso dei consumi di combustibili gassosi sul totale dei consumi finali nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Peso consumi finali di combustibili gassosi sul totale
1988	0,587
1989	0,611
1990	0,616
1991	0,625
1992	0,625
1993	0,635
1994	0,642
1995	0,630
1996	0,643
1997	0,647
1998	0,653
1999	0,658
2000	0,666
2001	0,672
2002	0,658
2003	0,670
2004	0,687
2005	0,686
2006	0,679
2007	0,695
2008	0,671

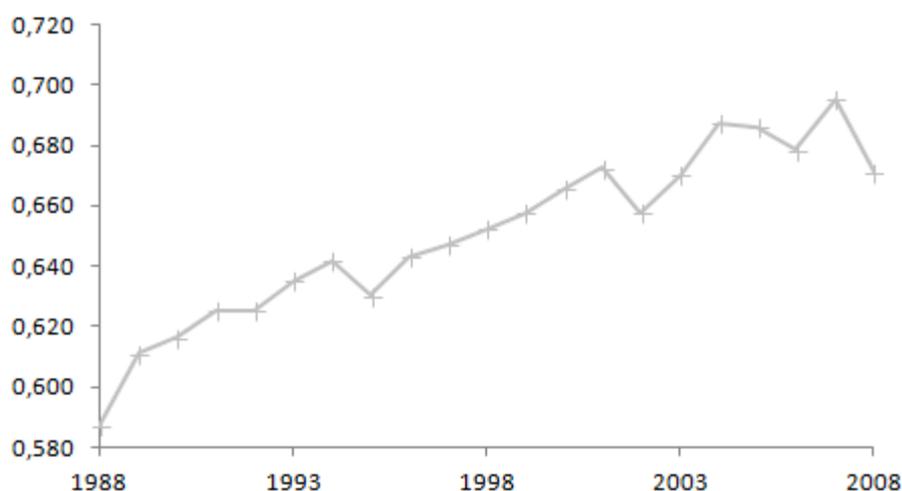


Figura 7-17. Peso dei combustibili gassosi sul totale dei consumi finali del settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Il grafico del peso dei combustibili gassosi sul totale dei consumi finali del settore industriale in Emilia-Romagna mostra un incremento continuo dell'utilizzo di questa fonte energetica, passando da una percentuale del 59% nel 1988 al 67% del 2008. Il gas (soprattutto gas metano), è la fonte di energia più in uso nel comparto industriale emiliano romagnolo.

Tabella 7-9. Peso dei consumi finali di fonti rinnovabili sul totale dei consumi finali del settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Peso consumi finali di rinnovabili sul totale
1988	0,005
1989	0,007
1990	0,009
1991	0,003
1992	0,005
1993	0,004
1994	0,015
1995	0,011
1996	0,011
1997	0,003
1998	0,003
1999	0,000
2000	0,002
2001	0,001
2002	0,006
2003	0,006
2004	0,011
2005	0,033
2006	0,031
2007	0,008
2008	0,005

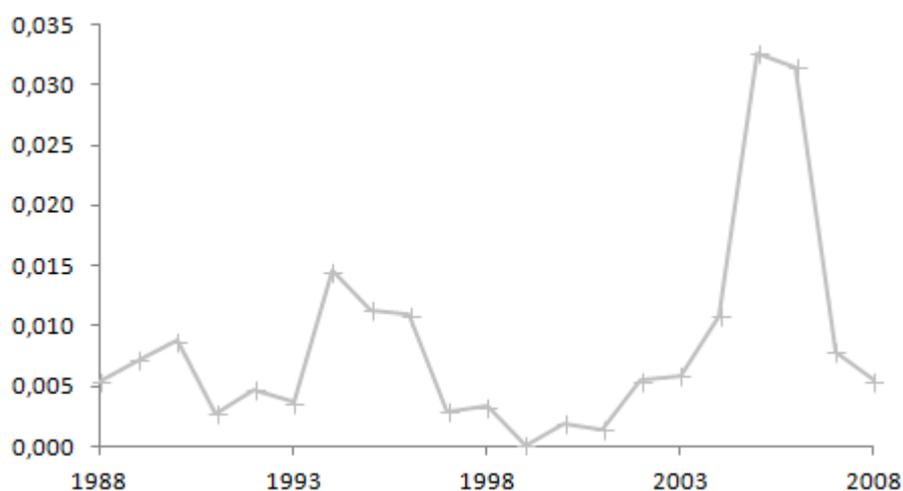


Figura 7-18. Peso dei consumi di fonti rinnovabili sul totale dei consumi finali nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Il grafico del peso dei consumi finali di fonti rinnovabili nel settore industriale mostra un andamento altalenante con valori che rivestono negli anni considerati, percentuali da un minimo dello 0% del 1999 ad un massimo del 3,3% nel 2005.

Tabella 7-10. Serie storica del peso dei consumi di energia elettrica nel settore industriale in Emilia-Romagna (elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Peso dei consumi elettrici sul totale dei consumi finali
1988	0,198
1989	0,192
1990	0,198
1991	0,212
1992	0,210
1993	0,221
1994	0,225
1995	0,225
1996	0,225
1997	0,229
1998	0,237
1999	0,240
2000	0,244
2001	0,242
2002	0,242
2003	0,246
2004	0,231
2005	0,218
2006	0,222
2007	0,240
2008	0,247

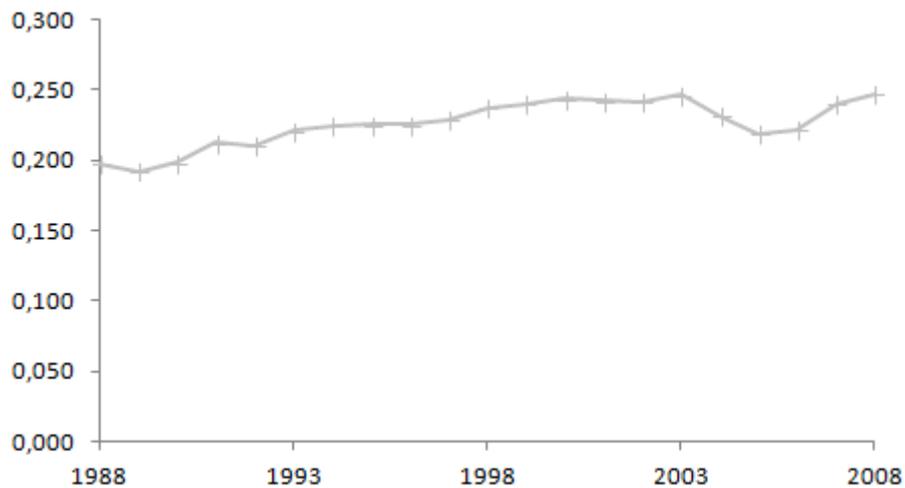


Figura 7-19. Peso dei consumi elettrici nel settore industriale sul totale dei consumi finali (elaborazione su dati Enea, 2017).

La serie storica dei consumi di energia elettrica mostra un andamento lievemente crescente nel periodo dal 1988 al 2008 attestando il peso di questa fonte sul consumo finale totale su valori compresi tra il 19% del 1989 a circa il 25% del 2008. L'energia elettrica rappresenta quindi una fonte sempre più rilevante anche per il settore industriale.

7.1.4 Analisi di correlazione tra consumi energetici e valore aggiunto

L'analisi di correlazione tra il consumo finale di energia e il valore aggiunto del settore industriale in Emilia-Romagna è funzionale alla definizione di una metodologia previsionale semplificata dei consumi energetici dello stesso settore industriale.

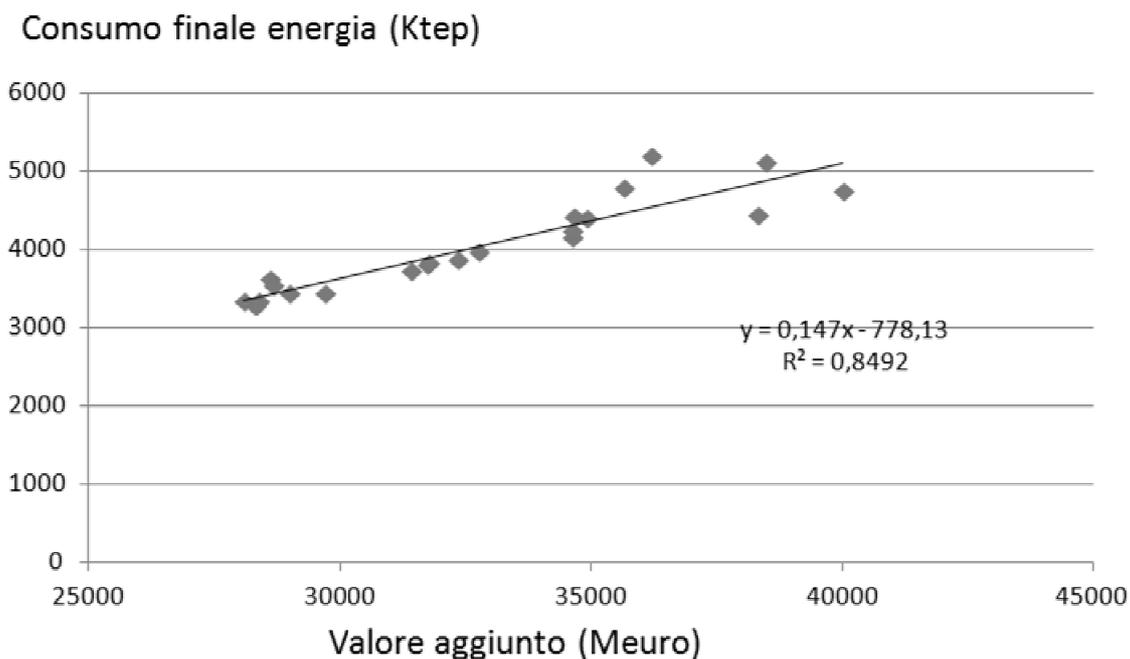


Figura 7-20. Regressione lineare tra consumi energetici finali del settore industriale in Emilia-Romagna (ktep) e livello di attività in valore aggiunto (M€). Anni 1988-2008; $R^2=0,849$. Elaborazione su dati Enea ed Istat.

Come si può osservare dal grafico di regressione riportato in figura sopra, l'andamento della dispersione illustra un accordo significativo tra livello dei consumi finali di energia del settore industriale e livello di attività in valore aggiunto (espresso in milioni di euro). R^2 , lo scarto quadratico medio, risulta infatti essere pari a 0.849, mostrando quindi un buon livello di correlazione.

Si nota anche che per livelli di Valore aggiunto inferiori a 35000 milioni di euro la correlazione sembra essere piuttosto elevata, presentando un indice di correlazione R^2 pari a 0,93.

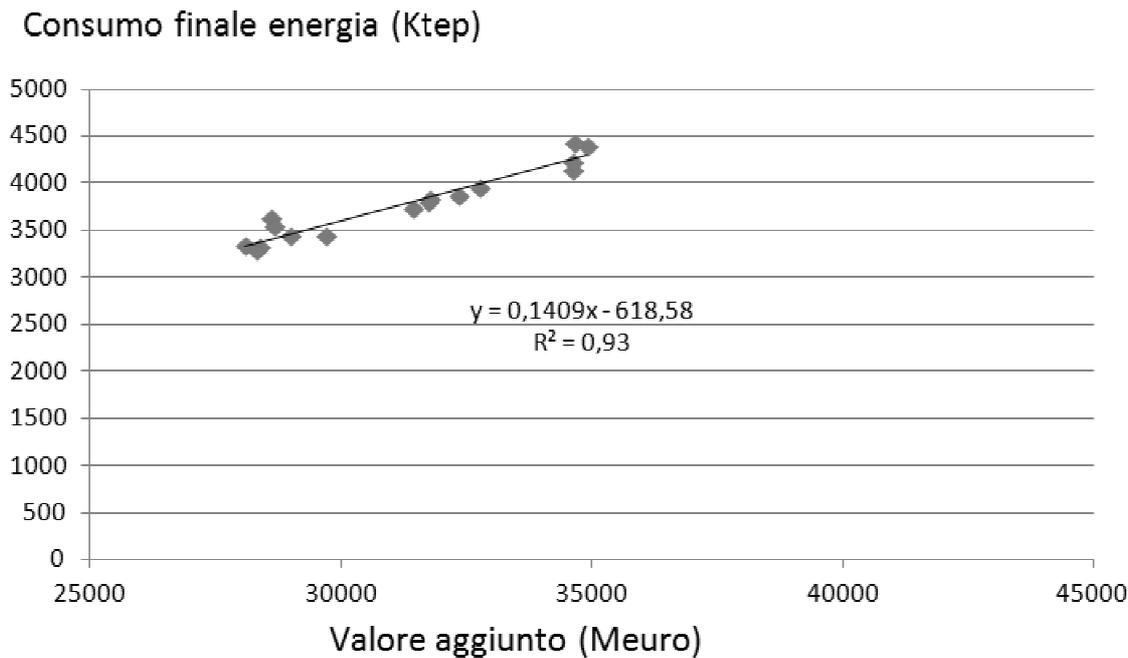


Figura 7-21. Regressione lineare tra consumo finale di energia del settore industriale in Emilia-Romagna (ktep) e livello di attività in valore aggiunto (M€), anni 1988-2003; $R^2=0,93$. Elaborazione su dati Enea ed Istat.

Sembrerebbe inoltre che per valori elevati di attività (oltre i 35000 milioni di euro in valore aggiunto) la correlazione tra consumi finali e valore aggiunto non sia più così netta, come invece mostra di essere in corrispondenza di valori aggiunti inferiori.

Un'altra interpretazione potrebbe essere data dalla mancata considerazione di altri fattori (variabili indipendenti) che invece dovrebbero essere adeguatamente valutati in una correlazione multilineare.

È interessante poi confrontare quanto spiegato mediante regressione con un modello di decomposizione mediante numeri indice.

7.1.5 Analisi di decomposizione dei consumi energetici industriali

In questo capitolo viene effettuata una analisi dei determinanti dei consumi finali di energia del settore industriale per la Regione Emilia-Romagna, utilizzando un approccio metodologico tipico dell'analisi di decomposizione realizzata attraverso l'uso di numeri indice. Nella prima parte si riassumono i principali sviluppi storici di questo particolare campo di analisi, nella seconda parte del capitolo vengono illustrati i concetti chiave alla base delle metodologie di decomposizione ed infine viene dettagliata la metodologia applicata nel presente lavoro.

Tale approccio, fondato su metodi statistici, permette di estendere portata e significatività dei modelli matematici nell'analisi dinamica (Rao M., Gaeta M. 2014). L'analisi di decomposizione (Index Numbers Decomposition Analysis, anche abbreviata con l'acronimo IDA) è una metodologia descrittiva utile per fornire una analisi dei principali driver della variabile oggetto di studio, anche in presenza di serie storiche non significativamente lunghe (Lofgren & Muller, 2010). Si tratta di metodi complementari rispetto ad altri strumenti dell'inferenza statistica (come ad esempio l'analisi di regressione) ma necessitano, rispetto a questi ultimi, di minori dati di input. Anche l'IDA è comunque una metodologia di analisi a consuntivo. I primi studi su queste metodologie risalgono alla seconda metà degli anni 1970 quando, in seguito alla crisi petrolifera, gli analisti studiavano i cambiamenti di struttura del settore industriale per meglio valutare ragioni e dinamiche di consumo energetico. Tali studi fecero comprendere l'importanza analitica dei cambiamenti strutturali, dimostratisi rilevanti al pari del rapporto tra consumo di energia e produzione, a livello aggregato, per la spiegazione delle fluttuazioni di domanda totale. Legando poi i cambiamenti nella struttura ai consumi di energia delle singole branche industriali, gli esperti realizzarono quale migliore proxy dell'efficienza energetica fosse l'intensità energetica sottosettoriale. Prima della metà degli anni 1980, il livello di complessità della matematica impiegata si mantiene semplice ed intuitivo, con l'impiego di numeri indice di tipo Laspeyres: nella seconda metà degli stessi anni, si assiste ad una sistematizzazione formale degli aspetti legati agli indici di Laspeyres e all'introduzione delle metodologie basate sugli indici Divisia, metodologie formalmente sviluppate a partire dalla prima metà degli anni 1990 e divenute prevalenti, in letteratura, nel corso del tempo.

Il contesto di riferimento di questo lavoro è rappresentato dai consumi finali di energia del settore industriale. Come è stato sottolineato più volte, questi consumi rappresentano una variabile fondamentale per la politica energetica regionale, sia perché rappresentano un capitolo rilevante della spesa regionale, sia per il ruolo che i consumi energetici hanno nel controllo delle emissioni inquinanti e dei gas serra.

Per utilizzare la metodologia IDA per valutare il profilo nel tempo di una certa variabile è necessario disporre di una serie storica e di un modello matematico della variabile stessa. Un'analisi di decomposizione effettuata con numeri indice rivela come si modifica nel tempo la variabile esaminata quando si fa variare solo una "componente" per volta del modello della stessa, rimanendo fisse le altre componenti.

I metodi IDA qui utilizzati seguono l'approccio classico di letteratura utilizzato anche dall'Agenzia Internazionale dell'Energia di Parigi (IEA, 2004).

Secondo questa metodologia si assume che i consumi finali del settore industriale "C" siano un aggregato composto da n fattori (x_1, x_2, \dots, x_n). Quindi $C = \sum_i C_i$ e $C_i = x_{1,i} x_{2,i} \dots x_{n,i}$.

Ammettiamo che l'aggregato C, nel periodo da 0 a T cambi valore, passando da C^0 a C^T

Obiettivo dell'analisi di decomposizione è quello di valutare il contributo della variazione degli n fattori al cambiamento dell'aggregato C.

Questo può essere espresso, in forma additiva, attraverso la formula:

$$\Delta C_{\text{tot}} = C^T - C^0 = \Delta C_{x_1} + \Delta C_{x_2} + \dots + \Delta C_{x_n}$$

L'analisi qui effettuata si basa infatti su una specifica tecnica di decomposizione dei consumi energetici mediante numeri indice (LMDI I, Log Mean Divisia Index I). Il metodo è stato applicato nella sua formulazione additiva.

La formula generale relativa all'indice LMDI I è la seguente:

$$\Delta C_{x_k} = \sum_i L(C_i^T, C_i^0) \ln \left(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^0} \right)$$

dove $L(a, b) = \frac{(a-b)}{(\ln a - \ln b)}$ è la media logaritmica di a e b e $L(a, a) = a$

Per i consumi energetici finali del settore industriale, posto che questo sia composto da un numero di sotto settori pari ad i , vale la seguente identità:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i Q \frac{Q_i C_i}{Q Q_i} = \sum_i Q S_i I_i$$

Dove

C = Consumi energetici finali del settore industriale

C_i = Consumi energetici finali del sotto settore industriale i-esimo

Q = Livello di attività economica totale del settore industriale (rappresentato dal valore aggiunto del settore industria)

Q_i = Livello di attività economica del sotto settore industriale i-esimo

S_i = Quota di attività del sotto settore i-esimo $\left(= \frac{Q_i}{Q} \right)$

I_i = Intensità energetica del sotto settore i-esimo $\left(= \frac{C_i}{Q_i} \right)$

La formula che esprime quindi la variazione di consumo finale di energia per il settore industriale tra un tempo T e un tempo 0 è data dalla seguente formula:

$$\Delta C_{\text{tot}} = C^T - C^0 = \Delta C_{Act} + \Delta C_{Str} + \Delta C_{Int}$$

Dove

ΔC_{Act} = Effetto attività, ossia la variazione dei consumi finali di energia dovuta alla variazione del livello di Attività, in questo caso identificato nel valore aggiunto totale dell'intero comparto industriale.

ΔC_{Str} = Effetto strutturale, ossia la variazione di consumo finale di energia dovuta a modifiche nella distribuzione delle attività sottosettoriali.

ΔC_{Int} = Effetto intensità, ossia la variazione di consumo finale di energia dovuta alla variazione dell'intensità energetica sotto-settoriale delle branche industriali.

Le formule delle singole componenti secondo il metodo Logarithmic mean Divisia Index I (LMDI I), sempre nella sua formula additiva, sono le seguenti:

$$\Delta C_{Act} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{Q^T}{Q^0} \right)$$

$$\Delta C_{Str} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^0} \right)$$

$$\Delta C_{Int} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i^0} \right)$$

$$w_i = \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0}$$

L'analisi di decomposizione di seguito esaminata suddivide quindi la variazione di consumi energetici finali del settore industriale secondo i tre fattori (attività, struttura ed intensità energetica sotto-settoriale), la cui somma algebrica è uguale alla variazione dei consumi stessi.

Grazie all'analisi di decomposizione è quindi possibile stimare quanta parte della variazione dei consumi finali di energia è dovuta al fatto che il settore industriale stia attraversando un periodo di crisi o di sviluppo economico, rappresentati rispettivamente da una diminuzione o un aumento del valore aggiunto, quanta parte è dovuta alle modifiche nei rapporti di forza tra i sotto settori produttivi (rappresentati dallo share settoriale, in percentuale sul totale, dei valori aggiunti) che consumano più o meno energia per produrre

un'unità di valore aggiunto, e quanta parte, invece, è dovuta alla variazione di intensità energetica sottosettoriale (Lissia R., 2016).

Per gli anni dal 1995 al 2003 il netto aumento di energia è stato trainato principalmente dall'aumento di attività economica correlata ad un aumento dell'intensità energetica (quindi con una teorica diminuzione dell'efficientamento energetico), il tutto controbilanciato da un notevole cambiamento strutturale dell'industria, che ha probabilmente spostato la produzione di valore su settori meno energivori.

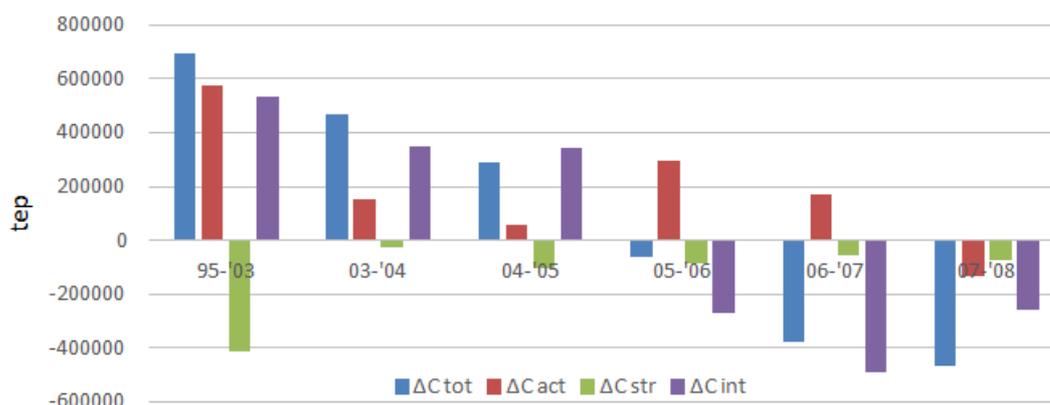


Figura 7-22. Decomposizione dei consumi finali di energia del settore industriale della Regione Emilia-Romagna (in tep).

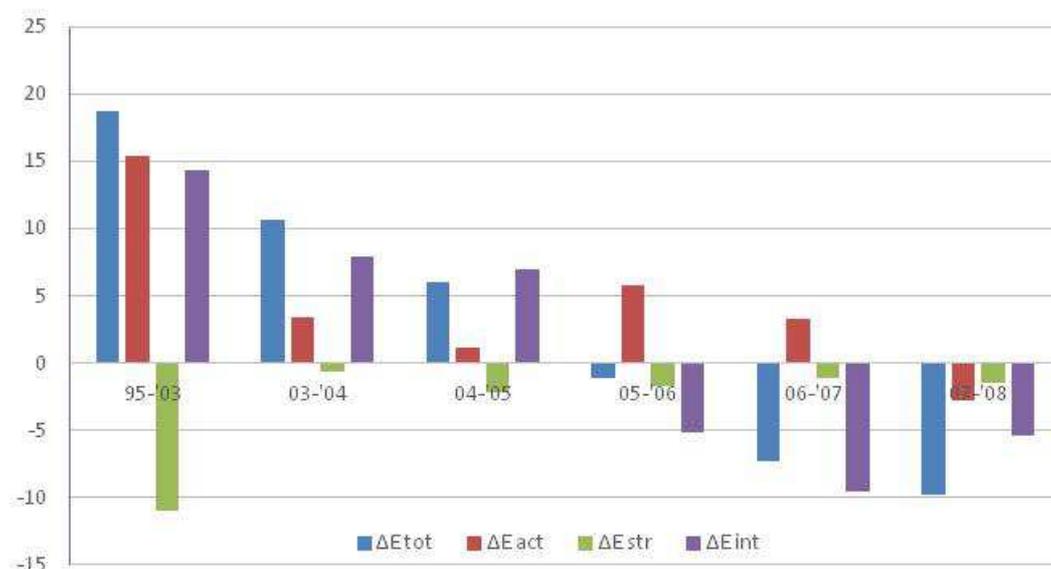


Figura 7-23. Decomposizione dei consumi finali di energia del settore industriale della Regione Emilia-Romagna (in %).

Negli anni seguenti, i fattori principali per la variazione di consumi si rivelano essere l'attività economica e l'intensità energetica; i mutamenti strutturali si dimostrano essere infatti solo marginali.

Nelle analisi di previsione dei consumi finali occorrerà quindi tenere conto sia della variazione di valore aggiunto, sia della variazione nel tempo dell'intensità energetica.

In particolare l'analisi di decomposizione mostra come nel periodo di significativa correlazione statistica tra consumi finali del settore industriale e Valore Aggiunto (relativo al periodo 1995-2003), i contributi del fattore strutturale compensino il contributo del fattore determinato dall'intensità sottosettoriale. Nel periodi successivi (2003-2008) invece, il fattore strutturale diventa poco significativo mentre diventa sempre più rilevante il contributo ai consumi determinato dalla variazione dell'intensità energetica sottosettoriale delle diverse branche industriali.

In particolare, è possibile vedere come l'attività economica sia cominciata a scendere in negativo solo tra gli anni 2007-2008 (per poi precipitare nel 2009), mentre l'intensità energetica sia diminuita già a partire dagli anni 2005-2006.

Per quanto riguarda i sotto-settori è interessante osservare come i settori Alimentare e Minerale non metallifero abbiano continuamente diminuito le loro variazioni di intensità energetica già a partire dal 1995 (solo tra il 2007 e il 2008 l'Alimentare ne ha subito un aumento, pur rimanendo in negativo), mentre il settore Chimico ha mostrato invece una maggiore variabilità.

7.2 Previsione dei consumi energetici industriali in Emilia-Romagna

7.2.1 Metodo dell'intensità energetica

L'analisi di decomposizione effettuata nel capitolo precedente mostra che dal 2003 in Emilia-Romagna il fattore strutturale, ossia la variazione di consumo finale di energia dovuta a modifiche nella distribuzione delle attività sottosettoriali, non abbia un effetto significativo sui consumi finali totali. Questo rafforza la possibilità di utilizzare un metodo di analisi previsionale semplificato per valutare il consumo energetico finale del settore industriale in Emilia-Romagna, avendo come base i valori storici da fonte Enea ed Istat del periodo 1988-2008 descritti nei capitoli precedenti. Per le previsioni si è applicato in particolare il cosiddetto metodo dell'intensità energetica del valore aggiunto, basato su estrapolazioni lineari dei valori di intensità energetica settoriale. In pratica la previsione dei consumi finali relativi al periodo 2009-2020 del settore industriale viene calcolata moltiplicando la stima dei valori futuri di intensità energetica per le relative stime dei valori futuri di valore aggiunto, secondo il seguente semplice algoritmo:

$$C_{find} = VA \times I_e$$

dove:

C_{find} è il consumo energetico finale totale del settore industriale (ktep);

VA è il valore aggiunto del settore industriale (Meuro);

I_e è l'intensità energetica ottenuta dal rapporto tra consumi energetici finali C_{find} e valore aggiunto VA

Il C_{find} è quindi una variabile dipendente dai valori di VA e di I_e : la previsione dei consumi energetici è di conseguenza basata su ipotesi di scenario evolutivo del valore aggiunto e dell'intensità energetica settoriale. In prima approssimazione verranno considerate le evoluzioni del valore aggiunto e dell'intensità energetica industriale basandosi su tre scenari: minimo tendenziale (corrispondente ad una ipotesi di bassi consumi), massimo (corrispondente ad una ipotesi di massimi consumi) ed uno scenario mediano.

Secondo l'algoritmo individuato, i consumi finali del settore industriale in Emilia-Romagna saranno, in futuro, condizionati dall'andamento dell'indice di attività industriale (il suo valore aggiunto) e dall'efficienza energetica dello stesso settore (rappresentata dai consumi energetici per unità di valore aggiunto).

Per i valori futuri dei valori aggiunti e dell'intensità energetica settoriale sono state effettuate le considerazioni di seguito riportate.

Tabella 7-11. Previsione del tasso di variazione annuale dei valori aggiunti del settore industriale dell'Emilia-Romagna (elaborazione su dati Istat, Unioncamere Emilia-Romagna, 2017).

Anno	Tasso annuo di variazione del valore aggiunto
1988	
1989	0,019
1990	0,002
1991	-0,011
1992	0,022
1993	-0,023
1994	0,048
1995	0,058
1996	0,011
1997	0,001
1998	0,018
1999	0,013
2000	0,057
2001	0,000
2002	0,008
2003	-0,007
2004	0,029
2005	0,015
2006	0,063
2007	0,041
2008	-0,043
2009	-0,156
2010	0,072
2011	0,032
2012	-0,031
2013	0,010
2014	0,010
2015	0,010
2016	0,010

Anno	Tasso annuo di variazione del valore aggiunto
2017	0,010
2018	0,010
2019	0,010
2020	0,010

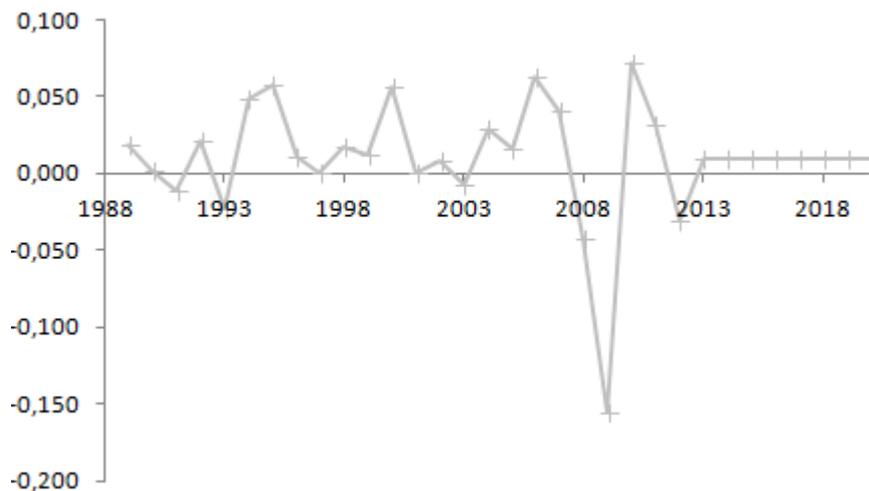


Figura 7-24. Serie storica e previsione del tasso di variazione annuale dei valori aggiunti del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (elaborazione su dati Istat e Unioncamere, 2017).

Come già osservato, il tasso annuale di variazione del valore aggiunto per il settore industriale oscilla, nel periodo dal 1988 al 2012, attorno al valore 0,01 (valore medio nell'intervallo considerato). Si è scelto quindi di considerare questo valore medio quale tasso di crescita anche per gli anni 2013-2020.

La stima del valore aggiunto dell'industria è quindi riportata nella tabella e nel grafico seguenti.

Tabella 7-12. Stima del valore aggiunto del settore industriale dell'Emilia-Romagna (in Meuro; elaborazione su dati Istat, Unioncamere Emilia-Romagna, 2017).

Anno	Valore aggiunto industria Meuro
1988	28068
1989	28596
1990	28660
1991	28353
1992	28970
1993	28302
1994	29669
1995	31394
1996	31740
1997	31762
1998	32329
1999	32738
2000	34599
2001	34599
2002	34888
2003	34636
2004	35627
2005	36178

Anno	Valore aggiunto industria Meuro
2006	38454
2007	40012
2008	38294
2009	32326
2010	34652
2011	35764
2012	34651
2013	34998
2014	35348
2015	35701
2016	36058
2017	36419
2018	36783
2019	37151
2020	37522

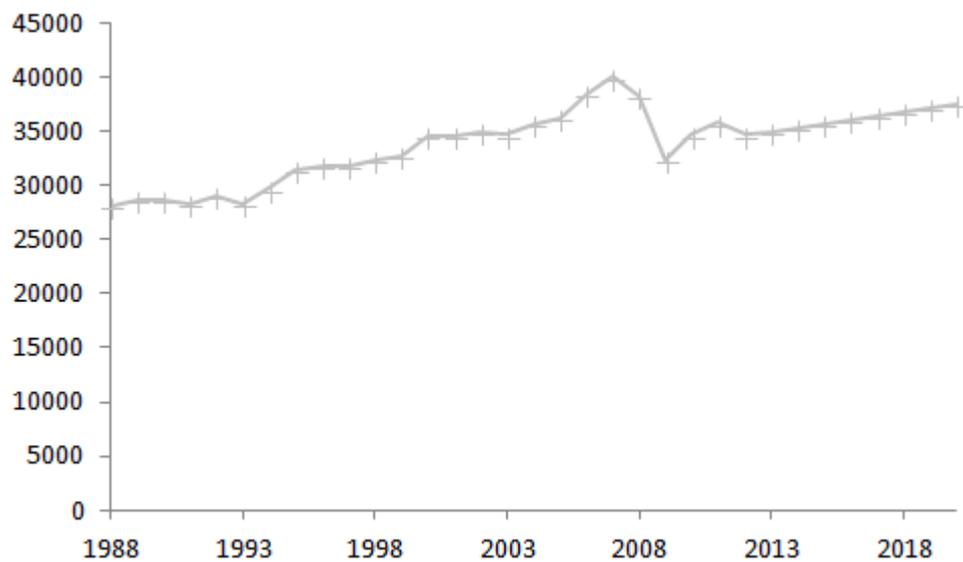


Figura 7-25. Serie storica e previsione del valore aggiunto a prezzi costanti 2005 del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in Meuro; elaborazione su dati Istat, Unioncamere, 2017).

Come si vede dal grafico sopra, nella previsione del valore aggiunto del settore industria dal 2013 al 2020 si è scelto di considerare l'andamento storico complessivo, senza attribuire maggior peso alle dinamiche relative al biennio di picco della crisi economica nazionale 2008-2009. Il valore aggiunto continuerebbe, con tali ipotesi, a presentare un andamento crescente sino al 2020, senza mai riuscire a recuperare il picco del 2007 (pari a 40012 Meuro) ma attestandosi al 2020 sul valore di 37522 Meuro.

Analoghe considerazioni vengono effettuate per la stima dei valori dell'intensità energetica del settore industriale per il periodo 2009-2020.

Tabella 7-13. Previsione del tasso di variazione annuale dell'intensità energetica del settore industriale dell'Emilia-Romagna (elaborazione su dati Istat, Unioncamere Emilia-Romagna, Enea, 2017).

Anno	Tasso annuo di variazione dell'intensità energetica
1988	
1989	0,067
1990	-0,025
1991	-0,049
1992	0,011
1993	-0,022
1994	-0,003
1995	0,027
1996	0,007
1997	0,009
1998	-0,009
1999	0,011
2000	-0,010
2001	0,020
2002	0,032
2003	0,013
2004	0,054
2005	0,065
2006	-0,071
2007	-0,109
2008	-0,022
2009	0,000
2010	0,000
2011	0,000
2012	0,000
2013	0,000
2014	0,000
2015	0,000
2016	0,000
2017	0,000
2018	0,000
2019	0,000
2020	0,000

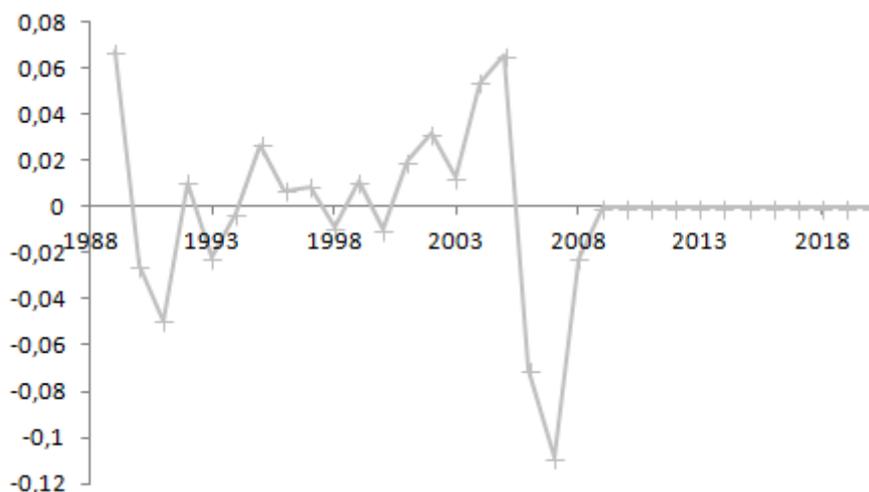


Figura 7-26. Serie storica e della previsione del tasso di variazione annuale dell'intensità energetica del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (elaborazione su dati Istat, Unioncamere, Enea, 2017).

Il tasso annuale di variazione dell'intensità energetica del valore aggiunto per il settore industria oscilla, come si è visto, attorno allo zero (valore medio nell'intervallo considerato). Si è scelto quindi di stimare nullo il tasso di variazione annua relativo anche al periodo 2009-2020.

La stima dell'intensità energetica è riportata nella tabella seguente.

Tabella 7-14. Serie storica e previsione dell'intensità energetica annuale del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in tep/M€; elaborazione su dati Istat, Unioncamere, 2017).

Anno	Intensità energetica (tep/Meuro)
1988	118,95
1989	126,94
1990	123,71
1991	117,61
1992	118,85
1993	116,27
1994	115,91
1995	119,03
1996	119,87
1997	120,92
1998	119,81
1999	121,11
2000	119,90
2001	122,27
2002	126,13
2003	127,72
2004	134,61
2005	143,39
2006	133,27
2007	118,78
2008	116,12
2009	116,12
2010	116,12
2011	116,12
2012	116,12
2013	116,12
2014	116,12
2015	116,12
2016	116,12
2017	116,12
2018	116,12
2019	116,12
2020	116,12

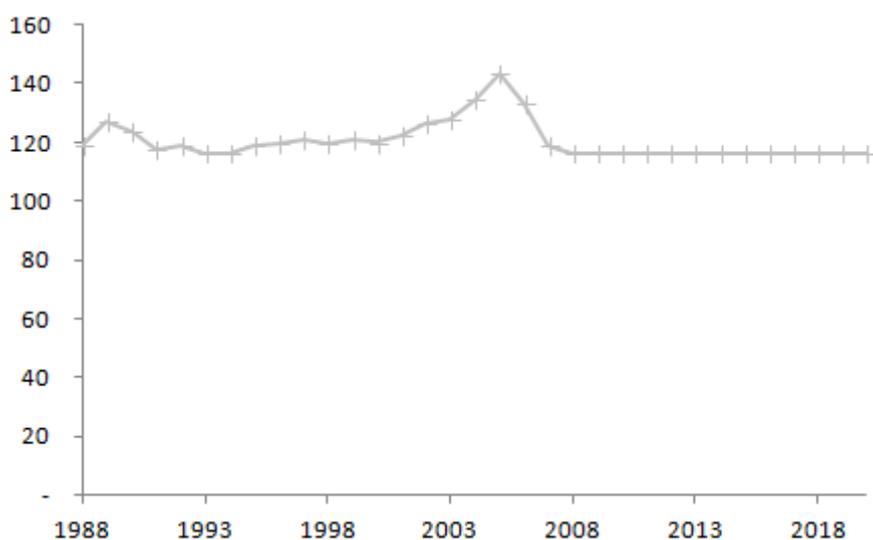


Figura 7-27. Serie storica e della previsione dell'intensità energetica annuale del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (elaborazione su dati Istat, Unioncamere, Enea, 2017).

Anche in questo caso, nella previsione dell'intensità energetica del settore industria dal 2009 al 2020 si è scelto di considerare l'andamento storico complessivo, senza attribuire maggior peso alle dinamiche relative al biennio di picco della crisi economica nazionale 2008-2009. L'intensità energetica, ipotizzando un valore di tasso pari a zero per la proiezione dal 2009 al 2020, continuerebbe a presentare un andamento costante, pari al valore del 2008, sino al 2020.

La tabella successiva riporta la serie storica e la previsione dei consumi finali del settore industria in Emilia-Romagna, ottenuta con il metodo dell'intensità energetica spiegato all'inizio del presente capitolo.

Tabella 7-15. Serie storica e previsione dei consumi energetici finali del settore industriale dell'Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Consumi energetici finali industria (ktep)
1988	3339
1989	3630
1990	3546
1991	3335
1992	3443
1993	3291
1994	3439
1995	3737
1996	3805
1997	3841
1998	3873
1999	3965
2000	4148
2001	4230
2002	4401
2003	4424
2004	4796
2005	5187
2006	5125
2007	4753
2008	4447
2009	3754
2010	4024
2011	4153
2012	4024
2013	4064
2014	4105
2015	4146
2016	4187
2017	4229
2018	4271
2019	4314
2020	4357

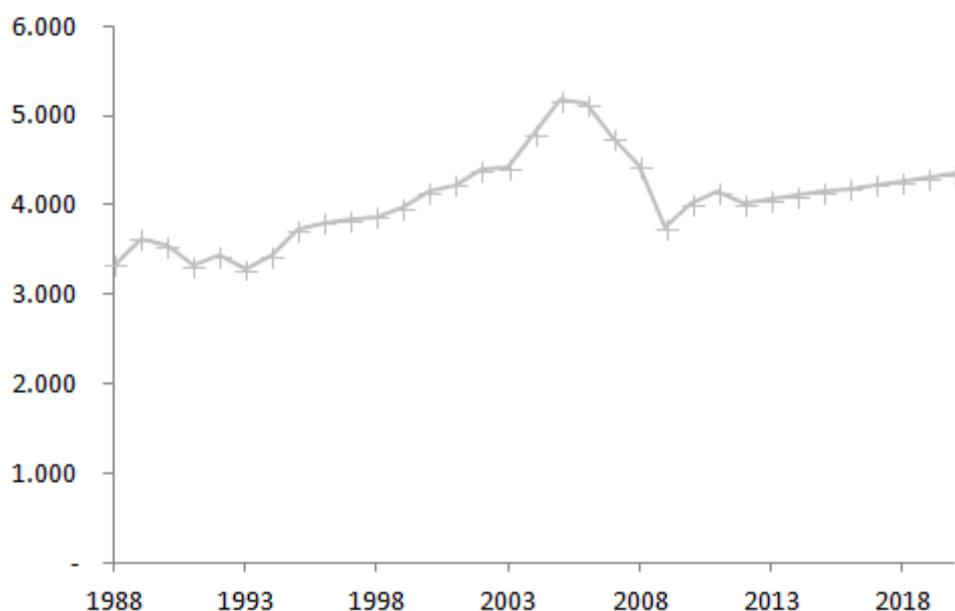


Figura 7-28. Serie storica e previsione dei consumi energetici finali annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Come si vede dal grafico riportato sopra, la previsione dei consumi finali complessivi del settore industriale ottenuti, per ciascun anno, moltiplicando i fattori relativi alle stime dei valori aggiunti a valori costanti e dell'intensità energetica del settore industriale, presenta, con il metodo qui utilizzato, un andamento crescente raggiungendo, al 2020, valori di consumo del 2002-2003, pari a 4327 ktep. Per la stima dei consumi finali di combustibili solidi, gassosi, prodotti petroliferi, dei consumi finali di fonti rinnovabili ed elettrici si è scelto di ragionare sulla previsione dei pesi relativi di consumo delle diverse fonti energetiche, a partire dall'analisi delle serie storiche degli stessi pesi.

Si veda in particolare la tabella sottostante che riassume tutte le previsioni di variazione dei tassi.

Tabella 7-16. Serie storiche e stime dei pesi di consumo delle differenti fonti energetiche sul totale dei consumi finali per il settore industria (elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Peso cons. finali di comb. solidi sul tot	Peso cons. finali di prod. petr. sul tot	Peso cons. finali di comb. gas. sul tot	Peso cons. finali di rinnovabili sul tot	Peso cons. finali di ener. elettrica sul tot
1988	0,015	0,194	0,587	0,005	0,198
1989	0,014	0,175	0,611	0,007	0,192
1990	0,017	0,160	0,616	0,009	0,198
1991	0,014	0,146	0,625	0,003	0,212
1992	0,019	0,141	0,625	0,005	0,210
1993	0,015	0,125	0,635	0,004	0,221
1994	0,011	0,108	0,642	0,015	0,225
1995	0,014	0,119	0,630	0,011	0,225
1996	0,015	0,106	0,643	0,011	0,225
1997	0,013	0,108	0,647	0,003	0,229
1998	0,011	0,096	0,653	0,003	0,237
1999	0,007	0,095	0,658	0,000	0,240

Anno	Peso cons. finali di comb. solidi sul tot	Peso cons. finali di prod. petr. sul tot	Peso cons. finali di comb. gas. sul tot	Peso cons. finali di rinnovabili sul tot	Peso cons. finali di ener. elettrica sul tot
2000	0,005	0,084	0,666	0,002	0,244
2001	0,005	0,078	0,672	0,001	0,242
2002	0,003	0,092	0,658	0,006	0,242
2003	0,002	0,076	0,670	0,006	0,246
2004	0,002	0,069	0,687	0,011	0,231
2005	0,002	0,061	0,686	0,033	0,218
2006	0,002	0,067	0,679	0,031	0,222
2007	0,001	0,056	0,695	0,008	0,240
2008	0,001	0,075	0,671	0,005	0,247
2009	0,000	0,044	0,675	0,033	0,247
2010	0,000	0,040	0,679	0,033	0,247
2011	0,000	0,036	0,683	0,033	0,247
2012	0,000	0,032	0,687	0,033	0,247
2013	0,000	0,028	0,691	0,033	0,247
2014	0,000	0,024	0,695	0,033	0,247
2015	0,000	0,020	0,699	0,033	0,247
2016	0,000	0,016	0,703	0,033	0,247
2017	0,000	0,012	0,707	0,033	0,247
2018	0,000	0,008	0,711	0,033	0,247
2019	0,000	0,004	0,715	0,033	0,247
2020	0,000	0,000	0,719	0,033	0,247

In particolare, dato l'andamento storico del peso dei consumi di combustibili solidi sul consumo finale totale, la proiezione 2009-2020 si stima essere nulla già a partire dal 2009 e per ciascun anno sino al 2020. Tale proiezione è giustificata dal fatto che, come si è visto in precedenza, durante il periodo 1988-2008, i consumi finali di combustibili solidi del settore industria in Emilia-Romagna mostrano un andamento fluttuante decrescente con un picco nel 1992, dove avevano comunque un peso relativamente basso sul settore industria, pari al 1,9% (65 ktep), per poi calare rapidamente sino al 2008, anno in cui il loro valore può essere considerato trascurabile (4 ktep). Si è scelto quindi di continuare a considerare nullo il contributo di questa fonte ai consumi finali dell'industria.

La proiezione del peso del consumo di prodotti petroliferi sul totale dei consumi finali viene ottenuta, per ciascun anno dal 2009 al 2020, come complemento ad uno rispetto alla somma algebrica dei pesi dei consumi finali di combustibili solidi, gassosi, dei consumi finali di fonti rinnovabili ed elettrici. In questa somma diviene sempre maggiore il peso del gas, che viene ipotizzato crescente come la serie storica del periodo dal 1988 al 2008 (la retta che interpola meglio i dati ha infatti un andamento crescente con coefficiente angolare pari a 0,004). Il peso dei prodotti petroliferi mostra dunque un andamento decrescente, sino ad annullarsi al 2020. Si rileva che secondo il BER 2014 i prodotti petroliferi hanno un valore doppio rispetto alla presente stima (209 ktep invece che 100 ktep).

Si è già descritta la proiezione del peso del gas, mentre per quanto riguarda le stime 2009-2020 del peso delle fonti rinnovabili e della componente elettrica, esse vengono considerate pari al valore massimo registrato nel periodo dal 1988 al 2008 (rispettivamente 3,3% e 24,7%).

Le proiezioni di consumo delle varie fonti vengono riportate e commentate di seguito.

Tabella 7-17. Serie storica e previsione dei consumi energetici al netto dei consumi finali elettrici per il settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Consumi termici finali industria (ktep)
1988	2679
1989	2932
1990	2843
1991	2626
1992	2719
1993	2563
1994	2666
1995	2896
1996	2948
1997	2962
1998	2956
1999	3014
2000	3138
2001	3205
2002	3336
2003	3334
2004	3685
2005	4054
2006	3989
2007	3614
2008	3347
2009	2825
2010	3028
2011	3126
2012	3028
2013	3059
2014	3089
2015	3120
2016	3151
2017	3183
2018	3215
2019	3247
2020	3279

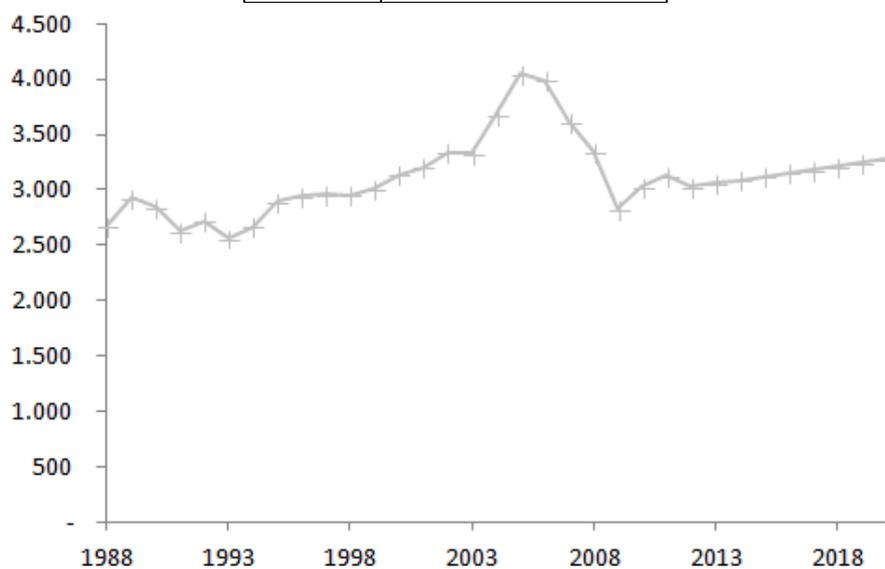


Figura 7-29. Serie storica e della previsione dei consumi energetici finali al netto dei consumi elettrici annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

La stima di consumo energetico al netto della quota di consumi finali elettrici per il periodo dal 2009 al 2020, mostra un andamento analogo a quello presentato nel grafico dei consumi finali totali, in quanto la parte non elettrica, rappresentata dalla sommatoria di tutti i combustibili e delle fonti rinnovabili, costituisce circa il 76% dei consumi totali. Secondo la presente analisi pertanto, tali consumi presentano un forte calo nel 2009, per poi riprendere quota sino al 2011, calare nuovamente in corrispondenza del 2012 e poi crescere in modo costante sino al 2020.

Tabella 7-18 Serie storica e previsione dei consumi elettrici finali del settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; Elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Consumi elettrici finali industria (ktep)
1988	660
1989	698
1990	703
1991	708
1992	724
1993	727
1994	772
1995	841
1996	857
1997	879
1998	917
1999	951
2000	1011
2001	1025
2002	1064
2003	1089
2004	1110
2005	1133
2006	1135
2007	1139
2008	1100
2009	929
2010	995
2011	1027
2012	995
2013	1005
2014	1015
2015	1026
2016	1036
2017	1046
2018	1057
2019	1067
2020	1078

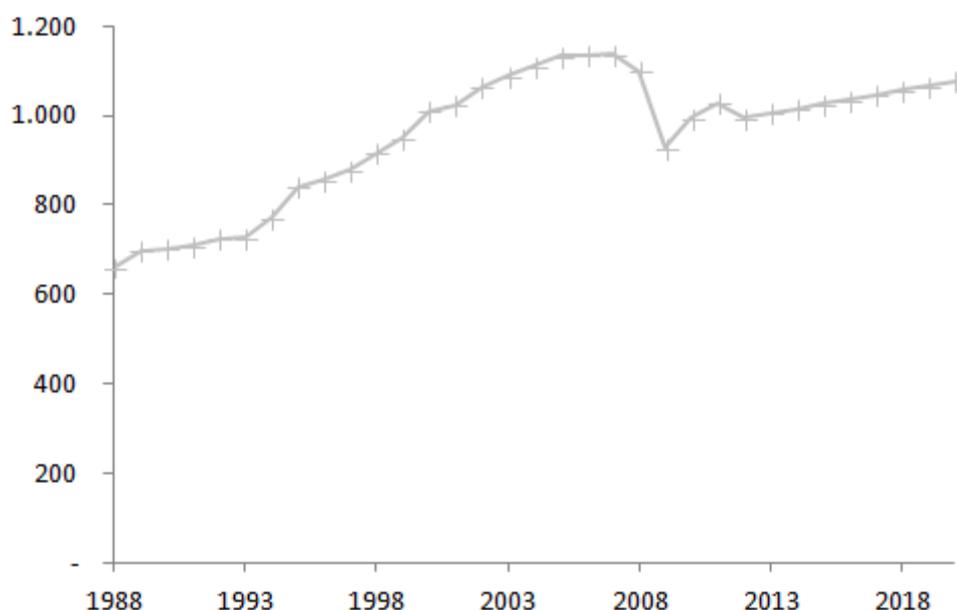


Figura 7-30 Serie storica e della previsione dei consumi finali elettrici annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

La stima dei consumi finali elettrici per il periodo dal 2008 al 2020 mostra un andamento analogo a quello presentato nel grafico dei consumi finali totali. I consumi elettrici finali vengono infatti ottenuti moltiplicando i consumi finali totali per il tasso di variazione annuo, stimato pari a 0,247. Secondo tale stima dunque, i consumi elettrici costituiranno circa il 25% dei consumi totali. Secondo la presente analisi pertanto, tali consumi elettrici presentano un forte calo nel 2009, per poi riprendere quota sino al 2011, calare nuovamente in corrispondenza del 2012 e poi crescere in modo costante sino al 2020 (il valore di consumo finale elettrico del settore industriale di Terna per il 2017 è di 1053 ktep, superiore di solo 7 ktep, il valore stimato nella presente analisi, pari a 1046 ktep). I consumi elettrici quindi, dopo il picco della crisi economica del 2009, presentano un andamento crescente. Ciò accade nonostante, sempre da fonte BER ENEA 2014, i consumi finali del settore industriale subiscano un netto calo al 2014.

Tabella 7-19. Serie storica e previsione dei consumi finali di combustibili solidi del settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Consumi finali di combustibili solidi industria (ktep)
1988	51
1989	51
1990	59
1991	46
1992	65
1993	49
1994	38
1995	53
1996	56
1997	51
1998	43
1999	28

Anno	Consumi finali di combustibili solidi industria (ktep)
2000	20
2001	23
2002	14
2003	8
2004	8
2005	9
2006	9
2007	4
2008	4
2009	0
2010	0
2011	0
2012	0
2013	0
2014	0
2015	0
2016	0
2017	0
2018	0
2019	0
2020	0

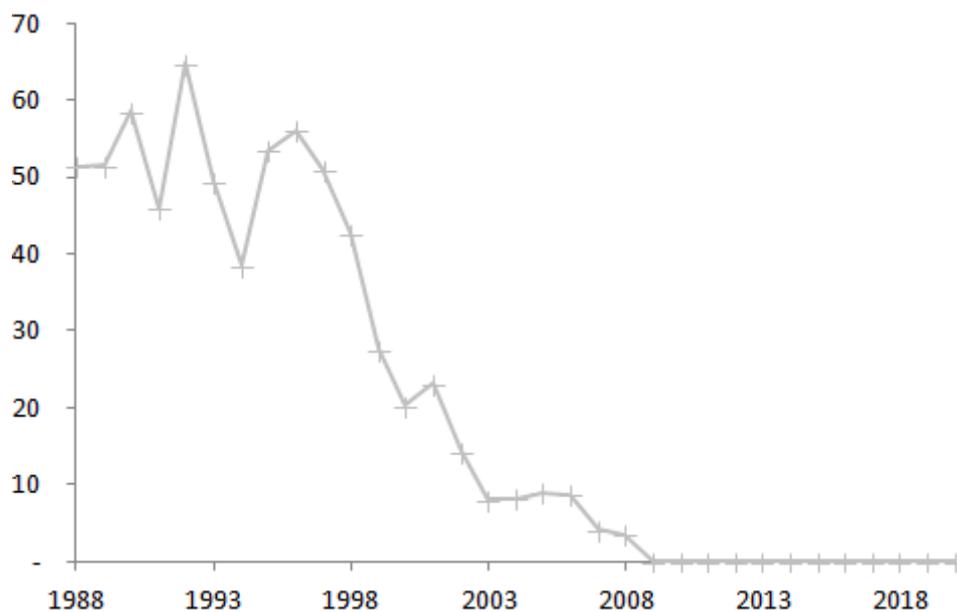


Figura 7-31. Serie storica e della previsione dei consumi finali di combustibili solidi annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

I consumi di combustibili solidi nella presente analisi tendono ad azzerarsi già dal 2009, per poi non riprendere quota sino al 2020. La stima BER Enea 2014 vede un consumo residuo di 43 ktep, pari ai valori del 1998.

Tabella 7-20. Serie storica e previsione dei consumi finali di prodotti petroliferi del settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Consumi finali di prodotti petroliferi industria (ktep)
1988	649
1989	636
1990	567

Anno	Consumi finali di prodotti petroliferi industria (ktep)
1991	485
1992	484
1993	412
1994	371
1995	445
1996	403
1997	414
1998	373
1999	379
2000	347
2001	331
2002	404
2003	336
2004	329
2005	318
2006	342
2007	267
2008	334
2009	167
2010	163
2011	151
2012	131
2013	116
2014	100
2015	85
2016	69
2017	53
2018	36
2019	19
2020	2

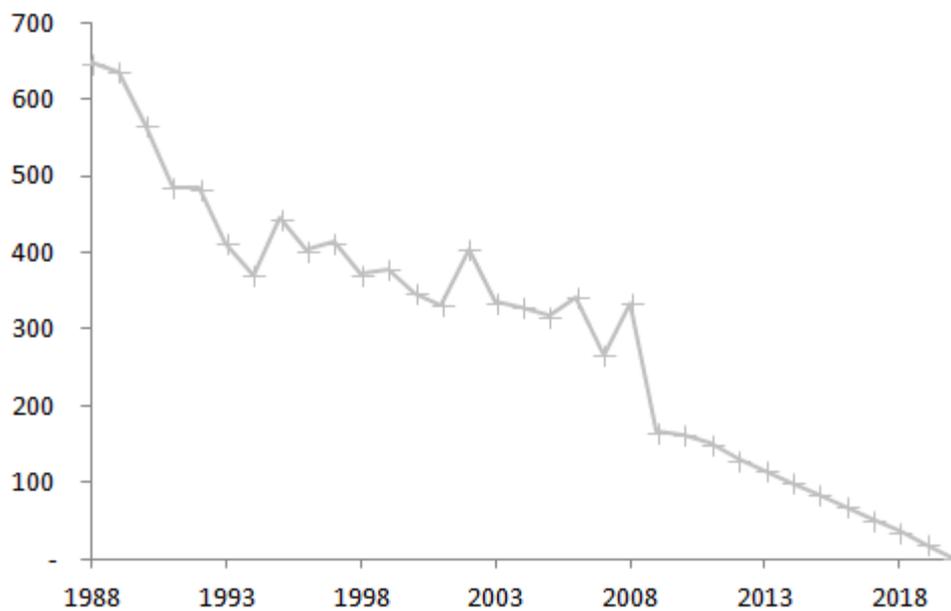


Figura 7-32. Grafico della serie storica e della previsione dei consumi finali di prodotti petroliferi annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

La stima del consumo finale di prodotti petroliferi presenta un brusco calo dal 2008 al 2009, per poi calare moderatamente sino ad annullarsi completamente in corrispondenza del 2020. La stima BER Enea 2014 vede un consumo finale di 209 ktep, avvicinandosi ai valori pre crisi del 2007.

Tabella 7-21. Serie storica e previsione dei consumi finali di combustibili gassosi (ktep) del settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; Enea, 2017).

Anno	Consumi finali di combustibili gassosi industria (ktep)
1988	1961
1989	2219
1990	2186
1991	2086
1992	2154
1993	2090
1994	2207
1995	2355
1996	2447
1997	2486
1998	2527
1999	2607
2000	2762
2001	2845
2002	2893
2003	2964
2004	3296
2005	3558
2006	3477
2007	3305
2008	2985
2009	2534
2010	2733
2011	2837
2012	2765
2013	2809
2014	2853
2015	2899
2016	2944
2017	2991
2018	3038
2019	3085
2020	3134

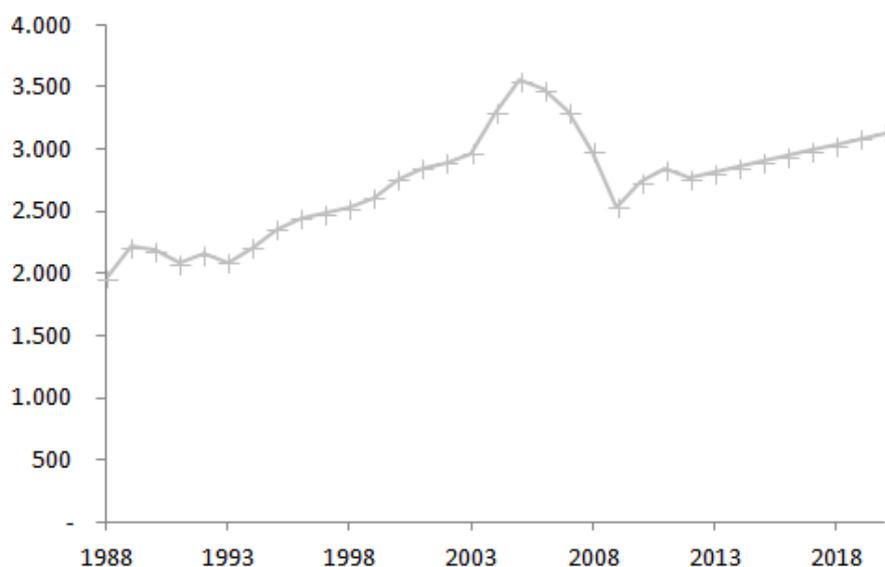


Figura 7-33. Grafico della serie storica e della previsione dei consumi finali di combustibili gassosi annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

La previsione dei consumi di gas in Regione Emilia-Romagna, secondo la presente analisi, mostra un forte calo in corrispondenza del picco della crisi economica del 2009, per poi crescere in modo quasi costante, con solo una leggera diminuzione dei consumi in corrispondenza del 2012, sino al valore massimo del 2020, in cui comunque non viene raggiunto il picco del 2005. In pratica la presente analisi sovrastima leggermente i consumi di combustibili gassosi al 2017 (ultimo anno di cui si dispone di dati ufficiali Snam) ponendoli pari a 2991 ktep.

Tabella 7-22. Serie storica e previsione dei consumi finali di fonti rinnovabili del settore industriale in Emilia-Romagna (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Anno	Consumi finali di fonti rinnovabili industria (ktep)
1988	18
1989	26
1990	31
1991	9
1992	16
1993	12
1994	50
1995	42
1996	42
1997	11
1998	13
1999	0
2000	8
2001	6
2002	24
2003	26
2004	52
2005	169
2006	161
2007	38
2008	24
2009	124

2010	133
2011	137
2012	133
2013	134
2014	135
2015	137
2016	138
2017	140
2018	141
2019	142
2020	144

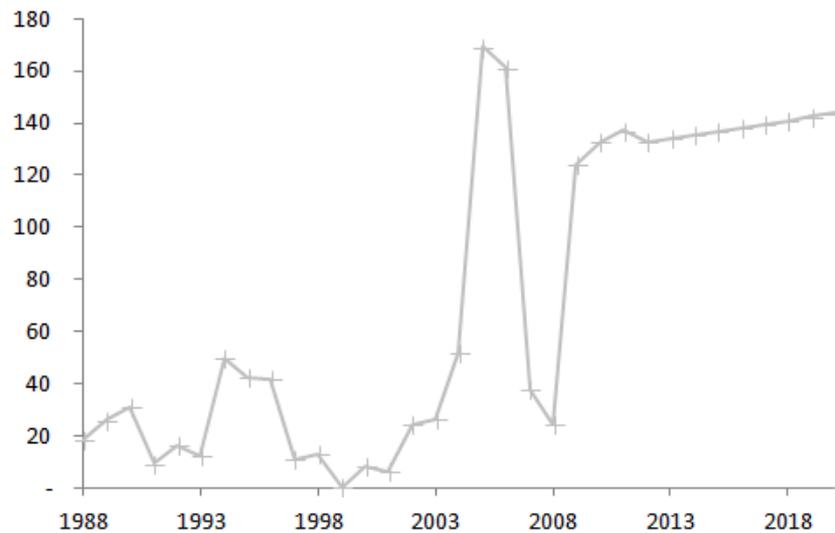


Figura 7-34. Grafico della serie storica e della previsione dei consumi finali di fonti rinnovabili annuali del settore industriale dell'Emilia-Romagna dal 1988-2020 (in ktep; elaborazione su dati Enea, 2017).

Il grafico della previsione dei consumi finali di fonti rinnovabili sopra riportato mostra un brusco aumento dell'uso finale di questa fonte dal 2008 al 2009. Sino al 2011 si assisterebbe ad una crescita più moderata, che, dopo un calo al 2012, risalirebbe con tasso costante sino al 2020. Anno in cui si prevede un consumo finale di fonti rinnovabili pari a 144 ktep. Si noti come la presente stima al 2014 sovrastimi di circa 80 ktep la stima da bilancio Enea 2014 (135 ktep rispetto ai 56 ktep Enea 2014).

La costruzione del modello semplificato è comune alla soluzione preliminare-speditiva di molti problemi dell'ingegneria e delle scienze, risolti con metodiche speditive, di "screening", che coinvolgono l'esplorazione delle relazioni tra poche variabili descrittive di sistemi complessi e la modellazione del possibile legame esistente tra queste. Il metodo previsionale semplificato presentato sopra, offre indubbiamente una metodologia di stima dei consumi finali speditiva ma molto utile per i decisori politici. Lo scopo dei modelli semplificati è di porre in luce in modo chiaro, poco dispendioso, anche se non completo ed esaustivo, le variabili più significative operanti nel sistema reale e le loro mutue relazioni. In questo caso l'analisi di decomposizione ha messo in luce la possibilità di prendere in considerazione due

driver principali del consumo: valore aggiunto e intensità energetica settoriale. L'utilizzo delle serie storiche ne ha suggerito una possibile evoluzione. Naturalmente le stime speditive devono essere continuamente aggiornate con nuovi dati in modo da migliorare la stima speditiva per successive approssimazioni.

7.2.2 Metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci

Nei sistemi complessi, come i sistemi energetici territoriali, la stima dei determinanti di consumo risulta essere di difficile valutazione. Come si desume dall'analisi della letteratura su questo argomento, le variabili che determinano i consumi energetici in una regione non sono univocamente definibili. Il metodo dei "Ritracciamenti di Fibonacci" prescinde dall'analisi dei determinanti economici dei consumi e può essere utilizzato come metodologia di screening e in integrazione ad altri modelli econometrici statisticamente più rilevanti per prevedere, a breve termine, l'andamento dei consumi energetici di un sistema territoriale.

Un sistema energetico territoriale è sia un sistema antropico sia un sistema naturale. Galileo Galilei ribadisce l'autonomia e l'autoconsistenza del mondo naturale e nel capitolo VI de "Il Saggiatore" scrive *"La filosofia (della natura) è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto dinanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscere i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto"*. L'aforisma enunciato da Galileo, "il libro della natura è scritto con i caratteri della geometria", conferma che l'armonia del mondo si manifesta nella forma e nel numero. L'anima e la poesia della filosofia naturale sono incarnate nel concetto di bellezza matematica: ciò che è regolare è utile e perfetto. Nelle culture antiche la perfezione ha suscitato curiosità e ammirazione stimolando lo studio dei segreti nascosti dalla matematica della natura. Osservando la natura, scopriamo espressioni di eleganza e armonia: il tratto comune che definisce oggetti armonici è generato da forze rigorose e inequivocabili, che obbediscono a precise leggi matematiche. Le forme sono il primo aspetto intuitivo della realtà che l'occhio umano percepisce. La necessità di esaminare e osservare, ciò che Galileo chiamava "esperienza sensibile", è necessaria per cogliere gli aspetti salienti di un fenomeno, descriverlo e rappresentarlo in sintesi. Procedendo passo dopo passo con rigore dimostrativo, come insegnava il lavoro matematico di Eudosso di Cnido (408-355 a.C.), è possibile formulare regole e postulati delle realtà oggettive della natura. Ovviamente non è possibile definire alcun processo senza fare riferimento all'intuizione, all'esperienza e alla sensibilità dello sperimentatore, qualità fondamentali per trovare relazioni in un metodo di ricerca. Un nuovo modo di interpretare la natura si realizza così nella ricerca di una comunanza tra un simbolo terrestre e un simbolo cosmico, nell'accettazione dell'obbedienza di cielo e

terra alle stesse leggi, nella regolarità delle strutture tra macrocosmo e microcosmo: necessarie e premesse logiche per scoprire, ad esempio, che l'essenzialità di una linea a spirale rappresenta alcuni tipi di galassie, ma è anche rintracciabile in modo simile ai vortici terrestri. Proprio la spirale, quella curva piatta che ha la proprietà di avvolgersi in infinite curve attorno a un punto, è una struttura onnipresente. È una delle forme geometriche più diffuse in natura: dai fiori del girasole alle corna di alcuni animali, dal movimento dei cicloni alla molecola del DNA, dai gusci alle galassie. La spirale logaritmica si avvicina alla spirale aurea, che continua indefinitamente sia verso l'interno che verso l'esterno: la curva si avvolge attorno al centro senza mai raggiungerlo e, nella direzione opposta, cresce fino a raggiungere le dimensioni di una galassia. È una figura che Aristotele avrebbe spiegato come uno spazio divisibile all'infinito, dal momento che il risultato della divisione è sempre una quantità che, come tale, è ulteriormente divisibile, che non viene modificata se non per la dimensione: in altre parole, ha un comportamento "frattale". Proporzione aurea è anche quella che si verifica nella divisione di una linea in due segmenti, in modo che il rapporto tra il segmento più lungo e quello più corto sia identico al rapporto tra l'intera linea e il segmento più lungo. Nel "Timeo", Platone sostiene che i tre termini di una proporzione aurea - la più grande (la linea intera), quella di mezzo (il segmento più lungo) e la più piccola (il segmento più corto) - siano "tutti di necessità gli stessi, e poiché sono gli stessi, non sono che uno". In una progressione di proporzioni auree, ogni parte è un microcosmo, cioè un modello minuscolo, di tutto l'insieme". L'elemento comune di diverse figure naturali è rappresentato dalla spirale logaritmica (nota anche come "spirale aurea"), attraverso cui lo sviluppo armonico della forma è legato alla necessità degli esseri viventi di crescere nel modo ottimale e meno dispendioso possibile. Questa ottimizzazione della forma è ad esempio rintracciabile nella chioma degli alberi, o nella forma di alcuni fiori. La relazione fra la spirale logaritmica e il codice di Fibonacci (Leonardo Pisano, Pisa, 1180-1250) sta nel fatto che la spirale logaritmica si crea mediante l'unione di quadrati con i lati equivalenti ai numeri della successione di Fibonacci, tanto da essere comunemente chiamata spirale aurea o spirale di Fibonacci. Il Rapporto aureo è un rapporto naturale che influenza gli esseri viventi e le leggi sugli ecosistemi vegetali. Seguendo Fibonacci, la creatività della natura è in qualche modo limitata dal fatto che molte strutture naturali sviluppano la loro morfologia perfetta seguendo il codice Fibonacci.

Nei mercati azionari di tutto il mondo la teoria di Fibonacci è sempre stata riconosciuta molto utile per le previsioni sui corsi azionari. Anche il mondo accademico ha provato a valutare la rilevanza scientifica del metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci utilizzati in Borsa. Alcuni autori (Gupta, N., 2011) ne evidenziano tuttavia la ridotta capacità di prevedere, con un certo grado di sicurezza, le evoluzioni azionarie, altri, al contrario, utilizzano indagini statistiche per confermarne la validità (Shaker, R., Muzaffar, A. 2018). Alcuni studi (Gaucan, V., 2011) hanno ribadito la convenienza nell'utilizzare vari strumenti grafici di analisi tecnica (archi, ventagli, canali di espansione ecc.) che si appoggiano ai Ritracciamenti di Fibonacci per le previsioni nei mercati azionari, altri studi (Loginov, A., 2015) hanno riconosciuto la maggiore validità dei Ritracciamenti di Fibonacci rispetto ad altri strumenti (quali le medie mobili o i Punti Pivot) nel prevedere l'andamento

futuro dei mercati azionari. Molti di questi studi si basano sulla considerazione empirica che nei mercati azionari si ripetono alcuni pattern caratteristici del passato, dando delle indicazioni molto utili sui comportamenti futuri degli stessi mercati. Molti studi hanno tentato di approcciare l'argomento, con risultati promettenti (Bhattacharya, S., 2006) ma ulteriori approfondimenti scientifici sarebbero auspicabili, per rafforzare le basi scientifiche di questa metodologia. Nel corso del presente studio questi pattern sono stati individuati a partire dai dati storici dei consumi energetici del settore produttivo in Emilia-Romagna per avere indicazioni sui livelli di consumo futuri a breve termine. La scelta di sperimentare questo modello euristico nasce soprattutto da due considerazioni: i sistemi energetici territoriali sono sia sistemi antropici, sia sistemi naturali e come tali rispondono alle leggi della natura che, come si è visto, è pervasa da dinamiche comandate dalla successione di Fibonacci. Inoltre, il prezzo dei combustibili fossili (oggetto dei mercati azionari, nei quali viene diffusamente utilizzata l'analisi tecnica di Fibonacci per la previsione delle quotazioni future) rappresenta uno dei driver fondamentali dei consumi energetici di un sistema territoriale. Anche in questo caso quindi, Fibonacci potrebbe essere utilizzato per definire i livelli significativi (i cosiddetti Ritracciamenti) in cui è statisticamente probabile rintracciare i consumi energetici futuri, data una definita dinamica storica.

In questa ricerca si sono individuati i livelli di ritracciamento del consumo di energia, data una tendenza storica. Essi sono stati in particolare utilizzati per trovare una forbice di consumi a breve termine.

Il metodo dei "Ritracciamenti di Fibonacci" deve il nome a Leonardo di Pisa, detto Fibonacci, considerato il più grande matematico del Medioevo. I Ritracciamenti di Fibonacci vengono utilizzati diffusamente come strumenti dell'analisi tecnica dagli analisti di borsa. Esistono numerosi indicatori di analisi tecnica utili a prevedere l'andamento dei mercati azionari, ma quasi nessuno può vantare la diffusione dei Ritracciamenti di Fibonacci. Grazie alla successione dei numeri di Fibonacci è possibile individuare importanti livelli grafici che hanno statisticamente una buona probabilità di essere raggiunti nel futuro, esprimendo di fatto, livelli di supporto e di resistenza. La successione di Fibonacci, anche nota come successione aurea, in matematica indica una successione di numeri interi positivi in cui ogni numero, a cominciare dal terzo (il numero 2), è la somma dei due precedenti. Si avrà così una serie di numeri come i seguenti: 1-1-2-3-5-8-13-21-34-55-89-144-... ecc. Una caratteristica unica di questa serie è che il rapporto di due numeri consecutivi tende asintoticamente al numero irrazionale 1,618033..., man mano che la serie tende all'infinito. Questo valore è il "rapporto aureo", noto fin dall'antichità ed utilizzato in molti altri settori. In matematica i numeri di Fibonacci sono legati alla sezione aurea, alla sequenza di Farey, alle frazioni continue, ai frattali; in fisica sussiste il legame con la teoria delle stringhe. Il rapporto aureo è largamente diffuso anche in biologia, nella musica, nell'economia, nell'arte, nell'elettrotecnica o nell'informatica.

Tabella 7-23 Serie di Fibonacci. La successione dei rapporti tra un numero ed il precedente tende al numero irrazionale 1,618033..., chiamato rapporto aureo.

Serie di Fibonacci	1	1	2	3	5	8	13	21
Rapporto tra i numeri successivi della Serie	-	1	2	1,5	1,666	1,6	1,625	1,615

I Ritracciamenti di Fibonacci usati nell'analisi tecnica sono valori percentuali (0%, 23,6%, 38,2%, 50%, 61,8%, 76,4%, 100%) che derivano dal rapporto costante tra particolari abbinamenti dei numeri che fanno parte della successione; in particolare sono livelli significativi attentamente monitorati dagli analisti dei mercati azionari, che spesso basano su di essi le proprie decisioni strategiche. Tra tutti i livelli quello del 50% è sicuramente il più importante ai fini operativi; tuttavia anche i livelli di ritracciamento del 38,2% e del 61,8% sono altresì importanti per ragioni che verranno trattate di seguito; sono livelli sensibili su cui secondo gli analisti delle borse è probabile attendersi reazioni dei prezzi nei mercati finanziari.

Tabella 7-24 Livelli di Fibonacci

Valore	Descrizione
0,0	Pari allo 0% del trend principale
23,6	Rapporto % tra un numero della serie ed il numero tre posizioni più avanti. Complementare di 76,4
38,2	Ottenuto dal rapporto tra 0,618 e 1,618
50,0	Pari al 50% del trend principale
61,8	Rapporto % tra un numero della serie ed il suo successivo, anche ottenuto dal rapporto tra 1 e 1,618
76,4	Complementare di 23,6
100	Pari al 100% del trend principale

Nella presente ricerca i Ritracciamenti di Fibonacci sono stati usati per ricostruire livelli significativi di consumo dei prodotti energetici, applicandoli al caso dei consumi di gas naturale e del consumo di energia elettrica del settore industriale in Emilia-Romagna.

In questo caso i Ritracciamenti si costruiscono a partire da un trend dominante; maggiore è il lasso temporale coperto dal trend, migliore risulterà la definizione dei Ritracciamenti; una volta individuato il trend dominante è possibile disegnare i livelli di Fibonacci ad esso associati. Se il trend considerato è decrescente, al suo termine, ovvero all'individuazione di un minimo dopo il quale la funzione ha cominciato

a crescere, è possibile disegnare i Ritracciamenti di Fibonacci, come proiezione lungo l'asse delle y dei valori di ritracciamento.

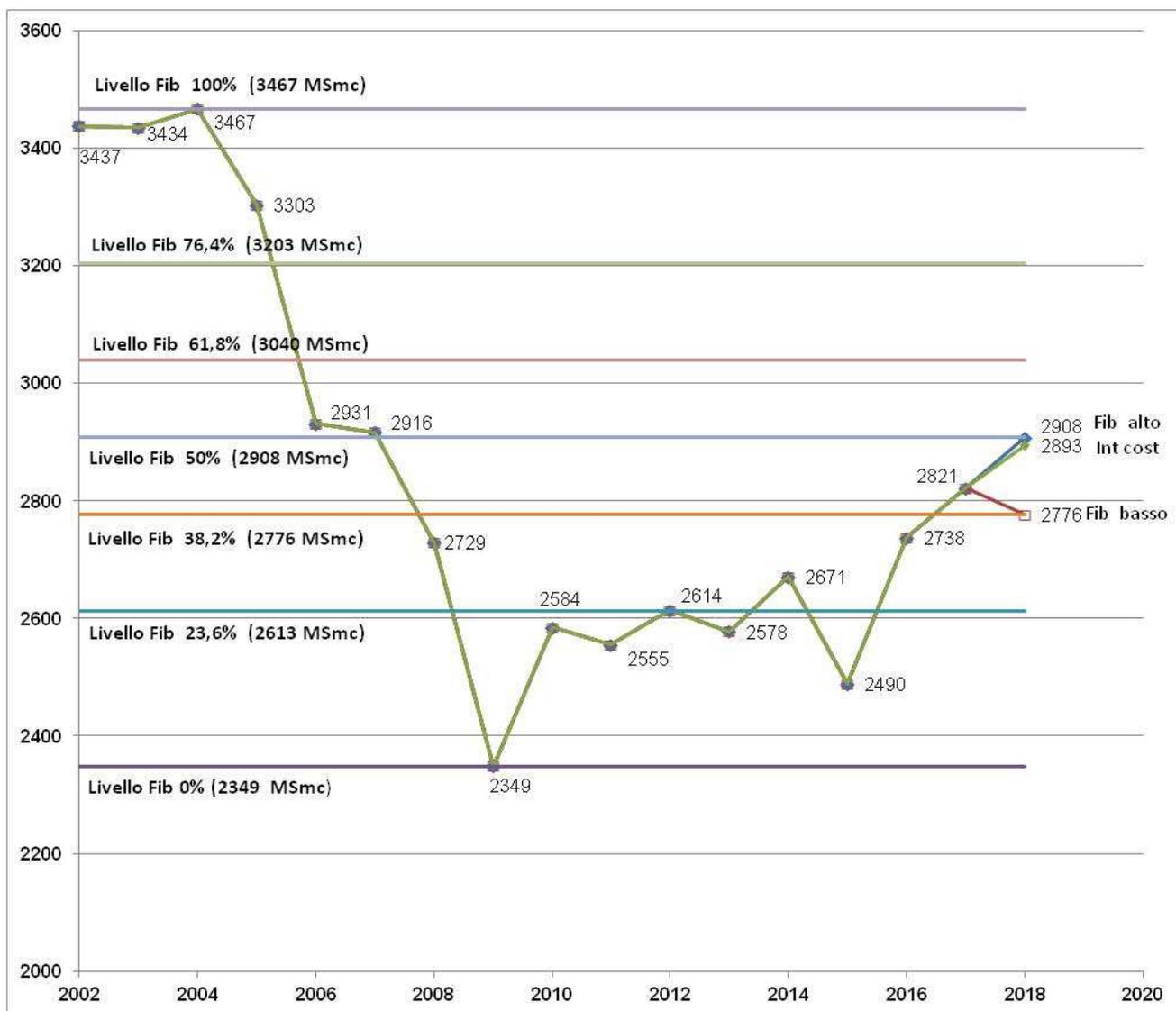


Figura 7-35. Consumi di metano del settore industria in Regione Emilia-Romagna (milioni di Smc). I dati ufficiali (Mise, 2019) si riferiscono agli anni dal 2002 al 2017. La forbice di dati di consumo di gas naturale del settore Industriale per il 2018 è stata ottenuta con il metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci (ipotesi alti consumi – Fib alto in figura – e ipotesi bassi consumi – Fib basso) e con il metodo dell'intensità costante – Int cost- descritto nel capitolo precedente.

Per l'individuazione grafica dei Ritracciamenti di Fibonacci è stato realizzato un algoritmo in ambiente excel che permette, una volta identificato il trend più significativo di riferimento, di individuare con precisione i cosiddetti livelli di ritracciamento di Fibonacci, da utilizzare per le proiezioni future di consumo. I Ritracciamenti di Fibonacci possono seguire un andamento crescente o decrescente, in base al loro originarsi, rispettivamente, da un trend dominante negativo o positivo.

Se si ipotizza un movimento discendente che parte da un massimo ad un minimo, il range dello strumento Fibonacci dovrà essere disegnato comprendendo questo range di escursione. Nel caso si volessero disegnare i livelli di ritracciamento di un movimento discendente, il livello zero dello strumento sarà posto sul minimo del movimento, mentre il 100% sul massimo. In questo modo il livello di ritracciamento del 23,6% risulterà essere il più vicino al minimo, mentre il livello del 76,4% sarà quello più lontano.

Una volta individuato il movimento sul quale calcolare i Ritracciamenti di Fibonacci ed usato il tool excel per identificarli, è possibile ottenere i livelli di consumo associati a ciascun ritracciamento (in figura sono rappresentati da linee orizzontali colorate). I livelli di consumo risultanti fungeranno quindi da livelli di supporto e resistenza statici. L'entità di ogni movimento correttivo è determinata da quanto il movimento di consumo contrario riesce portarsi al di là di determinati livelli di ritracciamento di Fibonacci. In borsa, gli analisti finanziari verificano che tendenzialmente tutti i movimenti correttivi giungono al 23,6%. Il superamento di questo livello determina la conferma di una forza avversa al movimento precedente (trend principale). Il livello del 38,2% è ritenuto fondamentale nell'ottica di un proseguimento del trend. Questo livello viene generalmente monitorato con attenzione, in attesa di segnali di forza o debolezza, in linea con la tendenza precedente. È importante tenere a mente che nelle forti tendenze i movimenti correttivi solitamente non arrivano mai a superare il livello del 38,2%. Il livello del 50% è il livello più importante da monitorare. Solitamente le tendenze strutturalmente forti sono quelle nelle quali i movimenti correttivi tornano a circa la metà dell'ultimo impulso direzionale. Il livello del 61,8% è raggiunto dai forti movimenti correttivi. Un superamento di tale livello è in genere un forte segnale di deterioramento della tendenza precedentemente in atto. Nella valutazione dei consumi energetici, invece, una volta individuato il trend dominante e disegnati i Ritracciamenti di Fibonacci, si ottengono i livelli di consumo energetico associati a ciascun ritracciamento e questi livelli vengono utilizzati come supporti e resistenze per l'andamento futuro. La caratteristica fondamentale di questi Ritracciamenti è il loro effetto "attrattivo": i valori di consumo energetico tendono statisticamente a raggiungere questi livelli. Nel presente lavoro viene principalmente utilizzato proprio questo effetto attrattivo dei Ritracciamenti di Fibonacci per effettuare delle previsioni di consumo a breve termine (uno, due anni). Una volta definiti i livelli su un trend significativo, ci si aspetta il raggiungimento di un determinato livello target dopo il superamento di quello precedente. Operando in questo modo con i Ritracciamenti è possibile prevedere l'andamento futuro a brevissimo termine dei consumi, con un buon grado di probabilità. Naturalmente questo strumento assume rilevanza quando utilizzato in sinergia con altri modelli previsionali, più deterministici e formali.

Nel caso dei consumi di gas naturale del settore industriale in Regione Emilia-Romagna il trend principale è stato individuato negli anni dal 2004 (in cui il consumo di gas naturale è stato pari a 3467 Milioni di Standard metri cubi) al 2009, anno in cui la crisi economica mondiale si è manifestata in tutta la sua gravità (in cui il consumo di gas naturale ha avuto il suo minimo storico nel periodo considerato, pari 2349 Milioni

di Standard metri cubi). Attraverso il tool excel sono stati individuati i Ritracciamenti di Fibonacci a cui corrispondono i seguenti consumi di gas naturale:

1. Livello Fib 0% (2349 MSmc)
2. Livello Fib 23,6% (2613 MSmc)
3. Livello Fib 38,2% (2776 MSmc)
4. Livello Fib 50% (2908 MSmc)
5. Livello Fib 61,8% (3040 MSmc)
6. Livello Fib 76,4% (3203 MSmc)
7. Livello Fib 100% (3467 MSmc)

I consumi di gas metano del settore industria in Regione Emilia-Romagna (Milioni di Smc) si riferiscono ai dati ufficiali del Ministero dello sviluppo Economico (Mise, 2019) ottenuti da Snam rete gas per gli anni dal 2002 al 2017. La forbice di dati di consumo di gas naturale del settore produttivo per il 2018 è stata ottenuta sia con il metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci sia con il metodo dell'intensità descritto nel capitolo precedente. Come si è sottolineato precedentemente si è considerata l'attrattività dei livelli di ritracciamento senza fare ulteriori ipotesi sulla direzione di sviluppo dei consumi. Per il 2018 l'ipotesi di attrattività del livello di Fibonacci del 50% (2908 MSmc) sembra più significativa rispetto all'ipotesi di attrattività del livello di Fibonacci del 38,2% (2776 MSmc), visto che il metodo previsionale dell'Intensità costante ha prodotto per l'anno 2018 una previsione di consumo di gas industriale pari a 2893 Milioni di Smc.

Si prevede quindi, per il 2018, un aumento dei consumi di gas naturale del settore industriale in Emilia-Romagna, in linea con la tendenza evolutiva settoriale caratterizzante la faticosa ripresa economica seguita alle crisi economiche del 2008-2009 e del 2012-2013.

Il valore ufficiale pubblicato dal Ministero Sviluppo Economico - DGSAIE - su dati SNAM Rete Gas, S.G.I s.p.a. ed altre, in febbraio 2019, è pari a 2861,2 milioni di Smc e supera di soli 32 milioni di Smc il valore ottenuto con il modello "Intensità costante", pari a 2893 milioni di Smc (errore di stima pari all'1,1%).

Si sono utilizzate le stesse due metodologie (analisi dei Ritracciamenti di Fibonacci e Metodo dell'Intensità energetica costante) per la previsione dei consumi elettrici del settore industriale in Emilia-Romagna. I risultati sono visibili nel grafico seguente.



Figura 7-36. Consumi elettrici finali del settore industriale in Emilia-Romagna (ktep). I dati ufficiali (Terna, 2019) si riferiscono agli anni dal 1997 al 2017. La forbice di dati di consumo di elettricità del settore produttivo per il 2018 è stata ottenuta con il metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci (ipotesi alti consumi – Fibonacci alto – e ipotesi bassi consumi – Fibonacci basso) e con il metodo dell’intensità costante (Int. costante- descritto nel capitolo precedente).

In questo caso il trend principale è stato ravvisato tra gli anni 2007 (livello di Fibonacci del 100%, pari a 1193 ktep) e 2009 (livello di Fibonacci dello 0%, pari a 980 ktep). Sulla base di questo trend sono stati definiti i principali Ritracciamenti ed i relativi valori di consumo elettrico:

1. Livello Fib 0% (980 ktep)
2. Livello Fib 23,6% (1031 ktep)
3. Livello Fib 38,2% (1062 ktep)
4. Livello Fib 50% (1087 ktep)
5. Livello Fib 61,8% (1112 ktep)
6. Livello Fib 76,4% (1143 ktep)
7. Livello Fib 100% (1193 ktep)

La forbice di dati di consumo finale di elettricità del settore produttivo per il 2018 è stata ottenuta con il metodo dei Ritracciamenti di Fibonacci (ipotesi alti consumi – Fibonacci alto – e ipotesi bassi consumi – Fibonacci basso) e con il metodo dell’intensità costante (Int. costante – descritto nel capitolo precedente).

L'utilizzo di questo ultimo modello previsionale semplificato acquista ancora più senso in una regione in cui il settore produttivo manifatturiero è caratterizzato da una spiccata maturità tecnologica, per cui l'intensità elettrica industriale subisce variazioni trascurabili, come verificato nei capitoli precedenti.

Anche in questo caso l'ipotesi "alti consumi" di Fibonacci sembra essere l'opzione più plausibile, essendo confermata dal modello "Intensità costante", per cui i consumi elettrici finali nel 2018 sono stimati attorno ai 1070 ktep.

Si prevede quindi, per il 2018, ancora un aumento dei consumi elettrici del settore industriale in Emilia-Romagna, in linea con la tendenza evolutiva settoriale degli ultimi quattro anni.

La pubblicazione (in ottobre 2019) dei dati di consumo elettrico finale del settore industriale in Regione Emilia-Romagna da parte di Terna (Terna, 2019), conferma una crescita dei consumi elettrici finali industriali rispetto al 2017 e fornisce una sostanziale prova dell'utilità dei modelli speditivi qui utilizzati. Il valore ufficiale pubblicato da Terna, in ottobre 2019, è pari a 1073 ktep e supera di soli tre ktep il valore ottenuto con il modello "Intensità costante", con un errore limitato allo 0,28%.

Nell'utilizzo dei Ritracciamenti di Fibonacci quali livelli potenzialmente attrattivi di consumo energetico raggiungibili a breve termine, occorre tenere in considerazione alcune possibili criticità, riassumibili nei seguenti punti:

- la tendenza principale utilizzata per la definizione dei Ritracciamenti può non essere significativa per l'oggettiva mancanza di un set di dati storici non sufficientemente esteso. Questo significa che potrebbero essere trascurate delle tendenze significative potenzialmente in grado di determinare pattern più importanti di quelli considerati.
- i dati sui consumi energetici di un territorio sono naturalmente approssimazioni del valore reale di consumo, essendo pari alla sommatoria di contributi che risentono di errori statistici intrinseci alla complessità dei sistemi energetici considerati.

È chiaro quindi che questi livelli debbano essere considerati come livelli significativi di evoluzione dei consumi, attorno ai quali è ragionevole aspettarsi che i consumi stessi si attesteranno nel breve termine e debbano preferibilmente essere accostati a modellistiche più deterministiche.

7.2.3 Confronto dei metodi di previsione

Di seguito si propone una analisi comparata delle metodologie applicate nel presente lavoro di ricerca. A tal fine viene utilizzata la cosiddetta analisi SWOT (analisi dei punti di forza, di debolezza, dei rischi e delle opportunità). Si tratta di uno strumento semplice e potente che in genere viene utilizzato dalle imprese per meglio definire il proprio posizionamento e per aiutare a scoprire sia i punti critici che le opportunità da sviluppare in ogni mercato strategico. È usato inoltre per sviluppare una profonda comprensione dei sistemi complessi, ad esempio nelle valutazioni ambientali strategiche (VAS) o nel monitoraggio di piani e politiche.

SWOT è l'acronimo di punti di forza, debolezza, opportunità e minacce. Di solito nel gergo economico, i punti di forza e di debolezza sono interni all'organizzazione e sotto il diretto controllo della stessa. Opportunità e minacce sono invece determinati da fattori esterni all'organizzazione e come tali non possono essere da essa modificati. L'organizzazione deve comunque rispondere a questi fattori esterni ottimizzando i propri comportamenti in modo da essere resiliente rispetto alle minacce ed essere in grado di sfruttare al meglio le opportunità provenienti dall'esterno. Le modellistiche esaminate nella presente ricerca sono sinteticamente valutate con questa potente metodologia nella matrice riportata di seguito.

Tabella. Analisi SWOT dei metodi descritti nel presente lavoro.

	Punti di forza	Punti di debolezza	Opportunità	Rischi
Analisi di regressione	Facilità d' utilizzo Modello previsionale	Scarsa flessibilità Considera un determinante di consumo per volta Considera l'intensità energetica come invariante	Utile per le analisi di screening semplificate	Mancata considerazione di tutti i determinanti di consumo energetico
Analisi di regressione multipla	Facilità e robustezza Modello previsionale	Non flessibile	Utile per le analisi di screening semplificate	Mancata considerazione di tutti i determinanti di consumo energetico
Analisi di decomposizione	Usata dai più importanti enti internazionali Flessibilità Utile per le analisi a consuntivo	Modello non previsionale	Utile per la valutazione dell'importanza relativa dei determinanti di consumo	Mancata considerazione di tutti i determinanti di consumo energetico
Analisi dei Ritracciamenti di Fibonacci	Considera automaticamente tutti i driver di consumo	Poca bibliografia Utilizzato per la ricerca degli asintoti	Utile per le previsioni di consumo a breve termine. Deve essere utilizzato insieme ad altri strumenti.	Metodologia non deterministica può generare scetticismo. Perdita della visione a lungo termine (questo modello si concentra sul breve termine)

8 Conclusioni.

Il crollo dei consumi energetici che ha interessato il sistema Europa, a partire dal 2006, non è stato previsto da alcun modello predittivo. La ricerca delle motivazioni del crollo dei consumi energetici, tre anni in anticipo rispetto alla crisi economica globale, ha dato inizio a questo progetto di ricerca. Lo studio ha posto le sue basi sulla necessità di verificare le motivazioni dell'andamento prodromico dei consumi energetici rispetto a quello del Prodotto interno Lordo. Era di fondamentale rilevanza valutare le ragioni del calo dei consumi, rilevato a livello europeo, nazionale e regionale, e cercare di capire se il calo di consumi energetici avesse anticipato, o anche solo condizionato, la crisi economica manifestatasi con tutta la sua forza nel 2009. Per rispondere a questa domanda si sono indagate le modalità con cui si rapportano i consumi energetici e le variabili economiche, per capire possibili direzioni di causalità. Ci si è poi concentrati sull'applicazione di metodologie di screening capaci di fornire indicazioni ai decisori, sia per ciò che riguarda la valutazione dei dati storici di consumo energetico in relazione alla crescita economica, sia per la previsione dei trend futuri.

Dapprima è stata analizzata la corposa letteratura sull'argomento. Sulle relazioni tra energia ed economia esiste un codice apposito (JEL Q43) del sistema di classificazione degli studi economici creato dal *Journal of Economic Literature* statunitense. Gli studi sull'argomento, nell'intento di verificare le correlazioni esistenti tra indicatori energetici ed economici, hanno applicato nel tempo algoritmi sempre più sofisticati che hanno mostrato direzioni di causalità tra consumi e PIL non sempre univoche. In questa ricerca si è tentato di applicare dei modelli di "screening" per la verifica di queste relazioni, e testare sia modellistiche deterministiche e statistiche, sia metodi più speditivi ed empirici, per fornire indicazioni utili alla pianificazione in campo energetico. Nella valutazione della scelta della modellistica è stato necessario sciogliere alcune criticità legate alla qualità dei data-set da utilizzare in input ai modelli. La robustezza dei dati di base è infatti uno degli aspetti da tenere in maggiore considerazione anche negli studi di letteratura analizzati. I data-set sui consumi energetici sono stati tratti inizialmente dalle pubblicazioni Enea, che produceva i bilanci energetici, per tutte le Regioni italiane, sin dal 1988. La pubblicazione però si è interrotta nel 2008. Da allora le Regioni hanno dovuto attrezzarsi autonomamente. Arpaè con l'Osservatorio Energia della Regione Emilia-Romagna, utilizzando l'approccio e le linee guida Eurostat, ha quindi prodotto i bilanci energetici per la Regione Emilia-Romagna. Si tratta di un processo in fase di continua ottimizzazione che prevede la collaborazione di Arpaè con numerosi altri enti fornitori di dati. Le fonti dei dati sono numerose ed uno dei risultati di questo percorso è stato anche la definizione di rapporti di collaborazione e scambio dati tra Arpaè (che ha come mandato istituzionale la predisposizione dei bilanci a supporto della pianificazione energetica) ed i principali data provider (Terna, GSE, SNAM, ecc..).

Gli indicatori economici principali correlati con quelli energetici sono descritti nei sistemi contabili NAMEA, ed in particolare in quelli regionali (RAMEA). Lo sviluppo delle RAMEA garantisce un solido supporto informativo sulle relazioni che sussistono tra gli indicatori economici, come il valore aggiunto o gli output, e gli indicatori fisici di pressione ambientale, come i consumi energetici settoriali, le emissioni inquinanti, i rifiuti prodotti, le emissioni climalteranti, ecc. In questo modo è possibile, per ciascun anno, analizzare le relazioni tra indicatori economici ed ambientali, valutare gli indici di efficienza energetici ed ambientali di ogni settore economico ed orientare le politiche regionali verso quelli più eco-efficienti.

Anche la verifica dei dati economici da utilizzare come input dei modelli ha comportato un grande dibattito. Nella presente tesi è stato spesso utilizzato quale indice economico, il Valore Aggiunto, soprattutto per la descrizione del livello di attività economica dei diversi settori industriali. La scelta è ricaduta sul Valore Aggiunto in quanto si tratta di una grandezza molto ben definita dalla rendicontazione statistica ufficiale, anche sul livello regionale. Ma l'output misurato in termini fisici sarebbe la misura più oggettiva del livello di produzione di un comparto industriale (Norman, 2017). Una volta scelti gli indicatori da impiegare nella descrizione della dinamica dei consumi energetici e della crescita economica, questi sono stati utilizzati per verificare il grado di disaccoppiamento tra consumi e crescita di due Regioni italiane (Sardegna ed Emilia-Romagna), giungendo ad alcune importanti considerazioni: la prima riguarda la necessità di approfondire a livello di macro-settori e sotto settori economici, il disaccoppiamento tra indicatori di consumo energetico e valore aggiunto. Solo in questo modo è possibile verificarne le dinamiche e le effettive relazioni di causalità. Nel caso della Sardegna infatti, una valutazione effettuata solo tra consumi energetici finali totali e PIL avrebbe erroneamente rilevato una dinamica di disaccoppiamento relativo al periodo 2012-2017. Il focus sul settore industriale ha invece evidenziato il collasso strutturale di un sotto-settore industriale primario (quello metallurgico), escludendo l'efficientamento come motivazione del calo dei consumi.

Per Emilia-Romagna, l'analisi di disaccoppiamento ha evidenziato invece come le misure di efficientamento elettrico del settore industriale abbiano portato ad una complessiva riduzione dell'intensità elettrica regionale anche se, in parte, la tendenza alla riduzione dei consumi è stata influenzata da fenomeni recessivi del 2008 e 2012 che ancora oggi non hanno fatto raggiungere i livelli di crescita pre-crisi. Si nota comunque, un miglioramento nell'uso delle risorse utile alla produzione di ricchezza del settore industriale causato dalla maggiore forza di crescita del Valore Aggiunto rispetto alla accelerazione dei consumi, soprattutto nel decennio 2007-2017. Altra considerazione di notevole importanza riguarda la maggiore correlazione dei consumi elettrici industriali al Valore aggiunto industriale rispetto a quella esistente tra i consumi energetici totali industriali (comprendenti anche il calore e l'energia di processo) e lo stesso Valore Aggiunto. Per la Regione Emilia-Romagna infatti, i consumi totali presentano il picco storico al 2006, per poi cominciare in maniera prodromica il declino verso la crisi del 2009, mentre i consumi elettrici industriali

seguono perfettamente l'andamento del Valore aggiunto. In Emilia-Romagna i consumi del settore terziario non sembrano correlati al relativo Valore Aggiunto, ma condizionano negativamente l'intensità elettrica.

Si è poi applicata la analisi di decomposizione (*Index Decomposition analysis*, IDA) utilizzata diffusamente dai principali organismi internazionali, per identificare i driver dei consumi energetici. Seguendo le indicazioni più importanti presenti in letteratura e valutando fondamentali teoriche, adattabilità, facilità di utilizzo e interpretazione dei risultati (Ang, 2004) è stato utilizzato il metodo "Logarithmic Mean Divisia Index" (LMDI I, nella sua forma additiva) che rispetta anche più in generale i requisiti desiderabili per le metodologie di stima dei trend di efficienza energetica (Ang e altri, 2010). L'applicazione della analisi di decomposizione ai consumi del settore industriale in Emilia-Romagna ha portato ad identificare i driver principali di consumo energetico nell'intensità e nel livello di attività sotto-settoriale. Su questa base è stato applicato il metodo dell'intensità costante per la verifica dei consumi futuri. Si tratta di una metodologia deterministica che ricava i consumi sulla base di un determinante economico la cui evoluzione nel tempo è prevedibile, in particolare il valore aggiunto o il PIL. Nel presente lavoro è stato utilizzato, in particolare, il metodo dell'Intensità energetica costante per prevedere i consumi energetici regionali, in base alla constatazione che l'intensità energetica in un sistema produttivo maturo vari in maniera non significativa sul breve termine.

Al metodo dell'intensità è stato poi affiancato il modello dei ritracciamenti di Fibonacci. Si tratta di un modello semplice, empirico ed euristico, che si basa soprattutto sull'andamento storico dei consumi e ne identifica dei pattern capaci di fornire indicazioni sull'evoluzione futura dei consumi energetici a breve termine e la cui efficacia è stata provata sulle previsioni a breve termine (uno-due anni). Le stime previsionali effettuate con i metodi di screening proposti in questo lavoro, ed in particolare il metodo dell'intensità costante, ad una verifica ex-post con i valori effettivamente misurati (da Snam, per il gas naturale o da Terna per consumi elettrici finali del settore industriale), hanno riscontrato un ottimo livello di allineamento, con un errore inferiore all'1,1% nel caso delle previsioni di consumo regionale di gas e dello 0,28% nel caso dei consumi elettrici.

Tutte le analisi speditive fatte per la previsione dei consumi sul breve termine mostrano per l'Emilia-Romagna una ripresa dei consumi energetici industriali, in particolare dei consumi di gas naturale e dei consumi di elettricità, mentre calano i prodotti petroliferi e si annullano i combustibili solidi. Questo avalla l'idea che l'utilizzo di questi metodi, se supportato da altri modelli più deterministici (come l'analisi di regressione o l'analisi di decomposizione), possa costituire un valido supporto ai decisori nelle scelte di sviluppo del settore energetico.

Ulteriori sviluppi di questi modelli potrebbero essere considerati, sul medio-lungo termine, per tenere conto delle variazioni dell'intensità energetica. Se infatti può essere ammissibile considerare nulla la

variazione dell'intensità energetica sul breve periodo (uno - due anni), non altrettanto lecito (e neanche auspicabile) sarebbe applicare un rateo di crescita nullo sul medio lungo termine. Si ricorda, a questo proposito, che l'obiettivo 7 dell'Agenda per lo sviluppo sostenibile 2030 dell'ONU ("Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni") comprende tra i suoi target quello di raddoppiare, entro il 2030, il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica (SDGs, goal 7, target 7.3). Una variazione dell'intensità energetica può essere determinata sia dagli investimenti rivolti alla promozione dell'efficienza energetica, sia dalle variazioni strutturali del settore industriale (come si è verificato nel caso del collasso del settore metallurgico in Regione Sardegna), sia dagli effetti di rimbalzo dovuti al cosiddetto "effetto Jevons", per cui una maggiore efficienza energetica rende l'utilizzo di energia relativamente più economico, incoraggiando così un maggiore consumo e porta ad una maggiore crescita economica che, nel medio-lungo periodo, fa aumentare il consumo di energia per l'intera economia.

In questa tesi si sono considerate soprattutto le intensità energetiche rispetto al PIL e rispetto al valore aggiunto. Ulteriori sviluppi di questo lavoro potrebbero riguardare il calcolo dell'intensità energetica sostituendo il valore aggiunto con la produzione (o l'output), indicatore da molti economisti considerato più correlato, rispetto al valore aggiunto settoriale, alle attività economiche e quindi ai consumi dei settori produttivi (Meade D.S., 2010).

In generale, per tenere sotto controllo l'evoluzione temporale degli indici di eco-efficienza sarebbe importante che tutti i sistemi statistici nazionali-regionali si dotassero di sistemi contabili integrati d'indicatori economici ed energetici.

Chi prende decisioni in merito alle politiche di sviluppo deve basare la propria competenza sulla conoscenza. L'integrazione degli indicatori di bilancio energetico nelle RAMEA permette di orientare le politiche di sviluppo sostenibile, basando le valutazioni di merito (la competenza nel prendere decisioni) sulla effettiva comprensione, anche a livello sotto-settoriale, delle relazioni esistenti tra indicatori economici ed energetici (conoscenza).

9 Glossario, termini e concetti chiave.

- **Bilancio ambientale:** strumento contabile in grado di fornire una rappresentazione unitaria e coerente delle interrelazioni dirette tra l'impresa e l'ambiente naturale, attraverso un quadro riassuntivo di dati quantitativi relativi all'impatto ambientale di determinate attività produttive e all'impegno economico dell'impresa nel campo della protezione ambientale.
- **Bilancio energetico:** strumento contabile in grado di fornire una rappresentazione unitaria e coerente dei flussi energetici (produzione, importazione, esportazione, acquisto, vendita, trasporto, trasformazione, utilizzazione) di un sistema energetico o di area geografica in un dato periodo di tempo. Normalmente, i bilanci riportano le quantità di energia necessarie per il fabbisogno energetico espresse in quantità equivalenti di un solo tipo di energia primaria (in generale il petrolio). Il prospetto di bilancio permette di evidenziare tra gli altri due saldi significativi: consumi interni lordi (o impieghi interni di fonti primarie); consumi finali di energia (o impieghi finali).
- **Consumi finali di energia (o impieghi finali):** quantità di energia consumata negli usi finali. Nel caso dei consumi finali di energia elettrica questi sono pari alla somma dell'energia elettrica fatturata dagli esercenti e di quella autoconsumata dagli autoproduttori. Gli usi finali di energia sono gli impieghi ai quali è destinata l'energia consegnata agli utilizzatori dopo le trasformazioni operate dal settore energetico. La classificazione tradizionale delle utenze in base alla tipologia d'impiego è la seguente: a) usi civili, b) usi industriali, c) usi per trazione. Nell'ambito di questa classificazione la domanda di energia può essere distinta in relazione agli usi finali (calore, illuminazione, movimento meccanico, elettrochimica, ecc.) o per forma energetica (energia meccanica, energia elettrica, energia termica).
- **Consumo interno lordo di energia:** saldo del bilancio energetico pari alla somma dei quantitativi di fonti primarie prodotte, di fonti primarie e secondarie importate e delle variazioni delle scorte di fonti primarie e secondarie presso produttori e importatori, diminuita delle fonti primarie e secondarie esportate.
- **Consumo interno lordo di energia elettrica:** produzione lorda di energia elettrica più saldo degli scambi con l'estero.
- **Efficienza energetica.** Rapporto tra quanto ottenuto in termini di prodotti e servizi e l'energia impiegata allo scopo. Servizi energetici possono includere usi finali nel settore civile, come illuminazione, refrigerazione, riscaldamento; processi industriali e trasporti. A differenza del risparmio energetico, che implica qualche riduzione del livello dei servizi, l'efficienza energetica fornisce risparmio di energia senza riduzione della qualità/quantità dei servizi. Maggior efficienza energetica può essere conseguita mediante tecnologie, componenti e sistemi più o meno complessi.

- **Fonti energetiche primarie.** Prodotti energetici allo stato naturale: carbone fossile, lignite picea e xiloide, petrolio greggio, gas naturale, energia idraulica, energia geotermica, combustibili nucleari.
- **Intensità energetica.** Rapporto tra Consumo Interno Lordo (di energia) e Prodotto Interno lordo (CIL/PIL). L'intensità energetica è un indicatore approssimato dell'efficienza energetica di un'economia e mette in rapporto quantità di energia consumata e livello di produzione economica, quest'ultimo rappresentato dal PIL. Per facilitare i confronti nel tempo, il PIL è usualmente indicato a prezzi costanti per rimuovere gli effetti dell'inflazione; per facilitare il confronto tra economie, il PIL è calcolato usando le parità del potere di acquisto anziché i tassi di cambio tra valute di mercato. Normalmente l'intensità energetica è identificata con energia consumata/valore aggiunto ma ci sono settori dove questo non è l'indicatore: nei trasporti l'energia è commisurata ai passeggeri o merci trasportate, per le famiglie non si usa il valore aggiunto ma altri indicatori relativi ai servizi energetici.
- **Potenza efficiente** (di un impianto di generazione). Massima potenza elettrica erogabile per una durata di funzionamento uguale o superiore a 4 ore e per la produzione esclusiva di potenza attiva, supponendo tutte le parti dell'impianto interamente in efficienza e nelle condizioni ottimali. La potenza efficiente è lorda se misurata ai morsetti dei generatori elettrici di un impianto; è netta se misurata all'uscita dello stesso, al netto cioè della potenza assorbita dai servizi ausiliari dell'impianto e delle perdite nei trasformatori della centrale.
- **Potere calorifico** (superiore ed inferiore). Quantità di calore realizzata nella combustione completa delle unità di peso o di volume di combustibile. A seconda che il calore latente del vapore d'acqua contenuto nei fumi della combustione sia utilizzato o meno a fini energetici, si ha, rispettivamente, il potere calorifico superiore (PCS) o il potere calorifico inferiore (PCI).
- **Prodotto interno lordo** (ai prezzi di mercato, Pil): il risultato finale dell'attività di produzione delle unità produttrici residenti. Corrisponde alla produzione totale di beni e servizi dell'economia, diminuita dei consumi intermedi ed aumentata dell'Iva gravante e delle imposte indirette sulle importazioni. È altresì, pari alla somma dei valori aggiunti ai prezzi di mercato delle varie branche di attività economica, aumentata dell'Iva e delle imposte indirette sulle importazioni, al netto dei servizi di intermediazione finanziaria indirettamente misurati (Sifim).
- **Produzione lorda di energia elettrica.** Somma delle quantità di energia elettrica prodotte, misurate ai morsetti dei generatori elettrici.
- **Produzione netta di energia elettrica.** Somma delle quantità di energia elettrica prodotte, misurate in uscita dalle centrali di generazione elettrica, deducendo cioè la quantità di energia elettrica destinata ai servizi ausiliari della produzione (servizi ausiliari di centrale e perdite nei trasformatori di centrale).

- **Sistema elettrico.** Il sistema elettrico nazionale è articolato in tre fasi: produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. L'energia elettrica come la conosciamo non esiste in natura e bisogna, quindi, produrla. Produrre energia vuol dire trasformare in "elettricità" l'energia ricavata da fonti primarie. Questa trasformazione avviene nelle centrali elettriche. La trasmissione di energia elettrica ad alta tensione (380 kV - 220 kV - 150 kV) è la funzione che svolge Terna. Trasmettere energia vuol dire trasferire l'energia prodotta dai centri di produzione alle zone di consumo. Perché ciò avvenga occorrono linee, stazioni elettriche e di trasformazione, cioè gli elementi che compongono la Rete di trasmissione un insieme di oltre 63.000 km di linee possedute e gestite da Terna. Terna gestisce in sicurezza la rete di trasmissione nazionale e i flussi di energia elettrica necessari all'Italia attraverso il dispacciamento, bilanciando, cioè, l'offerta e la domanda di energia 365 giorni l'anno, 24 ore al giorno. L'ultima fase che conclude la filiera del sistema elettrico nazionale è rappresentata dalla distribuzione, cioè la consegna di elettricità in media e bassa tensione agli utenti.
- **Usi finali di energia.** Impieghi ai quali è destinata l'energia consegnata agli utilizzatori dopo le trasformazioni operate dal settore energetico. La classificazione tradizionale delle utenze in base alla tipologia d'impiego è la seguente: usi civili, usi industriali, usi per trazione. Nell'ambito di questa classificazione la domanda di energia può essere distinta in relazione agli usi finali (calore, illuminazione, movimento meccanico, elettrochimica, ecc.) o per forma energetica (energia meccanica, energia elettrica, energia termica).
- **Tonnellate equivalenti di petrolio (tep).** Unità di misura dell'energia riferita alla quantità d'energia liberata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo. 1 tep equivale a circa 42 miliardi di Joule.
- **Valore aggiunto:** l'aggregato che consente di apprezzare la crescita del sistema economico in termini di nuovi beni e servizi messi a disposizione della comunità per impieghi finali. È la risultante della differenza tra il valore della produzione di beni e servizi conseguita dalle singole branche produttive ed il valore dei beni e servizi intermedi dalle stesse consumati (materie prime e ausiliarie impiegate e servizi forniti da altre unità produttive). Corrisponde alla somma delle retribuzioni dei fattori produttivi e degli ammortamenti. Può essere calcolato ai prezzi di base, ai prezzi al produttore e al costo dei fattori.

10 Riferimenti bibliografici e sitografici

10.1 Riferimenti bibliografici

- Akinlo A.E., 2008. Energy consumption and economic growth: Evidence from 11 Sub-Sahara African countries. *Energy Economics*, 30, 2391-2400.
- Alaali F., Roberts J., Taylor K., 2015. The Effect of Energy Consumption and Human Capital on Economic Growth: An Exploration of Oil Exporting and Developed Countries. *Sheffield Economic Research Paper*, ISSN 1749-8368.
- Al-Iriani M.A., 2006. Energy - GDP relationship revisited: An example from GCC countries using panel causality. *Energy Policy*, 34(17), 3342-3350.
- Almozaini M., 2019. The Causality Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in the World's Top Energy Consumers. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 40-53.
- Al-Mulali U., Sab C.N.B., 2012. The impact of energy consumption and CO2 emission on the economic growth and financial development in the Sub Saharan African countries. *Energy*, 39, 180-186.
- Ang B.W., 2004. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*, 32, pp. 1131–1139.
- Ang B. W., 2015. LMDI decomposition approach: A guide for implementation. *Energy Policy*, 86, pp. 233–238
- Ang B.W. e Xu X.Y. 2013. Tracking industrial energy efficiency trends using index decomposition analysis, *Energy Economics*, vol. 40, pp. 1014-1021.
- Ang B.W. e Zhang F.Q., 2000. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies, in «Energy», vol. 25, pp. 1149-1176.
- ARPAE, 2019. Dati ARPAE, Osservatorio Regionale Energia dell'Emilia-Romagna. Disponibile su: https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3778&idlivello=2031.
- Asafu-Adjaye J., 2000. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: Time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, 22(6), 615-625.
- Apergis N., Payne J., 2009. Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel co-integration and error correction model. *Energy Economics*, 31(2), 211-216.
- Apergis N., Payne J., 2014. The oil curse, institutional quality, and growth in MENA countries: Evidence from time - Varying co-integration. *Energy Economics*, 46, 1-9.
- Constructing minimal models for complex system dynamics

- Baruch B., Yang-Yu L., Barabási, A., 2015. Constructing minimal models for complex system dynamics. *Nature Communications* volume 6, Article number: 7186 (2015).
- Basci S., Cicekci C., Oz E., 2015. The relationship between energy and economic growth: An empirical evaluation on Central Asian countries and Azerbaijan. *Economics and Politics of Energy in Caucasus and Central Asia*. Almaty: Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh - Turkish University Eurasian Research Institute.
- Belke A., Dobnik F., Dreger C., 2011, Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, 33, 782-789.
- Bwo-Nung Huang M.J. Hwang C.W. Yang, 2008. Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach. Elsevier. *Ecological Economics*. Volume 67, Issue 1, 15 August 2008, Pages 41-54.
- Cardinale A., Verdelli A., 2008. *Energia per l'industria in Italia*. Franco Angeli. Milano, Italy.
- Celata, G., Guidi, G., 2016. La complessa evoluzione dei sistemi energetici. *Ecoscienza*, 2016. Pp. 18, 19.
- Chen S.T., Kuo H.I, Chen C.C. 2007. The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries. *Energy Policy*, 35, 2611-2621.
- Cheng B.S., Lai T.W., 1997. An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan. *Energy Economics*, 19, 435-444.
- Chiou-Wei S.Z., Chen C.F., Zhu Z. 2008. Economic growth and energy consumption revisited - Evidence from linear and nonlinear granger causality. *Energy Economics*, 30, 3063-3076.
- Chontanawat J., Hunt L. C., Pierse R., 2006. Causality between energy consumption and GDP: evidence from 30 OECD and 78 non-OECD countries. University of Surrey, Surrey Energy Economics Centre (SEEC), Department of Economics, SEEDS 113, ISSN 1749-8384.
- Chontanawat, J., Hunt, L.C., Pierse, R. 2008, Does energy consumption cause economic growth?: Evidence from a systematic study of over 100 countries. *Journal of Policy Modelling*, 30, 209-220.
- Crenos, 2018. *Economy of Sardinia. 25th Report 2018*. CUEC. Cagliari.
- De Carolis, J., Daly, H., Dodds, P., Keppo, I. 2017. Formalizing best practice for energy system optimization modeling. *Applied Energy*. Elsevier. Volume 194, 15 May 2017, Pages 184-198.
- De Vicente Lopez, Javier and Matti, Cristian 2016. *Visual toolbox for system innovation. A resource book for practitioners to map, analyse and facilitate sustainability transitions*. Transitions Hub Series. Climate-KIC, Brussels 2016. ISBN 978-2-9601874-0-3.
- Dinda S., Coondoo D., 2006. Income and emission: A panel-data based co-integration analysis. *Ecological Economics*, 57, 167-181.
- Economidou M., 2017. Assessing the progress towards the EU energy efficiency targets using index decomposition analysis, JRC Science for Policy Report (doi:10.2760/675791). Economidou M. e

- Roman Collado R.,2019. Assessing the progress towards the EU energy efficiency targets using index decomposition analysis in 2005-2016, JRC Science for Policy Report (doi:10.2760/61167).
- European Environment Agency (EEA), 2013. Environmental pressures from European consumption and production. A study in integrated environmental and economic analysis, EEA Technical report No 2/2013.
 - Egelioglu F., Mohamad A., Guven H., 2001. Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus. *Energy* 2001; 26:355–62.
 - European Commission (2012), *European Competitiveness Report 2012: Reaping the Benefits of Globalization*, Bruxelles.
 - Eurostat, *Manual for Air Emissions Accounts, Methodologies and Working papers: Environment and Energy*, European Commission, 2009
 - Farhani S., & Ozturk I., 2015. Causal relationship between CO2 emissions, real GDP, energy consumption, financial development, trade openness, and urbanization in Tunisia. *Environ Sci Pollut Res* 22: 15663. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4767-1>
 - Fatai K., Oxley L., Scrimgeour F.G., 2004. Modelling the causal relationship between energy consumption and GDP in New Zealand, Australia, India, Indonesia, the Philippines and Thailand. *Mathematics and Computers in Simulation*, 64, 431-445.
 - Fung YH, Tummala VMR., 1993. Forecasting of electricity consumption: a comparative analysis of regression and artificial neural network models. *IEE Second International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management*, Hong Kong; 1993. p. 782–7.
 - Gaucan, V. 2011. How to use Fibonacci retracement to predict forex market. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology* 1.2. 24-38, Bucharest: 2011. ISSN 2069-5934.
 - Ghali K.H., El-Sakka M.I.T., 2004. Energy use and output growth in Canada: A multivariate co-integration analysis. *Energy Economics*, 26, 225-238.
 - Ghosh S., 2009. Electricity supply, employment, and real GDP in India: Evidence from co-integration and granger-causality tests. *Energy Policy*, 37, 2926-2929.
 - Glasure Y.U., Lee A.R., 1998. Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore. *Resource and Energy Economics*, 20, 17-25.
 - Gracceva, F., Baldissara, B., Zini, A., 2019. Il ruolo dell'effetto struttura nella riduzione della domanda di energia dell'industria Italiana. *Energia*. Aprile 2019. pp. 28-38.
 - Harris JL, Liu L., 1993. Dynamic structural analysis and forecasting of residential electricity consumption. *Int J Forecast* 1993;9:437–55.
 - Herrerias M.J., Joyeux R., Girardin E., 2013. Short-and long-run causality between energy consumption and economic growth: Evidence across regions in China. *Applied Energy*, 112, 1483-1492.

- Ho C.Y., Siu K.W., 2007. A dynamic equilibrium of electricity consumption and GDP in Hong Kong: An empirical investigation. *Energy Policy*, 35, 2507-2513.
- Huang B.N., Hwang M.J., Yang C.W., 2008a. Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach. *Ecological Economics*, 67(1), 41-54.
- Huang B.N., Hwang M.J., Yang C.W., 2008b. Does more energy consumption bolster economic growth? An application of the nonlinear threshold regression model. *Energy Policy*, 36(2), 755-767
- IEA. 2004. *Oil Crisis and Climate Challenges – 30 years of energy use in IEA countries*, Paris. IEA Publishing.
- Jumbe C.B.L. 2004. Co-integration and causality between electricity consumption and GDP: Empirical evidence from Malawi. *Energy Economics*, 26, 61-68.
- Kraft J., Kraft, A.. 1978. On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 401-403.
- Kurtz C.F. and Snowden, D.J., 2003. The New Dynamics of Strategy: Sense-making in a Complex and Complicated World, *IBM Systems Journal*, 42(3). Available from: [http:// tinyurl.com/yj2jhzu](http://tinyurl.com/yj2jhzu) (accessed 6 March 2017).
- Kusters C.S.L. et al, 2017. *Managing for Sustainable Development Impact: an Integrated Approach to Planning, Monitoring and Evaluation*. Wageningen, Wageningen Centre for Development Innovation, Wageningen University & Research, and Rugby, UK: Practical Action Publishing.
- Lakhani HG, Bumb B., 1978. Forecasting demand for electricity in Maryland: an econometric approach. *Technol Forecast SocChange* 1978;11:237–61.
- Leontieff W. 1986. *Input-Output Economics*, New York, Oxford University Press. ISBN 0-19-503525-9.
- Lee C.C. 2005. Energy consumption and GDP in developing countries: A co-integrated panel analysis. *Energy Economics*, 27, 415-427.
- Lee C.C. 2006. The causal relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited. *Energy Policy*, 34, 1086-1093.
- Lee C.C., Chang, C.P., 2008. Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, 30, 50-65.
- Lewin K., 1951. *Teoria e sperimentazione in psicologia sociale*, Il Mulino, Bologna, 1972
- Lipovetsky G., 2011. 'The Hyperconsumption Society'. In K.M. Ekström and B. Glans (eds), *Beyond the Consumption Bubble*. London: Routledge, pp. 25-36.
- Lissia R., 2016. *Analisi di alcune possibili correlazioni tra indicatori energetici ed economici in ambito industriale*. Tesi di laurea. Anno Accademico 2015/16.

- Liu XQ, Ang BW, Goh TN., 1991. In: Forecasting of electricity consumption: a comparison between an econometric model and a neural network model. In: IEEE International Conference on Neural Networks, vol. 2; 1991. p. 1254–9.
- Löfgren A. Muller A., 2010. Swedish CO2 Emissions 1993–2006: An Application of Decomposition Analysis and Some Methodological Insights. *Environmental and Resource Economics*, October 2010, Volume 47, Issue 2, pp 221–239.
- Loginov A, Wilson G, Heywood M., 2015. Better Trade Exits for Foreign Exchange Currency Trading using FXGP. *IEEE*.; 1-13.
- Masih A.M.M., Masih, M., 1996, Energy consumption, real income and temporal causality: Results from a multi - Country study based on co-integration and error correction modelling techniques. *Energy Economics*, 18, 165-183.
- Makridakis S, Wheelwright SC., 1989. *Forecasting methods for management*, 5th ed. New York: Wiley; 1989.
- Masih A.M.M., Masih, M., 1997. On the temporal causal relationship between energy consumption, real income, and prices: Some new evidence from Asian-energy dependent NICs based on a multivariate co-integration vector error correction approach. *Journal of Policy Modelling*, 19(4), 417-440.
- Mattioli G., Scalia M., 2019. *Ecologia ed economia. Qualenergia*. N.1/2019
- Mehrara M. 2007. Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries. *Energy Policy*, 35, 2939-2945.
- Mohamed Z, Bodger PS., 2003. Analysis of the Logistic model for predicting New Zealand electricity consumption. *Proceedings of the Electricity Engineer's Association (EEA) New Zealand Conference, Christchurch, New Zealand, Published in CD-ROM, 20–21 June; 2003.*
- Mohamed Z., Bodger P. 2005. Forecasting electricity consumption in New Zealand using economic and demographic variables. Elsevier. *Energy* 30 (2005) 1833–1843
- Mothana Obadi S., Korček M., 2015. Investigation of Driving Forces of Energy Consumption in European Union 28 Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2015, 5(2), 422-432. ISSN: 2146-4553.
- Narayan P.K, Singh, B., 2007. The electricity consumption and GDP nexus for the Fiji Islands. *Energy Economics*, 29, 1141-1150.
- Narayan P.K., Prasad, A., 2008, Electricity consumption - Real GDP causality nexus: Evidence from a bootstrapped causality test for 30 organization for economic co-operation and development countries. *Energy Policy*, 36, 910-918.
- Narayan P.K., Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel co-integration with structural breaks. *Energy Economics*, 30, 2331-2341.

- Norman J.B., 2017. Measuring improvements in industrial energy efficiency: a decomposition analysis applied to the U.K., in «Energy», vol. 137, pp. 1144-1151
- Odhiambo N.M., 2009a. Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: An ARDL bounds testing approach. *Energy Policy*, 37, 617-622.
- Odhiambo N.M., 2009b, Electricity consumption and economic growth in South Africa: A trivariate causality test. *Energy Economics*, 31, 635-640
- Oh W., Lee, K. 2004a, Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: The case of Korea 1970-1999. *Energy Economics*, 26, 51-59
- Oh W., Lee, K., 2004b. Energy consumption and economic growth in Korea: Testing the causality relation. *Journal of Policy Modelling*, 26, 973-981.
- Omay T., Ucar, N., Hasanov, M. 2012. Energy consumption and economic growth: Evidence from nonlinear panel co-integration and causality tests. *Applied Econometrics*, 34(2), 36-55.
- Omri A., 2013. CO2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous
- Ouedraogo, N.S., 2013. Energy consumption and economic growth: Evidence from the economic community of West African states (ECOWAS). *Energy Economics*, 36, 637-647.
- Ozturk I., Acaravci A., 2016. Energy consumption, CO2 emissions, economic growth, and foreign trade relationship in Cyprus and Malta, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11:4, 321-327, DOI: 10.1080/15567249.2011.617353
- Ozturk, I., Aslan, A., Kalyoncu, H., 2010. Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries. *Energy Policy*, 38, 4422-4428.
- Payne J.E. 2010. Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies*, 37(1), 53-95.
- Pedroni P., 1999. Critical values for co-integration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61:, 653-670.
- Rao M., Gaeta M., 2014. Analisi comparata dei driver della domanda di energia del settore industriale per l'Italia e alcuni paesi UE. RT/2014/21/ENEA. Roma.
- Rajan M, Jain VK., 1999. Modelling of electrical energy consumption in Delhi. *Energy* 1999; 24:351–61.
- Bonazzi E. e Sansoni M., Development and use of a regional NAMEA in Emilia-Romagna (Italy) in *Hybrid Economic-Environmental Accounts*, edito da V. Costantini, M. Mazzanti e A. Montini pp.65-79 2012, Routledge, UK
- Scalia M., Ragnisco O. 2019. The Volterra Integrable case. arXiv:1903.03595.
- Snowden, D.J. and Boone, M., 2007. 'A Leader's Framework for Decision Making', *Harvard Business Review*, November 2007: 69–76.

- Soytas U., Sari, R., 2003, Energy consumption and GDP: Causal relationship in G-7 countries and emerging markets. *Energy Economics*, 25(1), 33-37.
- Soytas U., Sari, R., 2009, Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68, 1667-1675.
- Squalli J., 2007, Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC countries. *Energy Economics*, 29, 1192-1205.
- Tang C.F., 2008, A re-examination of the relationship between electricity consumption and economic growth in Malaysia. *Energy Policy*, 36, 3077-3085.
- Tang C.F., Tan, E.C., 2013, Exploring the nexus of electricity consumption, economic growth, energy prices and technology innovation in Malaysia. *Applied Energy*, 104, 297-305.
- Telatar E. 2015, Electricity consumption, GDP and renewables. *Energy Technology and Valuation Issues*. New York: Springer. p109-126.
- Thomas, Jean-Jacques. "The Ephemeral Era: Gilles Lipovetsky." *SubStance*, vol. 24, no. 1/2, 1995, pp. 109–125. JSTOR, www.jstor.org/stable/3685094.
- Troster, Victor & Shahbaz, Muhammad & Uddin, Gazi Salah, 2018. "Renewable energy, oil prices, and economic activity: A Granger-causality in quantiles analysis," *Energy Economics*, Elsevier, vol. 70(C), pages 440-452.
- UNEP, 2011. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S.
- Wang S.S., Zhou D.G., Zhou, P., Wang Q.W. 2011, CO2 emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis. *Energy Policy*, 39, 4870-4875.
- Westerlund J. 2006., Testing for panel co-integration with multiple structural breaks. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 68(1):, 101-132.
- Wolde-Rufael Y. 2006, Electricity consumption and economic growth: A time series experience for 17 African countries. *Energy Policy*, 34, 1106-1114.
- Wolde-Rufael Y. 2009, Energy consumption and economic growth: The experience of African countries revisited. *Energy Economics*, 31, 217-224.
- Yan YY., 1998. Climate and residential electricity consumption in Hong Kong. *Energy* 1998; 23(1):17–20.
- Yaşar N., 2017. The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Different Income Country Groups. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2017, 7(2), 86-97.

- Yoo S.H., 2006, The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries. *Energy Policy*, 34, 3573-3582.

10.2 Riferimenti sitografici

- Alam R., Masudul H. A., 2019. Validating environmental Kuznets curve in India: ARDL bounds testing framework. *Opec Energy review*. <https://doi.org/10.1111/opec.12156>.
- Bhattacharya, S., 2006. A Computational Exploration of the Efficacy of Fibonacci Sequences in Technical Analysis and Trading. *ANNALS OF ECONOMICS AND FINANCE* 1, 185–196. <http://www.aeconfer.com/Articles/May2006/aef070109.pdf>
- Bonazzi E., Goralczyk M., Sansoni M., Stauvermann P. 2008. RAMEA: A Decision Support System for Regional Sustainable Development. www.academia.edu/6450624/RAMEA_A_Decision_Support_System_for_Regional_Sustainable_Development.
- Bonazzi E. e Sansoni M., Development and use of a regional NAMEA in Emilia-Romagna (Italy) in *Hybrid Economic-Environmental Accounts*, edito da V. Costantini, M. Mazzanti e A. Montini pp.65-79 2012, Routledge, UK
- Bwo-Nung Huang, M.J. Hwang, C.W. Yang, 2008. Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach Disponibile su: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907005344>; visitato il 26/06/2019.
- European environmental agency, 2018. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-primary-energy-intensity-3/assessment-2>; visitato nel maggio 2019
- Enea, 2017. Pubblicazioni online. Disponibile su: www.enea.it/it/pubblicazioni; visitato il: 26/06/2019.
- E3MLab & IIASA, 2018. Technical report on Member State results of the EUCO policy scenarios. Disponibile su: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20170125_-_technical_report_on_euco_scenarios_primes_corrected.pdf, visitato il: 22/3/2018.
- Eurostat. 2017. Energy balance. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_balance#Exchange.2C_Transfers.2C_Returns
- Eurostat. Regional GDP. 2019. <https://ec.europa.eu/eurostat/news/themes-in-the-spotlight/regional-gdp>, visitato il 2/7/2019.
- Eurostat, 2019. Diagrammi di Sankey. Disponibile su: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Sankey_diagrams_for_energy_balance. Visitato il 15/9/2019.

- Eurostat, 2019. Energy balance guide. Disponibile su: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/ENERGY-BALANCE-GUIDE-DRAFT-31JANUARY2019.pdf/cf121393-919f-4b84-9059-cdf0f69ec045>. Visitato il 24/06/2019.
- Gottron F., 2001. Energy Efficiency and the Rebound Effect: Does Increasing Efficiency Decrease Demand?. Science and Technology Analyst Resources, Science, and Industry Division, su <https://web.archive.org/web/20071228115335/http://www.ncseonline.org/nle/crsreports/energy/eng-80.cfm>, visitato il 2/7/2019.
- GOV_UK, 2019. Energy Consumption in the UK. Disponibile su: https://www.GOV_UK,2019/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/633503/ECUK_2017.pdf; visitato il 15/9/2017.
- Gupta, N. 2011, "Fibonacci Retracements and Self-Fulfilling Prophecy". Honors Projects. Paper 41. http://digitalcommons.mcalester.edu/economics_honors_projects/41. Visitato nel maggio 2018
- IEA, 2019 a. Key stats for United Kingdom, 1990-2016 Disponibile su: <https://www.iea.org/countries/United%20Kingdom>; visitato il 12/9/2019.
- IEA, 2019 b. Key stats for Italy, 1990-2016. Disponibile su: <https://www.iea.org/countries/Italy>; visitato il 12/9/2019
- ISTAT, 2018. Dati statistici per l'ambiente e l'energia. Disponibile su: <https://www.istat.it/it/ambiente-ed-energia>; visitato: 9 settembre 2019.
- Istat, 2019. Banche dati. Disponibile su: <http://dati.istat.it/>. Visitato il 1/7/2019.
- Jevons W.S., 1865. The Coal Question : An Inquiry Concerning the Progress of the Nation and the Probable Exhaustion of Our Coal Mines. su www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnCQ.html. Visitato il 1/7/2019.
- Kenneth A. S, Van Dender K., 2005. The Effect of Improved Fuel Economy on Vehicle Miles Traveled: Estimating the Rebound Effect Using U.S. State Data, 1966-2001. University of California Energy Institute: Policy & Economics. <https://escholarship.org/uc/item/1h6141nj>. Visitato il 1/7/2019.
- Marghella, 2017. Una strategia energetica per l'Italia. Disponibile su: http://www.aiee.it/documenti/STUDIO_AIEE_FEDERMANAGER.pdf, Visitato il 2/8/2017.
- Meade D.S., 2001. The LIFT Model, in <<Inforum working paper>>, September 2001. <http://www.inforum.umd.edu/papers/wp/wp/2001/wp01002.pdf>. Visitato il 24/06/2019.
- Meade D.S., 2010. Why real value added is not my favorite concept. Stud. Russ. Econ. Dev. 21: 249. <https://doi.org/10.1134/S1075700710030032>. Visitato nel settembre 2019.
- Millard D., Quadrelli, R. 2017. Understanding and using the Energy Balance. <https://www.iea.org/commentaries/understanding-and-using-the-energy-balance>, visitato nel marzo 2018.

- MISE, 2017. SEN 2017. Documento di consultazione. Disponibile su: http://dgsaie.mise.gov.it/sen/Strategia_Energetica_Nazionale_2017_-_documento_di_consultazione.pdf. Visitato il 12/9/2017.
- MISE, 2018. Produzione di gas naturale distinta per regione/zona marina. Disponibile su: <https://unmig.mise.gov.it/index.php/it>, visitato: 6 settembre 2019.
- MISE, 2019. Consumi petroliferi. Disponibile su: https://dgsaie.mise.gov.it/consumi_petroliiferi.php visitato: 9 settembre 2019.
- OCSE, 2002. Sustainable development: Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth. Disponibile su: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=sg/sd\(2002\)1/final](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=sg/sd(2002)1/final); visitato: 9 settembre 2019.
- OCSE, 2004. Measuring Sustainable Development: Integrated Economic, Environmental and Social Frameworks. OECD Publishing. Disponibile su: <http://www.oecd.org/site/worldforum/33703829.pdf>, visitato il 28/8/2018.
- Office for national Statistics, UK, 2019. Regional gross value added (income approach). Disponibile su: <https://www.ons.gov.uk/economy/grossvalueaddedgva/datasets/regionalgrossvalueaddedincomeapproach>; visitato il 16/9/2019.
- Parrique T., Barth J., Briens F., C. Kerschner, Kraus-Polk A., Kuokkanen A., Spangenberg J.H., 2019. Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau. eeb.org/decoupling-debunked. Visitato nel settembre 2019.
- Regione Autonoma della Sardegna, 2016. Delibera regionale della Regione Sardegna n. 45/40, approvata il 2/8/2016. Disponibile su: <http://delibere.regione.sardegna.it/protected/6272/0/def/ref/DBR6279/> Visitato il 3 luglio, 2019.
- Regione Sardegna, 2019. Sardinian regional Energy and environmental plan 2015-2030. <http://delibere.regione.sardegna.it/protected/41295/0/def/ref/DBR6279/>, Visitato nel luglio 2019.
- Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., 2019. Sustainable Development Report 2019. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN). <https://dashboards.sdgindex.org/#/>. Visitato nel settembre 2019.
- Sansoni M., Bonazzi E., 2010. Fare i conti con l'ambiente, le matrici NAMEA E RAMEA. in Ecoscienza n.2 anno 2010. Pagg. 44-45. www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2010_2/bonazzi2es2_10.pdf. Visitato nel luglio 2019.

- Shaker R., Muzaffar A, 2018. Do Predictive Power of Fibonacci Retracements Help the Investor to Predict Future? A Study of Pakistan Stock Exchange. International Journal of Economics and Financial Research. Vol. 4, Issue. 6, pp: 159-164. https://www.researchgate.net/publication/331547753_Do_Predictive_Power_of_Fibonacci_Retracements_Help_the_Investor_to_Predict_Future_A_Study_of_Pakistan_Stock_Exchange_Muzaffar_A_sad. Visitato nel luglio 2019
- Ministero dello sviluppo economico, 2019. Consumi regionali di gas naturale https://dgsaie.mise.gov.it/gas_naturale_consumi_regionali.php. Visitato nel maggio 2018.
- Terna, 2017. Analisi dei dati elettrici. <http://download.terna.it/terna/0000/0994/85.PDF>, visitato il 3 luglio, 2019.
- Terna, 2017. Dati Statistici. <https://www.terna.it/it-it/sistemaelettrico/statisticheeprevisioni/datistatistici.aspx> visitato il 28/8/2018.
- Terna, 2019. Consumi Energia Elettrica per Settore Merceologico Sardegna. Disponibile su: www.terna.it/it-it/sistemaelettrico/statisticheeprevisioni/consumienergiaelettricapersettoremerceologico/consumienergiaelettricapersettoremerceologicoregioni.aspx, visitato il 11 luglio 2019.
- Tiba, S., 2016. Renewable and Sustainable Energy Reviews (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.113>, visitato nel marzo 2018
- Tosato, G. C., 2008. Introduction to ETSAP and the MARKAL-TIMES models generators. International Energy Agency: NEET Workshop on Energy Technology Collaboration, 2008. <https://iea-etsap.org/index.php/documentation>.
- Unioncamere Emilia-Romagna, 2017. Scenario Emilia-Romagna previsione macroeconomica a medio termine. <http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/analisi/scenario-previsione/pdf/3/201707-scenario-previsione-er.pdf>; visitato il 15/9/2019.
- Unione petrolifera, 2017. Previsioni di domanda energetica e petrolifera 2017-2030. Disponibile su: http://www.unione petrolifera.it/?page_id=38 ; visitato il 22/03/2018.
- Zuliani F., 2015. Dematerializzazione dell'economia: intensità energetica. 27 Aprile 2015 <https://energiaemotori.wordpress.com/2015/04/27/dematerializzazione-delleconomia-intensita-energetica/>. Visitato il 4/8/2018.

Allegato 1. Guida per i bilanci energetici (Eurostat)

<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/ENERGY-BALANCE-GUIDE-DRAFT-31JANUARY2019.pdf/cf121393-919f-4b84-9059-cdf0f69ec045>

Allegato 2. Integrazione degli indicatori socio-economici ed ambientali nelle contabilità nazionali

<https://www.cbs.nl/-/media/imported/documents/2006/24/1993-060-p30-pub.pdf>



Energy balance guide

*Methodology guide for
the construction of energy balances
&
Operational guide for
the energy balance builder tool*

31 January 2019

eurostat 

Table of Content

Introduction.....	3
Why energy balances are constructed?.....	4
Prerequisites for the construction of energy balances.....	6
General methodology aspects	7
Products (columns of the energy balance).....	11
Flows (rows of the energy balance)	19
Complementing indicators.....	39
Examples of practical use	42
Consistency with IRES	43
The Eurostat's energy balance builder tool	49
Literature and information sources.....	52

Introduction

Glossary & acronyms

EDAMIS	Electronic Data files Administration and Management Information System (the current implementation of the Single Entry Point concept of Eurostat)
IRES	International Recommendation for Energy Statistics
NACE Rev. 2	Statistical classification of economic activities

What is an energy balance?

The energy balance is the most complete statistical accounting of energy products and their flow in the economy. The energy balance allows users to see the total amount of energy extracted from the environment, traded, transformed and used by end-users. It also allows seeing the relative contribution of each energy carrier (fuel, product). The energy balance allows studying the overall domestic energy market and monitoring impacts of energy policies. The energy balance offers a complete view on the energy situation of a country in a compact format, such as on energy consumption of the whole economy and of individual sectors.

The energy balance presents all statistically significant energy products (fuels) of a country and their production, transformation and consumption by different type of economic actors (industry, transport, etc.). Therefore, an energy balance is the natural starting point to study the energy sector.

In a simplified way, we can say that an energy balance is a matrix, where columns are energy products (fuels) and rows are energy flows (production – transformation – consumption sectors).

In a more complex understanding, as stated in IRES, an energy balance is an accounting framework for the compilation and reconciliation of data on all energy products entering, exiting and used within the national territory of a given country during a reference period.

Purpose of this document

This document describes the methodology for constructing energy balances in Eurostat. This methodology is applicable for energy balances constructed by Eurostat and disseminated in January 2019 (and all subsequent editions until new methodology is released). The methodology applies in a uniform manner to all countries and all time periods (starting in 1990 or as far back as country specific historic time series allow).

This document also serves as an operational guide for the Eurostat's energy balance builder tool and describes how to use this tool.

This document does **not** describe how data should be reported (please see reporting instructions and documents on filling in the questionnaires) and also it does **not** describe how data should be checked for coherence, consistency and plausibility (please see respective data validation manuals and convention on error detection).

Note on error correction and data editing

Every entity compiling energy balances has to make certain methodology choices for the creation and presentation of energy balances, taking into account the known limitation of available energy statistics. These methodological choices made by Eurostat for compilation of energy balances shall not be considered as error correction or data editing of received data transmissions.

Why energy balances are constructed?

Main reasons for constructing energy balances

In 1976 the United Nations Statistical Commission agreed on the use of energy balances as the key instrument in the coordination of work on energy statistics and the provision of data in a suitable form for understanding and analysing the role of energy in the economy.

The energy balance presents all statistically significant energy products (fuels) of a country and their production, transformation and consumption by different type of economic actors (sectors).

Therefore, an energy balance is the expected starting point to study the energy sector. It provides data and allows performing an analysis in the following key areas:

- The domestic energy market (energy production, trade, transformation and end-use);
- Evolution of the energy supply and demand (import dependency, energy intensity);
- Sustainable development (fossil fuel combustion, share of renewable energies);
- Input to energy modelling and forecasting.

A similar approach is described in IRES, where the purpose of an energy balance is described as a multi-purpose tool to:

- Enhance the relevance of energy statistics by providing comprehensive and reconciled data on the energy situation on a national territory basis;
- Provide comprehensive information on the energy supply and demand in the national territory in order to understand the energy security situation, the effective functioning of energy markets and other relevant policy goals, as well as to formulate energy policies;
- Serve as a quality tool to ensure completeness, consistency and comparability of basic statistics;
- Ensure comparability between different reference periods and between different countries;
- Provide data for the estimation of CO₂ emissions with respect to the national territory;
- Provide the basis for indicators of each energy product's role in a country's economy;
- Calculate efficiencies of transformation processes occurring in the country (e.g., refining, electricity production by combustion of fuels, etc.);
- Calculate the relative shares of the supply/consumption of various products (including renewables versus non-renewables) of a country's total supply/consumption;
- Provide an input for modelling and forecasting.

All in all, energy balance is extremely useful and powerful tool for analysis of energy. It provides information that allows answering many questions. Naturally, not all questions are answered by energy balances and therefore complementing indicators are needed and are also calculated and disseminated by Eurostat (and European Commission in general). Such indicators include:

- Detailed data on origin and destinations of international trade;
- Technical data on energy installations (generation and production capacities, data on fuel stockholding, various product or flow specific indicators);
- Additional disaggregation of certain statistics into specific subcategories, that is in general not available for all fuels or all block of energy balance.

The use of energy balances

By presenting all the data for all energy products in a common energy unit, the energy balance allows users to see the total amount of energy extracted from the environment, traded, transformed and used by end-users. It also allows seeing the relative contribution of each different energy carrier (fuel, product). The energy balance allows studying the overall domestic energy market, monitoring impacts of energy policies and assessing some of their impacts. The energy balance offers a complete view on the energy situation of a country in a compact format, for the whole economy and for each individual consumption sector.

More generally, a number of questions can be asked by looking at data in the energy balance. The energy balance can be used as a high-level check on the data quality: the coherence and accuracy of reported energy statistics for individual energy products. Large statistical differences in energy units, apparent energy gains, significant losses in transformation processes, unexplained variations in indicators may all indicate underlying data problems.

Energy balance is also the starting point for the construction of several indicators, such as import dependency. Certain aggregates of energy balance contribute to cross domain indicators, such as energy intensity (energy per GDP).

Energy balances in European policy decision making

The European [Energy Strategy](#) and [Energy Union](#) need to be underpinned by statistical evidence for sound decision making. To this end, energy balances are a key input for the Commission's [impact assessments](#) in the area of energy policies.

As energy is vital to many sectors of economy, energy data are used for other purposes too, notably transport and climate change.

The European Union's energy policy targets include the need for secure energy supplies, sustainable energy consumption and lower fossil fuel dependence. Energy balances help assessing progress in these areas. They are also a key input for monitoring the energy efficiency target of the Europe 2020 strategy.

[Directive 2012/27/EU](#) on energy efficiency and its implementation measures refer to the aggregates of energy balances published by Eurostat. In the context of Eurostat's work on [sustainable development indicators](#), energy balances provide a central contribution to [Affordable and clean energy](#).

Prerequisites for the construction of energy balances

There are three types of prerequisites required for constructing energy balances:

- Complete and validated energy statistics (no big data gaps, no major errors)
- Methodology assumptions for constructing energy balances
- IT tools that allows to apply the methodology on received data to create and [disseminate energy balances](#)

Energy statistics

Eurostat constructs energy balances on the basis of data transmissions defined in [Regulation \(EC\) No 1099/2008 on energy statistics](#). More specifically, annexes A and B of this Regulation define energy products and energy flows of annual energy statistics. All reporting countries are transmitting these energy data to Eurostat via EDAMIS. For the construction of energy balance of a country, all of the following datasets (as defined in EDAMIS) have to be completed and successfully validated (without any major data problem):

- ENERGY_ELECT_A (annual questionnaire for electricity & heat)
- ENERGY_NTGAS_A (annual questionnaire for natural gas)
- ENERGY_NUCLEAR_A (annual questionnaire for nuclear statistics)
- ENERGY_PETRO_A (annual questionnaire for oil)
- ENERGY_RENEW_A (annual questionnaire for renewables & waste)
- ENERGY_SOLID_A (annual questionnaire for coal)

This is very important for the process of constructing the energy balance since all data transmitted to Eurostat have the official legal status. For EU Member States, these data transmissions can be used for assessing legal compliance with the legislative framework of the European Union. Consequently energy balances constructed from these official data transmission are also considered as official data source and as such, energy balances are also used for the assessment of legal compliance with the legislative framework of the European Union, wherever relevant.

Methodology assumption

There is a huge set of methodology assumption that needs to be made when constructing energy balances. Many of these assumptions are listed and elaborated in chapter 8 of IRES. In this document, chapters 4, 5 and 6 covers the vast majority of methodology choices made by Eurostat.

IT tools

Eurostat produces energy balances for all reporting countries in its internal production database. In order to allow reporting countries to produce energy balances according to Eurostat methodology themselves, at any moment countries desire, Eurostat has developed a MS Excel tool: [Energy balance builder tool](#). Chapter 10 of this document describes the operation of this MS Excel file with Visual Basic macros.

General methodology aspects

When constructing energy balance one has to bear in mind the first law of thermodynamics. The law of conservation of energy states that the total energy of an isolated system is constant; energy can be transformed from one form to another, but can be neither created nor destroyed. The first law is often formulated by stating that the change in the internal energy of a closed system is equal to the amount of heat supplied to the system, minus the amount of work done by the system on its surroundings. Consequently energy gains are not possible and if present, they are results of either statistical discrepancy (data of low accuracy) or not fully considering all input products in the scope of energy statistics.

Simplified scheme for constructing energy balances

The first step is to construct commodity balances for each energy carrier in natural measurement units of the energy carrier – either physical unit (tonnes and cubic meters) or energy units (GWh for electricity and TJ for heat).

The second step is to convert the commodity balance in various units into a common energy unit, by multiplying all the data by the appropriate conversion factor (calorific value for energy carrier in physical units and unit conversion factor for energy carriers measured in energy units).

The third step refers to organising the columns and rows of the energy balance to avoid double counting of energy. For example the production of secondary products is shown in the production row in commodity balances and it is reported as a transformation output in the energy balance.

The choice of the primary energy form

The choice of the primary energy form defines the boundaries of energy statistics. The general principle of Eurostat's approach is that the primary energy form should be the first energy form in the production process for which various energy uses are in reality practiced. **Eurostat's methodology is based on the physical energy content method.** For directly combustible energy products (for example coal, crude oil, natural gas, biofuels, waste) it is their actual energy content measured by their gross and net calorific values. For products that are not directly combustible, the application of this principle leads to the choice of heat as the primary energy form for nuclear, geothermal and solar thermal; and to the choice of electricity as the primary energy form for solar photovoltaic, wind, hydro, tide, wave, ocean.

The measurement of the primary energy form for the not directly combustible fuels is done as gross electricity production for those where electricity is the primary energy form and as gross heat production for those where heat is the primary energy form.

According to obligations in [Regulation \(EC\) No 1099/2008 on energy statistics](#) the reporting is covering geothermal and solar thermal inputs needed for electricity and/or heat production from these sources. In a similar way, the heat generated by nuclear reactors has to be declared according to the reporting obligations on annual nuclear statistics. If countries do not have information on energy inputs available, but only the amount of electricity and/or heat produced is known, the reporting countries are advised to use the following efficiencies to estimate inputs:

- For electricity from geothermal sources: 10%
- For derived heat from geothermal sources: 50%
- For electricity from concentrating solar: 33%
- For derived heat from solar thermal energy: 100%
- For electricity and derived heat from nuclear sources: 33%

The choice of units in the energy balance

The data for the different products need to be expressed in a common energy unit. The unit chosen can be any energy unit: terajoule (TJ), gigawatt hour (GWh), thousands tons of oil equivalent (ktoe), million tons of oil equivalent (Mtoe), etc.

The unit adopted by Eurostat is the joule. The joule is a derived unit of energy in the International System of Units. It is the energy dissipated as heat when an electric current of one ampere passes through a resistance of one ohm for one second. This definition forms one of the basis of conversion between energy units: **1 GWh = 3.6 TJ**.

Historically, a unit used for energy balances is also the tonne of oil equivalent. It corresponds roughly to the average quantity of energy contained in a tonne of crude oil. Based on its energy content definition of 10⁷kilocalories, the following conversion can be derived: **1 Mtoe = 41 868 TJ**.

Energy balance can be converted from one energy unit into another. Eurostat offers energy balance data in TJ, ktoe and GWh in its [database](#). The Eurostat’s balance builder tool adds Mtoe. The table below presents the conversion factors between various energy units.

To: From:	TJ	Mtoe	GWh
TJ		/ 41 868	/ 3.6
Mtoe	× 41 868		× 11 630
GWh	× 3.6	/ 11 630	

The choice of a heating value (calorific value)

The energy balance can be expressed in the “net” or “gross” energy content, where net/gross refer to the calorific values used for conversion.

The quantity known as gross calorific value (GCV) (or higher heating value or gross energy or upper heating value or higher calorific value) is determined by bringing all the products of combustion back to the original pre-combustion temperature, and in particular condensing any water vapour produced. This is the same as the thermodynamic heat of combustion since the enthalpy change for the reaction assumes a common temperature of the compounds before and after combustion, in which case the water produced by combustion is condensed to a liquid, hence yielding its latent heat of vaporization.

The quantity known as net calorific value (NCV) (or lower heating value or lower calorific value) is determined by subtracting the heat of vaporization of the water vapour from the higher heating value. This treats any H₂O formed as a vapour. The energy required to vaporize the water therefore is not released as heat.

As the net calorific value represents the amount of energy that can be actually used, **Eurostat adopted the methodology of using the net calorific values for its energy balances**. This applies to conversion of all energy carriers (products, fuels) of energy balance for all flows of energy balance.

The actual choice of calorific values

Related to the choice of heating value is the actual choice of net calorific values used. **Eurostat set up a cascade system for the choice of the net calorific values used for the construction of energy balances.**

1. The net calorific values are covered by the data transmission obligations in [Regulation \(EC\) No 1099/2008 on energy statistics](#). If reporting countries fulfil their reporting obligations, Eurostat uses for the construction of energy balances the values transmitted by countries.
2. For primary and secondary coal product, also a reporting of gross calorific values is foreseen. If net calorific values are not provided but gross calorific values are provided, Eurostat will use the estimate of net calorific value. The estimation is based on the assumption that $GCV = 1.05 \times NCV$ (the gross calorific value is 5% higher than the net calorific value).
3. For primary and secondary coal products, if specific sectoral calorific values are not provided but calorific values for other sectors are provided, then the arithmetic average of available calorific values is used for constructing the energy balance.

For oil products in table 1 of the oil questionnaire (crude oil, NGL, refinery feedstock, additives/oxygenates or other hydrocarbons), if an average calorific value is not reported but calorific values for production, imports or exports are provided, then the arithmetic average of available calorific values is used for constructing the energy balance.

4. If no calorific values are provided by a reporting country, Eurostat uses the net calorific values enacted in [Commission Regulation \(EU\) No 601/2012](#) on the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to [Directive 2003/87/EC](#) of the European Parliament and of the Council.
5. For products not covered by the Commission Regulation (EU) No 601/2012, the net calorific values used are Eurostat's estimates. These estimates take into account the [Commission Decision 2007/589/EC](#) establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to [Directive 2003/87/EC](#) of the European Parliament and of the Council.

The references to the European legislation are based on the consolidated versions of legal acts as available on 16 August 2017. In practical terms, [Commission Decision 2007/589/EC](#) and [Commission Regulation \(EU\) No 601/2012](#) refer to the [2006 IPCC Guidelines](#).

For coal and coal products, it should be noted that calorific value reported under "For other uses" are used (among other flows) also for the following flows of the energy balance: recovered products, stock changes, autoproductors, gas works, coal liquefaction plants, final non-energy consumption and distribution losses.

The table below presents overview of calorific values with respect to point 4 (green shading) and point 5 (yellow shading).

Product	Net calorific value (TJ/kt)
Anthracite	26.7
Coking coal	28.2
Other bituminous coal	25.8
Sub-bituminous coal	18.9
Lignite	11.9
Patent fuels	20.7
Coke oven coke	28.2
Gas coke	28.2
Coal tar	28.0
Brown coal briquettes	19.0
Peat	9.76
Peat products	16.0
Oil shale and oil sands	8.9
Crude oil	42.3
Natural gas liquids	44.2
Refinery feedstocks	43.0
Additives and oxygenates	42.5
Other hydrocarbons (w/o bio)	42.5
Refinery gas	49.5
Ethane	46.4
Liquefied petroleum gases	47.3
Motor gasoline (w/o bio)	44.3

Product	Net calorific value (TJ/kt)
Aviation gasoline	44.3
Gasoline-type jet fuel	44.3
Kerosene-type jet fuel	44.1
Other kerosene	43.8
Naphtha	44.5
Gas oil and diesel oil (w/o bio)	43.0
(Residual) Fuel oil	40.4
White spirit and SPB	40.2
Lubricants	40.2
Bitumen	40.2
Petroleum coke	32.5
Paraffin waxes	40.2
Other oil products	40.2
Charcoal	29.5
Pure biogasoline	27.0
Blended biogasoline	27.0
Pure biodiesels	27.0
Blended biodiesels	27.0
Pure bio jet kerosene	44.0
Blended bio jet kerosene	44.0
Other liquid biofuels	27.4

Creating the matrix

The energy balance is presented as a matrix: a 2 dimensional table with rows and columns. This matrix can be created in different energy units, for different geographical regions and also for different time periods. While the choice for unit, country and time period is intuitive and has user specific needs, the choice of rows and columns needs to be harmonised within one methodology approach.

The subsequent 2 chapters describe the columns and rows of Eurostat energy balance. The easiest way to see the actual link between the matrix and source data for every individual position of energy balance is to actually work with the Eurostat's energy balance builder tool.

Essentially every cell of the energy balance matrix is created with a link¹ to the source data cell (mostly one data item, but for several data cells it is a sum, difference or other formula) with combination of a conversion factor to TJ (calorific values). For many cells of the energy balance this link is direct one to one relationship between the balance and the source data.

Consequently, the actual detailed calculation methodology is described in the most exhaustive level of details in the actual MS Excel file representing the Eurostat's energy balance builder tool.

¹ Tracing precedent cell in MS Excel is facilitated with keyboard shortcut: Ctrl + [

Products (columns of the energy balance)

This chapter presents the availability of energy products (fuels) in the energy balances as calculated and disseminated by Eurostat.

Simplified energy balance

The main purpose of the simplified energy balance is to fit on one page A4 design. Its aim is to provide a quick overview of energy situation in a country in a given year.

The table below lists products of the simplified energy balance as presented in Eurostat's database:

Eurobase code	Eurobase dissemination label: EN
TOTAL	Total
C0000X0350-0370	Solid fossil fuels
C0350-0370	Manufactured gases
P1000	Peat and peat products
S2000	Oil shale and oil sands
O4000XBIO	Oil and petroleum products (excluding biofuel portion)
G3000	Natural gas
RA000	Renewables and biofuels
W6100_6220	Non-renewable waste
N900H	Nuclear heat
H8000	Heat
E7000	Electricity

The Eurostat dissemination codes for energy products (fuels) were created based on the Standard International Energy Product Classification present in IRES and adapted by Eurostat in the framework of the [Standard Code Lists](#) initiative. These codes are derived from the DSD² for energy statistics and no code contradiction is present.

Simplified energy balance can be also called "aggregated energy balance".

Below is an example of the header (the top row) of the simplified energy balance of Eurostat, designed for table width of A4 page layout, so that it can be suitable for printing.

Total	Solid fossil fuels	Manufactured gases	Peat and peat products	Oil shale and oil sands	Oil and petroleum products	Natural gas	Renewables and biofuels	Non-renewable waste	Nuclear heat	Heat	Electricity
-------	--------------------	--------------------	------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------	-------------------------	---------------------	--------------	------	-------------

² Data Structure Definition (DSD) is the crucial SDMX element that defines the structure of an organised collection of data by means of concepts with specific roles and their representation.

Complete energy balance

The table below lists products of the simplified energy balance as presented in Eurostat's database:

Eurobase code	Eurobase dissemination label: EN
TOTAL	Total
C0000X0350-0370	Solid fossil fuels
C0110	Anthracite
C0121	Coking coal
C0129	Other bituminous coal
C0210	Sub-bituminous coal
C0220	Lignite
C0320	Patent fuels
C0311	Coke oven coke
C0312	Gas coke
C0340	Coal tar
C0330	Brown coal briquettes
C0350-0370	Manufactured gases
C0360	Gas works gas
C0350	Coke oven gas
C0371	Blast furnace gas
C0379	Other recovered gases
P1000	Peat and peat products
P1100	Peat
P1200	Peat products
S2000	Oil shale and oil sands
O4000XBIO	Oil and petroleum products
O4100_TOT	Crude oil
O4200	Natural gas liquids
O4300	Refinery feedstocks
O4400X4410	Additives and oxygenates (excluding biofuel portion)
O4500	Other hydrocarbons
O4610	Refinery gas
O4620	Ethane
O4630	Liquefied petroleum gas
O4652XR5210B	Motor gasoline (excluding biofuel portion)
O4651	Aviation gasoline
O4653	Gasoline-type jet fuel
O4661XR5230B	Kerosene-type jet fuel (excluding biofuel portion)
O4669	Other kerosene
O4640	Naphtha
O4671XR5220B	Gas oil and diesel oil (excluding biofuel portion)
O4680	Fuel oil
O4691	White spirit and special boiling point industrial spirits
O4692	Lubricants
O4695	Bitumen
O4694	Petroleum coke
O4693	Paraffin waxes
O4699	Other oil products n.e.c.

Eurobase code	Eurobase dissemination label: EN
G3000	Natural gas
RA000	Renewables and biofuels
RA100	Hydro power
RA500	Tide, wave and ocean
RA300	Wind power
RA420	Solar photovoltaic
RA410	Solar thermal
RA200	Geothermal
R5110-5150_W6000RI	Primary solid biofuels
R5160	Charcoal
R5300	Biogases
W6210	Renewable municipal waste
R5210P	Pure biogasoline
R5210B	Blended biogasoline
R5220P	Pure biodiesels
R5220B	Blended biodiesels
R5230P	Pure bio jet kerosene
R5230B	Blended bio jet kerosene
R5290	Other liquid biofuels
RA600	Ambient heat (heat pumps)
W6100_6220	Non-renewable waste
W6100	Industrial waste (non-renewable)
W6220	Non-renewable municipal waste
N900H	Nuclear heat
H8000	Heat
E7000	Electricity

The complete energy balance offers a huge level of details and is available only in a database format or in the MS Excel file format; it is not suitable for printing on paper.

Additional products and aggregates

Additional products and product aggregates enhancing the complete energy balance can be defined and used in data dissemination and for analytical purposes. These products or aggregates are not presented together with the complete energy balance, but could be included in specific data dissemination tables that complement the dissemination of energy balances.

Eurobase code	Eurobase dissemination label: EN
C0000	Coal and manufactured gases
C0100	Hard coal
C0200	Brown coal
C0300	Coal products
O4000	Oil and petroleum products
O4100_TOT_4200-4500	Crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and oxygenates and other hydrocarbons
O4100_TOT_4200-4500XBIO	Crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and oxygenates and other hydrocarbons (excluding biofuel portion)
O4600	Oil products
O4600XBIO	Oil products (excluding biofuel portion)
R5000	Biofuels
RA110	Pure hydro power
RA120	Mixed hydro power
RA130	Pumped hydro power
RA310	Wind on shore
RA320	Wind off shore
RA400	Solar
R5100	Solid biofuels
R5110	Fuelwood, wood residues and by-products
R5111	Wood pellets
R5140	Black liquor
R5120	Bagasse
R5130	Animal waste
R5150	Other vegetal material and residues
W6000RI	Renewable fraction of industrial waste
R5210	Biogasoline
R5210E	Bioethanol
R5230	Bio jet kerosene
R5220	Biodiesels
R5310	Biogases from anaerobic fermentation
R5311	Landfill gas
R5312	Sewage sludge gas
R5319	Other biogases from anaerobic fermentation
R5320	Biogases from thermal processes
W6200	Municipal waste

Hierarchical relationships between all products and all aggregates

The next table presents hierarchical presentation of all products and all aggregates. The hierarchical relationship is ordinary sum (addition) and is valid for all instances in data presentation of energy balances by Eurostat.

Label	Simplified balance	Complete balance
Total	✓	✓
Coal and manufactured gases		
Solid fossil fuels	✓	✓
Hard coal		
Anthracite		✓
Coking coal		✓
Other bituminous coal		✓
Brown coal		
Sub-bituminous coal		✓
Lignite		✓
Coal products		
Patent fuels		✓
Coke oven coke		✓
Gas coke		✓
Coal tar		✓
Brown coal briquettes		✓
Manufactured gases	✓	✓
Gas works gas		✓
Coke oven gas		✓
Blast furnace gas		✓
Other recovered gases		✓
Peat and peat products	✓	✓
Peat		✓
Peat products		✓
Oil shale and oil sands	✓	✓
Oil and petroleum products (excluding biofuel portion)	✓	✓
Crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and oxygenates and other hydrocarbons (excluding biofuel portion)		
Crude oil		✓
Natural gas liquids		✓
Refinery feedstocks		✓
Additives and oxygenates (excluding biofuel portion)		✓
Other hydrocarbons		✓
Oil products (excluding biofuel portion)		
Refinery gas		✓
Ethane		✓
Liquefied petroleum gas		✓
Motor gasoline (excluding biofuel portion)		✓

Label	Simplified balance	Complete balance
Aviation gasoline		✓
Gasoline-type jet fuel		✓
Kerosene-type jet fuel (excluding biofuel portion)		✓
Other kerosene		✓
Naphtha		✓
Gas oil and diesel oil (excluding biofuel portion)		✓
Fuel oil		✓
White spirit and special boiling point industrial spirits		✓
Lubricants		✓
Bitumen		✓
Petroleum coke		✓
Paraffin waxes		✓
Other oil products n.e.c.		✓
Natural gas	✓	✓
Renewables and biofuels	✓	✓
Biofuels		
Solid biofuels		
Primary solid biofuels		✓
Fuelwood, wood residues and by-products		
Black liquor		
Bagasse		
Animal waste		
Other vegetal material and residues		
Renewable fraction of industrial waste		
Charcoal		✓
Liquid biofuels		
Biogasoline		
Pure biogasoline		✓
Blended biogasoline		✓
Biodiesels		
Pure biodiesels		✓
Blended biodiesels		✓
Bio jet kerosene		
Pure bio jet kerosene		✓
Blended bio jet kerosene		✓
Other liquid biofuels		✓
Biogas		✓
Biogases from anaerobic fermentation		
Landfill gas		
Sewage sludge gas		
Other biogases from anaerobic fermentation		
Biogases from thermal processes		
Renewable municipal waste		✓
Hydro		✓

Label	Simplified balance	Complete balance
Pure hydro power		
Mixed hydro power		
Pumped hydro power		
Tide, wave, ocean		✓
Geothermal		✓
Wind		✓
Wind on shore		
Wind off shore		
Solar		
Solar thermal		✓
Solar photovoltaic		✓
Ambient heat (heat pumps)		✓
Non-renewable waste	✓	✓
Industrial waste		✓
Non-renewable municipal waste		✓
Nuclear heat	✓	✓
Heat	✓	✓
Electricity	✓	✓

In addition, the following relationships are defined:

Label	Simplified balance	Complete balance
Oil and petroleum products		
Crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and oxygenates and other hydrocarbons		
Oil products		

Label	Simplified balance	Complete balance
Crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and oxygenates and other hydrocarbons		
Crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and oxygenates and other hydrocarbons (excluding biofuel portion)		
Biofuels for blending		

Label	Simplified balance	Complete balance
Oil products		
Oil products (excluding biofuel portion)		
Blended biogasoline		✓
Blended biodiesels		✓
Blended bio jet kerosene		✓

Label	Simplified balance	Complete balance
Municipal waste		
Renewable municipal waste		✓
Non-renewable municipal waste		✓

Flows (rows of the energy balance)

Eurostat's energy balance has 3 blocks:

- Top block: Supply
- Medium block: Transformation input, Transformation output, Consumption of the energy branch and Distribution losses
- Bottom block: Final non-energy consumption and Final energy consumption (disaggregated into subsectors of industry, transport and other sectors)

In the medium block, the difference between transformation input and transformation output constitutes the transformation losses.

Supply (top block)

The top block – Supply – covers the top down approach from the perspective of production, trade and stock changes. As recommended in IRES, international maritime bunkers as well as international aviation are excluded at the top block of the energy balance.

Primary production

Primary production represents any kind of extraction of energy products from natural sources. It takes place when the natural sources are exploited, for example extraction of lignite in coal mines or extraction of crude oil. It also includes electricity and heat according to the choice of the primary energy form (electricity generation using hydro, wind and solar PV).

Transformation of energy from one form to another, such as electricity or heat generation in power plants using natural gas or coke oven coke production in coke ovens is included in the transformation output (middle block of the energy balance) and not on the primary production. Therefore primary production for all secondary fuels is zero.

Recovered and recycled products

For coal this includes recovered slurries, middlings and other low-grade coal products, which cannot be classified according to type of coal. This includes coal recovered from waste piles and other waste receptacles.

For petroleum products, these are finished (petroleum) products which pass a second time through the marketing network, after having been once delivered to final consumers (for example used lubricants which are reprocessed).

Imports

Imports represent all entries into the national territory excluding transit quantities. However, if electricity is transited through a country, the amount is reported as both an import and an export. Data reflect amounts having crossed the national territorial boundaries, whether customs clearance has taken place or not. Quantities of crude oil and products imported under processing agreements (i.e. refining on account) are included. Petroleum products imported directly by the petrochemical industry should be included.

Exports

Exports represent all exits from the national territory excluding transit quantities. However, if electricity is transited through a country, the amount is reported as both an import and an export. Data reflect amounts having crossed the national territorial boundaries, whether customs clearance has taken place or not. Quantities of crude oil and products exported under processing agreements (i.e. refining on account) are included. Petroleum products exported directly by the petrochemical industry should be included.

Change in stock

The difference between the opening stock level and closing stock level for stocks held on national territory. Stock changes do not refer to reserves (proven or probable) of not yet extracted products, such as underground deposits of crude oil, natural gas and coal.

Positive value for stock changes means stock draw (fuel put in stocks in previous years was used during the reference year). Negative value for stock changes means stock build (fuel was put in stocks during the reference year and can be used in future).

For natural gas, variations of stocks represent also the quantities of gas introduced into and removed from the transportation systems. For natural gas it refers to recoverable natural gas stored in special storage facilities (depleted gas and/or oil field, aquifer, salt cavity, mixed caverns, or other) as well as liquefied natural gas storage. Cushion gas should be excluded.

For non-blended liquid biofuels, stock changes may include stock changes of liquid biofuels destined to be blended.

Gross available energy

This aggregate is calculated with the following arithmetic definition:

Gross available energy =	+ Primary production
	+ Recovered & Recycled products
	+ Imports
	– Export
	+ Stock changes

For total of all products, the *Gross available energy* is one of the most important aggregate of energy balance and represents the quantity of energy necessary to satisfy all energy demand of entities operating under the authorities of the geographical entity under consideration.

Its interpretation for individual products is different. For secondary products, which are produced as transformation output and not as primary productions, the *Gross available energy* can be negative.

International maritime bunkers

Quantities of fuels delivered to ships of all flags that are engaged in international navigation. The international navigation may take place at sea, on inland lakes and waterways, and in coastal waters. Excluded are:

- consumption by ships engaged in domestic navigation. The domestic/international split should be determined on the basis of port of departure and port of arrival, and not by the flag or nationality of the ship,
- consumption by fishing vessels,
- consumption by military forces,
- aviation bunkers.

International aviation

Quantities of fuels delivered to aircrafts for international aviation. The domestic/international split is determined on the basis of departure and landing locations and not by the nationality of the airline. Excludes fuels used by airlines for their road vehicles (see Not elsewhere specified (Transport)) and military use of aviation fuels (see Not elsewhere specified (Other)).

Total energy supply

This aggregate reflects on the recommendations in IRES for calculation of key aggregates of energy balances. This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Total energy supply =	+ Primary production
	+ Recovered & Recycled products
	+ Imports
	– Export
	+ Stock changes
	– International maritime bunkers
	– International aviation

For total of all products, the *Total energy supply* is one of the most important aggregate of energy balance and represents the quantity of energy necessary to satisfy inland consumption (inland fuel deliveries) of the geographical entity under consideration.

Its interpretation for individual products is different. For secondary products, which are produced as transformation output and not as primary productions, the *Total energy supply* can be negative.

Transformation input (medium block)

The transformation of energy is generally executed by energy industries. However, many entities that are not a part of energy industries are also involved in the transformation and production of energy products. This is to satisfy their own needs or to deliver (sell) these products to third parties. Consequently this transformation of energy products is recorded in the energy balances in the middle block (transformation input and transformation output). The most typical example is companies producing their own electricity and or heat (so called autoproducers). Another example is blast furnaces because its by-product, blast furnace gas and other types of recovered gases, are often captured and used as energy product.

Transformation input covers all inputs into the transformation plants destined to be converted into derived products. Transformation is only recorded when the energy products are physically or chemically modified to produce other energy products, electricity and/or heat. Quantities of fuels used for heating, operation of equipment and in general in support of the transformation are not included (see Energy sector).

The Transformation input and Transformation output includes real energy product transformations as well as virtual product transformations with pre-defined efficiencies. These virtual transformations cover the following aspects:

- blending of various products into each other (100% efficiency)
- methodological transformations of electricity produced from non-combustible renewables such as hydro and wind (100% efficiency)
- methodological transformations of electricity produced from nuclear heat, solar thermal and geothermal (efficiency depending on data availability – see chapter 4)
- interproduct transfers, backflows and exchanges between petroleum refineries and petrochemical industries (100% conversion ratio measured in tons)

Note: Please see also notes for Transformation output.

In energy balance, this is an aggregate with the following arithmetic definition:

Transformation input =	+ Electricity & heat generation
	+ Coke ovens
	+ Blast furnaces
	+ Gas works
	+ Refineries & petrochemical industry
	+ Patent fuel plants
	+ BKB & PB plants
	+ Coal liquefaction plants
	+ For blended natural gas
	+ Liquid biofuels blended
	+ Charcoal production plants
	+ Gas-to-liquids plants
	+ Not elsewhere specified

Electricity & heat generation

In energy balance, this is an aggregate with the following arithmetic definition:

Electricity & heat generation =	+ Main activity producer electricity only
	+ Main activity producer CHP
	+ Main activity producer heat only
	+ Autoproducer electricity only
	+ Autoproducer CHP
	+ Autoproducer heat only
	+ Electrically driven heat pumps
	+ Electric boilers
	+ Electricity for pumped storage
	+ Derived heat for electricity production

- **Main activity producer electricity only**

Quantities of fuels used to produce electricity in electricity only units/plants by main activity producers.

- **Main activity producer CHP**

Quantities of fuels used to produce electricity and/or heat in CHP units/plants by main activity producers.

- **Main activity producer heat only**

Quantities of fuels used to produce heat in heat only units/plants by main activity producers.

- **Autoproducer electricity only**

Quantities of fuels used to produce electricity in electricity only units/plants by autoproducers.

- **Autoproducer CHP**

All quantities of fuels used to produce electricity and the proportional part of fuels used to produce heat sold in CHP units/plants by autoproducers. The proportional part of fuels used to produce heat that was not sold (auto-consumed heat) is included in the specific sector of final energy consumption based on NACE classification. Heat not sold but delivered to other entities under non-financial agreements or entities with different ownership is reported on the same principle as heat sold.

- **Autoproducer heat only**

The proportional part of fuels that corresponds to the quantity of heat sold in heat only units/plants by autoproducers. The proportional part of fuels used to produce heat that was

not sold (auto-consumed heat) is included in the specific sector of final energy consumption based on NACE classification. Heat not sold but delivered to other entities under non-financial agreements or entities with different ownership is reported on the same principle as heat sold.

- **Electrically driven heat pumps**

The electricity used in heat pumps corresponding to the Derived heat in Transformation output.

- **Electric boilers**

The electricity used in electric boilers corresponding to the Derived heat in Transformation output.

- **Electricity for pumped storage**

The electricity consumed by pumping the water uphill in hydro-electric pumped storage power plants and mixed plants.

- **Derived heat for electricity production**

Purchased derived heat consumed as input to electricity generation. It includes also heat from chemical processes (primary energy form of heat and not waste heat of energy processes) used for electricity generation.

Coke ovens

Quantities of fuels used in coke ovens to produce coke oven coke and coke oven gas.

Blast furnaces

Quantities of fuels entering the blast furnace vessel, whether through the top along with the iron ore, or through the tuyeres in the bottom along with the heated blast air.

Gas works

Quantities of fuels used to produce gas work gas in gas works and in coal gasification plants.

Refineries & petrochemical industry

In energy balance, this is an aggregate with the following arithmetic definition:

Transformation input: Refineries & petrochemical industry =	+ Refinery intake
	+ Backflows from petrochemical industry
	+ Products transferred
	+ Interproduct transfers
	+ Direct use
	+ Petrochemical industry intake

- **Refinery intake**

This is defined as the total observed amount of Crude oil, Natural gas liquids, Additives/Oxygenates and Other hydrocarbons that have entered the refinery process.

- **Backflows from petrochemical industry**

This flow represents the backflows from the petrochemical industry to refineries. These are finished or semi-finished products which are returned from petrochemical industry to refineries for processing, blending or sale. They are usually by-products of petrochemical manufacturing. For integrated petrochemical industries this flow can be estimated. Transfers from one refinery to another within the country should be excluded. Transformation input represents the products that *disappear* from their availability for further use in the economy and Transformation output represents Refinery feedstocks that *appears* for further use. In tons the sum of reported backflows of individual products has to be equal to the Refinery feedstocks.

- **Products transferred**

Products transferred are energy products, e.g. in the case of oil, products which are reclassified as refinery feedstock for further processing in the refinery, without delivery to final consumers. For example, Naphtha imported for upgrading would be first reported as imports of Naphtha and then as Products transferred. Transformation input represents the products that *disappear* from their availability for further use in the economy and *appears* in the Transformation output as Refinery feedstocks.

- **Interproduct transfers**

Interproduct transfers result from reclassification of products either because their specification has changed or because they are blended with another product. For example, quantities of kerosene may be reclassified as gasoil after blending with the latter in order to meet its winter diesel specification. In the annual questionnaire this operation would produce negative “Interproduct transfers” for kerosene and positive for gasoil. The sum of reported Interproduct transfers in tons should equal to zero. As Transformation input the reported “Interproduct transfers” with negative sign are shown, but with positive sign. This represents the products that *disappear* from their availability for further use.

- **Direct use**

Crude oil, Natural gas liquids, Additives/Oxygenates and Other hydrocarbons which are used directly without being processed in petroleum refineries are reported as Direct use. These products *disappear* from their availability for further use in for Refineries & Petrochemical industry and *appear* as available products for the rest of the economy under Primary product receipts. The sum of reported Direct use in tons should equal to Primary product receipts in tons.

- **Petrochemical industry intake**

Returns from petrochemical industry cover finished or semi-finished products, which are returned from final consumers to refineries for processing, blending or sale. They are usually by-products of petrochemical manufacturing processes. Transfers from one refinery to another within the country are excluded.

Patent fuel plants

Quantities of fuels used in patent fuel plants to produce patent fuel.

BKB & PB plants

Quantities of fuels used to produce brown coal briquettes (BKB) in BKB plants and quantities of fuels used in peat briquettes plants to produce peat briquettes (PB).

Coal liquefaction plants

Quantities of fuel used to produce synthetic oil.

For blended natural gas

Quantities of gases blended with natural gas into the gas grid (gas network).

Liquid biofuels blended

Quantities of liquid biofuels blended with their fossil counterparts.

Charcoal production plants

Quantities of solid biofuels converted to charcoal.

Gas-to-liquids plants

Quantities of gaseous fuels converted to liquid fuels.

Not elsewhere specified

Quantities of fuels used for transformation activities not included elsewhere.

Transformation output (medium block)

Transformation output is the result of the transformation process of energy products. This output covers production of derived products (secondary products, by-products and co-products). Transformation output refers always to gross production of derived products, i.e. the products used for the own consumption of the transformation plants are included in the transformation output and their use is reported in the Energy sector.

This part of the energy balance has the most elements of reorganisation of data between the reported format of annual questionnaires and the energy balance matrix.

For many products the transformation output is reported as production in the annual questionnaire. For primary products this is attributed to Primary production (see supply) and secondary products it is attributed to transformation output.

When reading the energy balance from the top to the bottom, it can be noted that several products already exported or used as transformation input are only now appearing as transformation output. Also it should be noted that in the full production chain, especially with respect to petrochemical industry and oil refineries, the products can pass several cycles of transformation.

Note: Please see also notes for Transformation input.

In energy balance, this is an aggregate with the following arithmetic definition:

Transformation output =	+ Electricity & Heat generation
	+ Coke ovens
	+ Blast furnaces
	+ Gas works
	+ Refineries & Petrochemical industry
	+ Patent fuel plants
	+ BKB & PB plants
	+ Coal liquefaction plants
	+ Blended in Natural gas
	+ Liquid biofuels blended
	+ Charcoal production plants
	+ Gas-to-liquids plants
	+ Not elsewhere specified

Electricity & Heat generation

In energy balance, this is an aggregate with the following arithmetic definition:

Electricity & Heat generation =	+ Main activity producer electricity only
	+ Main activity producer CHP
	+ Main activity producer heat only
	+ Autoproducer electricity only
	+ Autoproducer CHP
	+ Autoproducer heat only
	+ Electrically driven heat pumps
	+ Electric boilers
	+ Pumped hydro
	+ Other sources

- **Main activity producer electricity only**

This category includes production of electricity in electricity only units/plants by main activity producers.

- **Main activity producer CHP**
This category includes production of electricity and/or derived heat in CHP units/plants by main activity producers.
- **Main activity producer heat only**
This category includes production of derived heat in heat only units/plants by main activity producers.
- **Autoproducer electricity only**
This category includes production of electricity in electricity only units/plants by autoproducers.
- **Autoproducer CHP**
This category includes production of electricity and/or derived heat in CHP units/plants by autoproducers. Only derived heat sold in included; heat auto-consumed is excluded.
- **Autoproducer heat only**
This category includes production of derived heat in heat only units/plants by autoproducers. Only derived heat sold in included; heat auto-consumed is excluded.
- **Electrically driven heat pumps**
This category includes the derived heat output from electrically driven heat pumps only where the heat is sold to third parties.
- **Electric boilers**
This category includes the heat from electric boilers where the output is sold to third parties.
- **Pumped hydro**
It includes pure pumped storage plants generation and the pumped storage generation portion of mixed plants. In case the production of electricity from water previously pumped uphill is not known, it is calculated as 73% of the electricity used for pumping water uphill.
- **Other sources**
This category includes electricity and heat produced from other sources not specified above, For example: electricity from fuel cells or the recovered waste heat from industry sold to third parties. Electricity and derived heat produced from waste heat originating from energy driven processes are excluded from reporting in this category (production is reported under specific products).

This category also includes the heat originating from processes without direct energy input, such as a chemical reaction (for example the treatment of zinc oxide ore with hydrochloric acid).

Coke ovens

Quantities of coke oven coke and coke oven gas produced in coke ovens.

Blast furnaces

Quantities of blast furnace gas and other recovered gases produced in blast furnaces.

Gas works

Gas work gas produced in gas works. Includes the output of coal gasification plants.

Refineries & petrochemical industry

In energy balance, this is an aggregate with the following arithmetic definition:

Transformation output: Refineries & Petrochemical industry =	+ Refinery output
	+ Backflows
	+ Products transferred
	+ Interproduct transfers
	+ Primary product receipts
	+ Petrochemical industry returns

- **Refinery output**

This is production of petroleum products at a refinery. This category excludes Refinery losses and includes Refinery fuel.

- **Backflows**

This flow represents the backflows from the petrochemical industry to refineries. These are finished or semi-finished products which are returned from petrochemical industry to refineries for processing, blending or sale. They are usually by-products of petrochemical manufacturing. For integrated petrochemical industries this flow can be estimated. Transfers from one refinery to another within the country should be excluded. Transformation input represents the products that *disappear* from their availability for further use in the economy and Transformation output represents Refinery feedstocks that *appears* for further use. In tons the sum of reported backflows of individual products has to be equal to the Refinery feedstocks.

- **Products transferred**

Products transferred are energy products, e.g. in the case of oil, products which are reclassified as refinery feedstock for further processing in the refinery, without delivery to final consumers. For example, Naphtha imported for upgrading would be first reported as imports of Naphtha and then as Products transferred. Transformation input represents the products that *disappear* from their availability for further use in the economy and *appears* in the Transformation output as Refinery feedstocks.

- **Interproduct transfers**

Interproduct transfers result from reclassification of products either because their specification has changed or because they are blended with another product. For example, quantities of kerosene may be reclassified as gasoil after blending with the latter in order to meet its winter diesel specification. In the annual questionnaire this operation would produce negative "Interproduct transfers" for kerosene and positive for gasoil. The sum of reported Interproduct transfers in tons should equal to zero. As Transformation output the reported "Interproduct transfers" with positive sign are shown. This represents the products that *appear* for further use.

- **Primary product receipts**

Crude oil, Natural Gas Liquids, Additives/Oxygenates and Other hydrocarbons which are used directly without being processed in petroleum refineries are reported as Direct use. These products *disappear* from their availability for further use in for Refineries & Petrochemical industry and *appear* as available products for the rest of the economy under Primary product receipts. The sum of reported Direct use in tons should equal to Primary product receipts in tons.

- **Petrochemical industry returns**

This represents products produced by the petrochemical industry that are available as Backflows from petrochemical industry for further processing in refineries. By definition, this line is equal to Transformation input - Backflows from petrochemical industry. It is necessary to include in the energy balance the production of these products to ensure balance between inputs and outputs of commodities.

Patent fuel plants

Quantities of patent fuel produced in patent fuel plants.

BKB & PB plants

Quantities of brown coal briquettes (BKB) and quantities of peat briquettes (PB) produced in BKB or PB plants.

Coal liquefaction plants

Quantities of liquid fuels produced in Coal liquefaction plants.

Blended in Natural gas

Quantities of gases blended with natural gas into the gas grid (gas network).

Liquid biofuels blended

Quantities of liquid biofuels blended with their fossil counterparts.

Charcoal production plants

Quantities of charcoal produced.

Gas-to-liquids plants

Quantities of liquid fuels produced from gaseous fuels input.

Not elsewhere specified

Quantities of fuels produced in transformation activities not included elsewhere.

Energy sector (medium block)

The consumption of the energy sector covers the consumption of own-produced energy and of energy purchased by energy producers and transformers in operating their installations. This means quantities consumed by the energy industry to support the extraction (mining, oil and gas production) or plant operations of transformation activities. This corresponds to NACE Rev. 2 Divisions 05, 06, 19 and 35, NACE Rev. 2 Group 09.1 and NACE Rev. 2 classes 07.21 and 08.92.

Excludes quantities of fuels transformed into another energy form (see Transformation input) or used in support of the operation of oil, gas and coal slurry pipelines (see Transport sector).

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Energy sector =	+ Own use in electricity & heat generation
	+ Coal mines
	+ Oil & natural gas extraction plants
	+ Patent fuel plants
	+ Coke ovens
	+ BKB & PB plants
	+ Gas works
	+ Blast furnaces
	+ Petroleum refineries (oil refineries)
	+ Nuclear industry
	+ Coal liquefaction plants
	+ Liquefaction & regasification plants (LNG)
	+ Gasification plants for biogas
	+ Gas-to-liquids (GTL) plants
	+ Charcoal production plants
	+ Not elsewhere specified (energy)

Elements in this section are included in energy balances with exactly the same conceptual definition as in the reported data based on the definitions in Regulation (EC) No 1099/2008 on energy statistics and in the reporting instructions and, naturally, converted with calorific values from reported units to the energy units of the energy balance. Consequently only a brief summary of these elements is provided here.

Own use in electricity & heat generation

Quantities of fuels consumed as energy for support operations at plants with Electricity only, Heat only and CHP units.

Coal mines

Quantities of fuels consumed as energy to support the extraction and preparation of coal within the coal mining industry. Coal burned in pithead power stations should be reported in the Transformation Sector.

Oil & natural gas extraction plants

Quantities of fuels consumed in the oil and natural gas extraction facilities. Excludes pipeline losses (see Distribution losses) and energy quantities used to operate pipelines (see Transport sector).

Patent fuel plants

Quantities of fuels consumed as energy for support operations at patent fuel plants.

Coke ovens

Quantities of fuels consumed as energy for support operations in coke ovens (coking plants).

BKB & PB plants

Quantities of fuels used as energy for support operations in BKP/PB plants (briquetting plant).

Gas works

Quantities of fuels consumed as energy for support operations at gas works and coal gasification plants.

Blast furnaces

Quantities of fuels consumed as energy for support operations at blast furnaces.

Petroleum refineries (oil refineries)

Quantities of fuels consumed as energy for support operations at petroleum refineries (oil refineries).

Nuclear industry

Quantities of fuels consumed as energy for support operations for the manufacture of chemical materials for atomic fission and fusion and related processes.

Coal liquefaction plants

Quantities of fuels consumed as energy for support operations at coal liquefaction plants.

Liquefaction & regasification plants (LNG)

Quantities of fuels consumed as energy for support operations in natural gas liquefaction and regasification plants.

Gasification plants for biogas

Quantities of fuels consumed as energy for support operations in biogas gasification plants.

Gas-to-liquids (GTL) plants

Quantities of fuels consumed as energy for support operations in Gas-to-liquid conversion plants.

Charcoal production plants

Quantities of fuels consumed as energy for support operations in charcoal production plants.

Not elsewhere specified (energy)

Quantities of fuels related to energy activities not included elsewhere.

Distribution losses (medium block)

This category includes quantities of fuel losses which occur due to transport and distribution, including pipeline losses. Specifically for electricity, transmission losses are included here.

Energy available for final consumption (medium block)

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Energy available for final consumption = <ul style="list-style-type: none"> + Total energy supply – Transformation input + Transformation output – Energy sector – Distribution losses

Final non-energy consumption (bottom block)

Elements in this section are included in energy balances with exactly the same conceptual definition as in the reported data based on the definitions in Regulation (EC) No 1099/2008 on energy statistics and in the reporting instructions and, naturally, converted with calorific values from reported units to the energy units of the energy balance.

The level of details is fuel specific and therefore the level of details in the energy balance is a compromise between the level of detailed available and the relative importance of the non-energy consumption. By definition, the consumption of energy from renewable sources for non-energy purposes is excluded from the scope of energy statistics (for example use of wood for the building construction or use of wood furniture manufacturing or passive use of solar energy for heating buildings).

In the energy balance, the final non-energy consumption is disaggregated into the following elements:

Non-energy use industry/transformation/energy

- Non-energy use in transformation sector
- Non-energy use in energy sector
- Non-energy use in industry sector

Non-energy use in transport sector

Non-energy use in other sectors

Depending on actual data availability, the following arithmetic relationships apply:

$\begin{aligned} \text{Final non-energy consumption} = & + \text{Non-energy use industry/transformation/energy} \\ & + \text{Non-energy use in transport sector} \\ & + \text{Non-energy use in other sectors} \end{aligned}$

$\begin{aligned} \text{Non-energy use industry/transformation/energy} = & \\ & + \text{Non-energy use in transformation sector} \\ & + \text{Non-energy use in energy sector} \\ & + \text{Non-energy use in industry sector} \end{aligned}$
--

Final energy consumption (bottom block)

Elements in this section are included in energy balances with exactly the same conceptual definition as in the reported data based on the definitions in Regulation (EC) No 1099/2008 on energy statistics and in the reporting instructions and, naturally, converted with calorific values from reported units to the energy units of the energy balance. Consequently only a brief summary of these elements is provided here.

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

$\begin{aligned} \text{Final energy consumption} = & + \text{Industry sector} \\ & + \text{Transport sector} \\ & + \text{Other sectors} \end{aligned}$

In the energy balance, the final energy consumption is further disaggregated into Industry sector, Transport sector and Other sectors. Each of these sectors have several subsectors.

Industry sector

This refers to fuel quantities consumed by the industrial undertaking in support of its primary activities. For heat only or CHP units, only quantities of fuels consumed for the production of heat used by the entity itself (heat auto-consumed) are included. Quantities of fuels consumed for the production of heat sold and for the production of electricity are reported as Transformation input.

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Industry sector =	+ Iron & steel
	+ Chemical & petrochemical
	+ Non-ferrous metals
	+ Non-metallic minerals
	+ Transport equipment
	+ Machinery
	+ Mining & quarrying
	+ Food, beverages & tobacco
	+ Paper, pulp & printing
	+ Wood & wood products
	+ Construction
	+ Textile & leather
	+ Not elsewhere specified (industry)

- **Iron & steel:** NACE Rev. 2 Groups 24.1, 24.2 and 24.3; and NACE Rev. 2 Classes 24.51 and 24.52 (transformation input in blast furnaces is included in the transformation sector)
- **Chemical & petrochemical:** NACE Rev. 2 Divisions 20 and 21
- **Non-ferrous metals:** NACE Rev. 2 Group 24.4; and NACE Rev. 2 Classes 24.53 and 24.54
- **Non-metallic minerals:** NACE Rev. 2 Division 23
- **Transport equipment:** NACE Rev. 2 Divisions 29 and 30
- **Machinery:** NACE Rev. 2 Divisions 25, 26, 27 and 28
- **Mining & quarrying:** NACE Rev. 2 Divisions 07 (excluding 07.21) and 08 (excluding 08.92); NACE Rev. 2 Group 09.9
- **Food, beverages & tobacco:** NACE Rev. 2 Divisions 10, 11 and 12
- **Paper, pulp & printing:** NACE Rev. 2 Divisions 17 and 18
- **Wood & wood products:** NACE Rev. 2 Division 16.
- **Construction:** NACE Rev. 2 Division 41, 42 and 43
- **Textile & leather:** NACE Rev. 2 Divisions 13, 14 and 15
- **Not elsewhere specified (industry):** NACE Divisions 22, 31 and 32

Transport sector

This refers to energy used in all transport activities irrespective of the NACE category (economic sector) in which the activity occurs. Fuels used for heating and lighting at railway, bus stations, shipping piers and airports are reported in the "Commercial and Public Services" and not in the Transport sector.

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Transport sector =	+ Rail
	+ Road
	+ Domestic aviation
	+ Domestic navigation
	+ Pipeline transport
	+ Not elsewhere specified (transport)

- **Rail**
Quantities of fuels used by rail traffic, including industrial railways and rail transport as part of urban or suburban transport systems (for example trains, trams, metro).

- **Road**

Quantities of fuels used in road vehicles. Includes fuel used by agricultural vehicles on highways and lubricants for use in road vehicles. Excludes energy used in stationary engines (see Other sector), for non-highway use in tractors (see Agriculture), military use in road vehicles (see Other sector – Not elsewhere specified), bitumen used in road surfacing and energy used in engines at construction sites (see Industry sub-sector Construction).

- **Domestic aviation**

Quantities of fuels delivered to aircraft for domestic aviation. Includes fuel used for purposes other than flying, e.g. bench testing of engines. The domestic/international split is determined on the basis of departure and landing locations and not by the nationality of the airline. This includes journeys of considerable length between two airports in a country with overseas territories. Excludes fuels used by airlines for their road vehicles (see Not elsewhere specified (Transport)) and military use of aviation fuels (see Not elsewhere specified (Other)).

- **Domestic navigation**

Quantities of fuels delivered to vessels of all flags not engaged in international navigation (see International marine bunkers). The domestic/international split should be determined on the basis of port of departure and port of arrival and not by the flag or nationality of the ship.

- **Pipeline transport**

Quantities of fuels used as energy in the support and operation of pipelines transporting gases, liquids, slurries and other commodities. Includes energy used for pump stations and maintenance of the pipeline. Excludes energy used for the pipeline distribution of natural or manufactured gas, hot water or steam from the distributor to final users (to be reported in the energy sector), energy used for the final distribution of water to household, industrial, commercial and other users (to be included in Commercial and Public Services) and losses occurring during this transport between distributor and final users (to be reported as distribution losses).

- **Not elsewhere specified (transport)**

Quantities of fuels used for transport activities not included elsewhere. Includes fuels used by airlines for their road vehicles and fuels used in ports for ships' unloaders, various types of cranes.

Other sectors

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Other sectors =	+ Commercial & public services + Households + Agriculture & forestry + Fishing + Not elsewhere specified (other)
-----------------	--

- **Commercial & public services**

Quantities of fuels consumed by business and offices in the public and private sectors. NACE Rev. 2 Divisions 33, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 47, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84 (excluding Class 84.22), 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96 and 99. Fuels used for heating and lighting at railway, bus stations, shipping piers and airports should be reported in this category and also including fuels used for all non-transport activities of NACE Rev. 2 Division 49, 50 and 51.

- **Households**
Quantities of fuels consumed by all households including “households with employed persons”. NACE Rev. 2 Divisions 97 and 98.
- **Agriculture & forestry**
Quantities of fuels consumed by users classified as agriculture, hunting and forestry; NACE Rev. 2 Divisions 01 and 02.
- **Fishing**
Quantities of fuels delivered for inland, coastal and deep-sea fishing. Fishing should cover fuels delivered to ships of all flags that have refuelled in the country (include international fishing) and energy used in the fishing industry. NACE Rev. 2 Division 03.
- **Not elsewhere specified (other)**
Quantities of fuels used for activities not included elsewhere (such as NACE Rev. 2 Class 84.22). This category includes military fuel use for all mobile and stationary consumption (e.g. ships, aircraft, road and energy used in living quarters), regardless of whether the fuel delivered is for the military of that country or for the military of another country.

Statistical differences

In Eurostat's energy balance, the item statistical differences represents the difference between the top and medium blocks on one side and the bottom block on the other side. Negative statistical differences indicate higher observed final consumption than available from the supply and transformation. Positive statistical differences indicate that the observed final consumption is lower than available from the supply and transformation.

This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Statistical differences =	+ Energy available for final consumption
	– Final non-energy consumption
	– Final energy consumption

Presence of flows in the energy balance

The next table indicates which flows are shown in the Eurostat's simplified energy balances and which flows are shown in the Eurostat's complete energy balance.

Eurobase code	Eurostat dissemination label: EN	Simplified balance	Complete balance
PPRD	Primary production	✓	✓
RCV_RCY	Recovered and recycled products	✓	✓
IMP	Imports	✓	✓
EXP	Exports	✓	✓
STK_CHG	Change in stock	✓	✓
GAE	Gross available energy	✓	✓
INTMARB	International maritime bunkers	✓	✓
INTAVI	International aviation	✓	✓
NRGSUP	Total energy supply	✓	✓
TI_E	Transformation input - energy use	✓	✓
TI_EHG_E	Transformation input - electricity and heat generation - energy use	✓	✓
TI_EHG_MAPE_E	Transformation input - electricity and heat generation - main activity producer electricity only - energy use		✓
TI_EHG_MAPCHP_E	Transformation input - electricity and heat generation - main activity producer combined heat and power - energy use		✓
TI_EHG_MAPH_E	Transformation input - electricity and heat generation - main activity producer heat only - energy use		✓
TI_EHG_APE_E	Transformation input - electricity and heat generation - autoproducer electricity only - energy use		✓
TI_EHG_APCHP_E	Transformation input - electricity and heat generation - autoproducer combined heat and power - energy use		✓
TI_EHG_APH_E	Transformation input - electricity and heat generation - autoproducer heat only - energy use		✓
TI_EHG_EDHP	Transformation input - electricity and heat generation - electrically driven heat pumps		✓
TI_EHG_EB	Transformation input - electricity and heat generation - electric boilers		✓
TI_EHG_EPS	Transformation input - electricity and heat generation - electricity for pumped storage		✓
TI_EHG_DHEP	Transformation input - electricity and heat generation - derived heat for electricity production		✓
TI_CO_E	Transformation input - coke ovens - energy use	✓	✓
TI_BF_E	Transformation input - blast furnaces - energy use	✓	✓
TI_GW_E	Transformation input - gas works - energy use	✓	✓
TI_RPI_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - energy use	✓	✓
TI_RPI_RI_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - refinery intake - energy use		✓
TI_RPI_BPI_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - backflows from petrochemical industry - energy use		✓
TI_RPI_PT_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - products transferred - energy use		✓

Eurobase code	Eurostat dissemination label: EN	Simplified balance	Complete balance
TI_RPI_IT_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - interproduct transfers - energy use		✓
TI_RPI_DU_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - direct use - energy use		✓
TI_RPI_PII_E	Transformation input - refineries and petrochemical industry - petrochemical industry intake - energy use		✓
TI_PF_E	Transformation input - patent fuel plants - energy use	✓	✓
TI_BKBPB_E	Transformation input - brown coal briquettes and peat briquettes plants - energy use	✓	✓
TI_CL_E	Transformation input - coal liquefaction plants - energy use	✓	✓
TI_BNG_E	Transformation input - for blended natural gas - energy use	✓	✓
TI_LBB_E	Transformation input - liquid biofuels blended - energy use	✓	✓
TI_CPP_E	Transformation input - charcoal production plants - energy use	✓	✓
TI_GTL_E	Transformation input - gas-to-liquids plants - energy use	✓	✓
TI_NSP_E	Transformation input - not elsewhere specified - energy use	✓	✓
TO	Transformation output	✓	✓
TO_EHG	Transformation output - electricity and heat generation	✓	✓
TO_EHG_MAPE	Transformation output - electricity and heat generation - main activity producer electricity only		✓
TO_EHG_MAPCHP	Transformation output - electricity and heat generation - main activity producer combined heat and power		✓
TO_EHG_MAPH	Transformation output - electricity and heat generation - main activity producer heat only		✓
TO_EHG_APE	Transformation output - electricity and heat generation - autoproducer electricity only		✓
TO_EHG_APCHP	Transformation output - electricity and heat generation - autoproducer combined heat and power		✓
TO_EHG_APH	Transformation output - electricity and heat generation - autoproducer heat only		✓
TO_EHG_EDHP	Transformation output - electricity and heat generation - electrically driven heat pumps		✓
TO_EHG_EB	Transformation output - electricity and heat generation - electric boilers		✓
TO_EHG_PH	Transformation output - electricity and heat generation - pumped hydro		✓
TO_EHG_OTH	Transformation output - electricity and heat generation - other sources		✓
TO_CO	Transformation output - coke ovens	✓	✓
TO_BF	Transformation output - blast furnaces	✓	✓
TO_GW	Transformation output - gas works	✓	✓
TO_RPI	Transformation output - refineries and petrochemical industry	✓	✓
TO_RPI_RO	Transformation output - refineries and petrochemical industry - refinery output		✓
TO_RPI_BKFLOW	Transformation output - refineries and petrochemical industry - backflows		✓
TO_RPI_PT	Transformation output - refineries and petrochemical industry - products transferred		✓

Eurobase code	Eurostat dissemination label: EN	Simplified balance	Complete balance
TO_RPI_IT	Transformation output - refineries and petrochemical industry - interproduct transfers		✓
TO_RPI_PPR	Transformation output - refineries and petrochemical industry - primary product receipts		✓
TO_RPI_PIR	Transformation output - refineries and petrochemical industry - petrochemical industry returns		✓
TO_PF	Transformation output - patent fuel plants	✓	✓
TO_BKBPB	Transformation output - brown coal briquettes and peat briquettes plants	✓	✓
TO_CL	Transformation output - coal liquefaction plants	✓	✓
TO_BNG	Transformation output - blended in natural gas	✓	✓
TO_LBB	Transformation output - liquid biofuels blended	✓	✓
TO_CPP	Transformation output - charcoal production plants	✓	✓
TO_GTL	Transformation output - gas-to-liquids plants	✓	✓
TO_NSP	Transformation output - not elsewhere specified	✓	✓
NRG_E	Energy sector - energy use	✓	✓
NRG_EHG_E	Energy sector - electricity and heat generation - energy use	✓	✓
NRG_CM_E	Energy sector - coal mines - energy use	✓	✓
NRG_OIL_NG_E	Energy sector - oil and natural gas extraction plants - energy use	✓	✓
NRG_PF_E	Energy sector - patent fuel plants - energy use	✓	✓
NRG_CO_E	Energy sector - coke ovens - energy use	✓	✓
NRG_BKBPB_E	Energy sector - brown coal briquettes and peat briquettes plants - energy use	✓	✓
NRG_GW_E	Energy sector - gas works - energy use	✓	✓
NRG_BF_E	Energy sector - blast furnaces - energy use	✓	✓
NRG_PR_E	Energy sector - petroleum refineries (oil refineries) - energy use	✓	✓
NRG_NI_E	Energy sector - nuclear industry - energy use	✓	✓
NRG_CL_E	Energy sector - coal liquefaction plants - energy use	✓	✓
NRG_LNG_E	Energy sector - liquefaction and regasification plants (LNG) - energy use	✓	✓
NRG_BIOG_E	Energy sector - gasification plants for biogas - energy use	✓	✓
NRG_GTL_E	Energy sector - gas-to-liquids plants - energy use	✓	✓
NRG_CPP_E	Energy sector - charcoal production plants - energy use	✓	✓
NRG_NSP_E	Energy sector - not elsewhere specified - energy use	✓	✓
DL	Distribution losses	✓	✓
AFC	Available for final consumption	✓	✓
FC_NE	Final consumption - non-energy use	✓	✓
TI_NRG_FC_IND_NE	Transformation input, energy sector and final consumption in industry sector - non-energy use		✓
TI_NE	Transformation input - non-energy use		✓
NRG_NE	Energy sector - non-energy use		✓
FC_IND_NE	Final consumption - industry sector - non-energy use		✓
FC_TRA_NE	Final consumption - transport sector - non-energy use		✓
FC_OTH_NE	Final consumption - other sectors - non-energy use		✓
FC_E	Final consumption - energy use	✓	✓
FC_IND_E	Final consumption - industry sector - energy use	✓	✓

Eurobase code	Eurostat dissemination label: EN	Simplified balance	Complete balance
FC_IND_IS_E	Final consumption - industry sector - iron and steel - energy use	✓	✓
FC_IND_CPC_E	Final consumption - industry sector - chemical and petrochemical - energy use	✓	✓
FC_IND_NFM_E	Final consumption - industry sector - non-ferrous metals - energy use	✓	✓
FC_IND_NMM_E	Final consumption - industry sector - non-metallic minerals - energy use	✓	✓
FC_IND_TE_E	Final consumption - industry sector - transport equipment - energy use	✓	✓
FC_IND_MAC_E	Final consumption - industry sector - machinery - energy use	✓	✓
FC_IND_MQ_E	Final consumption - industry sector - mining and quarrying - energy use	✓	✓
FC_IND_FBT_E	Final consumption - industry sector - food, beverages and tobacco - energy use	✓	✓
FC_IND_PPP_E	Final consumption - industry sector - paper, pulp and printing - energy use	✓	✓
FC_IND_WP_E	Final consumption - industry sector - wood and wood products - energy use	✓	✓
FC_IND_CON_E	Final consumption - industry sector - construction - energy use	✓	✓
FC_IND_TL_E	Final consumption - industry sector - textile and leather - energy use	✓	✓
FC_IND_NSP_E	Final consumption - industry sector - not elsewhere specified - energy use	✓	✓
FC_TRA_E	Final consumption - transport sector - energy use	✓	✓
FC_TRA_RAIL_E	Final consumption - transport sector - rail - energy use	✓	✓
FC_TRA_ROAD_E	Final consumption - transport sector - road - energy use	✓	✓
FC_TRA_DAVI_E	Final consumption - transport sector - domestic aviation - energy use	✓	✓
FC_TRA_DNAVI_E	Final consumption - transport sector - domestic navigation - energy use	✓	✓
FC_TRA_PIPE_E	Final consumption - transport sector - pipeline transport - energy use	✓	✓
FC_TRA_NSP_E	Final consumption - transport sector - not elsewhere specified - energy use	✓	✓
FC_OTH_E	Final consumption - other sectors - energy use	✓	✓
FC_OTH_CP_E	Final consumption - other sectors - commercial and public services - energy use	✓	✓
FC_OTH_HH_E	Final consumption - other sectors - households - energy use	✓	✓
FC_OTH_AF_E	Final consumption - other sectors - agriculture and forestry - energy use	✓	✓
FC_OTH_FISH_E	Final consumption - other sectors - fishing - energy use	✓	✓
FC_OTH_NSP_E	Final consumption - other sectors - not elsewhere specified - energy use	✓	✓
STATDIFF	Statistical differences	✓	✓

Complementing indicators

The energy balance is complemented with a set of several key indicators.

Gross electricity and heat production

The blocks of energy balance matrix do not allow seeing electricity and heat generation from each specific fuel. Therefore the matrix is complemented by the rows that allow showing electricity and heat production from each fuel.

Note: The total electricity and heat production by fuel can be lower than total transformation output due to category "Other sources". This category cannot be attributed to any specific fuel.

Gross electricity production =	+ Main activity producer electricity only
	+ Main activity producer CHP
	+ Autoproducer electricity only
	+ Autoproducer CHP
Gross heat production =	+ Main activity producer CHP
	+ Main activity producer heat only
	+ Autoproducer CHP
	+ Autoproducer heat only

Attention: Gross electricity and heat production can be shown in the same energy units as the rest of the energy balance or for convenience reasons, also in more natural units measuring electricity (GWh, TWh) and heat (TJ, GJ).

Gross inland consumption

This aggregate is calculated to ensure continuity and transition from the old Eurostat energy balance into the new Eurostat energy balance. This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Gross inland consumption =	+ Gross available energy
	– International maritime bunkers

Its interpretation for individual products is different. For secondary products, which are produced as transformation output and not as primary productions, the *Gross inland consumption* can be negative.

Gross inland consumption (Europe 2020-2030)

In order to allow comparison with Europe 2020 targets established prior to the actual methodology of energy balance, this indicator estimates Gross inland consumption to that calculated under the old methodology – the methodology in place at the time of establishing the Europe 2020 targets. This indicator should be used also for tracking progress towards Europe 2030 targets. This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Gross inland consumption (Europe 2020-2030) = + Gross available energy [All products total] – Gross available energy [Ambient heat (heat pumps)] – International maritime bunkers [All products total]

This aggregate is calculated only for *All products total*.

Primary energy consumption (Europe 2020-2030)

This indicator reflects on the definition given in Article 2 of the Directive 2012/27/EU as well as the methodology of energy balances in place at the time of establishing the Directive and Europe 2020 targets. This indicator should be used also for tracking progress towards Europe 2030 targets. This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Primary energy consumption (Europe 2020-2030) = + Gross inland consumption (Europe 2020-2030) – Final non-energy consumption
--

This aggregate is calculated only for *All products total*.

Final energy consumption (Europe 2020-2030)

In order to allow comparison with Europe 2020 targets established prior to the actual methodology of energy balance, this indicator estimates Final energy consumption to that calculated under the old methodology – the methodology in place at the time of establishing the Directive and Europe 2020 targets. This indicator should be used also for tracking progress towards Europe 2030 targets. This is an aggregate with the following arithmetic definition:

Final energy consumption (Europe 2020-2030) = + Final energy consumption [All products total] – Final energy consumption [Ambient heat (heat pumps)] + International aviation [All products total] + Transformation input Blast furnaces [All products total] – Transformation output Blast furnaces [All products total] + Energy sector Blast furnaces [Solid fossil fuels] + Energy sector Blast furnaces [Manufactured gases] + Energy sector Blast furnaces [Peat and peat products] + Energy sector Blast furnaces [Oil shale and oil sands] + Energy sector Blast furnaces [Oil and petroleum products] + Energy sector Blast furnaces [Natural gas]
--

This aggregate is calculated only for *All products total*.

Presence of complementing indicators in the energy balance

The next table indicates which complementing indicators are shown in the Eurostat's simplified balances and which flows are shown in the Eurostat's complete balance.

Eurobase code	Eurostat dissemination label: EN	Simplified balance	Complete balance
GEP	Gross electricity production	✓	✓
GEP_MAPE	Main activity producer electricity only		✓
GEP_MAPCHP	Main activity producer CHP		✓
GEP_APE	Autoproducer electricity only		✓
GEP_APCHP	Autoproducer CHP		✓
GHP	Gross heat production	✓	✓
GHP_MAPCHP	Main activity producer CHP		✓
GHP_MAPH	Main activity producer heat only		✓
GHP_APCHP	Autoproducer CHP		✓
GHP_APH	Autoproducer heat only		✓
GIC	Gross inland consumption	✓	✓
GIC2020	Gross inland consumption (Europe 2020-2030)	✓	✓
PEC2020	Primary energy consumption (Europe 2020-2030)	✓	✓
FEC2020	Final energy consumption (Europe 2020-2030)	✓	✓

Examples of practical use

This chapter aims to demonstrate how certain information can be extracted from energy balances. For demonstration we will use the simplified energy balance for EU-28 for year 2017 calculated on the basis of data transmitted by 28 January 2019.

CHAPTER UNDER
RE-CONSTRUCTION

Consistency with IRES

IRES (International Recommendation for Energy Statistics)

This chapter describes the similarities and differences between the energy statistics and energy balances in Eurostat and the International Recommendations for Energy Statistics (IRES) as published by United Nations Statistics Division. As energy balances are the final outcome of a long process, any discrepancy at any place in the production chain will naturally manifest also in the energy balance. Therefore the Eurostat's assessment, comments and relevant observations are performed specifically for each chapter of IRES and especially for each key recommendation vis-à-vis the technical aspects of energy statistics and methodology for constructing energy balances.

Chapter 1. Introduction

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 1. as listed in Table 1.1: 1.17, 1.20, 1.22 and 1.49.

Eurostat is the statistical office of the European Union. Eurostat was established in 1953 to meet the requirements of the Coal and Steel Community. Over the years its task has broadened and when the European Community was founded in 1958 it became a Directorate-General (DG) of the European Commission. Eurostat's key role is to supply statistics to other DGs and supply the Commission and other European Institutions with data so they can define, implement and analyse Community policies.

Eurostat does not work alone. Since the early days of the Community it was realised that decisions on and planning and implementation of Community policies must be based on reliable and comparable statistics. So the [European Statistical System](#) (ESS) was built up gradually with the objective of providing comparable statistics at EU level.

The European Statistical System (ESS) is the partnership between the Community statistical authority, which is the Commission (Eurostat), and the national statistical institutes and other national authorities responsible in each Member State for the development, production and dissemination of European statistics. Member States collect data and compile statistics for national and EU purposes. The ESS functions as a network in which Eurostat's role is to lead the way in the harmonization of statistics in close cooperation with the national statistical authorities. ESS work concentrates mainly on EU policy areas; and with the extension of EU policies, harmonization has been extended to nearly all statistical fields.

Statistical activities of Eurostat are to be considered as official statistics. This is built on several key legislative acts:

- [Regulation \(EC\) No 223/2009](#) on European statistics
- [Commission Regulation \(EU\) No 557/2013](#) as regards access to confidential data for scientific purposes
- [Commission Decision 2012/504/EU](#) on Eurostat
- [Regulation \(EC\) No 99/2013](#) on the European statistical programme 2013-17
- [Regulation \(EU\) 2017/1951](#) amending Regulation (EU) No 99/2013 on the European statistical programme 2013-17, by extending it to 2020

Especially for energy statistics, the key legislative acts which oblige provision of statistical information in the area of energy, which implementation is mandatory for all countries of the European Union are:

- [Regulation \(EC\) No 1099/2008](#) on energy statistics
- [Regulation \(EU\) 2016/1952](#) on European statistics on natural gas and electricity prices

- [Council Directive 2009/119/EC](#) imposing an obligation on Member States to maintain minimum stocks of crude oil and/or petroleum products
- [Council Decision 1999/280/EC](#) regarding a Community procedure for information and consultation on crude oil supply costs and the consumer prices of petroleum products

Eurostat has a [policy](#) of encouraging free re-use of its data, both for non-commercial and commercial purposes. All statistical data, metadata, content of web pages or other dissemination tools, official publications and other documents published on its [website](#), can be reused without any payment or written licence provided that:

- the source is indicated as Eurostat;
- when re-use involves modifications to the data or text, this must be stated clearly to the end user of the information.

There is no special procedure or requirement for a written licence. Anybody can just download the material and use it (unless the material is listed in the limited list³ of exceptions).

The [European Statistical Training Programme](#) (ESTP) provides European statisticians the opportunity to participate in international training courses, workshops and seminars at postgraduate level. Courses under the ESTP have a truly international dimension to meet the challenges of comparable statistics at European and international level. Courses focus on harmonised European concepts and legislation, as well as the implementation practices at national level.

The programme is coordinated by Eurostat. Courses are delivered either at Eurostat premises in Luxembourg or in national training sites of EU and European Free Trade Association (EFTA) countries. The ESTP programme is tailored to meet the specific needs of the European Statistical System (ESS) by taking into account the different levels of statistical knowledge and working experiences. It comprises courses in Official Statistics, IT applications, Research and Development and Statistical Management. Through a balanced combination of theory and practice and a variety of approaches (workshops, group discussions, lectures and exercises) the training s intend to provide adequate solutions, including, in some cases, the simulation of real work situations.

Officials and employees of National Statistical Institutes or corresponding Competent National Authorities (CNA) of EU Member States, EFTA countries, candidate countries and potential candidates as well as Eurostat can apply.

Chapter 2. Scope of energy statistics

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 2. as listed in Table 1.1: 2.6, 2.7 and 2.9.

European statistical regulation is output oriented. As such, it does not prescribe countries how activities shall be performed, but the definitions and technical criteria on the output. Therefore recommendation and encouragement 2.6 and 2.7 fall under the subsidiarity⁴ principle. The coherence with these two recommendations is evident by the actual delivery of these data to Eurostat and by the overall organisation of the statistical systems in the EU Member States.

Coherence with main recommendation and encouragement 2.9 is also ensured in Eurostat's energy statistics. For fossil fuels, use of energy products for non-energy purposes is clearly identified and reported in addition to use for energy purposes (combustion). Fuels of renewable origin are included if and only if they are used for energy purposes in active systems; use of renewable energy in its passive form is excluded.

³ There are only very few exceptions, please see our website for more detailed information <http://ec.europa.eu/eurostat/about/our-partners/copyright>

⁴ In areas in which the European Union does not have exclusive competence, the principle of subsidiarity seeks to safeguard the ability of Member States to take decisions and action and authorises intervention by the Union when the objectives of an action cannot be sufficiently achieved by the Member States, but can be better achieved at Union level, 'by reason of the scale and effects of the proposed action'.

IRES sections 2.13 and 2.14 dealing with production boundary and reference territory are fully coherent with practices deployed in Eurostat. Other recommendations and encouragements of this chapter are further elaborated in more details in other chapters.

Chapter 3. Standard International Energy Products Classification (SIEC)

Eurostat considers that it is mostly coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 3. as listed in Table 1.1: 3.1.

Eurostat collects data on the basis of definitions in Annexes of [Regulation \(EC\) No 1099/2008](#) on energy statistics. This is a binding legislation on the territory for the European Union and agreed with representatives of EU Member States (European Council and European Parliament). Therefore these definitions are by its legal status internationally agreed. Moreover these definitions are fully consistent with the activities executed in the framework of the [Energy Community Contracting Parties](#). Cooperation activities and joint work on data collections with harmonised product definitions and reporting templates includes also the [International Energy Agency](#) and [International Energy Forum \(Joint Organisations Data Initiative\)](#).

Naturally, classification of energy products in Eurostat's statistical framework sometimes apply a higher level of disaggregation when the European context justifies the provision of more detailed data and on the other side we aggregate some energy products if their consumption is insignificant at European level. However, there is no fundamental contradiction with SIEC since both classifications are consistent and comparable.

However, there is one key difference between SIEC and the Eurostat's framework. This difference concerns non-combustible energy sources of renewable origin, such as solar energy, wind energy, hydro energy and ambient heat captured by heat pumps. These are considered in the Eurostat's energy statistics as energy products and for the purpose of energy and heat generation are treated via the "Transformation input" and "Transformation output" in the same way as combustible fuels. Naturally this has implications that manifest also in the energy flows and in energy balance (see comments for chapter 5 and chapter 8).

In addition, consistent with the treatment of other energy sources, Eurostat includes ambient heat captured by heat pumps as a fuel in the renewable energy category that can either be used to produced heat for sale (input in transformation for heat production) or used directly by end-users (final energy consumption).

Chapter 4. Measurement units and conversion factors

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 4. as listed in Table 1.1: 4.27, 4.28, 4.34, 4.38, 4.39, 4.44, 4.60, 4.65 and 4.67.

Coherency is evident by the overall design of the data collection: the questionnaires, the reporting instructions, the manuals and the discussion material from the Eurostat's Energy Statistics Working Group meetings. Relationships between units are well explained and documented. In data collection as well as in data dissemination the measurement units are always clearly indicated.

Collection of calorific values is mandatory (defined in Annexes of [Regulation \(EC\) No 1099/2008](#) on energy statistics). For products where discrepancies in calorific values in production, trade and consumption are expected, calorific values are collected in more details; in products with more stable heat content, only one value for production, trade, consumption is collected. The default values used, in case of calorific values are not reported, are documented in the methodology section of the publication on energy balances. The overall approach towards default calorific values ultimately refers to IPCC 2006 guidelines, which is also the one described and recommended in IRES.

In dissemination data are available in physical units (tonnes), where appropriate as well as in energy units (both ktoe and TJ). In addition, some indicators are available also in GWh and Mtoe.

Chapter 5. Energy Flows

Eurostat considers that it is mostly coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 5. as listed in Table 1.1: 5.9, 5.23, 5.24, 5.26, 5.77 and 5.80.

Coherency is evident by the overall design of the data collection: the questionnaires, the reporting instructions, the manuals and the discussion material from the Eurostat's Energy Statistics Working Group meetings. Eurostat's classification is based on [NACE Rev. 2](#), which is fully coherent with ISIC Rev. 4.

However, there is one key difference with respect to the Eurostat's framework. This difference concerns non-combustible energy sources of renewable origin, such as solar energy, wind energy, and hydro energy. These are considered in the Eurostat's energy statistics as energy products and for the purpose of energy and heat generation are treated via the "Transformation input" and "Transformation output" in the same way as combustible fuels. Naturally, this has implications that manifest also in the energy products and in energy balance (see comments for chapter 3 and chapter 8).

Chapter 6. Statistical Units and Data Items

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 6. as listed in Table 1.1: 6.3, 6.75, 6.78 and 6.84. Other main recommendations and encouragements for Chapter 6 as listed in Table 1.1: 6.5, 6.9 and 6.21 are outside the legislative competence of Eurostat (subsidiarity principle) and are not evaluated by Eurostat.

With respect to most of the elements from 6.4 to 6.37, the subsidiarity principle comes into play again. European statistical regulation is output oriented. As such, it does not prescribe countries how activities shall be performed and specificities of technical modalities of these activities (national energy statistical programmes, statistical units, but the technical criteria on the statistical data output to be delivered to Eurostat. Therefore recommendation and encouragement in this part of IRES fall under the subsidiarity principle. The coherence with these principles is partly addressed by the quality reports published by Eurostat and detailed assessment is better to be performed at national level. However, as in general the energy statistics is of high quality with no significant reporting problems, currently Eurostat does not see any significant value added in the detailed analysis and assessment across countries for these elements.

Concerning the elements 6.38 – 6.93, general coherence is evident by the overall design of the data collection: the questionnaires, the reporting instructions, the manuals and the discussion material from the working group. Several data collections are due to split of responsibilities not executed in the Energy statistics unit of Eurostat, but under responsibility of different departments of Eurostat, European Commission or other bodies of governance structures of the European Community in general.

Chapter 7. Data collection and compilation

All main recommendations and encouragements for Chapter 7. as listed in Table 1.1: 7.5, 7.10, 7.13, 7.18, 7.29, 7.33, 7.39, 7.41, 7.47, 7.48, 7.67 and 7.68 are outside the legislative competence of Eurostat (subsidiarity principle) and are not evaluated by Eurostat.

European statistical regulation is output oriented. As such, it does not prescribe countries how statistical activities shall be performed and also it does not set specificities of technical modalities of these activities (organisation of national statistical system, frequency of survey, use of administrative data, etc.). These choices are to be made on national level. Eurostat only monitors the technical criteria on the statistical data output that are delivered to it (data quality issues). Therefore all recommendations and encouragements in this chapter fall under subsidiarity principle and are not evaluated by Eurostat – evaluation can be provided only on national level.

Chapter 8. Energy balances

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 8. as listed in Table 1.1: 8.1, 8.5, 8.9(a), 8.9(h), 8.9(j), 8.10, 8.12, 8.14, 8.22, 8.29, 8.35, 8.36, 8.37, 8.40, 8.42, 8.45, 8.51, 8.52, 8.53, 8.54, 8.55 and 8.59.

Eurostat considers that it is mostly coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 8. as listed in Table 1.1: 8.30, 8.48.

In general, the overall high level of coherency is evident by the overall design of the data collection: the questionnaires, the reporting instructions, the manuals and the discussion material from the Eurostat's Energy Statistics Working Group meetings as well as by the availability of information in data disseminated by Eurostat: in this case the complete energy balances, the simplified energy balances and the available additional information (complementing data and indicators, metadata and quality reports).

As noted in IRES 8.6, the scope of an energy balance is determined, inter alia, by the territory, product and flow boundaries. Therefore all discrepancies noted in this document with respect to chapters 3 and 5 are applicable also for chapter 8.

While the presentation of the Eurostat official energy balance differs in some elements from the one described in IRES, the conversion is possible and can be regarded as a purely numerical/technical exercise. The key principles of compiling the energy balance and its presentation as 3 blocks (supply, transformation, consumption) matrix (with energy products as columns and energy flows as rows) is fully available in the energy balance of Eurostat.

Order of rows and columns might be different, but all key elements are present: total and intermediate aggregate for energy products and energy flows including all details and intermediate aggregates as defined in IRES chapter 8. *Total energy supply*, as the key aggregate of the top block, is calculated in Eurostat's energy balance.

The middle block of Eurostat's energy balance is more detailed than recommended in IRES. The middle block shows separately *Transformation input* and *Transformation output*. Therefore it is not necessary to use positive and negative signs as recommended in IRES 8.30. Numerically the recommended approach can be derived as *Transformation output* minus *Transformation input*.

Concerning statistical difference, Eurostat believes that current IRES approach is creating some confusion. In 8.9(f) is stated "A separate row is reserved for statistical difference, calculated as the numerical difference between the total supply of an energy product and the total use of it" and later repeated in 8.45 "the statistical difference is the numerical difference between the total supply of an energy product and the total use of it." However, for several products (for example electricity and motor gasoline), their supply is available only as transformation output (the middle block of the energy balance). Therefore, statistical difference calculated as demonstrated on an example in 8.45 represents its desired outcome only for primary products (for example anthracite, natural gas and crude oil). In this respect, there is also a statement in 8.15 "A separate row should be reserved for statistical difference and placed between the top and middle blocks of the balances." It seems the intention of IRES was to recommend that statistical difference is calculated as the difference between "the top block" on one side and "the middle and bottom blocks" on the other side.

In the energy balances produced by Eurostat, statistical difference is calculated as difference between "the top and middle blocks" on one side and "the bottom block" on the other side. As the middle block contains both – supply and demand – calculation example in 8.45 is subject to similar conceptual and methodological limitations as calculation implemented in Eurostat's energy balance.

Eurostat never edits official data transmitted by countries. However, imputation is done for estimation of missing data (mostly calorific values). Methodological choices done with respect to construction of energy balances are not considered data imputation.

With respect to IRES 8.7 as technology advances, new sources of energy may become available and should be reflected in the balances. The ambient heat captured by heat pumps is included in Eurostat's energy balances as of January 2019 edition.

Chapter 9. Data quality assurance and metadata

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 9. as listed in Table 1.1: 9.13, 9.15, 9.20, 9.21, 9.27, 9.28, 9.38, 9.41 and 9.42.

Eurostat is committed to delivering data of high quality. The elements described in IRES Chapter 9. are fully coherent with the quality dimensions defined in the [European legal acts for energy statistics](#), the [European Statistics Code of Practice](#) and also the [Quality Assurance Framework](#) of the European Statistical System. In the energy domain, all these principles are implemented in the current system for collecting, compiling and disseminating energy data, thus fully coherent with IRES recommendations and in several aspects going beyond IRES. The [quality report](#) on energy statistics is available as Eurostat's website as well as [detailed metadata \(including national metadata\)](#).

Concerning IRES 9.41 and its recommendation and encouragement for SDMX standards, Eurostat already undertook some significant work on the [SDMX developments](#) in general. Specifically for energy domain, Eurostat is gradually progressing with the initial developments and implementation of the first drafts of harmonised code lists and harmonised data structure definitions in its data collection templates. At wider international level, in 2018 Eurostat presented these SDMX developments to the [Oslo Group](#) and together with the International Energy Agency presented to the [InterEnerStat](#).

Chapter 10. Dissemination

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 10. as listed in Table 1.1: 10.2: 10.3, 10.4, 10.12, 10.15, 10.16, 10.17, 10.19, 10.20, 10.22, 10.24, 10.25, 10.26, 10.27 and 10.28.

In general, the overall high level of coherency is evident by the overall design of the [data dissemination](#) in Eurostat. Eurostat has a [policy](#) of encouraging free re-use of its data, both for commercial and non-commercial purposes. All data are available in electronic format on Eurostat [website](#). [Release calendar](#) for energy statistics is available as well as metadata. In 2016 Eurostat complemented the energy balances dissemination in the database format, pdf and MS Excel file format with the interactive tool producing [Sankey diagrams](#). A [revision policy](#) for energy statistics is in place on the basis of gentlemen's agreement since October 2015.

Concerning IRES 10.28 and its recommendation and encouragement for SDMX standards, Eurostat already undertook some work on the [SDMX developments](#) in general and specifically for energy domain, Eurostat, in close collaboration with the Oslo Group on energy statistics and the InterEnerStat members, is gradually progressing with the developments of data structure definitions and code lists.

Chapter 11. Uses of basic energy statistics and balances

Eurostat considers that it is fully coherent with main recommendations and encouragements for Chapter 11. as listed in Table 1.1: 11.28, 11.33 and 11.34.

[Physical energy flow accounts](#) are mandatory for EU Member States and data used are coherent with energy statistics. The process of creating physical energy flow accounts is well documented.

On the basis of Eurostat's energy balances, [several key policy indicators](#) are developed and used for monitoring of progress towards legislative and voluntary targets.

CO₂/GHG accounting methodology is taking into account the energy statistics and explanation of discrepancies between energy statistics and activity data in emission inventories is mandatory based on European legislation.

The Eurostat's energy balance builder tool

The Eurostat's energy balance builder tool performs the calculation and construction of energy balances in the same way as described in the previous chapters of this document and also as implemented in the IT environment of Eurostat.

The main benefit derived from the use of the Eurostat's energy balance builder tool is that reporting countries can at any moment reproduce the calculation done by Eurostat. The tool offers full transparency on how the construction of energy balances is done from the source data. Its application prevents any irregularities from varying parameters and rules used in different calculation methods. Also it ensures harmonised and comparable results for anybody trying to construct energy balance according to Eurostat's methodology.

Data requirements

The tool is based on the methodological framework using the information gained through annual statistics on energy as covered under Annex B of Regulation (EC) No 1099/2008 on energy statistics. The annual energy questionnaires are the necessary prerequisite for the use of the Eurostat's energy balance builder tool:

- annual questionnaire for electricity & heat
- annual questionnaire for natural gas
- annual questionnaire for nuclear statistics
- annual questionnaire for oil
- annual questionnaire for renewables & waste
- annual questionnaire for coal

Energy data from the above-mentioned questionnaires are linked with formulas to construct and calculate the energy balance. The balance builder tool does not check the correctness of the annual energy questionnaires. It is assumed that all annual energy questionnaires are filled in completely with no mistakes and errors — the internal consistencies within each questionnaire as well as the cross questionnaire consistencies have to be respected.

Software requirements

The annual energy questionnaires and the balance builder tool itself were developed in the Microsoft Excel file format. Both use built-in Visual Basic macros. Therefore, users have to enable the use of Visual Basic macros. Security confirmations (to enable macro execution) might vary, depending on the version of MS Excel installed.

The tool is MS Excel file with Visual Basic macros enabled (xlsm file format) developed and tested in MS Windows 10. MS Excel version 12.0 (Excel 2007) and version 16.0 (Excel 2016) were used during development and testing. Compatibility with similar versions of Microsoft products is expected, however compatibility on other software platforms cannot be guaranteed and ensured by Eurostat.

While there has not been exhaustive testing in different environments, compatibility with MS Windows 7 and MS Windows 8 using MS Excel version 12.0 or more recent, is expected. The tool might not work properly with MS Excel version 11.0 or earlier versions. Our tests of non-Microsoft software solutions indicate that Visual Basic macros are not functional and consequently the tool does not work properly.

Loading data from annual questionnaires

This version of the tool will work only with the “new” annual energy questionnaires (version to be used to transmit data for reference years 2017 and subsequent vintages). It is not possible to use the “old” annual energy questionnaires.

Energy data from the annual energy questionnaires must be exported to CSV format using the export function (built-in macro in the questionnaires).

Subsequently, the data have to be imported into the balance builder tool using the inbuilt procedures (Visual Basic macros accessible from the sheet 'MAIN').

- Load RENEWABLES (annual questionnaire for renewables & waste)
- Load COAL (annual questionnaire for coal)
- Load OIL (annual questionnaire for oil)
- Load GAS (annual questionnaire for natural gas)
- Load ELECTRICITY (annual questionnaire for electricity & heat)
- Load NUCLEAR (annual questionnaire for nuclear statistics)

Important note: Depending on the performance of the computer/laptop operating the tool, the loading macros take some time (the longest it takes for loading the oil questionnaire). This is due to the number of data points to be loaded – all products and all flows for all time periods. Afterwards switching between the years is nearly instant with no time lag. It is recommended to test the functionality by loading the questionnaires in the following sequence nuclear – natural gas – electricity – renewables – coal – oil (from the shortest to the longest loading time). It is also recommended to close other applications running on the PC, especially on the PC with low performance.

The link between the balance and source data

Sheet BALANCE-RAW has the structure of the Eurostat's energy balance with the elements in physical units. After selecting any green cells and pressing **Ctrl +]** MS Excel will jump into the item in the sheets, where data from annual questionnaires are copied (keyboard shortcut of MS Excel for the trace precedent cells command). Formulas in blue cells are more complex and require more detailed analysis as they usually have more than one precedent cell.

The results

When all required data have been loaded, the energy balances are available on sheets SIMPLIFIED BALANCE and COMPLETE BALANCE. The units can be selected (GWh, Mtoe, ktoe and TJ) and the desired year can be selected via the drop down menu (combo box) in the top left part of the sheet.

While the visible results are displayed with 1 decimal place, MS Excel has much more decimal places as fragments of the actual arithmetical calculations. This virtual precision is to a certain extent fictitious – the raw data are reported with maximum 3 decimal places and the number of valid digits is therefore limited.

The statistical data collection system in the annual energy questionnaires cannot distinguish between the following cases:

- Data are not available to the reporting authority
- Data are confidential and not shown
- Energy quantity is a real zero (aka no consumption)
- Consumption is negligible (quantity is less than 0.5 of the respective reporting unit or less)

than 0.0005 in case reporting country is using 3 decimal places for reporting)

All these cases are represented as “zero” in the annual questionnaires and consequently with value zero in the balance builder. In default settings with 1 decimal place the symbol “0.0” indicates value between 0 and 0.05 and symbol “-0.0” indicates a value between -0.05 and 0. Values bigger than 0.05 and lower than -0.05 are indicated by the respective value rounded to one decimal place.

The non-feasible combinations are marked as red on sheet BALANCE_RAW and are shown with letter “Z” on sheets SIMPLIFIED BALANCE and COMPLETE BALANCE. The non-feasible combinations are either methodologically not feasible (for example solid fossil fuels cannot be a transformation output of the gas-to-liquids plants) or data are not available in the data reporting templates/questionnaires (for example natural gas and solid fossil fuels used in domestic aviation).

Forecasting & Scenario building up to 2030

The tool can be also used for forecasting, scenario building or estimating future energy balance by entering data into empty cells for future periods on input sheets COAL, ELE, GAS, OIL, REN and NUC. Naturally, if respective csv files are created, data for these years can be also loaded.

The tool does not make these estimates itself; it is responsibility of the user to enter the values correctly and consistently. The tool only provides positions for time periods from 1990 to 2030.

Full transparency & Eurostat's assistance

There are no hidden sheets and some elements are password protected. This is in order to ensure that changes are not made accidentally.

The password to unprotect the sheets is "**Eurostat**". The unprotecting can be done also automatically by running the Visual Basic macro *UNprotectAllSheets*.

While Eurostat promotes full transparency on the methodology as well as promotes reusability of its deliverables, once calculating elements are modified Eurostat cannot be responsible for the accuracy and coherency of results.

Eurostat can offer assistance with the use, operation and methodology explanation. For all assistance regarding the actual results, Eurostat need to require also the transmission of the input files (the csv files to be loaded into the tool).

Bug reporting and error correction

If you discover a questionable elements related to calculation (methodology and its implementation), please let us know. We will be please to discuss it with you. Also if you observe issues of stability and crashes, please let us know. If we discover bug and/or errors, we will try to correct them as soon as possible.

ESTAT-ENERGY@EC.EUROPA.EU

Technical notes for facilitation of automatisation

Password to unprotect: Eurostat

Cell controlling year selection: 'COMPLETE BALANCE'!F5

Cell controlling unit selection: 'COMPLETE BALANCE'!D5

Cell controlling country selection (using country label): 'MAIN'!D9

Area with country labels: 'MAIN'!AX60:AX101

Area with country codes: 'MAIN'!AY60:AY101

Literature and information sources

Several documents published by Eurostat, draft documents available only as internal version, presentations, websites and other information sources of Eurostat were analysed when preparing this document. In addition, the following sources of information were analysed when preparing this document. These sources offer additional information for readers that would like to have search for more information.

- International Recommendations for Energy Statistics; United Nations; 2016
- Energy Statistics Compilers Manual; United Nations; 2016
- Energy Statistics Manual; International Energy Agency – Eurostat; 2004 edition
- Energy statistics methodology; Eurostat; 1988
- Concepts and methods in energy statistics, with special reference to energy accounts and balances; United Nations; 1982

In order to better understand the energy statistics as well as energy balances disseminated by Eurostat, it is highly recommended to analyse the quality reports on EU energy statistics. These reports are available on Eurostat's website: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/methodology>

CENTRAL BUREAU OF STATISTICS
The Netherlands
National Accounts Research Division
P.O. Box 959
2270 AZ Voorburg
The Netherlands

**INTEGRATING INDICATORS IN A NATIONAL ACCOUNTING MATRIX INCLUDING
ENVIRONMENTAL ACCOUNTS (NAMEA):**

an application to the Netherlands

Mark de Haan, Steven J. Keuning and Peter R. Bosch*)

*) The authors would like to thank C.M. Baas, C.N.J. Beusekom, C.S.M. Olsthoorn and E.A. Zonneveld for the expertise they provided when compiling the data.

Nr. NA-060
1993

The views expressed in this paper
are those of the author and do
not necessarily reflect the views
of the Netherlands Central Bureau
of Statistics

INTEGRATING INDICATORS IN A NATIONAL ACCOUNTING MATRIX INCLUDING ENVIRONMENTAL ACCOUNTS (NAMEA): an application to the Netherlands

Abstract

In this paper, five environmental indicators are conceptually and numerically integrated into a National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA) for 1989. As a consequence, these estimates are directly comparable with outcomes of major macro-economic aggregates in the conventional accounts.

In the NAMEA, emissions of all kinds of polluting agents are recorded by industry and by consumption purpose. Subsequently, these agents are grouped into five environmental themes: greenhouse effect, ozone layer depletion, acidification, eutrophication and waste accumulation. The contributions of agents to certain themes are expressed in theme-related environmental stress equivalents. Per theme, these stress equivalents are confronted with policy norms set by the Netherlands government for the year 2000.

This results in a statistical framework at a meso-level from which integrated economic and environmental indicators are derived. The NAMEA may also serve as a data base and analytical device for modelling interactions between the national economy and changes in the environment.

Contents

1. Introduction	1
2. Design of a NAMEA for the Netherlands	3
2.1 General features	3
2.2 Conventional accounts	3
2.3 Environmental accounts	6
3. Compiling environmental indicators by environmental theme	11
3.1 Environmental themes in the NAMEA	11
3.2 The compilation of environmental indicators	17
4. The potential impact of economic activities on the environment	20
5. Summary and conclusions	24
References	26
Annex A. A disaggregated NAMEA 1989	
Annex B. Compiling environmental data for the NAMEA	28

1. Introduction

The standard System of National Accounts (SNA) is an integrating framework for the description of economic transactions and balance sheets. This system does not pretend to account for all events that influence social welfare. However, broadening the scope of the SNA by an introduction of large-scale imputations for the use of the environment, unpaid household services and so on would obscure the largely financial parameters such as GDP. A solution to this dilemma has been found in the development of so-called modules in connection with the national accounts. Their purpose is to enable more detailed analyses while maintaining both the internal coherence of the overall system and an explicit link to monetary data. A major advantage of this approach is that the results of detailed studies can be put in the perspective of the full financial economy.

The aim of the environmental module is to provide a complete account of all linkages between changes in the environment and the transactions recorded in the main national accounts. De Boo et al. (1991) give a description of this module, that is also called: the National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA). The advantages of this approach have been spelled out by Keuning (1992a). The present paper contains an application of the NAMEA-framework to the Netherlands. Our objective is to present a framework for monitoring and analyzing environmental and economic policies. Therefore a connection is made with current environmental policy in the Netherlands (VROM, 1989) through the selection of similar 'environmental themes' and a similar classification of production and consumption activities in 'target groups'. From the NAMEA-framework inter-related economic and environmental indicators can be derived. The economic indicators are the well-known macro-figures such as Gross Domestic Product, Net National Income and the current external balance. The environmental indicators used in this paper have been designed at the Netherlands Ministry of Physical Planning and the Environment (VROM, 1992a). These are pressure indicators, expressed as the quotient of current emission levels and policy targets in the year 2000. The selection of these indicators was mainly motivated by the availability of data. In addition, the computation of the indicators is subject to further research, and therefore

one or more of the present indicators will possibly be revised in future NAMEA-publications. For the time being, the module focuses on emissions of a number of important environmentally hazardous substances and waste. At the present stage neither stench, noise and toxic substances nor the use of natural resources have been incorporated.

The environmental indicators are directly comparable with the major macro-economic aggregates from the national accounts. While others have suggested to make this comparison by monetizing environmental flows (e.g. Repetto, 1991 and Hueting et al., 1992), the conceptual difficulties of valuation are completely avoided in the present approach.

The NAMEA does not only serve to derive aggregate indicators from a consistent meso-level information system. Because of its set-up as a system of accounting matrices, it also provides data in the required format for all kinds of analyses. This can vary from the very simple calculations presented in section 4 of this paper or 'quick and dirty' multiplier experiments based on the matrix inverse to advanced general equilibrium model simulations. Such simulations can then also serve to explore the trade-offs between economic, social and environmental objectives at the macro-level.

General features of the environmental module are reviewed in Section 2¹. In section 3, environmental themes are introduced as a practical solution to the aggregation problem. Subsequently, in this section the compilation of environmental indicators is further explained. Section 4 continues with an analysis of the contribution of each economic activity to environmental problems. The paper winds up with some conclusions in section 5.

1. For a more extensive discussion we refer to de Boo et al. (1991) and Keuning (1992a).

2. Design of a NAMEA for the Netherlands

2.1 General features

In table 1, an aggregate NAMEA is presented. From this matrix, the inter-relations between various types of monetary and physical flows and their impact on each balancing item (Net Domestic Product, Saving, environmental indicators) can be read. All balancing items have been doubly framed. For each account, the origin of flows is presented in the row while the destination is presented in the column. Emissions are expressed in physical units (e.g. in row-vectors #2,9 and #3,9). As a consequence, this matrix contains only statistics, that is, economic balancing items are not influenced by emissions. The separate registration of physical and monetary data is emphasized in table 1 by placing physical data and monetary data at slightly different positions in the rows and columns. The equality of row and column totals also applies to the physical accounts. However, sometimes weighted aggregation procedures have been used (see section 3).

More detailed information will be presented in additional tables, whereby a single cell in table 1 is expanded into a submatrix. The linkages with table 1 are then maintained via a coding system. Annex A contains the complete detailed NAMEA.

2.2 Conventional accounts²

The first row and column of table 1 contain the 'traditional' goods and services account. The row presents the upper part of a consolidated Use Matrix split into intermediate, household and government consumption, gross capital formation and exports. All these elements are valued at purchasers' prices and therefore trade and transport margins add up to zero, row-wise.

In the first column, the third cell contains the consolidated domestic supply matrix (in basic prices). A more detailed table would show the value of all commodities generated by each production activity (cf. block #3,1 in

2. These accounts are discussed in more detail in Keuning (1991) and in chapter XX of the 1993 SNA (United Nations, 1992).

Table 1. A NAMEA illustrated for the Netherlands, 1989 (account 1 - 8 in billion guilders)

ACCOUNT (Classification)	Goods & Services (Prod. Groups) 1	Consumption (Purposes) 2	Production (Production Activities) 3	Income Generation (Prim.Inp.Cat.) 4	Income Distribu- tion and Use (Nat. Sectors) 5	Capital 6	Rest of the World		Emissions (in million kg, CFCs and halons in 1000 kg)											Themes Green- house 10a	Ozone Depl. 10b	Acidi- ficat. 10c	Eutr phic. 10d	Waste 10e	Depositions Acidification PAE 11	TOTAL
							Current 8a	Capital 8b	CO2 9a	N2O 9b	CH4 9c	Halons 9d	NOx 9e	SO2 9f	NH3 9g	P 9h	N 9i	Waste 9j								
Goods & Services (Product Groups)	1	Trade and Trans.Margins 0.00	Household Consumpt. 284.49	Intermediat Consumption 460.19		Government Consumption 71.77	Gross Capital Formation 108.54	Exports 267.68														Commodity Use 1192.66				
Consumption (Purposes)	2					Household Consumption 284.49																Consumption Use 284.49				
Production (Production Activities)	3	Output (ba- sic prices) 903.81																				Output (ba- sic prices) 903.81				
Income Generation (Primary Input Categories)	4			NDP (basic prices) 388.74				Wages from ROW 1.12														Generated Income 389.86				
Income Distribution and Use (National Sectors)	5	Product Taxes - Subsidies 40.09			NGI (market prices) 388.59	Property Income, Current Transfers 948.43	Net Investment Taxes 0.97	Property Inc. Transf.fr.RO 60.33														Current Income 1438.41				
Capital	6			Consumption of Fixed Capital 54.88		Net Saving 71.54	Capital Transfers 86.01		Cap.Trans- fers fr. RO 0.93													Fin.of Gross Worth Accum. 213.36				
Financial Balance	7						Net Lending from ROW 15.62		Net Lending to ROW -15.62													Financial Balance 0.00				
Rest of the World (ROW)	8a	Imports 248.76			Wages to ROW 1.26	Property Income, Transfers to RO 62.19																Current Pay- ments to ROW 312.21				
	8b						Capital Trans- fers to ROW 2.22	Bal. Payments Curr.Acc.Def -16.91														Capital Pay- ments to ROW -14.69				
Emissions (in mln kg, CFCs and halons in 1000 kg)				Incineration				Free Emission to ROW														Allocation to Themes	Absorption of Emissions			
	9a																						158019			
	9b																						33			
	9c																						570			
	9d																						15783			
	9e							504															685			
	9f							166															312			
	9g							146															272			
	9h							a)															166			
	9i							a)															1316			
	9j			10728				-															25465			
Themes																							Depositions	Stress Equivalents		
Greenhouse Effect (GWP)	10a						Emission- Indicators 1.02																	173199		
Ozone Depletion (ODP)	10b						1.56																	12451		
Acidification (PAE)	10c																							15918		
Eutrophication (PEE)	10d						2.83																	298		
Waste Production (mln KG)	10e						2.94																	14737		
Deposition Account Acidification (PAE)	11						Deposition Indicator 1.95																	15918		
TOTAL		Commodity Supply (mar- ket prices) 1192.66	Household Consumption 284.49	Input (basic prices) 903.81	Allocation of Generated Income 389.86	Current Outlays 1438.41	Gross Worth Accumulation 213.36	Current Receipts from ROW 312.21	Capital Receipts from ROW -14.69	Supply of Emissions (1000 KG)														15918		
										158019	33	570	15783	685	312	272	166	1316	25465	173199	12451	15918	298	14737	15918	

a) These data are available but not recorded in the NAMEA because the concomitant policy objectives have been formulated for emissions and not for depositions

-: Data are not available

Annex A). Imports (at c.i.f. prices) originate from the current account for the rest of the world. Taxes on products less subsidies (excise taxes etc.) are put on the income distribution and use account. The total of the first column now corresponds with domestic commodity supply at market prices and this is equal to the concomitant row sum which represents the value of total use.

The production account (#3) registers output as receipts of production activities, and intermediate consumption, consumption of fixed capital and net value added as their outlays. In addition to the output for sale, most production processes also generate less wanted 'by-products' in the form of substances which are dumped into the environment (vector #3,9).

It is generally felt that the pollution caused by final consumption should also be taken into account. In account 2, household consumption is reclassified by consumption purpose³. This account serves to connect consumption activities with the concomitant emissions. In the row of this account (#2,9), the emissions that result from household consumption are registered.

According to VROM (1992a), environmental policy in the Netherlands focuses on activities of the following 'target groups': agriculture (1a), oil refineries (1b), Manufacturing (1c, 1d and 1e), energy generation (1f), construction (1g), traffic and transport (1h and 2a) and retail trade and consumers (1i and 2b). The codes in parentheses refer to the classification of activities in table 2 below. In the module, the classifications of production and consumption activities have been tailored to these target groups.

The balancing item of the production account in each industry equals value added. Since indirect taxes less subsidies on products have already been subtracted, this item is measured at basic prices. In sub-matrix #6,3 depreciation is recorded. Hence, the sum of net value added, that is Net Domestic Product (NDP), is booked on the income generation account (#4). In this account, primary income from production activities is classified by primary income categories (wages and salaries, employers' social contributions and

3. In the full matrix shown in Annex A, consumption related to private transportation is separated from other consumption.

operating surplus). Further, the balance of wages received from abroad and wages paid to abroad is added to NDP. This results in Net Generated Income (NGI) at market prices.

Table 2. The classification of production and consumption activities

<u>Production Activities</u>	<u>SBI-Code (Dutch Standard industrial Code)</u>
1a. Agriculture	01.1 and 01.2
1b. Oil refineries	28.1
1c. Chemical industry	29 and 30
1d. Basic metal industry	33
1e. Other manufacturing	2 excl. 28.1 and 29, 3 excl. 30 and 33
1f. Electricity generation	40.1
1g. Construction	5
1h. Transport	7 excl. 77
1i. Services and Other	01.3-01.5, 02, 03, 1, 40.2, 40.3, 6, 77, 8 and 9
<u>Consumption Activities</u>	<u>Goods and Services</u>
2a. Transport	Refined petroleum products and Transport equipment
2b. Other purposes	Other goods and services

In the 'income distribution and use account' (#5), property income and current transfers flow from and to abroad (#5,8a and #8a,5) and also among resident institutional units (#5,5). This account also records how income is spent. The government and household groups have outlays on consumption and the balance, (net) saving, is put on the capital account.

The capital account describes the generation of net worth due to saving and the balance of capital transfers received and paid. Like ordinary saving, the environmental effects which are not absorbed during the present period should be transferred to a 'changes in balance sheet account'. However, actual changes in ecosystems (quality of trees, the disappearance of species) are seldom referable to current emissions. Therefore, the potential threat of current emissions is visualized in the capital account with the help of indicators.

Subsequently, the financial balance (#7) is presented. In the row both net lending of the nation and net lending of the rest of the world are placed. Obviously, these two balancing items cancel out. Therefore the column of this account is deleted.

The rest of the world account is divided into a current and a capital account. Current receipts of the rest of the world appear in the row and current outlays in the column. The national deficit on current account of the balance of payments is transferred to the capital account of the rest of the world (cell #8b,8a). The NAMEA also accommodates physical flows of pollutants across the border. In row #8 acidifying substances that were emitted abroad, float into the national territory (vector #8a,9). Conversely, pollutants are exported too, as shown in vector #9,8a. Trans-boundary flows of greenhouse and ozone depleting gases are not shown because such flows are irrelevant for global environmental problems (#9a-9d). For trans-boundary waste flows data are not yet available. Imports and exports of phosphorus and nitrogen are known but not incorporated in the NAMEA because the concomitant policy objectives have been formulated for emissions (that is, disregarding imports and exports).

2.3. Environmental accounts

In the emission account, total supply of polluting agents is given in kilograms. In general, three sources are responsible for this supply. First, this concerns the emissions from production processes (vector #3,9). Secondly, there are agents that are disposed of during the consumption of products by households⁴. This is shown in vector #2,9. Finally, the quality of our environment is also influenced by imports of agents from abroad. This also concerns emissions from foreign vehicles in our country⁵. Table 3 details the emissions by source and by environmental agent.

Table 4 registers the absorption of these emissions. In sub-matrix #9,3, the share of total waste production that is incinerated is recorded as an input into incineration plants (these are part of services and other production activities). If sufficient data become available, this can also be done for the use of waste as input into composting plants, separating installations or other uses. In this way, the NAMEA allows for the transformation of pollu-

-
4. Emissions from government consumption are supposed to take place during the production of government services and are therefore registered as emissions from production activities.
 5. No information is available on emissions of Dutch vehicles abroad. While these emissions have not been added in the emission account, emissions from foreign vehicles in the Netherlands have not been subtracted. It is thus assumed that these inaccuracies in our data cancel out.

tants by means of an economic activity. The environmental impact of waste incineration is here reflected by the emission of air pollutants and the disposal of combustion waste by the industry concerned.

Table 3. The supply of emissions, column #9 (#2,9, #3,9 and #8a,9) in the NAMEA (mln KG; CFCs and halons in 1000 KG)

year 1989	CO2	N2O	CH4	CFCs+halons	NOx	SO2	NH3	P	N	Waste(net)
	mln kg			1000 kg	mln kg					
Household Consumption										
o.w. Transport	12833	0	4	0	132	3	0	0	39	162
Other Purposes	19300	2	9	3157	19	1	10	13	64	7064
Total (#2,9)	32133	2	13	3157	151	4	10	13	103	7226
Production										
Agriculture	7511	24	393	0	13	1	230	127	1067	962
Manufacturing	50582	1	6	6786	121	125	8	26	61	7381
o.w. Oil Refineries	10732	0	1	0	21	70	0	0	6	40
Chemical Industry	19981	0	4	6313	44	27	8	19	25	3167
Basic Metal Industry	6636	0	0	0	13	15	0	0	4	150
Other Manufacturing	13233	0	0	473	44	13	0	6	26	4024
Electricity Generation	38452	1	2	0	78	43	0	0	23	146
Construction	958	0	0	3157	9	1	0	0	3	3782
Transport	7876	1	2	789	125	23	0	0	36	2294
Services and Other	20507	5	155	1894	78	14	0	1	23	3674
Total (#3,9)	125886	31	557	12626	425	207	238	153	1213	18239
Total Inland Supply	158019	33	571	15783	576	211	248	166	1316	25465
Import of Foreign Emissions (#8a,9)					109	101	24	.a)	.a)	.
Total Supply (Column Sum #9)	158019	33	570	15783	685	312	272	166	1316	25465

a) These data are available but not recorded because the concomitant policy objectives have been formulated for emissions and not for depositions.

Sources: CO₂, NO_x, SO₂, Waste, P (Phosphorus) and N (Nitrogen) emission data from CBS; NO_x, SO₂ and NH₃ import data based on information from RIVM; P (Phosphorus) and N (Nitrogen) import data from CBS; NH₃, N₂O and CH₄ emission data from RIVM; and CFC/halon emission data are intrapolations based on VROM-data.

In sub-matrix #9,10 all agents are allocated to a smaller number of so-called 'environmental themes'. Distinguishing environmental themes is a fairly new approach in the Dutch environmental policy. A growing need for integration over environmental compartments (soil, water and air) led to the selection of environmental themes. These themes concern the effects of environmental

changes on people, plants and animals, grouped in the following broad categories: climate change (greenhouse effect and depletion of the ozone layer), acidification, eutrophication, disposal of waste (including sewerage and soil clean-up), nuisance (including external safety), pollution with toxic and hazardous substances and fresh water deficit. These categories can be considered as broad environmental problems. Due to a lack of data the last three themes in this list have not yet been incorporated in the Netherlands' NAMEA.

Table 4. The absorption of emissions, row #9 (#9,3 #9,8a and #9,10) in the NAMEA (mln KG; CFCs and halons in 1000 KG)

year 1989	CO2	N2O	CH4	CFCs+halons	NOx	SO2	NH3	P	N	Waste(net)
	mln kg			1000 kg	mln kg					
Incineration (#9j,3)										10728
Export of Emissions (#9,8a)					504	166	146	.a)	.a)	.
Allocation to Theme (#9,10)	158019	33	570	15783	181	146	126	166	1316	14737
Total Absorption (Row Sum #9)	158019	33	570	15783	685	312	272	166	1316	25465

a) These data are available but not recorded because the concomitant policy objectives have been formulated for emissions and not for depositions.

Sources: CO₂, NO_x, SO₂, Waste, P (Phosphorus) and N (Nitrogen) emission data: CBS (1991b)

P (Phosphorus) and N (Nitrogen) export data: CBS

NO_x, SO₂ and NH₃ export data based on information from RIVM

NH₃, N₂O and CH₄ emission data: RIVM

CFC/halon emission data are interpolations based on VROM-data

The column-wise clustering of agents in sub-matrix #9,10 of table 1 shows their relationship with an environmental theme. In some cases an agent is connected to more than one theme. For instance, NO_x and NH₃ emissions are related to both acidification and eutrophication. Theoretically, these successive contributions should be expressed in the 'allocation to themes' matrix (#9,10). In cell #9e,10d of this matrix, the contribution of NO_x to the eutrophication problem should then be shown. However, recording the nitrogen contents of NO_x emissions twice in a single row would lead to inconsistent row and column totals for account #9e. Therefore a separate nitrogen (N) emission account has been inserted (#9i); as a consequence, the nitrogen contents of NO_x emissions are expressed twice in the rows recording the emissions (cf.

e.g. cells #2,9e and #2,9i), but these emissions are anyhow not added up row-wise.

The column totals of account #10 cannot be computed by an ordinary summation. An aggregation of agents per environmental theme requires that the contents of each cell are expressed in so-called 'environmental stress equivalents'. In this way, the contribution of all agents involved in a certain environmental theme is transformed from kilograms into theme-related environmental stress equivalents. These equivalents express the potential environmental burden of each agent in relation to a particular environmental problem. This is further elaborated in the next section.

Ideally, a NAMEA summarizes its description of changes in environmental quality within the borders of a country by means of environmental quality indicators. Unfortunately, the linkages between emissions and effects are still unclear in many instances. Therefore we had to stop at an earlier stage and present environmental pressure indicators instead. Such theme-related indicators may pertain to emissions or to depositions. In general, pressure indicators measure the deviation of current emission or deposition levels from certain standards. These standards should in fact reflect sustainability levels, but only in a few cases such threshold levels have already been converted into maximum emission or deposition levels. In this NAMEA, a second-best solution is found by using policy targets formulated in documents of the Environment Ministry. Hence, the indicators in this article reveal environmental pressures within the borders of the Netherlands in relation to policy targets for the year 2000.

For one theme, acidification, the indicator is not based on emissions but on depositions in the Netherlands, that is emissions plus imports minus exports and re-intake in the economic system. Since environmental quality is more closely related to depositions than to emissions, deposition indicators should be designed if sufficient information is available (including policy norms for depositions instead of emissions, see #10,11 and #11,6). In this case, no emission indicator is presented as that would amount to double-counting. In addition, it would be possible to give a regional subdivision of deposited agents and environmental quality indicators in account #11. This is

elaborated in sub-section 3.2 below for acidification. For the other themes, only emission indicators could be constructed - cf. vector #10,6.

3. Compiling environmental indicators by environmental theme

3.1 Environmental themes in the NAMEA

In the NAMEA, available information on environmental 'stressors' and 'effects' is brought together under the heading 'environmental themes', as designed by the Netherlands Ministry of Physical Planning and Environment (VROM, 1992a). Table 5 presents the environmental themes used in this article. In the second column, the agents that correspond to each theme are given. To enable an addition of agents, the themes are expressed in environmental stress equivalent units. Each of the themes is reviewed below.

Table 5. Environmental agents and themes taken into account in this article

<u>Environmental Themes</u>	<u>Agents</u>	<u>Environmental Stress Equivalents</u>
Greenhouse Effect	CO ₂ , N ₂ O and CH ₄	Global Warming Potentials (GWP)
Depletion of the Ozone Layer	CFC's and halons	Ozone Depletion Potentials (ODP)
Acidification	SO ₂ , NO _x and NH ₃	Acidification Equivalents (PAE)
Eutrophication	N and P	Eutrophication Equivalents (PEE)
Accumulation of Waste	waste	Kilograms (mln KG)

Greenhouse effect

Among the expected consequences of atmospheric pollution are global climate changes. The changes in concentration of so-called greenhouse gases in the atmosphere will probably affect the climate, due to e.g. a rise of surface temperatures. Significant human-related emissions of greenhouse gases in the Netherlands concern carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). CFCs and halons have also been mentioned as greenhouse gases but their contribution to the greenhouse effect is inconclusive (IPCC, 1992). The relative contribution of each gas to the greenhouse effect can be expressed in CO₂-equivalents; these are also called Global Warming Potentials (GWP). This is the CO₂ concentration that would have about the same effect on the radiative properties of the atmosphere as the concentrations of the greenhouse gas concerned. In this paper, the conversions into GWPs have been based on IPCC (1992). Table 6 covers approximately 88 percent of all greenhouse gases

emitted in the Netherlands, assuming that CFCs and halons are not greenhouse gases (calculated from van den Born et al., 1991).

Table 6. Conversion of greenhouse gas emissions into GWP, 1989 (# 9a-9c,10a)

	Emission in mln kg	Global Warming Potential GWP/kg	Emission in GWP
CO ₂	158019	1	158019
N ₂ O	33	270	8910
CH ₄	570	11	6270
Total (#10a)			173199

Source: CO₂ emission: CBS; N₂O and CH₄ emission: RIVM; global warming potential: IPCC (1992).

Depletion of the Ozone Layer

Oxides of hydrogen, nitrogen, chlorine and bromine can act as catalyst in the reaction chains that lead to the depletion of stratospheric ozone. Ozone in the stratosphere is a filter for solar UV-radiation. A decreasing ozone concentration leads to a higher exposure to UV-B-radiation, with effects on human health and possibly on ecosystems too.

Chlorofluorocarbons (CFCs) and halons are supposed to be important gases in this process. The use of CFCs and halons is regulated by the Montreal Protocol as recently adjusted in Copenhagen. The protocol now aims at a complete ban of CFCs in the year 1996 while the production and use of halons is banned by the beginning of 1994. The European Community countries plan to issue a regulation banning CFCs from 1995 onwards (Second Chamber, 1993). In the Netherlands, there is no direct information available about the yearly release of CFCs and halons in the atmosphere. However, the use of CFCs and halons is registered because of the Montreal protocol. In the NAMEA this indirect information is used by way of emission data. The rationale is that eventually all use of products containing CFCs or halons will cause emissions, namely when the depreciated commodities are discarded. Besides, the purchase of these products will also lead to emissions in the reference period in so far as they replace worn out products (e.g. refrigerators) of the same type. The practice of recovering CFCs and halons from discarded products was still very limited in 1989. It should, however, be realized that the NAMEA figures do not provide an

exact estimate of present emissions.

In addition to the substances mentioned in table 7, HCFCs and methylbromide are supposed to contribute to the depletion of the ozone layer. However, their relative contribution is probably smaller. A conversion into Ozone Depletion Potentials is shown in table 7. The ODP-value is an indication of the degree to which a specific gas influences ozone concentrations relative to CFC-11.

Table 7. Conversion of the use of ozone depleting gases into ODPs, 1989

	Use in kg	Ozone Depletion Potential ODP/kg	Use in ODP
CFC-11	5747	1	5747
CFC-12	1477	1	1477
CFC-13	3	1	3
CFC-113	1222	0.8	978
CFC-114	85	1	85
CFC-115	101	0.6	60
halon-1211	250	3	751
halon-1301	191	10	1907
carbontetrachloride	754	1	754
1,1,1-trichloroethane	5633	0.1	563
Total (#9d and #10b)	15783		12451

Source: VROM (1992b); use: interpolation of 1986-1990 data.

In order to keep table 1 and annex A within manageable limits, only the total and not each individual ozone gas is shown there. The indicator presented here differs from VROM (1992a) by the inclusion of carbontetrachloride and 1,1,1-trichloroethane. Data on HCFCs and methylbromide were too scarce to allow for their incorporation in this NAMEA.

Acidification

Deposition of acid substances has led to changes in the composition of soil and surface waters in the Netherlands. This process will cause large-scale disturbance of ecosystems, deterioration of ground water quality, and damage to materials and crops. The most important agents leading to acidification are nitrogen oxides (NO₂), sulphur dioxide (SO₂) and ammonia (NH₃). The potential contribution to acidification of each of these substances can be expressed in

Potential Acid Equivalents (PAE). This measure reflects the amount of an agent that is necessary to form an acid with a certain amount of H⁺-ions. One acid equivalent equals 1/2 mol (32 grams) SO₂, or 1 mol (46 grams) NO₂, or 1 mol (17 grams) NH₃ (Schneider and Bresser, 1988).

Emissions as well as depositions can be expressed in potential acid equivalents. Because the transformation of ammonia into HNO₃ requires a number of reactions, involving bacteria in soil and water, ammonia emissions expressed in potential acid equivalents may somewhat overestimate the contribution of NH₃ to the actual acidification. In table 8, the conversion from kilograms of acidifying substances into PAE is further specified. Emissions as well as depositions are presented.

Table 8. Conversion of acidifying emissions into PAE, 1989 (#9d-9f, 10b)

	Emissions in the Netherlands (mln kg)	Potential Acid Equivalent (PAE/kg)	Emissions in 1000 PAE
NO _x	576	1/46	12522
SO ₂	211	1/32	6594
NH ₃	248	1/17	14588
Total			33704

	Depositions in the Netherlands (mln kg)	Potential Acid Equivalent (PAE/kg)	Depositions in 1000 PAE
NO _x	181	1/46	3937
SO ₂	146	1/32	4548
NH ₃	126	1/17	7433
Total (#11c)			15918

Source: Emissions: CBS; depositions: RIVM; PAE: Schneider and Bresser, 1988.

The dispersion of acid-forming substances plays an important role in the cause/effect chain. A major part of total emissions in the Netherlands floats into other countries while the damage from acidification in the Netherlands is the result from Dutch as well as foreign emissions. In the NAMEA these trans-boundary exchanges are included (table 1). Combination of data on emissions within the Netherlands and on the inflow and outflow across the border results in the deposition on the Dutch territory. It is possible to provide more details underlying cell #10,11, for instance concerning the depositions by province (see table 9). In turn, these depositions can be

juxtaposed with indicators on changes in environmental conditions such as the vitality of forests.

Table 9. Depositions and vitality of forests by province in the Netherlands

	Depositions 1989			Forest Area 1989		Vitality of Forests								
						Good			Reasonable			Bad		
	PAE	%	PAE/ha.	100 ha	%	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991
Drenthe	1115	6.9	4200	264	8.8	42.0	55.2	62.6	40.3	29.3	25.8	17.7	15.5	11.6
Overijssel	1655	10.3	4955	352	11.7	34.8	52.5	54.9	34.3	32.2	29.2	30.9	15.3	15.9
Gelderland	3421	21.2	5319	863	28.7	48.0	48.0	47.6	34.6	31.4	33.3	17.4	20.6	19.1
Utrecht	666	4.1	5000	179	6.0	48.2	49.9	45.5	24.4	33.6	39.7	27.4	16.5	14.8
N-Brabant	2915	18.1	5893	659	21.9	57.1	45.5	45.6	25.9	27.1	29.4	17.0	27.4	25.0
Limburg	1276	7.9	5881	285	9.5	63.7	67.8	59.1	24.6	20.2	24.2	11.7	12.0	16.7
Other provinces	5098	31.6	3902	401	13.4	n.a.			n.a.			n.a.		
The Netherlands	15918	100.0	4757	3003	100.0	50.1	52.5	52.0	30.7	28.7	30.2	19.2	18.8	17.8

Note: The sample size in the other provinces is too small to enable comparisons.

Sources: Depositions: Heij and Schneider (1991);

Vitality of forests: Bosbouwvoorlichting (Netherlands Ministry of Agriculture, Fishery and Nature Protecting 1992)

Evidently, this relationship is a complicated one, as the health status of forests in the Netherlands depends on more factors than deposition of acid substances. Variations in soil quality, weather conditions, occurrence of pests and management of the forests also cause differences among provinces.

Eutrophication

Eutrophication occurs when an abnormal amount of nutritious substances for plants disturbs ecological processes. Among the effects are: loss of species, algae bloom in surface water leading to impoverishment of other species and a decreasing quality of drinking water. The most important eutrophication substances are nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). In this article we focus on nitrogen and phosphorus because of data availability. Phosphorus and nitrogen are present in emitted substances like manure, fertilizers, ammonia and waste water and in some air emissions (NO_x and NH_3). In the NAMEA these emissions have been converted into kilograms P and N.

A common unit linked to the (potential) effects of both substances does not yet exist. Nevertheless a preliminary equation factor is introduced here: see VROM (1992a). Based on the average appearance of nitrogen and phosphorus in natural circumstances, a 1 to 10 ratio between nitrogen and phosphorus is assumed to arrive at Potential Eutrophication Equivalents (PEE) (table 10).

Table 10. Conversion of eutrophying emissions and depositions into PEE (#9h-9i, 10d)

Emissions			
	(mln kg)	Potential Eutrophication Equivalent (PEE/kg)	(mln PEE)
Phosphorus (P)	166	1	166
Nitrogen (N)	1316	0.1	132
Total (#10d)			298
Imports, exports and depositions			
	(mln kg)	Potential Eutrophication Equivalent (PEE/kg)	(mln PEE)
Imports of foreign emissions			
Phosphorus (P)	20	1	20
Nitrogen (N)	417	0.1	42
Total			62
Exports of emissions			
Phosphorus (P)	25	1	25
Nitrogen (N)	584	0.1	58
Total			83
Depositions			
Phosphorus (P)	161	1	161
Nitrogen (N)	1149	0.1	115
Total			276

Source: Emissions and depositions: CBS (1990b)
PEEs: VROM (1992a)

The depositions (or immission) into the Netherlands is the net result of emissions plus the inflow minus outflow across the borders. In the case of both nutrients, borders are crossed via rivers, mainly the Rhine. Trans-boundary phosphorus and nitrogen flows are also presented in table 10. As the policy targets were only formulated for emissions and not for depositions, eutrophication has not been incorporated in the deposition account of this NAMEA.

Accumulation of Waste

How to get rid of waste without damaging the environment is a major problem in the Netherlands. Dumping waste requires not only space but also facilities at waste dumps to prevent leakage of environmentally hazardous substances. Dutch environmental policy thus focuses on reducing the amount of generated waste (VROM, 1989). Of the many aspects of waste, such as composition and toxicity, only one is covered in the indicator as developed by VROM (1992a): the amount of waste that is dumped.

A further delimitation is the exclusion of waste that results from clean-up actions. This concerns for example polluted dredging spoil for which separate dumping facilities have been created. Apart from the practical argument, this waste cannot be seen as presently generated waste because the pollution is not the result from current economic activities. Excess manure is also excluded. As the limited capacity of waste dumping sites is our main point of interest, the common unit for all types of waste is the kilogram (cf. cells #9j,10e and Total #10e). A volume measure (m³) would perhaps be preferable, but for some types of waste such data are lacking.

Dumped waste should be presented in the NAMEA as total waste production minus the amount of waste that is re-inserted into the economic system (e.g. recycled, composted or incinerated waste)⁶. Because it is not yet possible to present re-used and recycled amounts by utilizing industry, these amounts have been subtracted from gross emissions. In addition, a complete specification of transboundary flows of waste cannot yet be given. In the NAMEA, waste emissions only contain waste that is incinerated or dumped and these emissions are called 'net waste'. On the other hand, the transformation of incinerated waste is incorporated in this NAMEA (cf. cell #9j,3).

3.2 The compilation of environmental indicators by environmental theme

Among the objectives of the NAMEA is the derivation of a limited number of environmental indicators from a consistent national accounting framework.

6. Recycling of waste within the same establishment is not shown in this NAMEA, as it is concerned with outputs that can be delivered or provided to other units (including the environment) only (see: UN 1992, Chapter VI, page 2 and De Boo et al (1991)).

These indicators are derived from the physical accounts in the module. In theory, these indicators can be formulated at different levels: emissions, depositions or changes in environmental quality. Obviously, for each environmental effect not more than one indicator should be specified. For instance, if a deposition indicator is computed this means that a separate indicator for the concomitant emissions is not incorporated, in order to avoid double-counting.

Table 11. The confrontation of emission/deposition levels and policy targets

<u>Emissions:</u>	<u>1989</u>	<u>Policy Goal 2000</u>	<u>Indicator Value</u>
Greenhouse Effect (GWP)			
CO ₂	158019	150494	1.05
N ₂ O	8910	10800 ^{a)}	0.83
CH ₄	6270	9258 ^{a)}	0.68
	173199	170552	1.02
Depletion of the Ozone Layer (ODP)	12451	8000^{b)}	1.56
Eutrophication (PEE)			
P	166	47	3.53
N	132	58 ^{c)}	2.27
	298	105	2.83
Accumulation of Waste (mln KG)	14737	5000	2.94
<u>Depositions:</u>			
Acidification (PAE)	15918	8146	1.95
(PAE/Ha*10 ³)	4757	2400	1.95

Note: Only the indicators printed in bold are implemented in the NAMEA.

a) These policy targets are slightly corrected to account for adjusted GWP-conversions in comparison with VROM (1992a), see section 3, greenhouse effect.

b) Intrapolated policy target for 1989, in this case based on a complete ban of CFCs and halons in 1995.

c) This policy target is slightly corrected in comparison with VROM (1992a): in addition to emissions into water and soils it encompasses nitrogen containing air emissions. Source of policy goals: VROM (1989, 1992a and 1992c).

The indicators in this article are mainly related to emissions because most policy targets have been formulated at that level. Only for acidification the indicator refers to depositions. In order to denominate all indicators into a common dimension, they are expressed as the quotient of the current level of the environmental burden and a concomitant policy target set for the year

2000. In table 11, actual emissions and depositions in 1989 are compared with these targets⁷.

An alternative approach has been used in the compilation of a CFC/halon indicator. The scheduled complete ban of CFCs and halons in 1995 forces us to formulate a different target value. In the CFC/halon indicator a comparison is made between the actual and the planned CFC/halon use in 1989, assuming a linear reduction pattern between 1980 and 1995.

7. This procedure is very similar to the presentation of environmental indicators and targets in VROM (1992a), as copied in the annual government budget report (Netherlands Ministry of Finance, 1992). However, a few of the themes presented there could not yet be put in our comprehensive national accounting framework, due to lack of data.

4. The potential impact of economic activities on the environment

This section contains an analysis concerning the potential impact of economic activities on the environment. This analysis is based on the data contained in the NAMEA. In table 12, the emission data in table 3 have been converted into environmental stress equivalents and subsequently aggregated by themes. In this way the contributions of consumption purposes and production activities to specific themes are illustrated⁸. These contributions are connected to other information derived from the same NAMEA: net domestic product per production activity and private consumption per purpose. Besides, employment figures are presented in column 2. It applies to each theme that at least 80% of production-related emissions originate from production activities which generate only 36% of total value added and 35% of total employment. Comparatively little pollution is caused by services etc. (excluding transport), and by 'other' manufacturing, that is, excluding oil refineries, chemical and basic metal industries.

Manufacturing contributes most to the global warming problem. In relative terms however, electricity generation is far more important (1% of value added versus 22% of the emissions). More than 40% of the emissions of acid substances are caused by agriculture (4% of value added). This is due to the substantial agricultural emissions of NH_3 . The largest emitters of waste are manufacturing and households with contributions of 29 and 28 percent, respectively. It is not surprising that the eutrophication problem is largely caused by agriculture while chemicals manufacturing contributes most to the ozone depletion problem.

Among household consumption expenditures, 'other purposes' cause most of the emissions of global warming gases while almost all acid emissions come from 'transport'. Only a small part of total waste generation by consumers is related to transport because a major part of discarded car wrecks is recycled and therefore subtracted from our waste data (see section 3.1 above).

8. Only a rough estimate of total CFC/halon use by activity (VROM, 1991a) is available. These data have been used whereby it is assumed that the distribution of ODPs equals the distribution of total CFC/halon use in table 3.

Of course, an overall indication of environmental pressure per consumption purpose and production activity is even more desirable. Policy goals for emissions have been used to transform emission data from environmental stress equivalents into dimensionless indices. Next the indices have been averaged to arrive at a single environmental index per production activity or consumption purpose. The procedure is as follows:

$$C_i = \sum_j \left[\frac{\left[\frac{E_{ij}}{E_{total,j}} * \frac{E_{total,j}}{E_{target,j}} \right]}{\sum_j \left[\frac{E_{total,j}}{E_{target,j}} \right]} \right]$$

$$= \sum_j \left[\frac{\left[\frac{E_{ij}}{E_{target,j}} \right]}{\sum_j \left[\frac{E_{total,j}}{E_{target,j}} \right]} \right]$$

- C_i = The overall relative environmental contribution per production activity or consumption purpose, i
- E_{ij} = The contribution of activity i to theme j (in theme equivalents)
- $E_{total,j}$ = Total contribution to theme j (in theme equivalents)
- $E_{target,j}$ = Emission policy target for theme j (in theme equivalents)

The overall relative contribution per activity (C_i) is a function of the relative contributions of this activity to each of the environmental themes and the policy targets per theme. A greater distance between total emissions and the policy target implies a larger weight of the theme concerned in the overall aggregation.

Emission goals have been used in all cases, that is, including the themes acidification and waste. In table 13 it is shown that concerning acidification, the policy goals for the concomitant emissions are stricter than for the eventual depositions. Concerning waste, the policy goal for waste generation is less strict than for waste that is eventually dumped. Concerning the other themes, emission policy goals were implemented both in the core NAMEA-framework and in this analysis. In conclusion, different purposes lead to the use of different indicators for acidification and for waste in this case. The core NAMEA-framework attempts to reflect the "state of the environment" in so far as this can be done with the presently available data. Deposi-

tions of acid substances and dumped waste come closer to this objective than the concomitant emissions. On the other hand, for the analysis in this section, all weights should be based on one common underlying principle; the distance between emissions and the corresponding policy targets for these emissions.

Table 13. A comparison of two types of indicators for acidification and waste.

	<u>1989</u>	<u>Policy Goal 2000</u>	<u>Indicator Value</u>	
Acidification				
Emissions				
NO _x (mln KG)	425	238	2.42	
SO ₂ (mln KG)	207	75	2.81	
NH ₃ (mln KG)	238	83	3.02	
Total (PAE)	33704	12342	2.73	(indicator used in the analysis)
Depositions (PAE)	15918	8146	1.95	(NAMEA-framework indicator)
Waste				
Generation of (mln KG)	25465	14500	1.76	(indicator used in the analysis)
Accumulation (mln KG)	14737	5000	2.94	(NAMEA-framework indicator)

Sources: Acidification emission policy targets : VROM 1990
Waste generation policy targets : VROM 1992c

Evidently, the relative contributions to environmental pressure presented in table 12 should be interpreted with care, in view of the incomplete coverage of themes and the various assumptions used (stress equivalent conversions, policy targets). Nevertheless, these figures do provide a preliminary indication of the relative environmental burdens caused by production and consumption activities as the themes included are certainly among the most serious ones. In order to illustrate the sensitivity of this indicator to the inclusion or exclusion of themes, four aggregation patterns are presented in table 12 (columns 9a-9d). In column 9b, ODPs are left out because of the limited data for ozone depletion. The overwhelming contribution of agriculture to the eutrophication problem (79 percent) and the acidification problem (41 percent) is naturally also reflected in the aggregation over themes (table 12, column 9a). As mentioned earlier, this is largely due to the agricultural NH₃ emissions. Even if the PEEs are left out (column 9c), the relative contribution of agriculture to total environmental pressure substantially exceeds the contribution to total value added and employment in the Netherlands.

Similarly, the contribution of oil refineries, chemical industries and electricity generation to the overall environmental indicator is larger than the direct economic weight of these activities. The reverse applies to 'other' manufacturing and services. For a complete analysis, the indirect economic effects of production activities should be incorporated as well.

5. Summary and conclusions

The preliminary NAMEA for the Netherlands (1989) presented in this paper serves to demonstrate that economic and environmental data can be placed into a single information framework in which monetary and physical units are combined. In particular, this matrix shows the relationship between production and consumption activities and all kinds of environmental problems, grouped into a limited set of themes. No specific assumptions are needed at this stage, apart from a harmonization of classifications (Table 2).

The emission data have been converted into theme equivalents (see Tables 4-9) and finally into theme indicator values. This yields five aggregate environmental indicators which fit into the macro-framework presented in Table 1. This table thus provides an integrated presentation of economic indicators, like NDP and the current external balance, and environmental indicators on the following themes: greenhouse effect, depletion of the ozone layer, acidification, eutrophication and waste disposal. The value of these environmental indicators can directly be related to the levels of economic activity in the reference year, or, in other words, the macro-indicators in table 1 are consistent, both conceptually and numerically.

If a NAMEA became available at regular intervals, this would mean that the rates of change in economic and environmental macro-indicators can be juxtaposed and that one can see at a glance in which direction the economy has been heading. On the economic side, a further extension to issues like unemployment and income distribution is conceptually simple and numerically feasible (Keuning, 1992b).

Moreover, the procedure followed in this paper is in itself not dependent on the exact conversion of emissions into environmental stress equivalents. The current presentation of environmental themes being somewhat limited, additional information on other environmental problems can be inserted, without a change in methodology, as soon as the data become available. The presentation of environmental themes in this paper can still be extended in two ways:

1. A broadening of themes:

- Incorporation of emission and dispersion of toxic substances
- Incorporation of resource extraction (cf. de Boo et al., 1991: Table 10)

2. A deepening of themes:

- A more complete description of some physical flows (e.g. waste)
- Exploring the linkages between environmental themes and changes in environmental quality, with the aim of constructing or showing effect indicators
- Use of sustainability levels instead of policy targets in the formulation of environmental indicators

The robustness of the NAMEA-design to advances in knowledge on environmental issues and improvements in basic data collection implies that a regular compilation and publication can already start. When more or better data become available or a consensus is reached on an amendment of aggregation functions, this can then be implemented with the help of a revision strategy similar to the one followed in the core national accounts.

References

- Boo A.J. de, P.R. Bosch, C.N. Gorter and S.J. Keuning, 1991, An environmental module and the complete system of national accounts. National Accounts Occasional Paper no. 46 (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- Born G.J. van den, A.F. Bouwman, J.G.J. Olivier and R.J. Swart, 1991, The emission of greenhouse gases in the Netherlands. National institute of public health and environmental protection report no 222901003. (RIVM, Bilthoven).
- CBS, 1990a, Van gemeentewege ingezameld afval 1989 [Waste gathered by municipality 1989]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- CBS, 1990b, Environmental Statistics of the Netherlands 1990. (Netherlands Central Bureau of Statistics, SDU-publishers, Den Haag).
- CBS, 1990c, Afvalstoffen voertuigwrakken 1989 [Waste from car wrecks 1989]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- CBS, 1990d, Het bezit en gebruik van bedrijfsvoertuigen 1989 [Ownership of vehicles for business purposes 1989]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- CBS, 1991a, Milieufactetten, cijfers bij de tweede nationale milieuverkenning 1991 [Environmental Data supporting the Second National Environmental Survey 1991]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- CBS, 1991b, Luchtverontreiniging procesemissies 1988 [Air pollution process emissions 1988]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- CBS, 1992a, Luchtverontreiniging, emissies privégebruik auto 1980-1990 [air pollution from passenger car use]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- CBS, 1992b, Luchtverontreiniging door wegverkeer 1980-1990 [air pollution from traffic 1980-1990]. (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- Heij G.J., T. Schneider, 1991, Dutch priority programme on acidification. (RIVM rapport no. 200-09).
- Houghton, J.T., G.J. Jenkins and J.J. Ephraums, 1990. Climate Change, the IPCC Scientific Assessment. (Cambridge University Press, Cambridge/London).
- Hueting R., P.R. Bosch, B. de Boer, 1992, Methodology for the calculation of sustainable national income. (The Netherlands Central Bureau of Statistics, Statistische Onderzoekingen M44, Voorburg).
- IPCC, 1992. The supplementary reports to the IPCC Scientific Assessment. J.T. Houghton, B.A. Callander and S.K. Varney [eds]. (Cambridge University Press, Cambridge/London).
- Keuning S.J., 1991, A proposal for a SAM which fits into the next System of National Accounts. Economic systems Research, Vol. 3, No 3.
- Keuning S.J., 1992a, National Accounts and the environment, the case for a system's approach. National Accounts Occasional Paper no. 53 (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- Keuning S.J., 1992b, National Accounts, SAMs and SESAME: a System of Economic and Social Accounting Matrices and Extensions with an application tot the case of Indonesia. Paper presented at the Tenth International Conference on Input-output Techniques Sevilla, Spain.
- Keuning S.J. and J. de Gijt, 1992, A National Accounting Matrix for the Netherlands. National Accounts Occasional Paper no. 59 (Netherlands Central Bureau of Statistics, Voorburg).
- Netherlands Ministry of Agriculture, Fishery and Nature Protection, 1990, Bosbouwvoorlichting [forestry information] nr. 9 november 1990. (Ministerie van Landbouw, Visserij en Natuurbeheer, Den Haag).

- Netherlands Ministry of Finance, 1992, Miljoenennota 1992 [Government Budget 1992]. (Ministerie van Financiën, Den Haag).
- OECD, 1993, Environmental Indicators, In-depth analysis of Individual Indicators: Greenhouse Gas and CO₂ emissions [Draft]. (OECD, Environment Directorate, Environmental Policy committee, Paris).
- Repetto R., and W. Cruz [eds], 1991, Accounts overdue, Natural Resource Depreciation in Costa Rica. (World Resources Institute, Washington).
- Schneider T. and A.H.M. Bresser, 1988, Acidification research 1984-1988, Summary Report, Dutch Priority Programme on Acidification. (RIVM, Bilthoven; nr. 00-06).
- Second Chamber, 1993, CFK's, Brief van de Minister van VROM (CFCs, Letter from the Minister of the Netherlands Ministry of Physical Planning and Environment). (Tweede Kamer [Second Chamber], Den Haag 1992-1993, 22835 nr. 2).
- United Nations (UN), 1992, A revised system of National Accounts. (UN, New York).
- VROM (Netherlands Ministry of Physical Planning and Environment), 1986, Indicatief meerjaren Programma Milieubeheer [Indicative environmental policy programme] 1987-1991. (VROM, Den Haag).
- VROM, 1989, Nationaal milieubeleidsplan [National Environmental Policy Plan]. (VROM, Den Haag).
- VROM, 1990, Nationaal Milieubeleidsplan-plus [Extended National Environmental Policy Plan]. (VROM, Den Haag).
- VROM, 1991a, Essential Environmental Information. (VROM, Den Haag).
- VROM, 1991b, Milieuprogramma 1991-1994, voortgangrapportage [Report on the progress of achieving environmental policy goals]. (VROM, Den Haag).
- VROM, 1992a, Thema-Indicatoren voor het milieubeleid nr. 1992/9 [Theme related indicators supporting environmental policy 1992/9]. (VROM, Den Haag).
- VROM, 1992b, CFC-Actionprogramme, Cooperation between government and industry, Annual Report 1991. (VROM, Den Haag). VROM, 1992c, Milieuprogramma (Environmental programme) 1993-1996, voortgangrapportage. (VROM, 's Den Haag).

ANNEX A. A disaggregated NAMEA 1989 (account 1-8 in bilion guilders)

		1. GOODS AND SERVICES													2. CONSUMPTION		3. PRODUCTION								
		Product groups													Purposes		Production Activities								
		1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	1i	1j	1k	1l	1m	2a	2b	3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g	3h	
1. GOODS AND SERVICES	Food, Beverages, Tobacco, Orns & Minerals	1a													0.00	47.27	15.20	0.01	0.74	0.01	49.97	0.06	0.11	0.28	
	Textiles, Clothing & Leatherwear	1b													0.00	22.99	0.04	0.01	0.15	0.04	3.70	0.00	0.10	0.09	
	Wood, Building Material, Paper, Printing & Publishing	1c													0.00	15.75	0.28	0.05	1.59	0.17	21.97	0.04	11.54	0.59	
	Petroleum & Petroleum Products	1d													8.27	0.00	0.38	15.46	4.72	0.04	1.02	0.05	1.09	1.93	
	Other Chemical Products	1e													0.00	10.30	1.22	0.03	14.81	0.20	11.25	0.10	2.39	0.07	
	Metal and Other Manufacturing Products	1f													0.00	16.44	0.88	0.19	1.15	4.10	30.06	0.44	10.26	0.71	
	Transport Equipment	1g													9.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	0.00	0.12	0.93	
	Electricity, Gas, Water and Coal	1h													0.00	9.33	1.18	0.16	2.39	1.09	2.86	3.06	0.13	0.39	
	Construction	1i													0.00	1.87	0.35	0.06	0.26	0.18	1.05	0.15	15.57	1.04	
	Hotel, Restaurant & Repair Services	1j													0.00	20.07	0.03	0.04	0.18	0.02	1.01	0.04	0.64	0.97	
	Transport and Storage Services	1k													0.00	5.14	0.00	0.06	0.11	0.01	0.51	0.00	0.29	1.78	
	Other Goods and Services	1l													0.00	117.13	1.75	1.30	4.88	1.02	24.20	1.56	4.32	10.11	
	Trade and Transport Margins	1m	23.30	9.92	12.48	2.87	11.27	24.03	4.85	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	-88.89										
2. CONSUMPTION	Transport	2a																							
	Other Purposes	2b																							
3. PRODUCTION	Agriculture	3a	39.43	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10											
	Refineries	3b	0.00	0.00	0.00	18.64	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.69	0.00											
	Chemical Industries	3c	0.19	1.58	0.28	0.78	42.27	0.10	0.00	0.11	0.00	0.00	1.31	0.77											
	Basic Metals	3d	0.00	0.01	0.02	0.06	0.04	10.42	0.01	0.15	0.00	0.00	0.36	0.05											
	Other Manufacturing	3e	74.32	8.18	41.69	0.70	8.08	49.79	16.43	0.16	2.60	0.00	11.28	4.05											
	Electricity Generation	3f	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.93	0.00	0.00	1.51	0.00											
	Construction	3g	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	70.62	0.00	0.20	1.04	0.44										
	Transport	3h	0.01	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.19	0.27	31.38	1.46	9.67										
	Services and Other Activities	3i	4.12	1.06	7.92	1.39	0.29	3.94	0.24	22.39	1.60	24.98	0.21	300.55	73.81										
4. INCOME GENERATION	Wages and Salaries	4a														1.46	0.34	5.44	1.70	35.39	1.50	13.96	11.76		
	Employers' Social Contributions	4b														0.38	0.13	1.35	0.47	9.36	0.29	5.06	3.03		
	Operating Surplus (Incl. Other Net Taxes on Production)	4c														13.67	0.56	6.76	1.32	16.70	0.72	5.38	4.20		
5. INCOME DISTRIBUTION AND USE	Non-Financial Corporations	5a																							
	Financial Intermediaries	5b																							
	Insurance Corporations and Pension Funds	5c																							
	Government including Social Security Funds	5d	4.77	3.78	2.83	6.20	1.87	5.39	4.51	1.63	7.26	2.56	-3.07	2.36											
	Households (Including Unincorporated Enterprises)	5e																							
6. CAPITAL		6														2.87	0.77	2.85	0.76	4.97	2.42	1.49	5.65		
7. FINANCIAL BALANCE		7																							
8. REST OF THE WORLD	Current	8a	31.72	15.55	20.78	20.80	28.58	72.59	21.87	2.58	0.01		34.27												
	Capital	8b																							
9. EMISSIONS	CO2	9a																							
	N2O	9b																							
	CH4	9c																							
	CFCs and Halons	9d																							
	NOx	9e																							
	SO2	9f																							
	NH3	9g																							
	P	9h																							
	N	9i																							
	Waste	9j																							
10. THEMES	Greenhouse Effect (GWP)	10a																							
	Ozon Depletion (ODP)	10b																							
	Acidification (FAE)	10c																							
	Eutrophication (FEE)	10d																							
	Waste (min KG)	10e																							
11. DEPOSITIONS	Acidification (FAE)	11																							
TOTAL			177.87	40.23	86.17	51.43	92.39	166.32	48.39	36.19	82.29	27.81	28.73	354.84	0.00	18.01	266.48	39.68	19.37	47.37	11.12	217.29	10.46	72.47	43.53

a) These data are available but not recorded in the NAMEA because the concomitant policy objectives have been formulated for emissions and not for depositions.

-: Data are not available.

		4. INCOME GENERATION			5. DISTRIBUTION AND USE					6. CAPITAL		8. REST OF THE WORLD		9. EMISSIONS (in million kg, CFCs and halons in thousand kg)											10. THEMES					11. DEPOSITIONS	TOTAL
		Primary Income Categories			National Sectors							Current Capital		CFCs &											Green-house	Depletion	Acidi-fication	Eutro-plication	Waste	Acidi-fication	
3b	3i	4a	4b	4c	5a	5b	5c	5d	5e	6	8a	8b	CO2	N2O	CH4	Halons	NOx	SO2	NH3	P	N	Waste	GWP	OPD	FAE	PEE	m/a KG	FAE			
													9a	9b	9c	9d	9e	9f	9g	9b	9i	9j	10a	10b	10c	10d	10e		11		
0.28	8.75								0.12	-0.45	55.77																				177.87
0.09	1.07								0.00	0.83	11.20																				40.23
0.59	15.93								0.00	4.86	13.40																				86.17
1.93	2.36								0.00	-0.33	16.42																				51.43
0.07	5.46								0.00	1.52	44.85																				92.39
0.71	10.88								0.14	30.06	61.02																				166.32
0.93	5.08								0.00	15.11	14.14																				48.39
0.39	9.83								0.00	0.23	5.54																				36.19
1.04	12.02								0.00	48.43	1.31																				82.29
0.97	4.82								0.00	0.00	0.00																				27.81
1.78	1.60								0.01	0.00	19.21																				28.73
10.11	83.99								71.49	8.28	24.83																				354.84
									18.01				12833	0	4	0	132	3	0	0	39	162									18.01
									266.48				19300	2	9	3157	19	1	10	13	64	7064									266.48
													7511	24	393	0	13	1	230	127	1067	962									39.68
													10732	0	1	0	21	70	0	0	6	40									19.37
													19981	0	4	6313	44	27	8	19	25	3167									47.37
													6636	0	0	0	13	15	0	0	4	150									11.12
													13233	0	0	473	44	13	0	6	26	4024									217.29
													38452	1	2	0	78	43	0	0	23	146									10.46
													958	0	0	3157	9	1	0	0	3	3782									72.47
													7876	1	2	789	125	23	0	0	36	2294									43.53
													20507	5	155	1894	78	14	0	1	23	3674									442.50
11.76	127.03										1.12																				199.88
3.03	34.02																														54.09
4.20	86.56																														135.88
				83.10	38.18	6.37	0.82	0.25	1.11		11.67																				141.50
				-9.43	19.30	5.98	0.42	9.31	14.70		31.70																				71.98
				1.48	9.02	10.68	2.61	12.76	3.86		3.57																				43.98
				2.57	28.36	4.46	0.67	101.59	143.86	0.97	10.70																				333.28
				198.62	54.09	58.16	4.06	13.26	37.44		2.69																				847.68
5.65	33.10				25.33	4.95	1.95	-8.69	48.00	86.01	0.93																				213.36
										15.62																					0.00
					1.26					2.22	-16.91							109	101	24	a)	a)									312.21
																															-14.69
																															158019
																															33
																															570
																															15783
																															685
																															312
																															272
																															166
																															1316
																															14737
																															173199
										1.02																					12451
										1.56																					15918
										2.83																					298
										2.94																					14737
										1.95																					15918
43.53	442.50	199.88	54.09	135.88	141.50	71.98	43.98	333.28	847.68	213.36	213.21	-14.69	158019	33	570	15783	685	312	272	166	1316	25463	173199	12451	15918	298	14737			15918	

Annex B. Compiling environmental data for the NAMEA

This annex presents an overview of data compilation procedures. References are provided for all (CBS and non-CBS) data used in this NAMEA.

1. Air emissions

Emission statistics for CO₂, SO₂ and NO_x have been derived from CBS publications. Most of the figures in CBS publications (e.g. CBS 1991b) are classified according to the Dutch standard industrial classification (SBI). These air polluting emissions are published on a regular basis and are divided into three categories:

1. **Process emissions** are only related to production activities and directly implementable in the NAMEA.
2. **Emissions from the combustion of fossil fuels** in stationary stations are caused by both production and consumption activities. Emissions from consumption activities are classified as 'other consumption purposes'.
3. **Mobile emissions** are related to a diversity of sources (household consumption and many production activities) and are not directly implementable in our module, because only part of the mobile emissions from production can be related to the production activity 'Transport' (SBI 7 excl. 7.7). A large proportion of all transportation occurs in the course of other production activities. Moreover, mobile emissions from private transport (household consumption) has to be separated from business related mobile-emissions. For emissions from mobile sources, the classification used is presented in table B.1.

Table B.1. Mobile sources.

Passenger Cars (emissions can be separated in those for production, consumption and foreign use)
Pick-up trucks
Lorries, Tractors and Buses
Special vehicles, Motor Cycles and Mopeds
Other Mobile Sources (inland navigation, railroad transport and air transport)

Emissions from mobile sources have to be re-arranged according to a SBI-

classification. In the CBS-statistic 'air pollution from passenger car use' (CBS, 1992a) the emissions from passenger car use are divided into private- and business related. A further allocation of emissions due to business related passenger car use is based on a rough estimate, namely by using data concerning the destination of investments by type of asset. As data on Dutch emissions abroad were missing, foreign emissions have not been subtracted from Dutch emissions. It is thus assumed that these emissions cancel out⁸.

With the help of the CBS publication 'Air pollution from road traffic' (CBS, 1992b), it is possible to allocate the emissions of CO₂, SO₂ and NO_x from passenger cars, pick-up trucks, lorries, tractors, special vehicles and buses to production activities (SBI-1 digit). The CBS-publication 'Ownership of vehicles for business purposes' (CBS, 1990d) gives the distribution among production activities of the ownership and average mileage of lorries, tractors, pick-ups, buses and special vehicles. Multiplying average mileage by the number of vehicles per category and per production activity gives us the mileage per vehicle category per production activity. With the help of this information, total emissions per vehicle type have been distributed among production activities. Mopeds and motor cycles are supposedly used for consumption purposes only, while the emissions from other mobile sources are assumed to be used by the production activity 'transport'. In tables B.2, B.3 and B.4 the allocation of mobile emissions is presented.

8. This could understate total Dutch emissions because foreign emissions from passenger cars in the Netherlands are probably less than Dutch emissions from passenger cars abroad.

Table B.2. An allocation of stationary and mobile CO₂ emissions to production activities and consumption purposes, 1989.

	Stationary	Mobile			Total	Total
		Lorries and Tractors	Special Vehicles and Buses	Passenger Cars Pick Up Trucks And Other		
mln kg						
Agriculture	7000	193	2	316	511	7511
Manufacturing	49200	640	34	709	1382	50582
o.w. Oil Refineries	10700	15	1	16	32	10732
Chemical Ind.	19900	38	2	42	81	19981
Basic Metal Ind.	6600	17	1	18	36	6636
Other Manufacturing	12000	571	30	632	1233	13233
Electricity Generation	38400	3	4	46	52	38452
Construction	0	279	17	662	958	958
Transport	0	2725	461	4690	7876	7876
Services and Other	15700	1604	299	2904	4807	20507
Households	19300	0	0	12833	12833	32133
Total	129600	5444	816	21520	28419	158019

Table B.3. An allocation of stationary and mobile NO_x emissions to production activities and consumption purposes, 1989.

	Stationary	Mobile			Total	Total
		Lorries and Tractors	Special Vehicles and Buses	Passenger Cars Pick Up Trucks And Other		
mln kg						
Agriculture	7	3	0	3	6	13
Manufacturing	104	11	0	6	17	121
o.w. Oil Refineries	20	0	0	0	0	21
Chemical Ind.	43	1	0	0	1	44
Basic Metal Ind.	12	0	0	0	0	13
Other Manufacturing	29	9	0	5	15	44
Electricity Generation	77	0	0	1	1	78
Construction	0	5	0	4	9	9
Transport	0	51	8	66	125	125
Services and Other	20	28	5	25	58	78
Households	19	0	0	132	132	151
Total	227	97	14	235	349	576

Table B.4. An allocation of stationary and mobile SO₂ emissions to production activities and consumption purposes, 1989.

	Stationary	Mobile			Total	Total
		Lorries and Tractors	Special Vehicles and Buses	Passenger Cars Pick Up Trucks And Other		
	mln kg					
Agriculture	1	0	0	0	0	1
Manufacturing	124	1	0	0	1	125
o.w. Oil Refineries	70	0	0	0	0	70
Chemical Ind.	27	0	0	0	0	27
Basic Metal Ind.	15	0	0	0	0	15
Other Manufacturing	12	1	0	0	1	13
Electricity Generation	43	0	0	0	0	43
Construction	0	0	0	1	1	1
Transport	0	3	0	20	23	23
Services and Other	10	2	0	2	4	14
Households	1	0	0	3	3	4
Total	179	6	1	26	32	211

The emission of greenhouse gases is largely determined by CO₂ emissions and in turn these originate from the use of carbon containing fuels (coal, gasoline and gas). This use can be divided into energetic and non-energetic use. Energetic use always leads to emissions, while non-energetic use only partly causes CO₂ emissions. The CBS statistics on CO₂ emissions are solely based on emissions from energetic use and the expected emissions of non-energetic use of carbon containing fuels, e.g. process emissions (CBS 1991b). On the other hand, the policy targets formulated by VROM are related to emission data in which all carbon containing fuels are translated into CO₂ emissions.

As the policy goal for the year 2000 is a 5 percent reduction of the 1989 emission level, this procentual reduction is used in the compilation of the indicator for the greenhouse effect. This implies that in the NAMEA for 1989, the indicator value for CO₂ is 1.05 by definition (cf. table 11 above).

Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ are not yet published by the CBS. The emission data of ammonia (NH₃) are based on the allocation to target groups

in VROM (1991a). Data from RIVM have been used for N_2O and CH_4 (Born et al., 1991). A re-classification of these data was needed for their implementation in the NAMEA. In the case of biogenic sources, natural emissions have been removed from our data.

2. CFCs, halons, carbon tetrachloride and 1,1,1-trichlorethane

Data on the direct emission of CFCs, halons, carbon tetrachloride and 1,1,1-trichlorethane in the Netherlands are not available, because only the use of these pollutants is restricted by the Montreal protocol.

Naturally, this use is strongly related to (future) emissions in the Netherlands; part of the use directly leads to emissions and another part is related to the replacement of fully depreciated CFC containing commodities (refrigerators, etc.). Therefore, the use of CFCs etc. has been utilized as a proxy for the emissions. The CFC-committee of the Ministry of Housing, Physical Planning and Environment registers the use of CFCs. Unfortunately, these data are not classified by production activities and only partly by goods and services. Because it was not possible to allocate each of the various types of CFCs, halons, etc. separately, only aggregate use was allocated. When converting these data into ozone depletion potentials it has been assumed that the share of each type was the same for all users. Moreover, these data are only available for the years 1986, 1990 and 1991 (VROM, 1992b). Data for the year 1989 were computed as an intrapolation of the figures for these years, and scaled to the ODP-totals for 1989 as given by VROM (1992a).

3. Acid-depositions

Information from RIVM on acid depositions (Trend-model, see Heij and Schneider, 1991) has been used for the compilation of acid-deposition data for the Netherlands. In order to make a calculation of acid exports in 1989, the export/emission quotas applied in a projection of deposition data by RIVM have been used. The import of acidifying substances was derived as a residual.

4. Eutrophication: P and N

N and P flows are strongly related to other emission data in the NAMEA. For instance, the P and N contents of waste (i.a. sewage sludge) are separately presented in the N and P emission data. The same is done for the N contents of

some air pollutants: NO_x and NH₃.

Table B.5. The compilation of Eutrophication data

	Phosphorus			Nitrogen				
	Sludge	Purific. Other	Total	NOx	NH ₃	Sewage Sludge	Other	Total
	mln kg P			mln kg N				
Agriculture	0	127	127	4	85	0	978	1067
Manufacturing	3	22	26	35	5	2	19	61
o.w. Oil Refineries	0	0	0	6	0	0	0	6
Chemical Ind.	1	18	19	12	5	1	7	25
Basic Metal Ind.	0	0	0	4	0	0	0	4
Other Manufact.	2	4	6	12	0	2	12	26
Electricity Generation	0	0	0	23	0	0	0	23
Construction	0	0	0	3	0	0	0	3
Transport	0	0	0	36	0	0	0	36
Services and Other	0	0	1	23	0	0	0	23
Consumption	4	9	13	45	0	2	56	103
Total	7	158	166	168	90	5	1053	1316

	Phosphorus Other		Nitrogen Other	
	mln kg P		mln kg N	
Agriculture	Manure	94	Waste Water	3
	Fertilizer	33	Pesticides	3
			Crop remains	22
			Other	9
			Manure	529
			Fertilizer	412
Chemical Industry	Waste Water	15.5	Waste Water	7
	Chemical Waste	2.5		
Other Manufacturing			Food and Beverages Manufacturing	12
Services and Other	Waste Water	4		
Consumption	Waste (Water)	9	Waste (Water)	56
Total		158		1053

Eutrophication substances are registered by the CBS (1990b) in Phosphorus and Nitrogen balance sheets that record the yearly accumulation of N and P. From these balance sheets the anthropogenic emission data were derived. The allocation of the N contents of NO_x and NH_3 has been based on NO_x and NH_3 emissions. The N-contents of NH_3 agricultural emissions have been corrected for double-counting because a part is already reflected in the Nitrogen balance sheets, namely in NH_3 emissions from manure.

5. Waste

The collection of data on waste occurs on a bi-annual basis. Therefore, several reference years have been used in the compilation of waste data. Most data on waste are gathered by CBS and RIVM.

Not all disposals can directly be registered as emissions from current consumption or production activities. A large amount of yearly generated waste comes from dredging sludge that is more or less polluted. Because this cannot be related to production or consumption activities in the reference year, dredging sludge is not incorporated in the module. Manure production from livestock is also excluded because it is not dumped on land-fill sites. The potential environmental impact of manure production is already reflected in other environmental themes (acidification and eutrophication). Only incinerated or dumped waste (net waste) is specified in the emission data (Table B.6). Waste that was recycled has been subtracted from the emission data because information concerning the absorption of these waste flows is not available by activity. Besides, these flows do not contribute to the waste accumulation problem.

Table B.6. Re-classification of (net) waste-data.

	Chemical Waste	Household Waste	Sewage Sludge*)		Process Waste	Other Waste	Waste from Mobile Sources	Total Waste
	mln kg							
Agriculture	0	0	0	0	0	960	2	962
Manufacturing	245	0	207	43	4312	2568	6	7381
o.w. Refineries	40	0	0	0	0	0	0	40
Chemical Ind.	180	0	51	9	359	2568	0	3167
Basic Metal Ind.	25	0	4	2	119	0	0	150
Other Manufact.	0	0	152	32	3834	0	5	4024
Electricity Generation	0	0	0	0	0	146	0	146
Construction	0	0	0	2	0	3774	6	3782
Transport	0	0	0	0	0	0	2294	2294
Services and Other	0	2040	12	25	638	939	20	3674
Households	0	6810	0	254	0	0	163	7226
Total	245	8850	219	324	4950	8387	2490	25465

*) Dry solids

Netherlands Central Bureau of Statistics
National Accounts Occasional Papers

- NA/01 Flexibility in the system of National Accounts**, Van Eck, R., C.N. Gorter and H.K. van Tuinen (1983).
This paper sets out some of the main ideas of what gradually developed into the Dutch view on the fourth revision of the SNA. In particular it focuses on the validity and even desirability of the inclusion of a number of carefully chosen alternative definitions in the "Blue Book", and the organization of a flexible system starting from a core that is easier to understand than the 1968 SNA.
- NA/02 The unobserved economy and the National Accounts in the Netherlands, a sensitivity analysis**, Broesterhuizen, G.A.A.M. (1983).
This paper studies the influence of fraud on macro-economic statistics, especially GDP. The term "fraud" is used as meaning unreporting or underreporting income (e.g. to the tax authorities). The conclusion of the analysis of growth figures is that a bias in the growth of GDP of more than 0.5% is very unlikely.
- NA/03 Secondary activities and the National Accounts: Aspects of the Dutch measurement practice and its effects on the unofficial economy**, Van Eck, R. (1985).
In the process of estimating national product and other variables in the National Accounts a number of methods is used to obtain initial estimates for each economic activity. These methods are described and for each method various possibilities for distortion are considered.
- NA/04 Comparability of input-output tables in time**, Al, P.G. and G.A.A.M. Broesterhuizen (1985).
It is argued that the comparability in time of statistics, and input-output tables in particular, can be filled in in various ways. The way in which it is filled depends on the structure and object of the statistics concerned. In this respect it is important to differentiate between coordinated input-output tables, in which groups of units (industries) are divided into rows and columns, and analytical input-output tables, in which the rows and columns refer to homogeneous activities.
- NA/05 The use of chain indices for deflating the National Accounts**, Al, P.G., B.M. Balk, S. de Boer and G.P. den Bakker (1985).
This paper is devoted to the problem of deflating National Accounts and input-output tables. This problem is approached from the theoretical as well as from the practical side. Although the theoretical argument favors the use of chained Vartia-I indices, the current practice of compiling National Accounts restricts to using chained Paasche and Laspeyres indices. Various possible objections to the use of chained indices are discussed and rejected.
- NA/06 Revision of the system of National Accounts: the case for flexibility**, Van Bochove, C.A. and H.K. van Tuinen (1985).
It is argued that the structure of the SNA should be made more flexible. This can be achieved by means of a system of a general purpose core supplemented with special modules. This core is a fully fledged, detailed system of National Accounts with a greater institutional content than the present SNA and a more elaborate description of the economy at the meso-level. The modules are more analytic and reflect special purposes and specific theoretical views.
- NA/07 Integration of input-output tables and sector accounts; a possible solution**, Van den Bos, C. (1985).
The establishment-enterprise problem is tackled by taking the institutional sectors to which the establishments belong into account during the construction of input-output tables. The extra burden on the construction of input-output tables resulting from this approach is examined for the Dutch situation. An adapted sectoring of institutional units is proposed for the construction of input-output tables.
- NA/08 A note on Dutch National Accounting data 1900-1984**, Van Bochove, C.A. (1985).
This note provides a brief survey of Dutch national accounting data for 1900-1984, concentrating on national income. It indicates where these data can be found and what the major discontinuities are. The note concludes that estimates of the level of national income may contain inaccuracies; that its growth rate is measured accurately for the period since 1948; and that the real income growth rate series for 1900-1984 may contain a systematic bias.

- NA/09 The structure of the next SNA: review of the basic options**, Van Bochove, C.A. and A.M. Bloem (1985).
There are two basic issues with respect to the structure of the next version of the UN System of National Accounts. The first is its 'size': reviewing this issue, it can be concluded that the next SNA should contain an integrated meso-economic statistical system. It is essential that the next SNA contains an institutional system without the imputations and attributions that pollute the present SNA. This can be achieved by distinguishing, in the central system of the next SNA, a core (the institutional system), a standard module for non-market production and a standard module describing attributed income and consumption of the household sector.
- NA/10 Dual sectoring in National Accounts**, Al, P.G. (1985).
Following a conceptual explanation of dual sectoring, an outline is given of a statistical system with complete dual sectoring in which the linkages are also defined and worked out. It is shown that the SNA 1968 is incomplete and obscure with respect to the links between the two sub-processes.
- NA/11 Backward and forward linkages with an application to the Dutch agro-industrial complex**, Harthoorn, R. (1985).
Some industries induce production in other industries. An elegant method is developed for calculating forward and backward linkages avoiding double counting. For 1981 these methods have been applied to determine the influence of Dutch agriculture in the Dutch economy in terms of value added and labour force.
- NA/12 Production chains**, Harthoorn, R. (1986).
This paper introduces the notion of production chains as a measure of the hierarchy of industries in the production process. Production chains are sequences of transformation of products by successive industries. It is possible to calculate forward transformations as well as backward ones.
- NA/13 The simultaneous compilation of current price and deflated input-output tables**, De Boer, S. and G.A.A.M. Broesterhuizen (1986).
A few years ago the method of compiling input-output tables underwent in the Netherlands an essential revision. The most significant improvement is that during the entire statistical process, from the processing and analysis of the basic data up to and including the phase of balancing the tables, data in current prices and deflated data are obtained simultaneously and in consistency with each other.
- NA/14 A proposal for the synoptic structure of the next SNA**, Al, P.G. and C.A. van Bochove (1986).
- NA/15 Features of the hidden economy in the Netherlands**, Van Eck, R. and B. Kazemier (1986).
This paper presents survey results on the size and structure of the hidden labour market in the Netherlands.
- NA/16 Uncovering hidden income distributions: the Dutch approach**, Van Bochove, C.A. (1987).
- NA/17 Main national accounting series 1900-1986**, Van Bochove, C.A. and T.A. Huitker (1987).
The main national accounting series for the Netherlands, 1900-1986, are provided, along with a brief explanation.
- NA/18 The Dutch economy, 1921-1939 and 1969-1985. A comparison based on revised macro-economic data for the interwar period**, Den Bakker, G.P., T.A. Huitker and C.A. van Bochove (1987).
A set of macro-economic time series for the Netherlands 1921-1939 is presented. The new series differ considerably from the data that had been published before. They are also more comprehensive, more detailed, and conceptually consistent with the modern National Accounts. The macro-economic developments that are shown by the new series are discussed. It turns out that the traditional economic-historical view of the Dutch economy has to be reversed.
- NA/19 Constant wealth national income: accounting for war damage with an application to the Netherlands, 1940-1945**, Van Bochove, C.A. and W. van Sorge (1987).

- NA/20 The micro-meso-macro linkage for business in an SNA-compatible system of economic statistics, Van Bochove, C.A. (1987).**
- NA/21 Micro-macro link for government, Bloem, A.M. (1987).**
This paper describes the way the link between the statistics on government finance and national accounts is provided for in the Dutch government finance statistics.
- NA/22 Some extensions of the static open Leontief model, Harthoorn, R.(1987).**
The results of input-output analysis are invariant for a transformation of the system of units. Such transformation can be used to derive the Leontief price model, for forecasting input-output tables and for the calculation of cumulative factor costs. Finally the series expansion of the Leontief inverse is used to describe how certain economic processes are spread out over time.
- NA/23 Compilation of household sector accounts in the Netherlands National Accounts, Van der Laan, P. (1987).**
This paper provides a concise description of the way in which household sector accounts are compiled within the Netherlands National Accounts. Special attention is paid to differences with the recommendations in the United Nations System of National Accounts (SNA).
- NA/24 On the adjustment of tables with Lagrange multipliers, Harthoorn, R. and J. van Dalen (1987).**
An efficient variant of the Lagrange method is given, which uses no more computer time and central memory than the widely used RAS method. Also some special cases are discussed: the adjustment of row sums and column sums, additional restraints, mutual connections between tables and three dimensional tables.
- NA/25 The methodology of the Dutch system of quarterly accounts, Janssen, R.J.A. and S.B. Algera (1988).**
In this paper a description is given of the Dutch system of quarterly national accounts. The backbone of the method is the compilation of a quarterly input-output table by integrating short-term economic statistics.
- NA/26 Imputations and re-routeings in the National Accounts, Gorter, Cor N. (1988).**
Starting out from a definition of 'actual' transactions an inventory of all imputations and re-routeings in the SNA is made. It is discussed which of those should be retained in the core of a flexible system of National Accounts. Conceptual and practical questions of presentation are brought up. Numerical examples are given.
- NA/27 Registration of trade in services and market valuation of imports and exports in the National Accounts, Bos, Frits (1988).**
The registration of external trade transactions in the main tables of the National Accounts should be based on invoice value; this is not only conceptually very attractive, but also suitable for data collection purposes.
- NA/28 The institutional sector classification, Van den Bos, C. (1988).**
A background paper on the conceptual side of the grouping of financing units. A limited number of criteria are formulated.
- NA/29 The concept of (transactor-)units in the National Accounts and in the basic system of economic statistics, Bloem, Adriaan M. (1989).**
Units in legal-administrative reality are often not suitable as statistical units in describing economic processes. Some transformation of legal-administrative units into economic statistical units is needed. This paper examines this transformation and furnishes definitions of economic statistical units. Proper definitions are especially important because of the forthcoming revision of the SNA.
- NA/30 Regional income concepts, Bloem, Adriaan M. and Bas De Vet (1989).**
In this paper, the conceptual and statistical problems involved in the regionalization of national accounting variables are discussed. Examples are the regionalization of Gross Domestic Product, Gross National Income, Disposable National Income and Total Income of the Population.

- NA/31 The use of tendency surveys in extrapolating National Accounts**, Ouddeken, Frank and Gerrit Zijlmans (1989).
This paper discusses the feasibility of the use of tendency survey data in the compilation of very timely Quarterly Accounts. Some preliminary estimates of relations between tendency survey data and regular Quarterly Accounts-indicators are also presented.
- NA/32 An economic core system and the socio-economic accounts module for the Netherlands**, Gorter, Cor N. and Paul van der Laan (1989).
A discussion of the core and various types of modules in an overall system of economy related statistics. Special attention is paid to the Dutch Socio-economic Accounts. Tables and figures for the Netherlands are added.
- NA/33 A systems view on concepts of income in the National Accounts**, Bos, Frits (1989).
In this paper, concepts of income are explicitly linked to the purposes of use and to actual circumstances. Main choices in defining income are presented in a general system. The National Accounts is a multi-purpose framework. It should therefore contain several concepts of income, e.g. differing with respect to the production boundary. Furthermore, concepts of national income do not necessarily constitute an aggregation of income at a micro-level.
- NA/34 How to treat borrowing and leasing in the next SNA**, Keuning, Steven J. (1990).
The use of services related to borrowing money, leasing capital goods, and renting land should not be considered as intermediate inputs into specific production processes. It is argued that the way of recording the use of financial services in the present SNA should remain largely intact.
- NA/35 A summary description of sources and methods used in compiling the final estimates of Dutch National Income 1986**, Gorter, Cor N. and others (1990).
Translation of the inventory report submitted to the GNP Management Committee of the European Communities.
- NA/36 The registration of processing in make and use tables and input-output tables**, Bloem, Adriaan M., Sake De Boer and Pieter Wind (1993).
The registration of processing is discussed primarily with regard to its effects on input-output-type tables and input-output quotes. Links between National Accounts and basic statistics, user demands and international guidelines are examined. Net recording is in general to be preferred. An exception has to be made when processing amounts to a complete production process, e.g. oil refineries in the Netherlands.
- NA/37 A proposal for a SAM which fits into the next System of National Accounts**, Keuning, Steven J. (1990).
This paper shows that all flow accounts which may become part of the next System of National Accounts can be embedded easily in a Social Accounting Matrix (SAM). In fact, for many purposes a SAM format may be preferred to the traditional T-accounts for the institutional sectors, since it allows for more flexibility in selecting relevant classifications and valuation principles.
- NA/38 Net versus gross National Income**, Bos, Frits (1990).
In practice, gross figures of Domestic Product, National Product and National Income are most often preferred to net figures. In this paper, this practice is challenged. Conceptual issues and the reliability of capital consumption estimates are discussed.
- NA/39 Concealed interest income of households in the Netherlands; 1977, 1979 and 1981**, Kazemier, Brugt (1990).
The major problem in estimating the size of hidden income is that total income, reported plus unreported, is unknown. However, this is not the case with total interest income of households in the Netherlands. This makes it possible to estimate at least the order of magnitude of this part of hidden income. In this paper it will be shown that in 1977, 1979 and 1981 almost 50% of total interest received by households was concealed.

- NA/40 Who came off worst: Structural change of Dutch value added and employment during the interwar period**, Den Bakker, Gert P. and Jan de Gijt (1990).
In this paper new data for the interwar period are presented. The distribution of value added over industries and a break-down of value added into components is given. Employment by industry is estimated as well. Moreover, structural changes during the interwar years and in the more recent past are juxtaposed.
- NA/41 The supply of hidden labour in the Netherlands: a model**, Kazemier, Brugt and Rob van Eck (1990).
This paper presents a model of the supply of hidden labour in the Netherlands. Model simulations show that the supply of hidden labour is not very sensitive to cyclical fluctuations. A tax exempt of 1500 guilders for second jobs and a higher probability of detection, however, may substantially decrease the magnitude of the hidden labour market.
- NA/42 Benefits from productivity growth and the distribution of income**, Keuning, Steven J. (1990).
This paper contains a discussion on the measurement of multifactor productivity and sketches a framework for analyzing the relation between productivity changes and changes in the average factor remuneration rate by industry. Subsequently, the effects on the average wage rate by labour category and the household primary income distribution are studied.
- NA/43 Valuation principles in supply and use tables and in the sectoral accounts**, Keuning, Steven J. (1991).
In many instances, the valuation of transactions in goods and services in the national accounts poses a problem. The main reason is that the price paid by the purchaser deviates from the price received by the producers. The paper discusses these problems and demonstrates that different valuations should be used in the supply and use tables and in the sectoral accounts.
- NA/44 The choice of index number formulae and weights in the National Accounts. A sensitivity analysis based on macro-economic data for the interwar period**, Bakker, Gert P. den (1991).
The sensitivity of growth estimates to variations in index number formulae and weighting procedures is discussed. The calculations concern the macro-economic variables for the interwar period in the Netherlands. It appears, that the use of different formulae and weights yields large differences in growth rates. Comparisons of Gross Domestic Product growth rates among countries are presently obscured by the use of different deflation methods. There exists an urgent need for standardization of deflation methods at the international level.
- NA/45 Volume measurement of government output in the Netherlands; some alternatives**, Kazemier, Brugt (1991).
This paper discusses three alternative methods for the measurement of the production volume of government. All methods yield almost similar results: the average annual increase in the last two decades of government labour productivity is about 0.7 percent per full-time worker equivalent. The implementation of either one of these methods would have led to circa 0.1 percentage points higher estimates of economic growth in the Netherlands.
- NA/46 An environmental module and the complete system of national accounts**, Boo, Abram J. De, Peter R. Bosch, Cor N. Gorter and Steven J. Keuning (1991).
A linkage between environmental data and the National Accounts is often limited to the production accounts. This paper argues that the consequences of economic actions on ecosystems and vice versa should be considered in terms of the complete System of National Accounts (SNA). One should begin with relating volume flows of environmental matter to the standard economic accounts. For this purpose, a so-called National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA) is proposed. This is illustrated with an example.

- NA/47 Deregulation and economic statistics: Europe 1992**, Bos, Frits (1992).
The consequences of deregulation for economic statistics are discussed with a view to Europe 1992. In particular, the effects of the introduction of the Intrastat-system for statistics on international trade are investigated. It is argued that if the Statistical Offices of the EC-countries do not respond adequately, Europe 1992 will lead to a deterioration of economic statistics: they will become less reliable, less cost effective and less balanced.
- NA/48 The history of national accounting**, Bos, Frits (1992).
At present, the national accounts in most countries are compiled on the basis of concepts and classifications recommended in the 1968-United Nations guidelines. In this paper, we trace the historical roots of these guidelines (e.g. the work by King, Petty, Kuznets, Keynes, Leontief, Frisch, Tinbergen and Stone), compare the subsequent guidelines and discuss also alternative accounting systems like extended accounts and SAMs.
- NA/49 Quality assessment of macroeconomic figures: The Dutch Quarterly Flash**, Reininga, Ted, Gerrit Zijlmans and Ron Janssen (1992).
Since 1989-IV, the Dutch Central Bureau of Statistics has made preliminary estimates of quarterly macroeconomic figures at about 8 weeks after the end of the reference quarter. Since 1991-II, a preliminary or "Flash" estimate of GDP has been published. The decision to do so was based on a study comparing the Flash estimates and the regular Quarterly Accounts figures, which have a 17-week delay. This paper reports on a similar study with figures through 1991-III.
- NA/50 Quality improvement of the Dutch Quarterly Flash: A Time Series Analysis of some Service Industries**, Reininga, Ted and Gerrit Zijlmans (1992).
The Dutch Quarterly Flash (QF) is, just like the regular Quarterly Accounts (QA), a fully integrated statistic based on a quarterly updated input-output table. Not all short term statistics used to update the QA's IO-table are timely enough to be of use for the QF, so other sources have to be found or forecasts have to be made. In large parts of the service industry the latter is the only possibility. This paper reports on the use of econometric techniques (viz. series decomposition and ARIMA modelling) to improve the quality of the forecasts in five parts of the service industry.
- NA/51 A Research and Development Module supplementing the National Accounts**, Bos, Frits, Hugo Hollanders and Steven Keuning (1992).
This paper presents a national accounts framework fully tailored to a description of the role of Research and Development (R&D) in the national economy. The framework facilitates to draw macro-economic conclusions from all kinds of data on R&D (also micro-data and qualitative information). Figures presented in this way can serve as a data base for modelling the role of R&D in the national economy.
- NA/52 The allocation of time in the Netherlands in the context of the SNA; a module**, Kazemier, Brugt and Jeanet Exel (1992).
This paper presents a module on informal production, supplementing the National Accounts. Its purpose is to incorporate informal production into the concepts of the SNA. The relation between formal and informal production is shown in the framework of a Social Accounting Matrix (SAM). To avoid a controversial valuation of informal production, the module consists of two SAMs. One expressed in actual prices with informal labour valued zero, and one which expresses the embedded informal labour input measured in terms of hours worked.
- NA/53 National Accounts and the environment: the case for a system's approach**, Keuning, Steven J. (1992).
The present set of main economic indicators should be extended with one or a few indicators on the state of the environment. This paper lists various reasons why a so-called Green Domestic Product is not suitable for this purpose. Instead, a system's approach should be followed. A National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA) is presented and the way to derive one or more separate indicators on the environment from this information system is outlined.

- NA/54 How to treat multi-regional units and the extra-territorial region in the Regional Accounts?**, De Vet, Bas (1992).
This paper discusses the regionalization of production and capital formation by multi-regional kind-of-activity units. It also examines the circumstances in which a unit may be said to have a local kind-of-activity unit in the extra-territorial region and what should be attributed to this "region".
- NA/55 A historical Social Accounting Matrix for the Netherlands (1938)**, Den Bakker, Gert P., Jan de Gijt and Steven J. Keuning (1992).
This paper presents a Social Accounting Matrix (SAM) for the Netherlands in 1938, including related, non-monetary tables on demographic characteristics, employment, etc. The distribution of income and expenditure among household subgroups in the 1938 SAM is compared with concomitant data for 1987.
- NA/56 Origin and development of the Dutch National Accounts**, Den Bakker, Gert P. (1992).
This paper describes the history of national accounting in the Netherlands. After two early estimates in the beginning of the nineteenth century, modern national accounting started in the 1930s on behalf of the Tinbergen model for the Dutch economy. The development spurred up after World War II to provide data to the government for economic planning purposes. In the 1980s, the development was towards a flexible and institutional approach.
- NA/57 Compiling Dutch Gross National Product (GNP); summary report on the final estimates after the revision in 1992**, Bos, Frits (1992).
This summary report describes the sources and methods used for compiling the final estimate of Dutch Gross National Product after the revision of the Dutch National Accounts in 1992. Attention is focused on the estimation procedures for 1988. A more extensive report is also available.
- NA/58 Major changes and results of the revision of the Dutch National Accounts in 1992**, Department of National Accounts (1992, forthcoming).
The revision in 1992 has improved the Dutch National Accounts in three ways. First, new and other data sources have been used, like Production statistics of service industries, the Budget Survey and Statistics on fixed capital formation. Secondly, the integration process has been improved by the use of detailed make- and use-tables instead of more aggregate input-output tables. Thirdly, several changes in bookkeeping conventions have been introduced, like a net instead of a gross registration of processing to order.
- NA/59 A National Accounting Matrix for the Netherlands**, Keuning, Steven and Jan de Gijt (1992).
Currently, the national accounts typically use two formats for presentation: matrices for the Input-Output tables and T-accounts for the transactions of institutional sectors. This paper demonstrates that presently available national accounts can easily be transformed into a National Accounting Matrix (NAM). This may improve both the transparency and analytic usefulness of the complete set of accounts.
- NA/60 Integrated indicators in a National Accounting Matrix including environmental accounts (NAMEA); an application to the Netherlands**, De Haan, Mark, Steven Keuning and Peter Bosch (1993).
In this paper, environmental indicators are integrated into a National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA) and are put on a par with the major aggregates in the national accounts, like National Income. The environmental indicators reflect the goals of the environmental policy of the Dutch government. Concrete figures are presented for 1989. The NAMEA is optimally suited as a data base for modelling the interaction between the national economy and the environment.

NA/61 Standard national accounting concepts, economic theory and data compilation issues; on constancy and change in the United Nations-Manuals on national accounting (1947, 1953, 1968 and 1993), Bos, Frits (1993). In this paper, the four successive guidelines of the United Nations on national accounting are discussed in view of economic theory (Keynesian analysis, welfare, Hicksian income, input-output analysis, etc.) and data compilation issues (e.g. the link with concepts in administrative data sources). The new guidelines of the EC should complement those of the UN and be simpler and more cost-efficient. It should define a balanced set of operational concepts and tables that is attainable for most EC countries within 5 years.

**Netherlands Central Bureau of Statistics
National Accounts Department
Occasional Papers**

Please send me the following paper(s):
..... (For each copy DFL. 10 will be
incurred as a contribution to the costs).

Name:
Address:
Country: Organization:.....

Return to: CBS, National Accounts Department
P.O. Box 959, 2270 AZ Voorburg
The Netherlands

Abstract

Il presente lavoro di tesi è il risultato di tre anni di studio realizzato in collaborazione con l'Osservatorio regionale energia della Regione Emilia-Romagna. Il progetto di ricerca è nato dalla necessità di indagare le motivazioni che hanno portato al picco dei consumi energetici, tre anni prima della crisi economica che ha colpito le economie globali e regionali. Lo studio, incentrato sull'analisi delle relazioni tra indicatori energetici ed economici, ha dapprima analizzato la principale letteratura sull'argomento. Tale analisi ha messo in luce come dai primi studi risalenti agli anni '70, le metodologie statistiche ed econometriche che tentavano di individuare una direzione di causalità tra consumi energetici e crescita economica siano diventate sempre più complesse, soprattutto per l'intento di tenere conto di tutti i determinanti alla base dei consumi. Tali studi però non hanno fornito risultati univoci. Sono stati quindi messi a punto gli strumenti utili per l'analisi di queste relazioni, a partire dai bilanci energetici e dalle matrici di contabilità ambientale (NAMEA) a scala regionale. I primi forniscono i principali indicatori energetici, le seconde gli indici economici integrati con diversi indicatori di sviluppo sostenibile. Dopo l'analisi delle intensità energetiche a diversa scala territoriale (europea, nazionale e regionale), ci si è concentrati sulla valutazione del disaccoppiamento tra indicatori di consumo ed indicatori economici. Infine si sono messe a punto metodologie semplificate di previsione dei consumi, focalizzandosi sul settore industriale della Regione Emilia-Romagna. I risultati delle modellistiche applicate provano come in Emilia-Romagna dopo due forti fasi recessive, il settore industriale rappresenti il motore dell'economia regionale. Le analisi per la previsione dei consumi a breve termine mostrano una ripresa dei consumi industriali ed in particolare dei consumi di gas naturale e dei consumi di elettricità. Le analisi di disaccoppiamento hanno evidenziato come il settore industriale Emiliano-Romagnolo abbia risposto in modo positivo alle politiche di efficienza energetica poste in essere dal settore manifatturiero, soprattutto dal 2007 in poi; in futuro per limitare i consumi energetici, disaccoppiandoli dall'aumento del valore aggiunto, dovrebbe essere riposta maggiore attenzione sul settore terziario.