

POLITECNICO DI MILANO

FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E TERRITORIALE

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



**UTILIZZO DELLA KAYA IDENTITY PER LA
DEFINIZIONE DI SCENARI DI EMISSIONI DI CO₂**

Relatore:
prof. ing. Stefano Caserini

Tesi di Laurea di:
Paolo PORRINI
Matr. 770768

Anno Accademico 2011/2012

Milano, 20 Dicembre 2012

Alla mia famiglia, che mi ha insegnato a credere in valori importanti, educandomi a coltivare il rispetto e l'amore per gli altri e per il mondo che abitiamo.

Un sentito e vivo ringraziamento al Prof. Ing. Stefano Caserini per la sua disponibilità nell'assistenza allo svolgimento della tesi.

INDICE

INDICE.....	I
SOMMARIO E CONCLUSIONI.....	III
1 INTRODUZIONE.....	1-1
2 I DRIVERS DELLE EMISSIONI DI CO₂ E LA KAYA IDENTITY	2-1
2.1 LE ORIGINI DELLA KAYA IDENTITY	2-1
2.2 UTILIZZI DELLA KAYA IDENTITY	2-2
2.3 FORMULAZIONE DELLA KAYA IDENTITY	2-4
3 DATI E FONTI DATI.....	3-11
3.1 DATI SU SCALA MONDIALE.....	3-11
3.2 DATI EUROPEI	3-21
3.3 DATI ITALIANI.....	3-28
3.4 DATI LOMBARDI.....	3-34
3.5 SIGNIFICATIVITÀ DEI DATI	3-39
4 ANALISI DRIVERS E APPLICAZIONE DELLA KAYA IDENTITY	4-41
4.1 SCALA MONDIALE.....	4-41
4.2 PAESI OECD E NON-OECD	4-62
4.3 EUROPA	4-69
4.4 ITALIA	4-95
4.5 LOMBARDIA.....	4-116
5 SCENARI 2030	5-135
5.1 SCENARIO MONDIALE	5-136

5.2	SCENARIO EUROPEO.....	5-167
5.3	SCENARIO ITALIANO	5-193
5.4	SCENARIO LOMBARDO	5-216
5.5	RIASSUNTO, SCENARIO 2030.....	5-240
6	SCENARI OBIETTIVO 2030	6-246
6.1	DEFINIZIONE DELLO SCENARIO OBIETTIVO.....	6-246
6.2	METODOLOGIA.....	6-249
6.3	SCENARIO OBIETTIVO: EMISSIONI DI CO ₂	6-251
6.4	DECRESCITA	6-257
6.5	SCENARIO OBIETTIVO: POPOLAZIONE.....	6-266
6.6	SCENARIO OBIETTIVO: PIL.....	6-269
6.7	SCENARIO OBIETTIVO: PIL PRO-CAPITE	6-275
6.8	SCENARIO OBIETTIVO: INTENSITÀ ENERGETICA DEL PIL.....	6-280
6.9	SCENARIO OBIETTIVO: CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA	6-286
6.10	SCENARIO OBIETTIVO: INTENSITÀ CARBONICA DELL'ENERGIA	6-292
6.11	SCENARIO OBIETTIVO: FATTORE DI CONVERSIONE ENERGETICA	6-294
6.12	SCENARIO OBIETTIVO: CONSUMO FINALE DI ENERGIA.....	6-298
6.13	SCENARIO OBIETTIVO: INTENSITÀ ENERGETICA FINALE DEL PIL.....	6-299
6.14	SCENARIO OBIETTIVO: CONSUMO DI COMBUSTIBILI FOSSILI PER ENERGIA PRIMARIA	6-301
6.15	SCENARIO OBIETTIVO: FATTORE DI EMISSIONE MEDIO DALL'USO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI	6-307
6.16	KAYA IDENTITY, SCENARIO OBIETTIVO.....	6-312
6.17	CONFRONTO TRA LO SCENARIO OBIETTIVO E TENDENZIALE.....	6-321
6.18	LIMITI DELLO SCENARIO OBIETTIVO.....	6-324
	BIBLIOGRAFIA	326

SOMMARIO E CONCLUSIONI

La Kaya Identity è un'equazione utilizzata per esprimere studiare la relazione fra l'andamento delle emissioni di CO₂ da combustibili fossili e i principali fattori (drivers) che la influenzano, come popolazione, PIL, consumi energetici e intensità energetica.

Più nel dettaglio, la Kaya Identity può essere espressa in funzione di 4 o 6 parametri secondo le formulazioni 1 e 2:

$$F = P \cdot g \cdot e \cdot f \quad (1)$$

$$F = P \cdot g \cdot e' \cdot k \cdot c \cdot s \quad (2)$$

dove:

- F sono le emissioni di CO₂ derivanti da combustibili fossili;
- P è la popolazione mondiale;
- g è il PIL pro-capite, rapporto tra il PIL e la popolazione;
- e è l'intensità energetica del PIL, rapporto tra il consumo di energia primaria e il PIL;
- f è l'intensità carbonica di energia, rapporto tra le emissioni di CO₂ e il consumo di energia primaria;
- e' è l'intensità energetica finale del PIL, rapporto tra il consumo finale di energia e il PIL;
- k è il fattore di conversione energetica, rapporto tra il consumo di energia primaria e il consumo finale di energia;
- c è il consumo di combustibili fossili per energia primaria, rapporto tra il consumo di combustibile fossile e il consumo di energia primaria;
- s è il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, rapporto tra le emissioni di CO₂ e il consumo di combustibile fossile.

La prima fase della tesi è consistita nella raccolta dei dati per la costruzione dei trend storici delle emissioni di CO₂, popolazione, PIL, consumo di energia primaria e finale e consumo di combustibili fossili, che hanno permesso di costruire le Kaya Identity su quattro diverse scale: Mondo, Europa, Italia e Lombardia. Per Mondo, Europa ed Italia il periodo storico considerato è stato 1971-2010, ad eccezione di alcuni parametri per i quali non è stato disponibile il dato dell'anno 2010, mentre per la Lombardia il trend analizzato va dal 1990 al 2010.

La raccolta dati è stata molto faticosa, ha comportato l'analisi di numerose fonti e la ricerca dei dati presso numerosi soggetti (ad esempio: Agenzia Internazionale per L'Energia, Agenzia Europea per l'Ambiente, BP, ISPRA, ARPA Lombardia, Cestec, ENEA); molti dei dati necessari per la Kaya Identity non sono normalmente disponibili nei database disponibili al pubblico e sono stati ricavati anche con contatti diretti con i soggetti detentori dei dati.

Nel periodo 1971-2010 a livello mondiale il maggiore contributo alla variazione nel trend delle emissioni deriva dalla popolazione e dal PIL pro-capite, seguiti dall'intensità

energetica del PIL. Il contributo dell'intensità carbonica di energia è invece minimo. I primi due contribuiscono all'aumento delle emissioni, il terzo e il quarto alla loro riduzione.

Su scala europea, ed analogamente per Italia e Lombardia, il contributo positivo della popolazione sulle variazioni di emissioni di CO₂ è minimo. Sono invece importanti il contributo positivo del PIL pro-capite e quello negativo dell'intensità energetica del PIL seguito da quello dell'intensità carbonica di energia, che registra variazioni molto più importanti di quelle avutosi su scala mondiale. A titolo esemplificativo in Figura 1 si riportano i trend della Kaya Identity a 4 parametri e i contributi delle variazioni di ciascun parametro sull'aumento di emissioni.

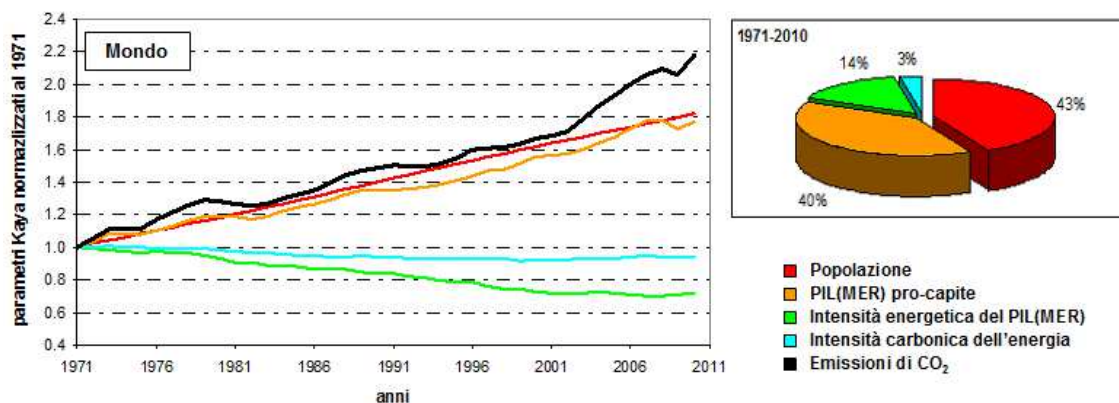


Fig. 1 – Mondo: Kaya Identity a 4 parametri (dati normalizzati al 1971) e (a destra) contributo delle variazioni di ciascun parametro all'aumento di emissioni di CO₂ nel periodo 1971-2010). Il PIL è espresso in funzione dei tassi di cambio (market exchange rates -MER)

Sulla base dei trend delineati è possibile fare le seguenti considerazioni:

- su scala mondiale l'intensità carbonica di energia e l'intensità energetica del PIL assumono un comportamento molto preoccupante nell'ultimo decennio, che si distingue dal resto del trend storico. Si nota infatti un evidente difficoltà nell'aumentare l'uso di fonti energetiche non fossili in maniera tale da influenzare gli andamenti energetici globali. A causa del forte sviluppo dei consumi energetici nei paesi in via di sviluppo, basati quasi esclusivamente sulle fonti fossili, si osserva negli ultimi 10 anni un incremento nel consumo di combustibili fossili, lievemente superiore all'incremento di consumo di energia primaria. Inoltre, i paesi non-OECD, preferiscono l'uso di combustibili meno costosi, come il carbone, ma con un maggior contenuto di carbonio, provocando un peggioramento su scala mondiale anche del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili. Esprimendo il PIL in funzione dei tassi di cambio (market exchange rates (MER)) si è osservato come storicamente l'intensità energetica del PIL sia stata in continua riduzione, mentre nell'ultimo decennio è rimasta praticamente invariata evidenziando una difficoltà crescente nello svincolare i consumi energetici dalla produzione di PIL.
- su scala europea è emerso che il miglioramento di intensità energetica del PIL avutosi in questo ultimo decennio è maggiore rispetto a quello mondiale, ma presenta anch'esso un rallentamento rispetto a quanto registrato nei decenni

precedenti. Questo rallentamento, verificatosi non solo in Europa ma in generale nei paesi OECD, non è paragonabile a quello mondiale, ma è, comunque, sintomo di una capacità sempre minore del sistema energetico ed economico di migliorare l'efficienza con la quale avviene la produzione di ricchezza (espressa in PIL) a partire dal consumo di energia. Inoltre, si è evidenziato che il rallentamento nel trend di crescita dei consumi energetici di quest'ultimo decennio, da cui dipendono i miglioramenti di intensità energetica del PIL, è in parte fittizio. Esso è infatti derivante da una delocalizzazione verso i paesi non-OECD dell'attività manifatturiera, che più delle altre necessita di energia. Considerando i consumi energetici incorporati nei beni importati (tramite un'analisi dei trasferimenti netti di merci), si è verificato un importante aumento dei consumi energetici, piuttosto che un loro rallentamento come indicato dai consumi territoriali (Figura 2). Questo fenomeno è dettato dalla spinta dell'economia capitalista ad aumentare la domanda di beni e servizi, senza la quale la struttura economica non reggerebbe. Se si considerassero nel bilancio dei consumi di energia primaria i consumi energetici derivanti dal settore manifatturiero delocalizzato nei paesi emergenti, l'intensità energetica del PIL europeo presenterebbe un decremento ancora minore.

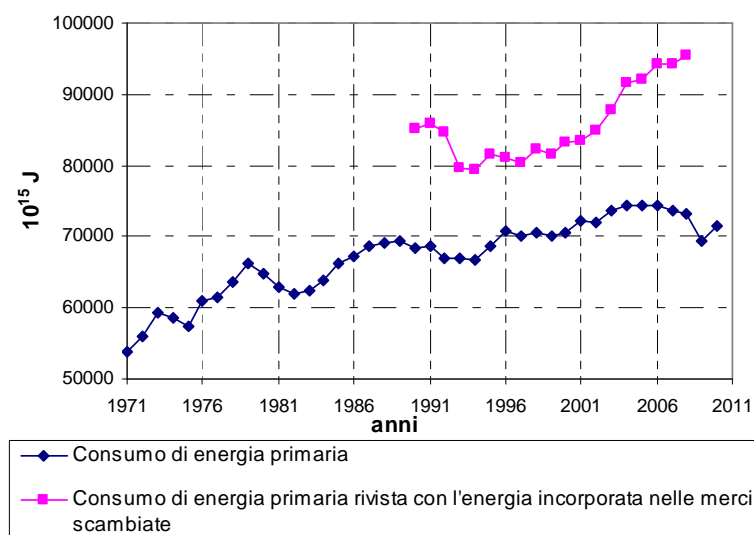


Fig. 2 – Europa: confronto tra il trend di consumo di energia primaria IEA-highlights (1971-2010) e il trend di consumo di energia primaria rivisto in funzione dei trasferimenti netti dell'energia incorporata nelle merci scambiate dai paesi non-Annex I all'Europa (1990-2008).

L'analisi dei parametri della Kaya Identity durante la crisi economica del 2009 ha evidenziato che i miglioramenti di efficienza energetica e di intensità carbonica di energia, in particolare tramite lo sviluppo di energia rinnovabile, siano possibili ed in parte incentivati in situazione di riduzione del PIL. Il settore del rinnovabili, infatti, trova spinte di sviluppo dettate non solo dall'andamento del mercato, ma da un'esigenza sempre più condivisa di riduzione delle emissioni climalteranti (Laszlo, 2012).

In funzione dei trend storici sono stati costruiti gli scenari futuri fino all'anno 2030, proponendo tre scenari: il più probabile (scenario TENDENZIALE) e altri due scenari che poco si discostano dallo scenario tendenziale, ottenuti variando di poco i parametri e le

assunzioni dello scenario più probabile in modo da determinare uno scenario limite con emissioni di CO₂ più alte (scenario PEGGIORE) e uno con emissioni più basse (scenario MIGLIORE).

Per quanto riguarda lo scenario TENDENZIALE, su scala mondiale nel periodo 2009-2030 si ipotizza un aumento considerevole delle emissioni di CO₂, pari al 62%. A causa dell'influenza sempre più importante dei paesi non-OECD sui consumi energetici mondiali, sia in termini di quantità che di tipologia di fonte energetica usata. Per l'intensità energetica del PIL si suppone un importante rallentamento nel trend di riduzione e per l'intensità carbonica di energia un trend circa stabile, mentre per popolazione e PIL pro-capite una continua crescita (Tabella 1).

Per Europa, Italia e Lombardia nello scenario più probabile, per il periodo 2009-2030, si ipotizza che le emissioni registreranno un riduzione rispettivamente del 30%, 17% e 8%. Queste differenze sono dovute principalmente al fatto che per l'Europa si sono ipotizzati buoni miglioramenti dell'intensità energetica del PIL, dato che storicamente il trend non presenta rallentamenti notevoli, mentre per l'Italia, in linea con la difficoltà storica di migliorarne i valori, si ipotizza che questo parametro si mantenga costante. Per la Lombardia, invece, sarà principalmente il trend della popolazione, in crescita fino al 2030, a limitare la riduzione di emissioni. Diversamente da quanto si ipotizza su scala mondiale, sia in Europa che in Italia e Lombardia si prevedono significativi miglioramenti nel trend di intensità carbonica dell'energia e, ad eccezione della Lombardia, la crescita della popolazione è minima, in linea con quanto si registra storicamente.

In Tabella 1 è mostrato un quadro riassuntivo del tasso annuo medio di variazione per ciascun parametro della Kaya Identity per il periodo 2009-2030.

Tab. 1 – Tassi annui medi di variazione di variazione dei parametri della Kaya Identity dello scenario TENDENZIALE.

2009-2030	Popolazione	PIL pro-capite	Intensità energetica del PIL	Intensità carbonica di energia	Intensità energetica finale del PIL	Fattore di conversione energetica	Consumo di combustibili fossili per energia primaria	Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili
Mondo	0.71%	1.10%	-0.02%	-0.01%	-0.19%	0.18%	-0.02%	0.00%
Europa	0.10%	0.57%	-0.73%	-0.75%	-0.70%	-0.08%	-0.56%	-0.13%
Italia	0.18%	-0.13%	0.04%	-0.62%	0.07%	-0.03%	-0.50%	-0.16%
Lombardia	0.37%	0.03%	-0.01%	-0.58%	0.03%	-0.04%	-0.48%	-0.10%

Gli scenari PEGGIORI e MIGLIORI derivano da assunzioni meno probabili di quelle ipotizzate per lo scenario TENDENZIALE ed evidenziano che i parametri così stimati possono portare a scenari emissivi molto differenti. Nel periodo 2009-2030 gli scenari PEGGIORI prevedono un aumento delle emissioni del 120%, 4.5%, 50%, 25% rispettivamente per Mondo, Europa, Italia, Lombardia. Per l'Europa la percentuale è molto più bassa perché i trend storici presentano meno criticità rispetto a quanto avviene in Italia, in particolare per quanto riguarda l'intensità energetica del PIL.

Gli scenari MIGLIORI presentano invece per il periodo 2009-2030 una riduzione di emissioni con variazioni percentuali del -6%, -45%, -44%, -40%, rispettivamente per Mondo, Europa, Italia, Lombardia.

Gli scenari MIGLIORI ipotizzano l'eventualità in cui ci siano tassi di crescita minori, rispetto al trend più probabile, per tutti i parametri, mettendo in evidenza come importanti riduzioni delle emissioni sarebbero possibili intervenendo contemporaneamente su tutti i parametri della Kaya Identity e che in quest'ottica, sarebbe

possibile raggiungere un livello di emissioni tali da limitare il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali.

Si è quindi affrontata la costruzione dello scenario OBIETTIVO, che prevede una traiettoria delle emissioni globali in grado di limitare il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali.

Preso atto che negli scenari obiettivo più tradizionali, ad esempio quello proposto nel World Energy Outlook della IEA, le maggiori incertezze derivano sia dalla capacità che i paesi non-OECD avranno nel seguire una politica climatica in tempi brevi, che dallo sviluppo di nuove tecnologie dal potenziale incerto, quali le tecnologie per l'efficienza energetica e sistemi di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS), lo scenario OBIETTIVO proposto considera maggiori oneri di riduzione per i paesi OECD, a causa della loro responsabilità storica sui livelli attuali di CO₂ in atmosfera, e in quanto artefici del modello economico attuale; sono stati invece ipotizzati impegni minori per i paesi non-OECD, che saranno i futuri maggiori consumatori energetici.

Il parametro della Kaya Identity su cui è stato posta particolare attenzione e per il quale è stato previsto un andamento molto diverso da quello dello scenario tendenziale, è il PIL pro-capite, per il quale si è ipotizzato uno scenario congruente con la teoria della "decrescita".

La crisi economica mondiale, che interessa in primis i paesi di più antica industrializzazione, si ripercuote anche sui paesi emergenti che risentono delle difficoltà dello sviluppo economico. Tutto questo è probabile che porterà ad una ulteriore disattenzione verso i temi ambientali.

Per questo, nel pieno della crisi mondiale dell'economia, trovano spazio temi come la messa in discussione del "prodotto interno lordo" (PIL) come parametro per misurare il benessere e la felicità di persone e popoli. Si vanno a ricercare nuovi parametri per una riduzione ragionata e responsabile, nuovi modelli di vita meno dispendiosi, la rinuncia a forme di competizione troppo esasperata. Si cerca di costruire le fondamenta per poter sperare in un villaggio globale fatto di popoli che non si fanno la guerra, ma che ricercano il benessere diffuso.

È in quest'ottica che gli obiettivi di riduzione delle emissioni sarebbero raggiungibili attraverso un percorso di rivalutazione delle priorità sulle quali verte il modello economico e politico attuale. Si ipotizza l'eventualità in cui i paesi OECD oltre ad investire in miglioramenti di efficienza e nello sviluppo delle rinnovabili intraprenderanno la via della "decrescita", rivedendo il loro sistema di sviluppo e i fondamenti economici su cui si basa.

Per stimare i valori obiettivo dei parametri, si è proceduto fissando prima i valori obiettivo di emissioni in grado di mantenere le concentrazioni di CO₂ in atmosfera al di sotto dei 450 ppm e quindi limitare con buona probabilità il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali. Si è poi fissato un obiettivo di riduzione del PIL e in modo iterativo sono stati calcolati i trend degli altri parametri in funzione sia del raggiungimento degli obiettivi di emissione, considerando variazioni dei parametri all'interno del range storico di variazione o proposti in letteratura. Per i paesi OECD si ipotizzano tassi medi di variazione dell'intensità energetica del PIL vicini a quelli proposti dallo scenario New Policies della IEA, mentre per i paesi non-OECD più vicini a quelli dello scenario "Current Policies" della IEA. Per il trend mondiale di consumo di combustibili fossili per energia primaria si sono assunti valori vicini allo scenario "New Policies" della IEA, rimanendo quindi molto al di sotto dello scenario 450 IEA. Si è dato

poco peso alla capacità di decarbonizzare il settore energetico tramite la tecnologia CCS, essendo una tecnologia ancora giovane e dal potenziale incerto.

L'attuazione della "decrescita" nei paesi OECD si è tradotta in termini di PIL con un raggiungimento dopo il 2020 di un tasso annuo medio negativo pari a -0.5%. Questo valore da solo ha poco significato se non viene inserito in un preciso contesto sociale, politico ed economico. L'obiettivo di ridurre il PIL non è derivante da una situazione di crisi, ma da una gestione delle attività produttivi con lo scopo di ridurre la produzione. In questo scenario si disincentiverebbero le attività che, pur apportando un aumento di PIL, non contribuirebbero alla crescita effettiva del benessere, come attività inquinanti, militari, che causano impatti negativi sull'ambiente naturale o sul tessuto sociale, ecc. Si incentiverebbero, invece, le attività gratuite, i centri di aggregazione sociale, l'autoproduzione, che non producono PIL ma contribuiscono positivamente al benessere della nazione. Ci si muoverebbe poi verso una migliore distribuzione del PIL, sia su scala nazionale, ma anche e soprattutto su quella mondiale attraverso un modello di cooperazione tra i paesi, in particolare tra quelli OECD e non-OECD, che diventerebbero il nuovo centro di produzione del PIL.

Lo scenario OBIETTIVO si fonda su idee che stanno acquisendo sempre più forza man mano che il modello attuale mostra le sue lacune e i suoi limiti. L'esigenza di proporre una via alternativa a quella presentata da pubblicazioni che seguono i principi più condivisi da governi e lobby, quali la crescita del PIL, nasce da alcuni preoccupanti fenomeni che si stanno verificando e che sono stati in parte analizzati nella presente tesi (rallentamento nei miglioramenti di intensità energetica del PIL, i reali consumi dei paesi OECD non sembrano rallentare, ecc.), e in parte derivano da considerazioni di carattere più generale in ambito economico, sociale, ed ecologico:

- il PIL misura la produzione, e non i risultati; considera positiva ogni produzione e ogni spesa, incluse le produzioni nocive e le spese necessarie a neutralizzare gli effetti negativi delle prime;
- nei Paesi economicamente più avanzati, negli ultimi decenni non sta più aumentando il benessere umano a fronte del forte aumento del PIL;
- il sistema economico così com'è strutturato non troverebbe altro limite se non nell'esaurimento delle risorse del pianeta.

Nel periodo 2009-2030 le variazioni percentuali di riduzione delle emissioni fissate per la costruzione degli scenari OBIETTIVO, tali da limitare il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali, sono -15%, -60%, -57%, -54%, rispettivamente per Mondo, Europa, Italia, Lombardia. In tabella 2 sono proposti i tassi annui medi di variazione assunti per ciascun parametro per raggiungere tali obiettivi, mentre in Figura 3 i contributi delle variazioni di ciascun parametro sull'aumento di emissioni. Si precisa che nel grafico a torta non è evidenziato se il contributo sia positivo o negativo, come invece indicato nella Tabella 2.

Tab. 2 – Scenario OBIETTIVO: Tassi annui medi di variazione dei parametri della Kaya Identity.

2009-2030	Popolazione	PIL pro-capite	Intensità energetica del PIL	Intensità carbonica di energia	Intensità energetica finale del PIL	Fattore di conversione energetica	Consumo di combustibili fossili per energia primaria	Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili
Mondo	0.92%	0.56%	-0.63%	-1.25%	-0.72%	0.11%	-1.17%	-0.10%
Europa	0.19%	-0.39%	-1.33%	-2.09%	-1.07%	-0.35%	-1.86%	-0.39%
Italia	0.27%	-0.71%	-0.72%	-2.07%	-0.51%	-0.23%	-1.76%	-0.48%
Lombardia	0.55%	-0.93%	-0.73%	-1.86%	-0.46%	-0.29%	-1.77%	-0.15%

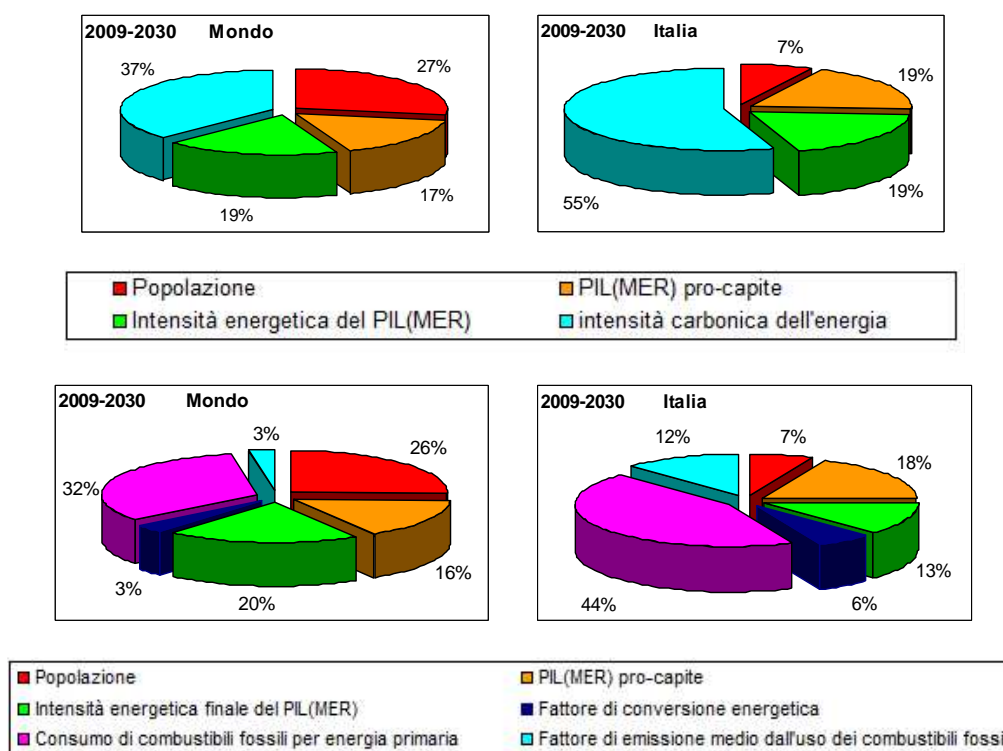


Fig. 3 – A sinistra Mondo. A destra Italia. Contributo di ciascun parametro rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂ del periodo 2009-2030. Sopra la Kaya Identity a 4 parametri sotto a sei. Il PIL è espresso in termini di MER.

A scopo riassuntivo in figura 3 sono riportati oltre ai grafici mondiali, quelli italiani, che rispecchiano in linea di massima quanto proposto per Europa e Lombardia.

In figura 3, sia su scala mondiale che italiana, si nota come l'onere maggiore delle riduzioni di CO₂ è da attribuirsi all'intensità carbonica dell'energia ed in particolare al consumo di combustibili fossili per energia primaria seguita dall'intensità energetica del PIL. Per quanto riguarda il PIL pro-capite c'è invece da far notare un'importante differenza: su scala mondiale il Pil pro-capite è in aumento e quindi contribuisce positivamente al trend di emissioni, mentre per l'Italia, così come per Europa e Lombardia, si ipotizza una riduzione del PIL pro-capite, che presenta un contributo negativo pari a quello dell'intensità energetica del PIL.

Per meglio mettere in luce le variazioni tra quanto proposto nello scenario TENDENZIALE e in quello OBIETTIVO si riportano di seguito in Figura 4 un confronto

a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun parametro nei due rispettivi scenari (tab. 1 e 2) per Mondo e Italia.

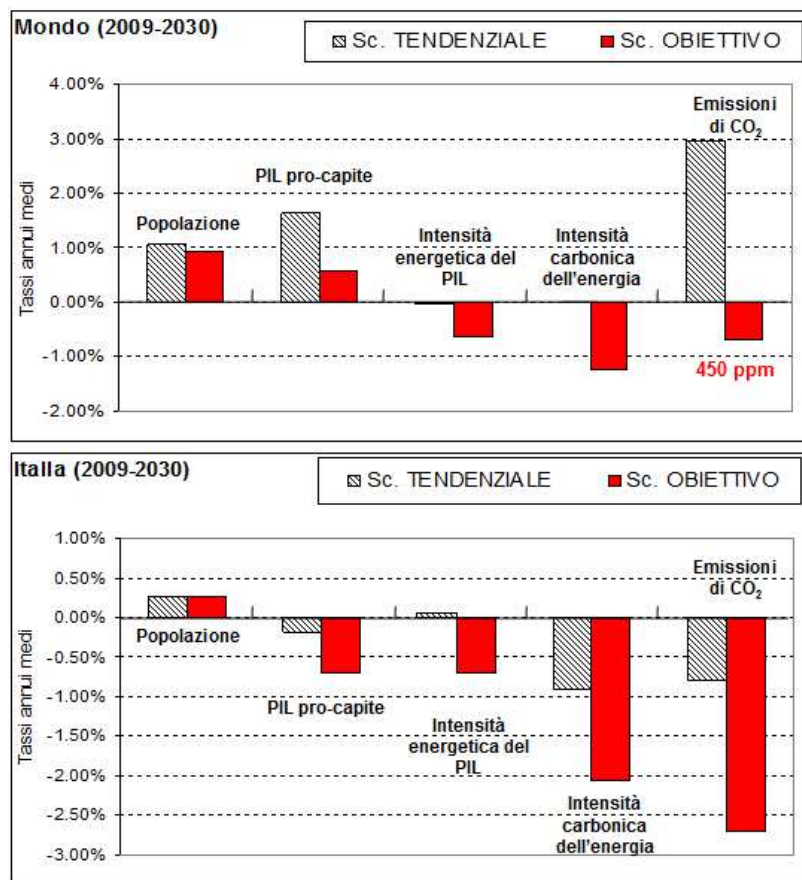


Fig. 4 – Sopra Mondo. Sotto Italia. Confronto a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun termine della Kaya Identity a 4 parametri nei due rispettivi scenari (TENDENZIALE ed OBIETTIVO). Il PIL è espresso come PIL(MER).

Nella fig. 4 si evidenzia come su scala mondiale nello scenario OBIETTIVO l'aumento della popolazione si riduce leggermente, mentre per il PIL pro-capite si assume un aumento fortemente inferiore rispetto a quanto ipotizzato nello scenario TENDENZIALE. Se nello scenario TENDENZIALE le variazioni di intensità energetica del PIL e di intensità carbonica dell'energia sono minime, in quello OBIETTIVO sono molto importanti. A livello Italiano, così come per Europa e Lombardia, nello scenario OBIETTIVO la variazione della popolazione rimane invariata tra i due scenari, mentre il tasso annuo medio del PIL pro-capite diventa fortemente negativo, analogamente a quanto accade per l'intensità energetica del PIL. Il parametro sul quale si registra la riduzione maggiore resta, come su scala mondiale, quello dell'intensità carbonica dell'energia.

Il Pil pro-capite si considera quindi a tutti gli effetti un parametro sul quale agire per ridurre le emissioni, alla stessa stregua dei parametri di intensità energetica del PIL e intensità carbonica dell'energia.

In fig. 5 sono riassunti graficamente i risultati della Kaya Identity OBIETTIVO a 4 parametri per i dati mondiali, europei, italiani e lombardi, evidenziando anche il trend TENDENZIALE di emissioni.

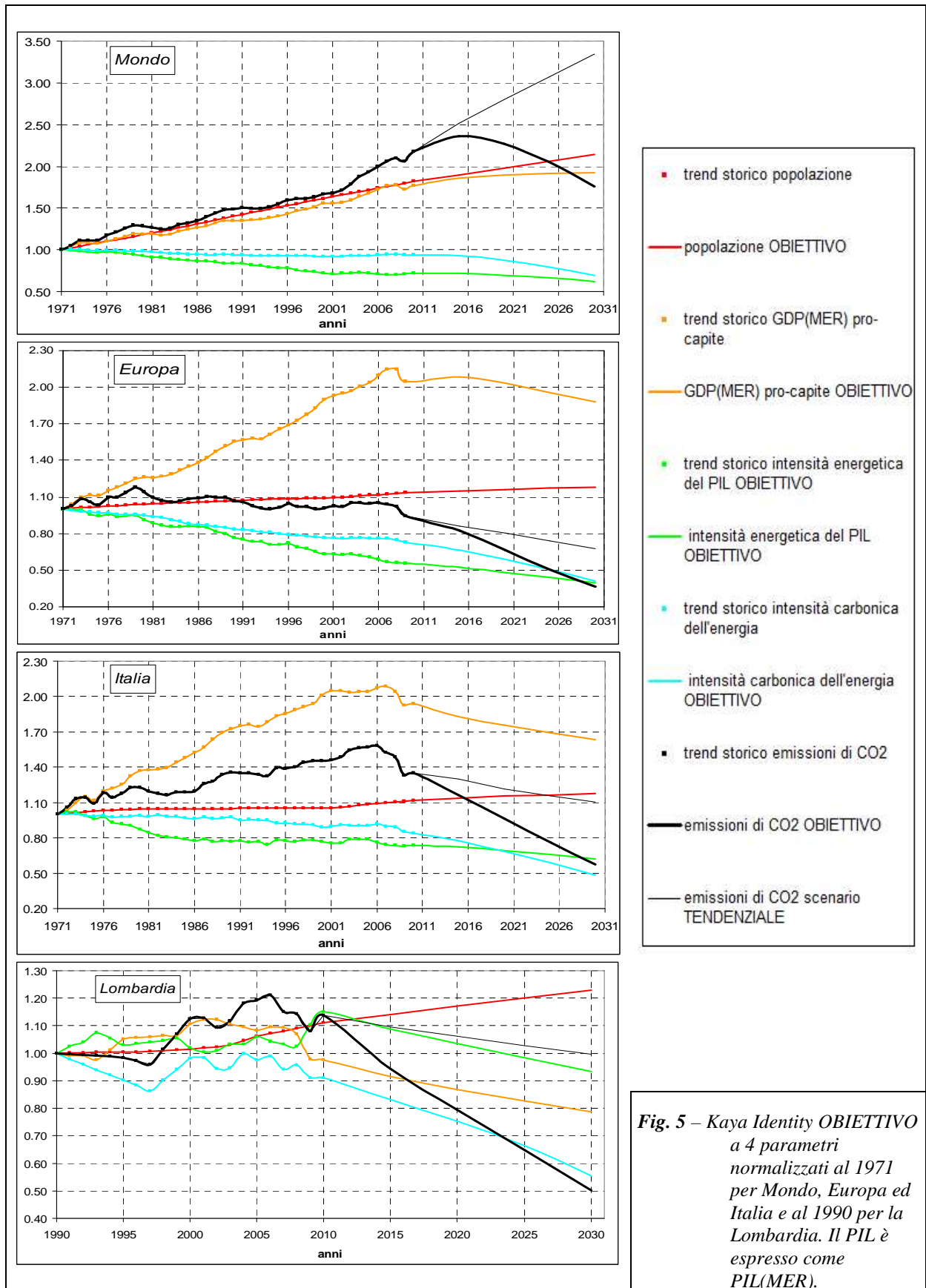


Fig. 5 – Kaya Identity OBIETTIVO a 4 parametri normalizzati al 1971 per Mondo, Europa ed Italia e al 1990 per la Lombardia. Il PIL è espresso come PIL(MER).

La presente tesi può considerarsi uno studio preliminare per ulteriori approfondimenti. In futuro potrebbe risultare sempre più difficile svincolare una crescita del PIL dai consumi energetici, soprattutto nel caso in cui rallentasse lo sfruttamento di territori e risorse che diventano sempre più scarsi (terreni dedicati all'agricoltura o allevamento intensivo, disboscamento, estrazione combustibili fossili, estrazione mineraria, ecc), ma si intuisce la difficoltà nel valutare quale sarà l'effettiva dipendenza del PIL dai consumi energetici e la necessità di valutare le reali potenzialità di questo parametro. Una linea che sarebbe utile seguire, soprattutto su scala nazionale, per una miglior comprensione dell'intensità energetica del PIL sarebbe quella di non considerare i soli consumi territoriali ma anche l'energia incorporata nelle merci importate.

Il prodotto interno lordo come indicatore si è rivelato molto utile nel misurare la crescita quantitativa, mentre ha progressivamente perso di efficacia nelle economie postindustriali dove è cresciuto il peso dei servizi immateriali e delle attività di carattere sociale, dove la qualità del prodotto e la produzione di nuovi prodotti hanno assunto maggiore importanza e dove le tematiche relative all'ambiente sono diventate sempre più centrali nelle scelte di vita di un gran numero di persone. Come indicatore il PIL non è adatto per descrivere lo sviluppo di un modello di "decrescita", basato sul miglioramento della qualità della vita e non sulla quantità di beni e servizi prodotti. Sarà, quindi, necessario integrare studi di questo tipo con indicatori in grado di valutare un nuovo modello di sviluppo ecologico e cooperativo, indicatori in grado di misurare realmente la ricchezza e il benessere prodotto e le risorse consumate.

1 INTRODUZIONE

Il tema dei cambiamenti climatici è ormai sotto l'attenzione di tutti. I cambiamenti climatici sono imputabili a cause naturali, ma per quelli degli ultimi 150 anni la comunità scientifica ritiene siano dovuti principalmente all'azione dell'uomo che ha alterato l'effetto serra, in particolare per le aumentate emissioni di biossido di carbonio, che è la forzante antropogenica dominante e che permane in atmosfera rispetto agli altri gas serra per tempi più lunghi (un quinto dell'emissione nell'atmosfera è ancora presente dopo 1000 anni).

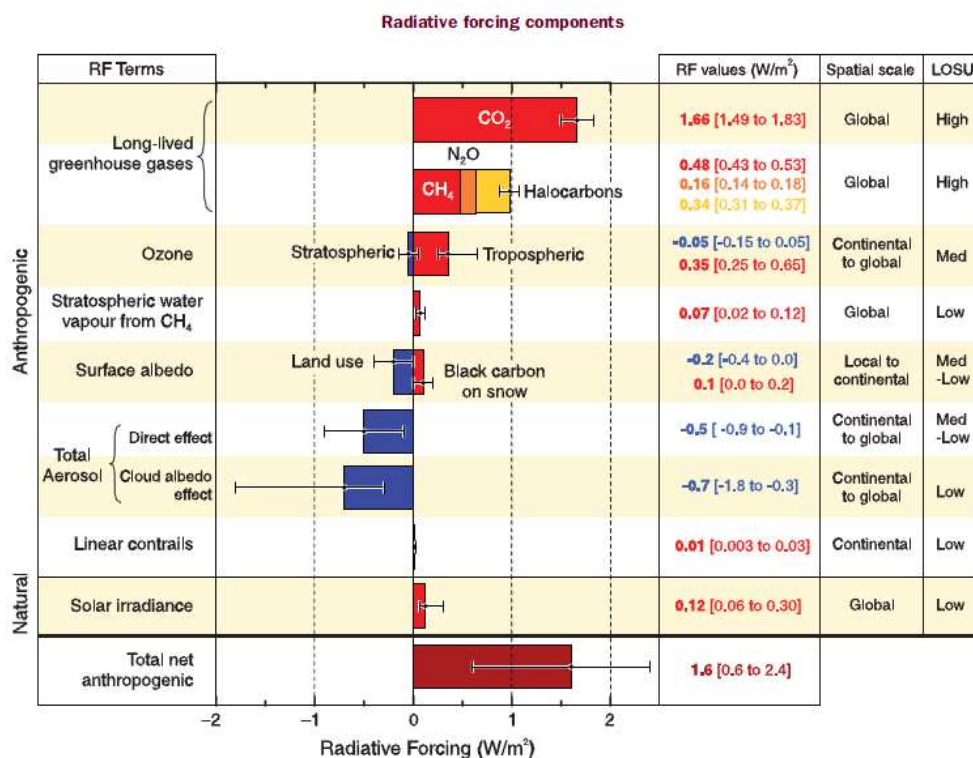


Fig. 1.1 – Stime e intervalli del flusso radiativo (RF) medio globale nel 2005. Fonte: IPCC, AR4-WGI(2007)

La concentrazione di CO₂ contribuisce attualmente al 63% circa della forzante radiativa gassosa responsabile del cambiamento climatico antropogenico.

La concentrazione atmosferica media globale di CO₂ è aumentata da 280 ppm nel XVIII sec. a 393 ppm nel 2012, con un tasso progressivamente più veloce ad ogni decade. Questa crescita è governata dal bilancio globale della concentrazione di CO₂ in atmosfera ed include due principali flussi forzanti antropogenici: le emissioni di CO₂ da combustibili fossili e processi industriali e il flusso di CO₂ derivante dal land-use change. Uno studio delle tendenze di CO₂ in atmosfera mostra che questi due flussi sono rispettivamente 7,9 GtC/anno e 1,5 GtC/anno nel 2005: il primo presenta negli ultimi anni una rapida crescita, mentre il secondo rimane abbastanza stabile.

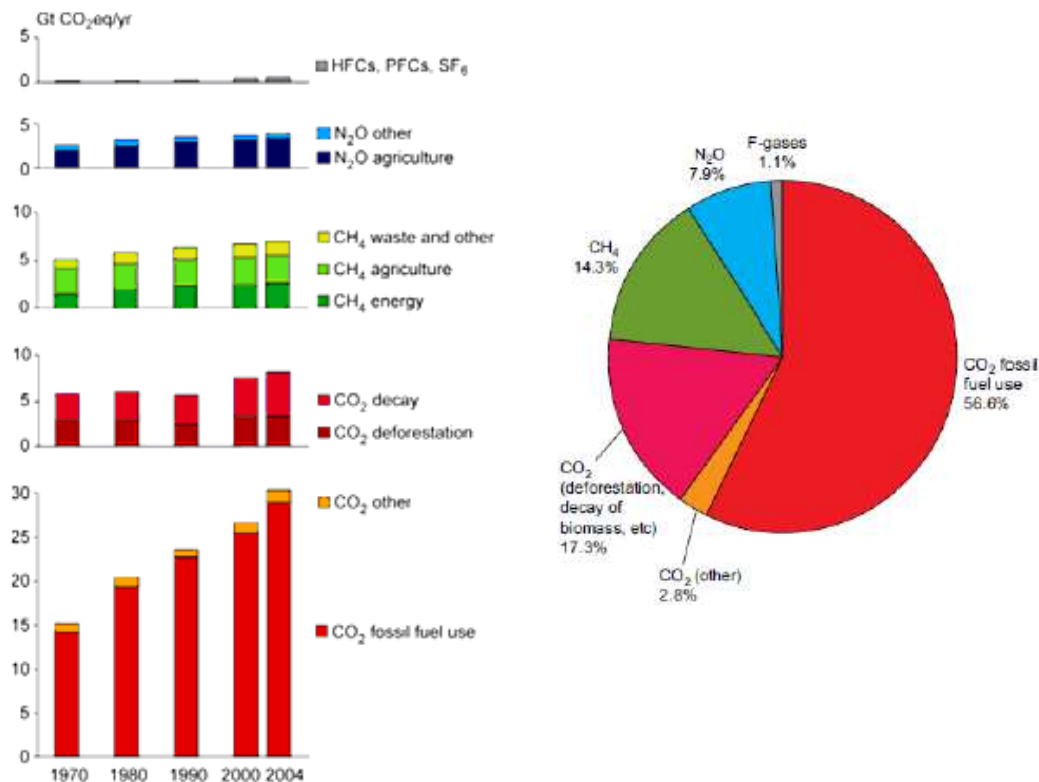


Fig. 1.2 – Emissioni globali antropogeniche di gas serra nel 2004 (esprese in termini di CO₂ eq).
Fonte: IPCC, AR4-WG3(2007)

La presente tesi focalizza l'attenzione sulle emissioni di CO₂, derivanti da combustibile fossile, forzante antropogenica dominante.

Secondo gli scenari che costituiscono il cuore del quarto rapporto dell'IPCC, se le emissioni di gas-serra continueranno ad aumentare secondo le attuali previsioni, nel 2100 la temperatura media globale terrestre potrebbe subire un aumento tra 1.1 e 6.4°C, mentre l'innalzamento del livello del mare oscillerebbe tra i 18 e gli 59 centimetri, (stima che non include le rappresentazioni dinamiche degli strati di ghiaccio), ma sulla base di una serie di nuovi studi, il documento di sintesi del 2009, Copenhagen Climate Congress (Richardson et al. 2009) ha concluso che le stime aggiornate del futuro aumento globale medio del livello del mare sono circa il doppio delle proiezioni IPCC a partire dal 2007. Ci sono inoltre elevate probabilità che si verifichi un aumento delle ondate di caldo e che la maggior parte delle regioni sperimenterà un aumento di intensità e di frequenza di forti precipitazioni. Futuri cambiamenti climatici di media probabilità sono l'aumento della siccità e dell'intensità dei cicloni tropicali. Questi trend sono già in parte osservabili nei dati relativi al ventesimo secolo. L'IPCC cita inoltre il rischio di innesco di reazioni climatiche "non lineari", cioè improvvisi, con effetti severi

o anche catastrofici su scala regionale o globale: ad esempio la parziale o completa interruzione delle correnti profonde dell'Atlantico del Nord e dell'Antartide, cambiamenti della frequenza interannuale dei monsoni, cambiamenti di frequenza e intensità di fenomeni come El Niño nel Pacifico e la North Atlantic Oscillation nell'Atlantico, la disintegrazione della calotta occidentale Antartica e della calotta glaciale della Groenlandia.

I cambiamenti climatici risultano quindi una sfida globale urgente, non solo per la preoccupante entità del fenomeno in atto e per la gravità dei suoi impatti attesi, ma anche perché il cambiamento climatico coinvolge trasversalmente altri grossi temi di interesse globale, come l'acqua, la biodiversità, l'energia.

Allo scopo di affrontare questa urgente sfida è stato concordato dalla comunità internazionale a Cancun di mantenere l'aumento della temperatura entro i 2°C rispetto ai livelli preindustriali ed è quindi necessario implementare in modo massiccio e tempestivo politiche di mitigazione globali, riducendo le emissioni di gas serra ai livelli ritenuti necessari dalla comunità scientifica per raggiungere quel target.

La scelta dei 2°C non è una scelta scientifica, ma politica. Non è proposta dall'IPCC; l'IPCC solo spiega quali sono le probabilità di diversi tipi di impatti a diversi livelli di aumento di temperature. Le informazioni dell'IPCC sono "policy relevant" ma non "policy prescriptive". Visto il riscaldamento già verificatosi di 0,8 °C rispetto ai livelli preindustriali e ponendosi come obiettivo il non superamento dei 2°C, secondo questa definizione rimane circa 1,2 °C di riscaldamento "accettabile". Una parte di questo riscaldamento (0,4-0,5 °C) è già deciso per via dell'inerzia del sistema climatico.

Tenendo conto che il riscaldamento dal periodo preindustriale al 1990 è stato di circa 0.5-0.6 °C, nel diagramma della "brace ardente" il livello di 2°C è posto a circa 1.4-1.5°C.

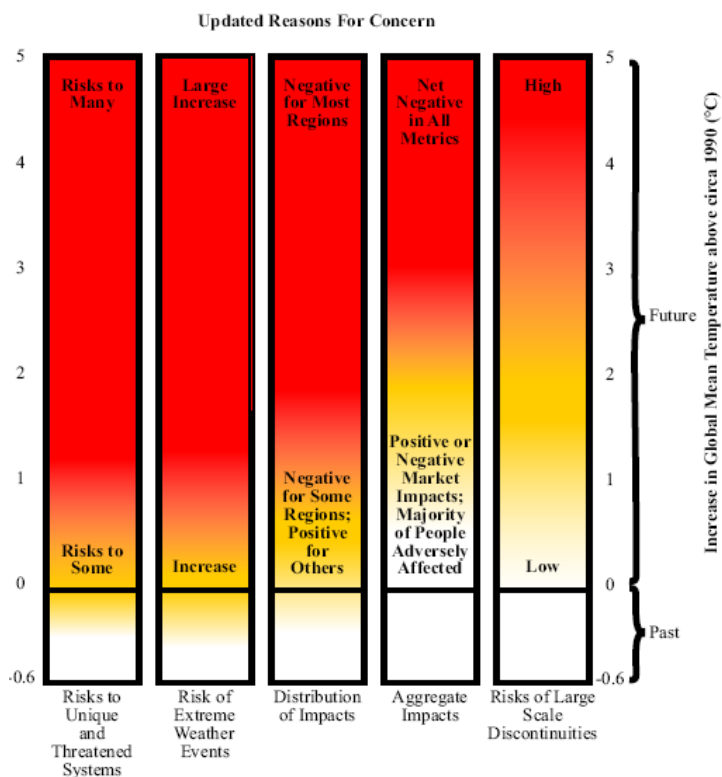


Fig. 1.3 – "Burning embers diagram". Fonte: IPCC, AR4-WG3, cap.1

Il “burning embers diagram” (diagramma della brace ardente) rappresenta per diversi livelli di aumento della temperatura media globale (rispetto ai livelli medi del 1990) il livello di rischio per 5 categorie, “reasons for concerns”: rischio per gli ecosistemi (estinzione specie, habitat unici, biodiversità); rischio per eventi estremi (danni alla salute, ai beni, all’ambiente dall’aumento della frequenza degli eventi estremi di calore e precipitazioni); distribuzione degli impatti (su salute, disponibilità acqua, produzioni agricole); impatti aggregati (aggregazione degli impatti economici in diversi settori); rischio di discontinuità su grande scala (stabilità calotte glaciali, riduzione significativa della circolazione termoalina).

Allo scopo di definire un obiettivo delle politiche climatiche in termini di stabilizzazione delle temperature medie globali e da questo risalire ad un obiettivo espresso in termini di concentrazione e quindi di emissioni di gas climalteranti, che sono il fattore su cui le politiche possono agire, è possibile definire un legame tra emissioni di CO₂, concentrazioni in atmosfera ed incrementi di temperatura.

Sulla base della relazione che esprime la forzante radiante della CO₂ in funzione delle sue concentrazioni sopra i livelli preindustriali e della sensibilità climatica, è possibile esprimere un legame fra i livelli di CO₂eq, la forzante radiante e le temperature dell’atmosfera (all’equilibrio).

$$\Delta T = F \cdot \lambda = 5,35 \cdot \ln(C/C_0) \cdot 0,8 \quad (1.1)$$

In cui:

ΔT = aumento di temperatura rispetto ai livelli preindustriali;

F = aumento di forzante rispetto ai livelli preindustriali [W/m²];

λ = sensibilità climatica, $\lambda = 0.8$ [°C/(W/m²)];

C = concentrazione di CO₂-eq in atmosfera [ppm];

C₀: concentrazione di CO₂ di riferimento (278 ppm).

L’incertezza nel valore della sensibilità climatica si riflette nell’incertezza del valore di ΔT .

L’aumento di temperatura stimato dalla formula 1.1 è all’equilibrio, ciò significa che oltre all’aumento di temperatura registrato fino ad oggi (0,8 °C), seguirà un ulteriore aumento di temperatura anche se le forzanti rimanessero costanti (ossia se le concentrazioni dei gas serra e degli aerosol fossero bloccate ai livelli attuali)

Se si individua un obiettivo delle politiche climatiche di 2°C di aumento di temperatura rispetto ai livelli preindustriali, si arriva ad un livello di stabilizzazione di CO₂eq di circa 440 ppm, valore obiettivo che considera tutte le forzanti, anche quelle negative. Attualmente, con più di 460 ppm di CO₂eq non è stato superato il livello di CO₂eq “pericoloso” (se per pericoloso si intende un aumento > 2°C), perché se si considerano le forzanti negative il livello di CO₂eq è pari a 375 ppm.

Tab. 1.1– Aumento previsto della temperature media globale rispetto ai livelli preindustriali. Fonte:IPCC,AR4-WG1, cap.1, tabella 10.8

Concentrazione del gas serra (ppm CO ₂ -equivalenti)	Aumento temperatura (°C)		
	Molto probabile	Molto probabilmente al di sopra (>90%)	Probabilmente tra (>66%)
350	1.0	0.5	0.6 - 1.4
450	2.1	1.0	1.4 - 3.1
550	2.9	1.5	1.9 - 4.4
650	3.6	1.8	2.4 - 5.5
750	4.3	2.1	2.8 - 6.4
1000	5.3	2.8	3.7 - 8.3
1200	6.3	3.1	4.2 - 9.4

Secondo gli esperti dell'IPCC, al fine di mantenere l'aumento della temperatura sotto i 2 °C con elevata probabilità, le concentrazioni di gas serra non devono superare i 380-390 ppm di CO₂-eq. Se si accetta la possibilità di superamento del target, il livello di concentrazione può essere un po' più alto, ma non superiore a 450 ppm. E' invece improbabile che il riscaldamento globale sarà contenuto al di sotto dei 2 °C se le concentrazioni cresceranno oltre i 550 ppm di CO₂-eq (circa 450 ppm di CO₂).

L'obiettivo di stabilizzare le concentrazioni atmosferiche di CO₂ e di temperatura globale, non coincide con una semplice stabilizzazione delle emissioni, ma queste devono ridursi. Se le emissioni si mantenessero costanti non si raggiungerebbe una stabilizzazione delle concentrazioni e delle temperature (a meno di emissioni vicino allo zero).

Gli scenari di emissione sono usati come input dei modelli climatici per eseguire le proiezioni climatiche e costruire gli scenari di concentrazione. L'incertezza di una proiezione climatica dipende dall'incertezza dei diversi passi necessari per realizzarla. Queste incertezze possono essere identificate e ridotte migliorando le osservazioni, la comprensione dei processi fisici, l'utilizzo di più modelli in simulazioni comuni.

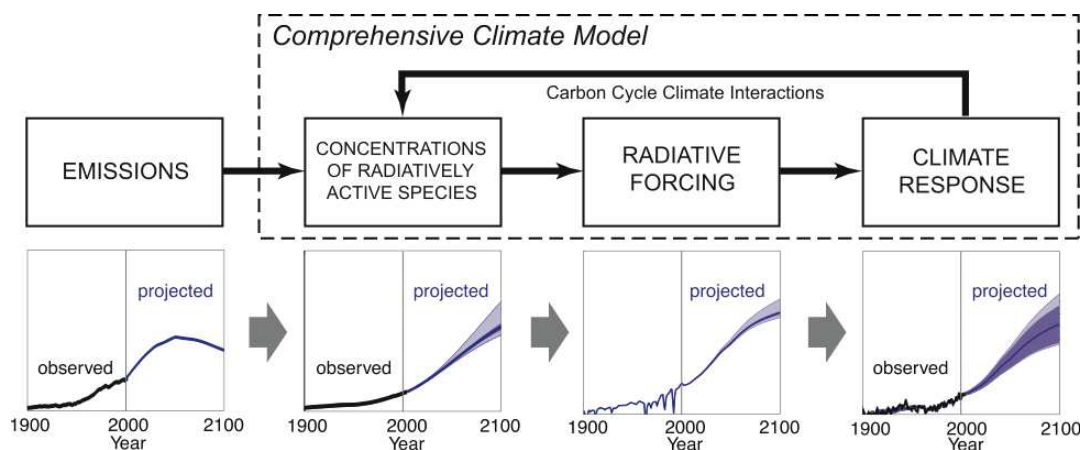


Fig. 1.4 – Elementi di un modello climatico. Fonte:IPCC,AR4-WG1, cap.10

Nei seguenti capitoli, allo scopo di costruire degli scenari di emissione di CO₂, derivanti dalla combustione di combustibili fossili, si sviluppa un'analisi su diverse scale dei trend storici di emissioni e dei parametri guida (popolazione, consumi energetici, prodotto interno lordo), che vanno ad influenzare le emissioni stesse e che possono essere descritti in un'unica equazione, la Kaya Identity.

Comprendere l'andamento e gli ordini di grandezza dei fattori influenzanti le emissioni globali di CO₂ è un prerequisito essenziale per predire possibili scenari alternativi, per dare indicazioni riguardo la governance che l'umanità dovrà adottare e l'entità degli sforzi necessari per stabilizzare l'aumento della temperatura.

La presente tesi sarà così sviluppata:

- nel cap.2 la descrizione della Kaya Identity e dei suoi termini;
- nel cap.3 si descrivono le fonti dati usati per la costruzione dei trend storici sulle diverse scale regionali (mondiale, europea, italiana, lombarda);
- nel cap.4 verranno analizzati i dati raccolti e verranno fatte opportune considerazioni che saranno poi alla base degli scenari del capitolo successivo;

- nel cap.5 si costruiscono gli scenari emissivi al 2030 in una tripla visione, una pessimistica (scenari PEGGIORE), una più ottimistica (scenario MIGLIORE) ed una con la maggiore probabilità di verificarsi e quindi più realistica delle precedenti (scenario TENDENZIALE);
- nel cap.6 si propone uno scenario emissivo obbiettivo 2030, valutando in particolare la variabilità del PIL, parametro che la governance ritiene naturale ed auspicabile che assuma un trend di crescita, attribuendo ai soli momenti di crisi movimenti diversi.

2

I DRIVERS DELLE EMISSIONI DI CO₂ E LA KAYA IDENTITY

2.1 LE ORIGINI DELLA KAYA IDENTITY

La Kaya Identity è un'equazione relativa ai fattori che determinano il livello dell'impatto umano sul clima, esplicitato nelle emissioni del gas serra biossido di carbonio. Essa afferma che il livello di emissione totale (F) può essere espresso come il prodotto di quattro fattori: popolazione (P), PIL pro-capite (g), consumo energetico per unità di PIL o intensità energetica del PIL (e) ed emissioni di carbonio per unità di energia consumata o intensità carbonica di energia (f).

$$F = P \cdot g \cdot e \cdot f \quad (2.1)$$

Tale formulazione verrà ripresa e meglio trattata nel paragrafo 2.3. La Kaya Identity è stata sviluppata dal giapponese economista Yoichi Kaya ed è stata l'oggetto del libro "Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability" redatto da Yoichi Kaya con co-autore Keiichi Yokobori; il testo è il risultato della Conference on Global Environment, Energy, and Economic Development (1993 : Tokyo, Japan) e raccoglie la maggior parte dei temi affrontati nel dibattito dai diversi autori, in cui viene messa in luce la forte interazione tra ambiente, economia ed energia, la relazione tra il sistema energetico e i cambiamenti climatici, i limiti dei modelli economici ed energetici nel simulare l'impatto di un aumento delle emissioni di CO₂ o una loro riduzione con l'uso di carbon tax.

La Kaya Identity offre una prima idea sul grado di impegno che si deve assumere allo scopo di raggiungere un target di riduzione di emissioni di CO₂. Storicamente la governance si è vista impegnata a migliorare i parametri di intensità energetica del PIL e intensità carbonica di energia, mentre, a parte alcune eccezioni, non è intervenuta a frenare la crescita della popolazione e nessun paese sembra oggi disposto a diminuire le emissioni di CO₂ tramite un rallentamento della crescita del PIL pro-capite, ma vedremo nella trattazione di questa tesi, come si sia raggiunto un livello di emergenza tale che si debba valutare anche quest'ultima ipotesi.

2.2 UTILIZZI DELLA KAYA IDENTITY

Per la sua capacità di evidenziare le relazioni tra i vari drivers la Kaya Identity è stata ad esempio utilizzata nell' "IPCC Special Report on Emissions Scenarios" (IPCC, 2000), per la costruzione degli scenari SRES, utilizzati nel Terzo Rapporto dell'IPCC (TAR), pubblicato nel 2001, e nel Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (AR4), pubblicato nel 2007. Ci sono 40 diversi scenari, ognuno raccoglie ipotesi diverse sul futuro uso del suolo, sullo sviluppo tecnologico, sullo sviluppo economico e quindi sul trend di emissioni di gas a effetto serra. La maggior parte degli scenari includono un aumento del consumo di combustibili fossili, mentre alcune versioni, prospettano entro il 2100 livelli di consumo minori di quelli del 1990. Nei diversi scenari si ipotizza una crescita del PIL globale tra 5 e 25 volte.

Di seguito vengono brevemente analizzati gli articoli ritenuti più salienti nella letteratura scientifica, che tratta l'uso della Kaya Identity o simili formule.

Albrecht et al., 2001

Nella letteratura compaiono rivisitazioni o alternative alla Kaya Identity ad esempio nell'articolo "A Shapley Decomposition of Carbon Emissions without Residuals" (Johan Albrecht et al., 2001) si presenta la tecnica di decomposizione Shapley per le emissioni di carbonio del periodo 1960-1996. Si tratta di una tecnica che a partire dalla formulazione base a quattro parametri della Kaya Identity, ne descrive una variante più complessa attribuendo ai vari termini della scomposizione pesi differenti. È un'analisi che a partire dai dati relativi a Belgio, Francia, Germania e Regno Unito arriva a concludere che fattori come l'intensità carbonica di energia e intensità energetica del PIL hanno più effetto sulle emissioni totali di quanto suggerito in convenzionali esercizi di decomposizione, mentre l'effetto della crescita economica sulle emissioni è sopravvalutato per i paesi industrializzati.

P. E. Waggoner e J. H. Ausubel, 2002

La Kaya Identity appare nell'articolo "A framework for sustainability science: A renovated IPAT identity" (P. E. Waggoner e J. H. Ausubel, 2002) in cui si rivede l' IPAT, una formula analoga a quella della Kaya Identity, ma che descrive in modo più generale l'impatto delle attività umane sull'ambiente.

$$I = P \cdot A \cdot T \quad (2.2)$$

In questa formula l'Impatto umano (I) per l'ambiente è uguale al prodotto della Popolazione (P), Affluenza (A) e Tecnologia (T). In questo articolo si introduce l'elemento di Intensità d'uso (C), un fattore che può dipendere dal comportamento dei consumatori e può accrescere o diminuire nel caso di "dematerialization", l'impatto sull'ambiente. Lo studio conclude che per diminuire l'impatto si devono controllare i fattori C e T e cioè si deve avere un consumo e una produzione sostenibile.

Raupach et al., 2007

L'articolo "Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions" (Raupach et al., 2007) utilizza la Kaya Identity nell'analisi della recente evoluzione delle emissioni globali di carbonio, confrontandole con gli scenari SRES dell'IPCC, ed effettua un'analisi sia a livello globale che a livello

regionale evidenziando le differenze tra le regioni a diverso sviluppo economico e quindi tra i paesi OECD e non-OECD.

Steven J. Davis e Ken Caldeira, 2009

L'articolo "Consumption based accounting of CO₂ emissions" (Steven J. Davis e Ken Caldeira, 2009) con l'uso della Kaya Identity evidenzia una possibile assegnazione della diversa responsabilità dei paesi rispetto alle emissioni di CO₂, non considerando le sole emissioni prodotte su un territorio nazionale come viene fatto negli inventari tradizionali, ma anche la quantità di emissioni associate al consumo di beni e servizi in ogni paese, considerando quindi per ogni regione non solo le emissioni prodotte sul territorio ma le importazioni ed esportazioni di beni e servizi che, direttamente o indirettamente, comportano emissioni di CO₂. Nel 2004 circa 6,2 miliardi di tonnellate (Gt) di CO₂, che rappresentano il 23% delle emissioni globali di CO₂ da combustibili fossili, sono stati emessi durante la produzione di merci consumati in un paese diverso da quello di produzione. A livello mondiale è dominante l'"esportazione" di emissioni derivanti da merci prodotte in Cina e consumate negli Stati Uniti, Giappone ed Europa occidentale. 1,4 Gt di CO₂ emesse nel territorio cinese sono attribuibili al consumo/utilizzo di beni in altri paesi; il 22,5% delle emissioni prodotte in Cina nel 2004 è esportato, tramite il commercio internazionale, verso consumatori esteri. Viceversa nelle grandi economie dell'Europa occidentale, le emissioni nette importate sono il 20-50% delle emissioni derivanti dall'effettivo consumo sul territorio, valore che scende leggermente al 17,8% e 10,8% rispettivamente in Giappone e negli Stati Uniti. L'articolo evidenzia quindi l'importanza di eseguire valutazioni di questo tipo per individuare, in modo più equo e responsabile, il contributo che ogni paese ha sulle emissioni di CO₂ su scala mondiale.

Glen P. Petersa et al., 2010

Analogamente all'analisi effettuata nell'articolo precedente, "Growth in emission transfers via International trade from 1990 to 2008" (Glen P. Petersa et al., 2010) mostra come la stabilizzazione delle emissioni dei paesi Annex II (paesi sviluppati) negli anni 1990-2008 sia solo apparente se si considera che gran parte dell'aumento delle emissioni dovute alla produzione nei paesi non-AnnexB (paesi in via di sviluppo), che hanno raddoppiato le loro emissioni, sia dovuta in buona parte alla produzione dei beni consumati nei Paesi Annex B. Lo studio basato sul consumo dei beni e non sulla sola produzione, mette in luce che i paesi Annex B invece di ridurre le emissioni di gas ad effetto serra del 5% circa rispetto ai livelli del 1990 per il periodo 2008-2012, come concordato nel Protocollo di Kyoto, hanno aumentato le loro emissioni rappresentando nel periodo 1990-2008 l' 11% della crescita globale delle emissioni.

Se negli articoli o rapporti descritti precedentemente la Kaya Identity è usata per analisi e considerazioni condotte su scala mondiale, questa equazione può essere usata per esaminare l'andamento degli indicatori della Kaya Identity a livello regionale o nazionale, valutando gli scenari futuri di emissione in relazione agli obiettivi di sviluppo economico, energetico, sociale ed ambientale. Non verranno analizzati ulteriori rapporti o articoli perché rispecchiano gli studi visti finora, ma si riporta solo un elenco indicativo:

- European Environment Agency, "Why did greenhouse gas emissions increase in the EU in 2010?", 2012;
- Wietze Lise, "Decomposition of CO₂ Emissions over 1980-2003 in Turkey" 2005;

- Etem Karayaya and Mustafa Ozcag, “Driving Forces of CO₂ Emissions In Central Asia: A Decomposition Analysis of Air Pollution From Fossil Fuel Combustion”, 2005;
- Ming Zhang et al., “Accounting for energy-related CO₂ emission in China, 1991–2006”, 2008;
- Roger A., Pielke Jr. “Mamizu climate policy: an evaluation of Japanese carbon emissions reduction Targets”, 2009;
- Wang Dia, Nie Ruia, Shi Hai-ying “Scenario Analysis of China's Primary Energy Demand and CO₂ Emissions Based on IPAT Model”, 2011.

2.3 FORMULAZIONE DELLA KAYA IDENTITY

La Kaya Identity (Kaya, 1990; Yamaji et al., 1991; Raupach et al., 2007) esprime le emissioni di CO₂ derivanti da combustibili fossili e processi industriali (F) come prodotto di fattori forzanti (drivers):

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P}\right) \cdot \left(\frac{E}{G}\right) \cdot \left(\frac{F}{E}\right) = P \cdot g \cdot e \cdot f \quad (2.3)$$

In questa formula l'uso di simboli maiuscoli e minuscoli distingue le variabili rispettivamente estensive ed intensive, ed i vari termini rappresentano:

- F sono le emissioni di CO₂ derivanti da combustibili fossili e processi industriali ed includono il contributo di sette sorgenti: combustione a livello nazionale di combustibili solidi, liquidi, e gassosi; flaring di gas proveniente da pozzi o processi industriali; produzione di cemento; l'ossidazione di composti non idrocarburici; e combustione da bunker "internazionali" utilizzati nel trasporto navale ed aereo (considerato spesso separatamente perché non è incluso negli inventari nazionali).
- P è la popolazione mondiale;
- G è il PIL (prodotto interno lordo) o in inglese GDP (gross domestic product);
- E è il consumo di energia primaria (primary energy supply), equivalente alla domanda di energia primaria, calcolata come la produzione energetica da fonti fossili e non fossili + importazioni - esportazioni - bunkeraggi internazionali (combustibili riforniti alle navi e agli aerei che non essendo consumati esclusivamente in un territorio nazionale, finiscono in questa voce) + variazione delle scorte (stock). Rappresenta quindi la domanda interna che fatta eccezione per la domanda mondiale di energia, esclude i bunkeraggi marittimi internazionali;
- $g = G/P$ è il PIL pro-capite, rapporto tra il PIL e la popolazione di una stessa regione;
- $e = E/G$ è l'intensità energetica del PIL (energy intensity), rapporto tra il consumo di energia primaria e il PIL di una stessa regione;
- $f = F/E$ è l'intensità carbonica di energia (carbon intensity of energy), rapporto tra le emissioni di CO₂ e il consumo di energia primaria di una stessa regione;

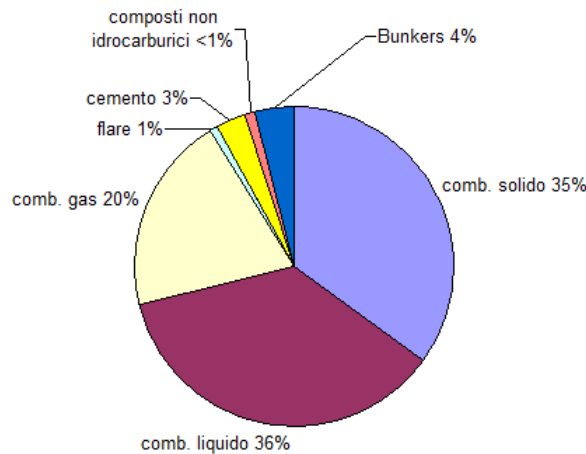


Fig. 2.1 – Contributo frazionario di ogni sorgente rispetto alla F totale per il periodo 2000-2004 su scala globale. Fonte: Raupach et al. "Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions"

Combinando e ed f in intensità carbonica del PIL ($h = F / G = e \cdot f$), la Kaya Identity può anche essere scritta come:

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P}\right) \cdot \left(\frac{F}{G}\right) = P \cdot g \cdot h \tag{2.4}$$

L'intensità carbonica dell'energia f , può essere scritta in funzione di tre termini ($f = k \cdot c \cdot s$), che tengono conto di quanto si è efficienti nel produrre l'energia, di quanto combustibile non fossile si utilizza e del contenuto di carbonio nel combustibile fossile impiegato per produrre energia. In questo caso l'intensità carbonica dell'energia è espressa su unità di consumo finale di energia e non su consumo di energia primaria, quindi è necessario esprimere anche l'intensità energetica del PIL rispetto al consumo finale di energia.

La Kaya Identity può quindi essere scritta in una forma estesa (EEA,2012) come:

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P}\right) \cdot \left(\frac{I}{G}\right) \cdot \left(\frac{E}{I}\right) \cdot \left(\frac{C}{E}\right) \cdot \left(\frac{F}{C}\right) = P \cdot g \cdot e' \cdot k \cdot c \cdot s \tag{2.5}$$

In cui:

- I è il consumo finale di energia, dall'inglese total final consumption (TFC) ed equivale alla somma dei consumi dei diversi settori di uso finale: industria, trasporti, altro (comprende l'agricoltura, residenziale, servizi commerciali e pubblici) e non energetici (le quantità di petrolio e di metano inglobate come materia prima per fabbricare beni d'uso (tipicamente materie plastiche, concimi e fibre sintetiche)). Il consumo finale di energia esclude i bunkeraggi internazionali aerei e marittimi, fatta eccezione a livello mondiale, dove è incluso nel settore dei trasporti;
- $e' = I / G$ è l'intensità energetica finale del PIL (final energy intensity), rapporto tra il consumo finale di energia e il PIL di una stessa regione;

- C è il consumo di combustibili fossili (fossil fuel consumption);
- $k = E/I$ è il fattore di conversione energetica (energy efficiency effect), rapporto tra il consumo di energia primaria e il consumo finale di energia di una stessa regione;
- $c = C/E$ è il consumo di combustibili fossili per energia primaria (non-carbon fuels effect), rapporto tra il consumo di combustibile fossile e il consumo di energia primaria di una stessa regione. Questo parametro varia in funzione di quanta energia da fonti non fossili viene prodotta e consumata, più uso fonti energetiche non fossili (nucleare, idroelettrico, biomasse, eolico, solare, geotermico, ecc) per produrre energia, minore è il valore di questo rapporto, minori sono le emissioni;
- $s = F/C$ è il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (carbon intensity effect), rapporto tra le emissioni di CO₂ e il consumo di combustibile fossile di una stessa regione. Questo parametro varia in funzione del contenuto di Carbonio nel combustibile fossile che viene bruciato. Più uso combustibili fossili con un basso contenuto di Carbonio (es. metano), minore è il valore di questo rapporto, minori sono le emissioni.

Definendo il proporzionale tasso di crescita di una quantità X (t) come $r(X) = X^{-1} dX / dt$ (con unità [tempo]⁻¹), si può scrivere la Kaya Identity in termini di tassi di crescita proporzionali (Raupach et al., 2007) come:

$$r(F) = r(P) + r(g) + r(e) + r(f) = r(P) + r(g) + r(h) \quad (2.6)$$

In questa formula, fissato un intervallo di tempo, la sommatoria dei tassi di crescita dei rispettivi drivers corrisponde al tasso di crescita registrato dalle emissioni di CO₂ nel medesimo intervallo di tempo.

La Kaya Identity può essere applicata analogamente sia a livello globale che sulle singole nazioni o gruppi di esse.

Riferendo i parametri della Kaya Identity alle singole nazioni contraddistinte da un pedice i, le emissioni globali F possono essere espresse come somma di quelle nazionali:

$$F = \sum_i F_i = \sum_i P_i \cdot g_i \cdot e_i \cdot f_i = \sum_i P_i \cdot g_i \cdot e_i \cdot k_i \cdot c_i \cdot s_i \quad (2.7)$$

Analogamente il tasso di crescita delle emissioni globali $r(F)$ può essere espresso dai contributi regionali come:

$$r(F) = \sum_i \left(\left(\frac{F_i}{F} \right) \cdot r(F_i) \right) \quad (2.8)$$

In questa tesi, si analizzano trend storici delle emissioni di CO₂ e dei suoi drivers, sia su scala globale che regionale, utilizzando la Kaya Identity a quattro e a sei parametri, rispettivamente For. 2.3 e 2.5 e

adottando le sole stime di emissioni di CO₂ derivanti da combustibili fossili e non quelle originate da processi industriali, quali produzione di cemento e ossidazione di composti non idrocarburici.

2.3.1 Fattore di conversione energetica e intensità energetica del PIL

Per non creare confusione è bene precisare che solitamente il rendimento di un sistema energetico è inteso come un numero adimensionale con un valore compreso tra 0 e 1 definito dal seguente rapporto:

$$\eta = \frac{\text{Energia}^{out}}{\text{Energia}^{in}} \quad (2.9)$$

In questa formula l'*Energiaⁱⁿ* e l'*Energia^{out}* indicano rispettivamente l'energia in ingresso al sistema e l'energia prodotta dal sistema stesso, sottoforma di lavoro utile. Meglio lavora il sistema, e cioè minori perdite ci sono, più il rendimento η si avvicina a 1, viceversa maggiori sono le perdite di energia più basso è il valore di η .

Nel presente documento, con fattore di conversione energetica (k) si intende il reciproco di η , quindi $k = 1/\eta$, e corrisponde al rapporto tra l'energia in ingresso al sistema di trasformazione e distribuzione dell'energia e l'energia in uscita da esso. Si è adottato il parametro k e non η perché nella costruzione della Kaya Identity è più utile esprimere l'efficienza in questi termini.

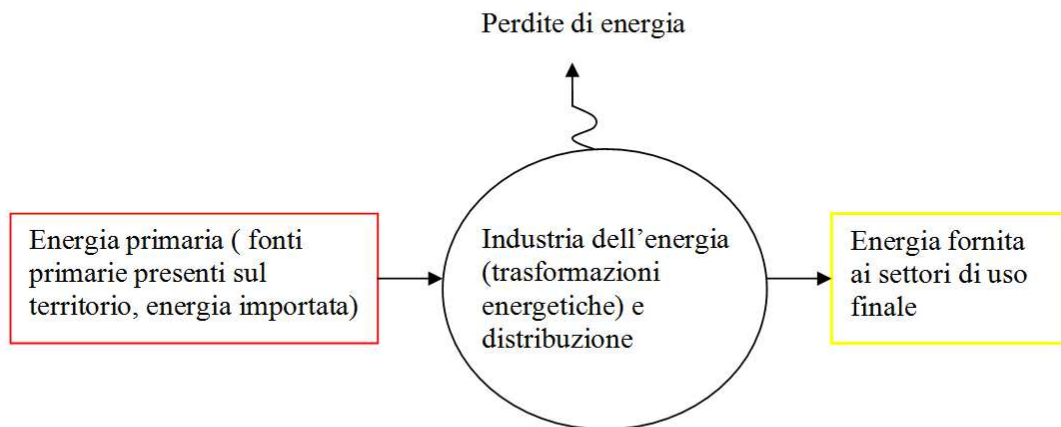


Fig. 2.2 –Schema di flusso dell'energia in ingresso ed uscita dall'industria delle trasformazioni e dalla distribuzione dell'energia

Nella figura 2.2, si rappresenta un semplice schema che mette meglio in luce il significato del termine k , che descrive l'efficienza del sistema di trasformazione e distribuzione dell'energia fornita ai settori di uso finale, tramite il rapporto tra il consumo di energia primaria e il consumo finale di energia.

È bene notare che non tutta l'energia primaria è disponibile per gli utenti finali di energia, come industria, trasporti, famiglie, servizi e agricoltura, perché si verificano varie perdite all'interno del sistema energetico per trasformare l'energia primaria (per esempio carbone e lignite, gas naturale e greggio) in energia utile (calore, elettricità, benzina ecc.). Non è disponibile al consumo finale anche la grande quantità di consumo di energia del settore delle trasformazioni. I vettori energetici distribuiscono energia agli utilizzatori attraverso infrastrutture dedicate, sia del tipo a rete (cavi elettrici, metanodotti, oleodotti), sia via nave (navi petroliere, gasiere, carboniere, chiatte), sia per ferrovia e sia su strada. Nella distribuzione di energia si verificano delle perdite aggiuntive: effetto Joule nei cavi elettrici, compressione e pompaggio del metano, pompaggio dei prodotti petroliferi, consumi delle navi, dei treni e degli autocarri. Le perdite delle reti sono usualmente e correttamente addebitate al sistema di trasformazione energetico, mentre quelle dei altri mezzi di trasporto non sono evidenziate e vengono addebitate agli usi del sistema dei trasporti.

È importante precisare che con i miglioramenti di efficienza energetica, intesa come miglioramento del rapporto tra consumi di energia primaria e finale, non ci si riferisce ai possibili miglioramenti nell'efficienza di macchine che lavorano nei settori finali (automobili, elettrodomestici, ecc.), perché i consumi finali di energia si pongono nel sistema di bilancio energetico a monte dei consumi operati dai settori di uso finale. Per facilitare la comprensione di tali considerazioni, si rappresenta uno schema dei flussi di energia che intercorrono tra le fonti primarie e i settori di uso finale (impieghi finali utili).

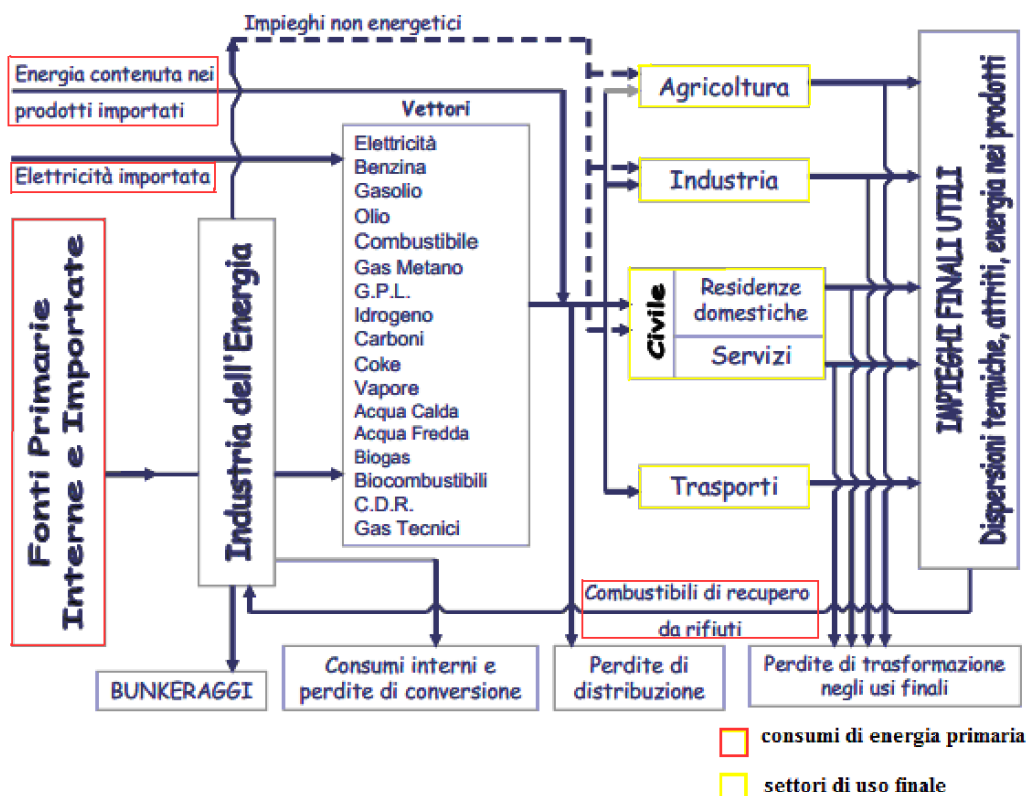


Fig. 2.3 – Schema di flusso dell'energia

Come bene si può osservare dalla figura 2.3 i miglioramenti di efficienza utili per abbassare il valore di k sono quelli ottenuti lavorando sul sistema delle trasformazioni energetiche, quindi tramite i miglioramenti di efficienza delle turbine, alternatori, condensatori, ecc. e a livello della distribuzione elettrica, limitando le "perdite" di rete, mentre il parametro k non è influenzato dalle variazioni nelle perdite di trasformazione negli usi finali.

La terminologia di efficienza energetica acquisisce un significato diverso quando si parla di intensità energetica del PIL. Questo parametro, espresso sia in termini di energia primaria (e) (for. 2.3), che finale (e') (for. 2.5), può intendersi come l'efficienza con la quale avviene la produzione di ricchezza (espressa in termini di PIL) a partire dal consumo di energia. Quindi tale parametro è funzione dell'efficienza energetica di tutti gli strumenti usati per produrre PIL diversamente dal parametro k , visto finora. In questo caso i miglioramenti di efficienza in grado di influenzare l'intensità energetica del PIL possono avvenire in qualsiasi punto della filiera produttiva ed energetica, quindi anche nei settori di uso finale, che vengono invece esclusi riferendosi al parametro k .

2.3.2 Metodi di stima del PIL

Il Prodotto Interno è una grandezza aggregata macroeconomica che esprime il valore complessivo dei beni e servizi prodotti all'interno di un Paese in un certo intervallo di tempo (solitamente l'anno) e destinati ad usi finali (consumi finali, investimenti, esportazioni nette); non viene quindi conteggiata la produzione destinata ai consumi intermedi, che rappresentano il valore dei beni e servizi consumati e trasformati nel processo produttivo per ottenere nuovi beni e servizi.

Nella presente tesi per esprimere il PIL si sono adottati due modi, uno basato sui tassi di cambio di mercato (market exchange rates (MER)) ed uno sulla parità del potere d'acquisto (purchasing power parity (PPP)), rispettivamente denominati PIL(MER) e PIL(PPP).

Con PPP si intende che, identificato uno specifico paniere di beni e servizi, si ipotizza che abbia un valore equivalente in ogni nazione. I rapporti tra i prezzi dei beni e servizi nei diversi paesi vengono poi utilizzati per effettuare la conversione in una valuta comune. Utilizzando il tasso PPP, il denaro ha quindi lo stesso potere di acquisto.

I tassi di cambio di mercato sono spesso volatili e influenzati da fattori politici e finanziari che non portano a cambiamenti immediati di reddito, quindi per effettuare confronti tra gli aggregati della contabilità nazionale di diversi paesi è meglio utilizzare i tassi PPP.

Inoltre il PIL(MER) tende a sottostimare sistematicamente il livello di vita nei paesi poveri, di conseguenza le disparità di ricchezza tra i diversi paesi sono maggiori quando vengono misurate tramite il PIL(MER) piuttosto che con il PIL(PPP).

Dopo il TAR (Third Assessment Report) dell'IPCC (2001), c'è stato un dibattito sull'utilizzo dei diversi tassi di scambio negli scenari di emissione e si è concluso che l'utilizzo di MER (Market Exchange Rate) è preferibile per le analisi che includono prodotti commerciati a livello internazionale. L'utilizzo di PPP (Purchasing Power Parity) è preferibile per le analisi che includono i confronti del reddito tra Paesi a stadi di sviluppo molto diversi.

In questa tesi si è adottato uno o l'altro tasso di scambio in base al tipo di aspetto che si voleva evidenziare. Le unità monetarie sono espresse in PPP, quando è interessante poter mettere a confronto gli andamenti di diverse regioni, sfruttando la capacità del PPP di mettere in luce il livello di sviluppo di queste realtà. Mentre allo scopo di evidenziare l'andamento nel tempo dell'intensità energetica del PIL in funzione sia dell'energia primaria che finale, risulta più interessante utilizzare il MER, perché ha un valore assoluto minore rispetto al PPP. L'uso del PPP nei parametri di intensità energetica tende a scacciarne le variazioni, dando più peso al trend di riduzione nel tempo dovuto al trend di crescita del

PIL, piuttosto che al rapporto tra la grandezza energetica e quella economica (questo si nota soprattutto su scala mondiale). Utilizzando il MER, è invece possibile mettere in evidenza alcune variazioni nel rapporto consumo energetico/PIL che se pur piccole, come si vedrà nel capitolo successivo, sono molto significative.

In ogni caso gli studi disponibili indicano che la scelta del tasso di cambio del Prodotto Interno Lordo, se usato in modo coerente, non condiziona sensibilmente le stime delle emissioni.

3

DATI E FONTI DATI

La raccolta dati necessaria per la costruzione della Kaya Identity si avvale di diverse fonti, ma dove possibile si cerca di utilizzarne sempre la stessa per mantenere una maggiore coerenza tra i dati. In riferimento alla scala mondiale, europea e italiana la fonte principale è l'International Energy Agency (IEA), mentre per la Lombardia è l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA). Nel caso della mancata reperibilità dei dati dalla fonte principale o allo scopo di confronto, si attinge da altre banche dati.

Di seguito, vengono quindi riportati per ciascuna scala di analisi, le fonti dati adottate per ogni termine (emissioni di CO₂, popolazione, PIL, consumo di energia primaria e finale e consumo di combustibili fossili) adottato per la costruzione della Kaya Identity.

3.1 DATI SU SCALA MONDIALE

Un quadro riassuntivo delle fonti dati è mostrato in tabella 3.1.

Tab. 3.1 – Fonte dati dei parametri considerati nella Kaya Identity su scala mondiale

Mondo	<i>fonti</i>
Emissioni di CO ₂	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; Confronto con i dati: BP(originariamente British Petroleum) - Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview <u>Historical data</u> ;
Popolazione	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ;
PIL	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ;

Consumo di energia primaria	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011- Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; International Energy Agency- World Energy Outlook 2011- http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA); Confronto con i dati: BP(originariamente British Petroleum) - Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview_Historical_data;
Consumo finale di energia	Stimato a partire dai dati di: International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; International Energy Agency- World Energy Outlook 2011- http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA);
Consumo di combustibili fossili	Stimato a partire dai dati di: International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; International Energy Agency- World Energy Outlook 2011- http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA); Confronto con i dati: BP(originariamente British Petroleum)-Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview_Historical_data;

3.1.1 Emissioni di CO₂

Le stime di emissioni di CO₂ prodotte dalla combustione di combustibili fossili (esprese in 10⁶ tonnellate di CO₂) per il periodo 1971-2009 utilizzate nella presente tesi derivano dai dati pubblicati dall' International Energy Agency nel "CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011). L'IEA è una organizzazione intergovernativa istituita nel quadro della Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) nel 1974 sulla scia della crisi petrolifera del 1973, ma che ha ampliato poi il suo ruolo occupandosi di sicurezza energetica, sviluppo economico e tutela dell'ambiente concentrandosi sulla mitigazione del cambiamento climatico.

Le stime IEA delle emissioni di CO₂ prodotte dalla combustione di combustibili fossili, sono calcolate secondo l' IEA energy data20 (la banca dati IEA) e secondo i metodi di default e l'uso dei fattori di emissione previsti dal Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC/ OECD/IEA, Paris, 1997 (1996 IPCC Guidelines).

Le emissioni presenti in questo documento sono state calcolate utilizzando il riferimento IPCC Sectoral Approach (che corrisponde all' IPCC Source / Sink categoria 1 A). Le emissioni calcolate utilizzando un Sectoral Approach comprendono le sole emissioni derivanti dalla reale combustione e si differenziano quindi da quelle derivanti dall'approccio alternativo Reference Approach, che si basa sulla fornitura di energia in un paese ed è il risultato di tutti gli inventari calcolati utilizzando questo metodo e che includono le emissioni emesse durante la trasformazione energetica in raffineria, che sono normalmente inclusi nella categoria 1 B dell'IPCC Source. Le stime Reference Approach tende a sovrastimare le

emissioni nazionali di CO₂, andando a valutare anche quelle emissioni derivanti da trasformazioni energetiche avvenute nei paesi di estrazione, ed è per questo che si è optato per l'uso del Sectoral Approach.

Nel presente studio i dati di emissioni della IEA sono stati confrontati con i dati forniti nel rapporto "Statistical Review of World Energy 2011" (BP, 2011) contenente i dati storici dal 1965 al 2010, per avere una verifica della coerenza dei dati.

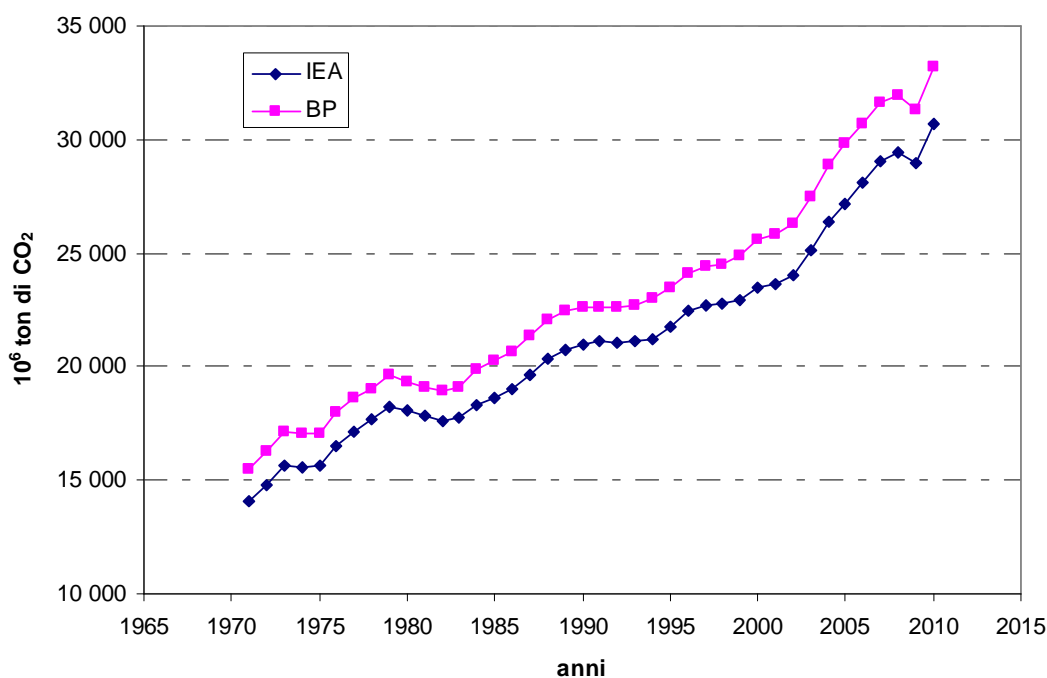


Fig. 3.1 –Confronto emissioni di CO₂ tra fonte BP e IEA

I trend di dati, derivanti da entrambe le fonti dati, segue il medesimo andamento, ma si può immediatamente osservare che i dati BP rispetto ai dati IEA tendono a sovrastimare le emissioni perché includono le emissioni emesse durante la trasformazione energetica in raffineria, dedicate alla trasformazione di un prodotto grezzo in uno commerciabile. Differenze tra i dati sono inoltre da imputarsi sia all'uso di diverse metodologie per la stima dei dati, che a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari.

La coerenza nell'andamento delle serie storiche, che mantengono una differenza media del 7% con una deviazione standard pari a 0.83%, permette di adottare i dati BP per stimare alcuni dati necessari per la costruzione della Kaya Identity, mantenendo una buona coerenza con i dati IEA.

Stima del dato di emissione per l'anno 2010 è stato ricavato dai dati pubblicati dal rapporto "Statistical Review of World Energy 2011" del BP e verificato con le stime presenti nel rapporto di sintesi del World Energy Outlook 2011-IEA. La stima del dato 2010 è stata calcolata applicando il tasso di crescita BP dell'anno 2009-2010 al dato di emissione IEA dell'anno 2009, commettendo un errore che può essere trascurato.

Già da questo primo confronto tra i dati BP ed IEA risulta evidente la necessità di utilizzare il più possibile dati derivanti da uno stesso ente e quindi più coerenti tra loro, per non dover ricorrere ad eccessive approssimazioni.

3.1.2 Popolazione

Le stime del numero di abitanti (espresse in 10^6 abitanti) per il periodo 1971-2009 utilizzate nella presente tesi sono i dati pubblicati nel “CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

La IEA come fonte principale dal 1970 al 2009 dei dati di popolazione per i paesi membri dell'OECD usa la “National Accounts of OECD Countries”, Volume 1, OECD, Paris, 2011, mentre per i paesi non-OECD si basa sul CHELEM-CEPII online database, 2011.

La stima del dato 2010 è stato ricavato dai dati pubblicati dall' United Nations, Department of Economic and Social Affairs (Population Division), parte del Segretariato delle Nazioni Unite responsabile per i follow-up ai principali vertici e conferenze delle Nazioni Unite.

3.1.3 PIL

Le stime del Prodotto Interno Lordo(espresse in 10^9 US dollari con prezzi concatenati all'anno di riferimento 2000) per il periodo 1971-2009 utilizzate nella presente tesi sono i dati pubblicati nel “CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

La IEA fornisce i dati di PIL espressi sia in termini di market Exchange rates (MER) che di purchasing power parity (PPP).

La IEA adotta come principale fonte dati per il PIL per il periodo 1970- 2009 per i paesi membri OECD la National Accounts of OECD Countries, Volume 1, 2011, mentre per i paesi membri non-OECD la World Development Indicators, World Bank, Washington DC, 2011.

La IEA elabora i dati di PIL a partire dai dati dei singoli paesi ai prezzi di mercato in valuta locale e tassi annui. Questi dati sono poi stati adattati al prezzo corrente del 2000 e poi convertiti in dollari USA utilizzando il tasso di cambio medio annuale 2000 MER o PPP.

La stima dei dati 2010 sono stati ricavati dal World Economic Outlook database, September 2011 dell' International Monetary Fund (IMF).

Una spiegazione più dettagliata delle differenze tra il PIL(MER) e il PIL(PPP) è affrontata nel paragrafo 3.5.

3.1.4 Consumo di energia primaria

Le stime del consumo di energia primaria o in termini anglosassoni total primary energy supply (espresse in petajoules, 10^{15} J) per il periodo 1971-2009 utilizzate sono i dati pubblicati nel “CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

I dati energetici elaborati dalla IEA, contenuti nel “World Energy Statistics and Balances”, sono costituiti da 4 separati databases:

- Energy Statistics of OECD Countries;
- Energy Balances of OECD Countries;
- Energy Statistics of Non-OECD Countries;
- Energy Balances of Non-OECD Countries;

The Energy Statistics of OECD Countries Internet Service contiene due file: statistiche di base dell'energia, che fornisce il consumo di vari tipi di risorse energetiche: carbone, petrolio, gas, fonti rinnovabili e rifiuti, sia per la produzione di energia elettrica che di calore, e un secondo file che contiene i fattori di conversione.

The Energy Balances of OECD Countries Internet Service è costituito da quattro file: sommario bilanci energetici, bilanci energetici estesi, fattori di conversione e indicatori economici.

Energy Statistics of Non-OECD Countries contiene le statistiche di energia di base per oltre 100 paesi Non-OECD e 11 regioni. Vengono forniti i dati per l'approvvigionamento energetico e il consumo per i vari tipi di carbone, petrolio, gas, fonti rinnovabili e rifiuti, nonché per l'energia elettrica e calore. Questo servizio viene aggiornato ogni anno in agosto.

Energy Balances of Non-OECD Countries analogamente all'Energy Statistics of Non-OECD Countries contiene bilanci energetici per oltre 100 paesi Non-OECD e 11 regioni.

Nella presente tesi i dati di consumo di energia primaria pubblicati nel “CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” sono confrontati con i dati forniti nel rapporto “Statistical Review of World Energy 2011” (BP, 2011) contenente i dati storici dal 1965 al 2010 e con i dati pubblicati nel “World Energy out look 2011” (IEA-b, 2011) per avere una verifica della coerenza dei dati.

Le due diverse pubblicazioni IEA differiscono di poco (la differenza è poco visibile dal grafico) e ovviamente non è dovuta per una diversa definizione di consumo di energia primaria, ma semplicemente per una revisione di alcuni dati avvenuta tra una pubblicazione e l'altra.

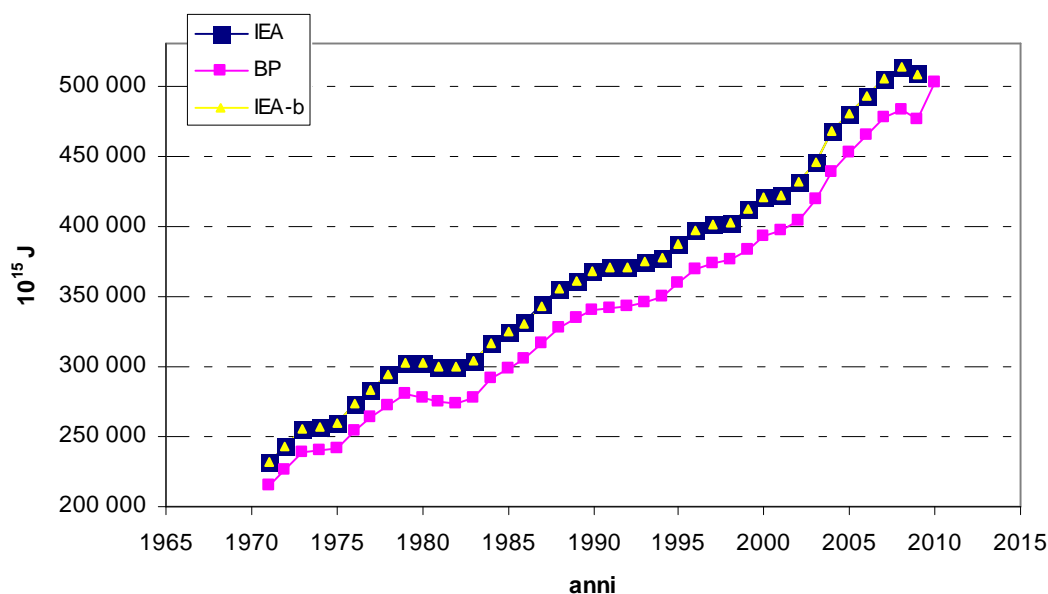


Fig. 3.2 – Confronto consumo di energia primaria tra fonte BP e IEA

Comparando invece i dati IEA con i dati BP si osserva che i trend di dati seguono il medesimo andamento, ma presentano valori assoluti differenti. I dati BP tendono a sottostimare i consumi di energia primaria rispetto ai dati IEA, con una variazione costante e pari mediamente al 7% e con una deviazione standard pari a 0.81%. Tali differenze derivano da una diversa definizione di consumo di energia primaria: la IEA a livello mondiale considera i consumi legati ai bunkeraggi internazionali, mentre il BP non li considera. Inoltre, parte della differenza è da attribuirsi anche all'uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari. Si vedrà meglio nel capitolo successivo, dedicato ai dati europei, come queste differenze tendano a diminuire su scala europea.

La coerenza nell'andamento della serie storica permette di adottare i dati BP per stimare il dato dell'anno 2010 mantenendo una buona coerenza con i dati IEA. La stima del dato 2010 è quindi calcolata applicando il tasso di crescita BP dell'anno 2009-2010 al dato di emissione IEA dell'anno 2009, commettendo un errore che può essere trascurato.

3.1.5 Consumo finale di energia

Le stime di consumo finale di energia (final energy consumption) per il periodo 1971-2009 utilizzate nella presente tesi, derivano dai dati di consumo finale di energia (I) pubblicati nel "World energy outlook 2011" (IEA-b, 2011). Per correttezza, i dati sono stati elaborati per considerare la differenza, seppur minima, tra i dati di consumo primario di energia (E) pubblicati rispettivamente nel "CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011) e nel "World energy outlook 2011" (IEA-b, 2011).

Il consumo finale di energia è stato quindi stimato impostando una semplice proporzione tra i dati di consumo finale di energia e consumo di energia primaria delle due diverse pubblicazioni come segue:

$$\bar{I} = E^{IEA} \cdot \left(\frac{I^{IEA-b}}{E^{IEA-b}} \right) = E^{IEA} \cdot \left(\frac{1}{k^{IEA-b}} \right) \quad (3.1)$$

In cui:

- \bar{I} : è il consumo finale di energia primaria coerente con i dati di consumo di energia primaria pubblicati nel “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 Highlights”;
- E^{IEA} : è il consumo di energia primaria pubblicato nel “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 Highlights”;
- I^{IEA-b} : è il consumo finale di energia pubblicato nel “World energy outlook 2011”;
- E^{IEA-b} : è il consumo di energia primaria pubblicato nel “World energy outlook 2011”;

Il fattore di conversione energetica (\bar{k}) (vedi for. 2.5) è calcolata come:

$$\bar{k} = \left(\frac{\bar{I}}{E^{IEA}} \right) = k^{IEA-b} \quad (3.2)$$

La differenza tra consumo finale di energia stimata (\bar{I}) e quella pubblicata nel “World Energy Outlook 2011” è mediamente dello 0.02% con una deviazione standard (σ) pari a 0.04%, quindi differenza assolutamente irrisoria come è visibile dal seguente grafico:

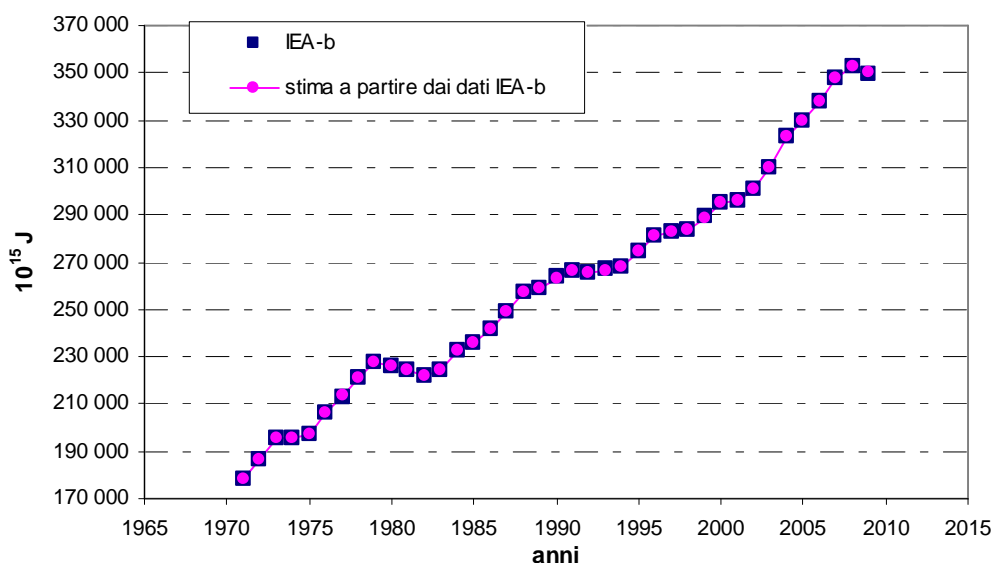


Fig. 3.3 –Confronto tra consumo finale di energia pubblicato nel “World Energy Outlook 2011” e la stima fatta per congruenza con i dati di consumo di energia primaria pubblicati nel “CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights”

3.1.6 Consumo di combustibili fossili

Le stime di consumo di combustibile fossile sono state fatte a partire dai dati di consumo di combustibili fossili (C) e consumo di energia primaria (E) presenti nel rapporto “World Energy outlook 2011” (IEA-b, 2011) e dai dati di consumo di energia primaria (E) pubblicati dalla “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

A scopo di confronto è stata fatta la medesima valutazione con i dati di consumo di combustibili fossili (C) e consumo di energia primaria (E) presenti nel rapporto “Statistical Review of World Energy 2011” (BP, 2011).

Il consumo di combustibili fossili (\bar{C}) è stato stimato impostando una semplice proporzione tra i dati di consumo di combustibili fossili e consumo di energia primaria pubblicati nei due differenti rapporti IEA. Quindi il consumo di combustibili fossili (\bar{C}) coerente con i dati di consumo di energia primaria pubblicati da IEA è così calcolato:

$$\bar{C} = E^{IEA} \cdot \left(\frac{C^{IEA-b}}{E^{IEA-b}} \right) = E^{IEA} \cdot c^{IEA-b} \quad (3.3)$$

In cui:

- \bar{C} : è il consumo di combustibili fossili coerente con i dati di consumo di energia primaria pubblicati nel “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 Highlights”,

- E^{IEA} : è il consumo di energia primaria pubblicato nel “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 Highlights”;
- I^{IEA-b} : è il consumo finale di energia pubblicato nel “World energy outlook 2011”;
- C^{IEA-b} : è il consumo di energia primaria pubblicato nel “World energy outlook 2011”;

Medesima formulazione è stata adottata sostituendo ai dati IEA-b quelli BP, ottenendo il consumo di combustibili fossili (\bar{C}^{BP}) allo scopo di avere un dato che sia coerente con i dati di consumo di energia primaria pubblicati nel “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” così da poterli mettere a confronto.

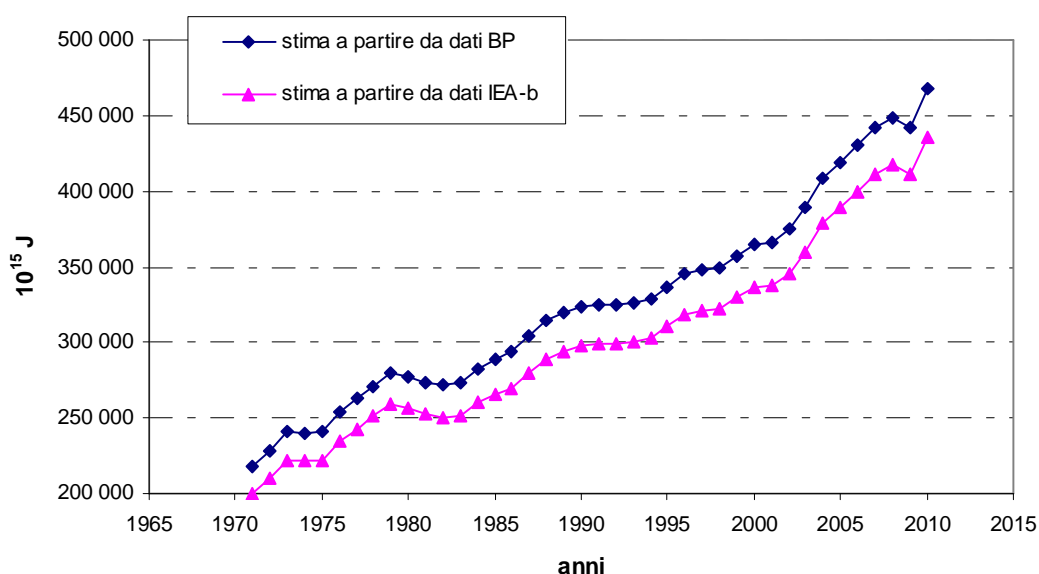


Fig. 3.4 – Confronto stime consumo di combustibili fossili coerenti con i dati IEA a partire dai dati BP e IEA-b

I valori di consumo di combustibile fossile BP si discostano di poco da quelli IEA-b, quindi la differenza evidente tra i dati di consumo di combustibile fossile stimati \bar{C} e \bar{C}^{BP} deriva da differenti valori di consumo di combustibili fossili su energia primaria delle rispettive due diverse fonti, ed in particolare BP tende a sottostimare i consumi energetici non fossili. I trend di \bar{C} e \bar{C}^{BP} presentano una differenza che si mantiene circa costante a un valore medio del 7% con una deviazione standard pari a 0.81% .

Il consumo di combustibili fossili (\bar{C}) è stato stimato allo scopo di avere un dato che sia coerente con i dati di consumo di energia primaria pubblicati nel “CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 Highlights”, così da poterlo utilizzare per il calcolo del consumo di combustibili fossili per energia primaria (\bar{c}) e del fattore di emissione medio dall’uso dei combustibili fossili (\bar{s}).

I dati del consumo di combustibili fossili per energia primaria (\bar{c}) sono stati calcolati come rapporto tra il consumo di combustibile fossile e il consumo di energia primaria pubblicati da IEA-b, ed è quindi equivalente a $c^{IEA-outlook}$.

$$\bar{c} = \left(\frac{\bar{C}}{E^{IEA}} \right) = c^{IEA-b} \quad (3.4)$$

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (\bar{s}), è stato calcolato come rapporto tra le emissioni di CO₂ IEA e il consumo di combustibile fossile stimato:

$$\bar{s} = \left(\frac{F^{IEA}}{\bar{C}} \right) \quad (3.5)$$

3.1.7 Confronto paesi OECD e paesi non-OECD

Nella presente tesi si è ritenuto utile effettuare un confronto tra paesi OECD (Organisation for Economic Co-operation) e i paesi non-OECD.

I paesi OECD raccolgono 34 paesi sviluppati aventi in comune un sistema di governo di tipo democratico ed un'economia di mercato. I membri OECD sono: Austria, Belgio, Danimarca, Francia, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lussemburgo, Norvegia, Paesi Bassi, Portogallo, Regno Unito, Svezia, Svizzera, Turchia, Germania, Spagna, Canada, Stati Uniti, Giappone, Finlandia, Australia, Nuova Zelanda, Messico, Rep. Ceca, Corea del Sud, Polonia, Ungheria, Slovacchia, Cile, Estonia, Israele, Slovenia. Di questi Cile, Messico e Turchia sono classificati dalla Banca Mondiale come paesi a economia con PIL medio-alto, mentre gli altri sono classificati come paesi ad alto livello di PIL.

I dati di emissioni di CO₂ e i dati energetici di consumo di energia primaria e consumo di combustibili fossili usati nel par. 4.1.14 sono tratti dal rapporto "Statistical Review of World Energy 2011" (BP, 2011), mentre i dati economici espressi sia in termini di PIL(PPP) che di PIL(MER) sono tratti dal rapporto "CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011).

3.2 DATI EUROPEI

L'Unione europea dal 1° gennaio 2007, comprende 27 paesi membri indipendenti e democratici. I paesi membri sono: Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Rep. Ceca, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Ungheria.

Nella presente tesi la serie storica europea dei parametri della Kaya Identity raccoglie i dati dal 1971 al 2009, come su scala mondiale, ad eccezione dei dati di emissioni di CO₂ e di consumo di energia primaria le cui serie storiche arrivano fino al 2010.

Nella presente tesi, i dati sono riferiti ai 27 paesi membri(EU27) per tutto il periodo rappresentativo della serie storica 1971-2009 e ci si riferisce quindi a questo soggetto politico anche per gli anni che precedono la sua creazione.

Un quadro riassuntivo delle fonti dati è mostrato in tabella 3.2.

Tab. 3.2 – Fonte dati dei parametri considerati nella Kaya Identity su scala europea

EU27	<i>fonti</i>
Emissioni di CO ₂	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; Confronto con i dati: BP(originariamente British Petroleum) - Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview_Historical_data ; EEA(European Environment Agency) - EEA greenhouse gas - data viewer http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer ; Stimati da Glen P. Peters et al. in “Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008” http://www.pnas.org/content/early/2011/04/19/1006388108.abstract ;
Popolazione	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ;
PIL	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ;
consumo di energia primaria	International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; Confronto con i dati: International Energy Agency- World Energy Outlook 2011- http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA); BP(originariamente British Petroleum) - Statistical Review of World Energy 2011, http://www.bp.com/statisticalreview_Historical_data ; Eurostat - Energy statistics - main indicators, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database ;
consumo finale di energia	Stimato a partire dai dati di: International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; International Energy Agency- World Energy Outlook 2011-

	http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA);
consumo di combustibile fossile	Stimato a partire dai dati di: International Energy Agency- CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; International Energy Agency- World Energy Outlook 2011- http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA); Confronto con i dati: BP(originariamente British Petroleum)-Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview <u>Historical data</u> ;

3.2.1 Emissioni di CO₂

Su scala europea così come su scala mondiale le stime di emissioni di CO₂(esprese in 10⁶ tonnellate di CO₂) per il periodo 1971-2009 utilizzate in questo documento derivano dai dati pubblicati nel “CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

Analogamente a quanto visto nel capitolo precedente i dati di emissioni della IEA sono stati confrontati con i dati forniti nel rapporto “Statistical Review of World Energy 2011” (BP, 2011) contenente i dati storici dal 1965 al 2010. Su scala europea sono stati messi a confronto anche i dati forniti dal “Annual European Union greenhouse gas inventory 1990 – 2010” (EEA, 2012), per avere un’ulteriore verifica della coerenza dei trend storici dal 1990 al 2010.

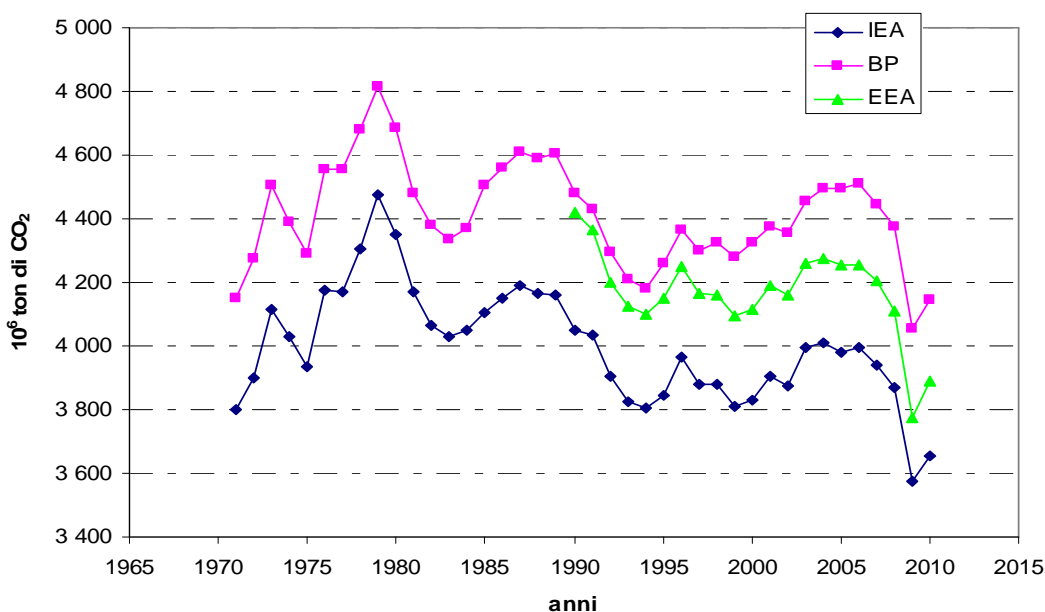


Fig. 3.5 –Confronto emissioni di CO₂ tra fonte BP e IEA

I trend di dati derivanti dalle fonti IEA e BP segue il medesimo andamento, ma si può osservare che i dati BP rispetto a quelli IEA tendono a sovrastimare le emissioni perché includono le emissioni emesse durante la trasformazione energetica in raffineria, dedicate alla trasformazione di un prodotto grezzo in uno commerciabile. Ulteriori differenze tra i dati sono da imputarsi all'uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari.

La coerenza nell'andamento delle serie storiche, che mantengono una differenza media del 10% con una deviazione standard pari a 1.8% permette di adottare i dati BP per stimare alcuni dati necessari per la costruzione della Kaya Identity, mantenendo una buona coerenza con i dati IEA.

La stima del dato di emissione per l'anno 2010 è ricavata dai dati pubblicati dal rapporto "Statistical Review of World Energy 2011" del BP e verificata con le stime presenti nel rapporto di sintesi del World Energy Outlook 2011-IEA. La stima del dato 2010 è calcolata applicando il tasso di crescita BP dell'anno 2009-2010 al dato di emissione IEA dell'anno 2009, commettendo un errore che può essere trascurato.

In fase di analisi sono poi considerate le emissioni ombra derivanti dal commercio internazionale, sviluppate in un trade-linked database globale elaborato da Glen P. Peters et al. in "Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008". È un database che raccoglie le emissioni di CO₂ che coprono 113 paesi e 57 settori economici dal 1990 al 2008.

3.2.2 Popolazione

Come su scala mondiale, le stime del numero di abitanti (espresse in 10⁶ abitanti) per il periodo 1971-2009 utilizzate in questo documento corrispondono ai dati pubblicati nel "CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011).

3.2.3 PIL

Come su scala mondiale, le stime del Prodotto Interno Lordo (espresse in 10⁹ US dollars con prezzi concatenati all'anno di riferimento 2000) per il periodo 1971-2009 utilizzate in questo documento corrispondono ai dati pubblicati nel "CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011) e per valutare il PIL (PIL) sono stati usati due tipi di metriche: il market Exchange rates (MER) che il purchasing power parity (PPP), rispettivamente denominati PIL(MER) e PIL(PPP).

3.2.4 Consumo di energia primaria

Come a livello globale, i dati di consumo di energia primaria (espresse in petajoules) per il periodo 1971-2009 utilizzati in questo documento sono stimati a partire dai dati pubblicati nel “CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

Per il periodo 1971-1989, nella pubblicazione IEA per quattro stati dell’unione europea a 27 membri (Estonia, Slovenia, Lettonia e Lituania), non sono disponibili i dati, e quindi si è ritenuto utile effettuare una stima approssimativa in funzione dell’andamento economico dei Paesi confinanti e dei trend storici (del periodo 1990-2009) dei rispettivi dati nazionali. Nella presente tesi si è effettuata questa stima ritenendo che l’errore, che si attribuisce al dato IEA aggiornato, sia trascurabile, invece l’uso del trend storico aggiornato diventa più significativo e rappresentativo della realtà, che è una qualità essenziale soprattutto per il suo utilizzo nella costruzione delle proiezioni future.

Nella presente tesi i dati di consumo di energia primaria, pubblicati nel “CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights”, sono stati confrontati con i dati forniti dal rapporto “Statistical Review of World Energy 2011” (BP, 2011), contenente i dati storici dal 1965 al 2010, e con i dati pubblicati nel “World Energy outlook 2011” (IEA-b, 2011) per avere una verifica della coerenza dei dati. Su scala europea sono stati messi a confronto anche i dati EEA che si avvale delle statistiche Eurostat per avere un ulteriore verifica della coerenza dei trend storici dal 2000 al 2010.

Le due diverse pubblicazioni IEA dal 1990 al 2009 differiscono di poco (la differenza è poco visibile dal grafico) e non è dovuta per una diversa definizione di consumo di energia primaria, ma semplicemente ad una revisione di alcuni dati avvenuta tra una pubblicazione e l’altra. Mentre la differenza antecedente il 1990 è da attribuirsi al fatto che i dati IEA-b non considerano l’apporto di consumo di energia primaria di alcuni dei 27 paesi europei.

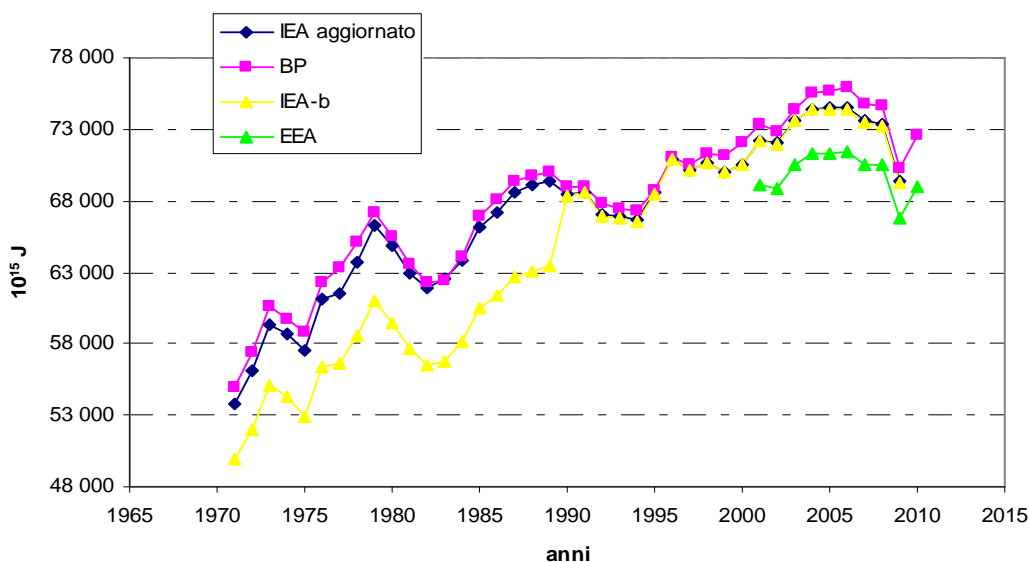


Fig. 3.6 – Confronto consumo di energia primaria tra fonte BP e IEA

Comparando i dati IEA aggiornati con i dati BP si osserva come i trend di dati derivanti da entrambe le fonti seguano il medesimo andamento, ma con i dati BP che tendono a sovrastimare i consumi di energia primaria rispetto ai dati IEA con una differenza percentuale pari mediamente all' 1,3% e con una deviazione standard pari a 0.7%. È importante notare che rispetto ai dati globali, la differenza su scala europea è diminuita notevolmente passando dall'7 all'1%, e da una notevole sovrastima dei dati IEA si passa a una leggerezza sottostima, questo è da attribuirsi al fatto che la IEA a livello mondiale considera i consumi legati ai bunkeraggi internazionali, che vengono invece trascurati a livello europeo. La differenza dell'1% che permane è da attribuirsi invece all'uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari.

La coerenza nell'andamento delle due serie storiche IEA aggiornato e BP, permette di considerare buone le approssimazioni adottate per la stima dei consumi di energia primaria di Estonia, Slovenia, Lettonia e Lituania e di adottare i dati BP per stimare il dato dell'anno 2010. La stima del dato 2010 è quindi calcolata applicando il tasso di crescita BP dell'anno 2009-2010 al dato di emissione IEA dell'anno 2009, commettendo un errore che può essere trascurato.

3.2.5 Consumo finale di energia

Come a livello globale, le stime di consumo finale di energia per il periodo 1971-2009 utilizzate nella presente tesi, derivano dai dati di consumo finale di energia (I) pubblicati nel "world Energy outlook 2011" (IEA-b, 2011) che devono però essere rivisti per tenere in considerazione della differenza tra i dati di consumo di energia primaria IEA aggiornati e quelli IEA-b.

Il consumo finale di energia coerente con i dati di consumo di energia primaria IEA aggiornati è stimata secondo la For. 3.1, mentre il fattore di conversione energetica secondo la For. 3.2.

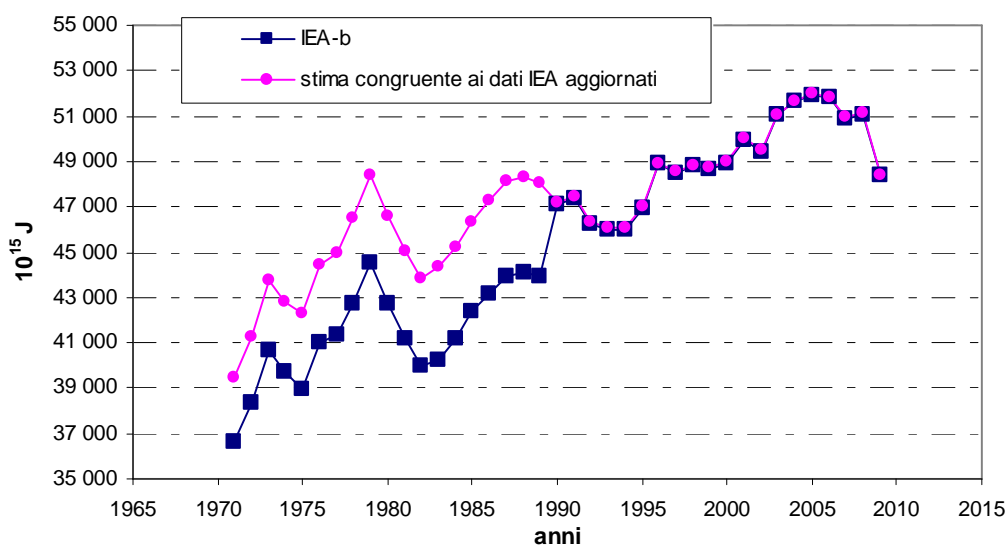


Fig. 3.7 – Confronto consumo finale di energia pubblicato nel “World Energy Outlook 2011” e la stima fatta per congruenza con i dati di consumo di energia primaria IEA aggiornati.

La differenza tra consumo finale di energia stimata (\bar{I}) e quella pubblicata nel “World Energy Outlook 2011” deriva dalla differenza tra i dati di consumo di energia primaria delle rispettive due pubblicazioni e come è evidente dal grafico sono marcate per il periodo 1971-1989, con una variazione media di 8.2% e una deviazione standard pari a 0,74%. Tale differenza è da attribuirsi all’uso di inventari diversi per il periodo precedente al 1990, e cioè nel “worldenergyoutlook2011” (IEA, 2011) non vengono considerati i consumi nazionali di alcuni paesi perché incerti, mentre nella presente tesi come già sottolineato nel capitolo precedente si è ritenuto utile considerarli. Per il periodo 1990-2009 le differenze tra i dati sono invece irrisorie, con una variazione media di 0.08% e una deviazione standard pari a 0.05%.

Nonostante i dati abbiano una notevole differenza fino al 1989, la coerenza nell’andamento della serie storica permette di considerare attendibili le stime dei consumi finali di energia e del fattore di conversione energetica.

3.2.6 Consumo di combustibili fossili

Come è stato già osservato per il consumo di energia primaria e per il consumo finale di energia, fino al 1989 i dati IEA aggiornati sono molto più vicini ai dati BP che ai dati IEA-b. Inoltre i dati IEA-b dal 1989 al 1990 presentano un salto nei dati di consumo energetico che sicuramente è lontano dal descrivere l’andamento reale dei consumi europei.

Nella presente tesi si è optato quindi per effettuare la stima di consumo di combustibile fossile considerando fino al 1989 i dati BP, mentre dal 1990 al 2009 i dati IEA-b.

Quindi la stima di consumo di combustibile fossile (\bar{C} combinato) è calcolata applicando alla for. 3.3 i dati di consumo di energia primaria IEA-aggiornati e i dati di consumo di combustibile fossile (C) e consumo di energia primaria (E) rispettivamente del rapporto “Statistical Review of World Energy 2011” (BP, 2011) fino al 1989 e del “World Energy outlook 2011” (IEA-b, 2011) dal 1990 al 2009.

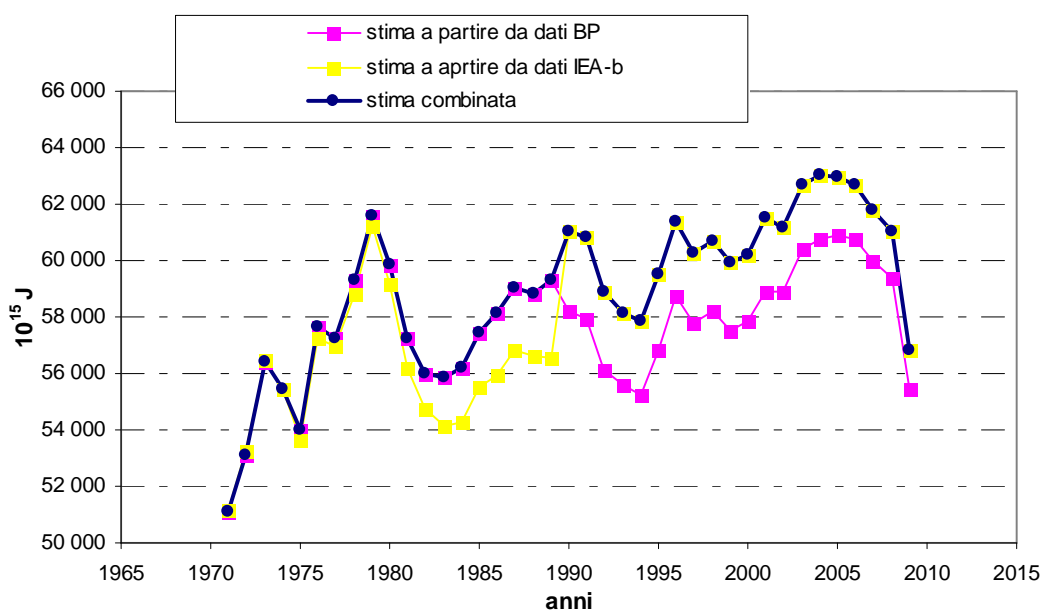


Fig. 3.8 –Confronto tra la stima combinata e le stime di consumo di combustibili fossili coerenti con i dati IEA a partire dai dati BP e IEA-b.

La stima di consumo di combustibile fossile combinata che ne deriva contiene sicuramente degli errori, ad esempio dal confronto con il trend BP si osserva che questo presenta una diminuzione dei consumi dal 1989 al 1990, mentre la stima combinata presenta in modo discordante nel 1990 un consumo più alto rispetto a quello dell'anno precedente.

Il trend così stimato è stato comunque rivisto in fase di analisi (paragrafo 4.2.11) allo scopo di rendere il trend più significativo e rappresentativo della realtà, qualità essenziale soprattutto per quanto riguarda il suo utilizzo nella costruzione delle proiezioni future.

La stima di consumo di combustibili fossili combinata così calcolata è usata per stimare i dati del consumo di combustibili fossili per energia primaria (\bar{c}), calcolati come rapporto tra la stima combinata di consumo di combustibile fossile e il consumo di energia primaria IEA aggiornato, e per stimare il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (\bar{s}), calcolato come rapporto tra le emissioni di CO₂ IEA e la stima combinata di consumo di combustibile fossile.

I valori di \bar{c} ed \bar{s} , così stimati, contenendo un errore analogamente a quanto detto per la stima combinata di consumo di combustibile fossile, sono rivisti in fase di analisi rispettivamente nei paragrafi 4.2.12 e 4.2.13.

3.3 DATI ITALIANI

Un quadro riassuntivo delle fonti dati è mostrato in tabella 3.3.

Tab. 3.3 – Fonte dati dei parametri considerati nella Kaya Identity su scala italiana

Italia	<i>fonti</i>
Emissioni di CO ₂	International Energy Agency- CO ₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; Confronto con i dati: BP(originariamente British Petroleum) - Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview_Historical data ; ISPRA-Serie storiche delle emissioni di gas serra 1990-2010 http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sinanet/serie_storiche_emissioni/CRF%201990-2010/view ;
Popolazione	International Energy Agency- CO ₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ;
PIL	International Energy Agency- CO ₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ;
consumo di energia primaria	BP(originariamente British Petroleum) - Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview_Historical data ; International Energy Agency- CO ₂ Emissions from Fuel Combustion 2011 - Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; Confronto con i dati: ENEA-Rapporto energia e ambiente 2007-2008 (http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/REA_2007/REA2007_Dati_Prima.html#nazionali); ENEA- Rapporto annuale efficienza energetica 2010 http://www.energiaenergetica.enea.it/ ;
consumo finale di energia	International Energy Agency- World Energy Outlook 2011- http://www.worldenergyoutlook.org/ (comunicazione personale membro IEA); Confronto con i dati: ENEA-Rapporto energia e ambiente 2007-2008 (http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/REA_2007/REA2007_Dati_Prima.html#nazionali); ENEA- Rapporto annuale efficienza energetica 2010 http://www.energiaenergetica.enea.it/ ;
consumo di combustibile fossile	Stimato a partire dai dati di: International Energy Agency- CO ₂ Emissions from Fuel Combustion 2011- Highlights- separate EXCEL file, http://www.iea.org/co2highlights/ ; Confronto con i dati: ENEA http://www.energiaenergetica.enea.it/ ; BP(originariamente British Petroleum)-Statistical Review of World Energy 2011 http://www.bp.com/statisticalreview_Historical data ;

3.3.1 Emissioni di CO₂

Su scala europea così come su scala mondiale le stime di emissioni di CO₂(espresse in 10⁶ tonnellate di CO₂) per il periodo 1971-2009 utilizzate in questo documento derivano dai dati pubblicati nel “CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights” (IEA, 2011).

Le stime delle emissioni di CO₂ calcolate in funzione dell’ IEA energy data20 derivano dai dati pubblicati nell’energy data del Ministero dello Sviluppo Economico Italiano e l’inventario è stato costruito secondo i metodi di default e l’uso dei fattori di emissione previsti dal Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC/OECD/IEA, Paris, 1997 facendo riferimento all’ IPCC Sectoral Approach.

Nel presente studio i dati di emissioni IEA sono stati confrontati con i dati forniti nel rapporto “Statistical Review of World Energy 2011” (BP, 2011) contenente i dati storici dal 1965 al 2010, e con i dati pubblicati nel rapporto “Serie storiche delle emissioni di gas serra 1990-2010” di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, un ente di ricerca italiano nato nel 2008) contenente i dati storici dal 1990 al 2010, allo scopo di avere una verifica della coerenza dei dati.

È stata fatta poi una stima delle emissioni di CO₂ in funzione dei consumi di combustibili fossili ENEA, adottando il fattore di emissione medio dall’uso dei combustibili fossili calcolato sulla base dei dati IEA. Come si osserva in figura le emissioni stimate sono più alte di quelle IEA, perché ENEA fornisce consumi energetici, ed in particolare quelli di origine fossile, molto più alti rispetto a quelli IEA, come si vedrà dai prossimi paragrafi.

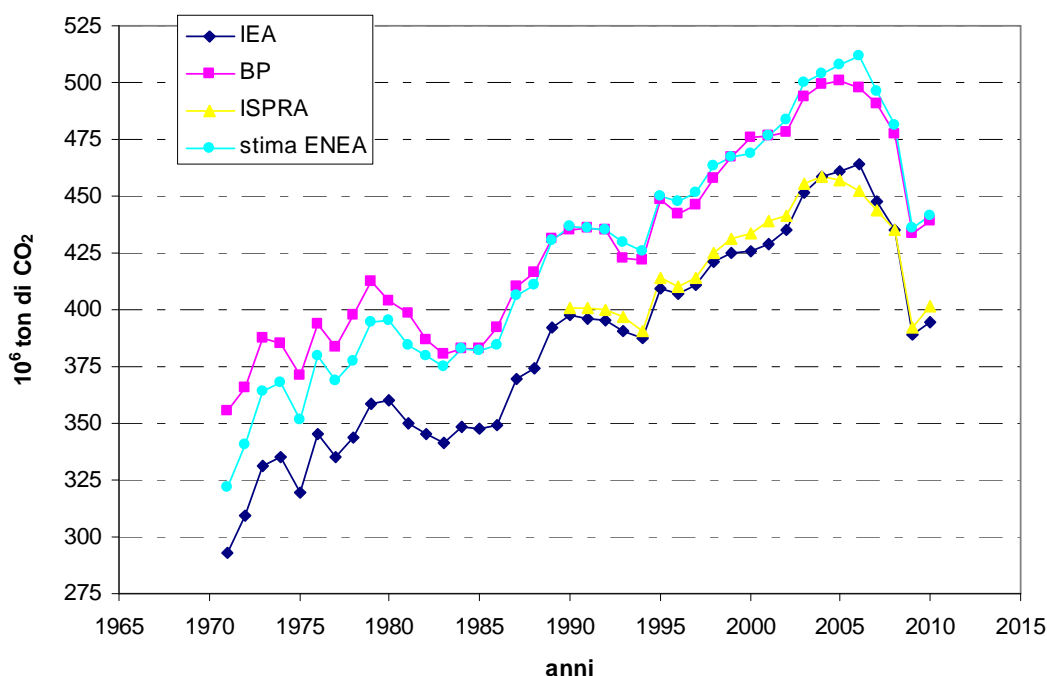


Fig. 3.9 –Confronto emissioni di CO₂ tra fonte BP, IEA, ISPRA, ENEA.

I trend di dati derivanti dalle diverse fonti dati segue il medesimo andamento, ma si può osservare che i dati IEA e ISPRA sono quasi coincidenti, mentre i dati BP rispetto ai dati IEA ed ISPRA tendono a sovrastimare le emissioni perché includono le emissioni fuggitive di trasformazioni energetiche e perché BP adotta diverse metodologie per la stima dei dati e usa una differente rete di fonti dati per la stesura degli inventari.

I dati IEA ed ISPRA presentano una differenza media di 0.76% e una deviazione standard pari a 1.07%.

I dati IEA rispetto a quelli BP presentano una differenza media del 11% con una deviazione standard pari al 3%, ma la coerenza nell'andamento delle serie storiche permette di adottare i dati BP per stimare il dato dell'anno 2010 mantenendo una buona coerenza con il resto della serie storica IEA. I dati BP, come già detto per l'Europa, tendono a sovrastimare le emissioni rispetto ai dati IEA perché includono le emissioni emesse durante le trasformazioni energetiche in raffineria, dedicate alla trasformazione di un prodotto grezzo in uno commerciabile.

Stima del dato di emissione per l'anno 2010 è stato ricavato dai dati pubblicati dal rapporto "Statistical Review of World Energy 2011" del BP. La stima del dato 2010 è stata calcolata applicando il tasso di crescita BP dell'anno 2009-2010 al dato di emissione IEA dell'anno 2009, commettendo un errore che può essere trascurato.

3.3.2 Popolazione

Come su scala mondiale ed europea le stime del numero di abitanti (esprese in 10^6 abitanti) per il periodo 1971-2009 utilizzate in questo documento corrispondono ai dati pubblicati nel "CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011).

La fonte principale dal 1970 al 2009 dei dati sulla popolazione per i paesi membri dell'OECD è "National Accounts of OECD Countries", Volume 1, OECD, Paris, 2011.

La stima del dato 2010 è stato ricavato dai dati pubblicati dall' United Nations, Department of Economic and Social Affairs (Population Division)

3.3.3 PIL

Come su scala mondiale ed europea le stime del Prodotto Interno Lordo (esprese in 10^9 US dollars con prezzi concatenati all'anno di riferimento 2000) per il periodo 1971-2009 utilizzate in questo documento corrispondono ai dati pubblicati nel "CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011) ed il PIL si è valutato sia in termini di market exchange rates (MER) che di purchasing power parity (PPP).

A scopo di confrontare i dati italiani con quelli lombardi oltre ad esprimere i dati di PIL(MER) e PIL(PPP) in US dollars sono stati stimati a livello nazionale i dati di PIL espressi in euro, PILItalia(€), a partire dai dati pubblicati dalla fonte Istat, Conti economici nazionali, con dati aggiornati al 21 ottobre 2011.

La stima del dato 2010 è stato ricavato dai dati pubblicati nel "Rapporto annuale efficienza energetica 2010" dell'Enea.

3.3.4 Consumo di energia primaria

Su scala Italiana si sono considerati come dati di consumo di energia primaria (esprese in petajoules) per il periodo 1971-2010 parallelamente i dati pubblicati da due diverse fonti dati IEA ed ENEA (l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) allo scopo oltre che di verifica e confronto anche di creare una coerenza rispettivamente con le analisi globali ed europee, nel caso dei dati IEA, e con le analisi lombarde nel caso dei dati ENEA.

Si sono considerati quindi sia i dati pubblicati nel "CO2Emissions from Fuel Combustion 2011 – Highlights" (IEA, 2011) coincidenti nel caso dell'Italia con i dati pubblicati nel "World energy outlook 2011" (IEA-b, 2011), sia i dati pubblicati nei bilanci energetici italiani del "Rapporto energia e ambiente 2007-2008 (ENEA, 2008) per il periodo 1971-2008, e del "Rapporto annuale efficienza energetica 2010" dell'Enea per gli anni 2009-2010.

Allo scopo di avere una verifica della coerenza dei dati, i valori di consumo di energia primaria IEA ed ENEA sono stati confrontati con i dati pubblicati nel rapporto "Statistical Review of World Energy 2011" (BP, 2011) contenente i dati storici dal 1965 al 2010.

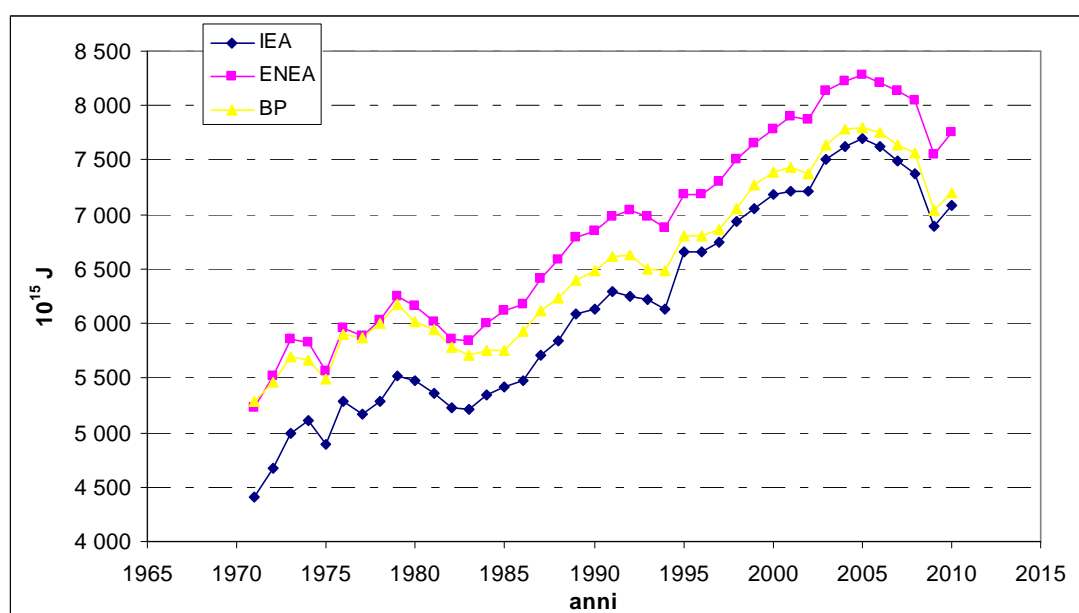


Fig. 3.10 – Confronto consumo di energia primaria tra fonte ENEA, IEA e BP

Si può osservare una significativa differenza tra i dati IEA ed ENEA che mediamente è pari all'11% ma tocca un massimo del 18% con un valore di deviazione standard molto alto e pari a 2.7%.

Tali differenze sono da imputarsi all'uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari. Sarebbe stato utile individuare i consumi energetici considerati dall'ENEA, ed invece omessi dai bilanci IEA, tali da far

registrare una così importante differenza, ma non è stato possibile ottenere chiarimenti, anche tramite richiesta ai rispettivi enti.

La stima del dato 2010 è stato ricavato applicando il tasso di crescita 2009-2010 dei dati pubblicati nel “Rapporto annuale efficienza energetica 2010” dell’Enea.

3.3.5 Consumo finale di energia

Analogamente a quanto detto nel paragrafo precedente dedicato al consumo di energia primaria, anche per quanto riguarda i dati di consumo finale di energia si sono considerati parallelamente i dati pubblicati dalle due diverse fonti dati IEA ed ENEA.

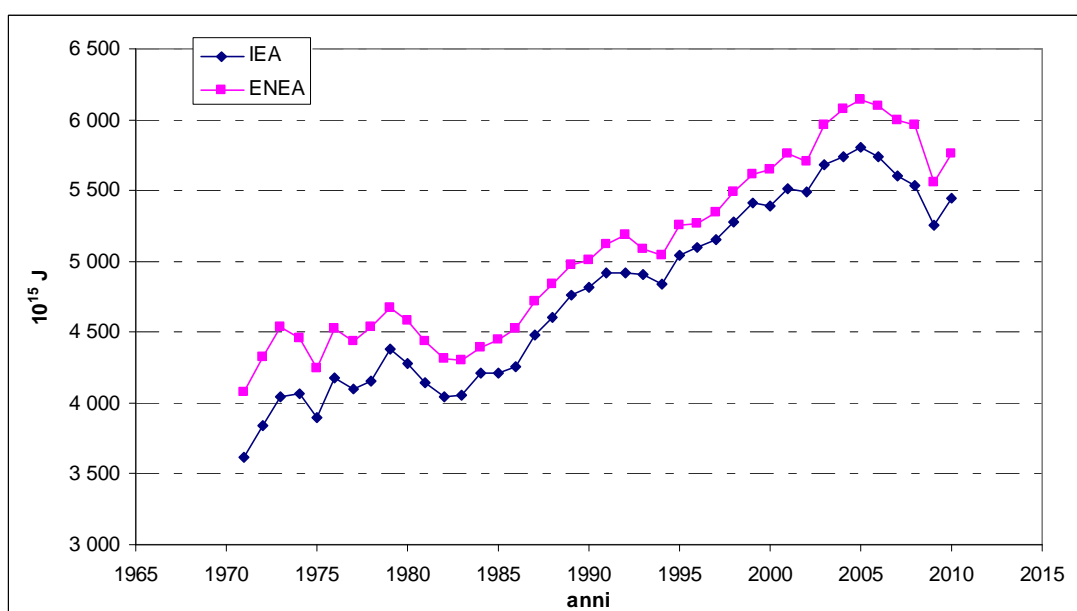


Fig. 3.11 –Confronto consumo di energia primaria tra fonte ENEA e IEA

La differenza tra i dati di consumo finale di energia IEA ed ENEA è leggermente inferiore rispetto a quella registrata per i dati di consumo di energia primaria, ma è comunque significativa ed assume un valore medio pari al 6%, tocca un massimo del 12% e presenta un valore di deviazione standard molto alto e pari a 2.5%.

La stima del dato 2010 è stato ricavato applicando il tasso di crescita 2009-2010 dei dati pubblicati nel “Rapporto annuale efficienza energetica 2010” dell’Enea.

Il fattore di conversione energetica (k) è stata quindi calcolata come rapporto tra il consumo di energia primaria e il consumo finale di energia delle due rispettive fonti dati ottenendo

3.3.6 Consumo di combustibili fossili

Anche per quanto riguarda i dati di consumo di combustibili fossili (esprese in petajoules) si sono considerati parallelamente i dati pubblicati dalle due diverse fonti dati IEA ed ENEA.

Per quanto riguarda i dati IEA si sono considerati i dati pubblicati nel “World Energy outlook 2011” (IEA-b, 2011), mentre come dati ENEA i dati pubblicati nel rapporto “sistema energetico italiano 20-20-20” (ENEA, 2010) che contiene i dati di consumo di combustibili fossili per i soli anni 2000-2009.

Dal seguente grafico si può osservare come l’andamento del trend ENEA (2000-2009) segue lo stesso andamento del trend IEA, quindi con buona approssimazione si può ricostruire il trend storico ENEA applicando i tassi di crescita dei dati IEA (stima ENEA-trend IEA).

La stima ENEA-trendIEA è molto approssimativa e contiene sicuramente degli errori, come si vedrà meglio in fase di analisi. Il trend così stimato è stato infatti rivisto in fase di analisi (paragrafo 4.3.11) allo scopo di rendere il trend più significativo.

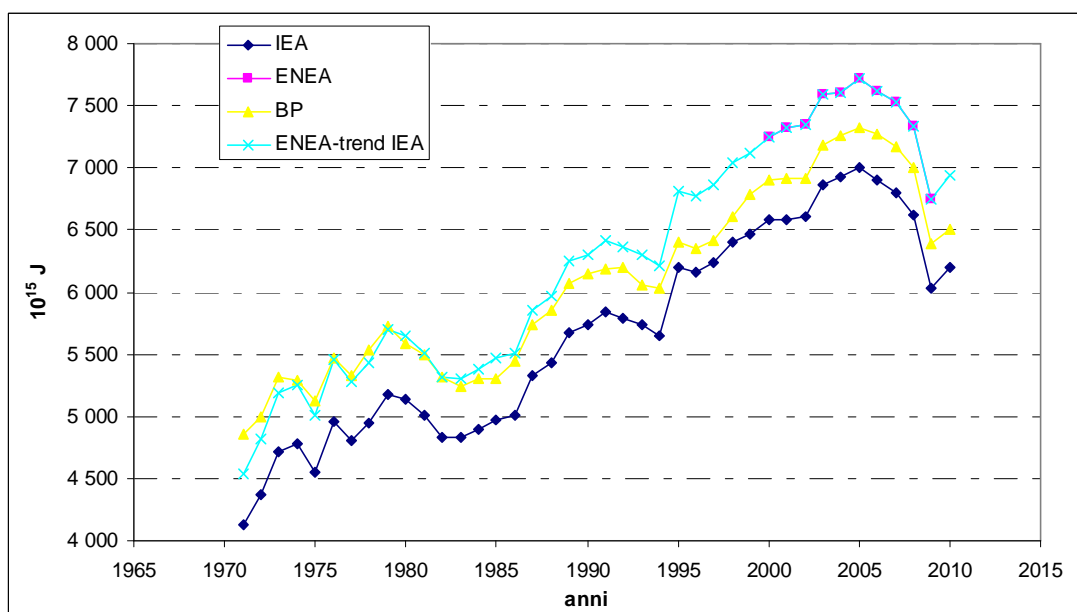


Fig. 3.12 –Confronto consumo di combustibili fossili tra fonte ENEA, IEA e BP e ricostruzione del trend storico ENEA

Le due serie storiche di consumo di combustibile fossile così stimate (IEA ed ENEA-trend IEA) sono usate per stimare i dati del consumo di combustibili fossili per energia primaria (\bar{c}), calcolati come rapporto tra il consumo di combustibile fossile e il consumo di energia primaria e per stimare il fattore di emissione medio dall’uso dei combustibili fossili (\bar{s}), calcolato come rapporto tra le emissioni di CO₂ e il consumo di combustibile fossile.

3.4 DATI LOMBARDI

Un quadro riassuntivo delle fonti dati è mostrato in tabella 3.4.

Tab. 3.4 – Fonte dati dei parametri considerati nella Kaya Identity su scala lombarda

Lombardia	<i>fonti</i>
Emissioni di CO ₂	Stimato a partire dai dati di: Arpa http://ita.arpalombardia.it/ita/servizi/rsa/index_rsa.asp ; Confronto con i dati: Ispra http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Sistema_Agenzie/ARPA_Lombardia/ ; Sirena http://sirena.cestec.eu/sirena/index.jsp ; Inemar http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/ ;
Popolazione	Istituto nazionale di statistica (ISTAT) http://sitis.istat.it/sitis/html/ ;
PIL	Istituto nazionale di statistica (ISTAT) http://sitis.istat.it/sitis/html/ ;
consumo di energia primaria	Stimato a partire dai dati di: ENEA http://www.energiaenergetica.enea.it/ ;
consumo finale di energia	ENEA http://www.energiaenergetica.enea.it/ ; Confronto con i dati: Sirena http://sirena.cestec.eu/sirena/private/region/enoffer/changeYear ;
consumo di combustibile fossile	Stimato a partire dai dati di: ENEA http://www.energiaenergetica.enea.it/ ;

A livello lombardo sia i dati di emissione di CO₂ che i dati di consumo energetico sono disponibili solo a partire dal 1990 fino al 2010.

3.4.1 Emissioni di CO₂

In Lombardia i dati di emissioni di CO₂ (esprese in 10⁶ tonnellate di CO₂) del periodo 1990-2010 sono stati stimati a partire dalle fonti dati:

- ARPA (Agenzie Regionali per la Prevenzione e Protezione Ambientale), che fornisce i dati per gli anni: 1990, 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008 ;
- CESTEC-SIRENA, che fornisce i dati per il periodo storico 2000-2010.

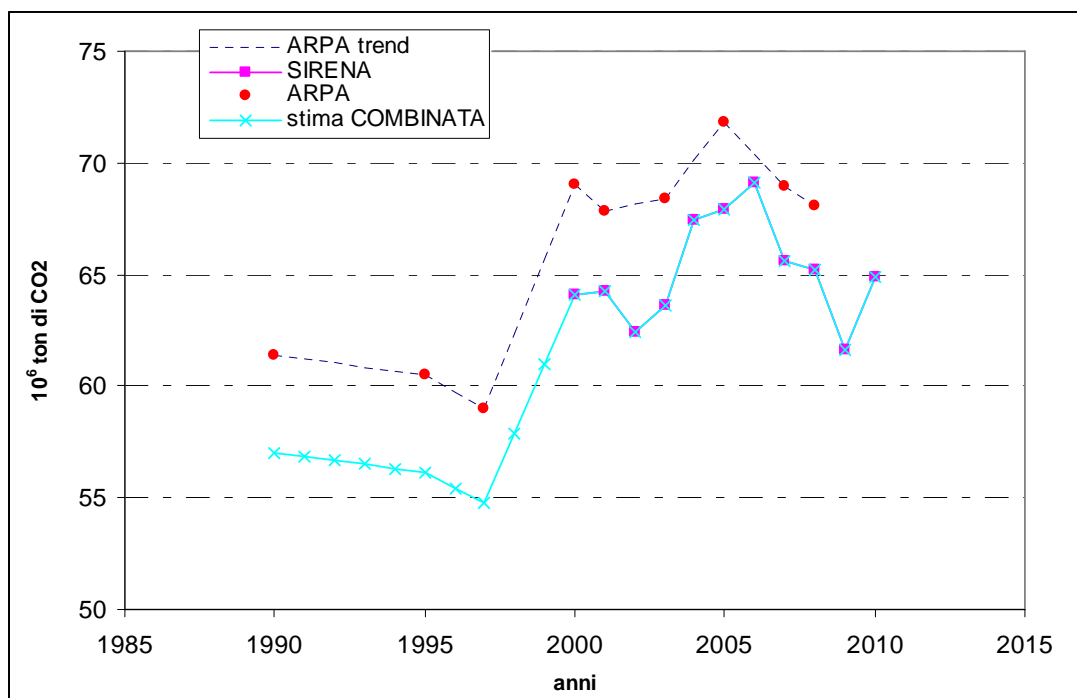


Fig. 3.13 –Confronto emissioni di CO₂ tra fonti ARPA e SIRENA e stima COMBINATA

Dal confronto tra i dati dei due enti si osserva come se pur i dati abbiano valori differenti a causa delle diverse metodologie usate, i dati dei due enti seguano dei trend coerenti tra loro. Arpa tende a sovrastimare i dati rispetto a SIRENA con una variazione media di +5.32% che tende a mantenersi costante nel tempo ed dovuta alle emissioni originate da processi industriali, quali produzione di cemento e ossidazione di composti non idrocarburici.

Per la stima dei dati mancanti del trend storico SIRENA si sono adottati i tassi di crescita dei dati ARPA, ottenendo una stima COMBINATA, che viene poi utilizzata in fase di analisi.

È importante tener conto che per gli anni precedenti al 2000, a parte il 1990, 1995, 1997, gli altri dati di emissioni annuali derivano da un procedimento di regressione lineare e il dato del 1997 è con alta probabilità sottostimato.

3.4.2 Popolazione

Le stime del numero di abitanti (espresse in 10⁶ abitanti) per il periodo 1990-2010 utilizzate in questo documento sono state fatte a partire dai dati pubblicati dall'ISTAT nella "Tavola 2.3.2 - Popolazione residente a inizio anno per regione - Anni 1952-2010 (valori assoluti)".

Nel periodo intercensuario la popolazione residente è stata ricostruita secondo una metodologia di calcolo che è disponibile sulle pubblicazioni: Golini, A. et al., 1983 e Istat, 1985, 1996, 2006.

3.4.3 PIL

A livello lombardo il Prodotto Interno Lordo per il periodo 1990-2010 espresso in 10^9 US dollars con prezzi concatenati all'anno di riferimento 2000, coerentemente con i dati su scala nazionale, europea e globale ($PIL(MER)^{Lombardia}$, $PIL(PPP)^{Lombardia}$), è stato stimato a partire dai dati di PIL italiani espressi in milioni di euro, con prezzi concatenati anno di riferimento 2000, e un indicatore statistico annuale IS^{PIL} , calcolato come rapporto tra i dati di PIL nazionale, $PIL^{Italia}(\text{€})$ e i dati su scala regionale, $PIL^{Lombardia}(\text{€})$ entrambi espressi in euro.

Attraverso un approccio "top-down" l' IS^{PIL} permette di disaggregare a livello lombardo i dati di PIL su scala italiana espressi in US dollars con anno di riferimento 2000, definiti e misurati usando sia il market Exchange rates (MER) che il purchasing power parity (PPP).

$$IS^{GDP} = \left(\frac{GDP^{Italia}(\text{€})}{GDP^{Lombardia}(\text{€})} \right) \quad (3.6)$$

$$GDP(MER)^{Lombardia}(\$) = IS^{GDP} \cdot GDP(MER)^{Italia}(\text{€}) \quad (3.7)$$

$$GDP(PPP)^{Lombardia}(\$) = IS^{GDP} \cdot GDP(PPP)^{Italia}(\text{€}) \quad (3.8)$$

I dati di Prodotto interno lordo, per il periodo 1995-2010, espressi in milioni di euro riferiti al territorio lombardo, $PIL^{Lombardia}(\text{€})$, sono stati ricavati dai dati pubblicati dall'Istat al riferimento "Prodotto interno lordo- valori concatenati con anno di riferimento 2000" (<http://www.istat.it/it/lombardia>), mentre i dati per il periodo 1990-1994 sono stati stimati a partire dai dati di Prodotto interno lordo a prezzi concatenati 1990 espressi in lire scaricabili alla fonte Istat, Conti economici regionali, più facilmente rintracciabili attraverso l'annuario statistico regionale ASR Lombardia ([http://www.asr-lombardia.it/ASR/conti-economici-territoriali/pil-e-valore-aggiunto-\(istat\)/dati-di-archivio/tavole/1200/g/](http://www.asr-lombardia.it/ASR/conti-economici-territoriali/pil-e-valore-aggiunto-(istat)/dati-di-archivio/tavole/1200/g/)).

3.4.4 Consumo di energia primaria

I dati di consumo di energia primaria (espressi in petajoules) per il periodo 1990-2010 utilizzati nella presente tesi sono stati stimati a partire dai dati pubblicati nel rapporto “Bilanci Energetici Regionali 2005-2008 e Statistiche energetiche 1988-2008” (ENEA, 2008) per costruire il trend storico fino al 2008, mentre per i dati degli anni 2009 e 2010 sono stati applicati i tassi di crescita dei dati provvisori pubblicati da SIRENA (Schemi Bilancio Energetico Regionale).

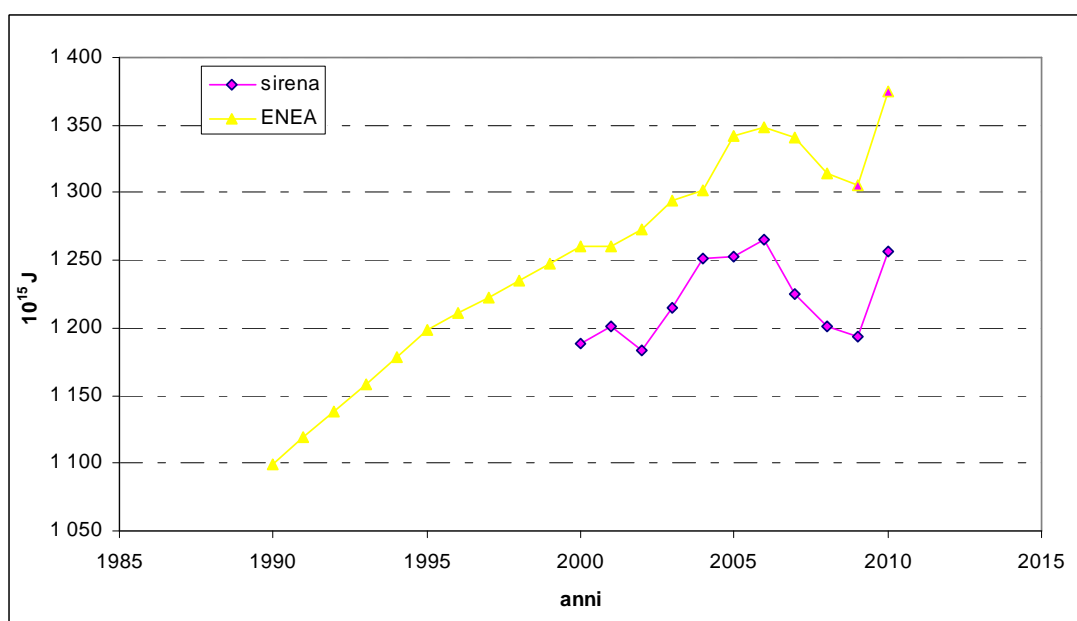


Fig. 3.14 – Confronto consumo di energia primaria tra fonte ENEA e SIRENA

Le differenze tra i dati ENEA e IEA sono da imputarsi all’uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari.

3.4.5 Consumo finale di energia

I dati di consumo finale di energia (espressi in petajoules) per il periodo 1990-2010 utilizzati nella presente tesi sono stati stimati a partire dai dati pubblicati nel rapporto “Bilanci Energetici Regionali 2005-2008 e Statistiche energetiche 1988-2008” (ENEA, 2008) per costruire il trend storico fino al 2008, mentre per i dati degli anni 2009 e 2010 sono stati applicati i tassi di crescita dei dati provvisori pubblicati da SIRENA (Schemi Bilancio Energetico Regionale).

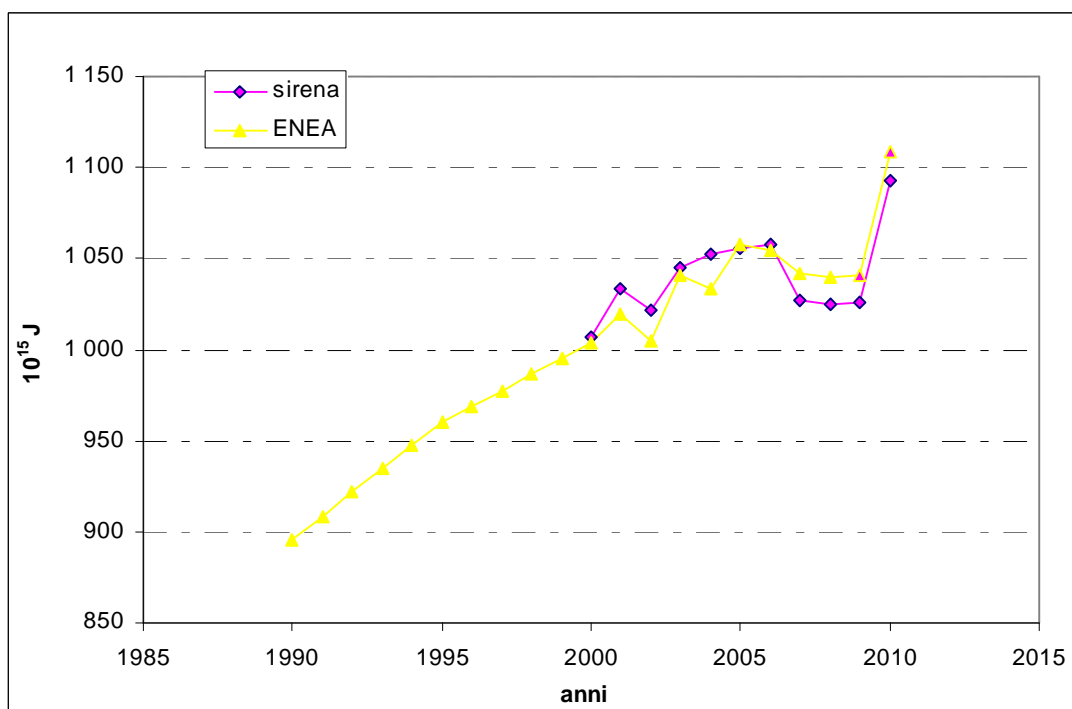


Fig. 3.15 – Confronto consumo finale di energia tra fonte ENEA e SIRENA

Le differenze tra i dati ENEA e IEA sono da imputarsi all’uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari.

Il fattore di conversione energetica (k) è stata quindi calcolata come rapporto tra il consumo di energia primaria e il consumo finale di energia ENEA.

3.4.6 Consumo di combustibili fossili

I dati di consumo di combustibili fossili (espressi in petajoules) per il periodo 1990-2008 utilizzati nella presente tesi sono stati stimati a partire dai dati pubblicati nel rapporto “Bilanci Energetici Regionali 2005-2008 e Statistiche energetiche 1988-2008” (ENE A, 2008), mentre per la stima dei dati degli anni 2009 e 2010 sono stati applicati ai dati ENEA i tassi di crescita dei dati provvisori pubblicati da SIRENA (Schemi Bilancio Energetico Regionale).

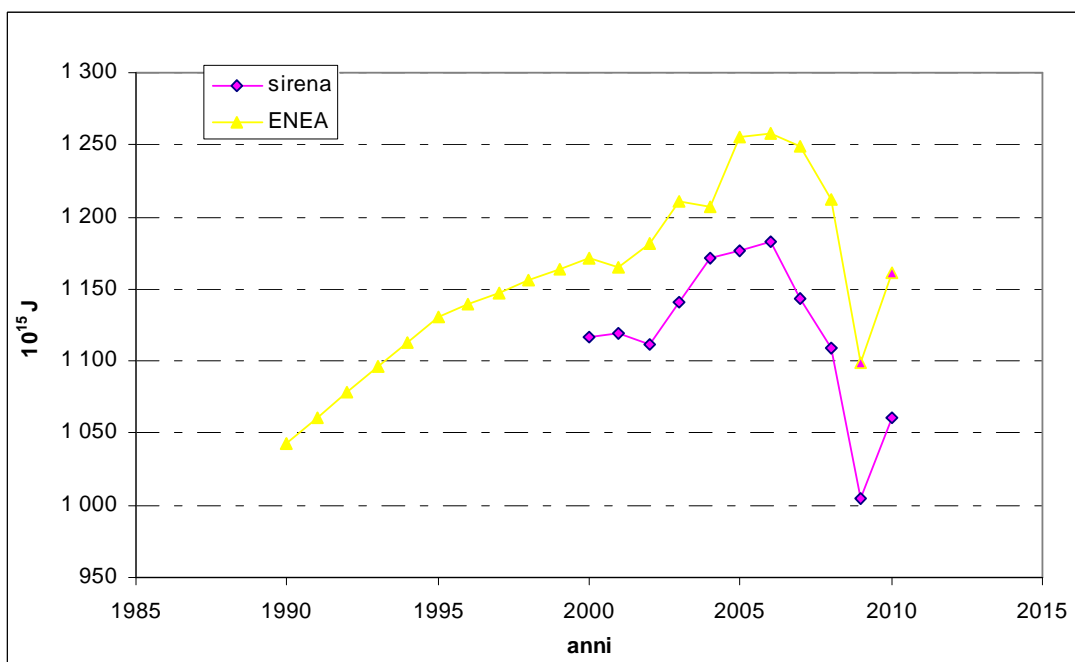


Fig. 3.16 – Confronto consumo di combustibili fossili tra fonte ENEA e SIRENA

Le differenze tra i dati ENEA e IEA sono da imputarsi all'uso di diverse metodologie per la stima dei dati e a una differente rete delle fonti dati per la stesura degli inventari.

La serie storica di consumo di combustibile fossile così stimata (ENEA) è usata per calcolare i dati del consumo di combustibili fossili per energia primaria (\bar{c}) e del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (\bar{s}).

3.5 SIGNIFICATIVITÀ DEI DATI

La raccolta dati non è stata semplice, perché alcuni di essi non erano liberamente scaricabili ed è stato necessario contattare l'ente responsabile.

Ancor più complesso è stato reperire informazioni riguardo alle metodologie adottate per la costruzione dei diversi inventari e in più punti, all'interno del capitolo, non è stato possibile chiarire con precisione le motivazioni per cui i dati derivanti da differenti enti fossero poco coerenti tra loro, non tanto nei trend, ma per i valori assunti nei singoli anni.

I diversi enti, accanto ai dati proposti, non ne hanno pubblicato il grado di significatività, quindi anche nella presente tesi non è possibile valutarlo. Le differenze riscontrate tra i dati pubblicati dai diversi enti evidenziano la necessità di omogeneizzare i metodi di stima e la nomenclatura usata, per renderne più semplice il confronto e più certi i risultati di studi analoghi alla presente tesi.

Tuttavia, la coerenza ritrovata nei trend e quindi nei tassi di crescita o riduzione dei diversi parametri permette di stabilire con un buon grado di probabilità i futuri tassi di crescita

delle emissioni di CO₂ nei diversi scenari proposti nel capitolo 5 e il grado di impegno da attuare per raggiungere gli obiettivi proposti nel capitolo 6.

Un'eccezione va fatta sui dati lombardi, di cui è stato possibile ricostruire un trend storico più limitato e spesso più incerto, conseguiranno quindi stime future altrettanto incerte.

4

ANALISI DRIVERS E APPLICAZIONE DELLA KAYA IDENTITY

In questo capitolo vengono analizzati i trend storici delle emissioni di CO₂ e dei drivers utilizzati nella Kaya Identity espressa a quattro e a sei parametri, sia su scala mondiale che regionale.

4.1 SCALA MONDIALE

A livello mondiale, le serie storiche raccolgono i dati dal 1971 al 2010, ad eccezione delle serie storiche del fattore di conversione energetica e intensità energetica finale del PIL, che essendo in funzione del consumo finale di energia sono limitati al 2009.

4.1.1 Emissioni di CO₂, Mondo

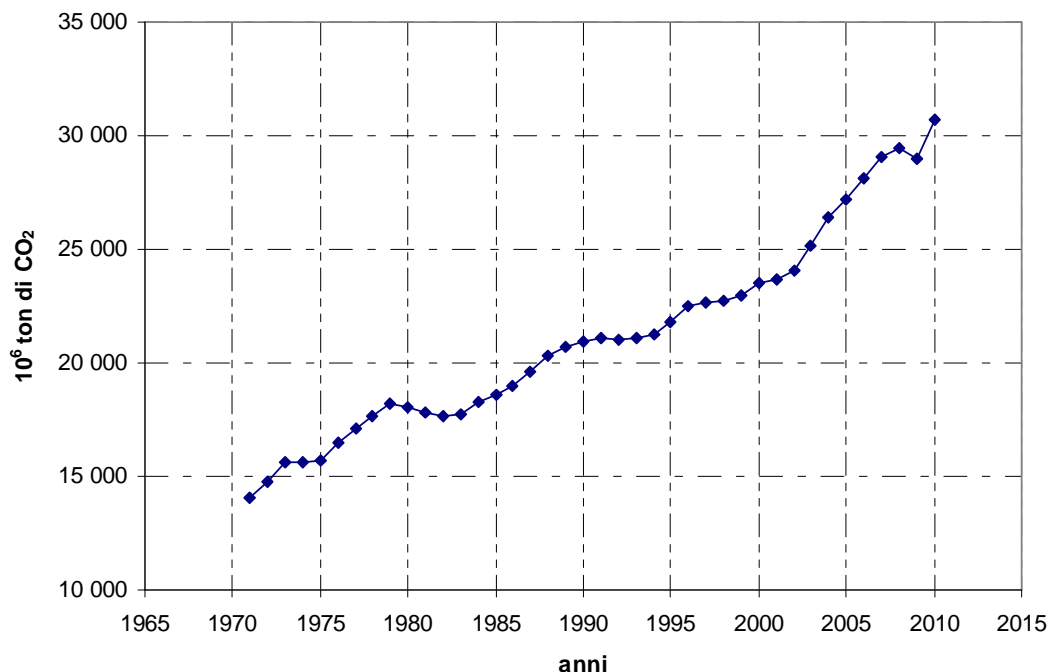


Fig. 4.1 – Mondo: trend storico emissioni di CO₂ (1971-2010)

Dal monitoraggio delle tendenze delle emissioni di CO₂ indietro per quattro decenni si osserva un trend in continua crescita con un tasso annuo medio del 2.0%. Si possono distinguere quattro periodi: 1971-1980 con un tasso annuo medio del +2.8%, 1980-1990 con una lenta crescita del +1.5%, che ha continuato durante il 1990-2000 con un valore del +1.2%, e 2000-2010 con un tasso annuo medio che torna a crescere a 2.7%, molto più alto rispetto ai due precedenti decenni. Tuttavia, quando si confrontano i tassi di crescita di CO₂ per ogni decennio, oltre ad osservare l'andamento medio del trend, è importante notare che si verificano delle diminuzioni di emissioni per le escursioni di prezzo del carburante e per periodi di turbolenze economiche e politiche di seguito evidenziati.

Gli anni '70 vedono la prima crisi del prezzo del petrolio, che causa una recessione nel 1974-1975 nella maggior parte dei paesi OECD e non-OECD; gli anni '80 vivono una seconda crisi del petrolio, che porta ad una recessione globale nel 1980-1980. Alla fine degli anni '80 e nei primi anni '90 si verifica la frammentazione del blocco orientale e la prima guerra del Golfo, con una recessione globale nel 1992-1993. La crisi finanziaria asiatica nel 1998 causa una recessione globale che mostra tassi di crescita negativi soprattutto nei paesi asiatici come il Giappone, Corea del Sud, Indonesia, ma che colpisce anche la Russia. Infine, l'ultimo decennio vede con l'11 settembre e con la seconda guerra in Iraq una recessione globale nel 2001 e 2002, che porta comunque ad una crescita negativa solo in paesi specifici. Nel 2009 la crisi globale causa una recessione su scala mondiale con gravi ripercussioni sulla maggior parte delle economie.

Con la recessione del 2002, il tasso annuo di crescita è del 0.8% e 1.7% rispettivamente nel 2001 e 2002. Dal 2003 al 2007 i tassi annui tornano a valori alti del 4-3% annuo. Nel 2008 il tasso di crescita diminuisce all'1.4% mantenendosi comunque positivo, per arrivare nel 2009 ad un tasso negativo dell'1.5%.

La diminuzione di emissioni di CO₂ avvenuta nel 2009 è comunque minima se paragonata alla crescita repentina avvenuta nel 2010, con un valore assoluto di 1.7 miliardi di tonnellate di CO₂ aggiuntivi, che porta a circa 30.7 miliardi di tonnellate di emissioni di CO₂ per il 2010, con un tasso di crescita rispetto all'anno precedente pari al 5.8%, valore che non ha precedenti negli ultimi tre decenni.

Questa crescita di oltre il 5% dopo un anno di calo delle emissioni globali è paragonabile solo ai dati registrati dopo la crisi petrolifera del 1974-1975.

Questa forte ripresa delle emissioni di CO₂ è attribuibile non solo ad un aumento notevole delle emissioni di Cina e India, rispettivamente del 10% e del 9%, principalmente legate ad un incremento del consumo di carbone, ma anche al contributo della maggior parte dei paesi OECD, quali Unione Europea, USA, Giappone e Russia, che nel 2010 anch'esse aumentano le emissioni, senza però superare la diminuzione di emissioni avvenuta nel 2009.

L'incremento di emissioni nei paesi emergenti notevolmente più alto che in molti paesi OECD, è dovuto in parte alla delocalizzazione industriale, con il relativo fenomeno di trasferimento geografico delle emissioni. Questo argomento verrà meglio ripreso nel paragrafo dedicato al confronto tra paesi OECD e non-OECD.

4.1.2 Popolazione, Mondo

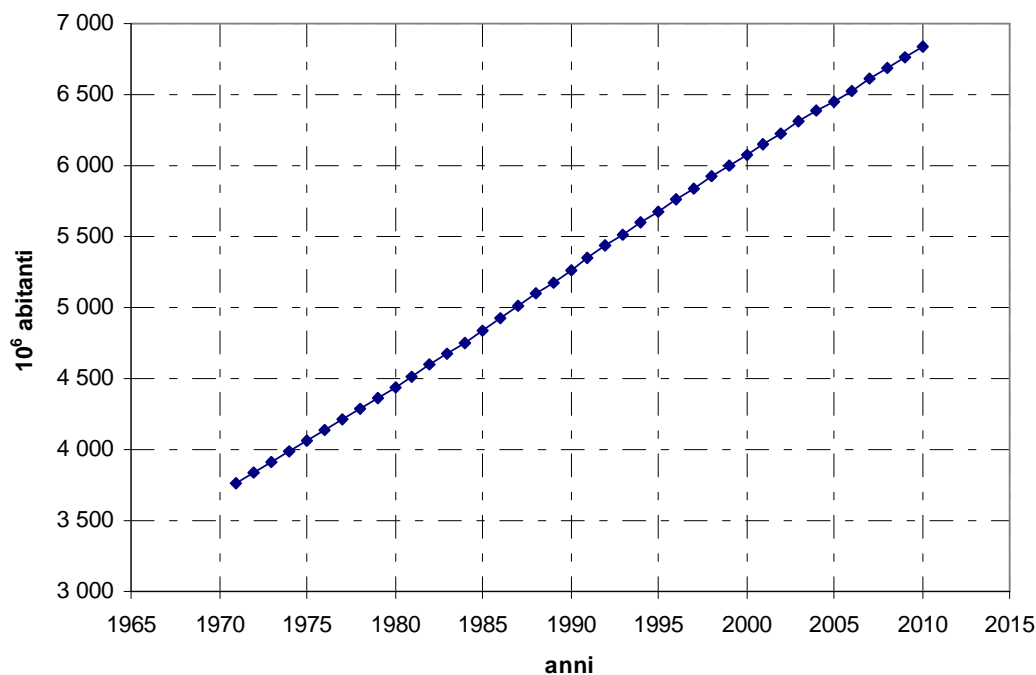


Fig. 4.2 – Mondo: trend storico popolazione (1971-2010)

Si stima che la popolazione mondiale abbia raggiunto il miliardo per la prima volta nel 1804. Ci sarebbero voluti altri 123 anni prima di raggiungere due miliardi nel 1927, ma solo 33 anni per aumentare di un altro miliardo di persone, raggiungendo 3 miliardi nel 1960. Successivamente, la popolazione mondiale raggiunge 4 miliardi nel 1974, 5 miliardi nel 1987, 6 miliardi nel 1999 e, secondo una stima del United Nations Population Fund, 7 miliardi nel mese di ottobre 2011. (The United States Census Bureau, tuttavia, prevede che la popolazione mondiale non avrebbe raggiunto i 7 miliardi prima degli inizi del 2012.)

La popolazione mondiale ha conosciuto una crescita continua sin dalla fine della Grande Carestia e la Morte Nera nel 1350, quando era pari a circa 370 milioni. I più alti tassi di crescita, con un aumento globale di oltre 1.8% l'anno, si sono visti durante 1950 e per un periodo più lungo durante gli anni 1960 e 1970. Il tasso di crescita raggiunge un picco del 2.12% nel 1969, per diminuire progressivamente nel 2010 con un tasso di crescita del 1.15%.

4.1.3 PIL, Mondo

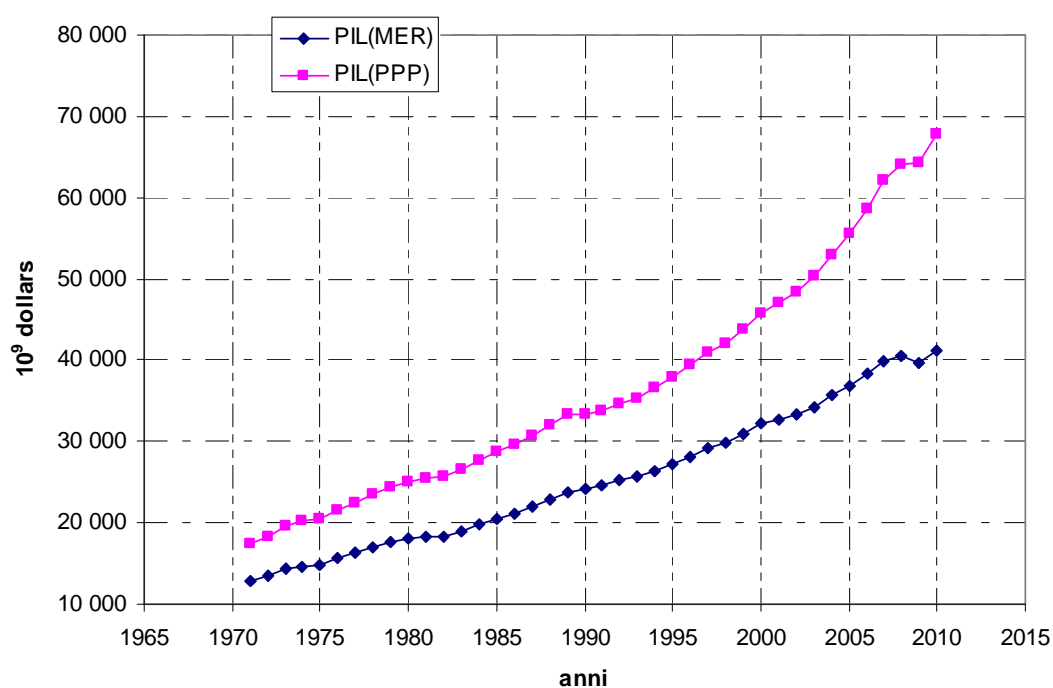


Fig. 4.3 – Mondo: trend storico PIL (1971-2010)

L'economia globale, dopo una progressiva crescita del PIL, entra alla fine del 2008 in una grave recessione a causa di una massiccia crisi finanziaria, che colpisce le economie di tutto il

mondo. Le economie avanzate sperimentano un inedito 7.5% di declino del PIL reale nel quarto trimestre del 2008.

Nel periodo 1971-2010, mediamente il trend del PIL è in crescita con un tasso medio di incremento annuale del 3.1% in termini di PIL(MER) e del 3.6% in termini di PIL(PPP). Tuttavia, esaminando i dati storici relativi a rallentamenti economici globali, si individuano nella storia recente, gli anni 1975, 1982, 1991, 1998 e 2001, già visti nell'analisi delle emissioni di CO₂.

Facendo riferimento al PIL(MER) si osservano rallentamenti della crescita rispetto al tasso medio annuale: negli anni 1974,1975 con valori del tasso di crescita del 1.7% e 1.1%, nel 1981,1982 con valori di 1.8% e 0.3%, nel 1991 e 1993 con valori del 1.5% e 1.7%, nel 1998 con valore di 2.4% (la crisi finanziaria asiatica fa registrare una rallentamento molto debole sul PIL globale), nel 2001 con valore di 1.6%. Si arriva poi a una crisi senza precedenti negli anni 2008 e 2009 con tassi di crescita del 1.5% nel 2008 e un tasso addirittura negativo rispetto all'anno precedente già in rallentamento del - 2% nel 2009.

Facendo riferimento al PIL(PPP) si osservano rallentamenti della crescita rispetto al tasso medio annuale molto meno accentuati rispetto a quelli che si osservano in termini di PIL(MER), in quanto i tassi di cambio di mercato sono maggiormente influenzati da fattori politici e finanziari rispetto a quanto lo siano i tassi a parità di potere d'acquisto. Solo nel 1990, in concomitanza con l'inizio della guerra del Golfo, il PIL(PPP) registra un rallentamento maggiore rispetto al PIL(MER). In termini di PIL(PPP) si osservano quindi negli anni 1974,1975 valori del tasso di crescita del 2.8% e 1.9%, nel 1981,1982 valori di 1.8% e 0.9%, nel 1990,1991 valori del 0.2% e 1.4%. Nel 2001 il rallentamento è poco visibile, diversamente da quanto accade esprimendo il PIL in termini di MER. Si arriva poi alla grande crisi del 2008 e 2009 con tassi di crescita rispettivamente di 3.2%, che si discosta di poco dal tasso medio, e di 0.2%, che registra il tasso di crescita minimo degli ultimi quattro decenni, mantenendosi comunque molto al di sopra del valore di recessione registrato in termini di PIL(MER).

4.1.4 PIL pro-capite, Mondo

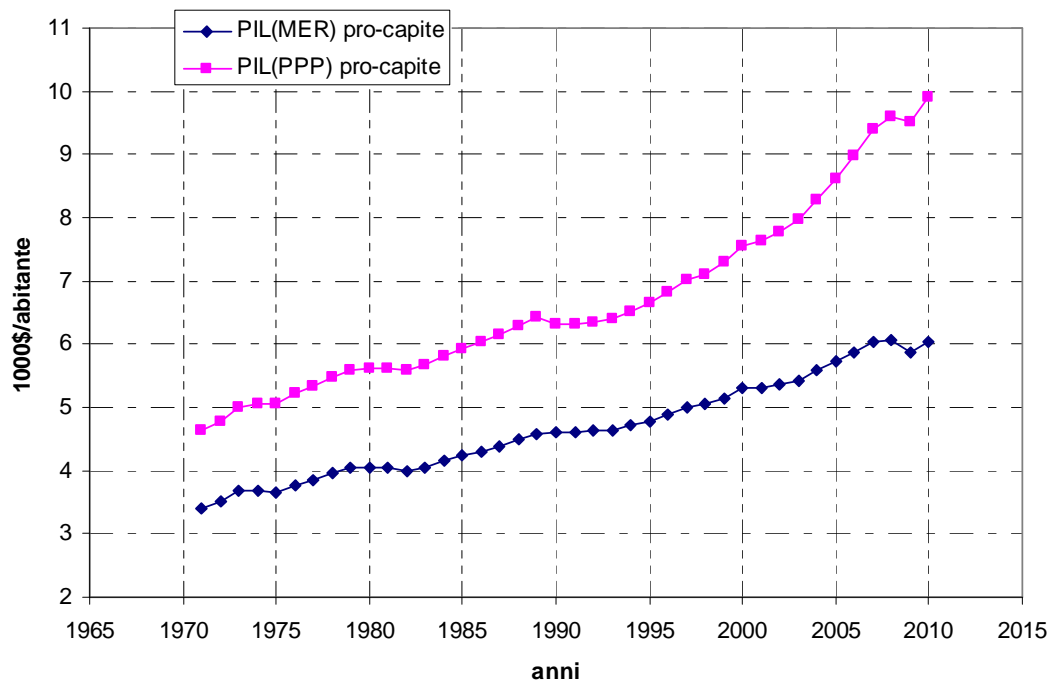


Fig. 4.4 – Mondo: trend storico PIL pro-capite (1971-2010)

Il PIL pro-capite (g) calcolato come rapporto tra i dati annuali di PIL (G) e di popolazione (P) è espresso in 1000 \$ pro-capite. Segue un trend analogo a quello del PIL, ma più schiacciato: il PIL(MER) pro-capite presenta un tasso medio di incremento annuale pari a 1.5% minore rispetto al 3.1% del PIL(MER), mentre il PIL(PPP) pro-capite presenta un tasso annuale medio del 2% minore rispetto al 3.5% di PIL(PPP).

Esaminando i trend di PIL pro-capite si individuano rallentamenti economici rispetto al trend medio di crescita analogamente a quanto visto per il PIL. L'andamento del trend di PIL pro-capite non è particolarmente diverso da quello del PIL, perché il trend della popolazione cresce in modo costante nel tempo e rapportandosi al PIL ne lascia evidenti le variazioni dei tassi di crescita tra un anno e un altro.

4.1.5 Consumo di energia primaria, Mondo

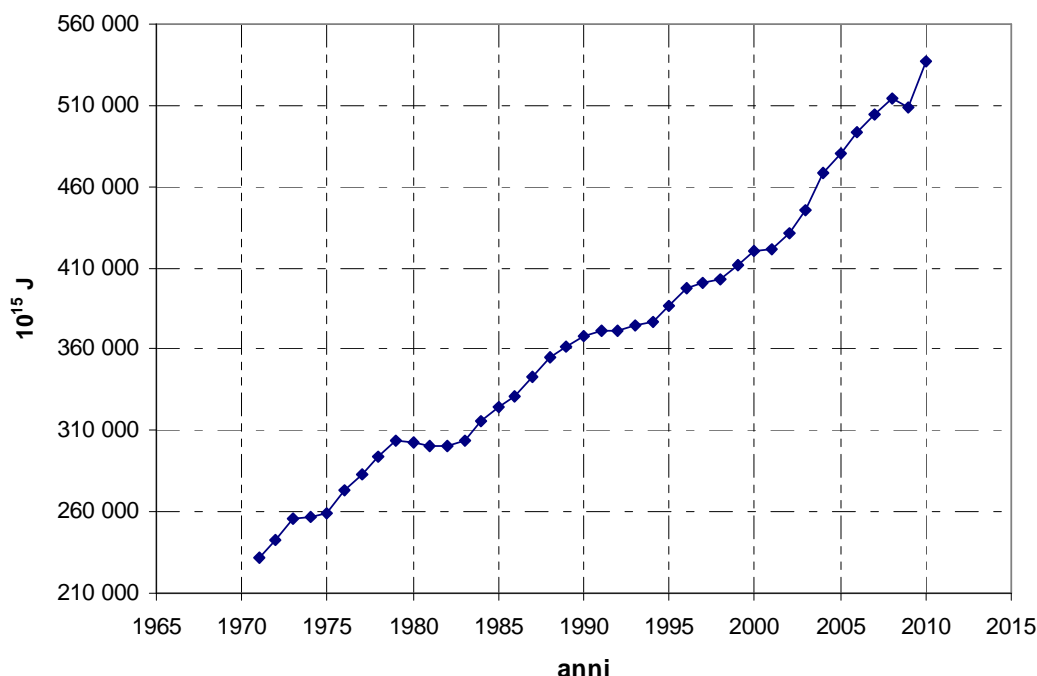


Fig. 4.5 – Mondo: trend storico consumo di energia primaria (1971-2010)

Il consumo di energia primaria (espresso in MJ) segue un trend di crescita continuo con rallentamenti nei momenti di recessione globale individuati nei paragrafi precedenti. Presenta una fortissima correlazione con le emissioni di CO₂, mentre non è sempre evidente con il PIL globale, che spesso viene influenzato dal mercato finanziario che non è necessariamente mosso dalla diversa disponibilità energetica nel corso degli anni. Ad esempio il PIL mondiale non risente della crisi finanziaria asiatica del 1998, mentre i trend dei consumi energetici e delle emissioni presentano un leggero rallentamento.

Nel periodo 1971-2010 il trend di consumo di energia primaria si presenta in crescita con un tasso medio di incremento annuale del 2.2%. Si osservano però rallentamenti del trend negli anni: 1974, 1975 con valori del tasso di crescita di 0.6% e 0.7%, nel 1980, 1981, 1982 con valori di -0.3%, -0.7% e 0.1%, dal 1991 al 1994 con valori di 0.9%, 0.06%, 0.9% e 0.7%, nel 1997, 1998 con valori di 0.8% e 0.6%, nel 2001 con valore di 0.4%. Si arriva poi a una crisi senza precedenti nel 2009 con un tasso di crescita negativo di -1%.

Nel corso del 2009 il consumo mondiale di energia, a causa della crisi economica e finanziaria, subisce un calo vicino solo a quello del 1981.

Nonostante dal 2009 la ripresa dell'economia mondiale sia disomogenea e le future prospettive economiche restino incerte, nel 2010 la domanda globale di energia primaria è tornata a crescere con un significativo 5.6%, spingendo le emissioni di CO₂ ad un nuovo massimo, con un valore superiore alle attese del World Energy Outlook 2009 (IEA-b, 2009).

4.1.6 Intensità energetica del PIL, Mondo

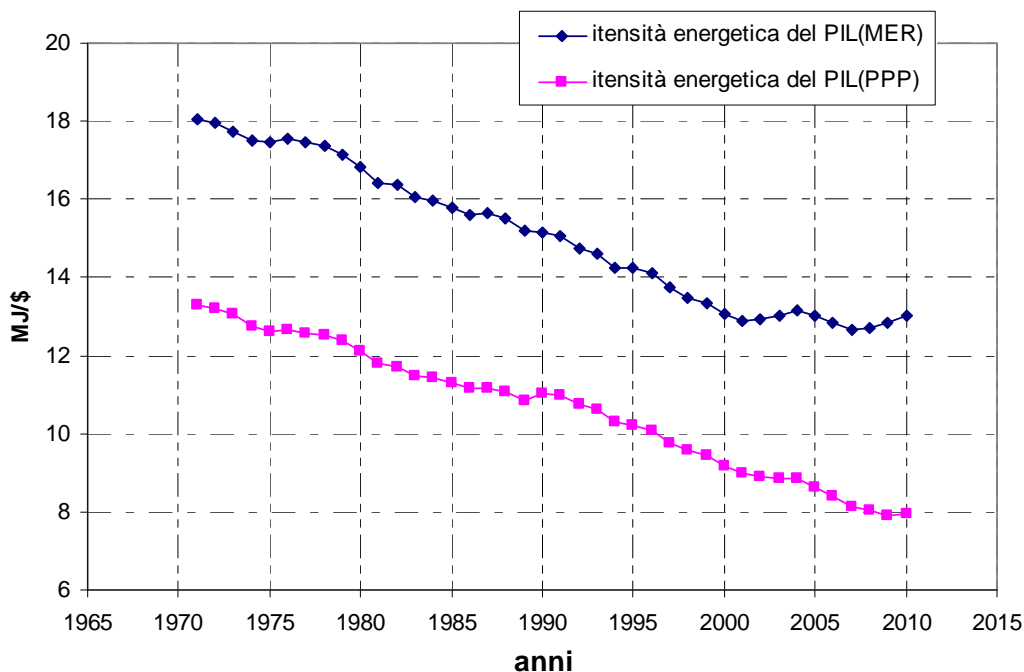


Fig. 4.6 – Mondo: trend storico intensità energetica del PIL (1971-2010)

L' intensità energetica del PIL (e), o energy intensity, è calcolato come rapporto tra i dati annuali di consumo di energia primaria (E) e di PIL (G) ed è espresso in MJ/\$.

Il trend di intensità energetica del PIL negli ultimi quattro decenni è in costante riduzione con un tasso medio annuale differente a seconda se si considera il PIL espresso in MER, con un tasso annuo medio di -0.8%, o in PPP, con un tasso di -1.3%. Il PIL(PPP) ha un valore assoluto che è circa 1.5 volte maggiore del valore del PIL(MER), il cui rapporto dal 1971 al 2010 è aumentato passando da 1.4 a 1.6. L'uso del PPP nei parametri di intensità energetica tende a scacciarne le variazioni, dando più peso al trend di riduzione nel tempo(inversamente al trend di crescita del PIL), piuttosto che al rapporto tra la grandezza energetica e quella economica, ciò è visibile soprattutto nell'ultimo decennio, nel quale a differenza di quanto si registra in termini di MER, mostra un andamento in costante riduzione.

Utilizzando il MER, è invece possibile mettere in evidenza alcune variazioni nel tempo molto significative del rapporto tra consumo di energia primaria e PIL. Se nel decennio 1990-2000 l'intensità energetica del PIL (MER) è in continua riduzione, con una variazione relativa di -14%, nell'ultimo decennio 2000-2010 l'intensità energetica del PIL è praticamente invariata, con una variazione relativa di -0.3%.

Negli ultimi anni, come risposta al Protocollo di Kyoto, molti paesi danno priorità al miglioramento dell'efficienza energetica, da cui deriverebbero un minor consumo energetico a parità di bene prodotto. Essendo per definizione il PIL una grandezza aggregata

macroeconomica che esprime il valore complessivo dei beni e servizi prodotti, si dovrebbe osservare una diminuzione di consumo energetico a parità di PIL prodotto, in realtà si verifica un aumento dell'intensità energetica per il terzo anno consecutivo.

Dall'analisi dell'andamento nel tempo del rapporto tra consumo di energia primaria e PIL(MER), si deduce che su scala mondiale dal 1971 al 2000 è possibile svincolare la crescita del PIL dal consumo energetico. Dal 2000, invece, l'andamento dell'intensità energetica del PIL sembra raggiungere un asintoto, per cui non è stato possibile aumentare il PIL senza incrementare proporzionalmente il consumo energetico. La questione viene affrontata in modo più approfondito nel paragrafo dedicato al confronto tra paesi OECD e non-OECD, nel quale verrà chiarito come l'intensità energetica del PIL a livello mondiale stia peggiorando a causa della diversa dislocazione tra le aree di maggior consumo energetico (paesi non-OECD) e le aree che possiedono la fetta più grande di PIL mondiale (paesi OECD).

4.1.7 Intensità carbonica dell'energia, Mondo

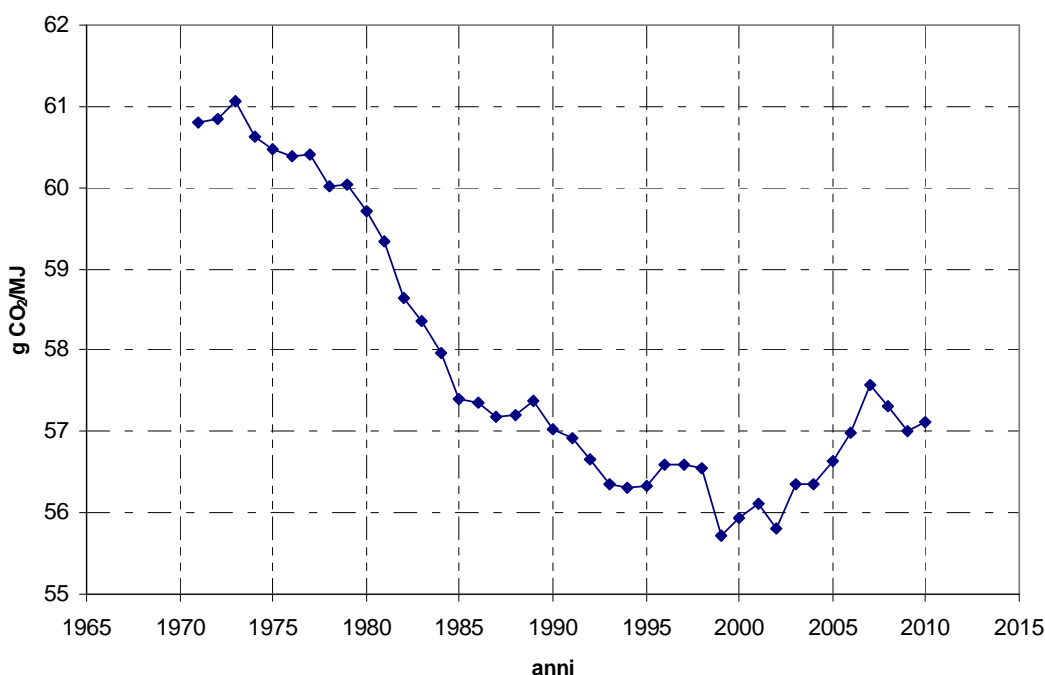


Fig. 4.7 – Mondo: trend storica intensità carbonica dell'energia (1971-2010)

L'intensità carbonica di energia (f), o carbon intensity of energy, si calcola come rapporto tra i dati annuali di emissioni di CO₂ e i consumi di energia primaria (E) ed si esprime in g di CO₂/MJ.

L'intensità carbonica di energia ha registrato una variazione relativa negli ultimi quattro decenni del 6% negli ultimi quaranta anni, con un tasso annuale medio di -0.16%.

I cambiamenti nell'intensità carbonica dell'energia avvenuti sono lentissimi, e non si evidenzia quindi a livello globale una reale capacità del sistema energetico di accelerare la decarbonizzazione energetica, anzi con l'ingresso sempre più imponente dei Paesi in via di sviluppo nell'economia mondiale si osserva addirittura un peggioramento dei dati di intensità carbonica dell'energia, con un ultimo decennio 2000-2010 che ha visto un incremento del 2% delle emissioni di CO₂ per unità di energia consumata.

Si vedrà meglio nel capitolo dedicato al confronto tra paesi OECD e non-OECD e nel capitolo dedicato all'Europa come su scala mondiale gli sforzi fatti dall'Europa e in generale dai paesi OECD nell'accelerare la decarbonizzazione energetica siano poco influenti.

4.1.8 Consumo finale di energia, Mondo

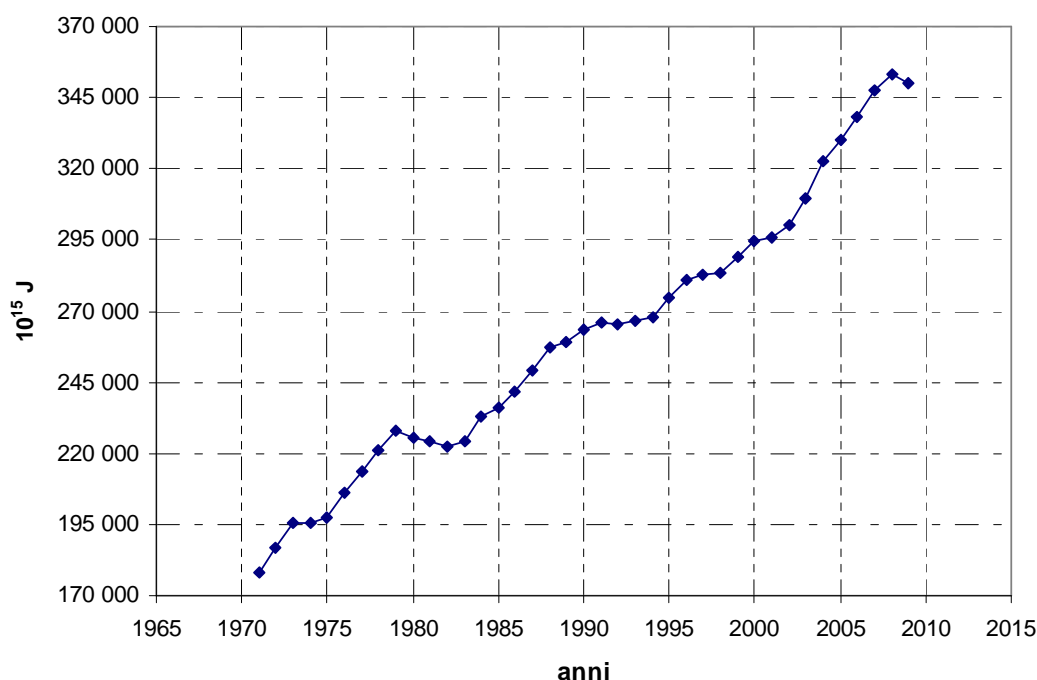


Fig. 4.8 – Mondo: trend storico consumo finale di energia (1971-2010)

Il consumo finale di energia (I) (espresso in MJ) presenta un trend influenzato dall'andamento del consumo di energia primaria e di conseguenza negli ultimi quattro decenni presenta un trend in continua crescita, con rallentamenti nei momenti di recessione globale, con un tasso medio di incremento annuale del 1.8%, inferiore rispetto a quello di energia primaria pari al 2.2%. Su scala globale il fattore di conversione energetica, si vedrà nel paragrafo 4.1.10 ad essa dedicata, segue un trend in continuo peggioramento.

4.1.9 Intensità energetica finale del PIL, Mondo

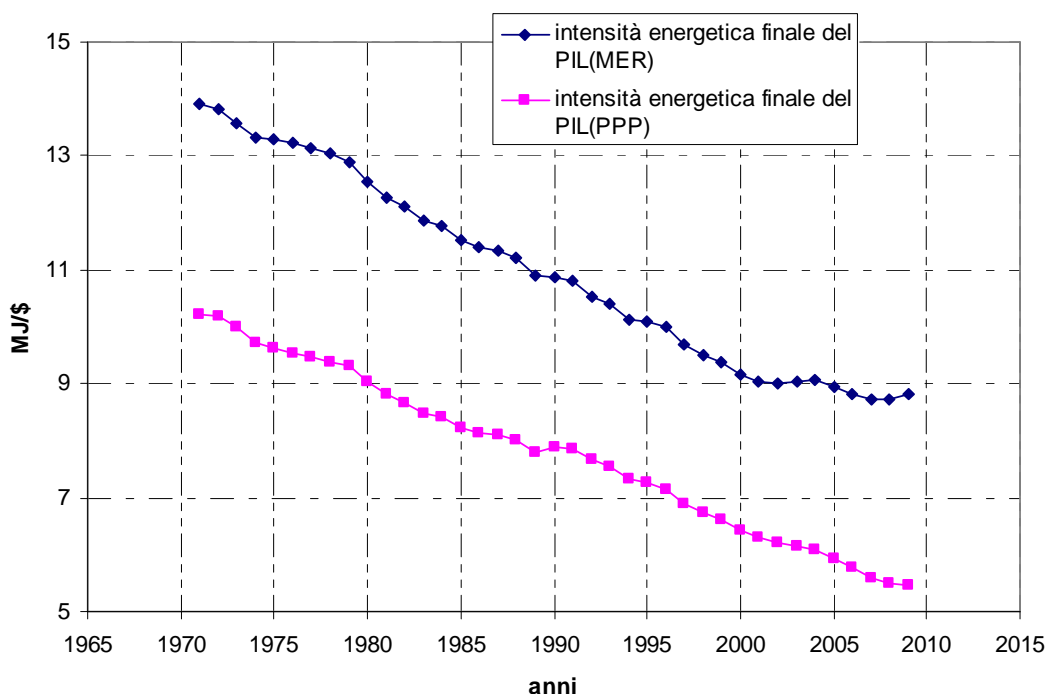


Fig. 4.9 – Mondo: trend storico intensità energetica finale del PIL (1971-2009)

L'intensità energetica finale del PIL (e'), o Final energy intensity, si calcola come rapporto tra i dati annuali di consumo finale di energia (I) e il PIL (G) ed è espresso in MJ/\$.

Nella presente tesi, i dati di consumo finale di energia e conseguentemente quelli di intensità energetica finale del PIL si fermano al 2009.

L'intensità energetica finale del PIL presenta dei valori assoluti inferiori a quelli dell'intensità energetica del PIL, per il fatto che il consumo finale di energia da cui deriva è per definizione sempre inferiore al consumo di energia primaria, mentre il suo andamento nel tempo è molto simile a quello dell'intensità energetica del PIL.

L'intensità energetica finale del PIL presenta quindi negli ultimi quattro decenni un trend in costante riduzione con un tasso medio annuale differente a seconda se si considera il PIL espresso in termini di MER, con un tasso di -1.2%, o in PPP, con un tasso di -1.6%.

Esprimendo l'intensità energetica finale del PIL in termini di PPP, le variazioni risultano meno evidenti, perché si dà più peso al trend di riduzione nel tempo, dipendente dalla crescita del PIL, piuttosto che al rapporto tra la grandezza energetica e quella economica.

Utilizzando il MER, si possono invece mettere in evidenza alcune variazioni nel tempo molto significative del rapporto tra consumo finale di energia e PIL. Se nel decennio 1990-2000 l'intensità energetica finale del PIL(MER) è in continua riduzione, con una variazione relativa di -16%, nell'ultimo decennio 2000-2009 l'intensità energetica del PIL è praticamente invariata, con una variazione relativa di -3.7%. Il rallentamento dell'ultimo

decennio risulterebbe più evidente, come descritto dal trend 2000-2010 dei dati di intensità energetica del PIL, se fosse disponibile anche il dato del 2010.

Si può comunque osservare un peggioramento dell'intensità energetica negli ultimi due anni della serie storica, come accaduto anche nel 2003 e 2004, dimostrando la recente drammatica difficoltà nel svincolare su scala mondiale la crescita del PIL dal consumo energetico.

4.1.10 Fattore di conversione energetica, Mondo

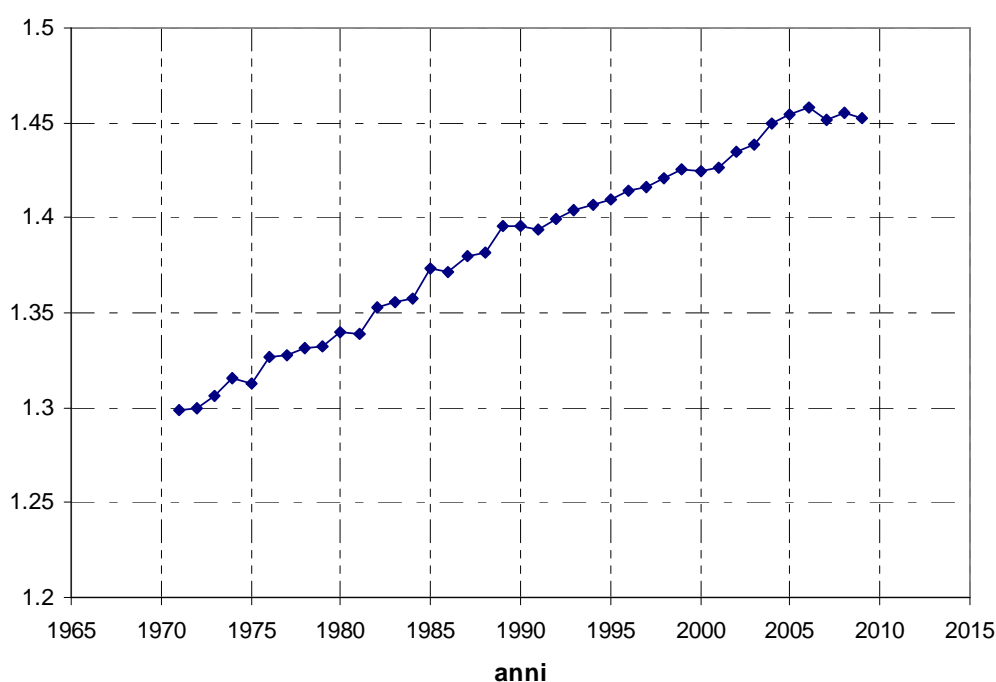


Fig. 4.10 – Mondo: trend storico fattore di conversione energetica (1971-2009)

Il fattore di conversione energetica (k), si calcola come rapporto tra i dati annuali di consumo di energia primaria (E) e i dati di consumo finale di energia (I), ed è un numero adimensionale. Si ricorda che dati di consumo finale di energia e conseguentemente quelli del fattore di conversione energetica si fermano al 2009.

Per una buona comprensione delle seguenti considerazioni è bene precisare che nella presente tesi parlando del fattore di conversione energetica (k) si intende il reciproco del rendimento η e quindi ad un aumento di k corrisponde un peggioramento della capacità del sistema di gestione energetica di passare dai consumi di energia primaria ai consumi finali di energia.

Il trend del fattore di conversione energetica è in continua crescita con un tasso medio di incremento annuale pari a 0.29% e ciò corrisponde a un peggioramento costante della

capacità del sistema nel mantenere lo stesso valore del fattore di conversione energetica con l'aumento della domanda energetica mondiale.

Analizzando l'andamento in modo più analitico, si osserva che k è andato si peggiorando negli ultimi decenni, ma con una velocità di crescita che è diminuita negli ultimi anni. Nel periodo 1971-1980 si ha un tasso annuo medio dello 0.35%, dal 1980 al 1990 dello 0.41%, nel 1990-2000 dello 0.20%, nel 2000-2005 dello 0.42% e negli ultimi 4 anni dal 2005 al 2009 si ha addirittura un miglioramento dell'efficienza con un tasso annuo medio del -0.04%, per la prima volta negativo negli ultimi quattro decenni, considerando un tasso annuo mediato su cinque anni.

Sui singoli anni è possibile individuare altri casi in cui il tasso annuo di incremento è negativo, ad esempio nel 1975 rispetto all'anno precedente si registra un tasso di -0.23%, nel 1986 un tasso di -0.18% e nel 1991 di -0.14%.

Il miglioramento del fattore di conversione energetica, degli ultimi 4 anni per quanto poco rilevante è da ascrivere all'impegno che molti paesi OECD si sono assunti per il miglioramento di esso. In questo caso l'ingresso aggressivo dei paesi non-OECD nel sistema energetico mondiale, non ha rallentato eccessivamente il miglioramento dell'fattore di conversione energetica ricercato dai paesi OECD, perché i consumi energetici dei paesi OECD sono ancora paragonabili a quelli dei paesi non-OECD e quindi riescono per ora ad influenzare la dinamica mondiale del parametro k .

4.1.11 Consumo di combustibili fossili, Mondo

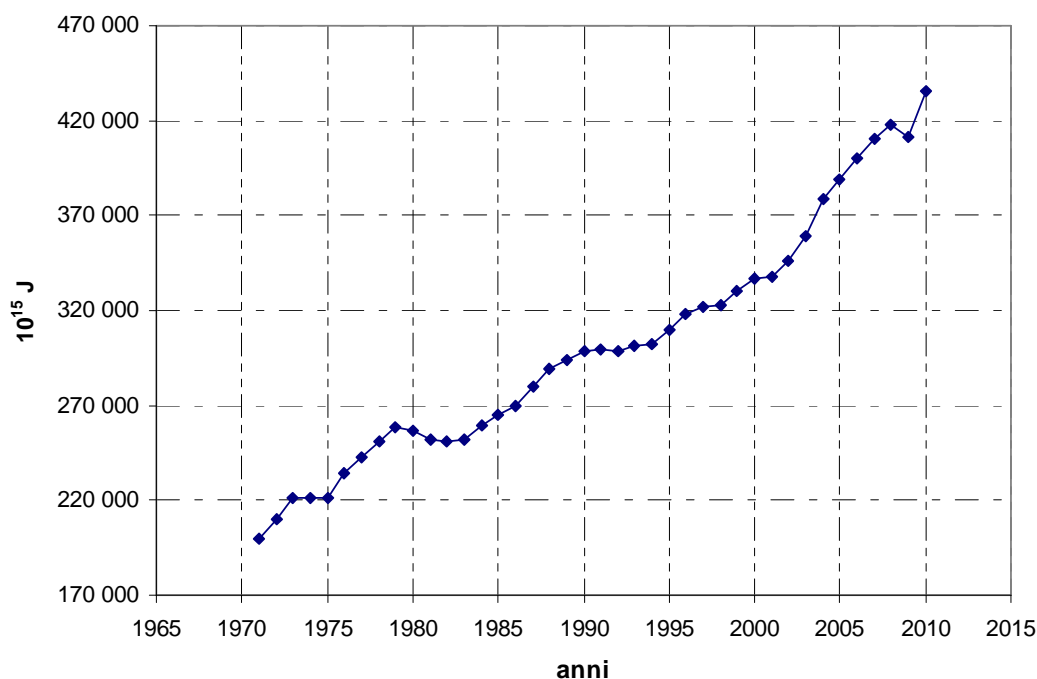


Fig. 4.11 – Mondo: trend storico consumo di combustibili fossili (1971-2010)

Il consumo di combustibili fossili (espresso in MJ) segue un trend di crescita continua e analogamente all'andamento del consumo di energia primaria, da cui dipende, presenta dei rallentamenti nei momenti di recessione globale.

Il trend di consumo di combustibili fossili è in crescita con un tasso medio di incremento annuale del 2.0%, si osservano però rallentamenti negli anni: 1974,1975 con valori del tasso di crescita di -0.2% e 0.07%, nel 1980,1981,1982 con valori di -0.9%, -1.7% e -0.6%, nel 1991-1994 con valori di 0.4%, -0.3%, 0.7% e 0.5%, nel 1997,1998 con valori di 0.9% e 0.3%, nel 2001 con valore di 0.4% e a causa di una crisi senza precedenti nel 2009 con un tasso di crescita negativo di -1.5%.

Nel corso del 2009 il consumo mondiale di energia, per la crisi economica e finanziaria, subisce un calo paragonabile solo a quello del 1981.

Nel 2010 il consumo di combustibile fossile è tornato a crescere di un significativo 5.7%, che rappresenta un nuovo massimo storico.

4.1.12 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Mondo

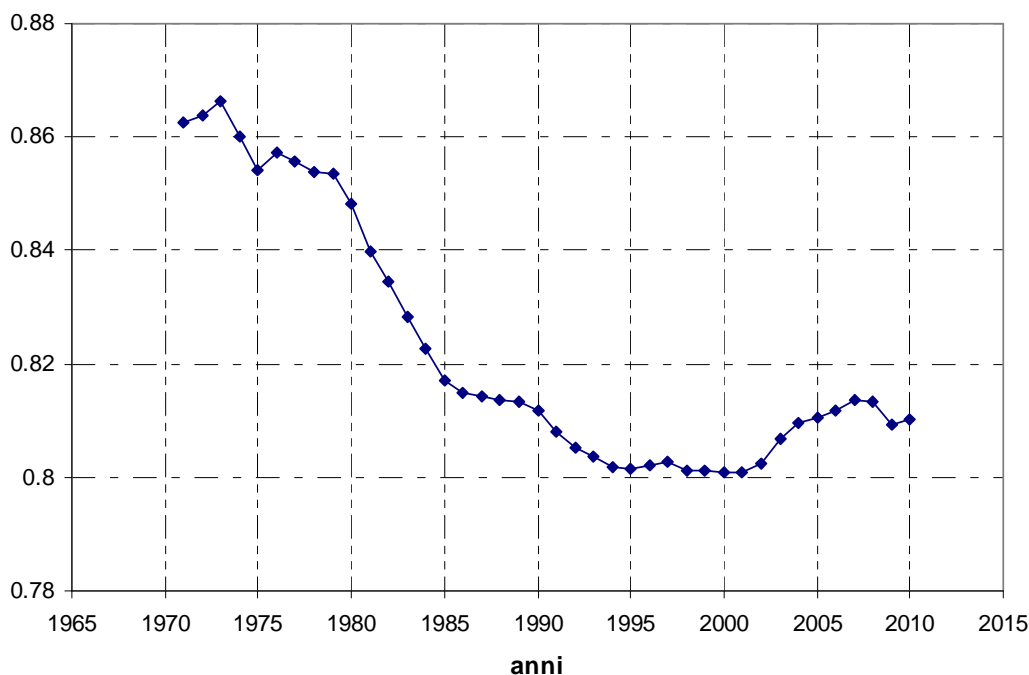


Fig. 4.12 – Mondo: trend storico consumo di combustibili fossili per energia primaria (1971-2010)

Il consumo di combustibili fossili per energia primaria(c) o Non-carbon fuels effect si calcola come rapporto tra i dati di consumo di combustibile fossile(C) e i dati di consumo di energia primaria(E), ed è un numero adimensionale.

Negli ultimi quattro decenni il trend di consumo di combustibili fossili è in crescita con un tasso medio di incremento annuale del 2.0%, inferiore rispetto al tasso di crescita del consumo di energia primaria pari al 2.2%, grazie all'uso di fonti energetiche non fossili che progressivamente si sviluppano nel sistema energetico, con un tasso medio annuale del consumo di combustibili fossili per energia primaria pari a -0.2% .

Il trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria fino al 1995 è in costante riduzione, con un tasso medio annuale di -0.16%. Dal 1971 al 1980 il tasso annuo medio è di -0.19%, poi si ha una forte accelerazione di riduzione nel periodo 1980-1990 con un tasso di -0.44%, e un rallentamento dal 1990 al 1995 con un valore di -0.03%.

Dal 1995 fino al 2002 il trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria si asintotizza ad un valore medio $c = 0.802$, con un tasso annuo medio molto basso pari a 0.02%, dal 2002 al 2007 si verifica un forte incremento del valore di c , senza precedenti nella storia degli ultimi 4 decenni, con un tasso positivo di 0.27%, per la forte influenza dei paesi in via di sviluppo sul sistema energetico mondiale, nell'aumento dell'uso di combustibili fossili per energia primaria consumata che annulla tutti gli sforzi dei paesi OECD nello sviluppare il settore del rinnovabile.

Dal 2007 al 2009, con l'insorgere della crisi mondiale il consumo di combustibili fossili per energia primaria è tornato a scendere e in particolare nel 2009 con un tasso annuo di -0.5%. La crisi oltre ad aver fatto diminuire il consumo di energia primaria nel suo complesso, colpisce in proporzioni maggiori la produzione energetica con le fonti fossili, piuttosto che il settore del rinnovabile che risente meno dell'aumento dei prezzi.

Nel 2010 con la ripresa economica il consumo di combustibili fossili per energia primaria torna a crescere con un tasso annuo di 0.1%.

Se, quindi, dal 1971 al 1995 il sistema energetico registra una percentuale dell'uso di energia rinnovabile e nucleare sempre maggiore, dal 1995 al 2010 su scala mondiale la composizione energetica tra uso di combustibili fossili e energia non fossile è peggiorata a favore di un aumento del consumo di combustibili fossili per energia primaria del 1.1%.

4.1.13 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Mondo

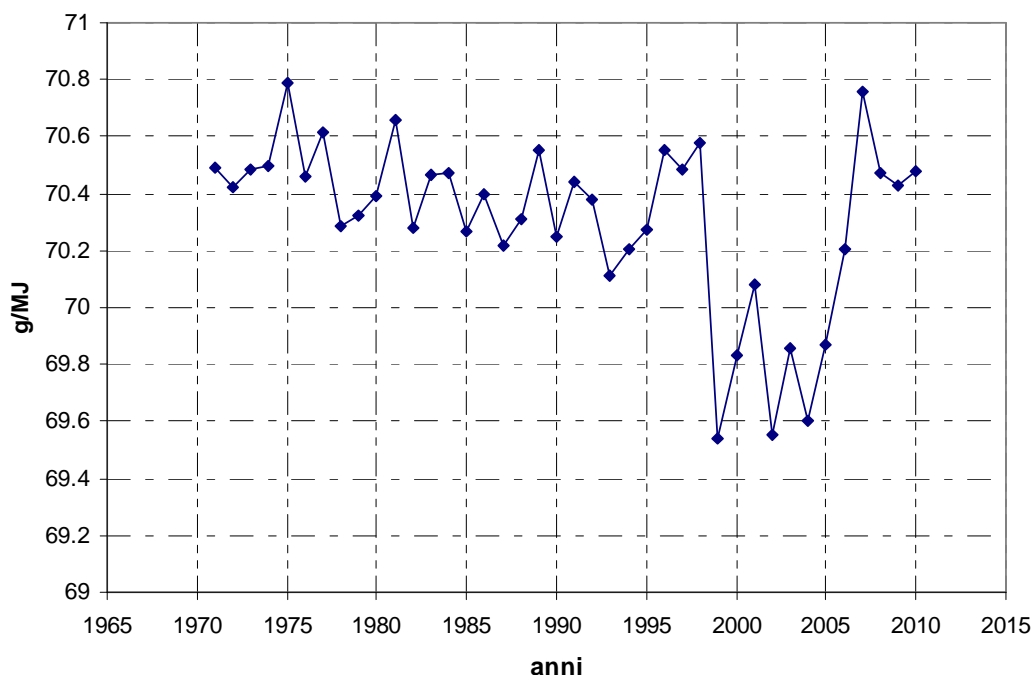


Fig. 4.13 – Mondo: trend storico del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (1971-2010)

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (s), o carbon intensity effect, si calcola come rapporto tra i dati di emissioni globali di CO₂ derivanti da combustibile fossile (F) e i dati di consumo di combustibili fossili (C), ed è espresso in g/MJ.

Il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili negli ultimi 4 decenni presenta un andamento molto variabile, perché i miglioramenti o peggioramenti che si registrano sono minimi, quindi assume un peso importante l'errore derivante dal metodo di stima. I tassi annui variano da un valore massimo di 0.79% a un minimo di -1.47%. In questa alta variabilità si può distinguere un trend di leggera riduzione fino al 2002 con una variazione relativa di s dal 1971 al 2002 di -1.33%, mentre dal 2002 al 2010 si osserva una forte crescita di s con una variazione relativa di +2.16%.

Il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili nell'ultimo decennio evidenzia quanto siano ininfluenti su scala globale gli sforzi fatti dai paesi sviluppati di accelerare la decarbonizzazione energetica soprattutto a causa del fatto che i paesi emergenti preferiscano adottare combustibili fossili meno "puliti" e più economici, come verrà meglio chiarito nel successivo paragrafo.

4.1.14 Kaya Identity a livello mondiale

Si riportano i dati dei parametri della Kaya Identity a livello mondiale nelle figure 4.14 - 4.15, normalizzando i valori rispetto al dato del 1971 ed esprimendo le emissioni di CO₂ secondo la formulazione a quattro (for. 2.3) e sei parametri (for. 2.5).

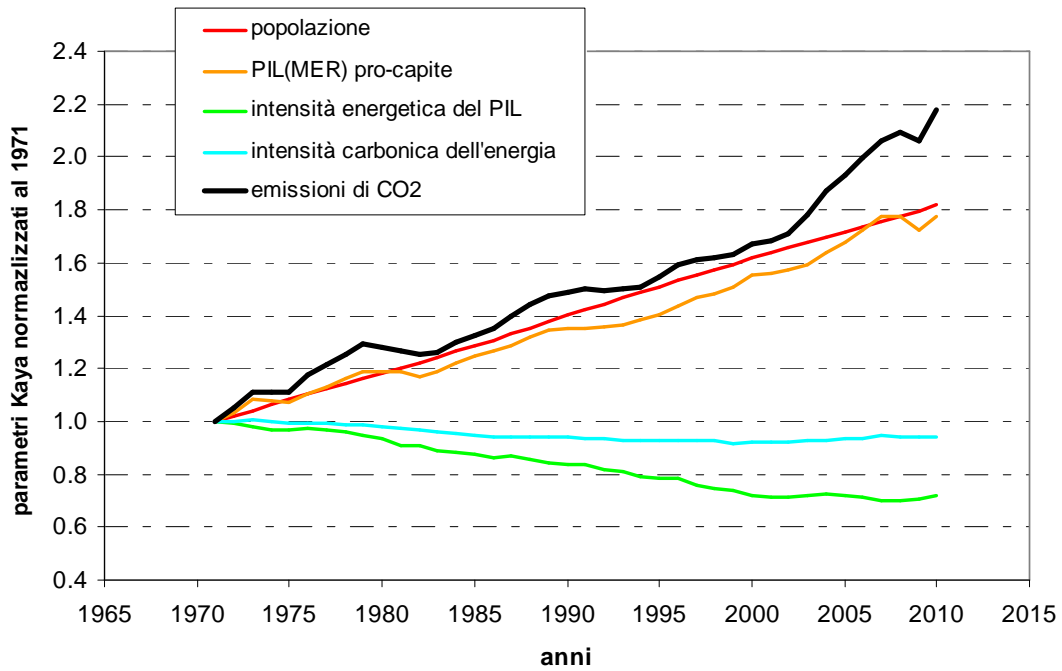


Fig. 4.14 – Mondo: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

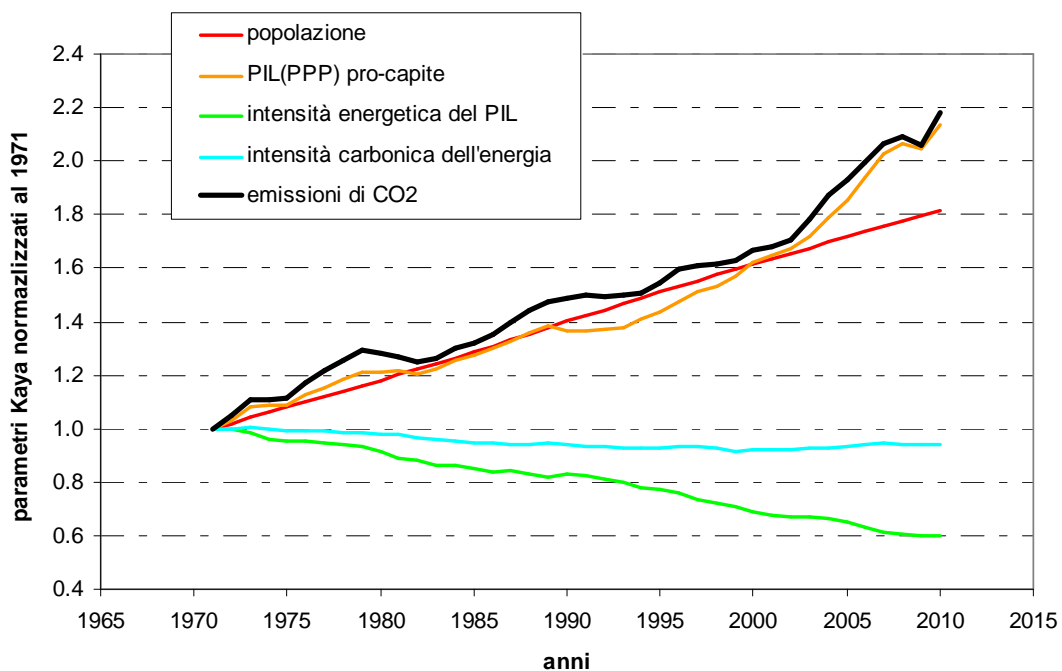


Fig. 4.15 – Mondo: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(PPP).

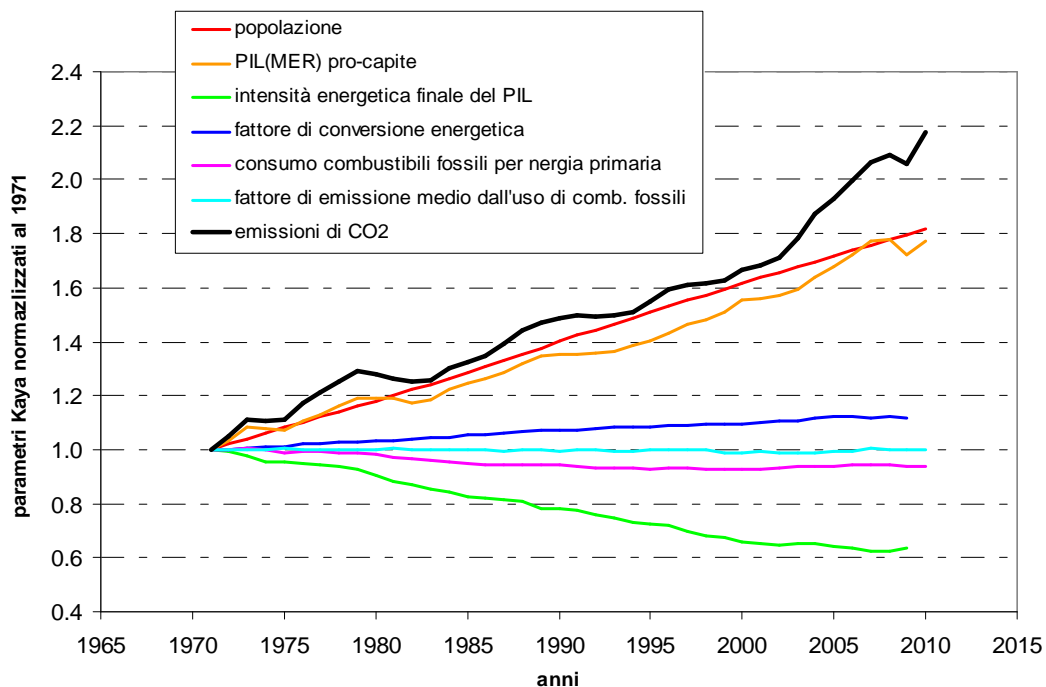


Fig. 4.16 – Mondo: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

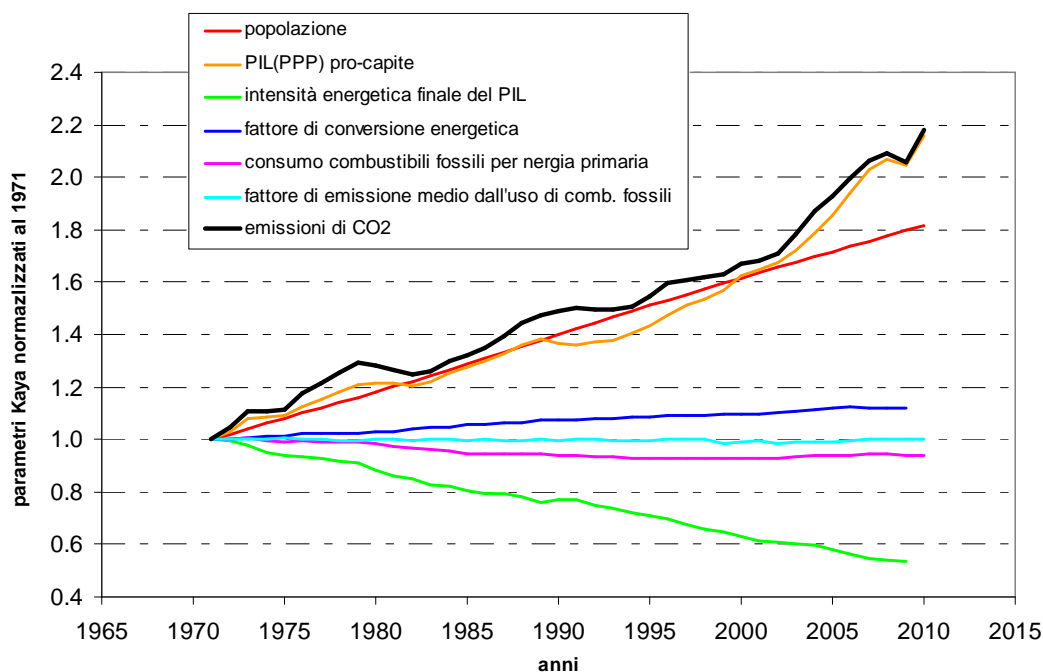


Fig. 4.17 – Mondo: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(PPP).

Di seguito si mettono in evidenza i contributi che le variazioni di ciascun parametro apportano alla variazione totale di emissioni di CO₂ secondo la formulazione della Kaya Identity in termini di tassi di crescita (for. 2.6 vista nel par. 2.3).

Si prendono in considerazione i periodi 1971-1980, 1980-1990, 1990-2000, 2000-2009 e 1971-2009.

In questa fase non si valutano i dati 2010 perché si vogliono metter a confronto la Kaya Identity a 4 e a 6 parametri, in cui le serie storiche del fattore di conversione energetica e intensità energetica finale del PIL non includono quest'ultimo anno.

L'uso del PPP nei parametri di intensità energetica tende a scacciarne le variazioni, dando più peso al trend di riduzione nel tempo (inversamente al trend di crescita del PIL), piuttosto che al rapporto tra la grandezza energetica e quella economica, ciò è visibile soprattutto nell'ultimo decennio, nel quale a differenza di quanto si registra in termini di MER, mostra un andamento in costante riduzione.

Utilizzando il MER, è invece possibile mettere in evidenza alcune variazioni nel tempo molto significative del rapporto tra consumo di energia primaria e PIL. Nelle figure 4.18 e 4.19 si esprimeranno quindi i dati solo in termini di MER, ed esprimono il contributo di ciascun parametro della Kaya Identity, rispettivamente a 4 e a 6 parametri, rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂. Il contributo di ciascun parametro i è calcolato secondo la proporzione proposta nella formula 4.1:

$$per(\Delta t) \rightarrow r(i): x = r(F):100 \tag{4.1}$$

In cui, fissato un intervallo di tempo Δt , $r(i)$ è il tasso di crescita di un parametro i della Kaya identity, x è il contributo percentuale del parametro i sulla variazione di emissioni di CO₂ e $r(F)$ è il tasso di crescita delle emissioni.

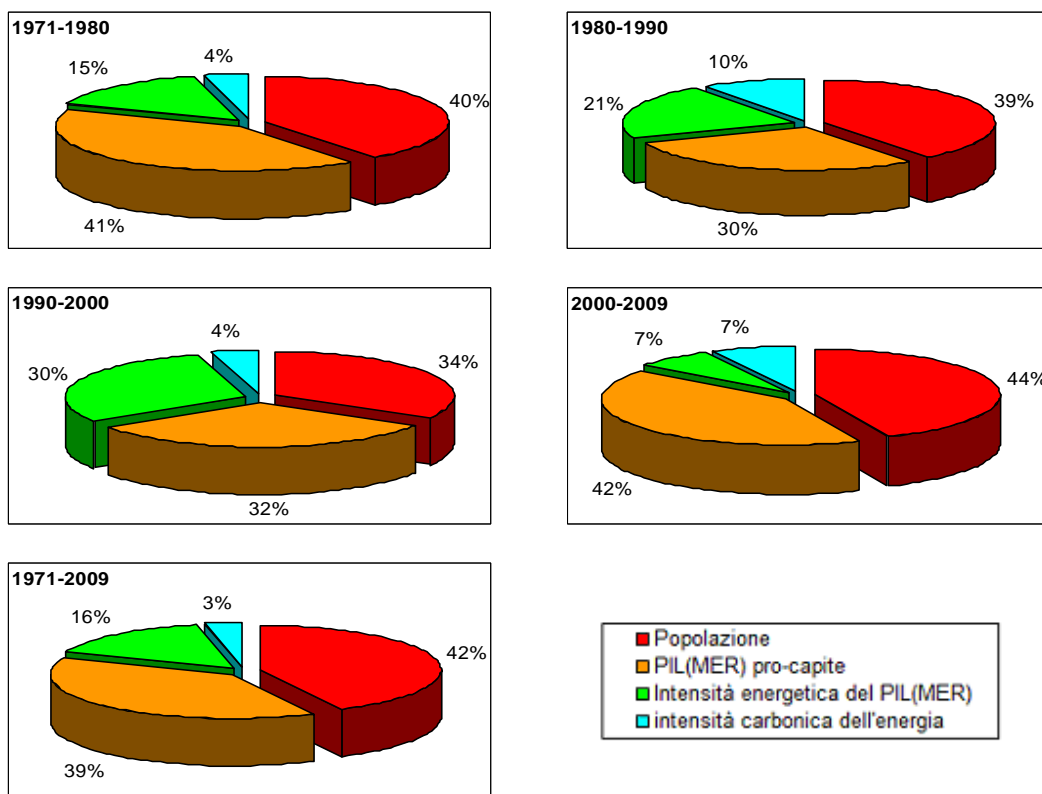


Fig. 4.18 – Mondo: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂. Il PIL è espresso in termini di MER.

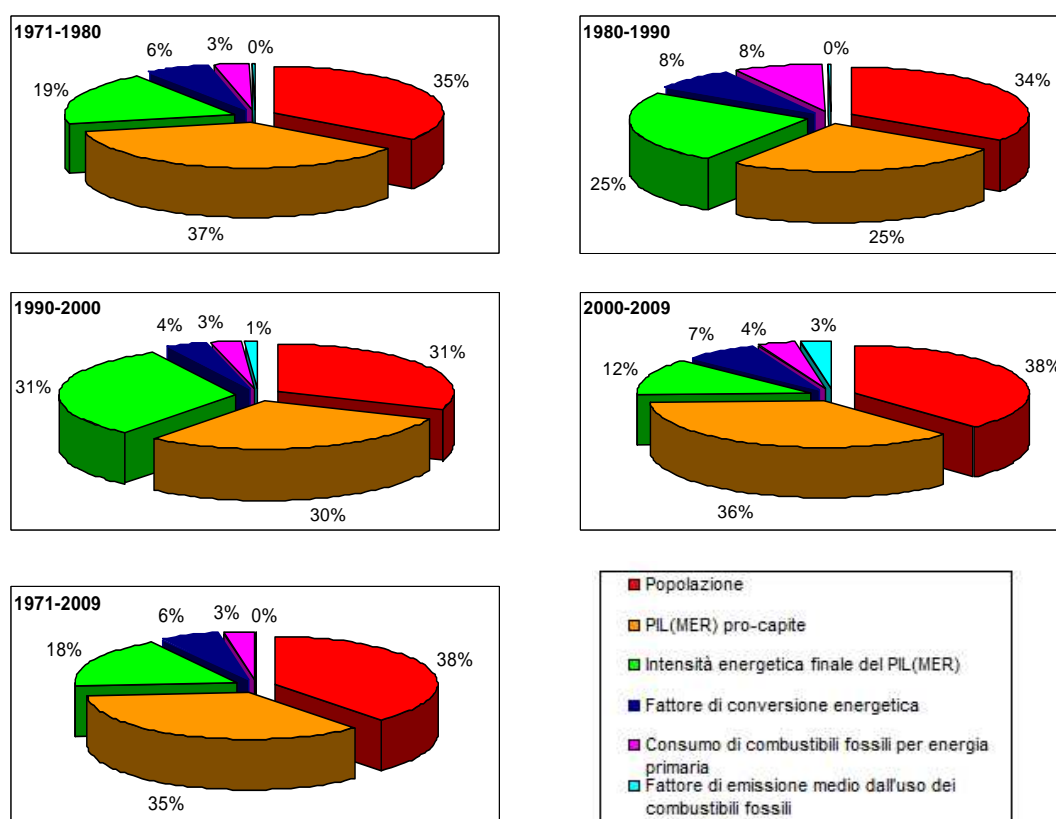


Fig. 4.19 – Mondo: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂. Il PIL è espresso in termini di MER.

Nelle figure 4.18 e 4.19 si mettono in evidenza i contributi dei diversi parametri, ma non essendo precisato se questi siano positivi o negativi, nella tabella 4.1 si riportano i tassi annui medi di variazione dei parametri per gli stessi periodi storici considerati nei diagrammi. I parametri sono espressi secondo la simbologia proposta nel par. 2.3.

Tab. 4.1 – Tassi annui medi di variazione dei parametri della Kaya Identity mondiale. Il PIL è espresso in termini di MER.

anni	<i>P</i>	<i>g</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e'</i>	<i>k</i>	<i>c</i>	<i>s</i>
1971-1980	2.01%	2.08%	-0.77%	-0.20%	-1.08%	0.35%	-0.19%	-0.02%
1980-1990	1.86%	1.38%	-0.99%	-0.45%	-1.35%	0.42%	-0.43%	-0.02%
1990-2000	1.54%	1.50%	-1.39%	-0.19%	-1.56%	0.20%	-0.13%	-0.06%
2000-2009	1.25%	1.20%	-0.20%	0.21%	-0.41%	0.22%	0.12%	0.10%
1971-2009	2.10%	1.90%	-0.76%	-0.16%	-0.96%	0.31%	-0.16%	0.00%

La popolazione (*P*), il PIL pro-capite (*g*) e il fattore di conversione energetica (*k*) presentano dei tassi annui medi di variazione per i periodi considerati sempre positivi e tendono quindi ad aumentare le emissioni di CO₂; l'intensità energetica del PIL (espressa sia

in termini di consumi energetici primari (e) che finali (e')) presenta dei tassi medi sempre negativi e quindi tende a ridurre le emissioni di CO₂; mentre l'intensità carbonica di energia (f), il consumo di combustibili fossili per energia primaria (c) e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (s) evidenziano sempre tassi medi negativi tranne che nell'ultimo decennio 2000-2009 durante il quale contribuiscono ad accrescere le emissioni di CO₂.

Il maggiore contributo delle emissioni deriva dalla popolazione e dal PIL pro-capite, seguiti dall'intensità energetica del PIL. Il contributo dell'intensità energetica del PIL (espressa sia in funzione dell'energia primaria che finale), fino al 2000 è aumentato, per poi diminuire fortemente nell'ultimo decennio. Se nel decennio 1990-2000 l'intensità energetica del PIL è in continua riduzione, con una variazione relativa di -14%, nell'ultimo decennio 2000-2010 è praticamente invariata, con una variazione relativa di -0.3%.

Il fattore di conversione energetica fornisce un contributo molto più basso rispetto a quello dell'intensità energetica finale del PIL e si mantiene costante nel tempo.

La variazione di intensità carbonica di energia è quella che meno contribuisce alla variazione nel trend di emissioni. Considerando il periodo 1971-2010 i trend di emissioni di CO₂ e di consumo di energia primaria si muovono praticamente all'unisono, presentando rispettivamente un aumento del 132% e 118%, con un gap minimo che ha fatto decrescere l'intensità carbonica di energia del 6%, con un tasso annuale medio di -0.16%.

Analizzando i parametri di consumo di combustibili fossili per energia primaria e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili da cui dipende l'intensità carbonica di energia, si può meglio sottolineare che l'unico contributo viene dato dal primo parametro e che il secondo è praticamente nullo.

Come già detto sia l'intensità carbonica di energia che l'intensità energetica del PIL assumono un comportamento nell'ultimo decennio che si distingue dal resto del trend storico. I cambiamenti che questi parametri registrano sia rispetto al segno (positivo o negativo) che al grado di contributo che i singoli parametri danno al trend di emissioni, verranno meglio spiegati confrontando i trend dei paesi OECD e non-OECD nel prossimo paragrafo 4.2.

4.2 PAESI OECD E NON-OECD

Per comprendere a pieno quello che sta avvenendo su scala mondiale risulta utile effettuare un confronto tra i paesi OECD e i paesi non-OECD.

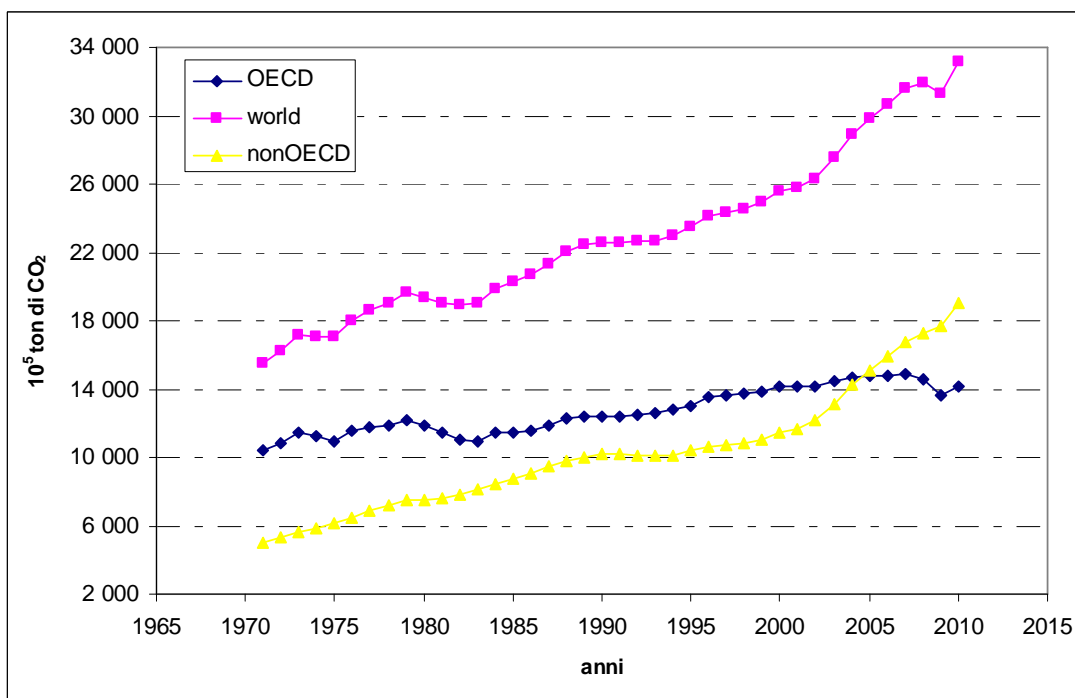


Fig. 4.20 – Trend storico delle emissioni di CO₂ mondiali, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010).

Le emissioni globali sono sempre più influenzate dai paesi non-OECD, infatti dal 2005 le emissioni di questi paesi superano quelle dei paesi OECD.

Dal 2002 nei paesi non-OECD e conseguentemente su scala mondiale si registra un forte incremento delle emissioni di CO₂ che è dovuto in parte ad un fenomeno di trasferimento geografico delle emissioni. Si sta verificando uno spostamento geografico delle emissioni dell'industria manifatturiera, dai paesi OECD, ai paesi in via di sviluppo. Nei paesi già industrializzati l'industria viene sostituita dal settore dei servizi che è meno dispendioso di combustibili fossili, mentre nei paesi in via di sviluppo aumentano notevolmente le emissioni derivanti dall'industria manifatturiera, di conseguenza aumenta la quota nella produzione globale di emissioni di gas serra di questi ultimi rispetto ai più storici emettitori.

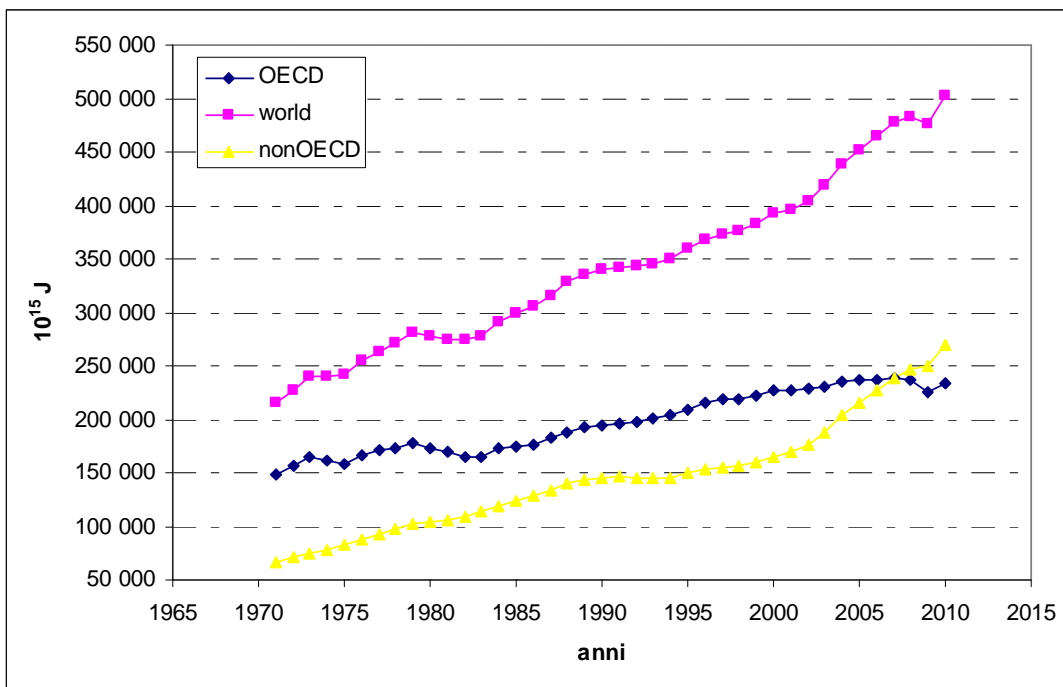


Fig. 4.21 – Trend storico del consumo di energia primaria mondiale, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010)

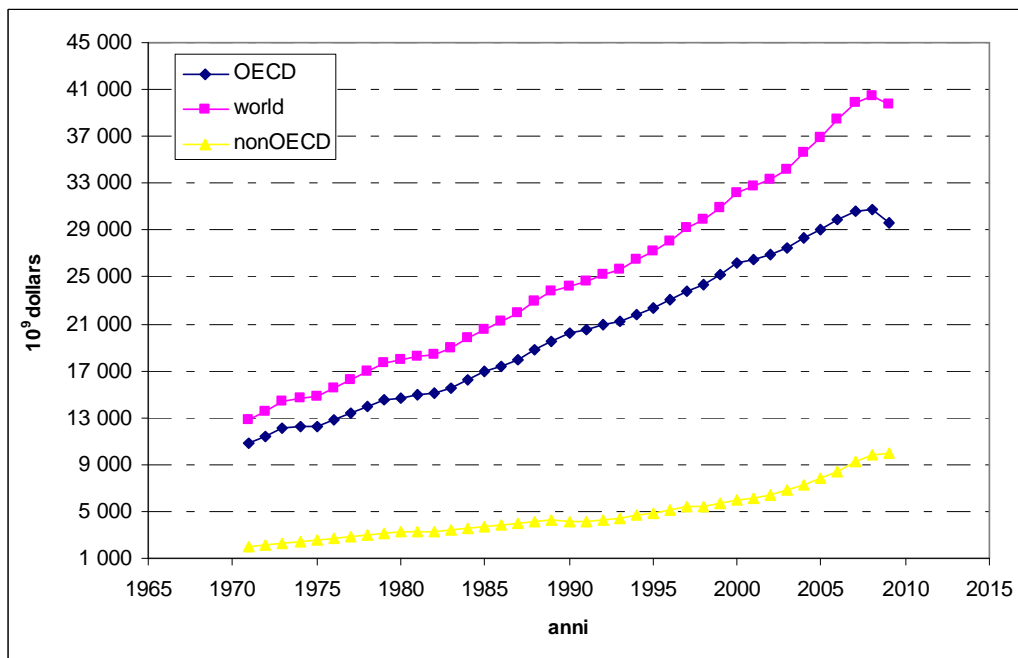


Fig. 4.22 – Trend storico del PIL mondiale, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010). Il PIL è espresso come PIL(MER).

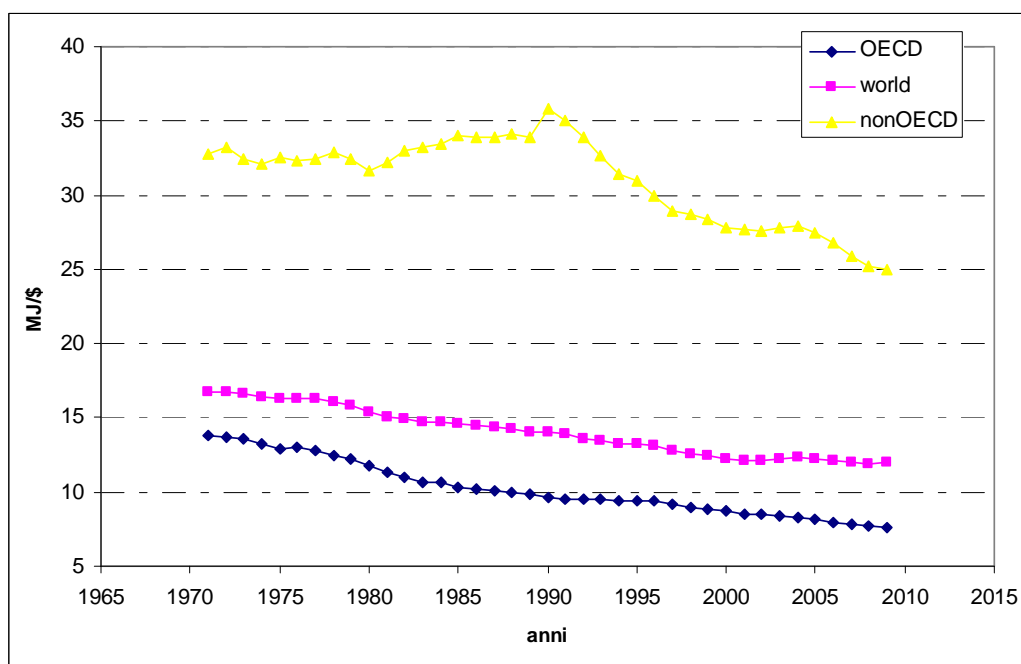


Fig. 4.23 – Trend storico dell'intensità energetica del PIL mondiale, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010). Il PIL è espresso come PIL(MER).

Dai precedenti grafici (Fig. 4.19 e 4.20) si può verificare come il consumo energetico dei paesi non-OECD ha superato quello dei paesi OECD dal 2007, mentre il PIL mondiale è per ora assolutamente dominato dai paesi OECD.

Nel 1971 i paesi OECD possedevano l'84% del PIL mondiale, nel 2010 il 75% e solo negli ultimi 10 anni i paesi non OECD vedono aumentare il rapporto tra il loro PIL e quello mondiale: dal 1971 al 2000 si ha una variazione relativa di tale rapporto pari al 17%, mentre negli ultimi 10 anni del 36%.

L'intensità energetica del PIL mondiale negli ultimi anni sta affrontando una fase di stabilizzazione o forte rallentamento, come visto nel paragrafo 4.1.6, che può essere spiegato dalle considerazioni che seguono, nelle quali il PIL verrà espresso in termini di MER, che come già spiegato mette maggiormente in evidenza le variazioni di intensità energetica del PIL.

Presi singolarmente i trend di intensità energetica del PIL(MER) dei paesi OECD e non-OECD sono entrambi in diminuzione (Fig. 4.21), seppure quello dei paesi OECD sia in forte rallentamento. Il problema della stazionarietà dell'intensità energetica del PIL mondiale sta nel fatto che dal 2000 tale trend è influenzato dal PIL(MER) dei paesi OECD e dal trend di consumo di energia primaria dei paesi non-OECD. Il trend di intensità energetica del PIL sta rallentando perché il tasso di crescita del PIL(MER) dei paesi OECD è minore del tasso di crescita del consumo di energia primaria dei paesi non-OECD.

Il trend di intensità energetica di questi ultimi anni può essere quindi considerato come un sintomo della diversa dislocazione tra le aree di maggior consumo energetico e quindi di

maggior produzione di emissioni e le aree che possiedono la fetta più grande di PIL mondiale. La delocalizzazione dell'industria manifatturiera nei paesi in via di sviluppo comporta il verificarsi di una particolare dinamica, il consumo energetico dei paesi non-OECD non è seguito da un proporzionale aumento di PIL nei paesi OECD che stanno affrontando un'importante crisi economica.

Il fenomeno è tale da invertire il percorso naturale dell'intensità energetica del PIL che si presenta storicamente con un incremento del PIL con un consumo sempre minore di energia, ed è destinato a continuare finché non si sarà raggiunto un maggior equilibrio nella distribuzione del PIL tra paesi OECD e non OECD, dopo il quale l'intensità energetica del PIL dovrebbe progressivamente tornare a diminuire.

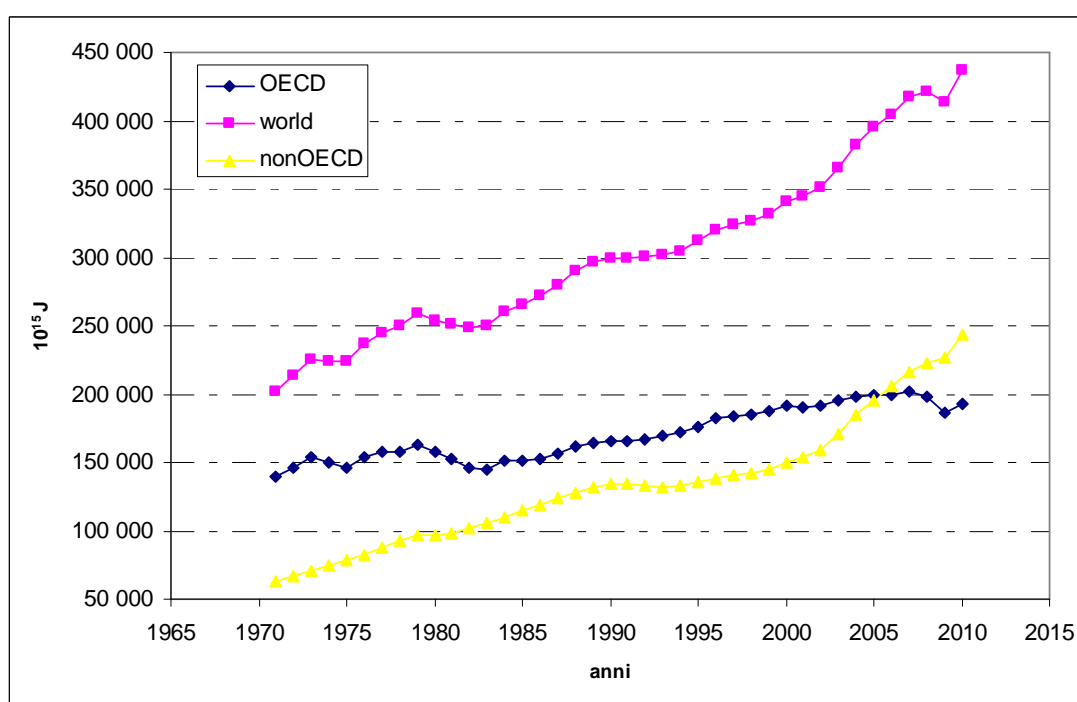


Fig. 4.24 – Trend storico del consumo di combustibili fossili mondiali, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010).

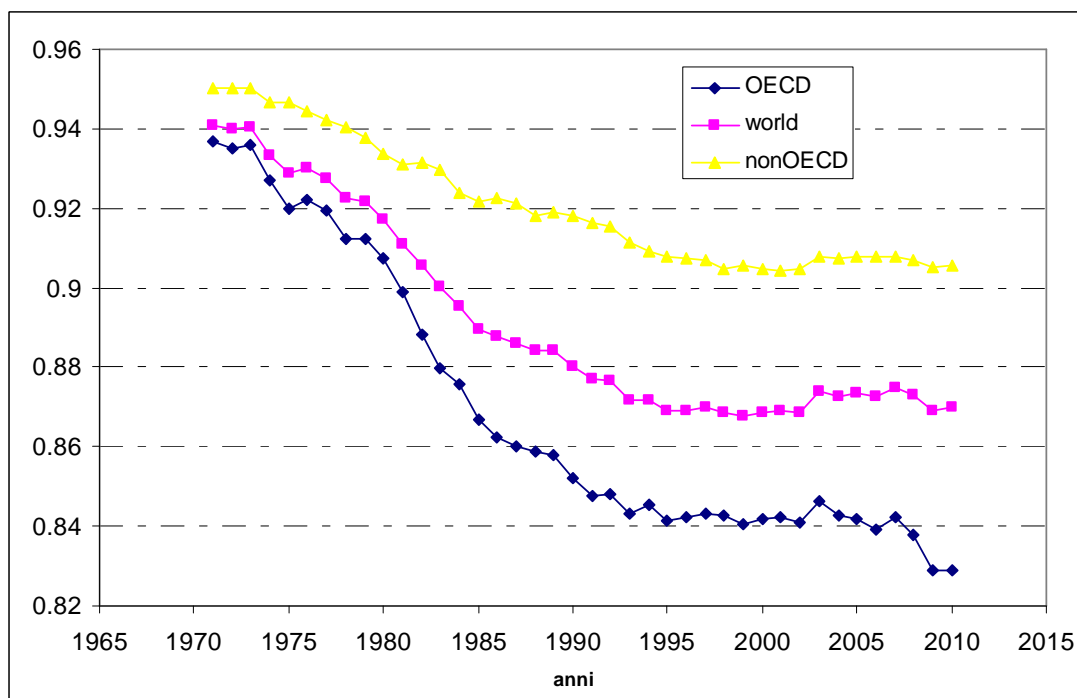


Fig. 4.25 – Trend storico del consumo di combustibili fossili per energia primaria mondiale, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010).

Negli ultimi 20 anni c'è un'evidente difficoltà nello sviluppare l'uso di fonti energetiche non fossili in maniera tale da influenzare gli andamenti energetici globali e a causa del sistema energetico dei paesi in via di sviluppo, basati quasi esclusivamente sulle fonti fossili, si osserva negli ultimi 10 anni un incremento nel consumo di combustibili fossili maggiore, anche se di poco, rispetto all'incremento di consumo di energia primaria.

Dal 2004 il consumo di combustibili fossili dei paesi non-OECD ha superato quello dei paesi OECD (Fig. 4.22), e il rapporto tra il consumo di combustibile fossile derivante da paesi non-OECD e OECD ha un tasso medio di crescita dal 2004 al 2010 altissimo, pari al 5% annuo. Si passa dal 1971, in cui il contributo dei paesi non-OECD al consumo di combustibili fossili mondiale era del 30%, al 2005 con un contributo del 50% e al 2010 con un contributo del 56%.

Dal 2002 al 2007 il consumo di combustibili fossili per energia primaria mondiale, dopo 7 anni in cui è rimasto praticamente stazionario, ha avuto un forte incremento, senza precedenti nella storia degli ultimi 4 decenni, con una variazione relativa dell'1.4% per il già detto incremento del consumo di energia fossile dei paesi non-OECD.

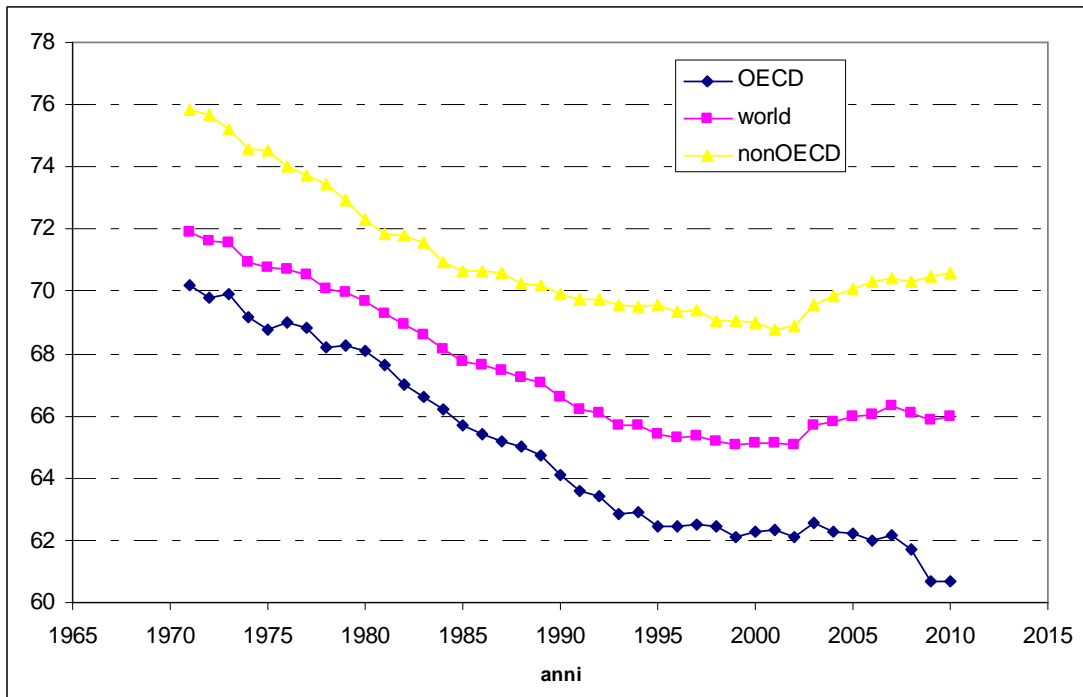


Fig. 4.26 – Trend storico dell'intensità carbonica dell'energia mondiale, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010).

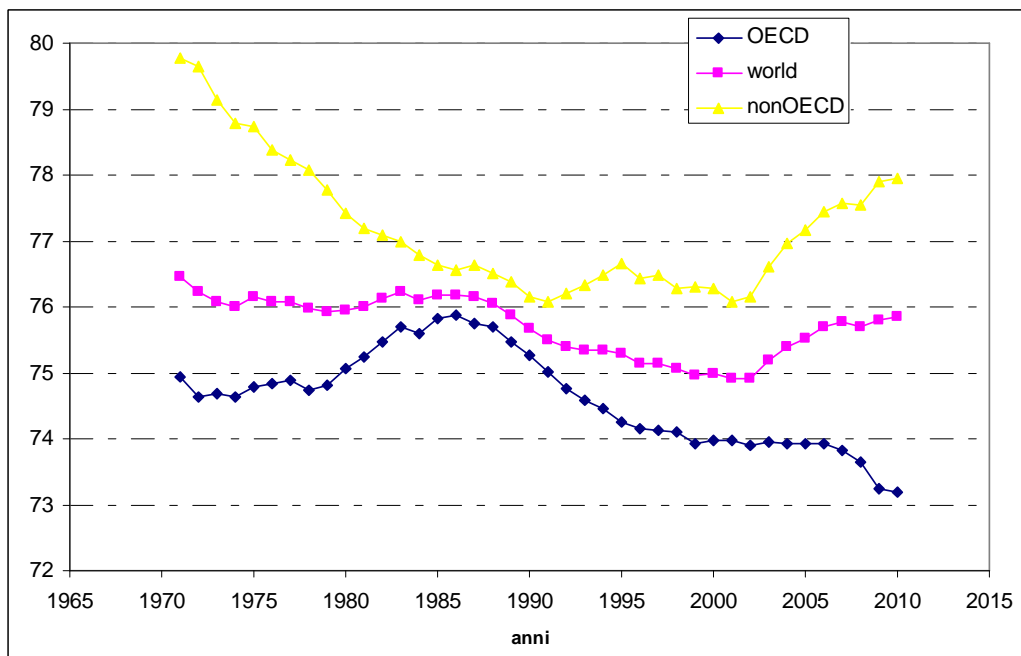


Fig. 4.27 – Trend storico fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili mondiale, dei paesi OECD e non-OECD (1971-2010).

I paesi non-OECD, essendo economie giovani faticano ad incentivare lo sviluppo di fonti di energia rinnovabile e limitano l'apporto al sistema energetico di combustibili fossili più puliti, con un basso contenuto di carbonio (es. metano), da cui deriverebbero minori emissioni di CO₂. Preferiscono invece l'uso di combustibili meno costosi, come il carbone, ma con un maggior contenuto di carbonio. Entrambi questi fattori peggiorano l'intensità carbonica dell'energia dei paesi non-OECD e tale problematica si riflette poi sul trend mondiale, dato il peso che i paesi non-OECD stanno acquisendo.

4.3 EUROPA

Nella presente tesi, le serie storiche dei parametri della Kaya Identity raccolgono i dati dal 1971 al 2009, ad eccezione dei dati di emissioni di CO₂ e di consumo di energia primaria le cui serie storiche arrivano fino al 2010.

4.3.1 Emissioni di CO₂, Europa

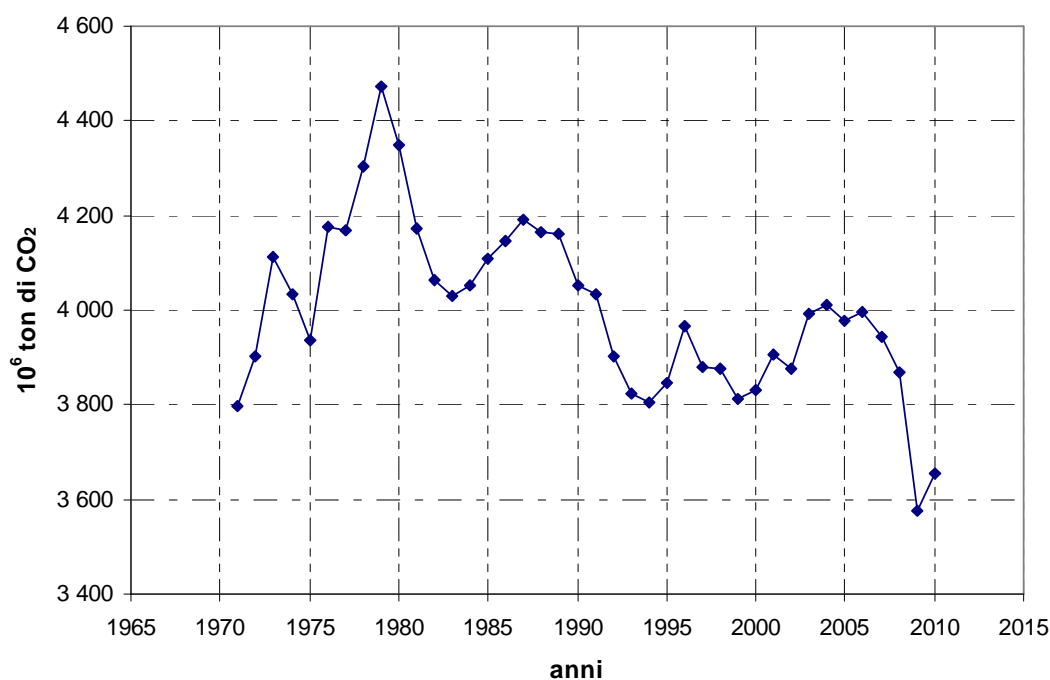


Fig. 4.28 – Europa: trend storico emissioni di CO₂ (1971-2010)

Dal monitoraggio delle tendenze delle emissioni di CO₂ indietro per quattro decenni, è possibile distinguere due periodi:

- 1971-1979, con un tasso di crescita europea congruo a quello globale, o meglio le emissioni globali dipendono per il 27-25% da quelle europee, così da evidenziare come visto nel precedente capitolo un andamento crescente. In questo periodo le emissioni europee presentano un tasso medio del 2.1% di crescita annua, con una variazione relativa dei dati di emissione per questo periodo del 17.8%.
- 1979-2010, con un andamento delle emissioni europee che si svincolano da quelle globali ed invece di continuare a crescere, presentano un tasso medio annuo negativo pari a -0.6%, con una variazione relativa dei dati di emissione per questo periodo di -18.3%.

Come visto nel capitolo precedente è importante notare che i tassi di crescita di CO₂ per ogni periodo, risentono delle escursioni di prezzo del carburante e dei periodi di turbolenze economiche e politiche.

Negli anni 70' il trend di crescita risente della prima crisi del prezzo del petrolio del 1970, causando una recessione nel 1974-1975 con tassi annui di crescita negativi pari rispettivamente a -2.0% e -2.4%.

Il periodo 1980-2010 inizia con la seconda crisi del petrolio, che porta ad una recessione nel 1980-1982, che presenta tassi annui di crescita fortemente negativi, rispettivamente di -2.8%, -4.0% e -2.6%. Dopo tale crisi il trend è in continua riduzione fino al 1994 con accelerazioni più forti nei momenti di crisi, nel tardo 1980 e nei primi anni '90 in cui si verifica la frammentazione del blocco orientale, che provoca un tasso di crescita fortemente negativo nel 1990 pari a -2.6%. Gli anni '90 vedono la prima guerra del Golfo, che porta ad una recessione nel 1992-1993 con tassi rispettivamente pari a -3.2% e -2.1%. Il trend di emissioni torna a crescere solo per gli anni 1994-1996, poi torna a decrescere fino al 1999 con la crisi finanziaria asiatica del 1998. Dal 1999 al 2004 le emissioni sono tornate a crescere con una variazione relativa positiva del 5.2%, interrotte solo nel 2002 dalla recessione dell'11 settembre e dalla seconda guerra in Iraq con un tasso annuo di -0.7%. Dal 2004 al 2009 il trend è fortemente negativo con un massimo di riduzione toccato nel 2009 con la crisi globale, che porta ad avere un tasso annuo pari a -7.5%, valore che non ha precedenti negli ultimi quattro decenni.

Nel 2010 si osserva una leggera crescita nel trend di emissioni con un tasso di crescita pari a 2.2% che risulta però irrisorio rispetto al collasso delle emissioni avvenuto nell'anno precedente, contrariamente a quanto avvenuto su scala globale in cui la crescita delle emissioni ha completamente annullato la riduzione dell'anno precedente.

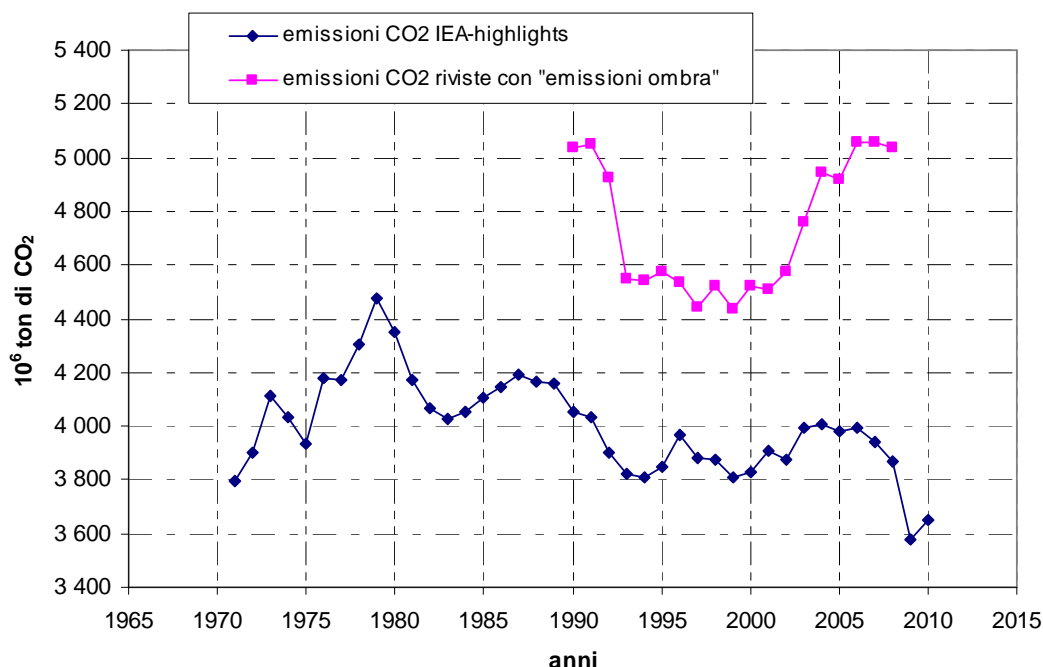
“Emissioni ombra”

Fig. 4.29 – Europa: confronto tra il trend di emissioni di CO₂ IEA-highlights(1971-2010) e il trend di emissioni riviste in funzione dei trasferimenti netti dai paesi non-AnnexII all'Europa (1990-2008).

Su scala Europea si ritiene importante dare peso, per lo meno a livello di analisi, agli studi che suggeriscono come la stabilizzazione delle emissioni nei paesi industrializzati sia giustificabile solo se si considera la crescita delle importazioni dai paesi non-Annex II, in particolare quelli emergenti (Cina, India e Brasile), e cioè se si conteggiano oltre alle emissioni territoriali, le “emissioni ombra”, intese in questo caso come tutte quelle emissioni derivanti dalla produzione di beni e servizi prodotti al di fuori del territorio europeo, ma utilizzati al suo interno.

A tale scopo, nella presente tesi, sono state sommate ai dati di emissioni di CO₂ derivanti dalla fonte IEA-highlights (F), le emissioni ombra derivanti dal commercio internazionale (F^{OMBRA}), sviluppate in un trade-linked database globale elaborato da Glen P. Peters et al. in “Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008”. È un database che raccoglie le emissioni di CO₂ che coprono 113 paesi e 57 settori economici dal 1990 al 2008.

$$F^{TOT} = F + F^{OMBRA} \quad (4.2)$$

In Fig 4.31 sono mostrati sia i valori di emissioni territoriali (F) che le emissioni complessive (F^{TOT}), conteggiando le emissioni ombra dal 1990 al 2008.

Si sta verificando una delocalizzazione delle emissioni dell'industria manifatturiera, dai paesi industrializzati ai paesi emergenti. Nei paesi OECD l'industria viene sostituita dal settore dei servizi che meno utilizza combustibili fossili, mentre nei paesi emergenti aumentano notevolmente le emissioni derivanti dall'industria manifatturiera, che sforna prodotti che immessi nel commercio internazionale spesso arrivano ai paesi OECD. Le emissioni derivanti da questo fenomeno sono cresciute da 4.3 Gt CO₂ nel 1990 (20% delle emissioni globali) a 7.8 Gt CO₂ nel 2008 (26%).

I trasferimenti netti di emissioni tramite il commercio internazionali dai paesi emergenti verso l'Europa, sono aumentati da 986 Mt di CO₂ nel 1990 a 1167 Mt di CO₂ nel 2008. Nel periodo 1990-1997 i trasferimenti netti di emissioni presentano una fase di riduzione con una variazione percentuale del -43% mentre dal 1997 al 2008 si presenta una fase di rapido aumento dei trasferimenti di emissioni, con una variazione percentuale del 107%.

Il 25 aprile 2002 il Consiglio europeo, a nome della Comunità europea, ha approvato il Protocollo di Kyoto, con l'obiettivo che tra il 2008 e il 2012, gli stati membri dell'EU prima del 2004 avrebbero dovuto ridurre collettivamente le loro emissioni di gas ad effetto serra dell'8% rispetto ai valori del 1990 e più in generale gli stati inclusi nell'allegato I della convenzione quadro (ovvero i paesi industrializzati) si impegnerebbero collettivamente a ridurre le loro emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 2008-2012, di almeno il 5 % rispetto ai livelli del 1990.

Al 2008 le emissioni di CO₂ dell'EU 27 registrano una diminuzione del 4.5% rispetto al 1990, ma tenendo conto dei trasferimenti netti di emissioni questa riduzione viene completamente annullata con una variazione relativa minima del -0.02%.

4.3.2 Popolazione, Europa

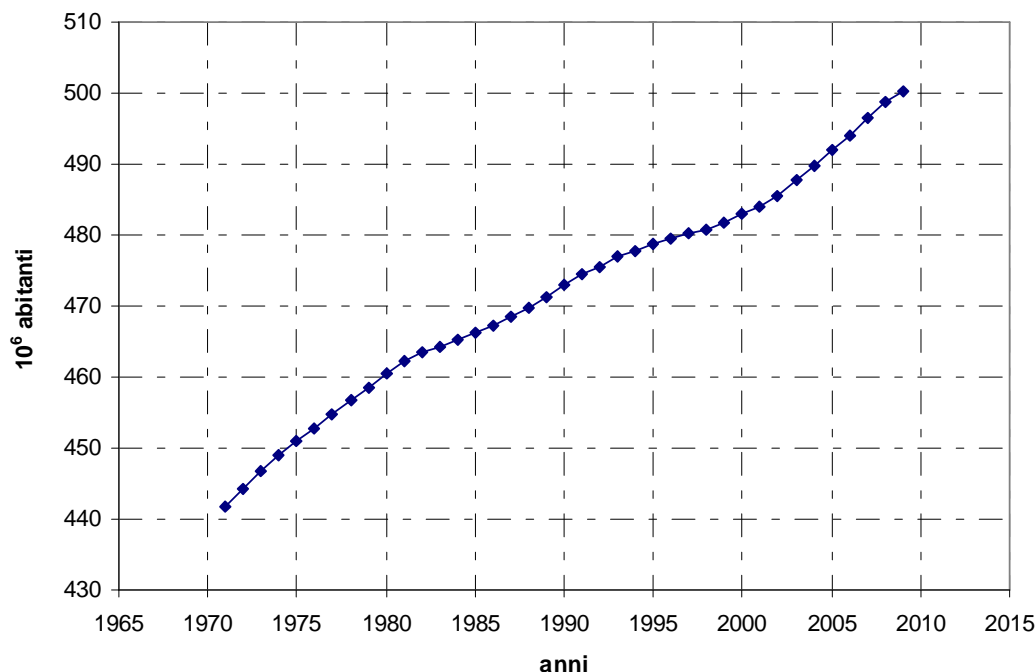


Fig. 4.30 – Europa: trend storico popolazione (1971-2009).

La popolazione europea così come quella mondiale registra una crescita continua in questi ultimi quattro decenni con un tasso medio di crescita annua pari a 0.33%. Il trend europeo cresce a una velocità progressivamente più bassa rispetto al trend di crescita mondiale, nel periodo 1971-2009 a livello mondiale si vede una variazione percentuale del 79%, mentre a livello europeo un più basso 13%.

Il tasso di crescita della popolazione europea è quasi in costante riduzione fino al 1998, mentre fino al 2007 si registra una costante crescita, passando da un tasso di crescita annua nel 1998 pari a 0.13% a un valore di 0.47% nel 2007, per l'incremento dell'immigrazione.

Il tasso di crescita diminuisce leggermente nel 2008 e 2009 per la crisi mondiale, con valori rispettivamente di 0.46% e 0.33%.

4.3.3 PIL, Europa

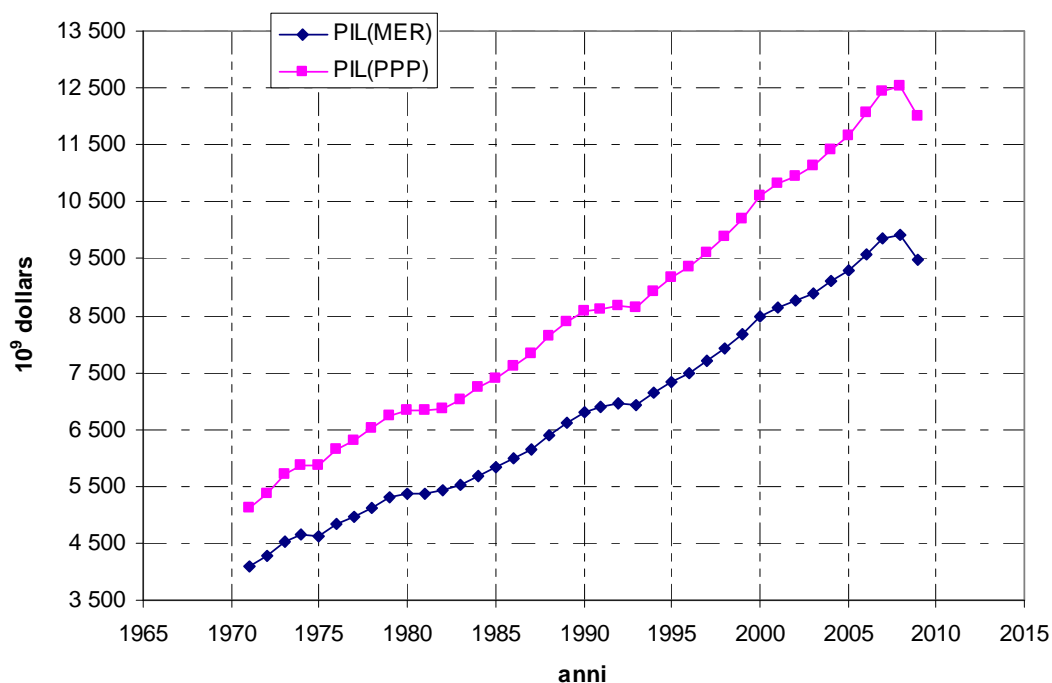


Fig. 4.31 – Europa: trend storico PIL (1971-2009).

L'economia europea rispecchia fortemente l'economia globale, poiché ne possiede una fetta importante anche se la percentuale di PIL europeo rispetto a quello mondiale sta diminuendo. Nel 1997 il PIL europeo corrispondeva al 32% di quello globale mentre nel 2009 ne rappresenta il 24%.

L'area EU27 presenta un trend del PIL estremamente più sensibile rispetto a quello globale all'andamento del mercato finanziario ed è per questo che i rallentamenti economici visti a livello globale appaiono su scala europea amplificati. Negli ultimi quattro decenni a livello europeo si registrano tassi di crescita annui negativi, cosa mai accaduta a livello mondiale fino alla crisi più recente del 2009.

Esaminando i dati storici relativi a rallentamenti economici europei si individuano nella storia recente, gli stessi anni 1975, 1982, 1991 e 2001, individuati nell'analisi su scala globale, a parte la crisi finanziaria asiatica del 1998 che non ha fatto registrare una variazione nota di considerazione sul PIL europeo.

A livello globale si osserva una differenza importante tra i tassi di crescita registrati dal PIL(PPP) e dal PIL(MER), mentre per l'Europa la differenza è minore.

Considerando il periodo 1971-2009, il trend del PIL è in crescita con un tasso medio di incremento annuale del 2.25% in termini di PIL(MER) e del 2.28% in termini di PIL(PPP), minori rispetto ai valori globali rispettivamente di 3.03% e 3.50%. La differenza tra i tassi medi di crescita annua tra PIL(MER) e PIL(PPP) a livello globale è pari mediamente a 0.47%, mentre a livello europeo ad un valore molto basso di 0.03%.

Facendo riferimento al PIL(MER) si osservano rallentamenti della crescita rispetto al tasso medio annuale negli anni: 1975 con un valore di tasso annuo di crescita pari a -0.34%, nel 1981,1982 con valori di -0.05% e 0.96%, nel 1991,1992 e 1993 con valori di 1.23%, 0.93% e -0.18%, nel 2001 con valore di 1.98%. A causa della crisi senza precedenti negli anni 2008 e 2009 si registrano tassi di crescita di 0.46% nel 2008 e fortemente negativo rispetto all'anno precedente, già in rallentamento, di - 4.28% nel 2009.

Facendo riferimento al PIL(PPP) non si osservano rallentamenti nella crescita economica particolarmente diversi da quelli che si osservano in termini di PIL(MER). Nell'anno 1975 si osserva un valore nullo del tasso di crescita annuo, nel 1981,1982 si hanno valori di -0.18% e 0.88%, nel 1991,1992 e 1993 valori di 0.61%, 0.64% e -0.21%, nel 2001 un valore di 2.08%. La crisi senza precedenti negli anni 2008 e 2009 comporta tassi di crescita di 0.74% nel 2008 e fortemente negativo rispetto all'anno precedente, già in rallentamento, di - 4.23%.

La crisi percepita in Europa è molto più forte rispetto a quella registrata a livello mondiale, in quanto riguarda il sistema finanziario dei paesi sviluppati, mentre la componente di PIL derivante dai paesi in via di sviluppo, ed in particolare di quelli emergenti, continua ad aumentare anche negli anni 2008 e 2009.

4.3.4 PIL pro-capite, Europa

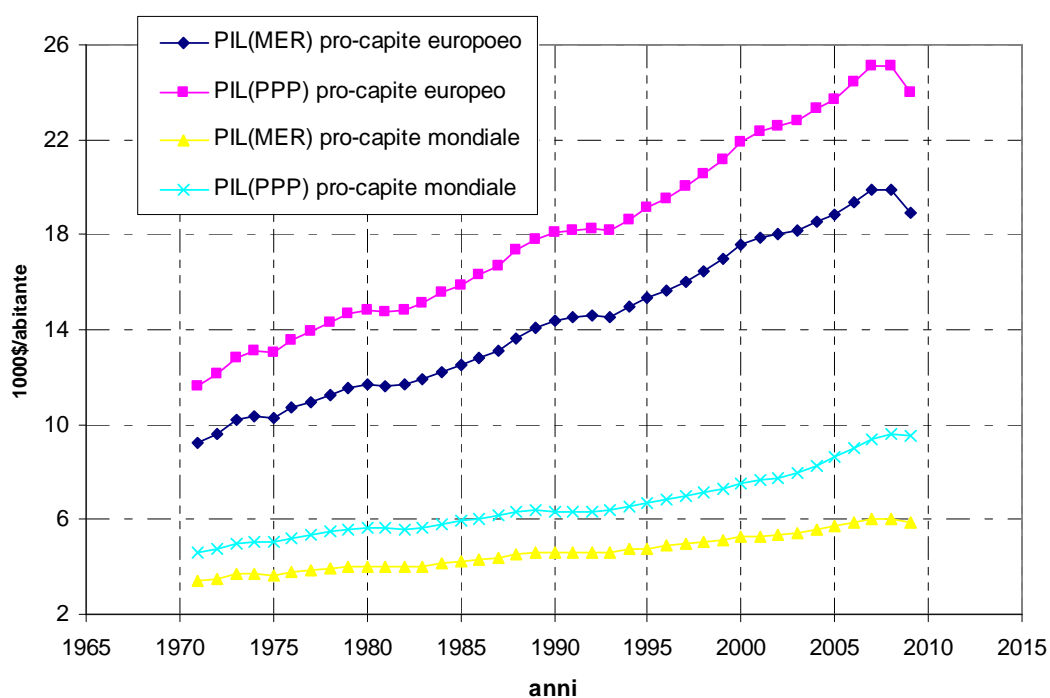


Fig. 4.32 – Europa: trend storico PIL pro-capite (1971-2009).

Il PIL pro-capite(g) anche su scala europea si esprime in 1000 \$ pro-capite.

Il PIL pro-capite segue un trend analogo a quello del PIL, ma più schiacciato: il PIL(MER) pro-capite presenta un tasso medio di incremento annuale pari a 1.92% minore rispetto al 2.25% del PIL(MER) e il PIL(PPP) pro-capite di 1.94% minore rispetto al 2.28% di PIL(PPP).

Il PIL pro-capite europeo è circa 3 volte più alto della media mondiale e in questi ultimi quattro decenni si ha un tasso di crescita del PIL(PPP) pro-capite circa analogo a quello mondiale pari al 2.0%, mentre un tasso di crescita del PIL(MER) pro-capite più alto di quello mondiale pari a 1.5%. Il PPP si ricorda che mette meglio in luce rispetto al MER il livello di sviluppo di diverse realtà, e quindi evidenzia che il miglioramento, registratosi negli ultimi quattro decenni nel grado di sviluppo su scala mondiale, segue la stessa velocità di quello europeo.

L'andamento del trend di PIL pro-capite non è particolarmente diverso da quelle del PIL, perché analogamente a quanto osservato su scala mondiale, il trend della popolazione cresce in modo costante nel tempo e rapportandosi al PIL ne lascia evidenti le variazioni dei tassi di crescita tra un anno e un altro.

4.3.5 Consumo di energia primaria, Europa

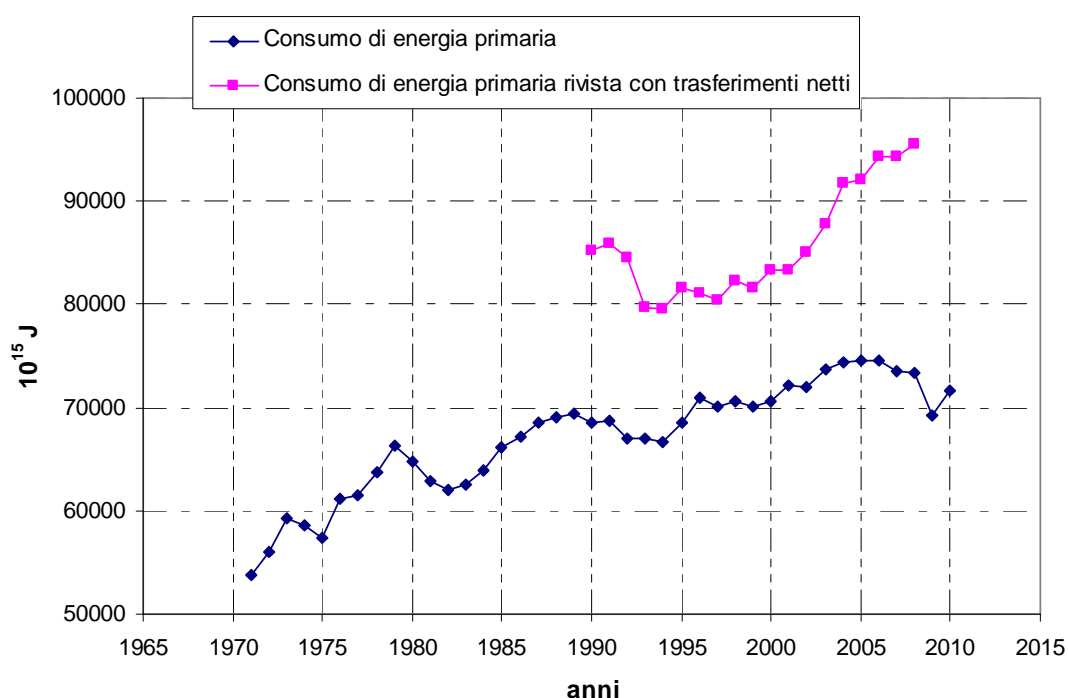


Fig. 4.33 – Europa: confronto tra il trend di consumo di energia primaria IEA-highlights(1971-2010) e il trend di consumo di energia primaria rivista in funzione dei trasferimenti netti dai paesi non-AnnexII all'Europa (1990-2008).

Il consumo di energia primaria europeo (espresso in MJ) ha una variabilità maggiore nel tempo rispetto a quella vista per il trend di consumi energetici su scala globale, perché come già detto nel paragrafo riferito al PIL, l'area europea è molto più sensibile alle crisi economiche ed energetiche rispetto a quanto ne risentano i trend globali.

In Europa inoltre il sistema energetico è ancor più sensibile ed instabile rispetto al trend economico per le note difficoltà nell'avere un approvvigionamento energetico sicuro e costante nel tempo.

Il consumo di energia primaria negli ultimi quattro decenni presenta un trend di crescita con gli stessi rallentamenti nei momenti di recessione globale, già individuati nei paragrafi precedenti.

Nel periodo 1971-2009 il trend di consumo di energia primaria è in crescita con un tasso medio di incremento annuale di 0.70%, estremamente più basso rispetto a quello mondiale pari al 2.11%. Il trend di crescita progressivamente rallenta e passa da una variazione relativa del +20% nel decennio 1971-1980, a una variazione relativa del +5.7% dal 1980 al 1990, del +3.0% dal 1990 al 2000 e del +1.4% dal 2000 al 2010.

Anche dal punto di vista energetico, i consumi europei rappresentano una fetta importante dei consumi energetici globali, sia pure in proporzioni minori rispetto al rapporto tra il PIL europeo e quello mondiale. In ogni caso, come per il PIL, anche la componente europea di consumo di energia primaria rispetto a quella mondiale sta progressivamente diminuendo, con una velocità sempre maggiore. Nel 1997 il consumo di energia primaria europeo corrispondeva al 23% di quello globale, mentre nel 2010 ne rappresenta solo il 13%. Il rapporto tra i consumi energetici europei e quelli mondiali presenta un tasso annuo medio di decremento nel decennio 1971-1980 di -0.88% che nel tempo è andato ad aumentare in termini assoluti per assumere un valore medio di -2.28% nel periodo 2000-2010, con una punta di -4.5% nel 2009, avendo la crisi colpito notevolmente di più i consumi energetici europei rispetto a quelli globali.

Si osservano forti rallentamenti della crescita del consumo di energia primaria rispetto al tasso medio annuale negli anni di crisi 1974,1975 con valori del tasso di crescita di -1.14% e -2.02%, nel 1980,1981,1982 con valori di -2.25%, -2.92% e -1.56%, dal 1991 al 1994 con valori di 0.20%, -2.31%, -0.18% e -0.41%, nel 1997 con valore di -0.99% e nel 2002 con valore di -0.28%. Con la crisi senza precedenti nel 2008-2009, anche in Europa si hanno tassi di crescita negativi rispettivamente di -0.33% e di -5.45%, quest'ultimo valore in termini assoluti è molto più alto rispetto a quello registrato a livello mondiale pari a -1.01%. Nel 2010 la ripresa dei consumi con un tasso annuo di 3.23%, rimane in ogni caso al di sotto di quelli del 2008.

È importante sottolineare che dal 2004 il consumo di energia primaria europeo si è stabilizzata per 3 anni per diminuire nel 2007, con un tasso pari a -1.23%, per poi entrare in una riduzione ancora maggiore per la crisi mondiale. Rispetto a questa stabilizzazione dei consumi energetici dell'Unione Europea è da tenere presente che parte di essa dipende, come detto nel paragrafo inerente alle emissioni di CO₂, dalla forte delocalizzazione del settore manifatturiero nei paesi emergenti.

Considerando l'energia incorporata nelle merci importate tramite il commercio internazionale dai paesi emergenti verso l'Europa, si è stimato il consumo di energia primaria che deriverebbe dalla produzione di tali beni e servizi.

La stima dei consumi energetici totali (E^{TOT}) si è effettuata tramite il rapporto tra i dati annuali di emissioni di CO₂ complessive (F^{TOT}), che includono quindi le “emissioni ombra”, viste nel paragrafo 4.3.1, e le stime annuali di intensità carbonica dell’energia (f) proposte successivamente nel paragrafo 4.3.7 per il periodo 1990-2008, secondo la seguente formula:

$$E^{TOT} = \frac{F^{TOT}}{f} \quad (4.3)$$

Dal confronto tra i dati di consumo di energia primaria, con e senza considerare i trasferimenti netti dei beni e servizi prodotti in paesi emergenti e consumati in Europa, si evidenzia dal 2004 invece non un forte rallentamento nei consumi, ma un trend in continua crescita.

4.3.6 Intensità energetica del PIL, Europa

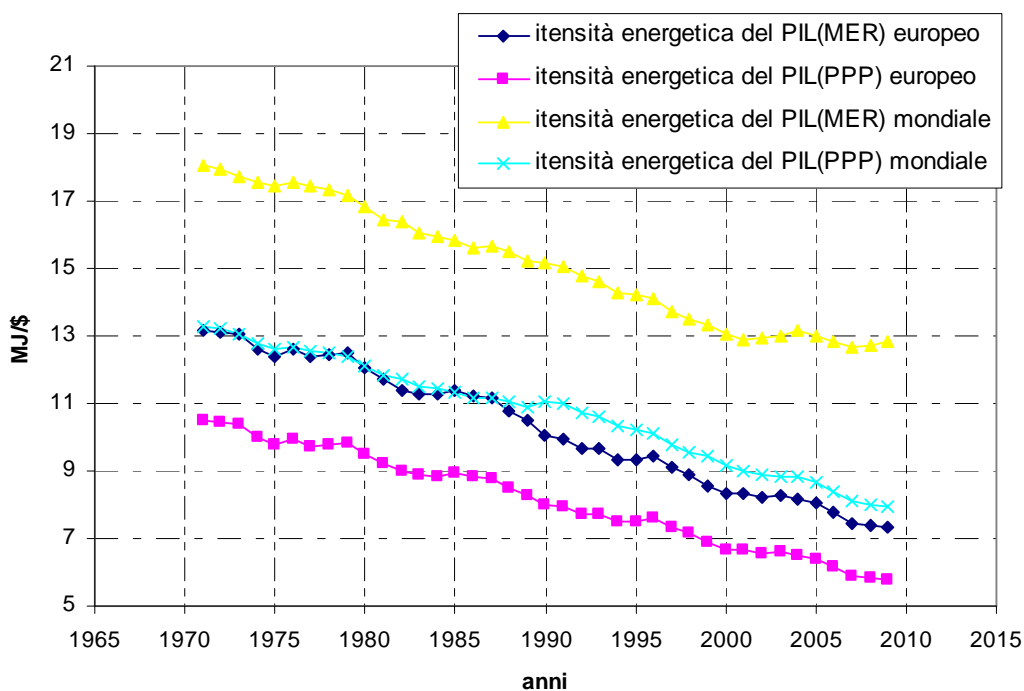


Fig. 4.34 – Europa: trend storici di intensità energetica del PIL europeo e mondiale(1971-2009)

L’ intensità energetica del PIL(e) anche su scala europea si esprime in MJ/\$.

L’ intensità energetica del PIL, intesa come l’efficienza con la quale avviene la produzione di ricchezza (espressa in PIL) a partire dal consumo di energia, è migliore in Europa rispetto alla media mondiale. In Europa l’intensità energetica del PIL nel 1971

registra un valore di 13.2 MJ/\$(in termini di MER) e di 10.49 MJ/\$ (in termini di PPP) che passa a 7.3 MJ/\$(in termini di MER) e 5.8 MJ/\$(in termini di PPP) nel 2009, mentre a livello mondiale nel 1971 si ha un valore di 18.1 MJ/\$(in termini di MER) e 13.3 MJ/\$(in termini di PPP) che passa a 12.8 MJ/\$(in termini di MER) e 7.9 MJ/\$(in termini di PPP) nel 2009.

Su scala europea nel periodo 1971-2009 il trend di intensità energetica del PIL è in costante riduzione, con un tasso medio annuale differente, anche se di poco per le considerazioni già fatte, a seconda se si considera il PIL espresso in MER, con un tasso di -1.52%, o in PPP, con un tasso di -1.55%. Tassi molto più alti in termini di valore assoluto rispetto a quelli mondiali rispettivamente di -0.90% e -1.35%.

Nel paragrafo riguardante i dati globali è stato sottolineato come l'uso del PIL(PPP), avendo un valore assoluto più alto rispetto al PIL(MER), nei parametri di intensità energetica tende a scacciarne le variazioni, dando più peso al trend di riduzione nel tempo, piuttosto che alle variazioni nel rapporto tra la grandezza energetica e quella economica.

Su scala europea questa differenza appare meno evidente, perché i tassi di crescita del PIL(PPP) tendono a rispecchiare quelli del PIL(MER).

Utilizzando quindi sia il MER che il PPP, è possibile mettere in evidenza che nell'ultimo decennio 2000-2009 l'intensità energetica del PIL continua a decrescere, contrariamente a quanto accaduto a livello mondiale per cui si osservano valori di intensità energetica del PIL (MER) praticamente invariati. A livello europeo nel decennio 1990-2000 l'intensità energetica del PIL (MER) registra una variazione relativa del -17% e nel decennio 2000-2010 del -12 %, mentre a livello mondiale, se nel decennio 1990-2000 l'intensità energetica del PIL (MER) è stata in continua riduzione con una variazione relativa del -14%, nell'ultimo decennio 2000-2009 registra una variazione relativa di -1.78% (valore che si abbassa a -0.3% considerando anche il 2010).

Il miglioramento dell'intensità energetica del PIL in Europa è la risposta a due aspetti: l'aumento della componente di PIL legata al settore dei servizi piuttosto che al settore industriale, che necessita maggiormente di energia, e l'impegno europeo degli ultimi anni, come risposta al Protocollo di Kyoto, nel migliorare l'efficienza energetica. Da questo secondo aspetto deriva un minor consumo energetico a parità di bene prodotto, ed essendo per definizione il PIL una grandezza aggregata macroeconomica che esprime il valore complessivo dei beni e servizi prodotti, si osserva una diminuzione di consumo energetico a parità di PIL prodotto.

È comunque importante precisare che la riduzione di intensità energetica del PIL avutosi in questo ultimo decennio è comunque minore rispetto a quello avutosi nei decenni precedenti. Sicuramente il rallentamento avutosi in Europa non è paragonabile a quello verificatosi a livello globale, ma è sintomo di una capacità sempre minore del sistema energetico ed economico di migliorare l'efficienza con la quale avviene la produzione di ricchezza (espressa in PIL) a partire dal consumo di energia, sia per i costi sempre maggiori dell'energia sia perché ottenere un alto gap di miglioramento di efficienza è semplice quando una tecnologia è giovane, mentre è più difficile per le tecnologie affermate apportare miglioramenti significativi.

Inoltre, se si considerassero nel bilancio dei consumi di energia primaria i consumi energetici derivanti dal settore manifatturiero delocalizzato nei paesi emergenti, l'intensità energetica del PIL presenterebbe un decremento ancora minore. Nell'ultimo decennio diventa sempre più rilevante l'energia necessaria a produrre beni e servizi, che contribuiscono

all'incremento del PIL europeo, ma non vengono conteggiati all'interno dei consumi energetici europei, perché prodotti all'estero, e quindi si sottostima il trend di intensità energetica.

4.3.7 Intensità carbonica dell'energia, Europa

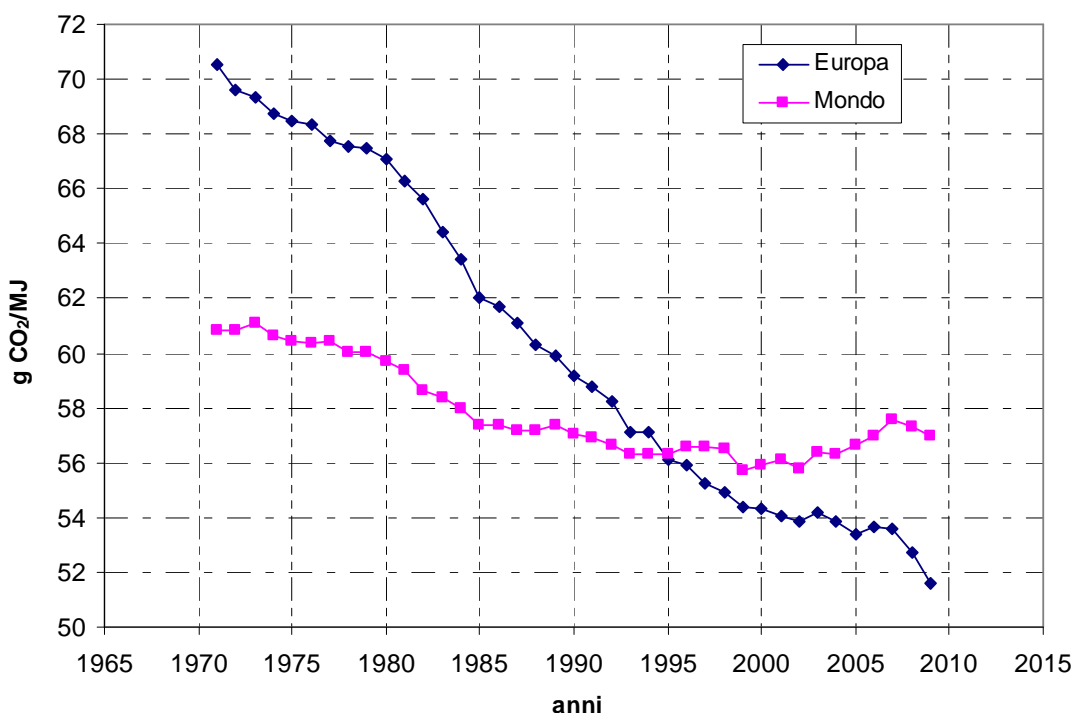


Fig. 4.35 – Europa: trend storici dell'intensità carbonica dell'energia europeo e mondiale (1971-2009)

L'intensità carbonica di energia fino al 1995 è inferiore a livello mondiale rispetto che in Europa, come si evidenzia in Fig. 4.39, perché come si vedrà nel paragrafo 4.3.12 il consumo di combustibile fossile per energia primaria europeo fino a tale data è stato al di sopra della media mondiale.

Dopo tale data, l'impegno europeo nello sviluppare le energie rinnovabili e decarbonizzare il sistema energetico ha permesso che l'intensità carbonica dell'energia continuasse a diminuire, mentre il trend mondiale, con il sopraggiungere dei paesi non-OECD come consumatori di combustibile fossile, ha registrato un aumento nel trend assumendo in breve tempo valori di emissioni di CO₂ in rapporto all'energia consumata molto più alti di quelli europei.

Nel periodo 1971-2010 a livello europeo il consumo di energia primaria aumenta del 33% con un tasso medio di incremento annuo pari a 0.76%, mentre le emissioni di CO₂ sono leggermente diminuite con una variazione relativa del -4% e un tasso medio di incremento

annuo del -0.06%. I miglioramenti in termini di intensità carbonica di energia sono quindi molto importanti registrando un tasso medio annuale pari a -0.82% che è molto più alto, in termini assoluti, rispetto al valore mondiale di -0.16%.

Si evidenzia quindi a livello europeo una reale capacità di decarbonizzare progressivamente il sistema energetico, ma è importante osservare che la velocità di decarbonizzazione sta diminuendo nel tempo. Nel decennio 1980-1990 si registra un tasso medio annuo di -1.18%, nel decennio 1990-2000 di -0.82%, nel periodo 2000-2010 pari a -0.60%. Come vedremo meglio nei prossimi paragrafi, il rallentamento è dovuto alla difficoltà sempre maggiore di apportare miglioramenti costanti nel fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, piuttosto che all'introduzione nel sistema energetico di energia rinnovabile.

In base a quanto detto finora, risulta importante sottolineare che nell'ultimo decennio, l'impegno europeo non riesce in ogni caso ad influenzare gli andamenti mondiali, per il fatto che i consumi energetici e le emissioni di CO₂ in Europa rappresentano ormai solo una piccola percentuale rispetto ai valori mondiali. Nel 2009 il consumo di energia primaria europea rispetto a quella mondiale è pari al 14%, mentre la percentuale di emissioni di CO₂ è ancora più bassa ed è pari al 12% e tali percentuali tenderanno nel tempo a diminuire progressivamente.

4.3.8 Consumo finale di energia, Europa

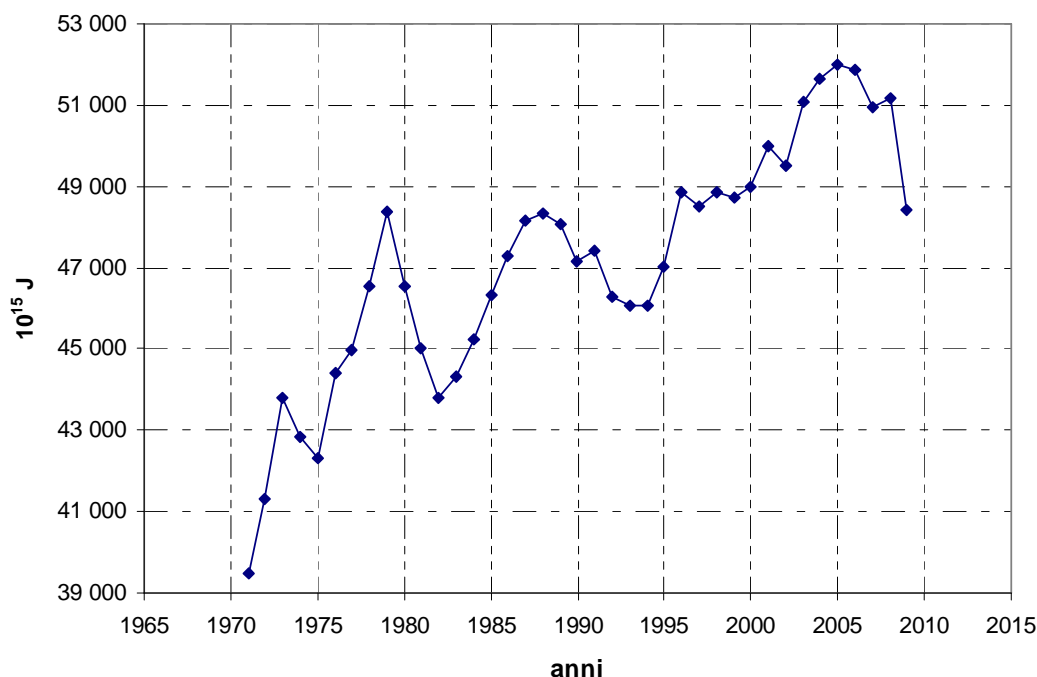


Fig. 4.36 – Europa: trend storico consumo finale di energia (1971-2009)

Il consumo finale di energia (I) (espresso in MJ) per definizione è direttamente influenzata dal consumo di energia primaria e negli ultimi quattro decenni ha quindi un trend in continua crescita, con rallentamenti nei momenti di recessione globale, analogamente a quanto avviene per il consumo di energia primaria.

Nel periodo 1971-2009 il trend di consumo finale di energia è in crescita con un tasso medio di incremento annuale di 0.57% inferiore rispetto a quello di consumo di energia primaria pari al 2.09%, da cui si deduce che ci sia un peggioramento del fattore di conversione energetica negli ultimi quattro decenni, come si vedrà meglio nel paragrafo ad essa dedicato.

4.3.9 Intensità energetica finale del PIL, Europa

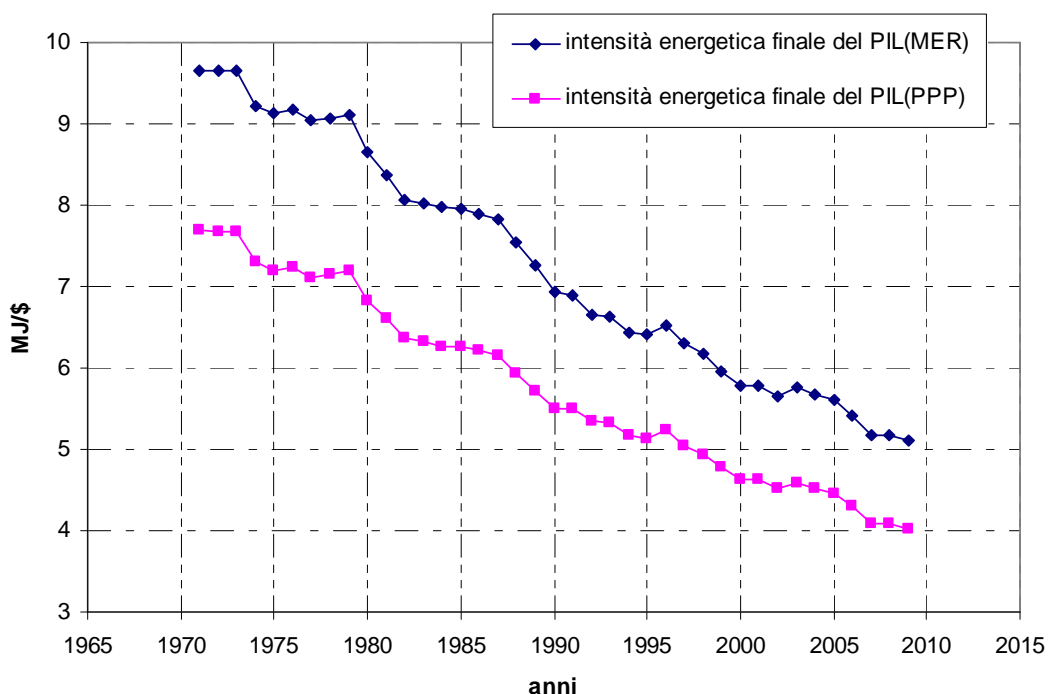


Fig. 4.37 – Europa: trend storico intensità energetica finale del PIL (1971-2009)

L'intensità energetica finale del PIL (e'), anche su scala europea si esprime in MJ/\$.

L'intensità energetica finale del PIL presenta dei valori assoluti inferiori a quelli dell'intensità energetica del PIL, perchè il consumo finale di energia da cui deriva è per definizione sempre inferiore consumo di energia primaria.

L'intensità energetica finale del PIL, analogamente a quanto detto nel paragrafo dedicato all'intensità energetica del PIL, presenta negli ultimi quattro decenni un trend in costante riduzione, con un tasso medio annuale poco differente in base a se si considera il PIL espresso in MER, con un tasso di -1.65%, o in PPP, con un tasso di -1.67% e anche

nell'ultimo decennio continua a decrescere, a differenza della stabilizzazione che si osserva su scala globale.

È importante precisare che il miglioramento di Intensità energetica finale del PIL avutosi in quest'ultimo decennio è comunque minore rispetto a quello avutosi nei decenni precedenti e da questa osservazione possono derivare le medesime considerazioni fatte nel paragrafo dedicato all' energy intensity (par 4.2.6).

4.3.10 Fattore di conversione energetica, Europa

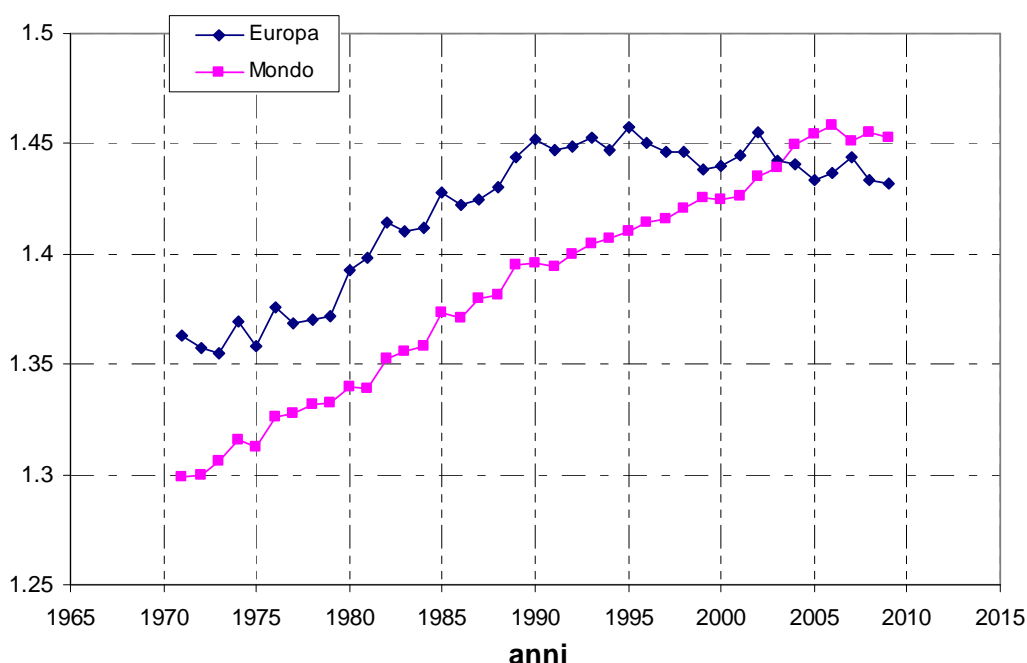


Fig. 4.38 – Europa: trend storico fattore di conversione energetica (1971-2010)

Nei decenni precedenti al 2000, nei paesi non-OECD i consumi di energia primaria erano minori rispetto a quelli OECD. Si ricorda che la tendenza del fattore di conversione energetica (k) è che per minor energia primaria consumata minori sono le “perdite” e quindi più basso è il valore che assume. Essendo il fattore di conversione energetica globale derivante dalla media dei valori dei paesi OECD e non-OECD, questa si è mantenuta al di sotto del valore europeo finché il fattore di conversione energetica dei paesi non-OECD è stata migliore rispetto all’Europa e agli altri paesi OECD. Da quando i consumi energetici OECD e non-OECD sono paragonabili, il fattore di conversione energetica dei paesi non-OECD ha assunto valori peggiori di quelli dei paesi OECD, portando il valore medio di k su scala mondiale al di sopra dei valori europei.

Se a livello globale il trend del fattore di conversione energetica è in continua crescita con un tasso medio di incremento annuale pari a 0.29%, nel descrivere il trend europeo è bene distinguere 2 periodi:

- dal 1971 al 1990 si osserva una continua crescita, analoga a quella mondiale, con un tasso medio di incremento annuale pari a 0.34% e a ciò corrisponde un peggioramento costante di k che è passato da 1.36 nel 1971 a 1.45 nel 1990 (in termini di η va da 0.73 a 0.69).
- Dal 1990 al 2009 si osserva invece una riduzione del trend del fattore di conversione energetica (k) con un tasso medio di incremento annuale pari a -0.07% e a ciò corrisponde un miglioramento di η che è passato da 1.45 nel 1990 a 1.43 nel 2009 (in termini di η va da 0.69 a 0.70).

Da un confronto con il trend di consumo di energia primaria si osserva che il trend del fattore di conversione energetica decresce nei momenti in cui i consumi primari diminuiscono o si stabilizzano. Dal 1989 al 1994 i consumi di energia primaria decrescono e il fattore di conversione energetica si stabilizza ad un valore circa costante. Dal 1996 al 2000 il valore di k diminuisce con i consumi energetici che rimangono stazionari. Dal 2005 al 2009 il consumo primario diminuisce e il fattore di conversione energetica registra un piccolo miglioramento.

Dal 2003 al 2005 mentre il fattore di conversione energetica migliora con una riduzione del valore di k , i consumi primari di energia aumentano leggermente.

Dai precedenti confronti si può dedurre che a muovere l'andamento del fattore di conversione energetica sono due fattori:

- l'aumento nei rendimenti dei singoli apparecchi di trasformazione energetica e la gestione della rete elettrica più efficiente, determinano l'abbassamento del valore di k accompagnato da una stazionarietà o leggero aumento nei consumi energetici.
- la diminuzione dei consumi energetici migliora l'efficienza del sistema, inversamente da quanto si osserva nei trend storici che all'aumentare dei consumi energetici il fattore di conversione energetica k diminuisce.

È da sottolineare che la diminuzione dei consumi energetici registrata dal 2005 al 2009 non è dovuta a miglioramenti di efficienza, ma viceversa è stata la diminuzione della domanda energetica a migliorare il fattore di conversione energetica. Questo è confermato dal fatto che se si valutassero i consumi aggiuntivi derivanti dai trasferimenti netti di beni e servizi tramite il commercio internazionale, si verificherebbe in questo periodo un aumento dei consumi energetici europei piuttosto che una loro riduzione.

Quindi, seppur sia difficile svincolare i reali miglioramenti di questo parametro da una fittizia riduzione dei consumi derivante dal processo di delocalizzazione, si evidenzia in Fig. 4.43, come l'Unione Europea da sempre impegnata al miglioramento del fattore di conversione energetica, non riesca a mantenere costanti nel tempo questi progressi.

È importante precisare, come già fatto in precedenza, che con i miglioramenti del fattore di conversione energetica, intesa come miglioramento del rapporto tra consumi di energia primaria e finale, non ci si riferisce ai possibili miglioramenti nell'efficienza di macchine che lavorano nei settori di uso finale, quali automobili, elettrodomestici, ecc., perché i consumi finali di energia si pongono nel sistema di bilancio energetico a monte di

questi. Ma i miglioramenti di efficienza utili per abbassare il valore di k sono quelli ottenuti lavorando sul sistema delle trasformazioni energetiche, migliorando l'efficienza delle turbine, alternatori, condensatori, ecc. e nella distribuzione elettrica, limitando le "perdite" di rete.

4.3.11 Consumo di combustibili fossili, Europa

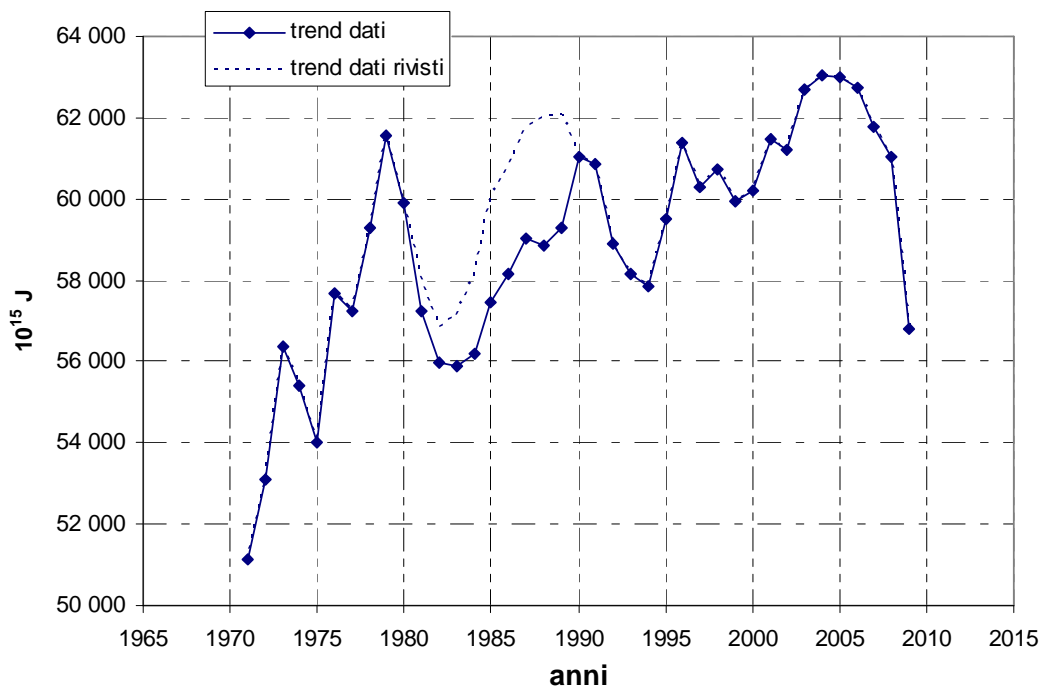


Fig. 4.39 – Europa: trend storico consumo di combustibili fossili (1971-2010)

Il consumo di combustibili fossili è in parte rivisto perché dall'analisi dei dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria si evidenzia nel prossimo paragrafo un trend poco realistico ed i dati del periodo 1981-1989 sono stati modificati.

Per questo periodo i dati di consumo di combustibili fossili ($C^{RIVISTO}$) sono stati quindi stimati come prodotto tra i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria ($c^{RIVISTO}$), proposti nel par. 4.3.12, e i dati di consumo di energia primaria (E) visti nel paragrafo 4.3.5, secondo la formula:

$$C^{RIVISTO} = c^{RIVISTO} \cdot E \quad (4.4)$$

Il consumo di combustibile fossile in parte rivisto tramite la for. 4.3 segue un trend con andamenti di crescita e recessione che si possono ben correlare con l'andamento di consumo di energia primaria da cui dipende.

Negli ultimi quattro decenni il trend di consumo di combustibile fossile è cresciuto con un tasso annuo medio di 0.31%, ma si presenta molto variabile nel tempo per le turbolenze economiche o energetiche. Negli anni 1974,1975 si registrano valori del tasso di crescita di -1.7% e -2.5%, nel 1980,1981,1982 valori di -2.7%, -3.3% e -1.9%, nel 1992 e 1993 valori di -3.2% e -1.3%, nel 1997 valore di -1.8%. Si arriva poi a una crisi senza precedenti nel 2009 con un tasso di crescita negativo di -6.9%.

Nel decennio 1971-1979, escludendo la crisi del 1974, si osserva una sostanziale crescita del consumo di combustibile fossile con un tasso medio di incremento annuale di 2.40%, dal 1979 al 1983 una forte riduzione con un tasso annuo medio del -1.84%, dal 1983 al 2004, una crescita con un tasso medio di incremento annuale di 0.48%, valore comunque molto più basso rispetto al decennio 1971-1980.

Dal 2004 al 2009, con la crisi che ha abbattuto i consumi energetici ed in particolare quelli più tradizionali, come si vedrà nel successivo paragrafo, il trend presenta un tasso annuo medio di -2.03%.

4.3.12 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Europa

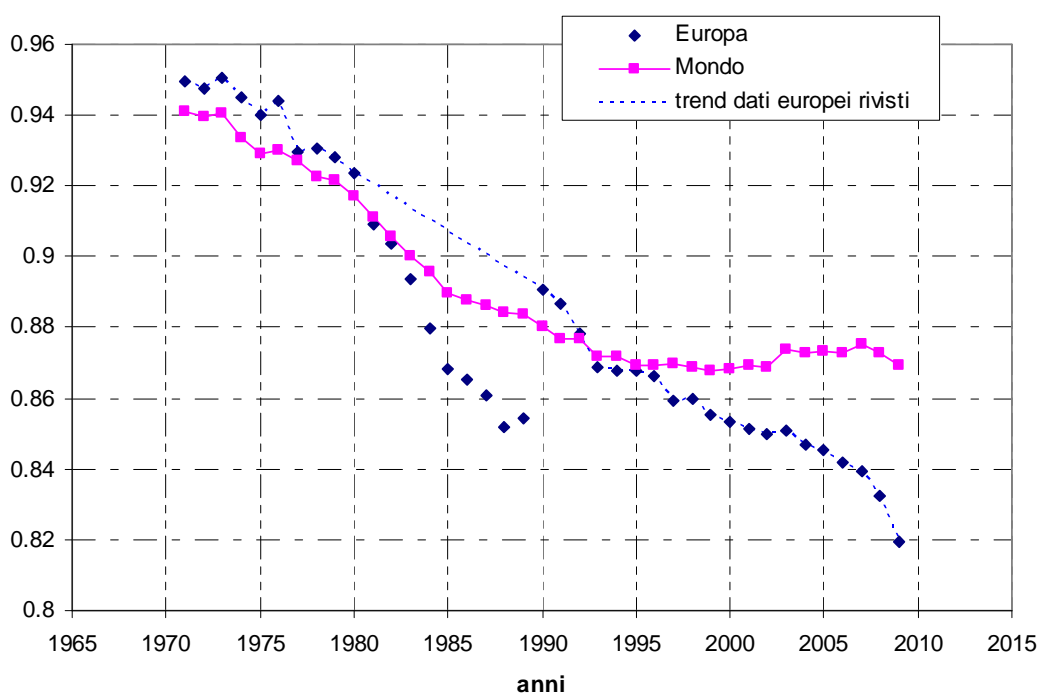


Fig. 4.40 – Europa: trend storico consumo di combustibili fossili per energia primaria europea e mondiale(1971-2009)

Dall'analisi del trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria(c) (numero adimensionale) si osserva un salto dal 1989 al 1990 poco realistico, dovuto ad un errore

contenuto nella stima del consumo di combustibile fossile effettuata nel capitolo dedicato alle fonti dati (cap. 3.2.6).

I dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria dal 1981 al 1989 sono stati corretti effettuando una linearizzazione dei dati 1980 e 1990. I dati risultanti ^{RIVISTO} sono sicuramente più significativi soprattutto in vista di un loro utilizzo nella costruzione di scenari futuri.

Negli ultimi quattro decenni il trend di consumo di combustibile fossile è in crescita con un tasso medio di incremento annuale di 0.25%, inferiore rispetto al tasso di consumo di energia primaria pari al 0.70%, grazie all'uso di fonti energetiche non fossili che si inserisce progressivamente nel sistema energetico, da cui deriva un tasso medio annuale del consumo di combustibili fossili per energia primaria pari a -0.40%, molto più alto rispetto a quello mondiale pari a -0.2%.

Negli ultimi quattro decenni il trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria è in continua riduzione e da un'osservazione più analitica si osserva come nel periodo 1971-1980 il tasso medio di incremento annuale è -0.31%, nel periodo 1980-1990 è pari a -0.36%, nel periodo 1990-2000 è pari a -0.43% e dal 2000 al 2009 è pari a -0.45%, quindi presenta una riduzione che va progressivamente accelerando per lo sviluppo sempre più rapido dell'energia rinnovabile.

A livello europeo si osserva quindi come l'impegno a ridurre l'uso di combustibili fossili permette di mantenere il trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria in continua riduzione, con un sistema energetico che si dimostra capace di mantenere costante nel tempo la capacità di rinnovarsi, rivelando le alte potenzialità di questo parametro nel rendere il sistema energetico più pulito.

4.3.13 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Europa

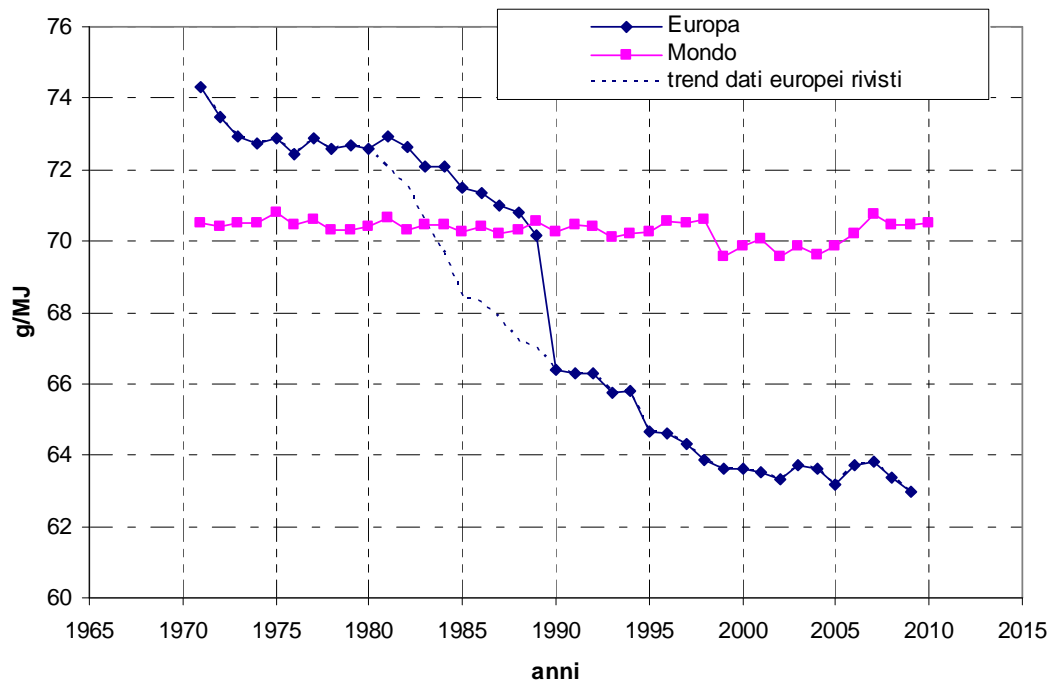


Fig. 4.41 – Europa: trend storico fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (1971-2009)

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili(s) (espresso in g/MJ) presenta un salto dal 1989 al 1990 poco realistico e conferma l'errore presente nella stima dei dati di consumo di combustibili fossili. Nel periodo 1981-1989 i dati del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili ($s^{RIVISTO}$) sono stati quindi corretti come rapporto tra i dati di emissioni di CO₂ (F), visti nel par. 4.3.1, e il consumo di combustibili fossili "rivisto" ($C^{RIVISTO}$), proposto nel par. 4.3.11, come:

$$s^{RIVISTO} = \left(\frac{F}{C^{RIVISTO}} \right) \quad (4.5)$$

Negli ultimi quattro decenni il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili così risultante è in continua riduzione con un tasso medio di crescita pari a -0.43%.

A differenza di quanto si nota a livello globale dal 2002 al 2009 in cui si registra un trend in crescita con un tasso annuo medio di +0.18%, il trend europeo anche in questi anni continua a mantenersi negativo con tasso seppur basso di -0.08%.

Come già accennato nel paragrafo dedicato all'intensità carbonica di energia, si evidenzia a livello europeo una reale capacità di decarbonizzare le fonti fossili, ma con una velocità che sta diminuendo nel tempo, nel decennio 1980-1990 il tasso medio annuo è di -0.44%, nel decennio 1990-2000 di -0.43%, nel periodo 2000-2010 pari a -0.11%.

Nell'ultimo decennio si osserva quindi un decremento del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili minore rispetto ai decenni precedenti, evidenziando una forte difficoltà ad apportare ulteriori miglioramenti a questo parametro.

4.3.14 Kaya Identity a livello europeo

Si riportano i dati dei parametri della Kaya Identity a livello europeo nelle figure 4.42 - 4.43, normalizzando i valori rispetto al dato del 1971 ed esprimendo le emissioni di CO₂ secondo la formulazione a quattro (for. 2.3) e sei parametri (for. 2.5).

Le differenze nei tassi di crescita tra il PIL(MER) e il PIL(PPP) sono minime, quindi di seguito il PIL sarà espresso solo in termini di MER.

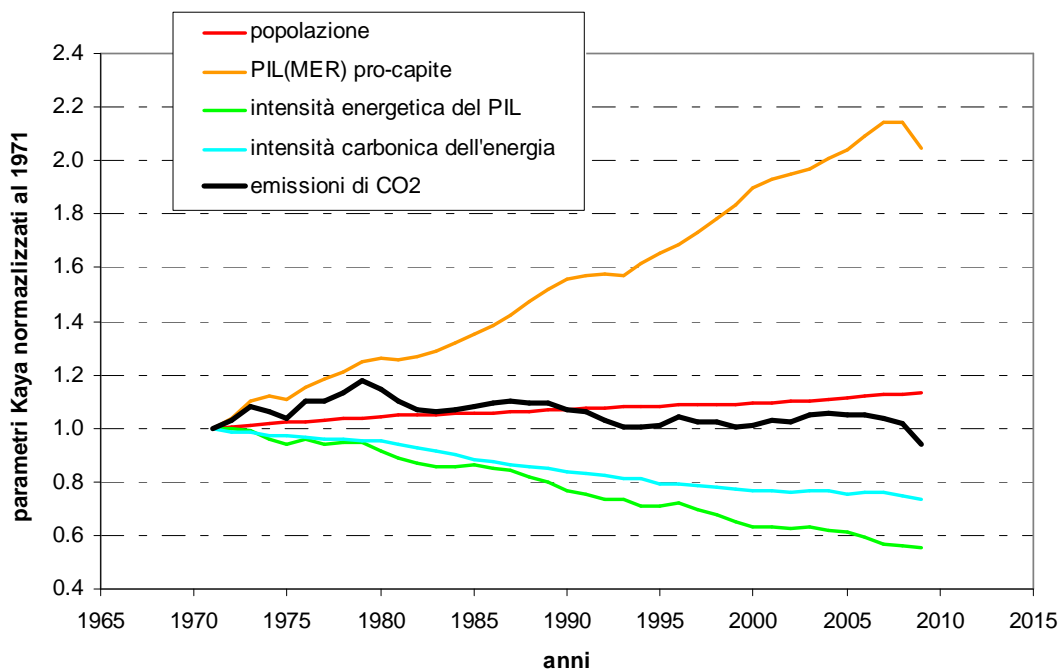


Fig. 4.42 –Europa: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

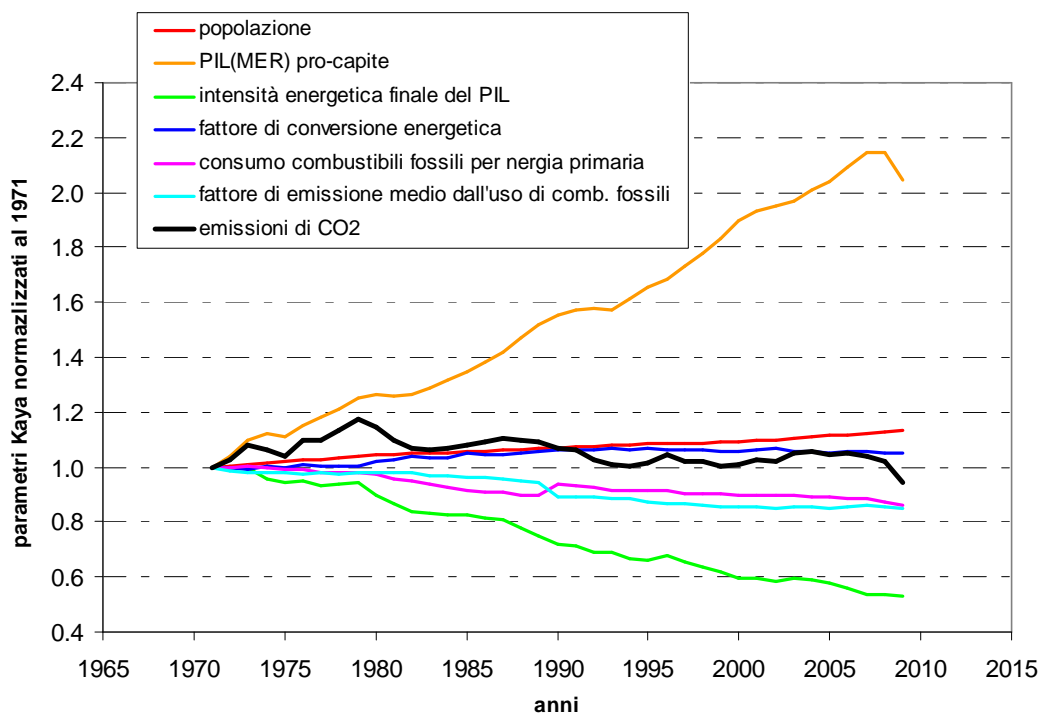


Fig. 4.43 – Europa: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Di seguito si mettono in evidenza i contributi che le variazioni di ciascun parametro apportano alla variazione totale di emissioni di CO₂ secondo la formulazione della Kaya Identity in termini di tassi di crescita (for. 2.6 vista nel par. 2.3). I contributi sono calcolati secondo la for. 4.1 proposta nel par. 4.1.14.

Si prendono in considerazione i quattro decenni 1971-1980, 1980-1990, 1990-2000, 2000-2009 e la variazione avvenuta dal 2008 al 2009 a causa della crisi economica.

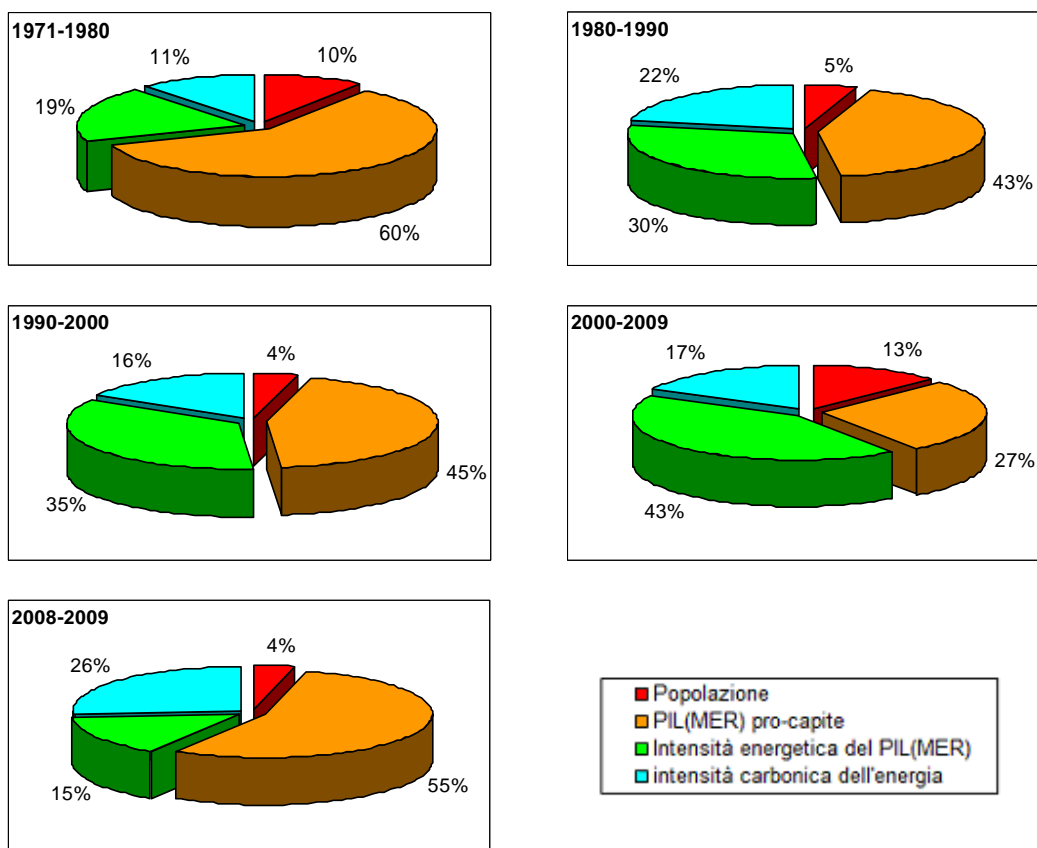


Fig. 4.44 – Europa: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂. Il PIL è espresso in termini di MER.

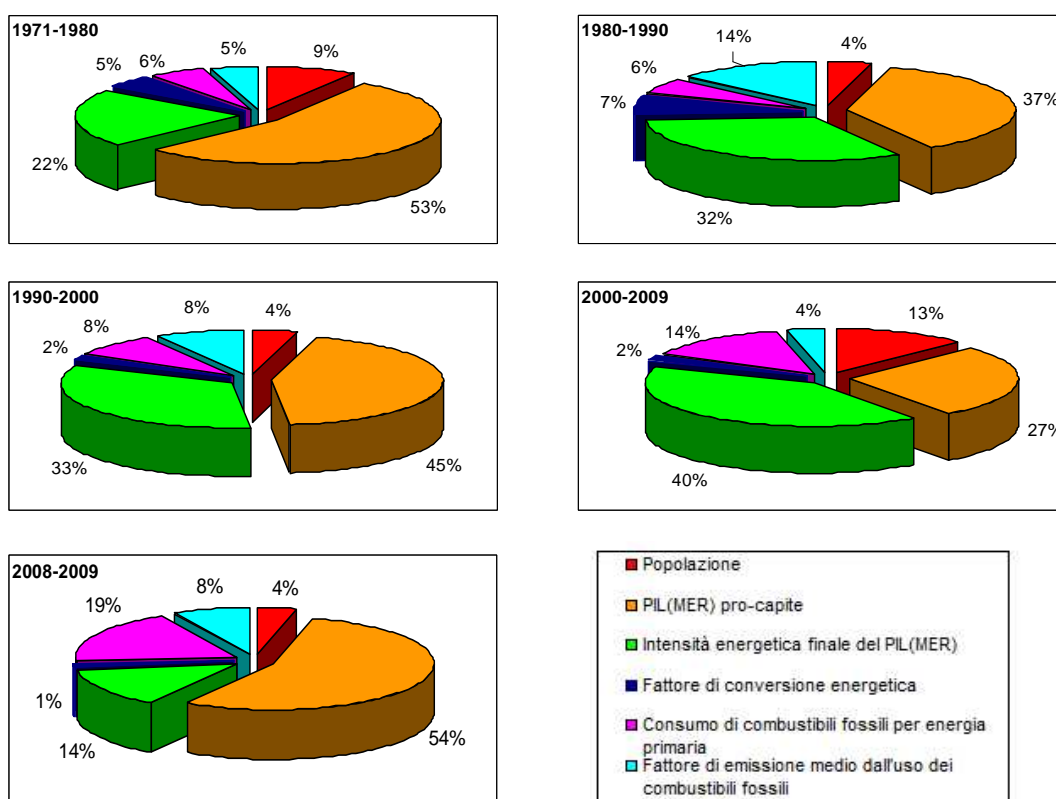


Fig. 4.45 – Europa: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂. Il PIL è espresso in termini di MER.

Nelle figure 4.44 e 4.45 si mettono in evidenza i contributi dei diversi parametri, ma non essendo precisato se questi siano positivi o negativi, nella tabella 4.2 si riportano i tassi annui medi di variazione dei parametri per gli stessi periodi storici dei diagrammi. I parametri sono espressi secondo la simbologia proposta nel par. 2.3.

Tab. 4.2 – Tassi annui medi di variazione dei parametri della Kaya Identity europea. Il PIL è espresso in termini di MER.

anni	<i>P</i>	<i>g</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e'</i>	<i>k</i>	<i>c</i>	<i>s</i>
1971-1980	0.48%	2.91%	-0.94%	-0.55%	-1.16%	0.24%	-0.30%	-0.25%
1980-1990	0.27%	2.32%	-1.65%	-1.18%	-1.99%	0.43%	-0.36%	-0.85%
1990-2000	0.21%	2.21%	-1.74%	-0.82%	-1.67%	-0.08%	-0.42%	-0.42%
2000-2009	0.40%	0.87%	-1.34%	-0.55%	-1.29%	-0.06%	-0.44%	-0.11%
2008-2009	0.33%	-4.60%	-1.23%	-2.20%	-1.15%	-0.08%	-1.56%	-0.65%

Nei quattro decenni considerati la popolazione (*P*) e il PIL pro-capite (*g*) presentano dei tassi annui medi di variazione sempre positivi e tendono quindi ad aumentare le emissioni di CO₂; l'intensità energetica del PIL (espressa sia in termini di consumi energetici primari (*e*))

che finali (e')), l'intensità carbonica di energia (f), il consumo di combustibili fossili per energia primaria (c) e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (s), presentano dei tassi sempre negativi e quindi tendono a ridurre le emissioni di CO₂; mentre il fattore di conversione energetica (k) è stato in crescita fino al 1990 per poi diminuire negli ultimi due decenni. Si valutano poi le variazioni registrate nell'anno 2008-2009 per verificare il contributo della crisi e quindi della diminuzione del PIL sulla variazione di emissioni.

In Europa dopo il 1979 si registra una diminuzione delle emissioni di CO₂ con un tasso annuo medio per il periodo 1971-2010 vicino allo zero e pari a -0.10% grazie al fatto che i parametri che forniscono un contributo negativo hanno superato il contributo positivo della popolazione e del PIL pro-capite. Solo nell'ultimo decennio si ha una ripresa nei tassi di crescita.

A differenza di quanto accade su scala mondiale dove il contributo della popolazione sulle variazioni di emissioni di CO₂ è il principale insieme a quello del PIL, in Europa è minimo e si colloca dopo quello del PIL, dell'intensità energetica e dell'intensità carbonica.

Il contributo del PIL pro-capite rimane di grande importanza, seppure sia diminuito a favore dell'intensità energetica del PIL. Nelle figure 4.44 e 4.45 si evidenzia come nel decennio 2000-2009 diminuisca fortemente il contributo positivo del PIL a causa della crisi. È bene sottolineare che ciò non corrisponde ad una diminuzione dell'influenza che il PIL ha sulle emissioni. A verifica di ciò si propongono i contributi dei parametri nell'anno della crisi economica (2008-2009) in cui appare evidente la predominanza del contributo fornito dal PIL rispetto a quello degli altri parametri.

Dopo il 1990 diventa molto importante il contributo dell'intensità energetica, che si colloca subito dopo quello del PIL, e svincola in parte i consumi energetici dalla crescita del PIL, permettendo una riduzione delle emissioni nonostante il PIL continui a crescere.

Il miglioramento dell'intensità energetica del PIL in Europa è la risposta a due aspetti: l'aumento della componente di PIL legata al settore dei servizi piuttosto che al settore industriale, che necessita di una quantità maggiore di energia, e negli ultimi anni l'impegno europeo come risposta al Protocollo di Kyoto nel migliorare l'efficienza energetica.

È comunque importante precisare che il miglioramento di intensità energetica avutosi in questo ultimo decennio è comunque minore rispetto a quello avutosi nei decenni precedenti. Si passa da un tasso annuo medio di -1.74 nel decennio 1990-2000 a -1.34 nel decennio 2000-2009.

Sicuramente il rallentamento avutosi in Europa non è paragonabile a quello verificatosi a livello globale, ma è sintomo di una capacità sempre minore del sistema energetico ed economico di migliorare l'efficienza con la quale avviene la produzione di ricchezza (espressa in PIL) a partire dal consumo di energia, sia per i costi sempre maggiori dell'energia sia perché ottenere un alto gap di miglioramento di efficienza è semplice quando una tecnologia è giovane, mentre è più difficile per le tecnologie affermate.

Inoltre, se si considerassero nel bilancio dei consumi di energia primaria i consumi energetici derivanti dal settore manifatturiero delocalizzato nei paesi emergenti, l'intensità energetica del PIL presenterebbe un decremento ancora minore. Nell'ultimo decennio diventa sempre più rilevante l'energia necessaria a produrre beni e servizi, che contribuiscono all'incremento del PIL europeo, ma non vengono conteggiati all'interno dei consumi energetici europei, perché prodotti all'estero, e quindi si sottostima il trend di intensità energetica.

Considerando l'energia incorporata nelle merci importate, risulterebbe più alto il reale trend di intensità energetica del PIL ed il suo effettivo potenziale di miglioramento che per lo meno in Europa risulta essere stato sicuramente sopravvalutato.

Secondo l'impegno assunto dalla Comunità europea, approvando il protocollo di Kyoto (nel 2002) tra il 2008 e il 2012, gli stati inclusi nell'allegato I della convenzione quadro (ovvero i paesi industrializzati) avrebbero dovuto ridurre collettivamente le loro emissioni di gas ad effetto serra di almeno l'8% rispetto ai valori del 1990. Al 2008 le emissioni di CO₂ dell'EU 27 registrano una diminuzione del 4.5% rispetto al 1990, ma tenendo conto dei trasferimenti netti di emissioni questa riduzione viene completamente annullata con una variazione relativa minima del -0.02%.

In funzione dell'analisi fatta considerando le "emissioni ombra" si ritiene quindi che per progredire verso la stabilizzazione delle emissioni globali di gas a effetto serra, i paesi sviluppati per misurare il loro impegno non devono fermarsi al solo monitoraggio delle emissioni territoriali, ma è importante vigilare parallelamente sui trasferimenti di emissioni legate al commercio internazionale, per non far pesare i propri consumi sui paesi emergenti e per assumersi in modo più chiaro le proprie responsabilità.

Il fattore di conversione energetica fornisce un contributo molto basso. Il suo contributo è positivo fino al 1990, a causa del verificarsi di un'importante crescita dei consumi energetici primari, che registrano un tasso annuo medio di 1.44% (nel periodo 1971-1990), mentre dopo tale data passa ad essere leggermente negativo grazie al forte rallentamento che si registra nel trend di crescita dei consumi energetici che registrano un tasso di 0.06% nel periodo 1990-2009 e ad un contemporaneo miglioramento di efficienza energetica nel sistema delle trasformazioni energetiche e nella distribuzione elettrica.

La variazione di intensità carbonica di energia in Europa contribuisce molto di più alla diminuzione di emissioni di quanto accada su scala mondiale, anche se è importante precisare che l'intensità carbonica di energia europea nel 1971 ha valori molto più alti di quelli mondiali, perché il consumo di combustibili fossili per energia primaria fino al 1995 è stato al di sopra della media mondiale. In Europa si evidenzia una reale capacità di decarbonizzare progressivamente il sistema energetico, ma è importante osservare che la velocità di decarbonizzazione sta diminuendo nel tempo. Nel decennio 1980-1990 si registra un tasso medio annuo di -1.18%, nel decennio 1990-2000 di -0.82%, nel periodo 2000-2010 di -0.60%. Il rallentamento è dovuto alla difficoltà sempre maggiore di apportare miglioramenti costanti nel fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili. Il contributo della diminuzione nel consumo di combustibili fossili per energia primaria è invece progressivamente maggiore.

La crisi ha abbattuto i consumi energetici ma in particolare quelli più tradizionali, e nel 2008-2009 risulta eccezionale il contributo negativo del consumo di combustibili fossili per energia primaria alla riduzione di emissioni, rilevando il forte potenziale delle energie rinnovabili, che vedono aumentare la loro produzione del 10% (BP, 2011), anche in concomitanza di una riduzione del PIL.

4.4 ITALIA

Per quanto riguarda l'Italia, le serie storiche dei parametri della Kaya Identity raccolgono i dati dal 1971 al 2010. Come dati energetici sono stati utilizzati i dati provenienti dalla fonte IEA. Il trend del PIL presenta differenze minime se lo si esprime in termini di MER o di PPP, quindi lo si esprimerà di seguito solo come PIL(MER).

4.4.1 Emissioni di CO₂, Italia

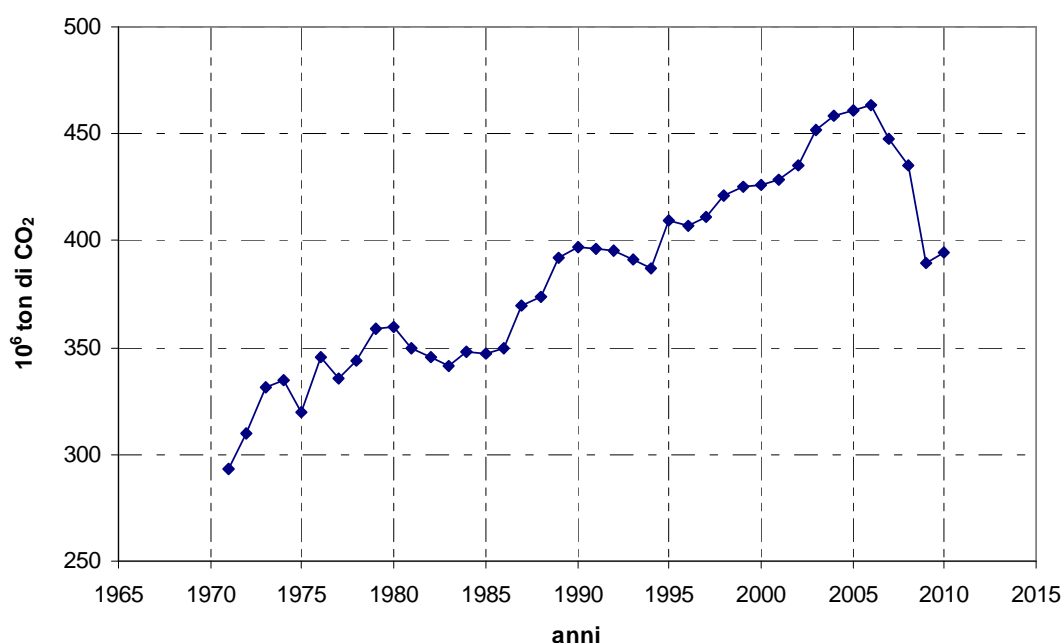


Fig. 4.46 – Italia: trend storico emissioni di CO₂ (1971-2010).

L'Italia presenta un trend storico delle emissioni di CO₂ poco coerente con il trend europeo. Negli anni '80 dopo la seconda crisi del petrolio, l'Europa si è impegnata ad un uso più responsabile dell'energia che, come abbiamo visto nel precedente capitolo, ha migliorato l'intensità carbonica dell'energia, ha rallentato la crescita nei consumi energetici ed ha presentato una conseguente riduzione delle emissioni di CO₂. Nel periodo 1971-2010 a livello europeo si osserva un tasso annuo medio di crescita negativo pari a -0.06%, mentre a livello italiano si osserva un tasso annuo medio di crescita positivo pari a 0.82%

Dall'esame delle emissioni di CO₂ degli ultimi quattro decenni, è possibile distinguere due periodi:

- 1971-2006 in cui le emissioni italiane sono aumentate con un tasso annuo medio del 1.36% e una variazione relativa dei dati di emissione per questo periodo del 58%. Fino al 1979 si può considerare il tasso di crescita congruo con quello europeo, l'Italia presenta un tasso annuo medio di 2.66%, mentre l'Europa di 2.11%, solo poco più basso; dal 1979 mentre l'Europa inizia ad intraprendere un trend di riduzione, le emissioni italiane continuano a crescere fino al 2006. Nel periodo 1979-2006 l'Europa presenta un tasso annuo medio di -0.40%, mentre l'Italia presenta un tasso di 0.98%.
- 2006-2010, in cui le emissioni presentano un tasso annuo medio di -3.86%, valore molto più alto rispetto al dato europeo di -2.15%.

Come visto nei capitoli precedenti, è importante notare che i tassi di crescita di CO₂ risentano delle escursioni di prezzo del carburante e dei periodi di turbolenze economiche e politiche. Negli anni 70' il trend di crescita risente della prima crisi del prezzo del petrolio del 1970, causando una recessione nel 1974-1975 con tassi annui di crescita pari rispettivamente a 1.16% e -4.58% e nel 1977 pari a -3.02%.

Negli anni 80' la seconda crisi del petrolio porta ad una recessione nel 1981-1983, che presentano tassi annui di crescita negativi rispettivamente di -2.78%, -1.27% e -1.17%.

Alla fine del decennio 1980 e nei primi anni '90 la frammentazione del blocco orientale e la prima guerra del Golfo portano ad una recessione globale e anche italiana ed in particolare nel 1992-1993 si registrano tassi annui negativi rispettivamente di -0.20% e -1.17%..

In Italia la crisi finanziaria asiatica del 1998 e gli avvenimenti dell'ultimo decennio e cioè l'11 settembre e la seconda guerra in Iraq, non hanno causato tassi negativi. La crisi globale del 2009 ha invece portato ad una recessione che nel 2008 inizia a registrarsi con un tasso medio di -2.73% e nel 2009 con un tasso annuo negativo di -10.5%, senza precedenti negli ultimi quattro decenni ed al di sopra del tasso medio europeo pari a -7.53%.

Nel 2010 si osserva una leggera crescita nel trend di emissioni con un tasso di crescita pari a 1.37% che risulta però essere irrisorio rispetto al collasso delle emissioni avvenuto nell'anno precedente e che è inferiore anche alla crescita europea, pari a 2.15%.

4.4.2 Popolazione, Italia

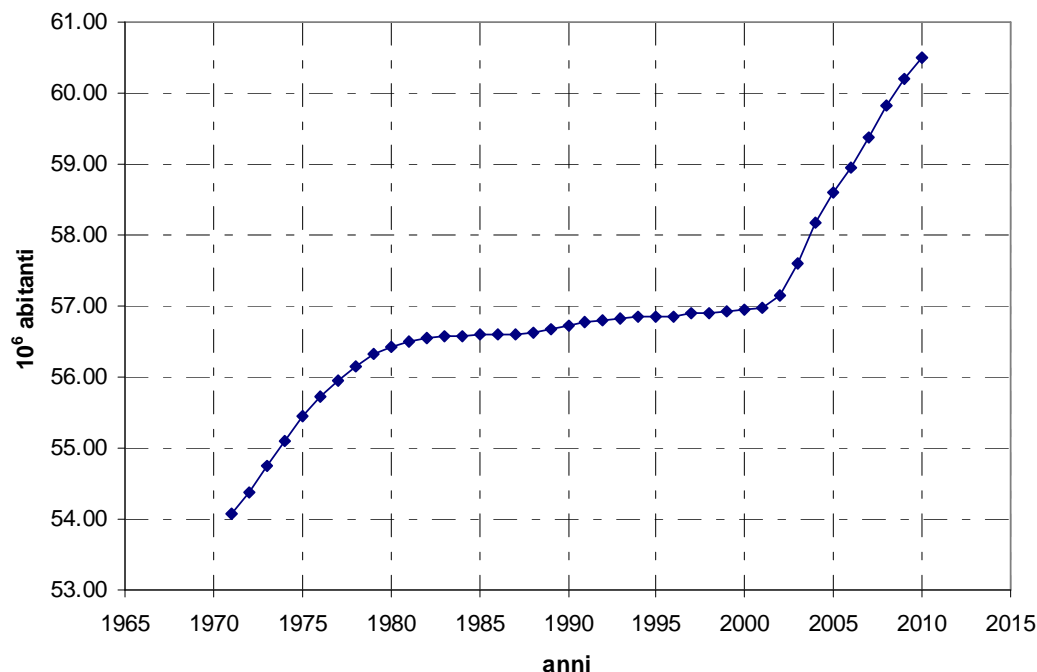


Fig. 4.47 – Italia: trend storico popolazione (1971-2010).

La popolazione italiana così come quella europea e mondiale ha conosciuto una crescita continua in questi ultimi quattro decenni con un tasso medio di crescita annua pari a 0.29%, poco inferiore rispetto a quello europeo di 0.33%.

Il trend italiano cresce a una velocità che rallenta di molto verso la fine degli anni 80' e mantiene un tasso di crescita bassissimo fino al 2001, dopo il quale si vede un progressivo aumento del tasso di incremento. Possiamo quindi distinguere tre periodi:

- 1971-1980 in cui la popolazione italiana tende a crescere con un tasso annuo medio del 0.48%;
- 1980-2001 in cui la popolazione italiana rimane quasi costante e presenta un tasso medio annuo di 0.05%;
- 2001-2010 in cui la popolazione italiana presenta un' accelerazione con un tasso medio annuo di 0.67%, verificatosi per l'incremento dell'immigrazione e non per quello della natalità (Istat, 2011). In questo periodo si tocca la punta massima di 0.99% di crescita annua nel 2004, che non ha precedenti negli ultimi quattro decenni. Con la crisi mondiale, il tasso di crescita è tornato a diminuire, rimanendo comunque positivo e con valori pari a 0.60% e 0.50% rispettivamente nel 2009 e 2010.

4.4.3 PIL, Italia

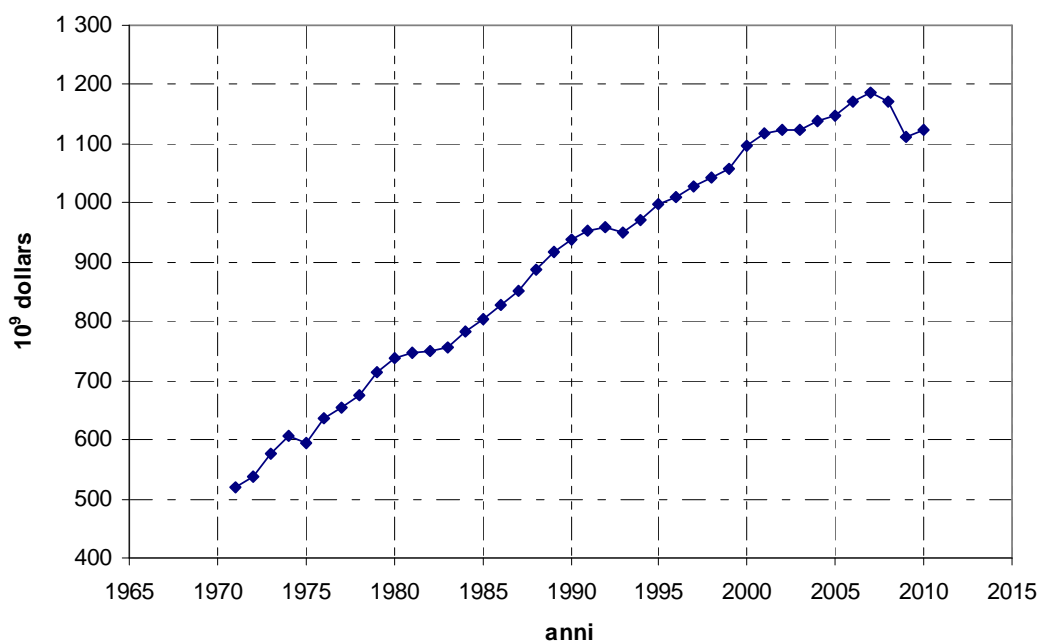


Fig. 4.48 – Italia: trend storico PIL (1971-2010). Il PIL è espresso in termini di MER.

L'andamento dell'economia italiana rispecchia fortemente quello dell'economia europea. Nel 1997 il PIL italiano corrisponde al 12.7% di quello Europeo, percentuale che aumenta fino al 1981 con un massimo di 13.9%, per poi decrescere ed arrivare nel 2009 con un valore di 11.7%.

Il trend del PIL italiano nel periodo 1971-2010 è stato in progressivo aumento. L'Italia presenta rallentamenti e riprese economiche più marcate rispetto a quanto si evidenzia dal PIL europeo.

Considerando il periodo 1971-2009, il trend del PIL è in crescita con un tasso medio di incremento annuale del 2.03% leggermente minore al valore europeo di 2.25%(MER) e 2.28%(PPP). Da un'osservazione più analitica dei tassi di crescita si può osservare che fino al 1981, l'Italia presenta un tasso annuo medio di crescita maggiore a quello europeo, rispettivamente pari a 3.74% per l'Italia, e di 2.80%(MER) e 2.91%(PPP) per l'Europa. Dopo il 1980 il trend italiano di PIL cresce più lentamente di quello europeo, presentando per il periodo 1981-2009 un tasso annuo medio di 1.45% che per l'Europa è di 2.06%(MER) e di 2.05%(PPP).

Esaminando i dati storici relativi a rallentamenti economici si individuano nella storia italiana recente gli stessi periodi già individuati in quella europea. Si osservano rallentamenti della crescita rispetto al tasso annuo medio negli anni: 1975 con un valore di tasso annuo pari a -2.09%; 1981,1982 con valori di 0.84% e 0.41%; 1991,1992 e 1993 con valori di 1.53%, 0.77% e -0.88%; 2001 con valore di 1.82%. Si arriva poi alla crisi senza precedenti con tassi

di crescita di -1.32% nel 2008 e un tasso ancor più negativo rispetto all'anno precedente, già in rallentamento, di -5.21% nel 2009.

La crescita del PIL avutasi nel 2010 presenta un tasso annuo di crescita pari a 1.27%, irrisorio rispetto al collasso economico avvenuto nel 2009.

4.4.4 PIL pro-capite, Italia

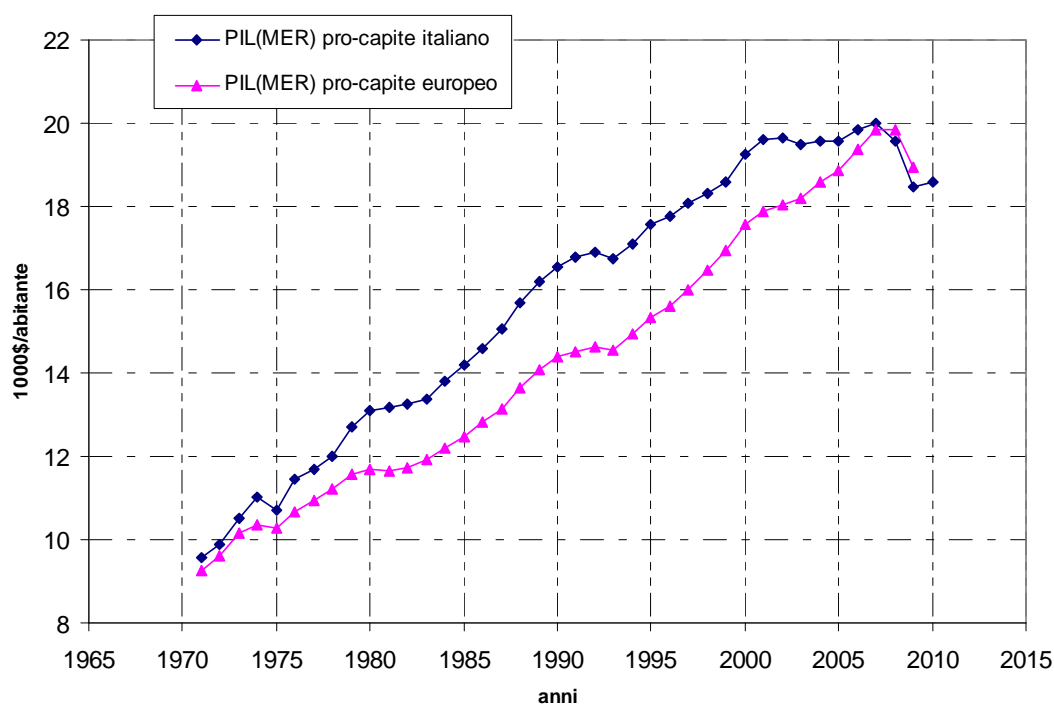


Fig. 4.49 – Italia: trend storico PIL pro-capite (1971-2010). Il PIL è espresso in termini di MER.

Il PIL pro-capite(g) anche su scala italiana è espresso in 1000 \$ pro-capite.

Nel periodo 1971-2010 il PIL pro-capite segue un trend analogo a quello del PIL, ma più schiacciato, infatti il PIL pro-capite presenta un tasso medio di incremento annuale pari a 1.74%, valore più basso rispetto al tasso medio del PIL pari a 2.03%.

In Italia fino al 2000 il PIL pro-capite è cresciuto a una velocità maggiore di quella europea portandosi a valori più alti, mentre presenta un forte rallentamento nell'ultimo decennio che porta il PIL pro-capite(MER) leggermente al di sotto della media europea.

4.4.5 Consumo di energia primaria, Italia

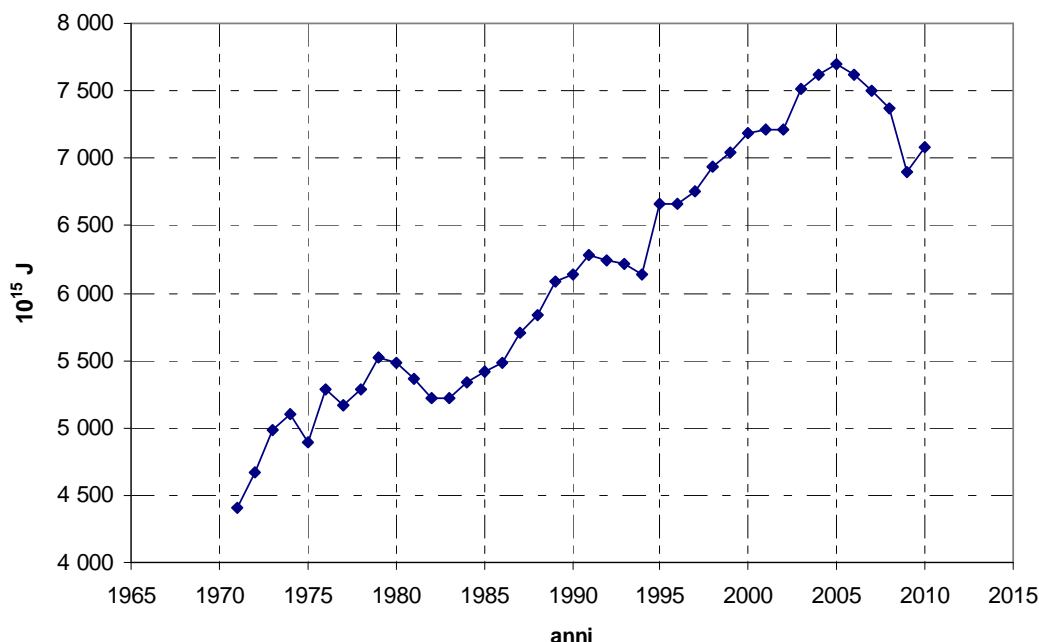


Fig. 4.50 – Italia: trend storico consumo di energia primaria (1971-2010)

Il consumo di energia primaria in questi ultimi quattro decenni ha seguito un trend di crescita che presenta forti rallentamenti nei momenti di recessione globale così come avviene su scala europea.

Negli ultimi quattro decenni il consumo energetico italiano rispetto a quello europeo è in aumento. Nel 1971 il consumo di energia primaria italiana corrispondeva al 8.2% di quello EU27, questa percentuale è rimasta circa costante fino al 1986, per poi crescere ed arrivare ad un valore massimo nel 2005 con una percentuale di 10.3%, per tornare poi a decrescere e portarsi nel 2009 al 9.9%.

Nel periodo 1971-2010 il trend di consumo di energia primaria è in crescita con un tasso annuo medio di incremento pari a 1.27%. Se paragoniamo il tasso annuo medio di incremento europeo con quello italiano si osserva come il trend italiano presenti una crescita molto più veloce in particolare dalla fine degli anni 80'. Nel periodo 1971-1990 i trend italiano ed europeo presentano rispettivamente un tasso annuo medio di 1.80% e 1.31%, mentre nel periodo 1990-2009 rispettivamente di 0.76% e 0.08%, quindi mentre l'Europa ha rallentato di molto i suoi consumi energetici, l'Italia inizia seriamente a ridurli, sia per un maggior impegno in tal senso, sia per il sopraggiungere della crisi, solo dal 2005.

Il trend di consumo di energia primaria presenta forti rallentamenti rispetto al tasso medio annuale negli anni di crisi 1975 con valori del tasso di crescita di -4.23%, nel 1980,1981,1982 con valori di -0.72%, -2.15% e -2.55%, dal 1992 al 1994 con valori di -0.62%, -0.52%, -1.26%, nel 2001 e 2002 con valori 0.36% di 0.15%. Si arriva poi alla crisi

senza precedenti del 2008-2009 con tassi di crescita negativi rispettivamente di -1.70% e -6.49% , valori in termini assoluti più alti rispetto a quelli registrati a livello europeo pari rispettivamente a 0.33% e -5.45% .

Come accade a livello europeo, anche in Italia la crescita del trend storico di consumo di energia primaria dal 1971 mostra un tasso annuo medio di incremento che va progressivamente rallentando e si passa da un valore di 2.5% nel decennio 1971-1980, a un tasso annuo medio di 1.2% dal 1980 al 1990, di 1.6% dal 1990 al 2000 e di -0.1% dal 2000 al 2010.

4.4.6 Intensità energetica del PIL, Italia

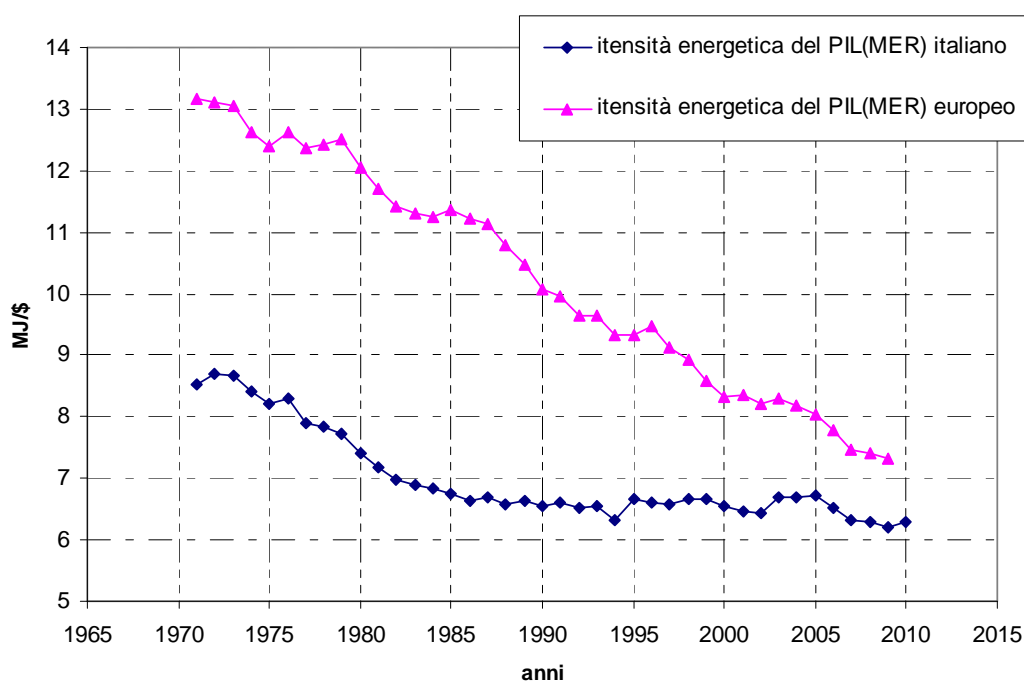


Fig. 4.51 – Italia: trend storico intensità energetica del PIL (1971-2010). Il PIL è espresso in termini di MER.

L' intensità energetica del PIL(e) anche su scala italiana è espressa in MJ/\$.

Nel periodo 1971-2010 il trend di intensità energetica del PIL è in costante riduzione, con un tasso annuo medio di -0.75% . Nel periodo 1971-2009 l'Italia presenta un tasso di -0.81% , valore meno negativo rispetto ai tassi registrati in Europa pari a -1.52% (MER) e -1.55% (PPP). È importante sottolineare che il valore di intensità energetica del PIL europeo presenta sì un trend di maggior riduzione rispetto a quello italiano, ma presenta valori molto più alti, che nel corso degli ultimi quattro decenni tendono ad avvicinarsi a quelli italiani. Nel 1971 l'Italia ha un valore di intensità energetica del PIL pari a 8.52 MJ/\$MER mentre l'Europa di 13.17 MJ/\$MER quindi con un differenza di oltre 4 MJ/\$. Si passa nel 2009 a

valori di 6.21 MJ/\$MER a livello italiano e di 7.31 MJ/\$MER a livello europeo, con una differenza di circa 1 MJ/\$.

Se su scala europea si può osservare un trend di intensità energetica del PIL in continua riduzione, su scala italiana si osservano forti rallentamenti. Su scala italiana nel periodo 1971-1980 e nel successivo decennio si sono registrate variazioni relative rispettivamente del -13% e -12%, mentre nel periodo 1990-2000 l'intensità energetica del PIL ha registrato una variazione relativa nulla, lasciando l'intensità energetica del PIL praticamente invariata ad un valore di 6.54 MJ/\$MER e 4.93 MJ/\$PPP. Nei successivi 5 anni si è addirittura registrato una variazione relativa positiva del valore di 2.57% con un tasso annuo medio di 0.53%. Dal 2005 come già sottolineato nei paragrafi precedenti l'Italia si impegna, come risposta alle direttive europee, a migliorare l'efficienza energetica, con conseguenti diminuzioni dei consumi energetici su unità di PIL. Il valore di intensità energetica del PIL dal 2005 al 2009 è tornato quindi a diminuire con un tasso annuo medio del -1.3% per poi tornare ad aumentare nel 2010 con un tasso di 1.41%.

Il lungo periodo di stabilità dell'intensità energetica del PIL avutosi nell'ultimo ventennio mostra una reale difficoltà del sistema energetico ed economico di migliorare l'efficienza nella produzione di ricchezza, espresse in termini di PIL, a partire dal consumo di energia.

4.4.7 Intensità carbonica dell'energia, Italia

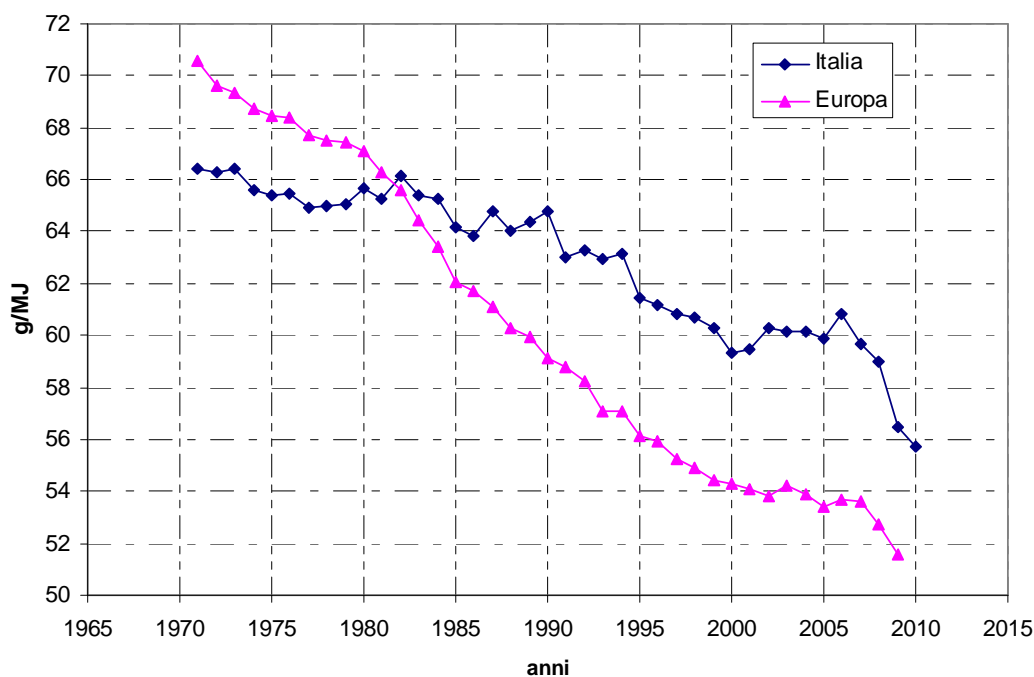


Fig. 4.52 – Italia: trend storico dell'intensità carbonica dell'energia (1971-2010)

L'intensità carbonica di energia(f) anche su scala italiana è espressa in g di CO₂/MJ.

Nel periodo 1971-2010 il trend di intensità carbonica di energia è in costante riduzione, con un tasso annuo medio di -0.44%.

È importante sottolineare che il trend di intensità carbonica di energia europeo presenta fino alla fine degli anni 70' valori più alti rispetto a quelli italiani, per diventare nel corso degli ultimi tre decenni più basso di quello italiano. Nel 1971 l'Italia ha un valore di intensità carbonica di energia pari a 66.4 g/MJ, mentre l'Europa di 70.6 g/MJ, con un differenza di -4.2 g/MJ. Nel 2009 l'Italia ha un valore di 56.5 g/MJ e l' Europa di 52.8 MJ/\$MER, con una differenza di circa 4.9 g/MJ. La situazione si è quindi ribaltata con un peggioramento dei dati italiani.

A livello italiano i trend di emissioni di CO₂ e di consumo di energia primaria hanno rispettivamente un aumento del 56% e 33% e con un tasso medio di incremento annuo rispettivamente del 1.23% e 0.81%. A livello europeo i miglioramenti in termini di intensità carbonica di energia sono molto più importanti di quelli italiani, con un tasso medio di incremento annuale pari a -0.82% rispetto a un valore italiano di -0.42%, che è quasi la metà di quello europeo.

Si evidenzia quindi a livello italiano una capacità minore di decarbonizzare il sistema energetico rispetto agli altri paesi europei, ma è importante osservare che la velocità di decarbonizzazione se è piuttosto lenta fino al 1990, negli ultimi due decenni si porta sugli standard europei, nel decennio 1990-2000 si ha un tasso annuo medio di -0.87% in Italia e di -0.85% in Europa, nel periodo 2000-2009 pari a -0.61% in Italia e -0.56% in Europa. Tassi che nell'ultimo decennio sono peggiorati sia in Europa che in Italia, sottolineando la difficoltà ad aumentare la velocità di decarbonizzazione del sistema energetico, che sarà possibile solo con grossi investimenti in questo senso.

4.4.8 Consumo finale di energia, Italia

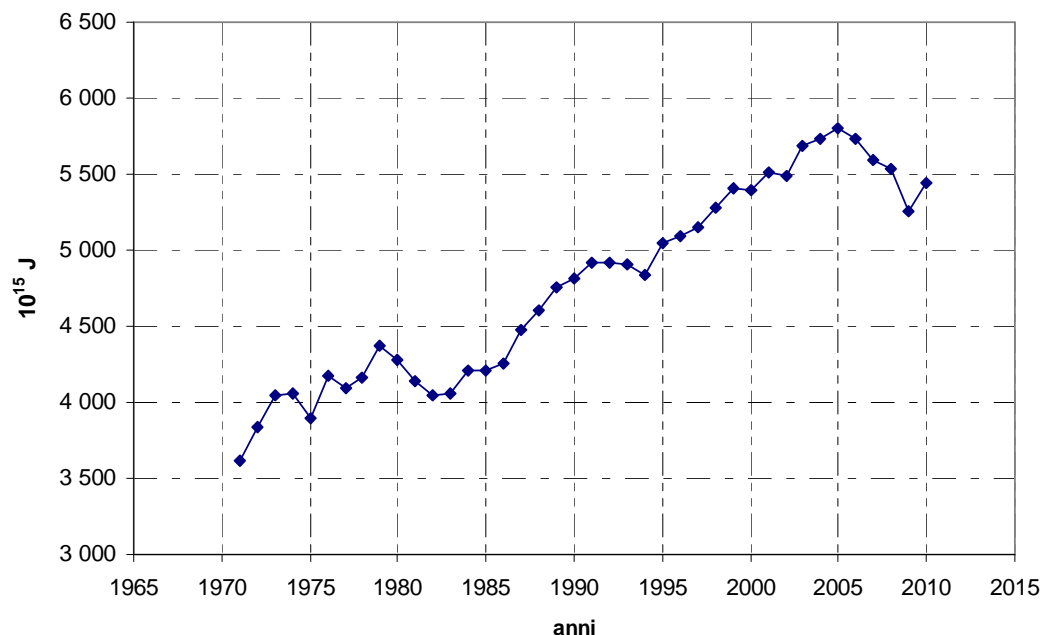


Fig. 4.53 – Italia: trend storico consumo finale di energia (1971-2010)

Il consumo finale di energia (I) per definizione è direttamente influenzato dal consumo di energia primaria, negli ultimi quattro decenni ha quindi un trend in continua crescita, che presenta dei rallentamenti nei momenti di recessione, analogamente a quanto avviene per il consumo di energia primaria.

Nel periodo 1971-2009 il trend di consumo finale di energia è in crescita con un tasso medio di incremento annuale di 1.10% di poco inferiore rispetto a quello di energia primaria pari al 1.27%, da questo si deduce che ci sia un peggioramento del fattore di conversione energetica negli ultimi quattro decenni, come si vedrà meglio nel par. 4.3.10.

4.4.9 Intensità energetica finale del PIL, Italia

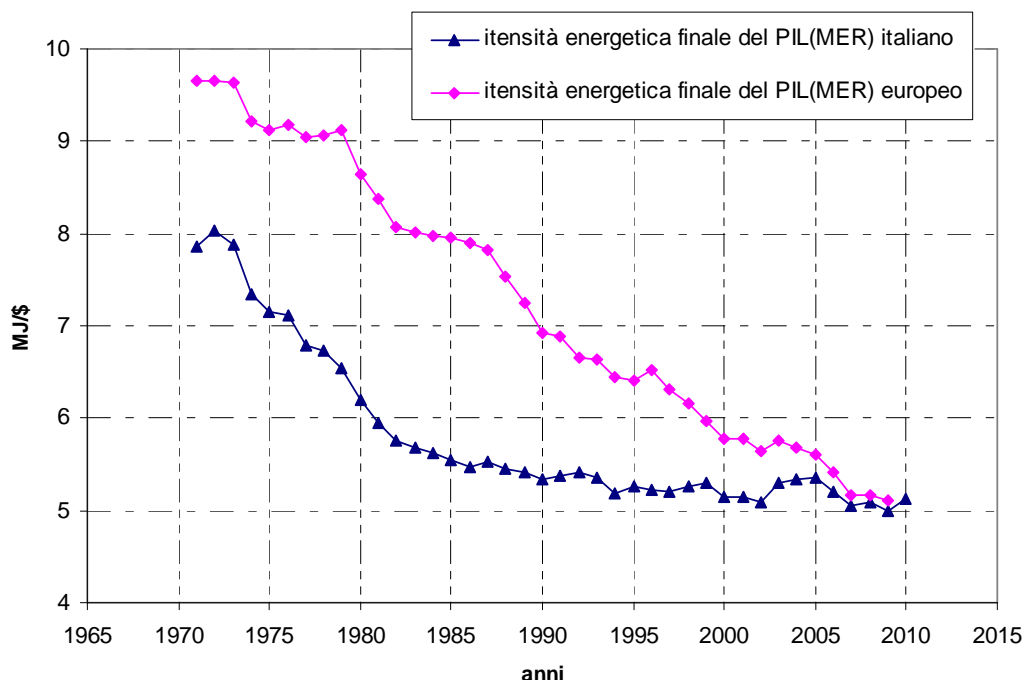


Fig. 4.54 – Italia: trend storico intensità energetica finale del PIL (1971-2010)

L'intensità energetica finale del PIL (e') è espressa anche a livello italiano in MJ/\$.

L'intensità energetica finale del PIL presenta dei valori assoluti inferiori a quelli della intensità energetica del PIL, come conseguenza del fatto che il consumo finale di energia da cui deriva è per definizione sempre inferiore al consumo primario, mentre il suo trend è molto vicino a quello di intensità energetica del PIL.

L'intensità energetica finale del PIL, analogamente a quanto detto nel paragrafo dedicato all'intensità energetica del PIL, presenta negli ultimi quattro decenni un trend in costante riduzione, con un tasso medio annuale di -0.91%.

Il lungo periodo di stabilità dell'intensità energetica del PIL avutosi dal 1990 al 2005, osservato nel par. 4.3.6, è riscontabile anche in termini di intensità energetica finale del PIL, per la quale si può evidenziare la difficoltà del sistema energetico ed economico di migliorare l'efficienza nella produzione di ricchezza espresse in termini di PIL a partire dal consumo di energia.

Se storicamente l'intensità energetica finale del PIL italiana è migliore di quella europea, con il rallentamento verificatosi negli ultimi due decenni e tornata ad assumere valori vicini alla media europea.

4.4.10 Fattore di conversione energetica, Italia

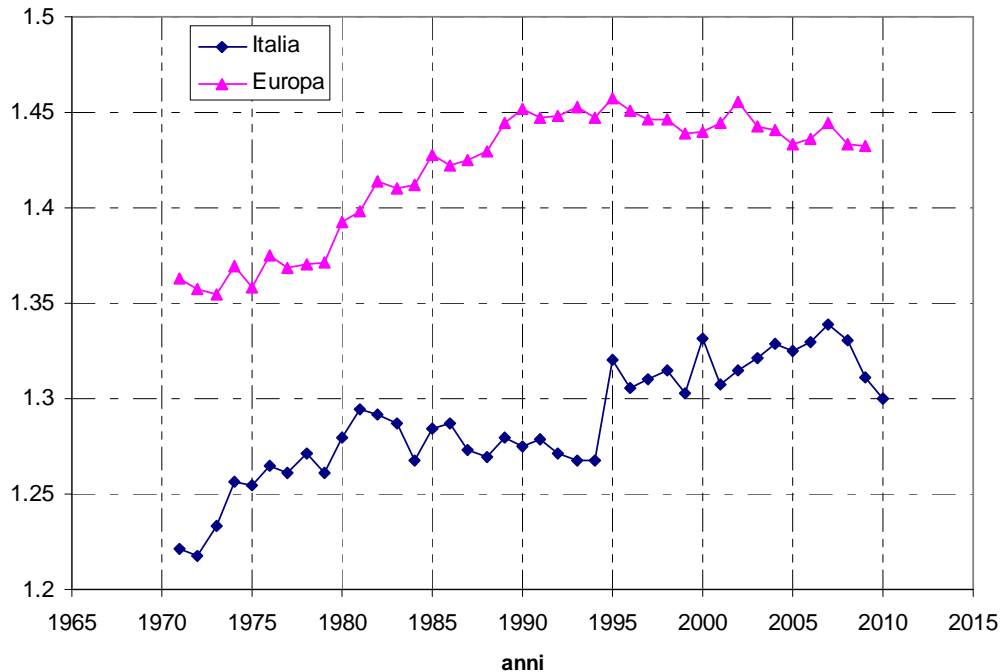


Fig. 4.55 – Italia: trend storico fattore di conversione energetica (1971-2010)

Il trend del fattore di conversione energetica appare in continua crescita con un tasso medio di incremento annuale pari a 0.19%.

Il salto che si verifica tra il 1994 e il 1995 è molto dubbio, anche per la stabilizzazione che si verifica prima e dopo il 1994. È più plausibile ipotizzare che i dati IEA dai primi anni 80' fino al 1995 crescano lentamente piuttosto che decrescere fino al 1994 e poi crescere improvvisamente nel 1995.

È dubbio anche il dato 2010, perché si registra un miglioramento di efficienza a fronte di una crescita dei consumi energetici, mentre storicamente ad un aumento dei consumi consegue un aumento di k .

4.4.11 Consumo di combustibili fossili, Italia

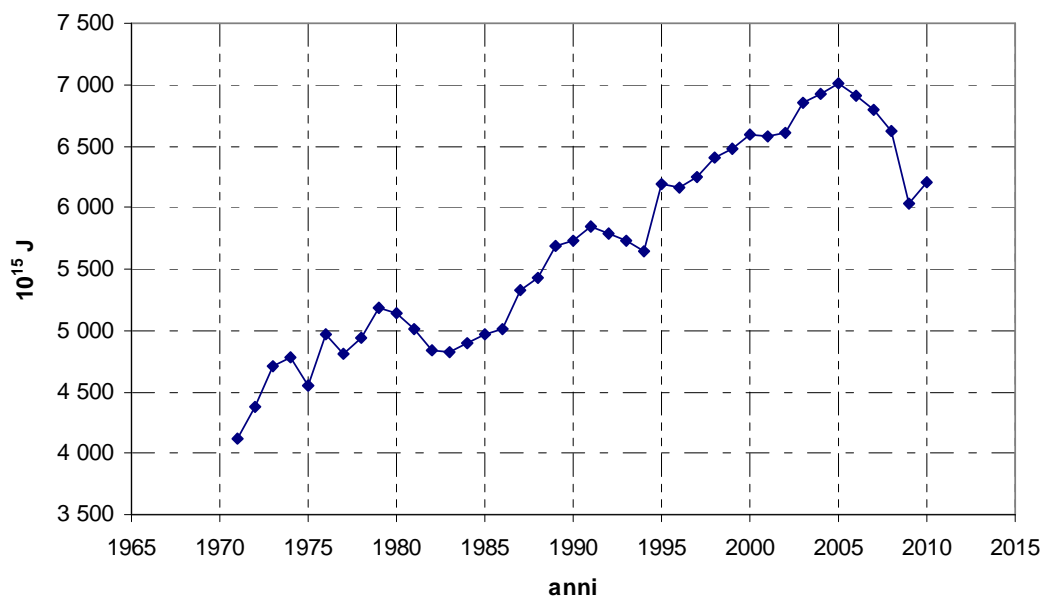


Fig. 4.56 – Italia: trend storico consumo di combustibili fossili (1971-2010)

Negli ultimi quattro decenni il trend di consumo di combustibili fossili è in forte crescita con un tasso medio di incremento annuale di 1.12%, che è molto più alto rispetto a quello europeo pari a 0.31%.

Da un'analisi più attenta del trend si possono distinguere due periodi, uno di crescita, che dura molto di più rispetto a quello europeo, ed uno di riduzione:

- Se a livello europeo la fase di crescita copre il decennio 1971-1980, dopo il quale il consumo di combustibili fossili diminuisce, in Italia questo periodo di crescita è più lungo e va dal 1971 al 2005 con un tasso medio annuale di 1.78%;
- Dal 2005 al 2010 si osserva invece una riduzione del consumo di combustibili fossili con un tasso medio annuale di -2.48%;

In Italia quindi il trend di consumo di combustibili fossili inizia a decrescere solo dopo il 2005, con grande ritardo rispetto a quanto avvenuto a livello europeo, per la diminuzione dei consumi energetici ed in parte per la risposta alle direttive europee per decarbonizzare il sistema energetico, come si vedrà meglio nel successivo paragrafo.

4.4.12 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Italia

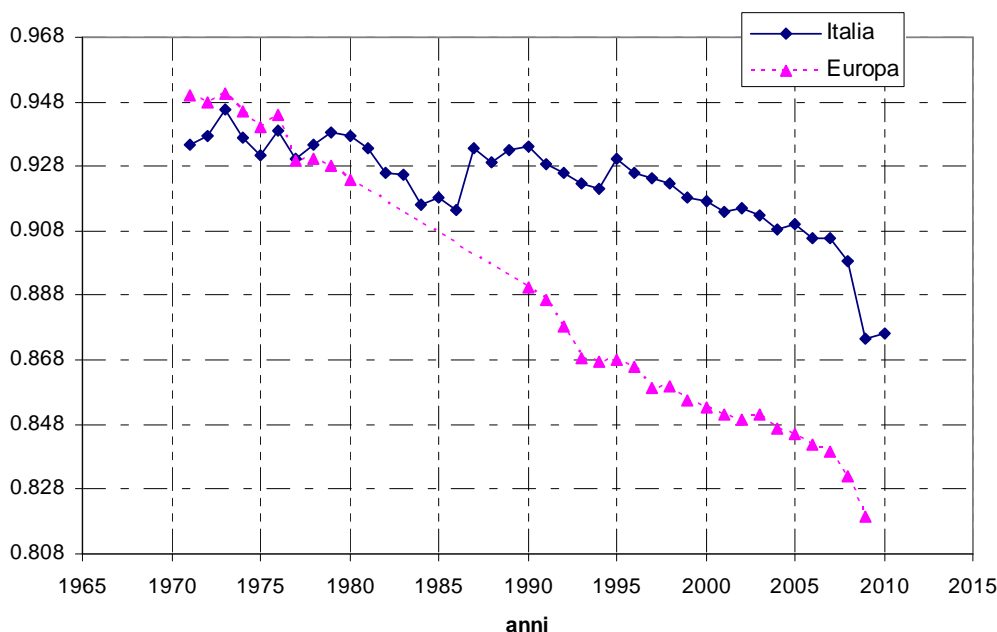


Fig. 4.57 – Italia: trend storico consumo di combustibili fossili per energia primaria (1971-2010)

Il consumo di combustibili fossili per energia primaria(c), è espresso come numero adimensionale.

Da un confronto con i dati europei, si osserva che negli anni 70' il consumo di combustibili fossili per energia primaria italiano è minore di quello europeo, mentre nel corso degli ultimi quattro decenni è peggiorato, assumendo nel 2009 un valore di 6.3% superiore a quello europeo con gli stessi valori che l'Europa aveva all'inizio degli anni 90'.

Dal 1971 al 2010 il trend italiano del consumo di combustibili fossili per energia primaria presenta un tasso medio annuo molto basso pari a -0.16%. Se non si considera il periodo 1971-2007 non influenzato dalla crisi, l'Italia presenta un tasso medio annuo di -0.08%, contro un tasso europeo di -0.34%

Da un'analisi più attenta del trend italiano è possibile fare delle distinzioni, suddividendo il trend in 2 periodi:

- nel ventennio 1971-1990 il consumo di combustibili fossili per energia primaria rimane praticamente costante, con un tasso medio annuo prossimo a zero;
- Dal 1990 al 2010 si osserva invece una riduzione del consumo di combustibili fossili per energia primaria con un tasso medio di incremento annuale di -0.32% che trova una fase di accelerazione solo dopo il 2007 con un tasso medio di incremento annuale di -1.09%, in gran parte dovuto alla crisi che ha colpito maggiormente i settori legati alle fonti fossili;

Il comportamento discordante tra il trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria italiano e quello europeo può trovare risposta considerando nel fatto che l'Italia ha un utilizzo del rinnovabile, che trova il suo sviluppo soprattutto nell'idroelettrico, già ad inizio secolo. Dopo la seconda guerra mondiale, il piano Marshall, a sostegno della ricostruzione, dà uno speciale impulso all'installazione di nuovi impianti termoelettrici. Tra il 1956 e il 1965, per la prima volta, la potenza installata in impianti con combustibili fossili comincia a superare la potenza installata in impianti idroelettrici. L'idroelettrico, da più dell'80% del totale nel 1955, scende al di sotto del 10% nel 1970. Fino al 1990 il consumo di combustibili fossili per energia primaria fatica a diminuire per l'introduzione nel sistema energetico di fonti fossili (gas naturale in particolare) che annullano l'introduzione di energie rinnovabili nello scenario energetico italiano, contrariamente a quanto avviene in Europa che vede aumentare velocemente il rinnovabile. Dal 1990 il trend del consumo di combustibili fossili per energia primaria comincia a decrescere, ma con un tasso annuo medio molto più basso rispetto a quello europeo, solamente dal 2007 si osserva una riduzione, con un tasso maggiore rispetto a quello europeo. Il cambio di rotta avvenuto dal 2007 è dovuto sicuramente in parte alla crisi economica, che colpisce più gravemente i settori che fanno uso di combustibili fossili, ma anche alla pressione delle direttive europee e all'introduzione di incentivi per lo sviluppo di fonti rinnovabili.

Si ricorda che in Europa, un contributo importante per abbassare il valore di consumo di combustibili fossili per energia primaria lo dà il nucleare, fonte energetica che non è invece presente in Italia. Se non si considera la fonte nucleare, l'Italia possiede una percentuale di rinnovabile sui consumi energetici totali molto più alta della media europea, nel 2009 l'Europa consuma l'8% di energia dal rinnovabile, mentre l'Italia il 12%.

4.4.13 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Italia

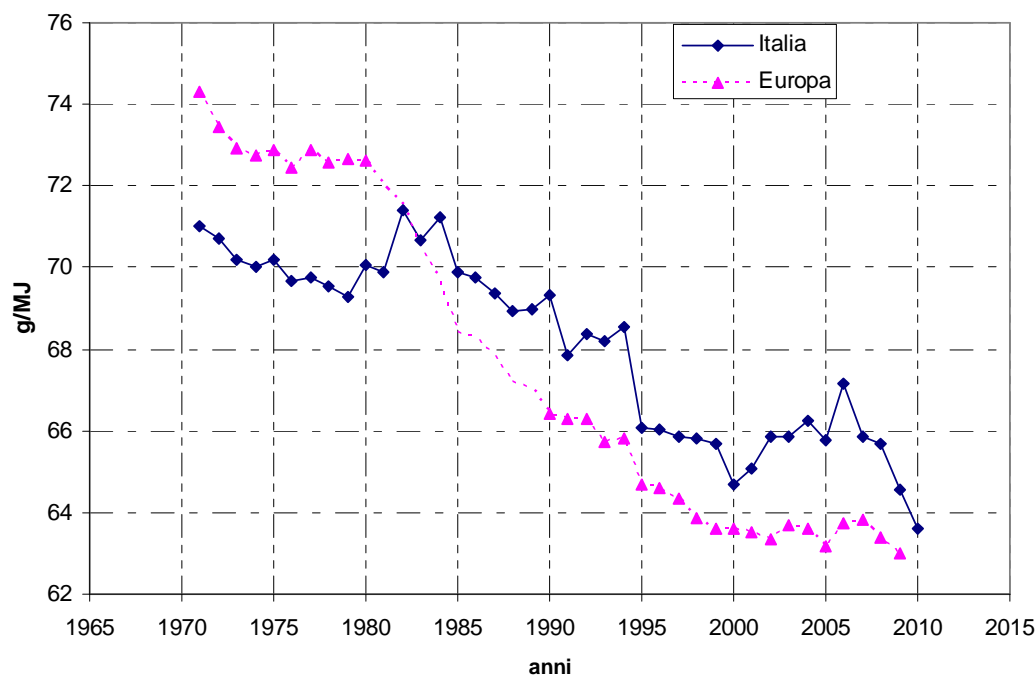


Fig. 4.58 – Italia: trend storico del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (1971-2010)

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili(s) è espresso anche su scala italiana in g/MJ.

Il trend Italiano è al di sotto della media europea fino al 1982, mentre dopo tale data si trova al di sopra della media europea presentando comunque un trend di riduzione molto vicino a quello europeo.

Negli ultimi quattro decenni, il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili presenta un tasso annuo medio pari a -0.28%, ma è bene distinguere più periodi:

- nel periodo 1971-1982 si osserva una leggera crescita con un tasso annuo medio di 0.05%;
- dal 1982 al 2000 si osserva invece una costante riduzione con un tasso annuo medio di -0.54%.
- nel periodo 2000-2006 si osserva una crescita con un tasso medio di 0.63%;
- dal 2006 al 2010 il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili torna a diminuire con un tasso annuo medio molto alto di -1.35%.

Con i forti miglioramenti registrati in Italia negli ultimi anni, il valore del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili si sta allineando alla media europea, che presenta invece nell'ultimo decennio la tendenza a rallentare.

4.4.14 Kaya Identity a livello italiano

Si riportano i dati dei parametri della Kaya Identity a livello italiano nelle figure 4.59 - 4.60, normalizzando i valori rispetto al dato del 1971 ed esprimendo le emissioni di CO₂ secondo la formulazione a quattro (for. 2.3) e sei parametri (for. 2.5).

Le differenze nei tassi di crescita tra il PIL(MER) e il PIL(PPP) sono trascurabili, quindi di seguito il PIL lo si esprimerà solo in termini di MER.

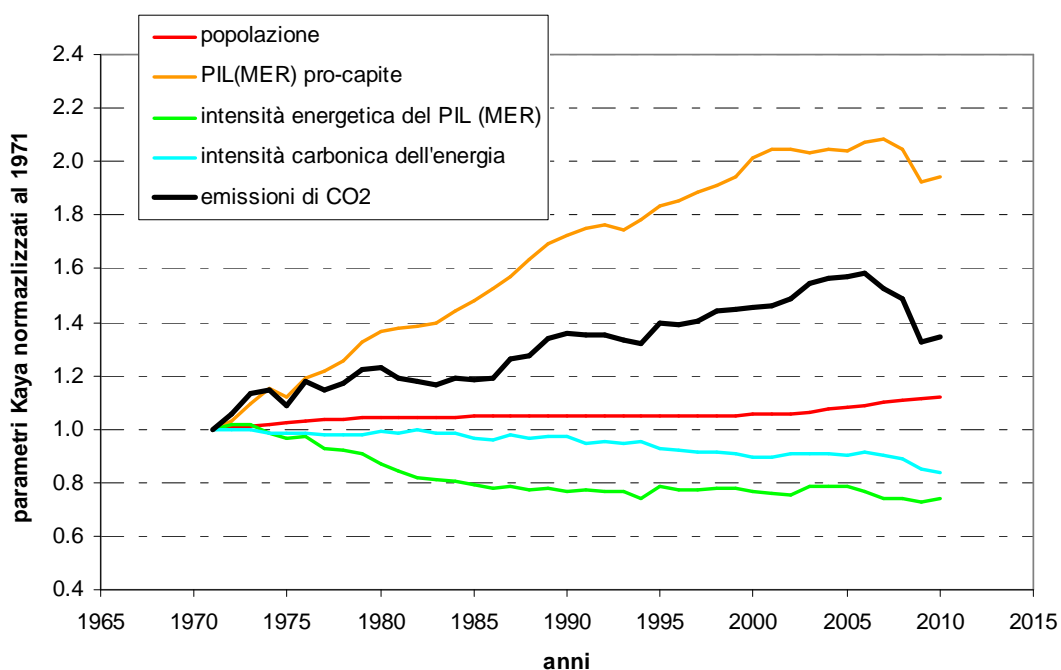


Fig. 4.59 – Italia: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

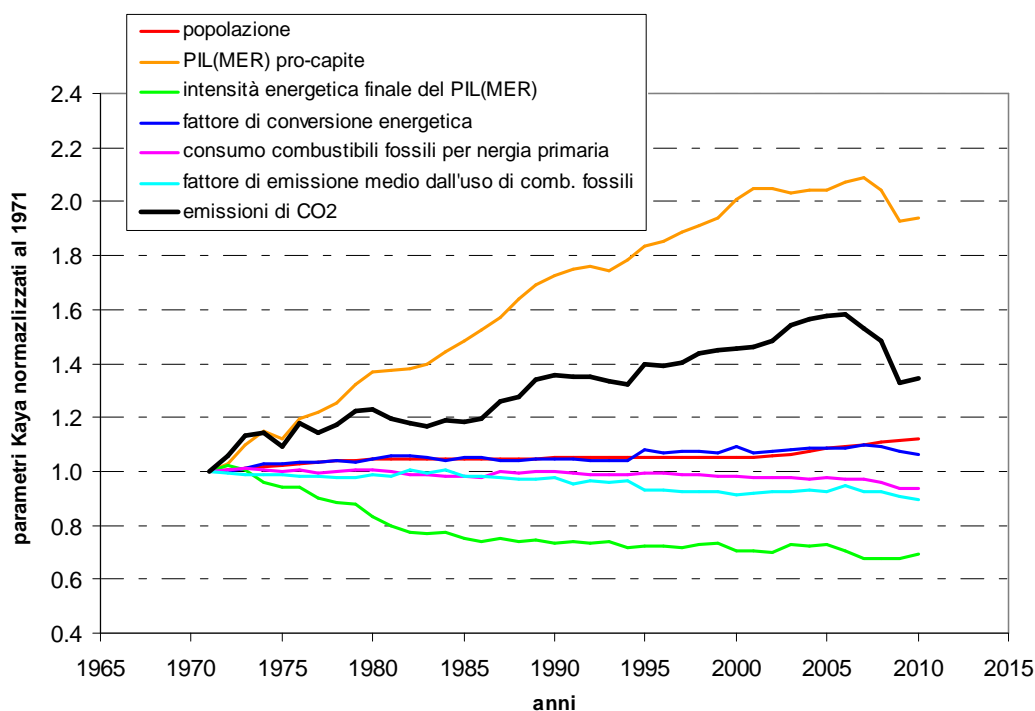


Fig. 4.60 – Italia: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Di seguito si mettono in evidenza i contributi che le variazioni di ciascun parametro apportano alla variazione totale di emissioni di CO₂ secondo la formulazione della Kaya Identity in termini di tassi di crescita (for. 2.6 vista nel par. 2.3). I contributi sono calcolati secondo la for. 4.1 proposta nel par. 4.1.14.

Si prendono in considerazione i periodi 1971-1980, 1980-1990, 1990-2000; l'ultimo decennio viene diviso in due per analizzare separatamente il periodo 2000-2006 da quello 2006-2010 nel quale si registra una riduzione del 10% nelle emissioni di CO₂; si valuta in fine la variazione avvenuta dal 2008 al 2009 per verificare meglio l'influenza della crisi economica sul trend delle emissioni.

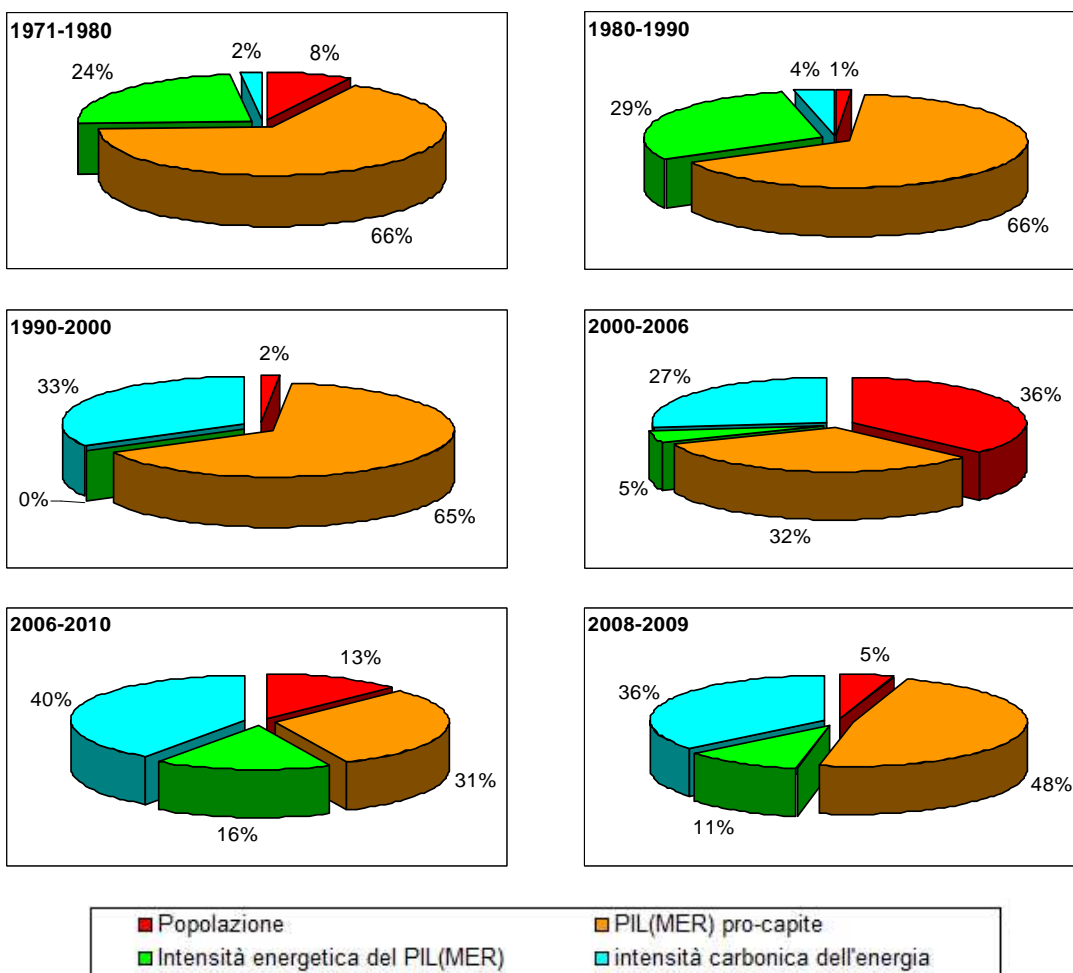


Fig. 4.61 – Italia: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂.

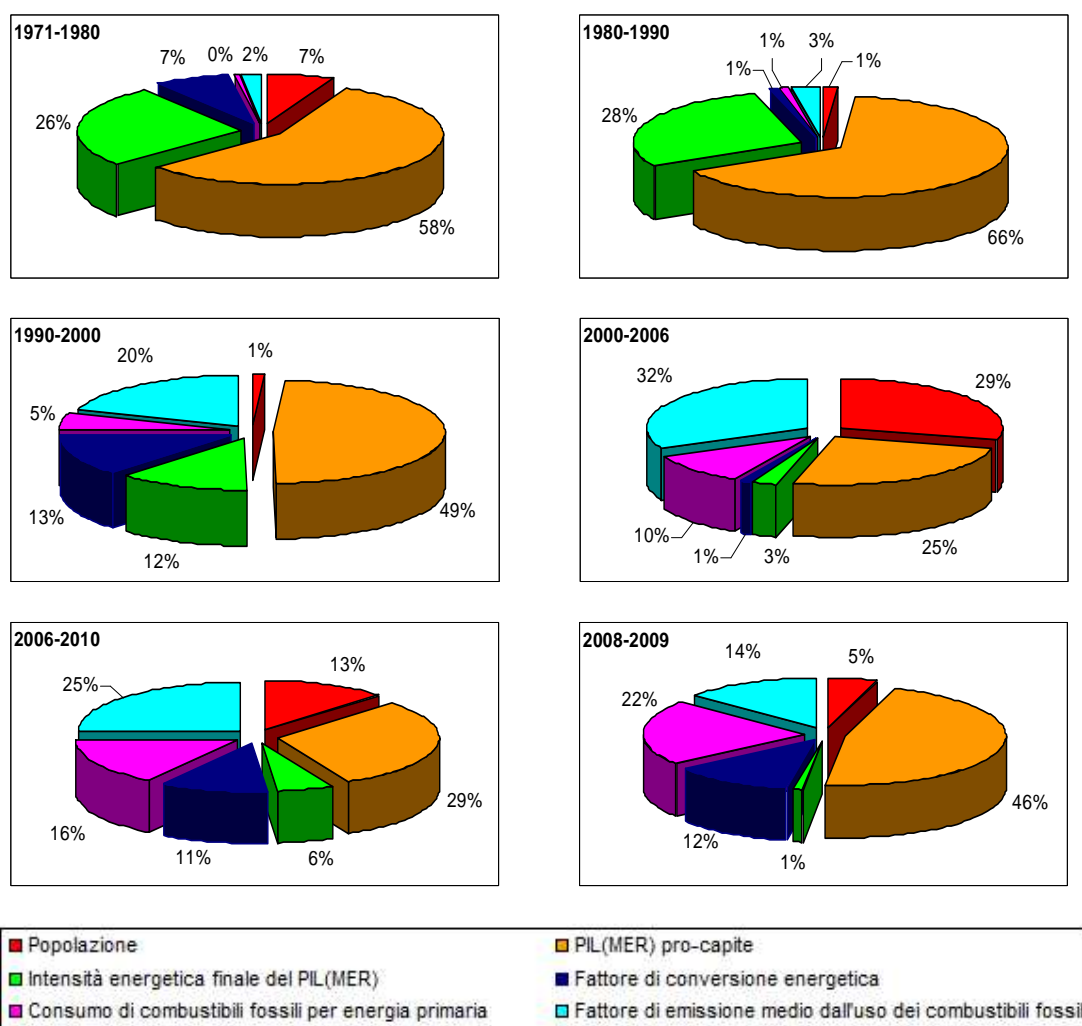


Fig. 4.62 – Italia: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂.

Nelle figure 4.61 e 4.62 si mettono in evidenza i contributi dei diversi parametri, ma non essendo precisato se questi siano positivi o negativi, nella tabella 4.3 vengono riportati i tassi annui medi di variazione dei parametri per gli stessi periodi storici considerati nei diagrammi. I parametri sono espressi secondo la simbologia proposta nel par. 2.3.

Tab. 4.3 – Tassi annui medi di variazione dei parametri della Kaya Identity italiana.

anni	<i>P</i>	<i>g</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e'</i>	<i>k</i>	<i>c</i>	<i>s</i>
1971-1980	0.48%	4.07%	-1.44%	-0.12%	-1.88%	0.53%	0.03%	-0.15%
1980-1990	0.05%	2.62%	-1.17%	-0.14%	-1.14%	-0.04%	-0.03%	-0.11%
1990-2000	0.04%	1.66%	0.00%	-0.84%	-0.42%	0.44%	-0.18%	-0.67%
2000-2006	0.59%	0.50%	-0.07%	0.42%	-0.05%	-0.02%	-0.21%	0.64%
2006-2010	0.66%	-1.58%	-0.85%	-2.09%	-0.29%	-0.56%	-0.81%	-1.32%
2008-2009	0.60%	-5.79%	-1.35%	-4.31%	0.12%	-1.46%	-2.68%	-1.68%

Nei quattro decenni considerati la popolazione (P) è l'unico parametro a presentare dei tassi annui medi di variazione sempre positivi, aumentando le emissioni di CO₂; l'intensità energetica finale del PIL (e') e il consumo di combustibili fossili per energia primaria (c) presentano invece dei tassi sempre negativi e riducono le emissioni di CO₂.

L'intensità energetica del PIL (e) e il fattore di conversione energetica (k) presentano dei tassi medi annui negativi tranne che nel decennio 1990-2000, lo stesso vale per l'intensità carbonica di energia (f) e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (s) tranne che nel periodo 2000-2006; il PIL pro-capite (g) cresce fino a 2006, mentre dal 2006 al 2010 presenta un tasso annuo medio negativo.

Valutando poi le variazioni registrate nell'anno 2008-2009 si focalizza l'attenzione sul contributo del PIL e quindi della crisi economica sulla variazione di emissioni.

Fino al 2006 si registra un importante aumento delle emissioni, seguito poi, anche per l'influenza della crisi, da una riduzione.

Il parametro, che senza alcun dubbio predomina sugli altri, è il PIL anche perché dal 1971 al 2006 il contributo negativo della variazione dell'intensità energetica del PIL sulle emissioni è andato progressivamente diminuendo. A differenza di quanto accade in Europa in cui l'intensità energetica continua a migliorare, seppure con tassi che diminuiscono progressivamente, in Italia dal 1990 al 2006 i tassi annui medi di variazione dell'intensità energetica del PIL sono molto vicini allo zero.

Il lungo periodo di stabilità dell'intensità energetica del PIL avutosi nell'ultimo ventennio mostra una reale difficoltà del sistema energetico ed economico nel migliorare l'efficienza nella produzione di ricchezza, espresse in termini di PIL, a partire dal consumo di energia. Dopo il 2006 si registrano invece importanti miglioramenti di intensità energetica del PIL.

I miglioramenti di intensità energetica finale del PIL (e'), che si registrano dopo il 2006, sono minori rispetto a quelli che si registrano in termini di energia primaria (e), perché oltre ai miglioramenti di efficienza si registra una contestuale diminuzione del fattore di conversione energetica. La diminuzione del fattore di conversione energetica è da attribuire in gran parte alla forte diminuzione nei consumi energetici primari pari al 6% dal 2006 al 2010.

Il PIL pro-capite, nel periodo 2000-2006 riduce il suo contributo positivo rispetto alla crescita di emissioni, a favore della popolazione, che come accade su scala europea, registra nell'ultimo decennio tassi di crescita molto alti. Dal 2006 al 2010, il PIL riduce invece il suo contributo negativo rispetto alla diminuzione di emissioni a favore soprattutto dell'intensità carbonica di energia.

In Italia, molto più che su scala europea, un contributo importante nell'andamento delle emissioni è svolto dall'intensità carbonica di energia, in particolare negli anni 2006-2010, in cui il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili si riduce del -5.3% e il consumo di combustibili fossili per energia primaria del -3.3%.

I miglioramenti di intensità energetica del PIL e di intensità carbonica di energia che si registrano dopo il 2006, sono in gran parte dovuti all'impegno che l'Italia ha preso per rispettare sia il Protocollo di Kyoto che prevede la riduzione al 2012 del 6,5% delle emissioni di CO₂ prodotte rispetto ai livelli del 1990, che gli obiettivi decisi dall'Unione Europea nel raggiungere entro il 2020, il cosiddetto 20-20-20 ("pacchetto clima-energia 20-20-20").

La riduzione di emissioni registrata nel 2008-2009 pari all'11% ha come unici termini che apportano un contributo positivo la popolazione e l'intensità energetica finale del PIL (ma il suo contributo è prossimo a zero), mentre tutti gli altri parametri apportano un contributo negativo e tra questi la metà della riduzione è da attribuirsi al PIL. Il miglioramento di intensità energetica del PIL è dovuto ad una importante riduzione del fattore di conversione energetica conseguente a miglioramenti di efficienza energetica nel settore della trasformazione energetica e nella gestione della rete elettrica. Questi miglioramenti di efficienza oltre a quelli di intensità carbonica dell'energia, ottenuti sia tramite lo sviluppo di energia rinnovabile sia con l'uso di combustibili più "puliti", dimostrano come interventi di questo tipo siano possibili ed in parte incentivati in situazione di riduzione del PIL.

4.5 LOMBARDIA

A livello lombardo, le serie storiche raccolgono i dati dal 1990 al 2010. I dati energetici degli anni 2009 e 2010 derivano da stime provvisorie, quindi in fase di analisi, i dati di consumi energetici e dei parametri della Kaya Identity che ne derivano, saranno indicati nei grafici utilizzando una colorazione diversa. I dati energetici utilizzati a differenza dei precedenti capitoli, sono provenienti dalla fonte ENEA e non da IEA. Il PIL lo si esprimerà di seguito solo come PIL(MER).

4.5.1 Emissioni di CO₂, Lombardia

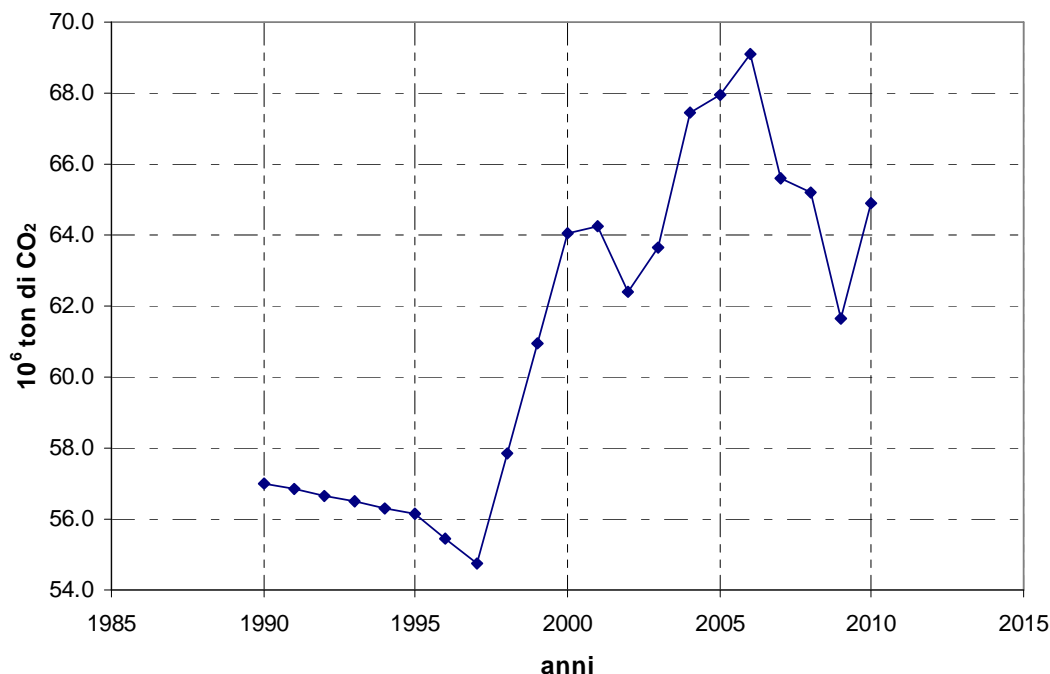


Fig. 4.63 – Lombardia: trend storico emissioni di CO₂ (1990-2010)

Il trend di emissioni di CO₂ su scala lombarda raccoglie, come già detto nel capitolo dedicato alle fonti dati, molti dati derivanti da interpolazioni, quindi poco precisi, ma si possono distinguere nitidamente e in modo analogo a quanto avviene su scala nazionale, due periodi con trend opposti:

- 1990-2005 in cui le emissioni lombarde tendono a crescere con un tasso medio di 1.21% di crescita annua e una variazione relativa dei dati di emissione per questo periodo del 19%.
- 2005-2009, in cui, a seguito della Decisione 2006/944/Ce, in cui si determinano i livelli di emissione rispettivamente assegnati dalla Comunità europea a ciascuno degli Stati membri nell'ambito del protocollo di Kyoto ed a seguito di altre normative più generali sugli inquinanti atmosferici la Lombardia inizia ad intraprendere un trend di riduzione delle emissioni, aiutato poi dalla crisi economica. In questo periodo le emissioni presentano quindi un tasso annuo medio negativo e pari a -2.35%.

Nel 2010 si osserva una leggera crescita nel trend di emissioni con un tasso di crescita pari a 5.29% che risulta vicina a recuperare il collasso delle emissioni avvenuto nell'anno precedente pari a -5.46%. La crescita avvenuta in Lombardia nel 2010 è molto più alta di quella avvenuta mediamente in Italia e in Europa rispettivamente di 1.37% e 2.15%.

4.5.2 Popolazione, Lombardia

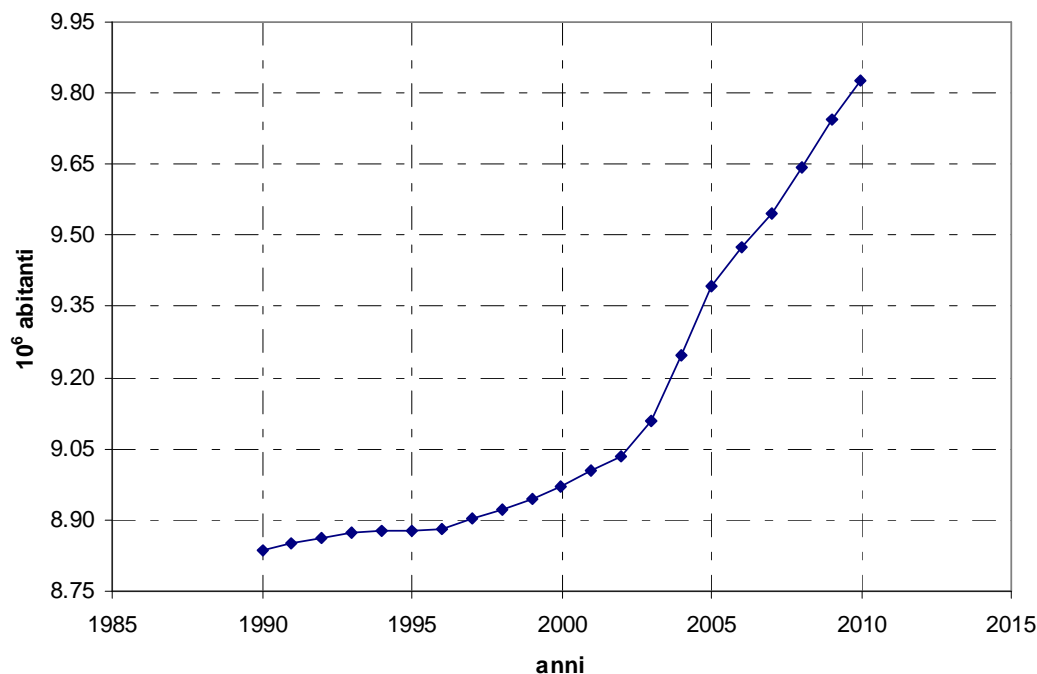


Fig. 4.64 – Lombardia: trend storico popolazione (1971-2010).

La popolazione lombarda così come quella italiana, europea e mondiale conosce una crescita continua in questi ultimi quattro decenni con un tasso medio di crescita annua pari a 0.29%, poco inferiore rispetto a quello nazionale ed europeo rispettivamente 0.32% e 0.33%.

Il trend lombardo come quello italiano cresce a una velocità modesta fino al 2002, anno dopo il quale si vede un progressivo aumento del tasso di incremento. Possiamo quindi distinguere due periodi:

- 1990-2002 in cui la popolazione presenta un tasso medio annuo di 0.18%.
- 2002-2010 in cui il trend della popolazione lombarda presenta una forte accelerazione con un tasso medio annuo di 1.06%, molto più alto di quello registrato su scala italiana di 0.67. Il fenomeno di crescita verificatosi è da attribuire all'aumento dell'immigrazione e non all'incremento del tasso di natalità.

4.5.3 PIL, Lombardia

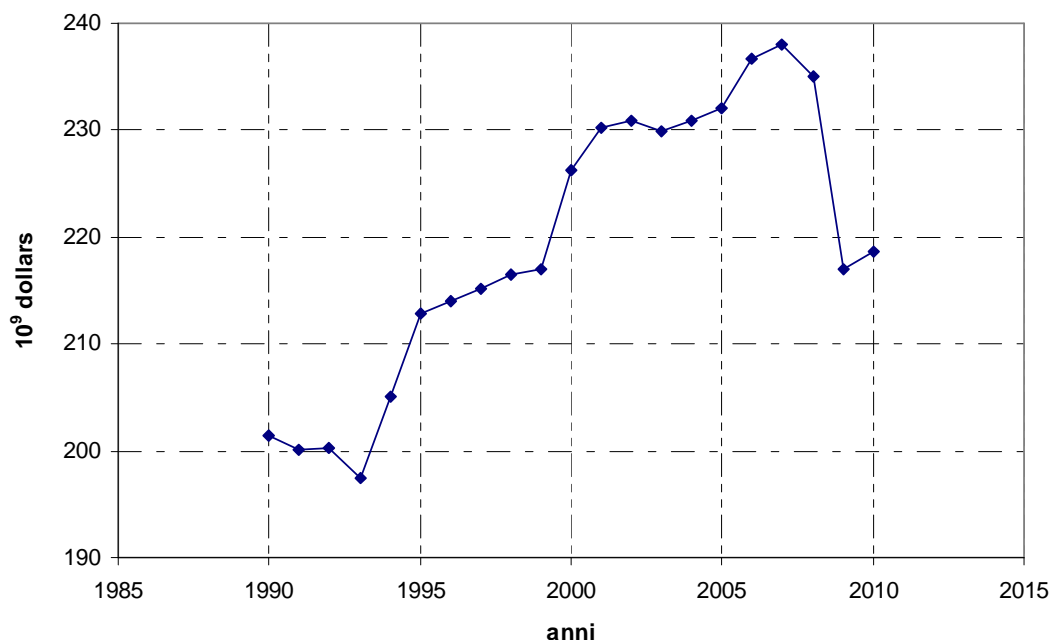


Fig. 4.65 – Lombardia: trend storico PIL (1971-2010). Il PIL è espresso in termini di MER.

La differenza tra i tassi di crescita registrati dal PIL(PPP) e dal PIL(MER) è irrisoria.

Il trend del PIL lombardo nel periodo 1990-2007 è in progressivo aumento, con un tasso medio di crescita del 1% sia in termini di MER che di PPP, valore inferiore al tasso medio di crescita italiano.

Negli anni 2008 e 2009 a causa della crisi si registrano dei tassi annui rispettivamente di -1.21% e -7.66%.

Nel 2010 c'è una ripresa del PIL con un tasso di crescita dello 0.75%, che mantiene comunque il PIL ad un valore molto più basso rispetto a quello precedente la recessione dei due anni precedenti.

4.5.4 PIL pro-capite, Lombardia

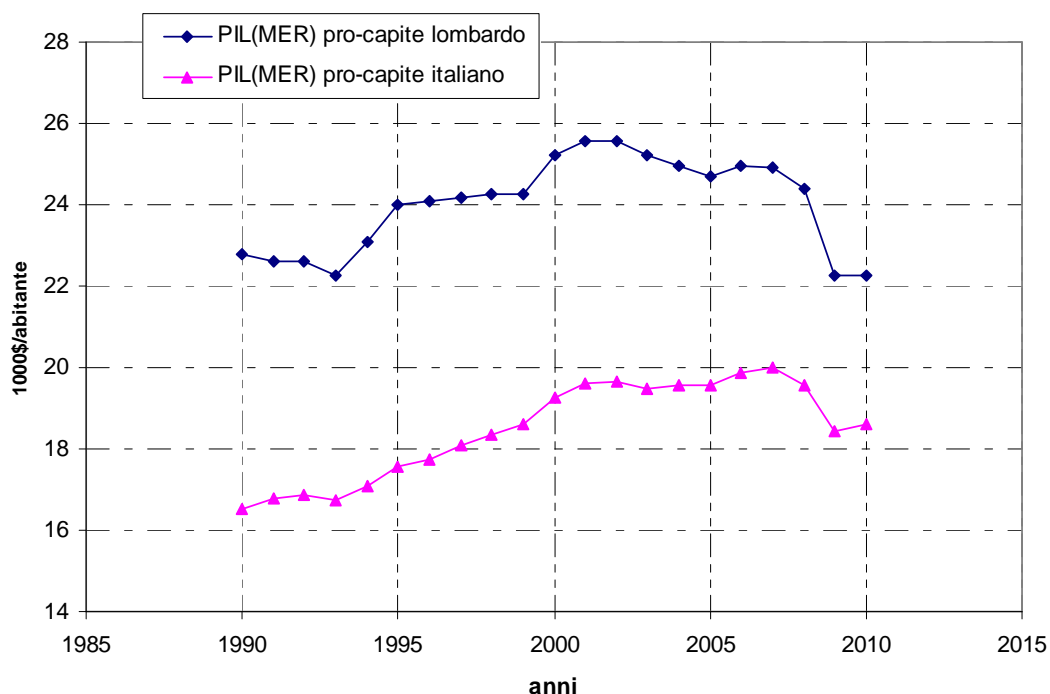


Fig. 4.66 – Lombardia: trend storico PIL pro-capite (1971-2010). Il PIL è espresso in termini di MER.

Il PIL pro-capite (g) anche su scala lombarda è espresso in 1000 \$ pro capite.

Il PIL pro-capite lombardo è mediamente il 30% maggiore rispetto al PIL pro-capite italiano.

A causa della forte immigrazione verificatasi nell'ultimo decennio, mentre il PIL presenta sostanzialmente un trend di crescita, il PIL pro-capite segue un trend di crescita fino al 2001, per poi iniziare una fase di riduzione che trova il suo massimo nel 2010.

Il periodo 1990-2001 presenta un tasso medio di crescita annua di 1.06%, mentre nel periodo 2001-2010 si registra un tasso medio annuo di -1.49%, ed arriva nel 2010 ad assumere un valore minore di quello del 1990.

4.5.5 Consumo di energia primaria, Lombardia

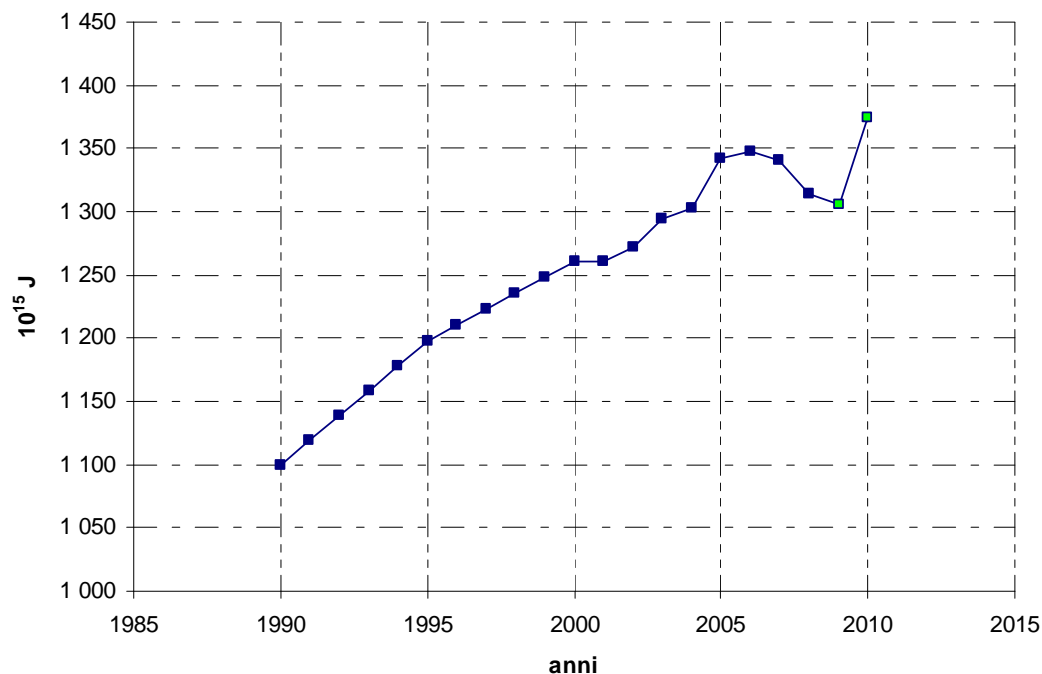


Fig. 4.67 – Lombardia: trend storico consumo di energia primaria (1971-2010)

Il consumo di energia primaria segue un trend di crescita costante fino al 2006, con un tasso medio di crescita annua di 1.29%, dal 2006 al 2009 con la crisi il trend è negativo con un tasso medio annuo di -1.05%.

Nel 2010 si ha una ripresa molto forte dei consumi energetici con un tasso di crescita annua del 5.3%. È importante ricordare che i dati 2009 e 2010 sono provvisori, ma in funzione di queste stime si osserva come in Lombardia la crisi abbia abbassato la domanda energetica meno che su scala nazionale e soprattutto la ripresa del 2010 sia stata molto più forte rispetto alla media italiana, con un tasso di crescita di 2.7%, ma con alta probabilità questi valori sono sovrastimati, anche in funzione del trend che va ad assumere l'intensità energetica del PIL, proposta nel prossimo paragrafo 4.5.6.

4.5.6 Intensità energetica del PIL, Lombardia

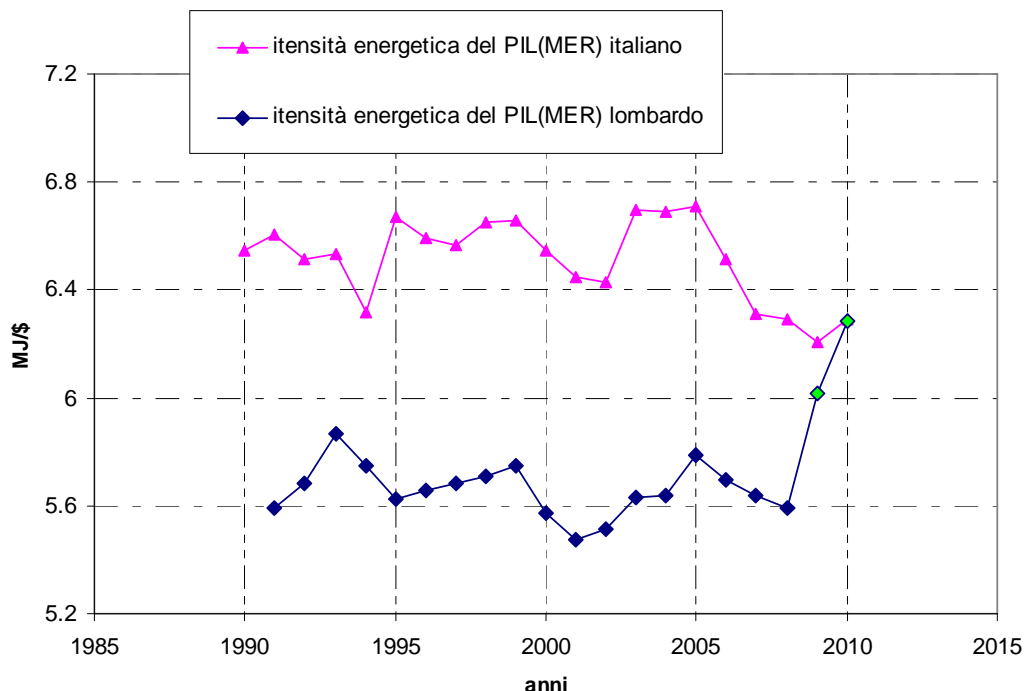


Fig. 4.68 – Lombardia: trend storico intensità energetica del PIL (1971-2010)

L'intensità energetica del PIL(e), è calcolata come rapporto tra i dati annuali di consumo di energia primaria (E) e di PIL (G) ed è espresso in MJ/\$.

Non c'è differenza tra i tassi di crescita registrati dal PIL(PPP) e dal PIL(MER), e allo stesso modo non cambiano i tassi di intensità energetica del PIL espressi in termini di MER o di PPP.

La Lombardia è una delle regioni più ricche ed efficienti di Italia e conseguentemente i valori di intensità energetica del PIL lombardo sono tendenzialmente minori di quelli nazionali, ma dopo la crisi l'intensità energetica del PIL aumenta notevolmente riportandosi sulla media nazionale.

Fino al 2008 si registra un andamento costante con un tasso medio di crescita annua quasi nullo(0.01%), mentre negli anni 2009 e 2010 si registra un forte aumento dell'intensità energetica del PIL rispettivamente con tassi di crescita annui del 7.60% e 4.47%, causati dal collasso del PIL e da una contestuale crescita del consumo di energia primaria poco rallentata dalla crisi.

A livello lombardo si osserva negli ultimi due anni una crescita dell'intensità energetica del PIL molto più rilevante di quella nazionale ed è probabilmente da ascrivere ad una sovrastima dei consumi energetici e dall'utilizzo di differenti fonti energetiche (SIRENA e non ENEA).

4.5.7 Intensità carbonica dell'energia, Lombardia

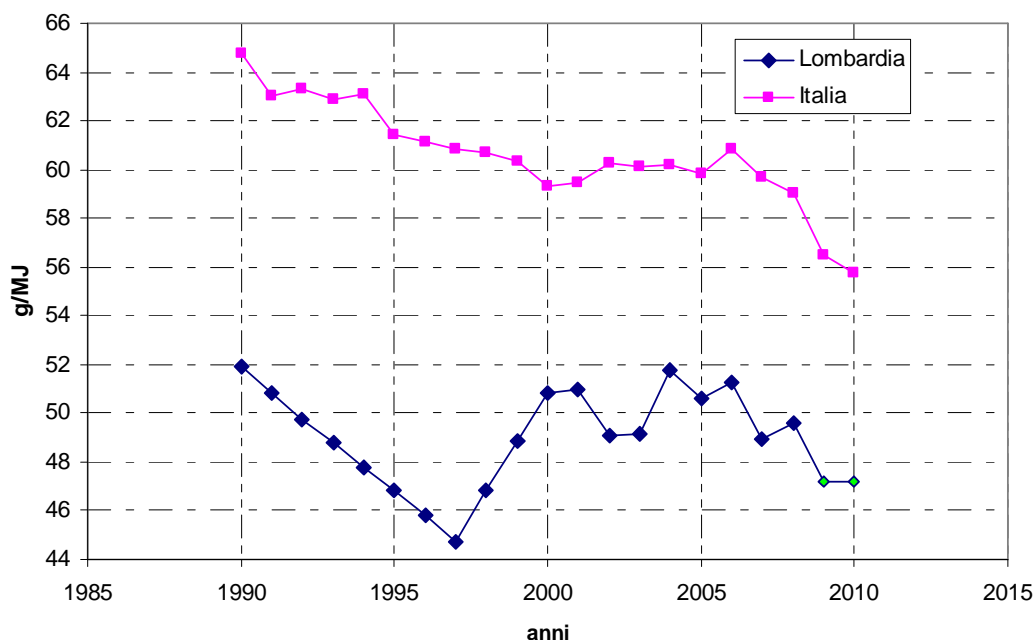


Fig. 4.69 – Lombardia: trend storico dell'intensità carbonica dell'energia (1971-2010)

L'intensità carbonica di energia(f), è calcolata come rapporto tra i dati annuali di emissioni di CO₂ derivanti da combustibile fossile(F) e di consumo di energia primaria (E) ed è espressa in g di CO₂/MJ.

La differenza tra i dati di intensità carbonica dell'energia lombardi rispetto alla media nazionale è molto alta, e probabilmente in parte deriva da una presenza rilevante della componente di emissioni ombra in Lombardia e dall'utilizzo di differenti fonti per i dati energetici (ENEA e non IEA).

Come già detto i dati lombardi delle emissioni di CO₂, raccolgono molti dati derivanti da interpolazioni e approssimazioni ed è plausibile che il dato del 1997 sia sottostimato. Dando quindi minor peso ai dati 1991-1999, dal 1990 al 2010 si può individuare un trend di leggera riduzione con un tasso annuo medio di -0.42%.

Come vedremo dai successivi paragrafi, la riduzione nell'intensità carbonica dell'energia di quest'ultimo decennio è attribuibile all'incremento della componente di energia rinnovabile nel mix energetico e non tanto da un introduzione di combustibili fossili più puliti.

4.5.8 Consumo finale di energia, Lombardia

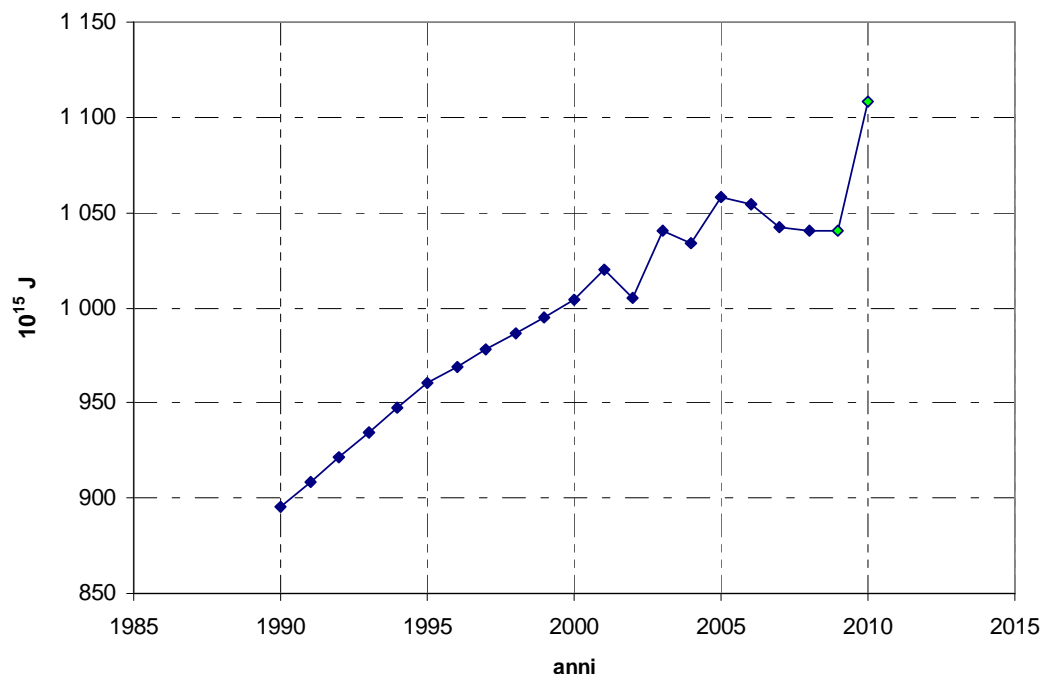


Fig. 4.70 – Lombardia: trend storico consumo finale di energia (1990-2010)

Il consumo finale di energia (I) per definizione è direttamente influenzato dal consumo di energia primaria, ha quindi un trend in continua crescita fino al 2005, con un tasso medio di crescita annua del 1.12%, dal 2006 al 2009 il trend è negativo con un tasso medio annuo di -0.41%, riduzione minore di quella registrata dal consumo di energia primaria.

Nel 2010 si ha una ripresa molto forte dei consumi energetici con un tasso di crescita annua del 6.5%, tasso di crescita più alto rispetto al tasso registrato dal consumo di energia primaria, ma come vedremo da considerazioni legate al fattore di conversione energetica è probabile che il dato sia sovrastimato.

4.5.9 Intensità energetica finale del PIL, Lombardia

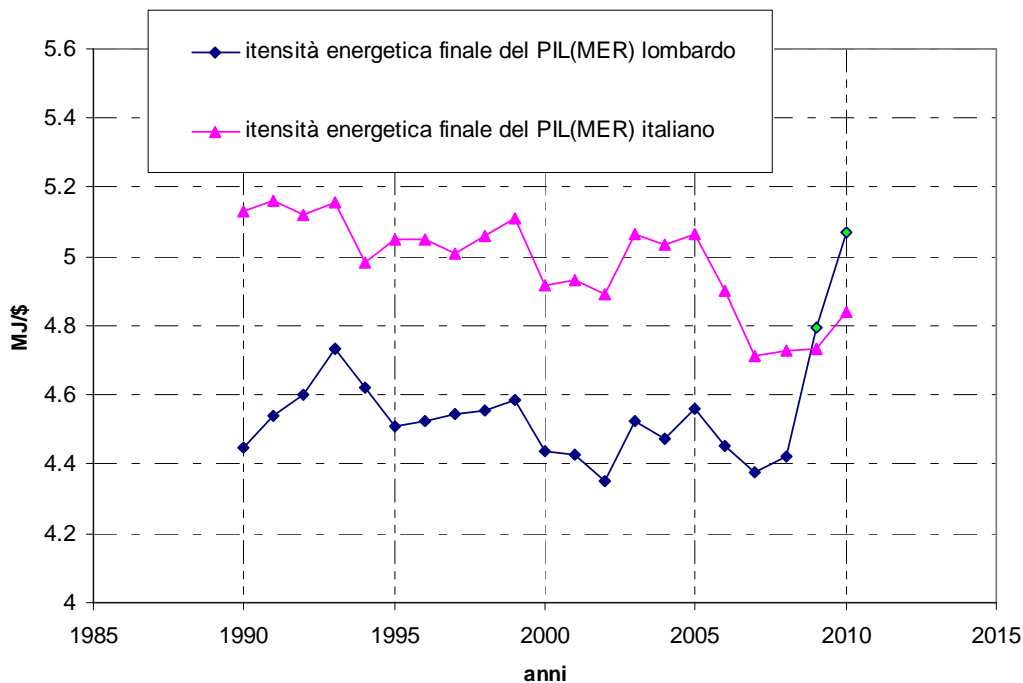


Fig. 4.71 – Lombardia: trend storico intensità energetica finale del PIL (1990-2010). Il PIL è espresso in termini di MER.

L'intensità energetica finale del PIL(e') si esprime anche su scala lombarda in MJ/\$.

L'intensità energetica finale del PIL presenta dei valori assoluti inferiori a quelli dell'intensità energetica del PIL, come conseguenza del fatto che il consumo finale di energia da cui deriva è per definizione sempre inferiore al consumo di energia primaria.

Come l'intensità energetica del PIL, così anche l'intensità energetica finale del PIL lombardo presenta storicamente valori minori di quelli nazionali, mentre negli ultimi due anni a causa della crisi li hanno superati.

L'intensità energetica finale del PIL presenta fino al 2008 un andamento costante con un tasso medio di crescita annua quasi nullo(-0.01%), mentre negli anni 2009 e 2010 si registra un aumento dell'intensità energetica finale del PIL con tassi rispettivamente del 8.36% e 5.73%, ancora più alti di quelli dell'intensità energetica del PIL, dovuti anch'essi a un forte collasso del PIL ed a una crescita del consumo finale di energia. Ma si ricorda, anche in questo caso, che probabilmente il trend degli ultimi due anni sia in gran parte da ascrivere ad una sovrastima dei consumi energetici e dall'utilizzo di differenti fonti energetiche (SIRENA e non ENEA).

4.5.10 Fattore di conversione energetica, Lombardia

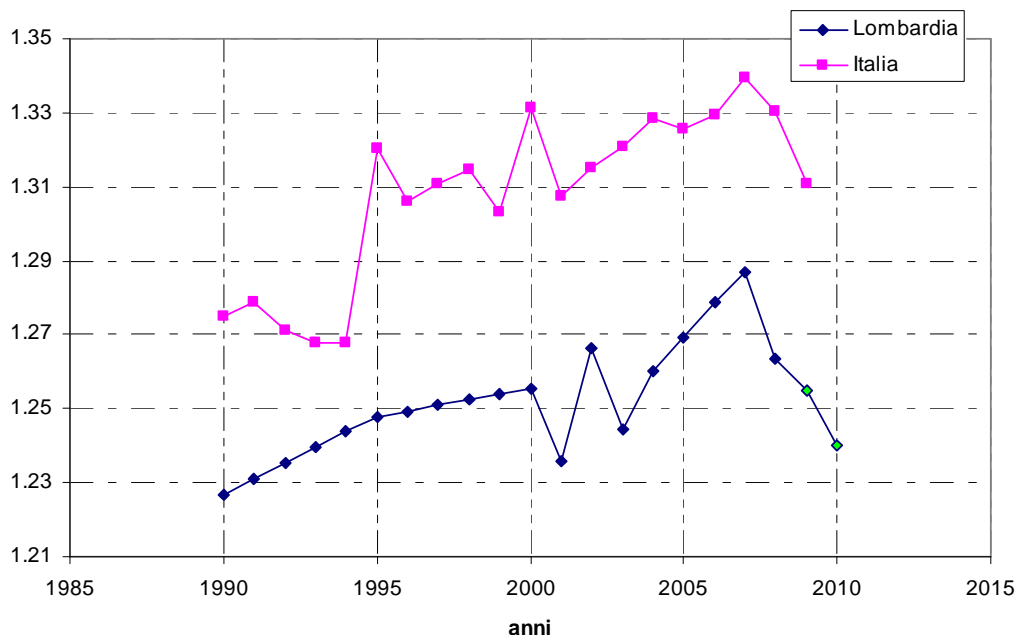


Fig. 4.72 – Lombardia: trend storico fattore di conversione energetica (1990-2010)

I dati del fattore di conversione energetica(k) lombardi sono minori, e quindi migliori di quelli nazionali.

Negl'ultimi due decenni il trend del fattore di conversione energetica lombarda è in leggera crescita con un tasso annuo medio di 0.06%. In modo più analitico si può distinguere un crescita fino al 2007 con un tasso annuo medio di 0.29%, e una forte riduzione di k dal 2007 al 2009 con un tasso pari a -1.23%. La riduzione registrata dopo il 2007, come già detto per l'Italia e l'Europa, è dovuta soprattutto alla diminuzione dei consumi energetici e solo in parte come risposta al maggior impegno al risparmio energetico (essendo esclusi i settori ad uso finale dal rapporto k).

Risulta dubbia la diminuzione di efficienza registrata nel 2010, stimata tramite l'uso dei dati provvisori SIRENA, perché concomitante al forte incremento della domanda energetica, che storicamente è accompagnata da un peggioramento di k .

4.5.11 Consumo di combustibili fossili, Lombardia

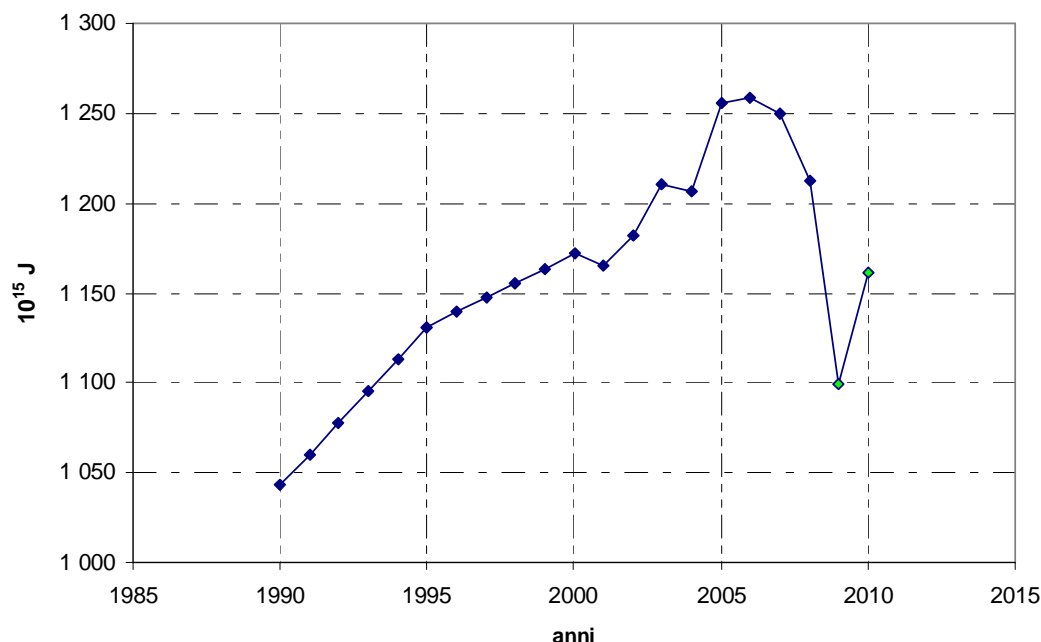


Fig. 4.73 – Lombardia: trend storico consumo di combustibili fossili (1990-2010)

Il trend di consumo di combustibili fossili lombardo segue un trend analogo a quello registrato su scala nazionale.

Il trend di consumo di combustibile fossile è quindi in forte crescita con un tasso medio di incremento annuale dello 0.58%, valore vicino a quello nazionale (0.53%). Nel trend di consumo di combustibili fossili si possono distinguere due periodi:

- Dal 1990 al 2006, si osserva una crescita con un tasso medio di incremento annuale di 1.19% leggermente minore del tasso nazionale di 1.22%;
- Dal 2006 al 2009 si osserva invece una riduzione del consumo di combustibili fossili con un tasso medio di incremento annuale di -4.34%, segnando una riduzione leggermente maggiore di quella registrata a livello nazionale di -3.93%;

Nel 2010 con la ripresa economica il consumo torna a crescere con un tasso di 5.65% contro al 2.90% su scala nazionale.

In Lombardia, come in Italia, il trend di consumo di combustibili fossili inizia a decrescere solo dopo il 2005, con grande ritardo rispetto a quanto avvenuto a livello europeo, e tale decremento nei consumi di combustibile fossile è dovuto in parte a una diminuzione della domanda energetica primaria e in parte ad una risposta alle direttive europee di decarbonizzare il sistema energetico, come si vedrà meglio nel successivo paragrafo.

4.5.12 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Lombardia

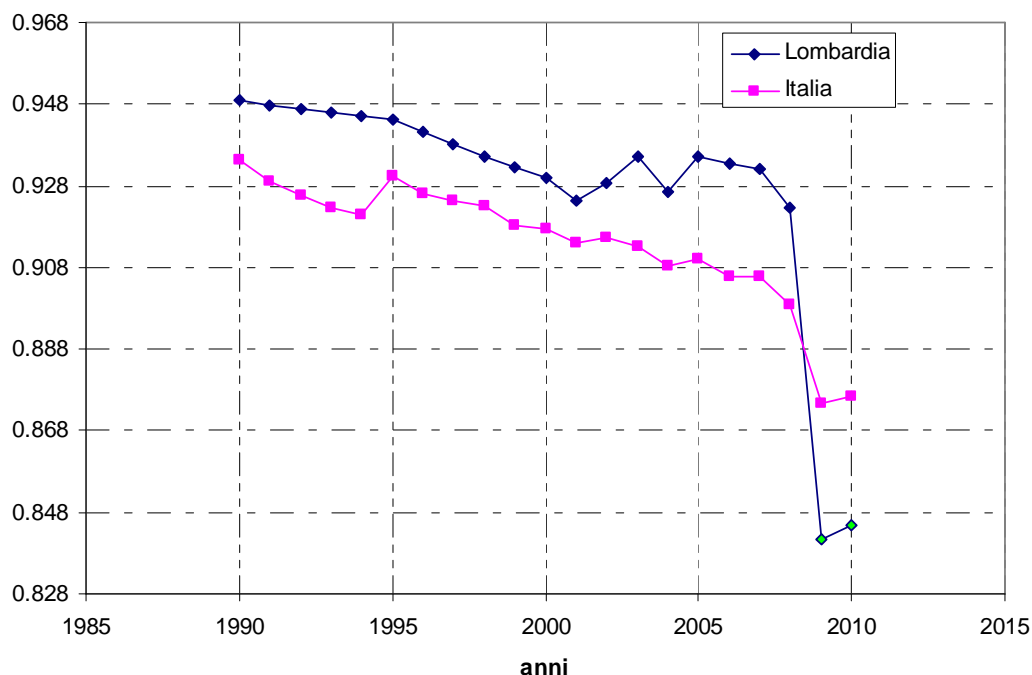


Fig. 4.74 – Lombardia: trend storico consumo di combustibili fossili per energia primaria (1990-2010)

I valori lombardi di consumo di combustibili fossili per energia primaria(c) sono tendenzialmente più alti della media nazionale, ma con la forte riduzione del 2009 si portano al di sotto della media nazionale.

Analogamente a quanto visto su scala nazionale dal 1990 al 2010 si osserva una riduzione di consumo di combustibili fossili per energia primaria con un tasso medio annuale di -0.56%, valore che manifesta una riduzione più accentuata di quella nazionale di -0.32%.

Dopo il 2007 e fino al 2010 si ha una fase di sviluppo di energia non fossile in forte accelerazione, anche a causa della crisi, con un tasso medio di incremento annuale di -3.14% contro un tasso nazionale di -1.31%. In Lombardia quindi ancor più che in altre regioni italiane, si osserva una forte spinta verso il rinnovabile.

4.5.13 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Lombardia

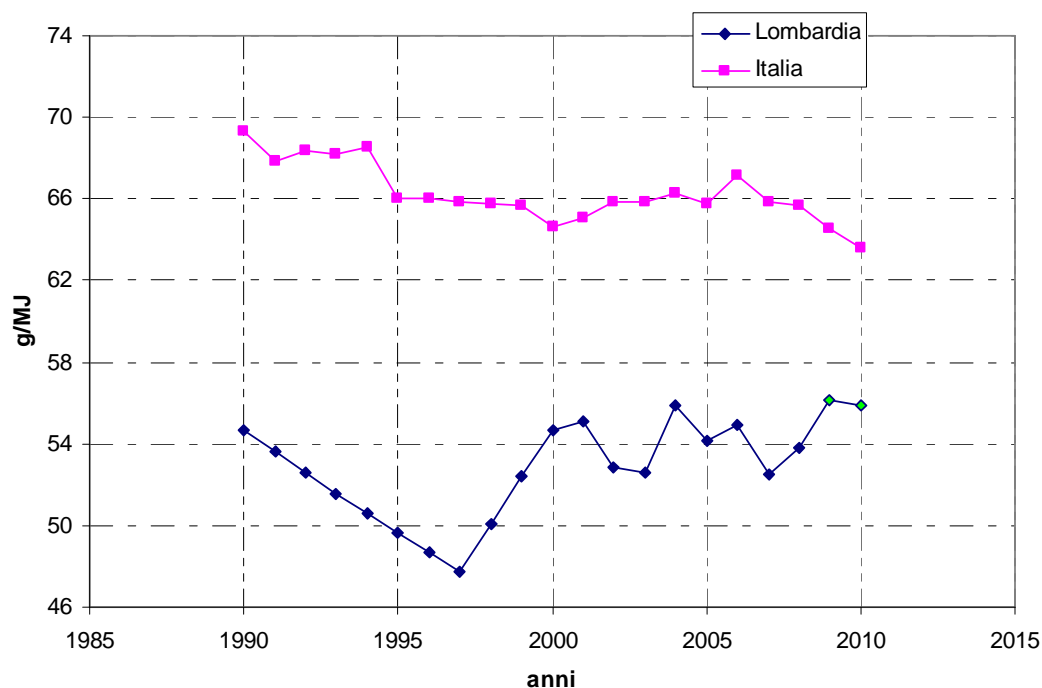


Fig. 4.75 – Lombardia: trend storico del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (1990-2010)

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili(s) è espresso anche su scala lombarda in g/MJ.

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili come i dati di emissioni di CO₂, raccoglie molti dati imprecisi e derivanti da interpolazioni.

Il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili assume valori molto più bassi rispetto a quelli italiani ed europei, ma nell'ultimo decennio, mentre il trend nazionale ed europeo presentano una tendenza a diminuire, al contrario quello lombardo tende leggermente a crescere con un tasso medio di crescita annua di 0.16%. Inoltre, come già detto per l'intensità carbonica dell'energia, questa importante differenza con la media nazionale deriva probabilmente in parte da una presenza rilevante della componente di emissioni ombra in Lombardia e dall'utilizzo di differenti fonti per i dati energetici (ENEA e non IEA).

4.5.14 Kaya Identity a livello lombardo

Il PIL è espresso come PIL(MER), perché la differenza con il PIL(PPP) è minima.

Si riportano i dati dei parametri della Kaya Identity a livello lombardo nelle figure 4.76 - 4.77, normalizzando i valori rispetto al dato del 1990 ed esprimendo le emissioni di CO₂ secondo la formulazione a quattro (for. 2.3) e a sei parametri (for. 2.5).

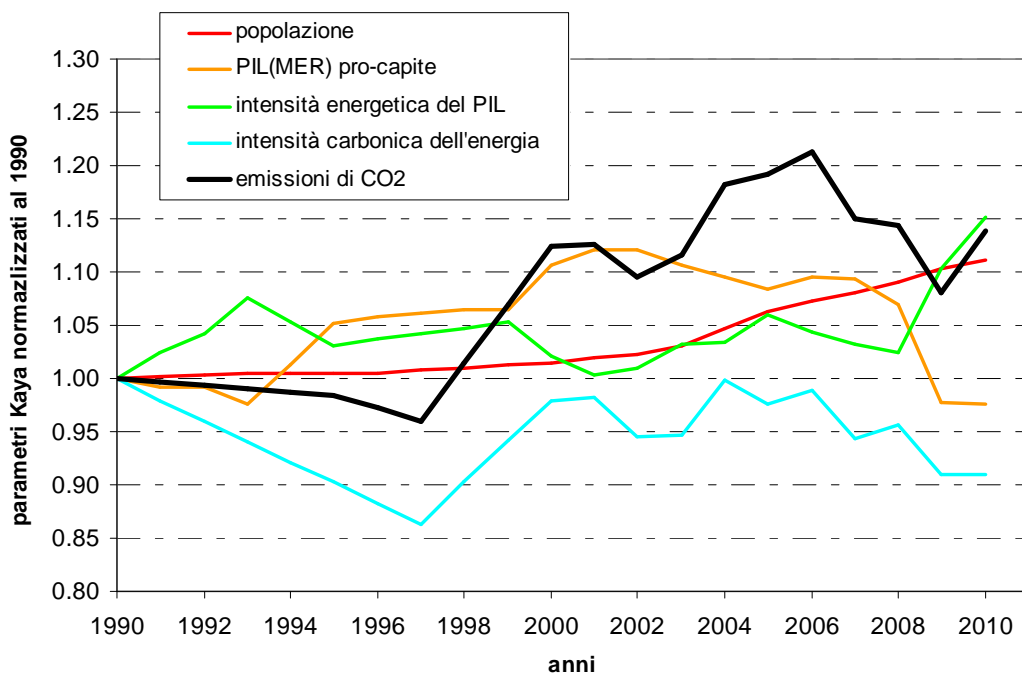


Fig. 4.76 – Lombardia: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

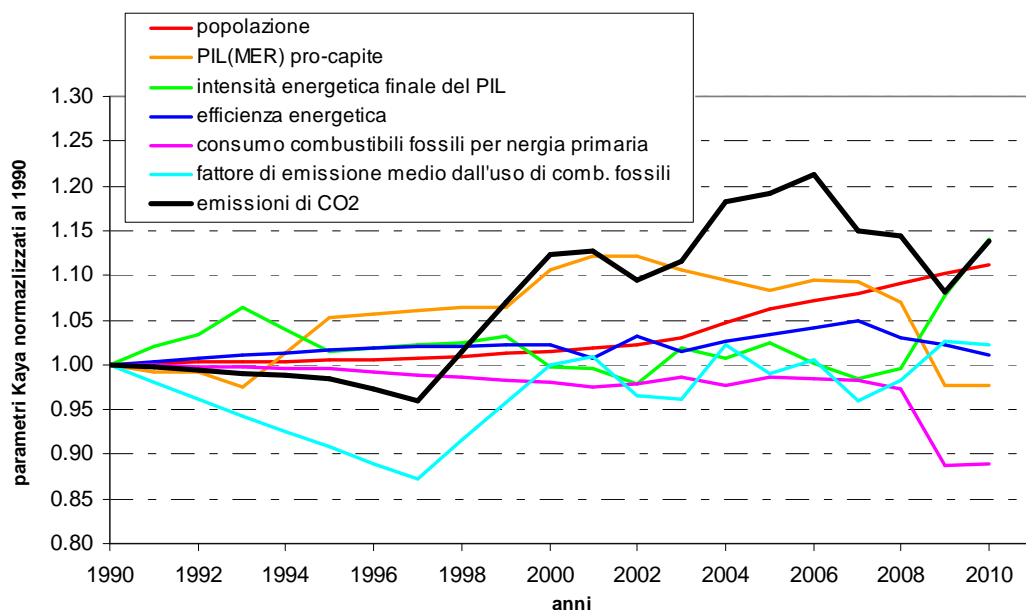


Fig. 4.77 – Lombardia: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Di seguito si mettono in evidenza i contributi che le variazioni di ciascun parametro apportano alla variazione totale di emissioni di CO₂ secondo la formulazione della Kaya Identity in termini di tassi di crescita (for. 2.6 vista nel par. 2.3). I contributi sono calcolati secondo la for. 4.1 proposta nel par. 4.1.14.

Si prendono in considerazione i periodi: 1990-2000; 2000-2006 in cui si verifica una crescita delle emissioni e 2006-2010 nel quale si registra una riduzione del 10% nelle emissioni di CO₂; si valuta in fine la variazione avvenuta dal 2008 al 2009 per verificare meglio l'influenza della crisi economica sul trend delle emissioni.

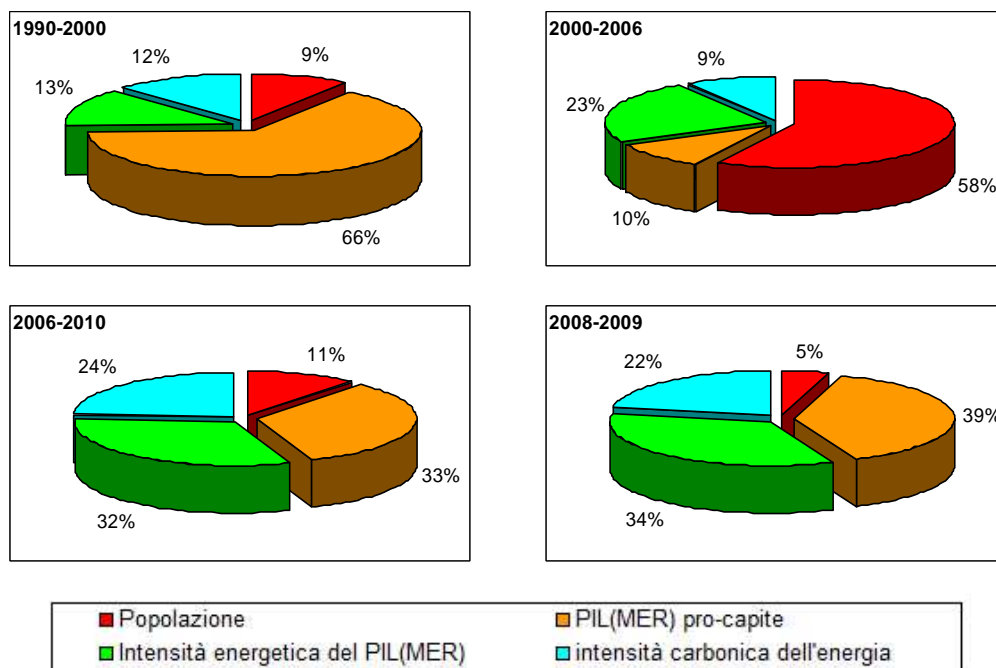


Fig. 4.78 – Lombardia: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂.

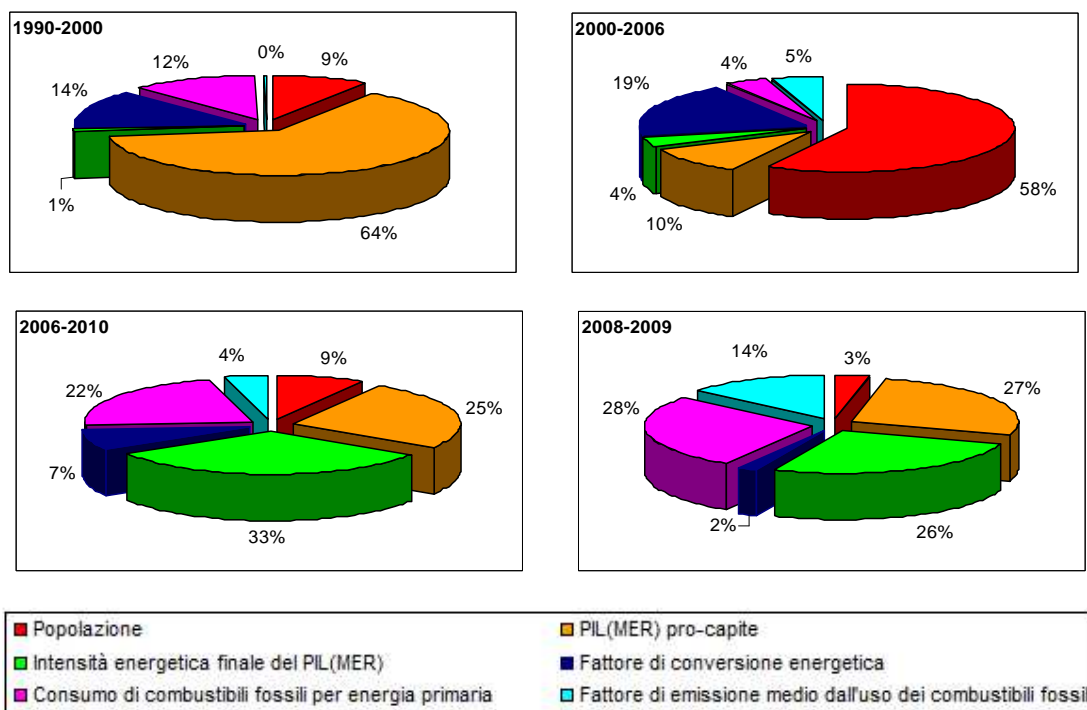


Fig. 4.79 – Lombardia: contributo di ciascun valore rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂.

Nelle figure 4.78 e 4.79 si mettono in evidenza i contributi dei diversi parametri, ma non essendo precisato se questi siano positivi o negativi, nella tabella 4.4 si riportano i tassi annui medi di variazione dei parametri per gli stessi periodi storici considerati nei diagrammi. I parametri sono espressi secondo la simbologia proposta nel par. 2.3.

Tab. 4.4 – Tassi annui medi di variazione dei parametri dalla Kaya Identity lombarda.

anni	P	g	e	f	e'	k	c	s
1990-2000	0.15%	1.06%	0.21%	-0.20%	-0.02%	0.23%	-0.20%	0.00%
2000-2006	0.94%	-0.16%	0.37%	0.15%	0.06%	0.31%	0.07%	0.08%
2006-2010	0.93%	-2.72%	2.59%	-1.98%	3.45%	-0.76%	-2.38%	0.44%
2008-2009	1.04%	-8.61%	7.60%	-4.84%	8.36%	-0.70%	-8.80%	4.34%

Nei quattro decenni considerati, la popolazione (*P*), il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (*s*), e l'intensità energetica del PIL (*e*) sono gli unici parametri a presentare dei tassi annui medi di variazione sempre positivi, aumentando le emissioni di CO₂; così come l'intensità energetica finale del PIL (*e'*) che registra un tasso negativo, ma molto vicino allo zero, nel decennio 1990-2000.

L'intensità carbonica di energia (*f*) e il consumo di combustibili fossili per energia primaria (*c*) presentano invece dei tassi annui medi di variazione sempre negativi, riducendo le emissioni di CO₂, tranne che negli anni 2000-2006 in cui sono positivi, mantenendosi comunque molto vicino allo zero.

Il fattore di conversione energetica (*k*) presenta dei tassi medi annui positivi fino al 2006, mentre dopo tale data sono negativi.

Valutando poi le variazioni registrate nell'anno 2008-2009 si focalizza l'attenzione sul contributo del PIL e quindi della crisi economica sulla variazione di emissioni.

Fino al 2000 il parametro che senza alcun dubbio predomina sugli altri è il PIL, che si mantiene in forte crescita sostenendo l'aumento delle emissioni, mentre gli altri parametri, popolazione, intensità energetica del PIL ed intensità carbonica di energia presentano dei tassi annui medi di variazione per il periodo 1990-2000 bassi e molto simili l'uno all'altro.

Nel periodo 2000-2006 il PIL pro-capite decresce leggermente, ed il contributo principale all'aumento delle emissioni deriva dall'accelerazione che registra il trend in crescita della popolazione. L'intensità energetica del PIL e l'intensità carbonica di energia in questo periodo rimangono praticamente invariati registrando tassi medi annui positivi ma molto vicini allo zero.

Dal 2006 al 2010 il PIL pro-capite, influenzato dalla dura recessione economica del 2009, registra un tasso fortemente negativo, ma la riduzione di emissioni avvenuta in questo periodo è da ascrivere anche ai forti miglioramenti di intensità carbonica di energia, dovuti non ad un miglioramento del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, che cresce leggermente, ma ad una forte diminuzione del consumo di combustibili fossili per energia primaria che registrano nel 2009 una riduzione del -9%.

Si ricorda che i dati di consumo energetico degli anni 2009 e 2010 sono provvisori, ed è probabile una loro sovrastima. I dati di intensità energetica del PIL registrati sono quindi probabilmente più alti di quanto non siano in realtà.

È utile sottolineare, che oltre all'incremento nell'uso delle fonti rinnovabili, dal Rapporto Green Italy 2012 di Fondazione Symbola e Unioncamere emerge che sta crescendo fortemente l'intero settore della green economy. La Lombardia conta 69 mila imprese green, il 25% di quelle presenti sul territorio lombardo, occupando il primo posto in Italia per numero assoluto di società che hanno investito o investiranno tra il 2009 e il 2012 in tecnologie e prodotti verdi. Ciò dimostra che una riconversione in chiave ecosostenibile dei comparti tradizionali è possibile. La Lombardia, e l'Italia in generale possono considerarsi una prova di come anche in concomitanza di una diminuzione del PIL, sia possibile effettuare interventi importanti in termini di miglioramento di intensità carbonica di energia, a dimostrazione del fatto che la green economy trova spinte di sviluppo dettate non tanto dall'andamento del mercato, ma da un'esigenza sempre più condivisa di rispettare maggiormente il nostro pianeta e i suoi limiti.

5

SCENARI 2030

Nei prossimi capitoli, a partire dai trend storici fin qui stimati ed analizzati, per ciascuno dei diversi parametri della Kaya Identity verranno stimati tramite interpolazione i trend fino al 2030.

Per costruire le curve interpolanti (lineari, esponenziali o logaritmiche) non si usa il dato assoluto dell'anno (es. 1979), ma il valore relativo nel periodo 1971-2010, con un valori pari a 1 per il 1971.

Per ogni parametro vengono proposti tre scenari MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE.

Il primo presenta le condizioni "migliori" che portano ad emissioni di CO₂ più basse, il secondo propone il caso più pessimistico in cui le emissioni di CO₂ aumentano ad un ritmo più alto, il terzo descrive la tendenza più probabile.

Il fatto di avvalersi dei due scenari MIGLIORE e PEGGIORE, , in cui alcuni assunzioni vengono volutamente forzate, in positivo o in negativo, permette di definire un intervallo intorno allo scenario TENDENZIALE in cui con buona probabilità si situeranno le emissioni future.

I parametri adoperati vengono espressi con le seguenti unità di misura:

- Popolazione: milioni di abitanti;
- PIL: 10⁹ US dollari con prezzi concatenati all'anno di riferimento 2000;
- PIL pro-capite: 1000 \$ pro capite;
- Consumo di energia primaria: PJ (10¹⁵ J);
- Intensità energetica del PIL: MJ/\$;
- Intensità carbonica dell'energia: g di CO₂/MJ;
- Consumo finale di energia: PJ (10¹⁵ J);
- Intensità energetica finale del PIL: MJ/\$;
- Fattore di conversione energetica: [-];
- Consumo di combustibili fossili per energia primaria: [-];
- Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili: g di CO₂/MJ;

- Emissioni di CO₂: Mton di CO₂.

Nel seguente capitolo il PIL verrà espresso solo in termini di MER, ma si precisa che utilizzando con coerenza il PIL sia che venga espresso in MER che in PPP, nel parametro di PIL pro-capite e di intensità energetica del PIL (espressa sia in termini di energia primaria che finale), le stime di CO₂ che ne derivano sarebbero le medesime.

5.1 SCENARIO MONDIALE

Nel paragrafo dedicato all'analisi mondiale i trend storici utilizzati per stimare le proiezioni future coprono il periodo 1971-2010. Fanno eccezione i dati che riguardano la popolazione che vanno dal 1950 al 2010 e i dati di consumo finale di energia, di intensità energetica finale del PIL e del fattore di conversione energetica che vanno dal 1971 al 2009.

5.1.1 Metodologia, Mondo

Su scala mondiale lo scenario TENDENZIALE deriva dall'analisi separata tra paesi OECD e non-OECD, perché per stimare l'intensità energetica del PIL globale, derivante dal trend del PIL e dei consumi energetici, si ritiene preferibile considerare il separato andamento dei consumi energetici e del PIL dei paesi OECD e non-OECD e dei consumi energetici dei bunker internazionali come indicato in fig. 5.1. In tal modo si considera diventi più chiara la proiezione futura, che sarebbe difficile stimare da considerazioni che derivano dai soli dati complessivi.

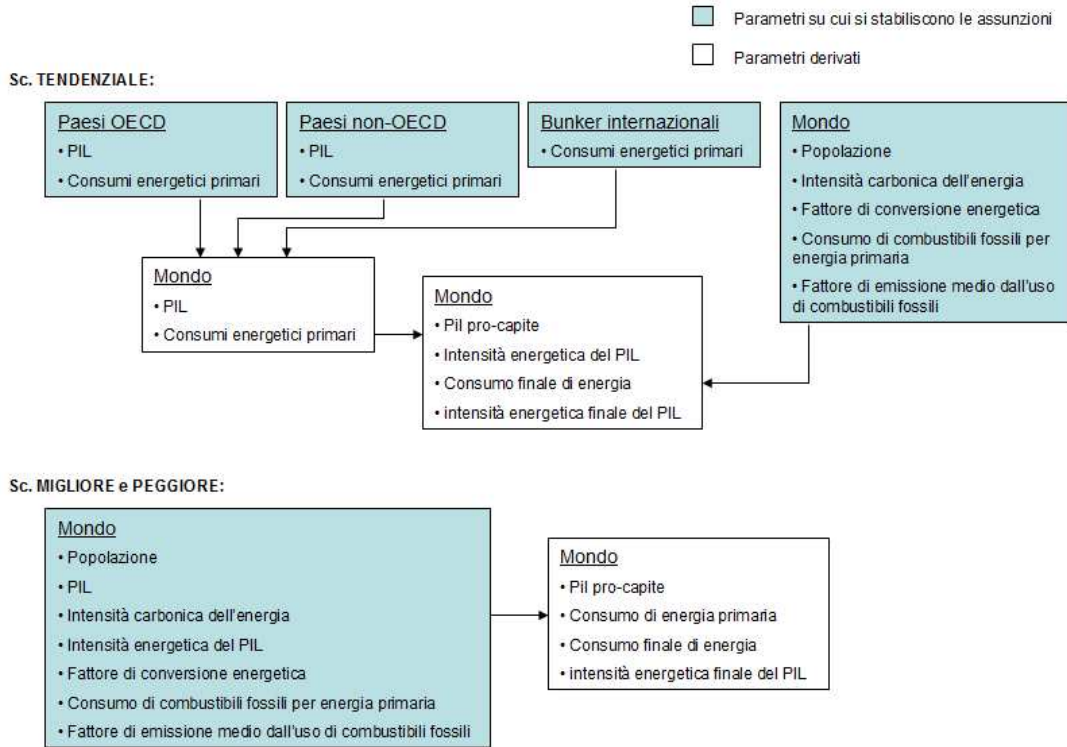


Fig. 5.1 – Mondo: Schema metodologico per stimare i parametri della Kaya Identity.

La Kaya Identity dello scenario TENDENZIALE mondiale a quattro parametri è quindi stimata come indicato nella for. 5.1, in cui si specificano i parametri sui quali sono stabilite le assunzioni.

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P} \right) \cdot e \cdot (c \cdot s) \tag{5.1}$$

In cui il PIL mondiale (G) è stimato come somma di quello dei paesi OECD e non-OECD, mentre l'intensità energetica del PIL (e) mondiale come indicato in for. 5.2:

$$e = \frac{E^{OECD} + E^{nonOECD} + E^{internazionali}}{PIL^{OECD} + PIL^{nonOECD}} \tag{5.2}$$

I dati di consumo di energia primaria e di consumo finale di energia come indicato nelle formule 5.3 e 5.4.

$$E = e \cdot G \quad (5.3)$$

$$I = \frac{E}{k} \quad (5.4)$$

La Kaya Identity a sei parametri è stimata come di seguito indicato nella for. 5.5, specificando i parametri sui quali sono stabilite le assunzioni.

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P}\right) \cdot \left(\frac{I}{G}\right) \cdot k \cdot c \cdot s = P \cdot g \cdot e' \cdot k \cdot c \cdot s \quad (5.5)$$

Per gli scenari MIGLIORE e PEGGIORE le Kaya Identity sono stimate usando le for. 5.1 e 5.5 con la differenza rispetto allo scenario TENDENZIALE che i dati di PIL e di intensità energetica derivano da assunzioni dirette sui trend mondiali e non da considerazioni separate su paesi OECD e non-OECD come indicato in fig. 5.1.

5.1.2 Intensità energetica del PIL, Mondo

In fase di analisi si osserva come su scala mondiale dal 1971 al 2000 sia possibile svincolare la crescita del PIL dal consumo energetico, mentre dal 2000 l'andamento dell'intensità energetica del PIL, in particolare se lo si esprime in termini di MER, sembra abbia raggiunto un "asintoto" e che non sia possibile aumentare il PIL senza incrementare proporzionalmente il consumo energetico.

Dal confronto tra paesi OECD e paesi non-OECD si osserva che presi singolarmente i trend di intensità energetica del PIL di ognuno dei due gruppi di stati, sono entrambi in diminuzione, seppure per i primi si presenta un forte rallentamento. Si è attribuito il problema della stazionarietà dell'intensità energetica del PIL(MER) mondiale al fatto che dal 2000 questo parametro sia influenzato soprattutto dal trend di PIL(MER) dei paesi OECD in rallentamento e dal trend di consumo di energia primaria dei paesi non-OECD in forte accelerazione. Il trend di intensità energetica del PIL(MER) di questi ultimi anni può essere considerato come un sintomo della diversa dislocazione tra le aree di maggior consumo energetico e di maggior produzione di emissioni e le aree che possiedono la fetta più grande di PIL mondiale.

Un secondo motivo, per cui si è registrato negli ultimi anni un peggioramento di intensità energetica, che non può essere sottovalutato, è l'aumento dei costi energetici legati al trasporto di merci per un commercio internazionale sempre più imponente e consumatore di energia.

Anche se non si riporta l'intensità energetica del PIL(PPP), si precisa che le considerazioni che ne risulterebbero sarebbero analoghe a quelle fatte, ma nelle proiezioni future risulterebbe meno accentuato il rallentamento rispetto al trend storico.

Scenario TENDENZIALE

In questo primo scenario si valuta il caso in cui nel prossimo decennio per la lenta ripresa economica delle economie dei paesi OECD e dei forti consumi energetici dei paesi emergenti si verifichi un peggioramento nel trend di intensità energetica del PIL(MER), come registrato storicamente in questi ultimi anni. Dopo il 2015 è plausibile invece ipotizzare che per la ripresa economica dei paesi OECD e grazie ad una maggior efficienza delle economie emergenti nel consumo di energia per produrre 1\$ di PIL, l'intensità energetica del PIL torni progressivamente a diminuire.

La stima dell'intensità energetica del PIL risponde alla for. 5.2. Si stimano quindi i consumi energetici primari tramite interpolazione lineare dei trend storici dei paesi OECD e non-OECD. Non viene utilizzata l'intera serie storica 1971-2010, ma si considerano i periodi 1990-2010 e 2000-2010 rispettivamente per i paesi OECD e non-OECD, per meglio mettere in luce l'andamento più costante e in rallentamento dei paesi OECD negli ultimi due decenni e l'andamento di forte accelerazione registrato dai paesi non-OECD nell'ultimo decennio.

Analoga interpolazione si esegue sui dati storici di consumo energetico primario dei bunker internazionali del periodo 2000-2009, in cui a parte il dato del 2009, registra una forte accelerazione, rispetto al trend dei precedenti decenni.

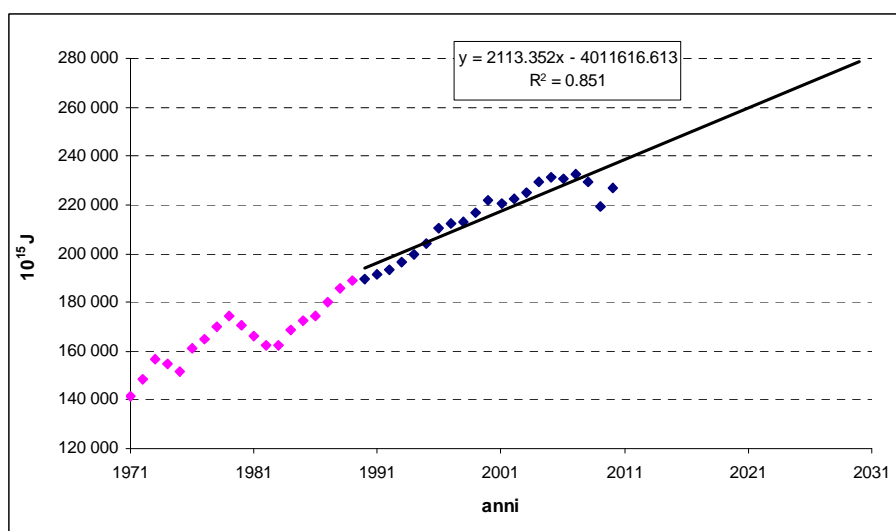


Fig. 5.2 – Regressione lineare del trend storico dei consumi energetici primari dei paesi OECD

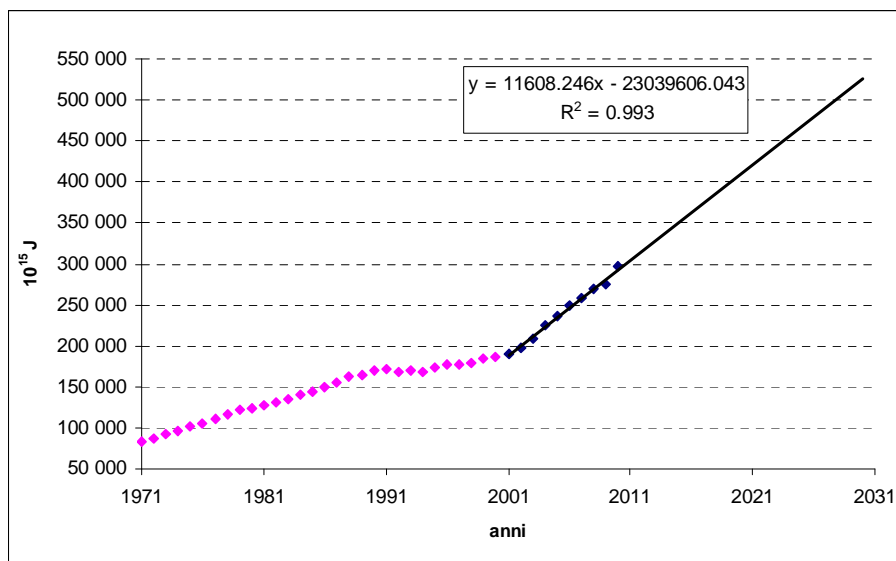


Fig. 5.3 – Regressione lineare del trend storico dei consumi energetici primari dei paesi non-OECD

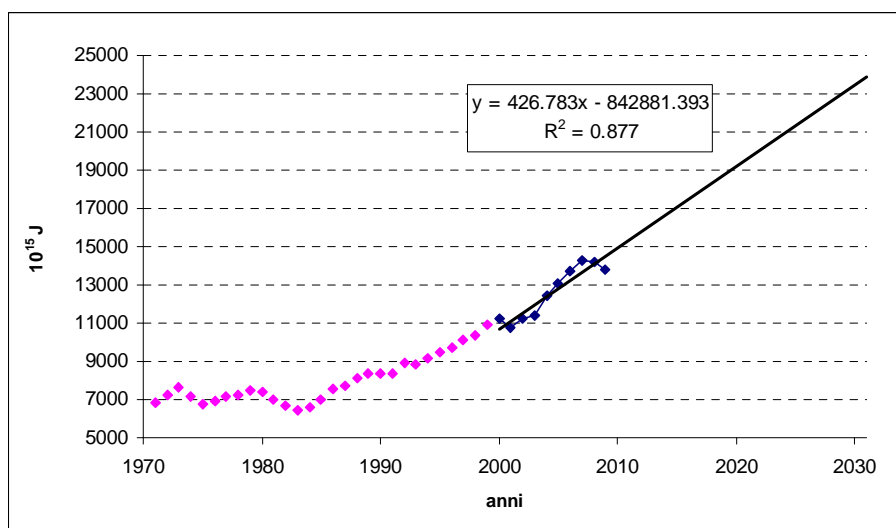


Fig. 5.4 – Regressione lineare del trend storico dei consumi energetici dei bunker internazionali

La stima del PIL(MER) viene effettuata basandosi sui tassi medi di crescita pubblicati nel World Energy Outlook 2009 dall’International Energy Agency (IEA-b, 2009), da cui si ipotizza che i paesi OECD usciranno dalla crisi portandosi a tassi medi del 2% circa, mentre i paesi non-OECD vedranno progressivamente diminuire il PIL perché tenderanno a raggiungere una situazione economica più stabile. Di seguito si riportano le stime dei tassi medi di crescita.

Tab. 5.1 – Tassi medi di crescita annui del PIL(MER)

	2009-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
OECD	1.8%	1.8%	1.9%	2.0%
Non-OECD	5.6%	4.4%	3.8%	3.3%
Mondo	2.7%	2.5%	2.4%	2.4%

In base alle interpolazioni dei consumi energetici e ai tassi di crescita del PIL si stimano le proiezioni di seguito riportate in tabella:

Tab. 5.2 – Proiezioni TENDENZIALI del PIL(MER) in 10⁹ US dollari

	2015	2020	2025	2030
OECD	32641	35445	38669	42394
Non-OECD	13400	16323	19430	22624
Mondo	46041	51768	58099	65017

Tab. 5.3 – Proiezioni TENDENZIALI del consumo di energia primaria in 10¹⁵ J

	2015	2020	2025	2030
OECD	244909	254633	264356	274080
Non-OECD	351010	409051	467092	525134
Bunker internazionali	17460	19809	22158	24507
Mondo	613378	683497	753607	823721

Da queste stime si calcola l'intensità energetica del PIL(MER) come rapporto tra i dati di consumo di energia primaria e di PIL, che viene così considerata come scenario TENDENZIALE.

Tab. 5.4 – Proiezioni TENDENZIALI di intensità energetica del PIL(MER) in MJ/\$

	2015	2020	2025	2030
OECD	7.50	7.18	6.84	6.47
Non-OECD	26.19	25.06	24.04	23.21
Mondo	13.32	13.20	12.97	12.67

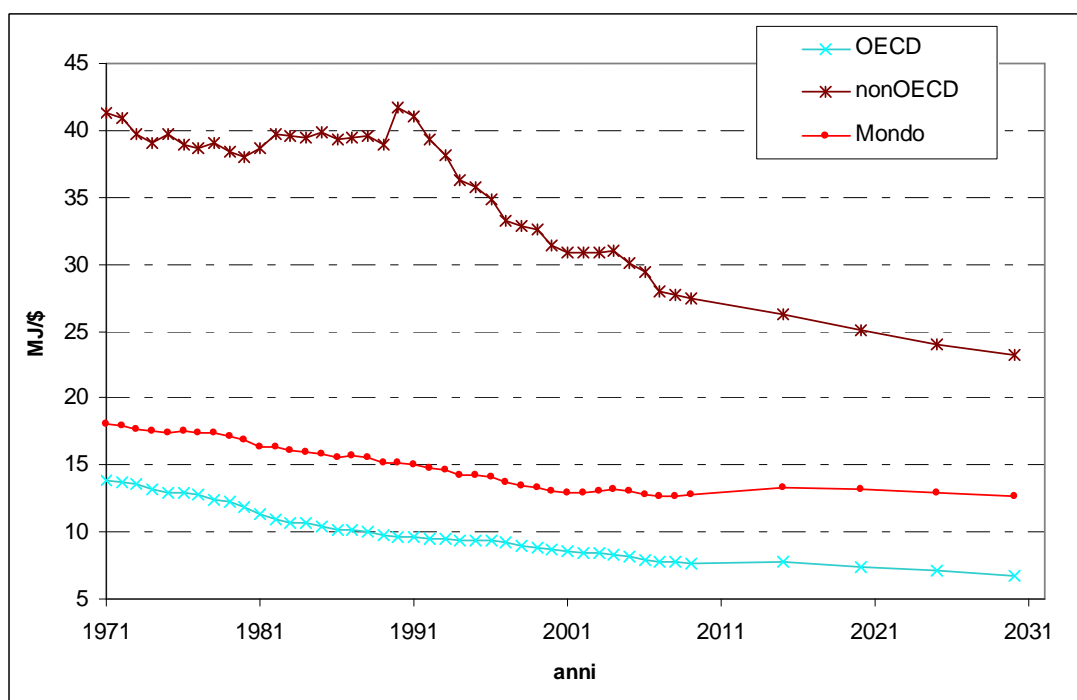


Fig. 5.5 – Trend storico e proiezioni TENDENZIALI dell'intensità energetica del PIL(MER)

Come si evidenzia nel grafico e nei dati riportati in tabella, soprattutto negli anni 2010-2015 si verificherà con alta probabilità un miglioramento di intensità energetica del PIL nei paesi NON-OECD, un leggero peggioramento fino al 2015 nei paesi OECD e una situazione più grave a livello mondiale. Su scala mondiale questa situazione è dovuta alla lenta ripresa dei paesi OECD dalla crisi finanziaria del 2009 e al contemporaneo aumento consistente dei consumi energetici nei paesi non-OECD e di quelli navali ed aerei per gli scambi internazionali.

Lo scenario TENDENZIALE si differenzia dalle attuali proiezioni proposte nel “BP energy outlook 2030”(BP, 2012) e nell’ “IEA World Energy outlook”(IEA-b, 2011), perché in particolare per i paesi OECD si ipotizza una stazionarietà dell'intensità energetica del PIL e non un miglioramento come proposto più avanti nello scenario MIGLIORE.

Il trend energetico dei paesi OECD ipotizzato è in linea con il forte rallentamento registrato nell'ultimo decennio, e considera che la domanda effettiva di consumi energetici è in continuo aumento nonostante quella territoriale abbia rallentato la sua crescita a causa del forte fenomeno di delocalizzazione (come visto su scala europea nel cap. 4.3.5). La delocalizzazione delle attività manifatturiere dei paesi OECD potrebbe in futuro ridursi a causa di condizioni sempre meno favorevoli di manodopera a buon mercato nei paesi emergenti.

Scenario PEGGIORE e MIGLIORE

Per lo scenario PEGGIORE si valuta il caso in cui ci sia un progressivo aumento dei consumi energetici su unità di PIL prodotto, a causa della crescita dei costi energetici per il graduale esaurimento delle fonti fossili e per lo sviluppo delle rinnovabili, fonti meno economiche. Per stimare le proiezioni future si ipotizza una crescita lineare con un tasso medio annuo di 0.34% analogo a quello degli ultimi anni 2007-2010.

Nello scenario MIGLIORE si valuta il caso in cui, sebbene si sia verificato un forte rallentamento nell'ultimo decennio il trend di intensità energetica del PIL dopo il 2010 riprenda a decrescere con un tasso annuo medio analogo a quello dell'intera serie storica pari a -0.83%.

Tab. 5.5 –Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	13.2384	12.4759
2020	13.4589	11.9339
2025	13.6795	11.3920
2030	13.9000	10.8500

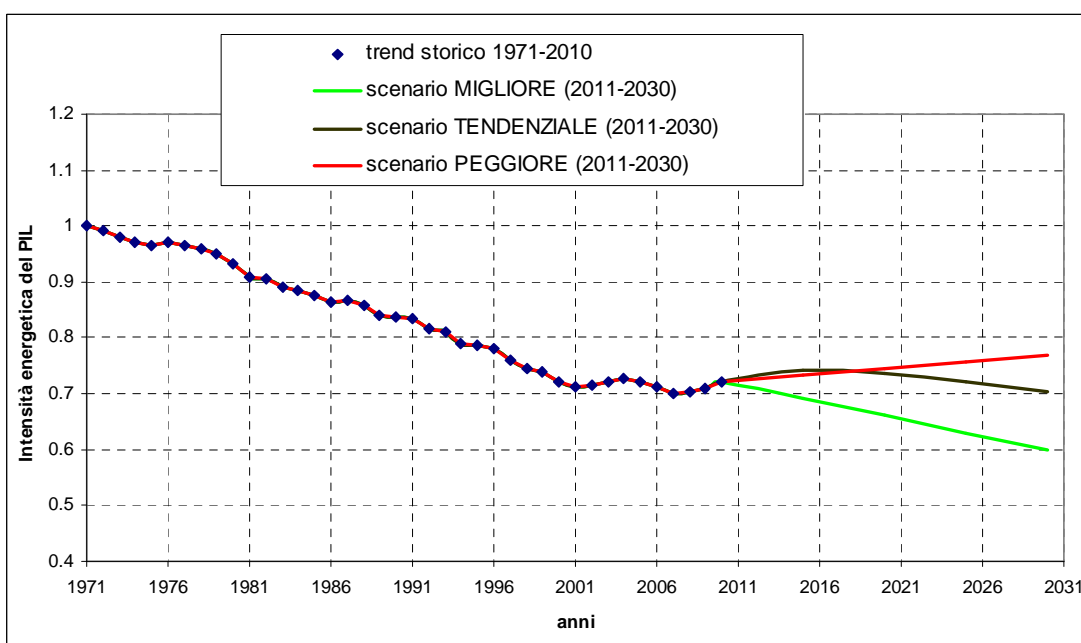


Fig. 5.6 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Si noti che fino al 2015 lo scenario TENDENZIALE assume valori più alti, seppur di poco, rispetto allo scenario PEGGIORE, ma si ricorda anche che il primo deriva da assunzioni fatte sui consumi energetici e il PIL di paesi OECD e non-OECD, mentre il secondo è stimato direttamente in funzione del trend mondiale di intensità energetica del PIL.

5.1.3 Popolazione, Mondo

Come trend storico della popolazione mondiale oltre ai dati 1971-2010 sono considerati i dati 1950-1970, pubblicati dall' United Nations, Department of Economic and Social Affairs (Population Division).

Scenario TENDENZIALE

Si ipotizza che lo scenario TENDENZIALE segua la retta interpolante. Si considera come curva interpolante una funzione lineare dell'intero trend storico (1950-2010) in cui R^2 risulta pari a 0.9959.

Secondo le attuali proiezioni della United States Census Bureau, la popolazione globale raggiungerà gli 8 miliardi tra il 2025 e il 2030 (8.315 miliardi nel 2030), vicino a quanto previsto da questo scenario.

Scenari PEGGIORE e MIGLIORE

Per la costruzione dello scenario PEGGIORE e MIGLIORE si prendono in considerazione le proiezioni proposte nel rapporto "World Population to 2300" (UN, 2004), secondo le quali si prevedono i seguenti valori:

Tab. 5.6 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

<i>Scenario</i>	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)
2015	7139.31	7328.68	7003.68
2020	7512.01	7819.12	7169.12
2025	7884.70	8309.56	7334.56
2030	8257.39	8800.00	7500.00

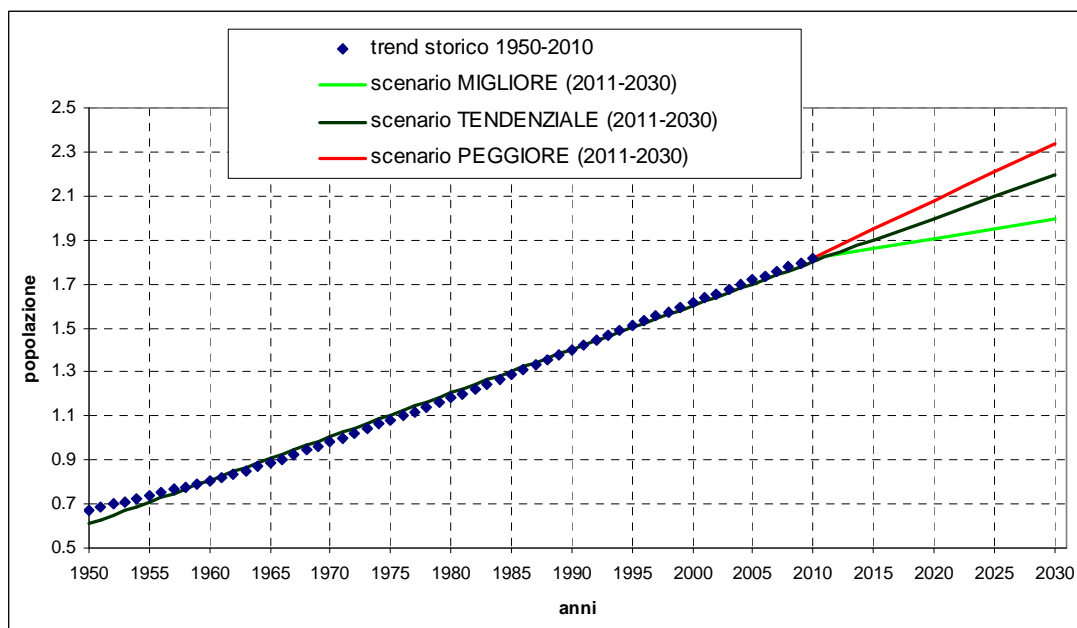


Fig. 5.7 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.1.4 PIL, Mondo

Scenario TENDENZIALE

Come valori più probabili di PIL(MER) mondiale vengono utilizzati quelli stimati nel capitolo 5.1.2, che derivano dalle stime IEA dei trend di PIL dei paesi OECD e non-OECD.

Scenario MIGLIORE

Lo scenario MIGLIORE considerare l'eventualità che i paesi OECD faticino ad uscire dalla crisi e che i paesi non-OECD ne vengano influenzati con un rallentamento del PIL. A questo scopo si ipotizza che la crescita del PIL avvenga secondo un tasso annuo medio di 1.18% analogo a quello registrato negli anni 2007-2010.

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante del PIL(MER) una funzione esponenziale in cui R^2 risulta 0.9969.

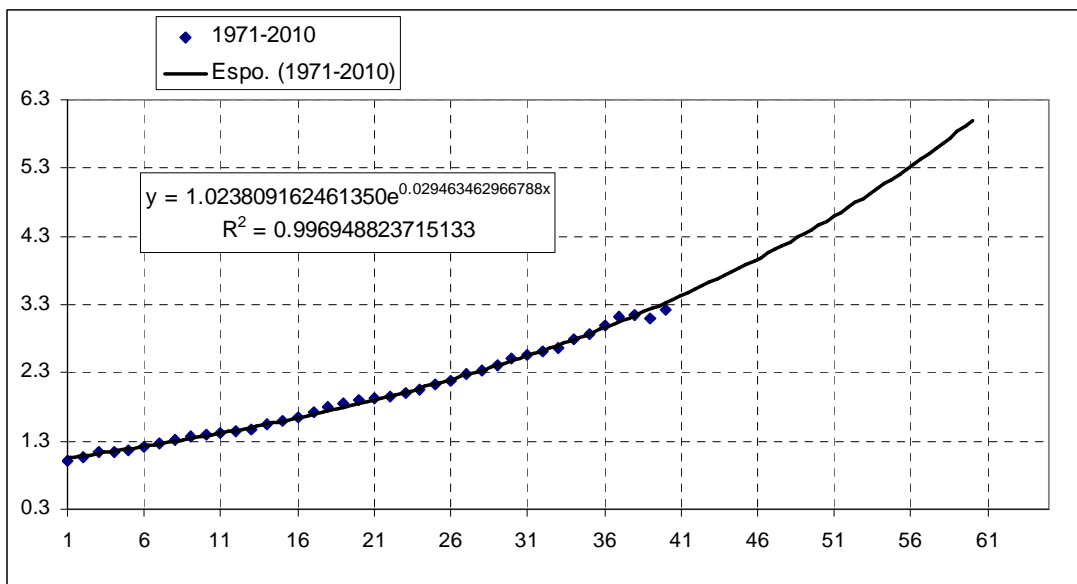


Fig. 5.8 – Mondo: regressione esponenziale trend storico PIL (1971-2010). Il PIL è espresso come PIL(MER).

Nello scenario PEGGIORE si valuta il caso in cui vengano superati i valori stimati dallo scenario TENDENZIALE, nell’eventualità in cui ci sia una ripresa dei paesi OECD dalla crisi economica più rapida e che i paesi non-OECD crescano più velocemente. Si ipotizza quindi che i dati si allinino alla curva di interpolazione esponenziale.

Tab. 5.7 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	PIL(MER) (10^9dollars)	PIL(MER) (10^9dollars)
2015	43705	49405
2020	46137	57246
2025	48568	66333
2030	51000	76861

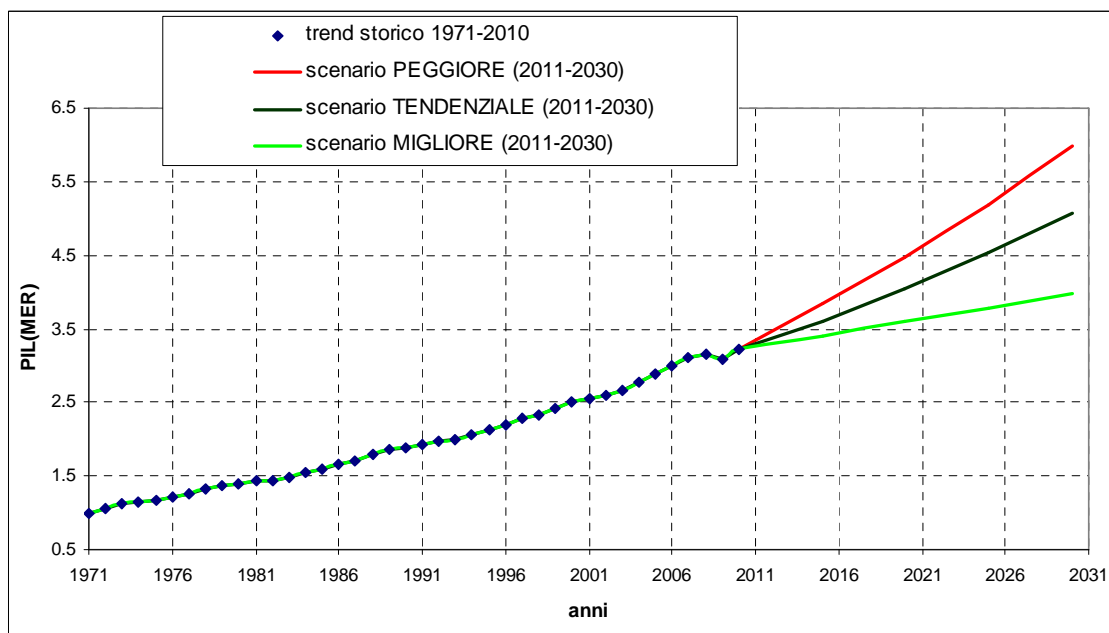


Fig. 5.9 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.1.5 PIL pro-capite, Mondo

Le proiezioni dei dati di PIL pro-capite sono stimate come rapporto tra i dati annuali di PIL e di popolazione degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.1.3 e 5.1.2), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, PEGGIORI e TENDENZIALI come descritto dalla seguente tabella.

Tab. 5.8 – Combinazione scenari

PIL	Popolazione	PIL pro-capite
MIGLIORE	MIGLIORE	MIGLIORE
PEGGIORE	PEGGIORE	PEGGIORE
TENDENZIALE	TENDENZIALE	TENDENZIALE

Tab. 5.9 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	MIGLIORE	TENDENZIALE	PEGGIORE
anni	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)
2015	6.2404	6.4490	6.7413
2020	6.4355	6.8914	7.3213
2025	6.6219	7.3686	7.9827
2030	6.8000	7.8738	8.7342

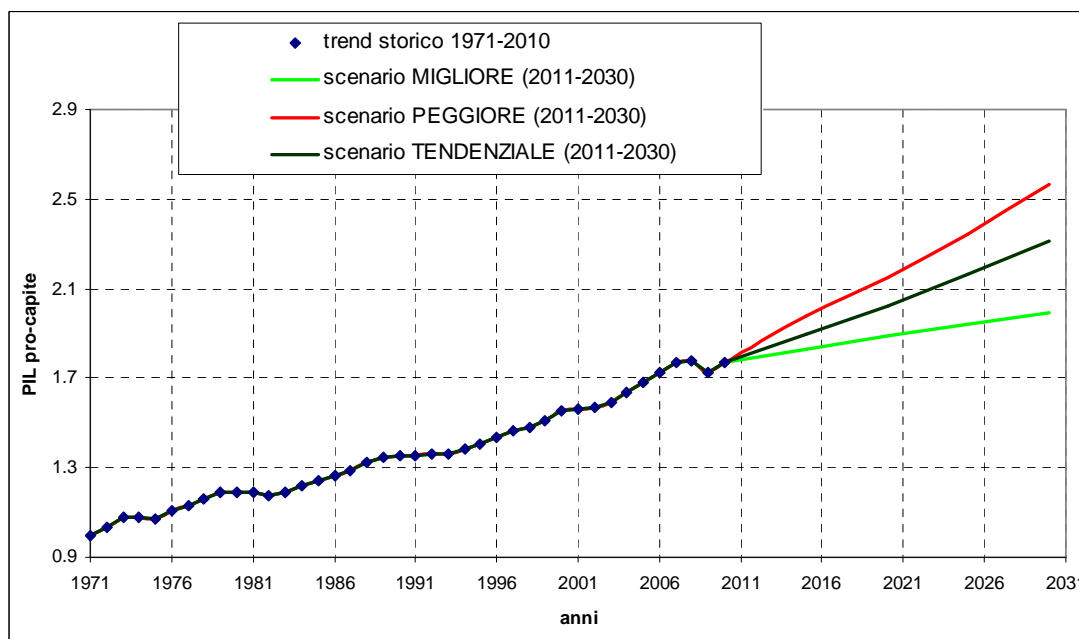


Fig. 5.10 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.1.6 Consumo di energia primaria, Mondo

Scenario TENDENZIALE

Come valori più probabili di consumo di energia primaria mondiale vengono utilizzati quelli stimati nel capitolo 5.1.1.

Scenario MIGLIORE e PEGGIORE

Le proiezioni future di consumo di energia primaria degli scenari MIGLIORE e PEGGIORE sono stimate come prodotto tra i dati di PIL (par. 5.1.3) e i dati di intensità energetica del PIL, proposti nel precedente paragrafo (par. 5.1.5), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI e PEGGIORI.

Tab. 5.10 –Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)
2015	545266	654043

2020	550596	770478
2025	553291	907397
2030	553350	1068370

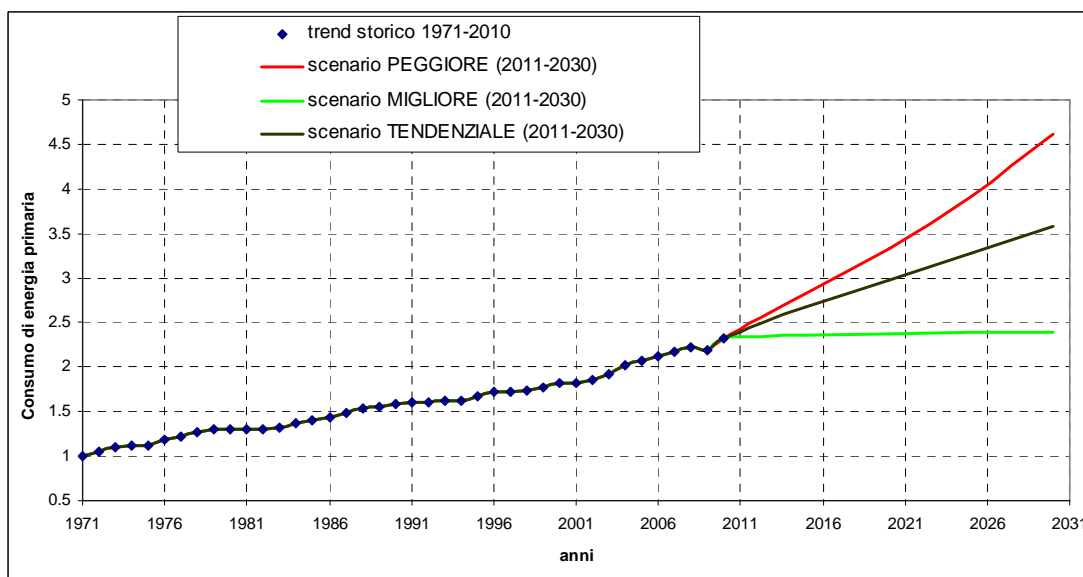


Fig. 5.11 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.1.7 Intensità carbonica dell'energia, Mondo

Il trend di intensità carbonica di energia, negli ultimi quattro decenni, è diminuito del 6% con un tasso annuale medio di crescita di -0.16%.

Nell'ultimo decennio 2000-2010 con l'ingresso sempre più imponente dei Paesi in via di sviluppo nell'economia mondiale si osserva un peggioramento dei dati di intensità carbonica delle energia, che vede un incremento delle emissioni di CO₂ su unità di energia consumata del 2%.

I paesi in via di sviluppo, essendo economie giovani faticano ad incentivare lo sviluppo di fonti di energia rinnovabile, inoltre preferiscono combustibili come il carbone, meno costosi, ma con un maggior contenuto di carbonio. Entrambi questi fattori contribuiscono al peggioramento dell'intensità carbonica dell'energia dei paesi non-OECD e di riflesso quella globale.

Scenario MIGLIORE

In questo scenario si valuta il caso in cui l'intensità carbonica dell'energia inizia già dal 2010 a diminuire, seppure il trend dell'ultimo decennio sia stato in crescita.

Si ipotizza che il trend diminuisca con un tasso annuo medio di -0.16% analogo a quello registrato dall'intero trend storico.

Scenario PEGGIORE

Per la costruzione del secondo scenario si considera come curva interpolante dei soli dati storici 1999-2010 una funzione lineare di cui R^2 risulta essere pari a 0.8148.

Della serie storica si considerano solo gli ultimi 11 anni per valutare il caso, meno probabile dei precedenti, che per i successivi 20 anni l'intensità carbonica di energia continui a crescere con una velocità costante, nell'eventualità che i paesi non-OECD continuino ad affidare il grosso della produzione energetica alle fonti fossili ed in particolare al carbone, combustibile meno "pulito".

Scenario TENDENZIALE

Questo terzo scenario tiene conto della crescita dell'ultimo decennio, ma anche del fatto che i paesi in via di sviluppo, come hanno fatto i paesi OECD, cominceranno a rivedere il loro sistema energetico passando all'uso di combustibili con un minor contenuto di carbonio e ad incentivare le fonti rinnovabili. Fino al 2015 si ipotizza che ci sia una crescita, dopo tale data che l'intensità carbonica dell'energia torni progressivamente a diminuire.

Lo scenario TENDENZIALE rappresenta il caso intermedio tra gli scenari MIGLIORE e PEGGIORE e come tale i dati di intensità carbonica dell'energia vengono stimati come media pesata tra i valori stimati (f) dai due precedenti scenari, secondo la seguente formulazione:

$$f^{TENDENZIALE} = a \cdot f^{PEGGIORE} + (1-a) \cdot f^{MIGLIORE} \quad (5.6)$$

La stima di questo scenario viene effettuata dando maggior peso al trend dello scenario PEGGIORE (vedi i valori di a in tab 5.12), in modo che il valore di intensità carbonica dell'energia risulti in linea con il prodotto tra i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (appartenenti agli scenari TENDENZIALI) stimati rispettivamente secondo le metodologie indicate nei paragrafi 5.1.11 e 5.1.12.

Tab. 5.11 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)	intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	56.6545	58.1972
2020	56.2030	58.9701
2025	55.7515	59.7429
2030	55.3000	60.5158

Tab. 5.12 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	0.45	57.3487
2020	0.40	57.3098
2025	0.35	57.1485
2030	0.30	56.8647

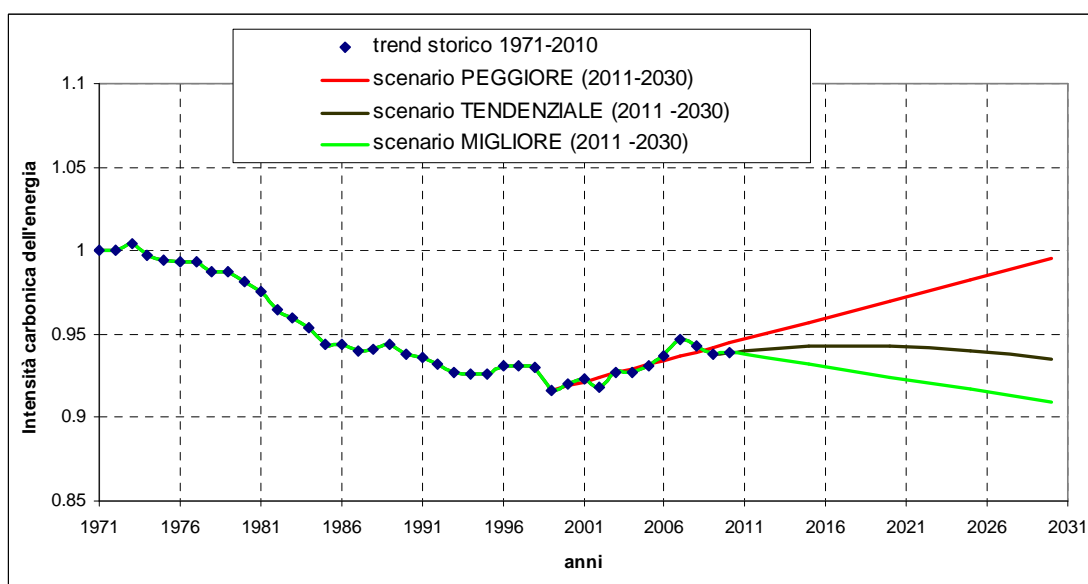


Fig. 5.12 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.1.8 Fattore di conversione energetica, Mondo

Il miglioramento nel trend del fattore di conversione energetica, avutosi negli ultimi 4 anni è da ascrivere al trend dei paesi OECD. In questi primi anni l'ingresso aggressivo dei paesi non-OECD nel sistema energetico mondiale non ha rallentato eccessivamente il suo trend, perché i consumi energetici dei paesi non-OECD sono ancora paragonabili a quelli OECD, che riescono per ora ad influenzare la dinamica mondiale. È plausibile pensare che con l'aumento dei consumi energetici dei paesi non-OECD, che sarà almeno inizialmente estremamente importante, l'influenza dei paesi sviluppati si perderà in pochi anni.

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante dell'intera serie storica una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.9854 e si ipotizza che lo scenario peggiore si allinei alla retta interpolante.

Scenario MIGLIORE

Questo scenario descrive il caso ipotetico in cui il fattore di conversione energetica mondiale diminuisca, in funzione della stabilizzazione della domanda energetica primaria ipotizzata nello scenario MIGLIORE del paragrafo 5.1.6. Si può ipotizzare che il trend segua una riduzione lineare con un tasso annuo medio di -0.2%, pari al valore registrato nel 2009.

Scenario TENDENZIALE

In questo terzo scenario si considera l'eventualità che nei primi anni sia ancora presente l'influenza dei paesi OECD, successivamente con l'aumento dei consumi energetici dei paesi non-OECD, il fattore di conversione energetica peggiori velocemente per poi trovare un rallentamento solo verso il 2030, quando il sistema energetico dei paesi emergenti sarà più stabile.

In questo terzo scenario, più probabile dei precedenti, i dati del fattore di conversione energetica sono stimati utilizzando fino al 2015 tassi di crescita come quelli dell'ultimo decennio pari ad un tasso medio annuale di 0.22%, mentre per il periodo 2015- 2030 si adotta un tasso medio annuale di circa 0.29% pari a quello dell'intero trend storico.

Tab. 5.13 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

<i>Scenario</i>	TENDENZIALE	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	fattore di conversione energetica (-)	fattore di conversione energetica (-)	fattore di conversione energetica (-)
2015	1.4712	1.4332	1.4936
2020	1.4926	1.4171	1.5153
2025	1.5139	1.4011	1.5369
2030	1.5352	1.3850	1.5586

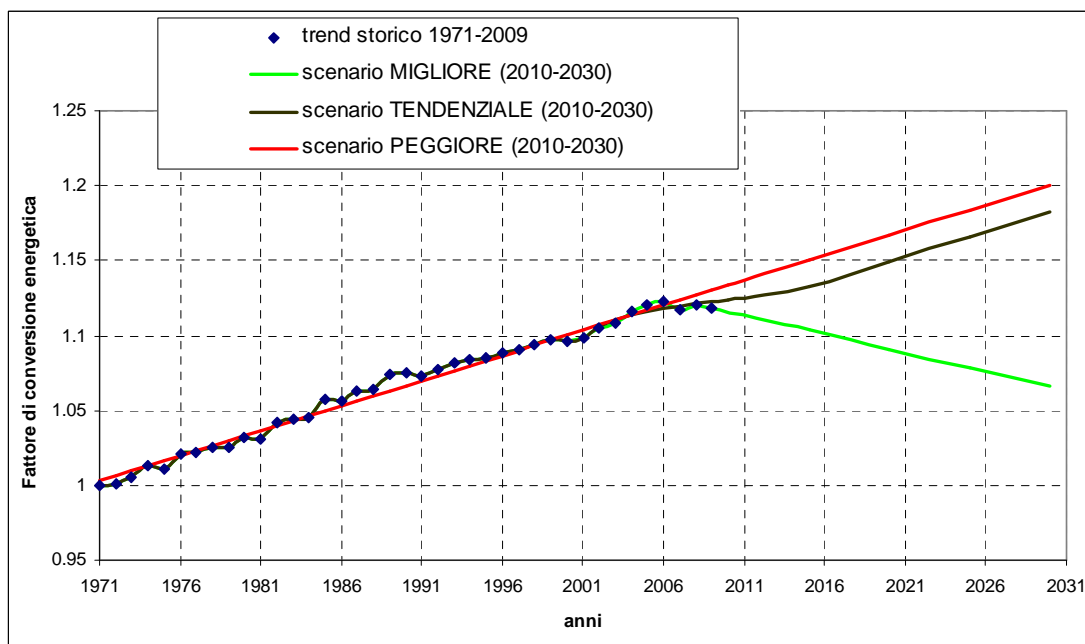


Fig. 5.13 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

Si noti che lo scenario MIGLIORE si discosta di molto dal PEGGIORE e TENDENZIALE perché contrariamente a questi e a quanto accaduto storicamente i consumi energetici primari si stabilizzeranno e conseguentemente il fattore di conversione energetica migliorerà.

5.1.9 Consumo finale di energia, Mondo

Le stime di consumo finale di energia sono stimate come rapporto tra i dati di consumo di energia primaria e del fattore di conversione energetica (rispettivamente par. 5.1.6 e 5.1.8), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Gli scenari si basano sulle stesse considerazioni viste per il consumo di energia primaria riguardo alla minore o maggiore capacità di svincolare la crescita del PIL dai consumi energetici.

Tab. 5.14 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)
2015	416916	380467	437887
2020	457934	388537	508470
2025	497796	394912	590392
2030	536551	399531	685471

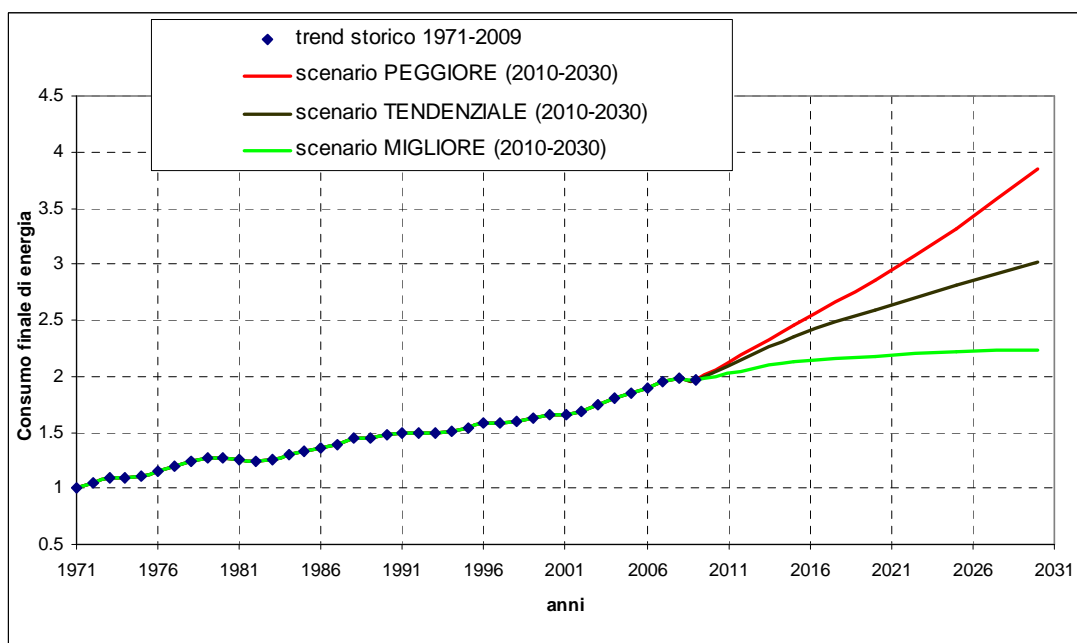


Fig. 5.14 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.1.10 Intensità energetica finale del PIL, Mondo

L'intensità energetica finale del PIL, analogamente a quanto detto nel paragrafo dedicato all'intensità energetica del PIL, presenta negli ultimi quattro decenni un trend in costante riduzione, mentre nell'ultimo decennio rallenta la sua corsa. In particolare l'intensità energetica finale del PIL(MER) è quasi stazionaria.

Scenario MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE

Le proiezioni dei dati di intensità energetica finale del PIL di questi due scenari sono stimati come rapporto tra i dati annuali di consumo finale di energia e di PIL degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.1.9 e 5.1.3), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORE, TENDENZIALE e PEGGIORE.

Tab. 5.15 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	MIGLIORE	TENDENZIALE	PEGGIORE
anni	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	8.7488	9.1196	8.8632
2020	8.4999	8.9023	8.8821
2025	8.2431	8.6176	8.9005
2030	7.9779	8.2961	8.9183

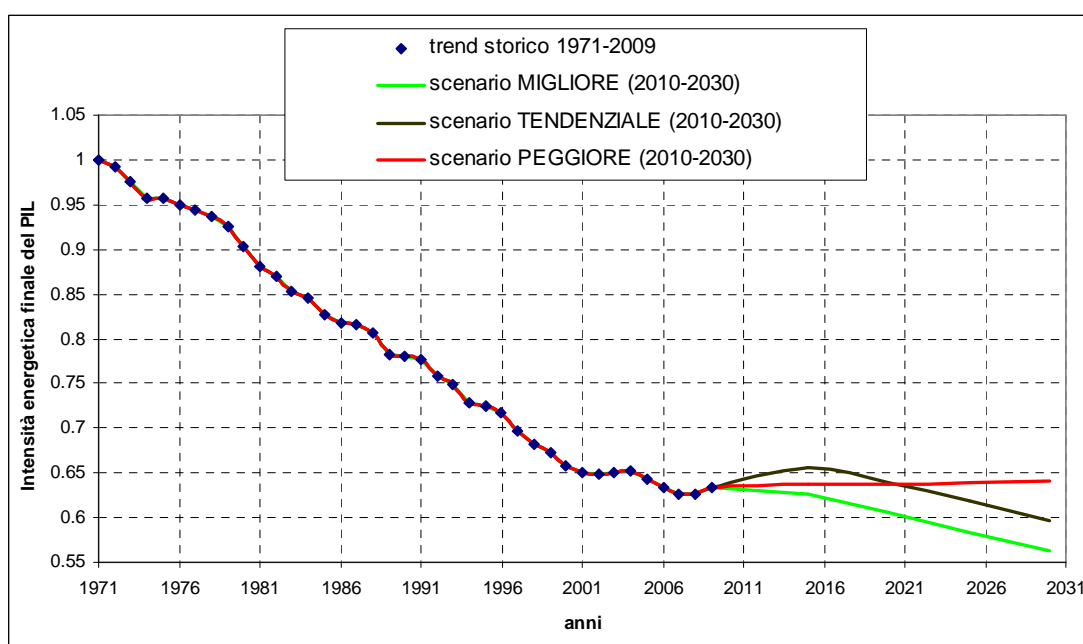


Fig. 5.15 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Si noti che fino ad oltre il 2015 lo scenario TENDENZIALE assume valori più alti, rispetto allo scenario PEGGIORE, in modo ancor più accentuato di quanto si è osservato per l'intensità energetica del PIL. Si ricorda però che lo scenario TENDENZIALE deriva da assunzioni fatte sui dati dei paesi OECD e non-OECD, mentre il PEGGIORE è stimato direttamente in funzione del trend mondiale.

5.1.11 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Mondo

Dal 1971 al 1995 il sistema energetico registra una percentuale di energia rinnovabile sempre maggiore, mentre dal 1995 su scala mondiale la composizione energetica tra uso di combustibili fossili e energia rinnovabile è peggiorata a favore di un aumento del consumo di

combustibili fossili per energia primaria del 1.1% nel periodo 1995-2010. Il dato fa trasparire quanto i paesi in via di sviluppo stiano influenzando fortemente il sistema energetico mondiale, contribuendo ad apportare un aumento dell'uso di combustibili fossili sull'energia primaria consumata, che va ad annullare gli sforzi dei paesi OECD.

Scenario MIGLIORE

Come nel paragrafo 5.1.7, inerente all'intensità carbonica di energia, si ipotizza che il trend dello scenario MIGLIORE diminuisca con un tasso annuo medio di -0.16% analogo a quello registrato dall'intero trend storico.

Scenario PEGGIORE

Per la costruzione del secondo scenario si considera come curva interpolante, dei soli dati storici 2001-2010, in cui è riconoscibile la tendenza a crescere del consumo di combustibili fossili per energia primaria, una funzione lineare con $R^2=0.5952$.

Da notare che il coefficiente di determinazione R^2 è molto basso, perché l'andamento storico è molto variabile, ma senza alcun dubbio è ben visibile l'andamento in crescita assunto nell'ultimo decennio, rallentato solo dalla crisi del 2009.

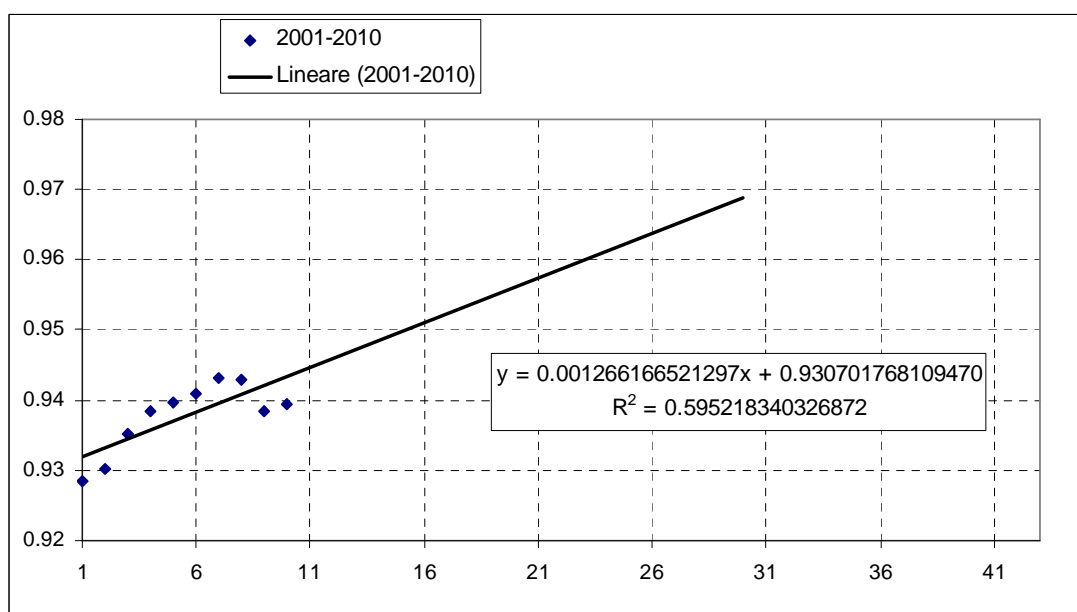


Fig. 5.16 – Mondo: regressione lineare del trend storico di intensità carbonica dell'energia (2001-2010)

Scenario TENDENZIALE

Nello scenario PEGGIORE si ipotizza che fino al 2030 il consumo di combustibili fossili per energia primaria continui a crescere, mentre è plausibile ipotizzare con la

maturazione delle economie emergenti che il consumo di combustibili fossili per energia primaria torni progressivamente a diminuire, ma con velocità minore di quanto previsto dallo scenario MIGLIORE. Si propone quindi un terzo scenario più probabile dei precedenti in cui i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria vengono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Per le precedenti motivazioni fino al 2020 si dà maggior peso allo scenario PEGGIORE poi a quello MIGLIORE.

Tab. 5.16 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.8037	0.8192
2020	0.7971	0.8246
2025	0.7906	0.8301
2030	0.7840	0.8356

Tab. 5.17 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.7	0.8145
2020	0.6	0.8136
2025	0.5	0.8103
2030	0.4	0.8046

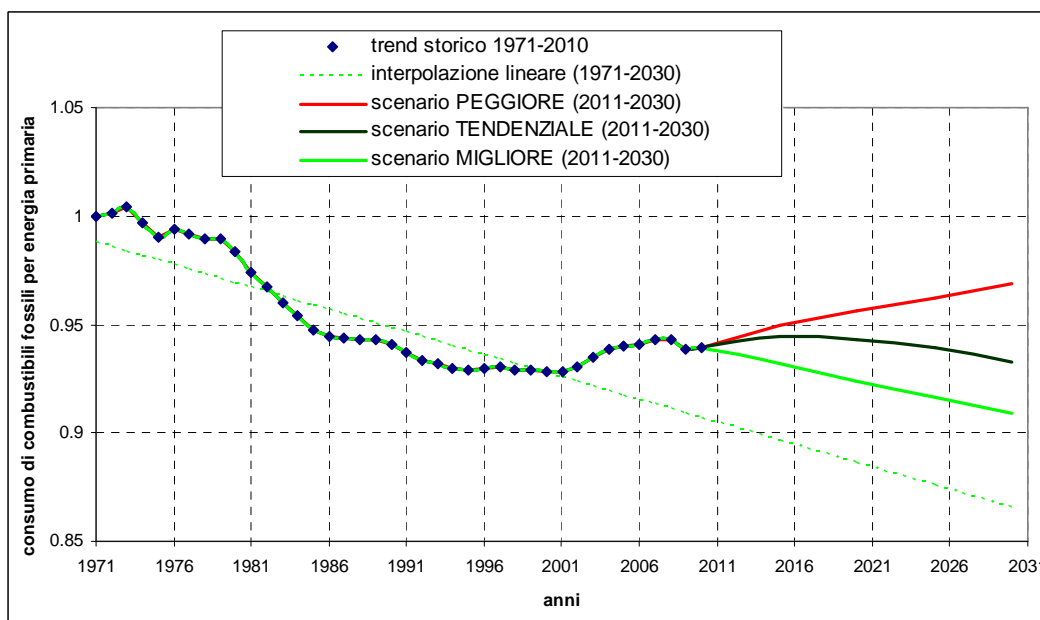


Fig. 5.17 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.1.12 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Mondo

Il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili negli ultimi 4 decenni presenta un andamento molto variabile, perché i miglioramenti o peggioramenti che si registrano sono minimi, quindi assume un peso importante l'errore derivante dal metodo di stima. In questa alta variabilità si può, comunque, distinguere un trend di stabilità fino al 1998, seguita da una forte riduzione fino al 2004. Dal 2004 al 2010 si osserva una crescita del trend a causa di un aumento dell'uso di combustibili fossili meno "puliti" da parte dei paesi non-OECD.

Scenario TENDENZIALE

Nello scenario TENDENZIALE si ipotizza che il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili assuma un valore costante per il periodo 2010-2030 pari al valore medio del trend storico, ad esclusione degli anni 1999-2005, di 70.42 g/MJ.

Scenario MIGLIORE

Lo scenario MIGLIORE valuta il caso in cui il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili diminuisca arrivando nel 2030 ad assumere un valore analogo a quello della retta interpolante, che risulta essere leggermente in riduzione con un tasso annuo medio di -0.04%.

Scenario PEGGIORE

Questo terzo scenario valuta il caso in cui il trend continui a peggiorare, raggiungendo un valore superiore al massimo storico raggiunto nel 2007 seguendo un tasso annuo medio di +0.04% in modo speculare allo scenario MIGLIORE.

Tab. 5.18 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

<i>Scenario</i>	MIGLIORE	PEGGIORE
anni	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)
2015	70.3290	70.6086
2020	70.1798	70.7391
2025	70.0306	70.8695
2030	69.8813	71.0000

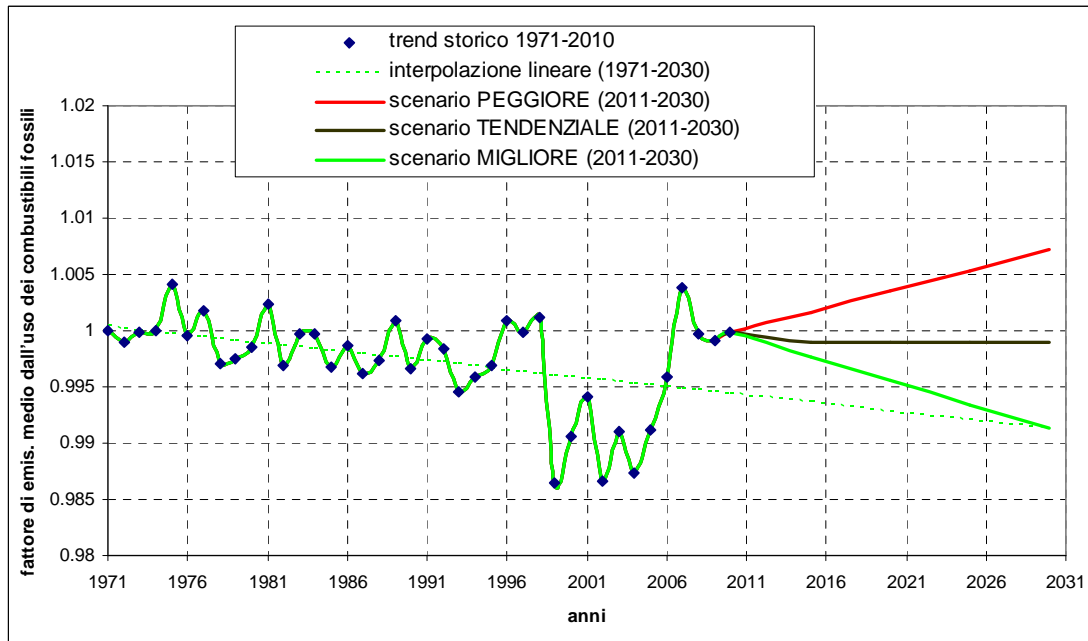


Fig. 5.18 – Mondo: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

È importante notare che le variazioni tra uno scenario e l'altro in questo trend sono minime, in linea con quanto accaduto storicamente. In questa valutazione non si include il contributo che potrebbe dare la CCS (carbon capture and storage) su scala mondiale.

5.1.13 Emissioni di CO₂, Mondo

Per stimare le emissioni di CO₂ sono usati due approcci:

- Il primo approccio si basa sulla stima dei valori futuri di emissioni di CO₂ attraverso interpolazione del trend storico (“*approccio con interpolazione*”).
- Il secondo approccio si basa sull'uso della Kaya Identity (“*approccio Kaya Identity*”), e si può effettuare in funzione della Kaya Identity a quattro (for. 2.3) o a sei parametri (for. 2.5).

Approccio con interpolazione

Si considera come curva interpolante della serie storica una funzione esponenziale in cui R^2 risulta pari a 0.9748.

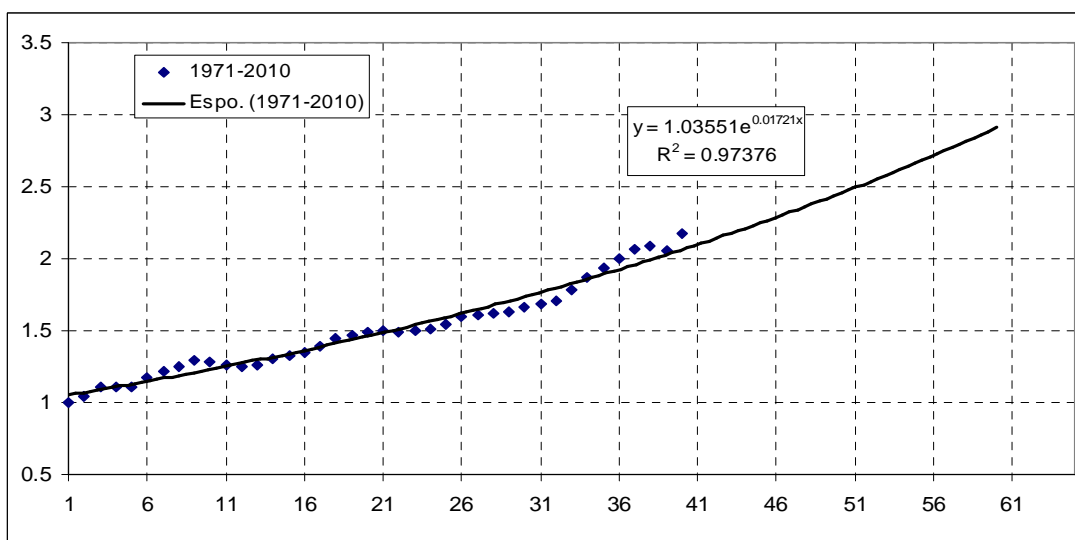


Fig. 5.19 – Mondo: regressione esponenziale del trend storico di emissioni di CO₂ (1971-2010)

In funzione delle soprastanti assunzioni statistiche si prevedono i seguenti valori:

Tab. 5.19 – Dati previsti dall’interpolazione esponenziale

anni	Emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)
2015	31646.37
2020	34490.89
2025	37591.09
2030	40969.95

Approccio Kaya Identity

Vengono proposti i tre scenari, MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE, in cui le stime delle emissioni di CO₂ sono calcolate tramite la Kaya Identity a quattro e a sei parametri applicando rispettivamente la formula 2.1 e 2.3 (proposte nel par. 2.3). Di seguito si descrivono le combinazioni adottate tra gli scenari e si riportano i risultati di emissioni di CO₂ che ne derivano per gli anni 2015, 2020, 2025 e 2030 ed i grafici contenenti sia i dati storici che i trend futuri. Si ricorda che utilizzando con coerenza il PIL espresso in MER o in PPP, sia nel parametro di PIL pro-capite che di intensità energetica del PIL (espressa sia in termini di energia primaria che finale), le stime di CO₂ che ne deriverebbero sarebbero le medesime. Di seguito i dati di PIL sono espressi quindi solo in termini di MER.

– “Approccio Kaya Identity” a 4 parametri

I valori di emissioni di CO₂ per gli scenari MIGLIORE, TENDENZIALE, e PEGGIORE sono stimati come prodotto dei dati di popolazione, PIL pro-capite, intensità energetica del PIL e intensità carbonica dell’energia rispettivamente dei tre scenari.

Tab. 5.20 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 4 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)
2015	30892	38063	35176
2020	30945	45435	39171
2025	30847	54211	43068
2030	30600	64653	46841

– “Approccio Kaya Identity” a 6 parametri

I valori di emissioni di CO₂ per gli scenari MIGLIORE, TENDENZIALE, e PEGGIORE sono stimati come prodotto dei dati di popolazione, PIL pro-capite, intensità energetica finale del PIL, fattore di conversione energetica, consumo di combustibili fossili per energia primaria e fattore di emissione medio dall’uso dei combustibili fossili.

Tab. 5.21 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 6 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)
2015	30820	37831	35183
2020	30802	44946	39162
2025	30632	53382	43004
2030	30316	63382	46674

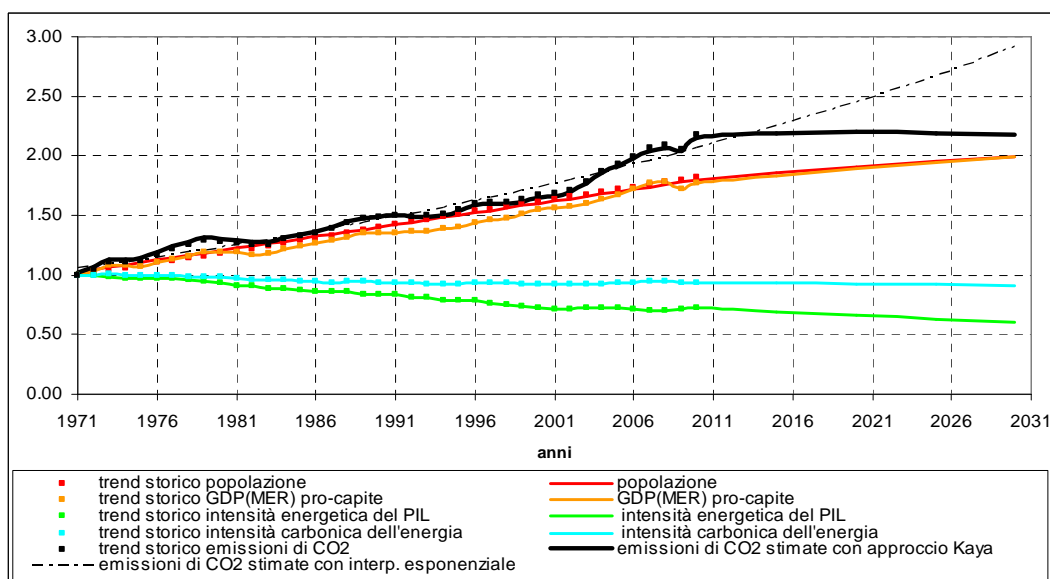


Fig. 5.20 – Mondo: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

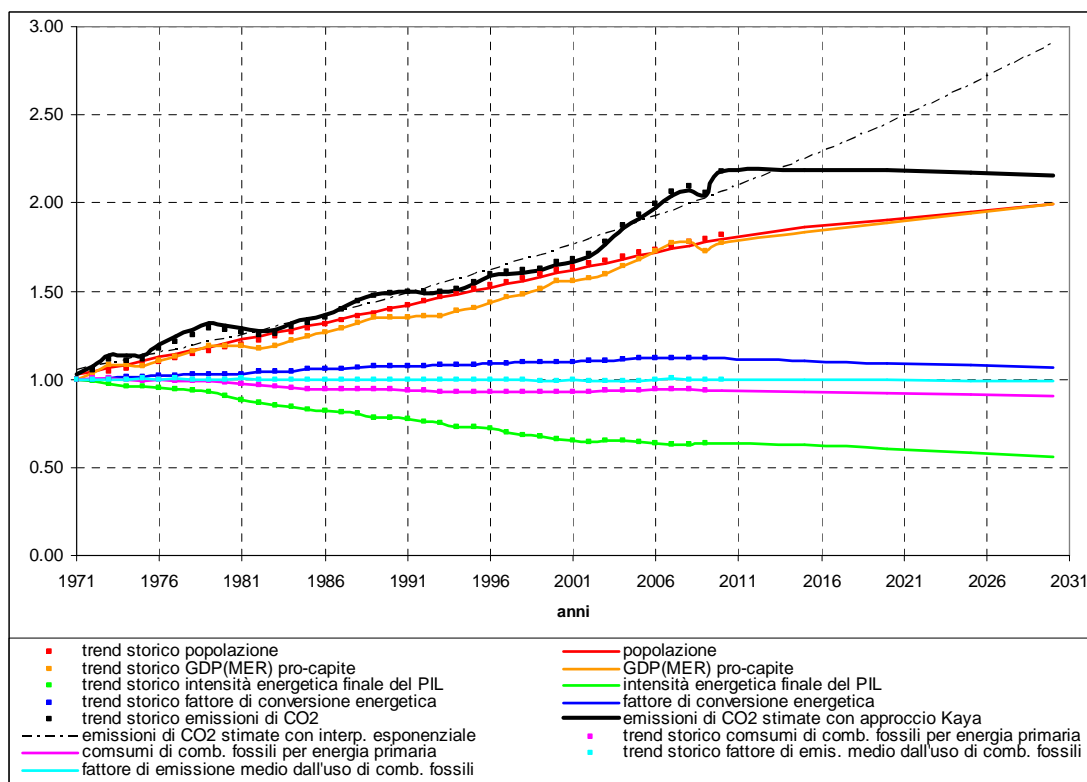


Fig. 5.21 – Mondo: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Lo scenario MIGLIORE ha una probabilità minore del TENDENZIALE di verificarsi e, per i motivi che seguono, assume soprattutto nei primi anni valori che probabilmente sono sottostimati:

- ipotizza un rallentamento nella crescita del PIL mondiale con tassi annui medi di variazione del 1.2% nei prossimi 20 anni, contrariamente a quanto si registra nell'ultimo decennio in cui i tassi sono stati mediamente del 3%.
- si considera il caso in cui l'intensità energetica del PIL, e l'intensità energetica finale del PIL rispettivamente con l'approccio Kaya Identity a 4 e a 6 parametri, nei prossimi anni subiscano una forte riduzione, piuttosto che, come sta accadendo nell'ultimo decennio, un rallentamento del trend che probabilmente proseguirà per alcuni anni. Il trend di intensità energetica in funzione dell'andamento del PIL proposto è possibile solo tramite una stabilizzazione dei consumi energetici, condizione non realizzabile, soprattutto nei primi anni di piena crescita dei paesi non-OECD.
- questo scenario non considera, che nell'ultimo decennio con l'ingresso sempre più imponente dei Paesi in via di sviluppo nell'economia mondiale, i drivers di intensità carbonica dell'energia, del consumo di combustibili fossili per energia primaria e del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili stiano subendo un forte

peggioramento. Mentre propone dei trend che già a partire dai primi anni decrescono con velocità che va progressivamente ad aumentare.

Il risultato di questo scenario è un trend di emissioni che ferma la sua crescita, si stabilizza per i primi 10 anni e poi inizia a decrescere. Come vedremo nel cap. 6, raggiunge valori nel 2030 che sono prossimi, seppure ancora alti, a quelli necessari per raggiungere l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali, ma lo fa tramite andamenti molto dubbi e troppo ottimistici per alcuni parametri (in particolare per l'intensità energetica del PIL) e troppo pessimistici per altri (in particolare per il consumo di combustibili fossili per energia primaria).

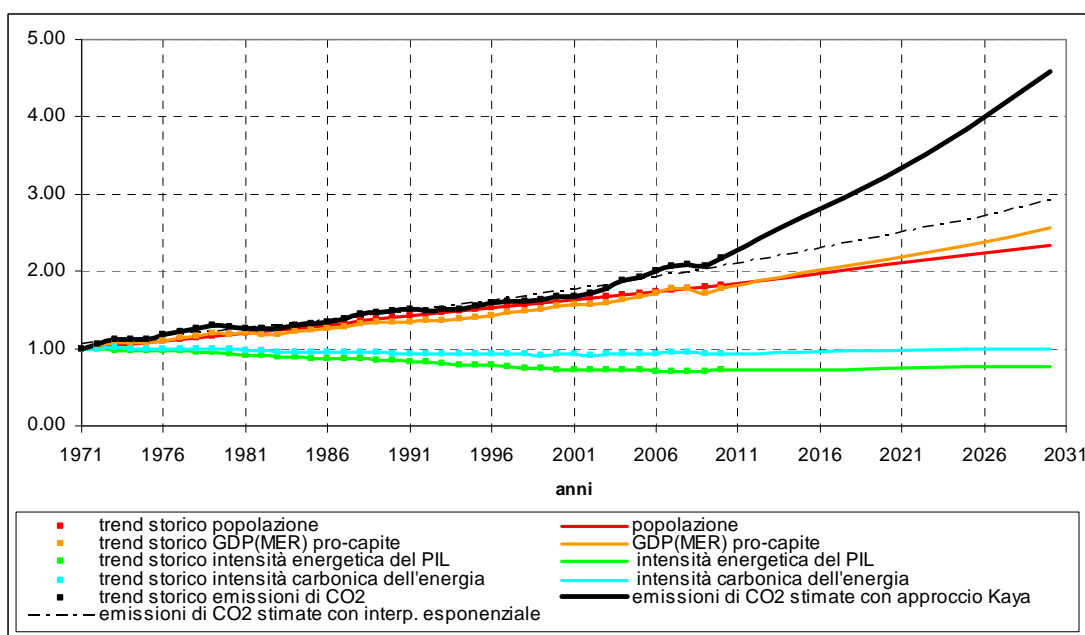


Fig. 5.22 – Mondo: scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

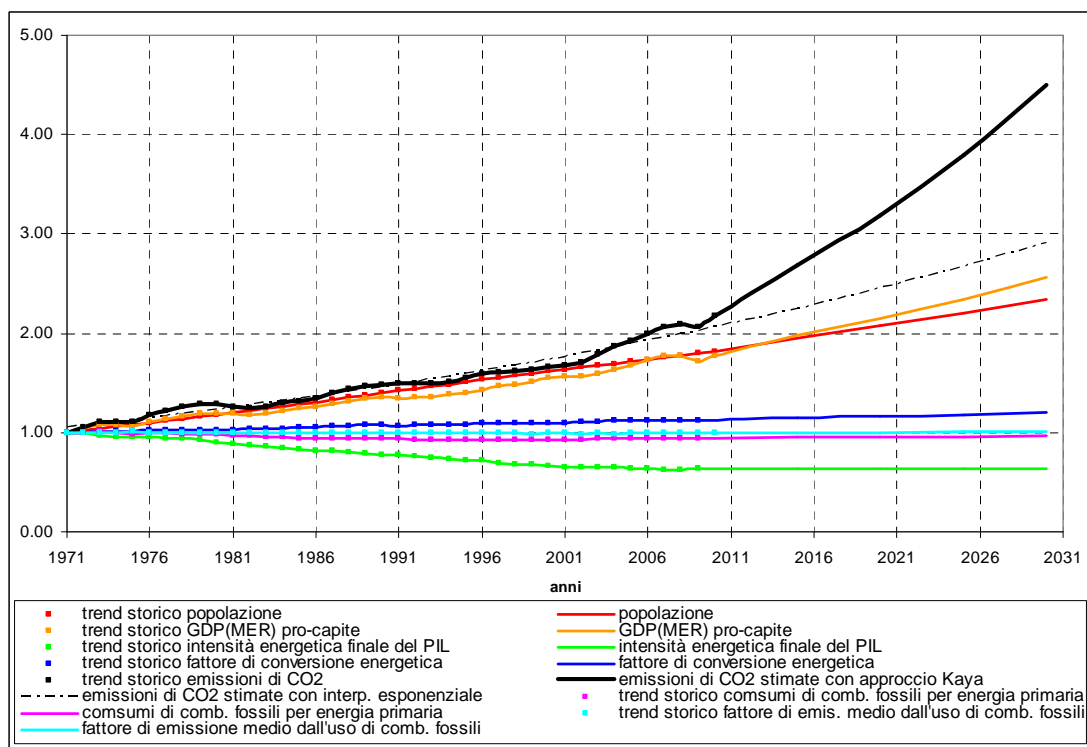


Fig. 5.23 – Mondo: scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Lo scenario PEGGIORE, anch'esso lontano da quanto propone lo scenario più probabile, presenta le seguente assunzioni:

- ipotizza un aumento esponenziale del PIL, ma ciò è reso poco plausibile sia dall'attuale rallentamento dovuto alla crisi dei paesi OECD, sia dal progressivo rallentamento nella crescita dei paesi non-OECD che dovrebbero raggiungere una maggior stabilità economica.
- descrive l'intensità energetica del PIL e l'intensità energetica finale del PIL rispettivamente con l'approccio Kaya Identity a 4 e a 6 parametri con un trend in aumento, mentre è credibile ipotizzare che con la ripresa dalla crisi il trend torni progressivamente a decrescere seppur molto lentamente. Con il raggiungimento di un maggior equilibrio nella distribuzione del PIL tra paesi OECD e non OECD e con lo svilupparsi nei paesi emergenti di settori che necessitano meno di energia, l'intensità energetica del PIL tornerà con alta probabilità a diminuire con tassi di riduzione paragonabili a quelli registrati storicamente fino all'anno 2000.
- descrive l'andamento dell'intensità carbonica dell'energia con l'approccio Kaya Identity a 4 parametri e del consumo di combustibili fossili per energia primaria e del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili con l'approccio Kaya Identity a 6 parametri si ipotizza che per i successivi 20 anni i trend di questi parametri continuino

- a crescere, mentre si può ipotizzare che con la maturazione delle economie emergenti l'intensità carbonica dell'energia torni progressivamente a diminuire;
- con l'approccio Kaya Identity a 6 parametri considera un trend del fattore di conversione energetica in continua crescita, che non tiene conto del rallentamento avutosi negli ultimi 4 anni, da ascrivere all'impegno di molti paesi OECD nel ridurre i consumi energetici e nel migliorare l'efficienza.

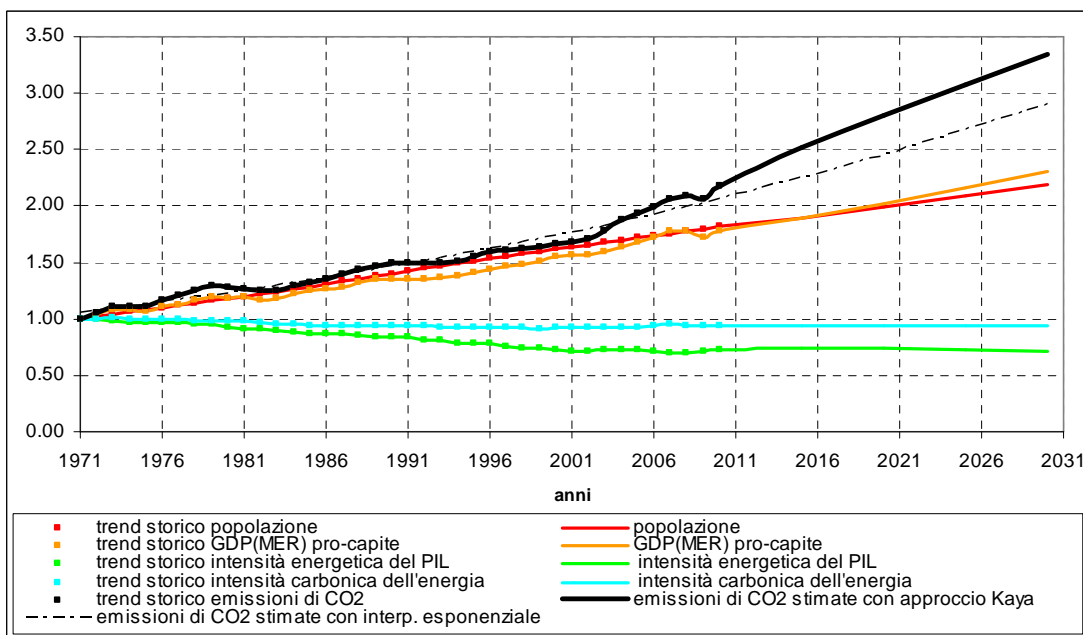


Fig. 5.24 – Mondo: scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

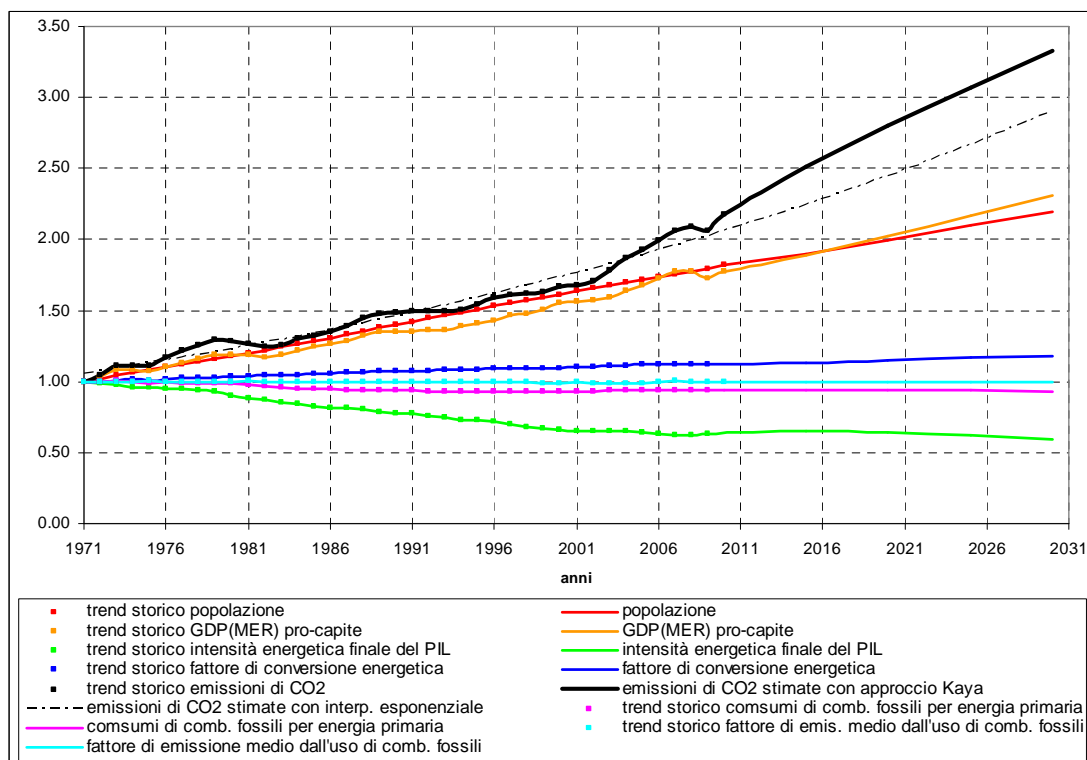


Fig. 5.25 – Mondo: scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Lo scenario TENDENZIALE stima che nel 2030 si raggiunga un valore di emissioni pari a 46742 Mton di CO₂, calcolato come media delle stime proposte tramite l’approccio Kaya Identity a 4 e a 6 parametri, che fa registrare nel periodo 2009-2030 un incremento del 62%.

La stima proposta da questo scenario è più alta di quanto prospettato nel rapporto BP ed IEA, secondo cui nel 2030 si raggiungerà un valore di circa 40000 Mton di CO₂. Lo scenario TENDENZIALE si differenzia dalle attuali proiezioni proposte nel “BP energy outlook 2030”(BP, 2012) (analoghe a quelle dell’ “Energy outlook”(IEA-b, 2011)), perché nel modellizzare il trend di intensità energetica del PIL, tale rapporto da minor peso al rallentamento che si sta registrando nell’ultimo decennio, analogamente a quanto proposto nella presente tesi nello scenario MIGLIORE di intensità energetica del PIL.

Nello scenario TENDENZIALE si considera quindi il rallentamento di intensità energetica del PIL, soprattutto fino al 2020, ricordando che il fenomeno deriva dalla dissociazione tra i paesi possessori della fetta più grande di PIL (paesi OECD) e i paesi che consumano la maggior quantità di energia (paesi non-OECD).

La stima di emissioni proposta nello scenario TENDENZIALE si avvicina maggiormente alla stima di 47703 Mton di CO₂ derivanti dalla combustione di combustibili fossili, proposta dal progetto RECIPE-the economics of decarbonization (CMCC et al., 2009), applicando il modello energetico-economico WITCH (Bosetti et al., 2006; 2007).

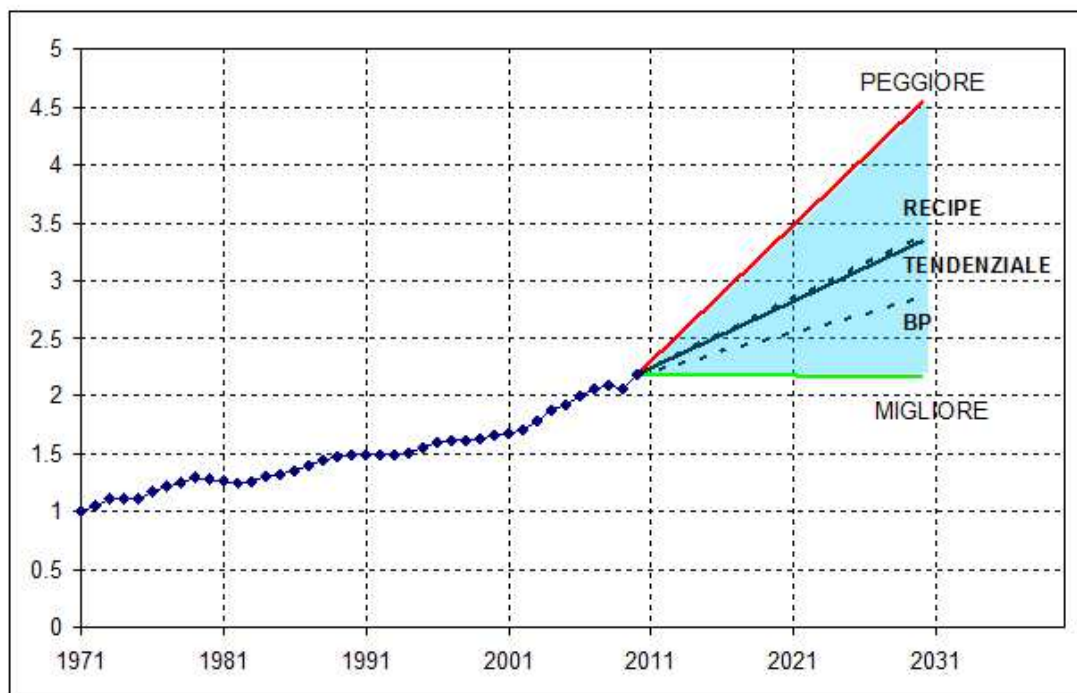


Fig. 5.26 – Mondo: scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE confrontato con le stime del progetto RECIPE(CMCC et al., 2009) e del BP energy outlook 2030”(BP, 2012). I dati sono normalizzati al 1971.

5.2 SCENARIO EUROPEO

Nel paragrafo dedicato all’analisi europea i trend storici utilizzati per stimare le proiezioni future coprono il periodo 1971-2009. Fanno eccezione i dati che riguardano le emissioni di CO₂, il consumo di energia primaria e l’intensità carbonica dell’energia che vanno dal 1971 al 2010.

5.2.1 Metodologia, Europa

Su scala mondiale si utilizza una diversa metodologia per lo scenario TENDENZIALE e i due scenari più estremi. Per l’Europa, invece, si adotta la medesima metodologia per tutti e tre gli scenari e viene di seguito riassunta in fig. 5.27 evidenziando in grassetto in termini della Kaya Identity a 4 e a 6 parametri e di questi in azzurro quelli su cui si stabiliscono le assunzioni, mentre in bianco quelli derivati..

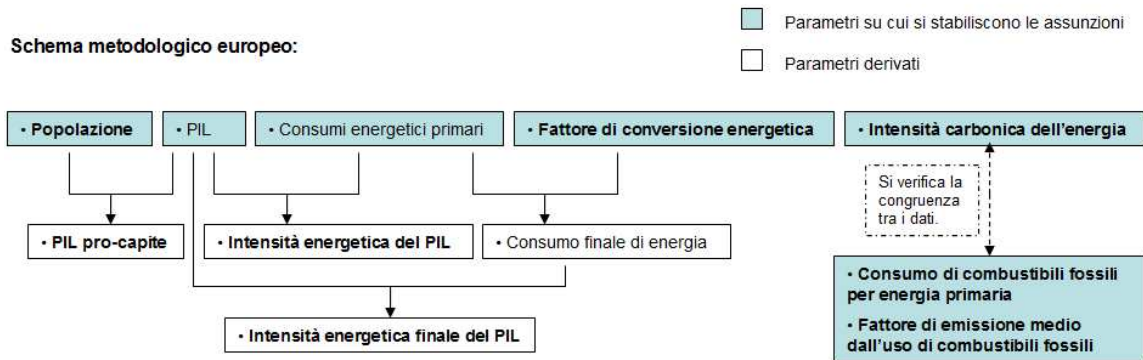


Fig. 5.27 – Europa: Schema metodologico per stimare i parametri della Kaya Identity.

5.2.2 Popolazione, Europa

Scenario PEGGIORE

Si ipotizza che lo scenario PEGGIORE segua la retta interpolante. Si considera come curva interpolante una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.9869.

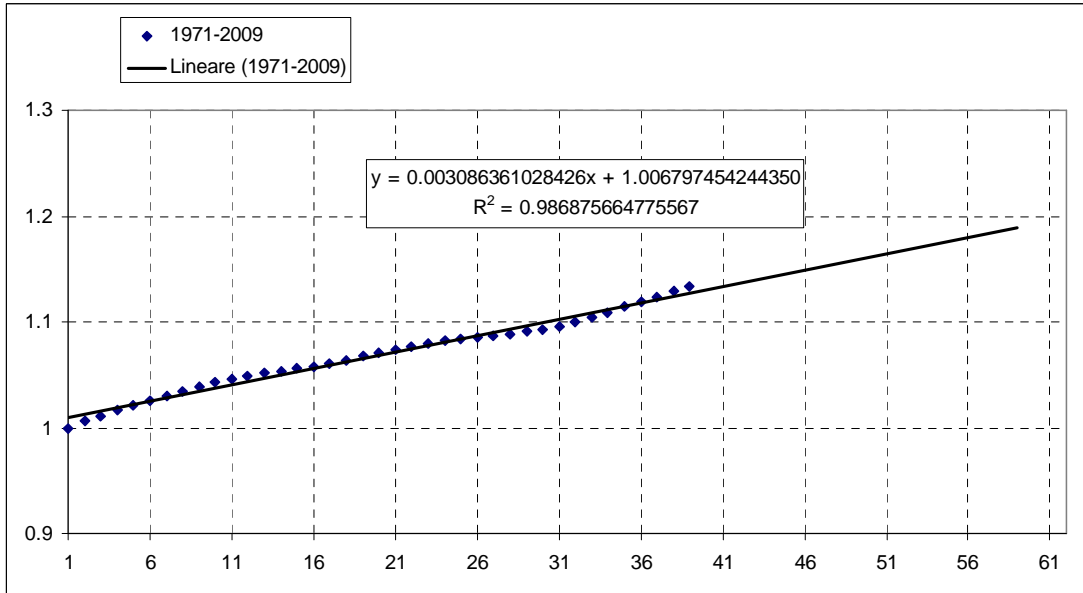


Fig. 5.28 – Europa: regressione lineare trend storico popolazione (1971-2009)

Scenario TENDENZIALE

Secondo le proiezioni del rapporto “EU energy trends to 2030” (Commissione Europea, 2009), la popolazione europea raggiungerà circa i 520 milioni nel 2030, con un tasso annuo medio di circa +0.2%, valore più basso di quanto stimato dallo scenario PEGGIORE. Nel rapporto della Commissione Europea si ipotizza che dopo il 2010 il tasso di crescita diminuisca progressivamente, perché si suppone che, in particolare nel decennio 2020-2030, la percentuale di immigrazione verso l’Europa sarà più bassa rispetto a quella di oggi.

Scenario MIGLIORE

Si ipotizza un terzo scenario in cui la popolazione cresca con un tasso annuo medio del 25% inferiore rispetto a quello dello scenario TENDENZIALE, pari a 0.15%.

Tab. 5.22 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	TENDENZIALE	MIGLIORE
anni	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)
2015	505.99	505.99	504.83
2020	512.81	511.78	508.56
2025	519.63	517.03	512.28
2030	526.44	520.65	516.00

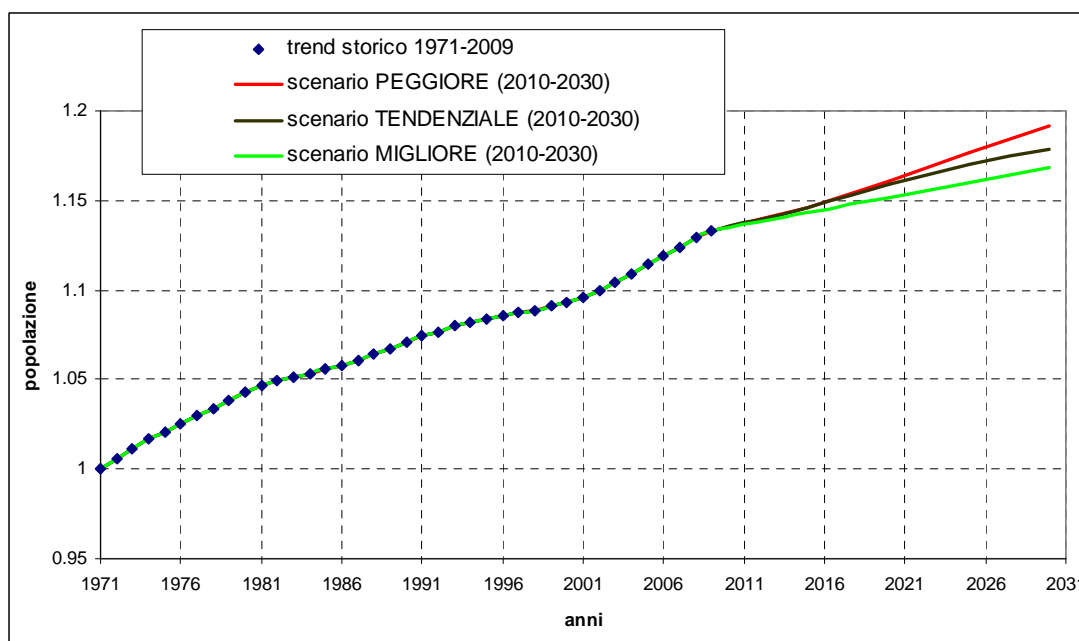


Fig. 5.29 – Europa scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.3 PIL, Europa

Scenario TENDENZIALE

Si ipotizza che lo scenario TENDENZIALE segua la retta interpolante. Si considera come curva interpolante del PIL(MER) una funzione lineare in cui R^2 risulta 0.9860.

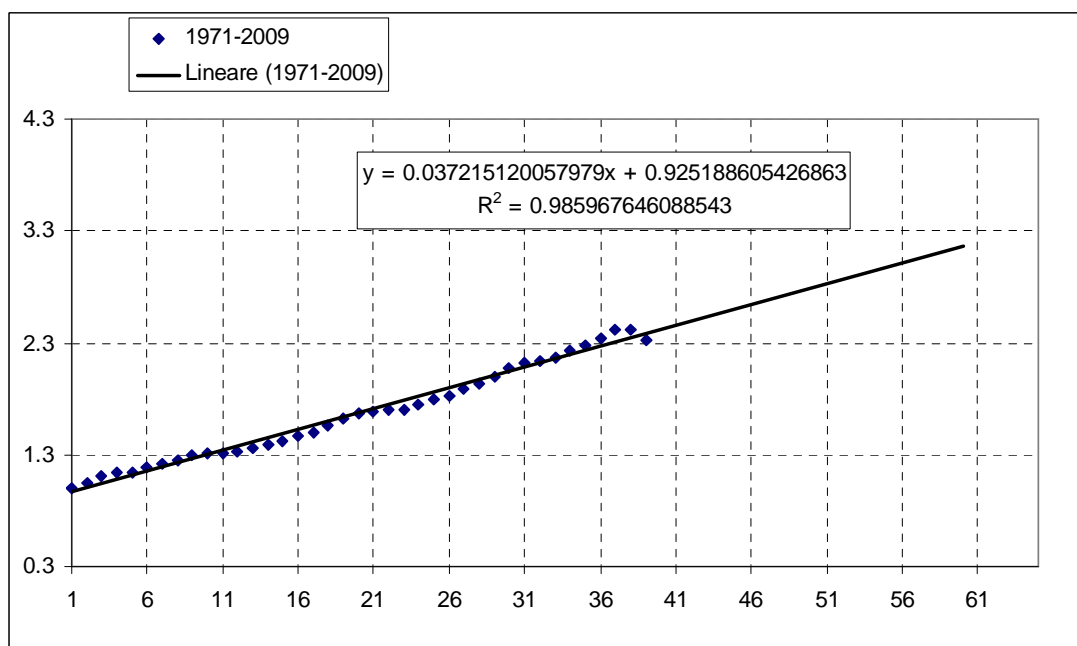


Fig. 5.30 – Europa: regressione lineare trend storico PIL (1971-2009). Sopra il PIL è espresso in termini di MER.

Scenario PEGGIORE

Il rapporto “EU energy trends to 2030” (Commissione Europea, 2009), sostiene che la ripresa economica riporti i tassi di crescita nel periodo 2013-2015 a valori superiori al 2% e che nel periodo 2010-2020 si registrino tassi medi annui del 2.2 per poi scendere ad 1.7 nel decennio 2020-2030. Per l’attuale difficoltà europea nell’uscire dalla crisi, si valuta che questi tassi di crescita siano sovrastimati e che quindi rientrino in uno scenario PEGGIORE e non nel più probabile.

Scenario MIGLIORE

Per l’attuale difficoltà ad uscire dalla crisi, confermata dalle previsioni della Commissione Economica Europea secondo cui l’EU 27 ha registrato nel 2012 un tasso annuo nullo (Commissione Europea, 2012), si ipotizza un terzo scenario in cui l’economia europea

segua un tasso annuo di crescita molto basso e pari all'1%, contro 1.7% dello scenario TENDENZIALE.

Tab. 5.23 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	PIL(MER) (10^9dollars)	PIL(MER) (10^9dollars)	PIL(MER) (10^9dollars)
2015	10628	10735	10058
2020	11389	11731	10538
2025	12150	12879	11019
2030	12910	13943	11500

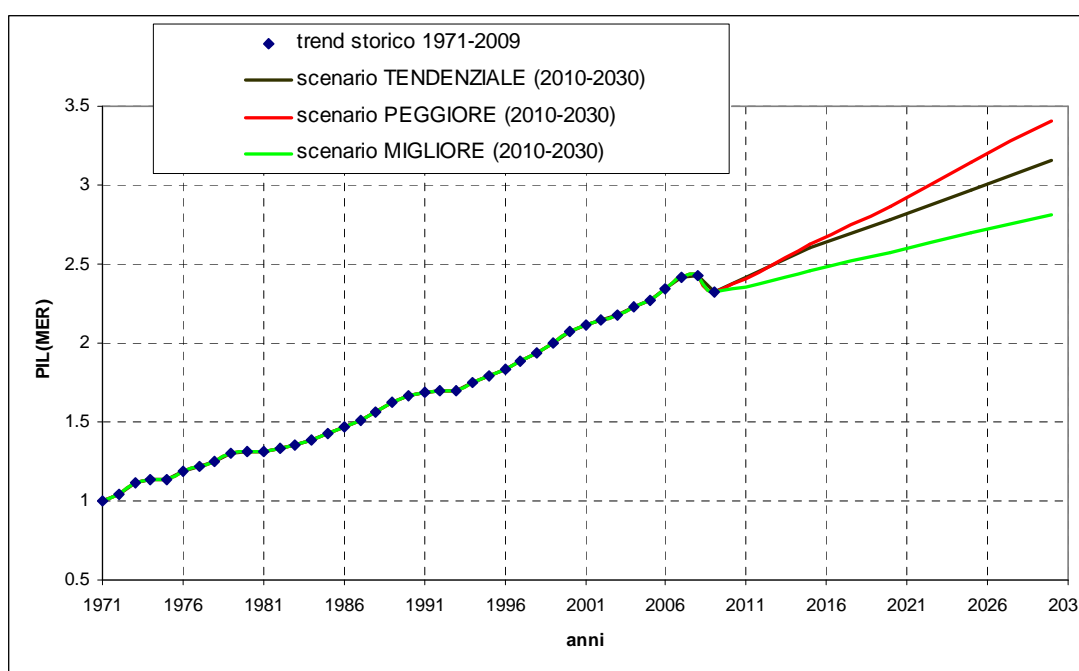


Fig. 5.31 Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.2.4 PIL pro-capite, Europa

Le proiezioni dei dati di PIL pro-capite sono stimate come rapporto tra i dati annuali di PIL e di popolazione degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.2.2 e 5.2.1), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.24 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)
2015	21.0050	21.2150	19.9239
2020	22.2537	22.8754	20.7231
2025	23.4993	24.7847	21.5106
2030	24.7968	26.4860	22.2868

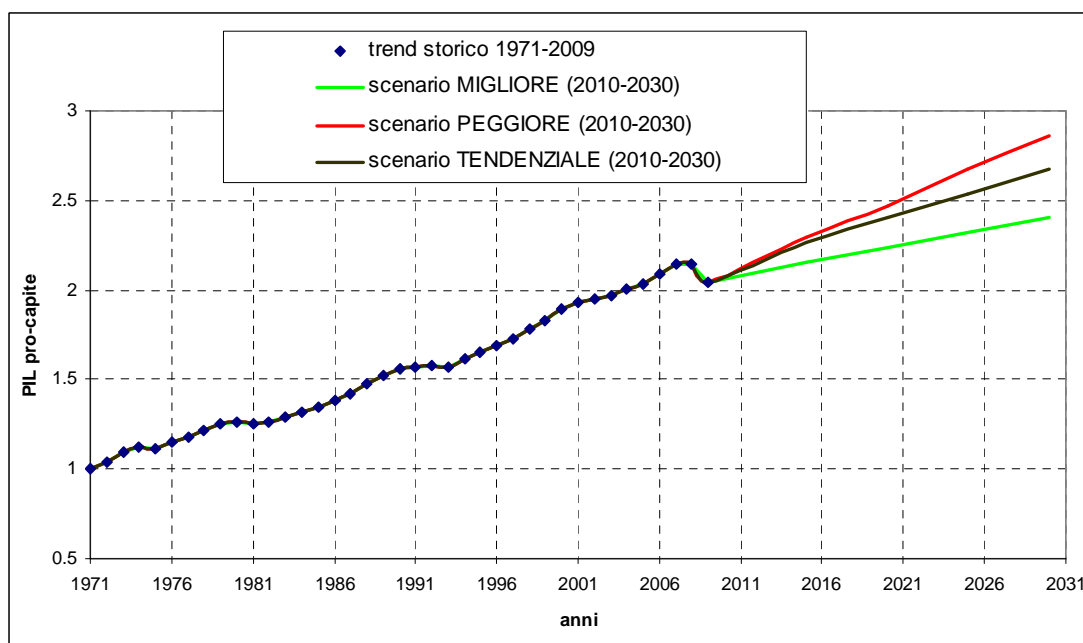


Fig. 5.32 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra il PIL è espresso come PIL(MER) sotto come PIL(PPP).

5.2.5 Consumo di energia primaria, Europa

Scenario TENDENZIALE

Analogamente a quanto pubblicato nel rapporto “EU energy trends to 2030” (Commissione Europea, 2009) dopo il 2020 si ipotizza una lenta riduzione della domanda di energia primaria, dovuta ai miglioramenti, che si suppone ci siano, di efficienza energetica e nella capacità di svincolare la crescita del PIL dai consumi energetici.

Nella stima dei dati di consumo di energia primaria si adottano i tassi indicati dal rapporto suddetto: nel periodo 2010-2020 il tasso annuo medio sarà pari a 0.3%, mentre nel successivo decennio di -0.1%.

Scenario PEGGIORE

Si ipotizza che lo scenario PEGGIORE segua la retta interpolante. Si considera come curva interpolante una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.8412.

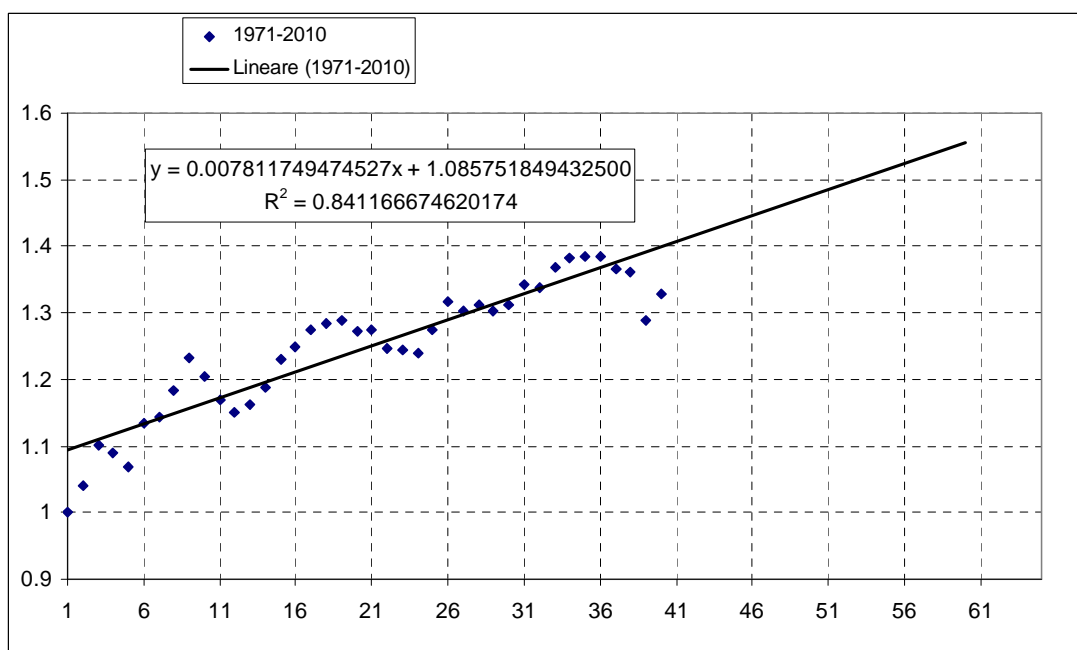


Fig. 5.33 – Europa: regressione lineare trend storico popolazione (1971-2010)

Questo secondo scenario vuole sottolineare il fenomeno della delocalizzazione, che, come abbiamo visto in fase di analisi, influenza fortemente il trend di consumo di energia primaria dell'ultimo decennio. Il costo della manodopera nei paesi emergenti aumenterà progressivamente disincentivando progressivamente le imprese europee a delocalizzare le loro industrie in questi paesi, conseguentemente si verificherà un ritorno in loco di alcune attività produttive, che freneranno la riduzione della domanda di energia primaria. Inoltre si ipotizza che la capacità di svincolare la crescita del PIL dal consumo energetico diventi sempre più difficile e che quindi anche negli anni successivi al 2020 sarà difficile mantenere il PIL in crescita senza che parallelamente crescano i consumi energetici.

Scenario MIGLIORE

In questo scenario si considera che i consumi energetici primari diminuiscano già a partire dal 2010 con un tasso annuo medio di -0.8% analogo a quello registrato negli anni 2005-2010.

Tab. 5.25 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)
2015	73000	77366	68674
2020	73800	79469	65782
2025	73500	81571	62891
2030	73100	83674	60000

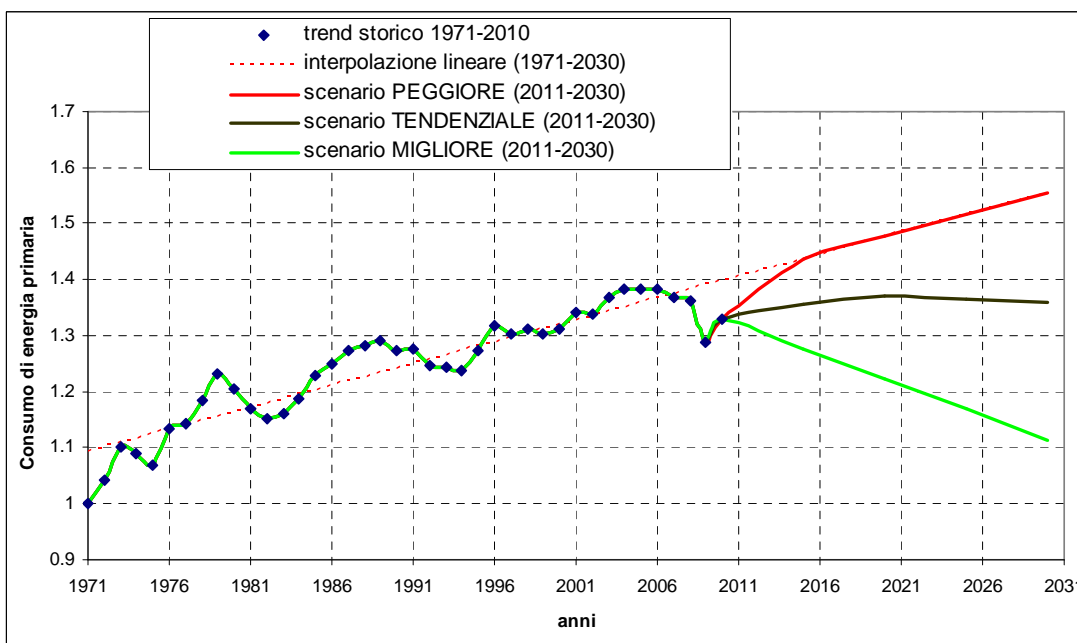


Fig. 5.34 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.6 Intensità energetica del PIL, Europa

Scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE

Le proiezioni dei dati di intensità energetica del PIL sono stati stimati come rapporto tra i dati annuali di consumo di energia primaria e di PIL degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.2.4 e 5.2.2), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.26 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	6.8684	7.2071	6.8276
2020	6.4799	6.7744	6.2419
2025	6.0495	6.3338	5.7073
2030	5.6621	6.0010	5.2174

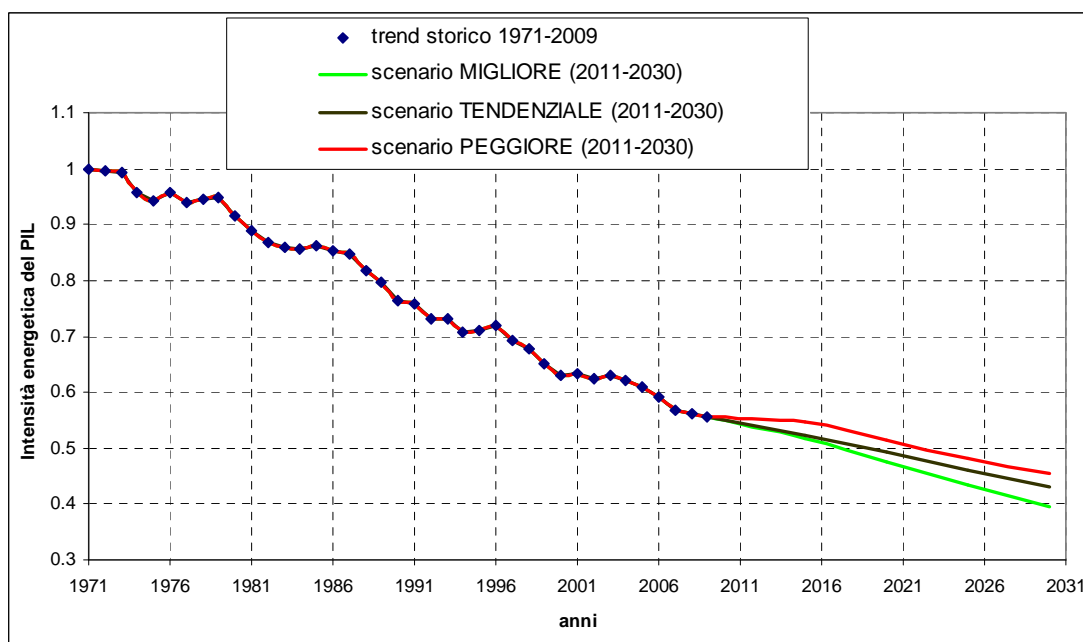


Fig. 5.35 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.2.7 Intensità carbonica dell'energia, Europa

Scenario TENDENZIALE

Si ipotizza che lo scenario TENDENZIALE segua la retta interpolante. Si considera come curva interpolante dell'intera serie storica una funzione lineare con $R^2=0.9687$.

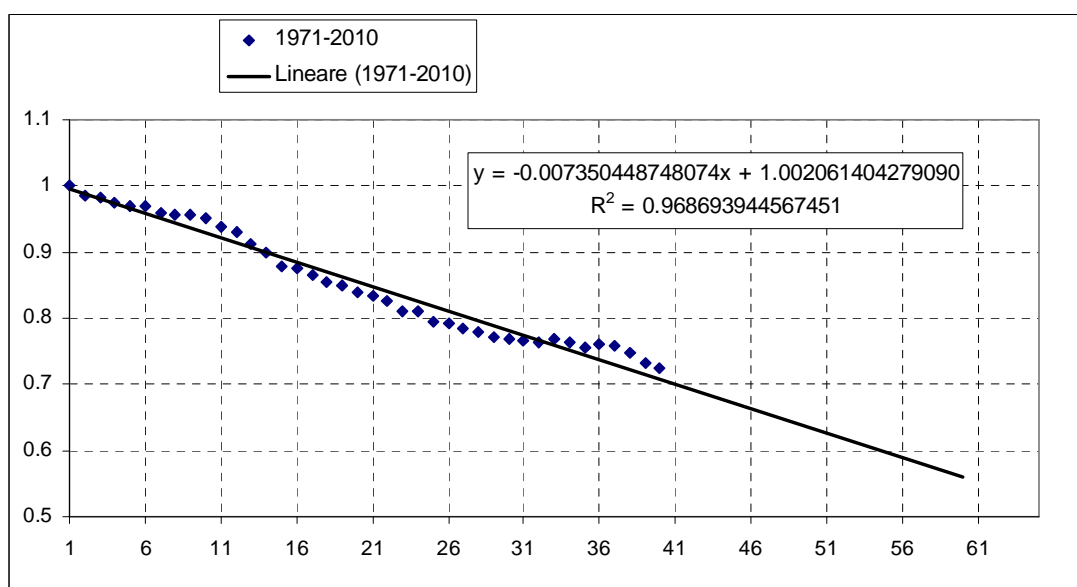


Fig. 5.36 – Europa: regressione lineare del trend storico di intensità carbonica dell'energia (1971-2010)

Si verifica che il valore di intensità carbonica dell'energia risulti in linea con il prodotto tra i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (appartenenti agli scenari MIGLIORI) stimati rispettivamente secondo le metodologie indicate nei paragrafi 5.2.10 e 5.2.11.

Scenario MIGLIORE

Si valuta il caso in cui il trend futuro segua un tasso annuo di -1.6% pari a quello degli anni 2007-2010, di forte riduzione.

Scenario PEGGIORE

Si valuta il caso in cui il trend futuro segua un tasso annuo di -0.2% pari a quello degli anni 2000-2007, periodo precedente alla crisi nel quale i miglioramenti in termini di intensità carbonica dell'energia sono stati minimi.

Tab. 5.27 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	47.3664	50.4164	46.9914
2020	44.7731	49.7776	42.9276
2025	42.1799	49.1388	38.8638
2030	39.5867	48.5000	34.8000

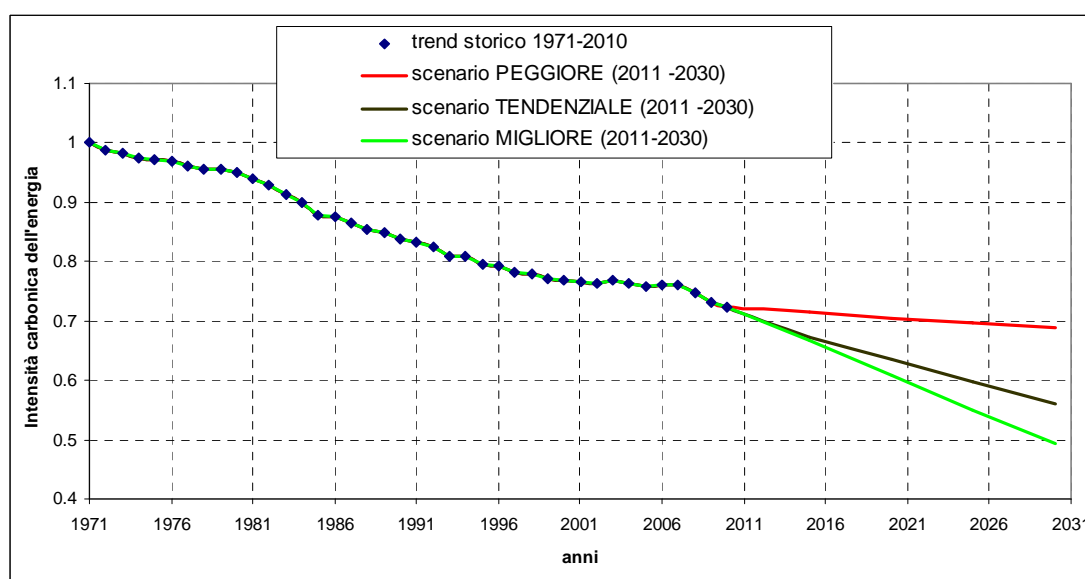


Fig. 5.37 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.8 Fattore di conversione energetica, Europa

Come visto in fase di analisi dal 1990 al 2009 si osserva una riduzione del trend del fattore di conversione energetica (k) con un tasso annuo medio pari a -0.07% e ciò corrisponde a un miglioramento di η .

Si ricorda che a muovere l'andamento del fattore di conversione energetica sono due fattori:

- il miglioramento dei singoli apparecchi di trasformazione energetica che aumentano i loro rendimenti, la gestione della rete elettrica diventa più efficiente e perciò si ha un abbassamento del valore di k accompagnato da una stazionarietà o da un leggero aumento dei consumi energetici.

- la diminuzione dei consumi energetici che determina un miglioramento di efficienza del sistema.

Se a queste considerazioni si aggiunge il fatto che dal 2005 al 2009, valutando i consumi aggiuntivi derivanti dai trasferimenti netti di beni e servizi tramite il commercio internazionale, si verificherebbe un aumento dei consumi energetici europei piuttosto che una loro riduzione, perde di forza l'ipotesi che i consumi di energia diminuiscano per i miglioramenti di efficienza. È più plausibile l'inverso e cioè, come già detto, che la diminuzione del valore di k si abbassi per la diminuzione dei consumi energetici.

Questi dati evidenziano come l'Unione Europea da sempre impegnata al miglioramento dell'efficienza energetica, non riesca a mantenere costanti nel tempo questi progressi, e sia difficile svincolare i reali miglioramenti di questo parametro da una fittizia riduzione dei consumi derivanti dal processo di delocalizzazione.

È possibile pensare che nello scenario **TENDENZIALE** i miglioramenti del fattore di conversione energetica non siano maggiori di quelli registrati negli ultimi 2 decenni, mentre nello scenario **PEGGIORE** i miglioramenti di efficienza, legati ad un aumento dei rendimenti dei singoli apparecchi di trasformazione energetica o alla gestione della rete elettrica più efficiente, siano in parte annullati dall'aumento dei consumi energetici (con un conseguente aumento di k). Un aumento che potrebbe essere dovuto sia alla ripresa dalla crisi economica sia per un ritorno in loco di alcune attività produttive per le condizioni sempre meno favorevoli nei paesi emergenti.

Scenario TENDENZIALE

Per la costruzione di questo primo scenario si prende in considerazione il trend storico di riduzione verificatosi dal 1990 al 2009. Si considera come curva interpolante della serie storica 1990-2009 una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.5338. Seppure il trend storico sia molto variabile, si ipotizza che lo scenario **TENDENZIALE** segua la retta interpolante.

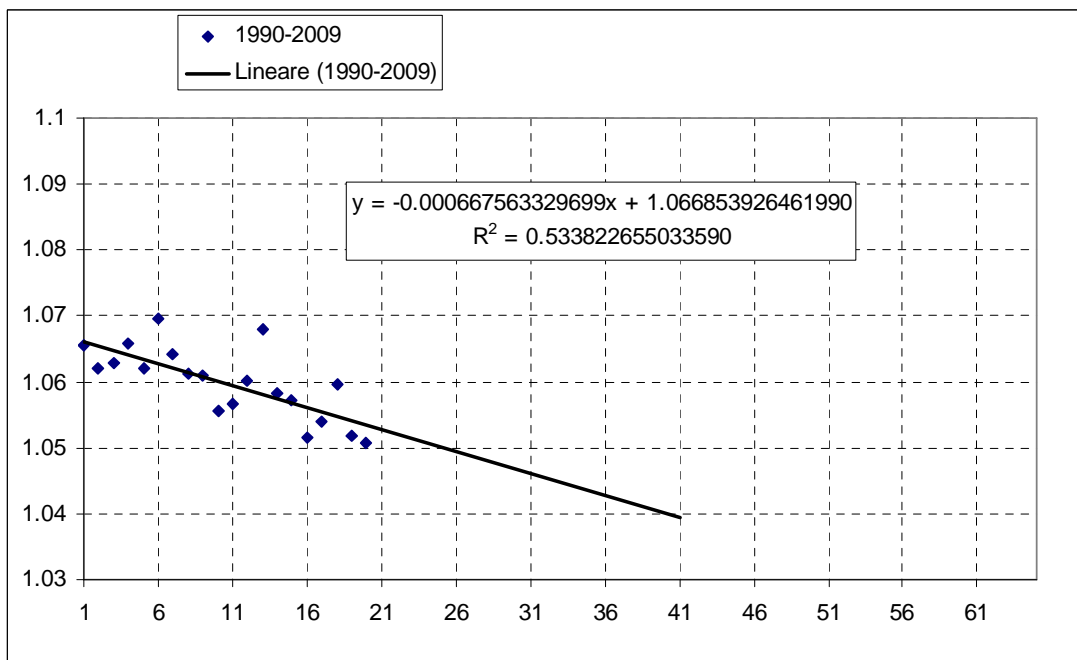


Fig. 5.38 – Europa: regressione lineare del trend storico di intensità carbonica dell’energia (1971-2009)

Scenario PEGGIORE

Viene proposto un secondo scenario del fattore di conversione energetica per valutare il caso in cui i consumi energetici aumentino notevolmente. Si ipotizza che il fattore di conversione energetica rimanga costante ad un valore di 1.44 (-) pari alla media dei dati dell’ultimo decennio.

Scenario MIGLIORE

Viene proposto un terzo scenario del fattore di conversione energetica per valutare il caso in cui i consumi energetici diminuiscano notevolmente con un tasso annuo medio di - 0.11% pari a quello registrato negli anni 2003-2009.

Tab. 5.28 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	MIGLIORE
anni	Fattore di conversione energetica (-)	Fattore di conversione energetica (-)
2015	1.4303	1.4230
2020	1.4258	1.4153
2025	1.4212	1.4077
2030	1.4167	1.4000

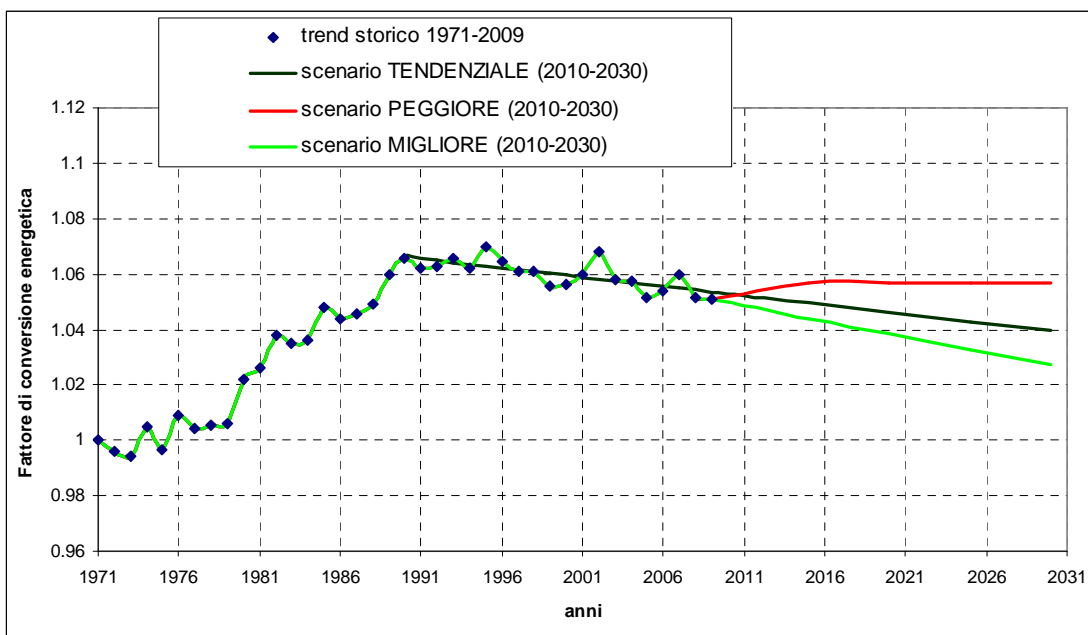


Fig. 5.39 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.9 Consumo finale di energia, Europa

Scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE

I dati futuri di consumo finale di energia sono stimati come rapporto tra i dati di consumo di energia primaria e il fattore di conversione energetica (rispettivamente par. 5.2.4 e 5.2.7), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.29 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)
2015	51037	53717	48261
2020	51760	55177	46479
2025	51715	56637	44678
2030	51599	58097	42857

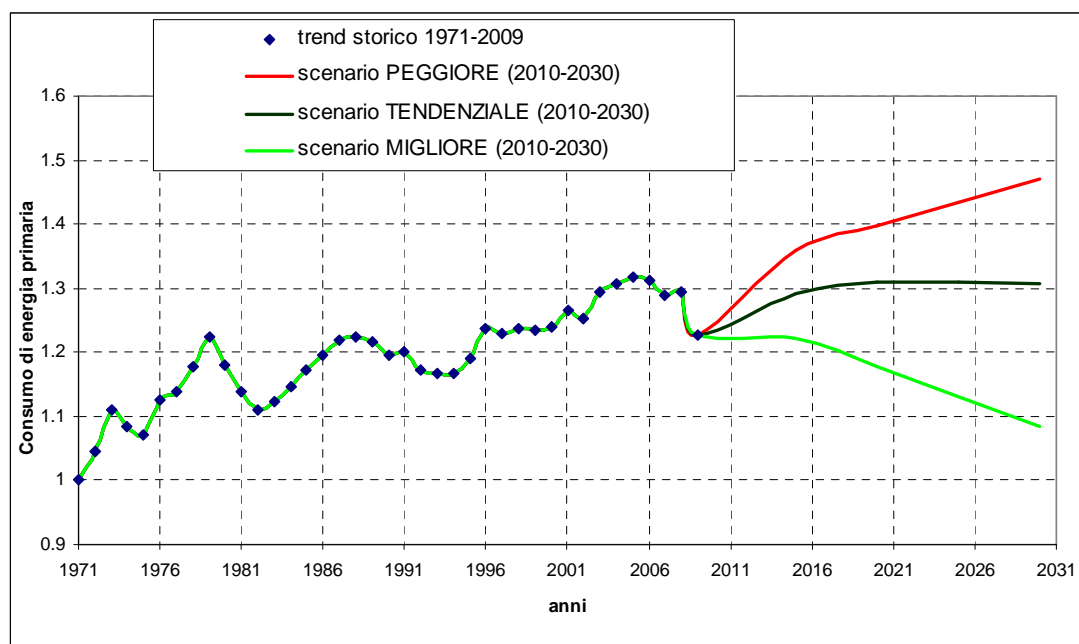


Fig. 5.40 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.10 Intensità energetica finale del PIL, Europa

Scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE

Le proiezioni dei dati di intensità energetica finale del PIL di questi tre scenari sono stati stimati come rapporto tra i dati annuali di consumo finale di energia e di PIL degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.2.4 e 5.2.8), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.30 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	4.8019	5.0041	4.7981
2020	4.5447	4.7036	4.4103
2025	4.2565	4.3977	4.0545
2030	3.9967	4.1666	3.7267

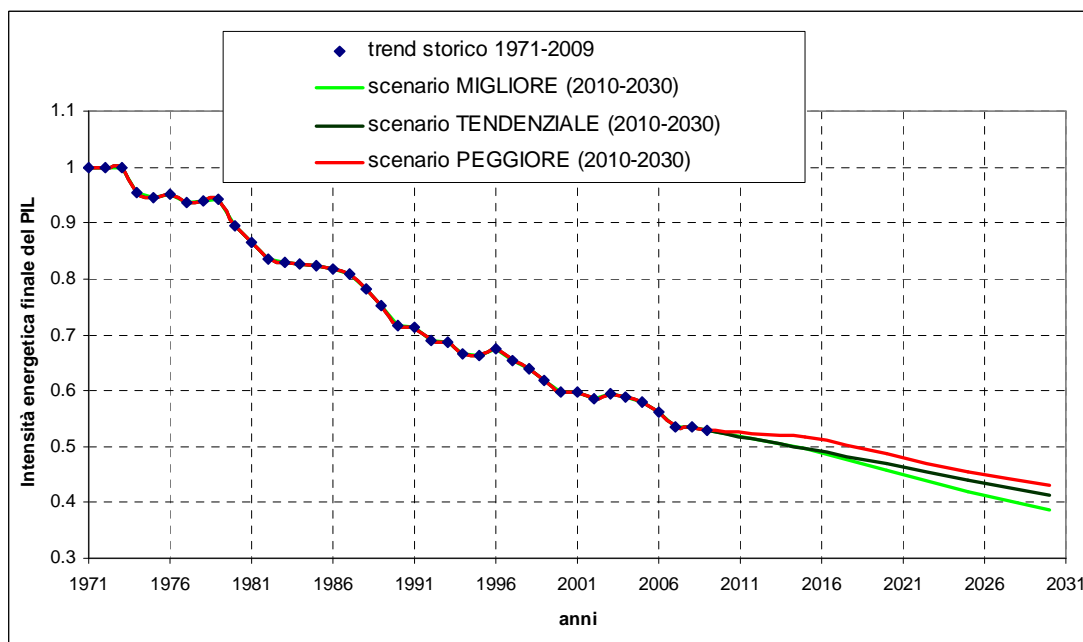


Fig. 5.41 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come $PIL(MER)$.

5.2.11 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Europa

Come trend storico del consumo di combustibili fossili per energia primaria europea sono utilizzati i dati “rivisti” 1971-2009 visti in fase di analisi (par. 4.3.12), che contengono una correzione dei dati dal 1981 al 1989, per dare maggiore significatività al trend.

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante della serie storica, una funzione lineare in cui R^2 risulta 0.9884 e si ipotizza che lo scenario PEGGIORE segua la retta interpolante.

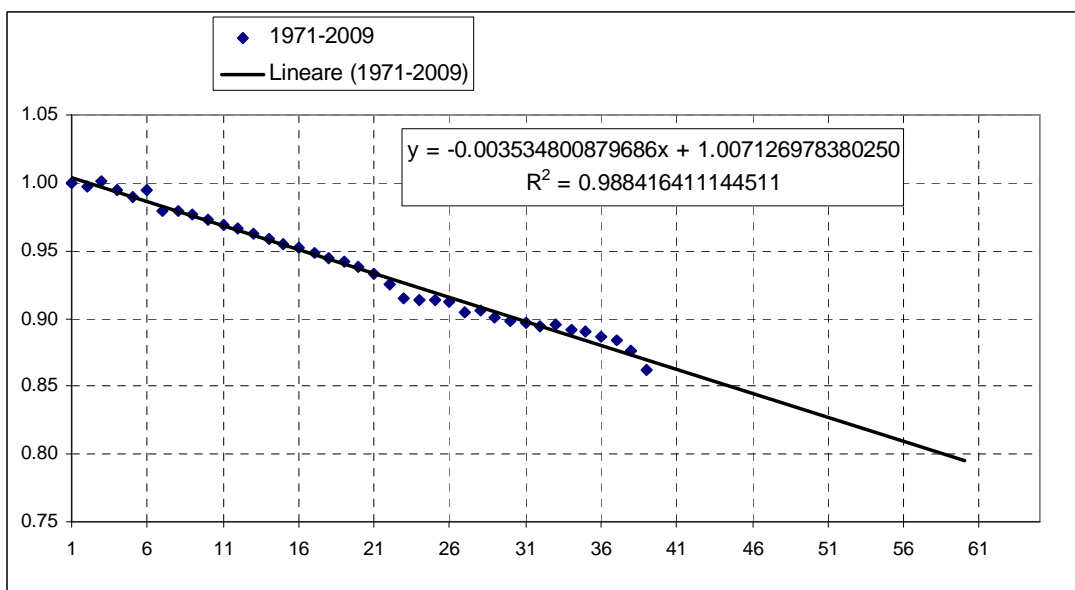


Fig. 5.42 – Europa: regressione lineare del trend storico di consumo di combustibili fossili per energia primaria (1971-2010)

In questo scenario si valuta il caso in cui dopo che essersi verificata la diminuzione del consumo di combustibili fossili per energia primaria dovuto alla crisi economica, che ha colpito maggiormente i settori legati ai combustibili tradizionali piuttosto che i settori legati alle fonti rinnovabili, il parametro torni ad allinearsi alla retta interpolante.

Scenario MIGLIORE

Si può ipotizzare che a causa dell'aumento consistente dei costi dei combustibili fossili tradizionali e a una conseguente maggior competitività delle fonti rinnovabili nel sistema energetico, il trend di consumo di combustibili fossili per energia primaria inizi a decrescere con una velocità progressivamente maggiore rispetto a quella prevista dallo scenario PEGGIORE. Inoltre la riduzione di questo parametro potrebbe probabilmente essere forzata su scala europea attraverso forti incentivi allo scopo di migliorare la competitività dell'industria europea e la sicurezza nell'approvvigionamento.

Questo scenario segue in modo più prudente le linee dell'obiettivo molto ambizioso proposto dall'EREC (European Renewable Energy Council) all'Unione Europea, con il recente studio "45% by 2030" (EREC, 2011), secondo cui si potrebbe raggiungere il 45% di energia da fonti rinnovabili entro il 2030.

Si valuta quindi il caso in cui il rinnovabile passi dal coprire l'8% della domanda energetica al 40% in soli 20 anni, con l'eliminazione delle centrali nucleari, o, più in generale, il caso in cui l'energia di origine non fossile passi dal 20% al 40%.

I valori degli anni 2015, 2020 e 2025 sono stimati ipotizzando una diminuzione lineare del parametro.

Scenario TENDENZIALE

Per considerare l'eventualità che il consumo di combustibili fossili per energia primaria segua un trend intermedio tra i due precedenti scenari, si ipotizza un terzo scenario, denominato come TENDENZIALE.

In questo terzo scenario i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria previsti per gli anni successivi al 2009 sono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Tab. 5.31 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.5	0.7651
2020	0.5	0.7335
2025	0.5	0.7025
2030	0.5	0.6797

Tab. 5.32 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.8054	0.7566
2020	0.7887	0.7044
2025	0.7720	0.6522
2030	0.7552	0.6000

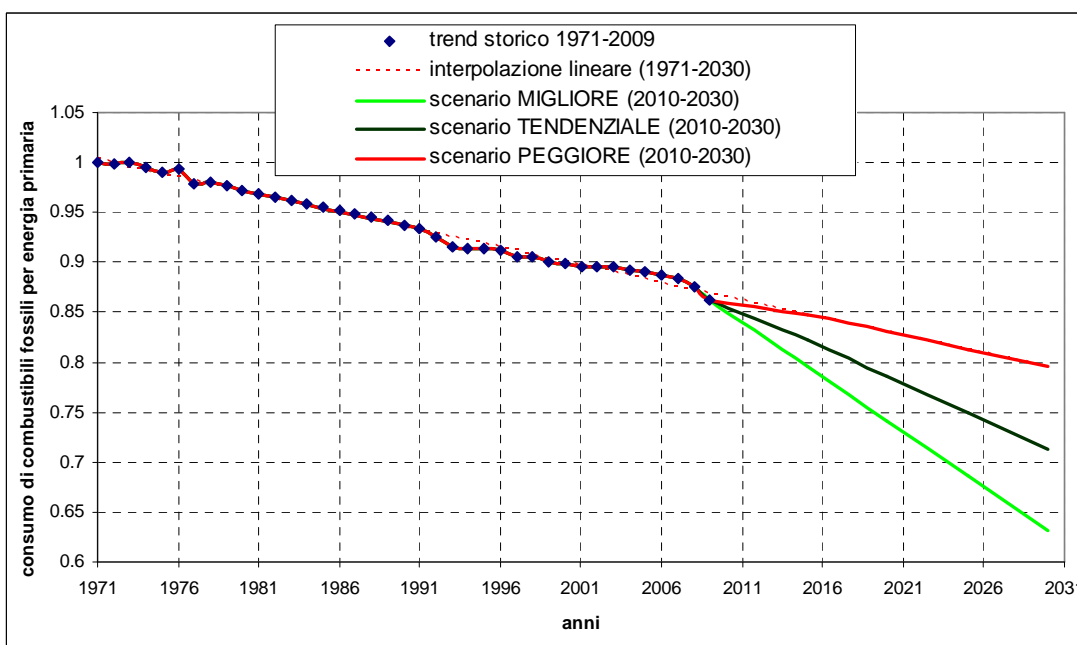


Fig. 5.43 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.12 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Europa

Il trend del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili è in continua riduzione dal 1971 al 2000, mentre nell'ultimo decennio si è stabilizzato ad un valore circa costante, evidenziando la difficoltà del sistema energetico di migliorare ulteriormente il fattore di emissione medio dall'uso di combustibili fossili.

Come trend storico del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili europeo sono utilizzati i dati "rivisti" 1971-2009 visti in fase di analisi, che contengono una correzione dei dati dal 1981 al 1989 (par. 4.3.13), per dare maggiore significatività al trend.

Scenario MIGLIORE

In questo primo scenario, si ipotizza che nonostante il rallentamento registrato nell'ultimo decennio i dati del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili riprendano a seguire il tasso annuo medio del trend storico pari a 0.43%.

Tab. 5.33 – Dati previsti dallo scenario MIGLIORE

anni	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)
2015	61.36
2020	60.00
2025	58.65
2030	57.30

Scenario PEGGIORE

Lo scenario PEGGIORE valuta il caso in cui il rallentamento dell'ultimo si asintotizzi ad un valore costante e pari a quello medio del decennio 2000-2009 di 63.5 g/MJ.

Scenario TENDENZIALE

Nello scenario TENDENZIALE si ipotizza che nei prossimi anni il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili presenti dei tassi di riduzione molto bassi, come ha fatto nell'ultimo decennio, a causa del fatto che a livello europeo si sono raggiunti dei valori per questo parametro già molto buoni. Inoltre, considerando il fenomeno di delocalizzazione la riduzione del trend, che si riscontra in questi ultimi anni, è dovuta in gran parte alla forte delocalizzazione di quelle attività con un alto fattore di emissione.

Si propone un terzo scenario più probabile dei precedenti in cui i dati del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili sono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Tab. 5.34 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)
2015	0.5	62.42
2020	0.5	61.74
2025	0.5	61.06
2030	0.5	60.39

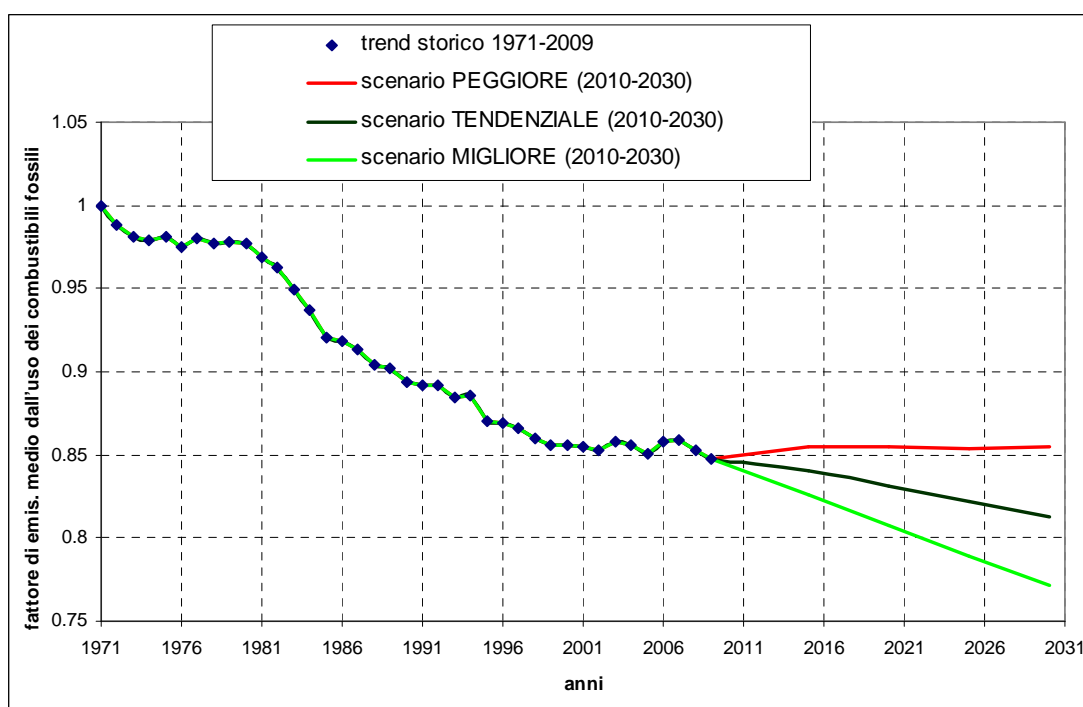


Fig. 5.44 – Europa: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.2.13 Emissioni di CO₂, Europa

Per stimare le emissioni di CO₂, analogamente a quanto visto su scala mondiale (par. 5.1.13), sono stati usati due approcci: “approccio con interpolazione” e “approccio Kaya Identity”.

Approccio con interpolazione

Si considera come curva interpolante della serie storica una funzione lineare in cui R^2 risulta 0.3183. Il valore di R^2 è molto basso data l’alta variabilità nel trend.

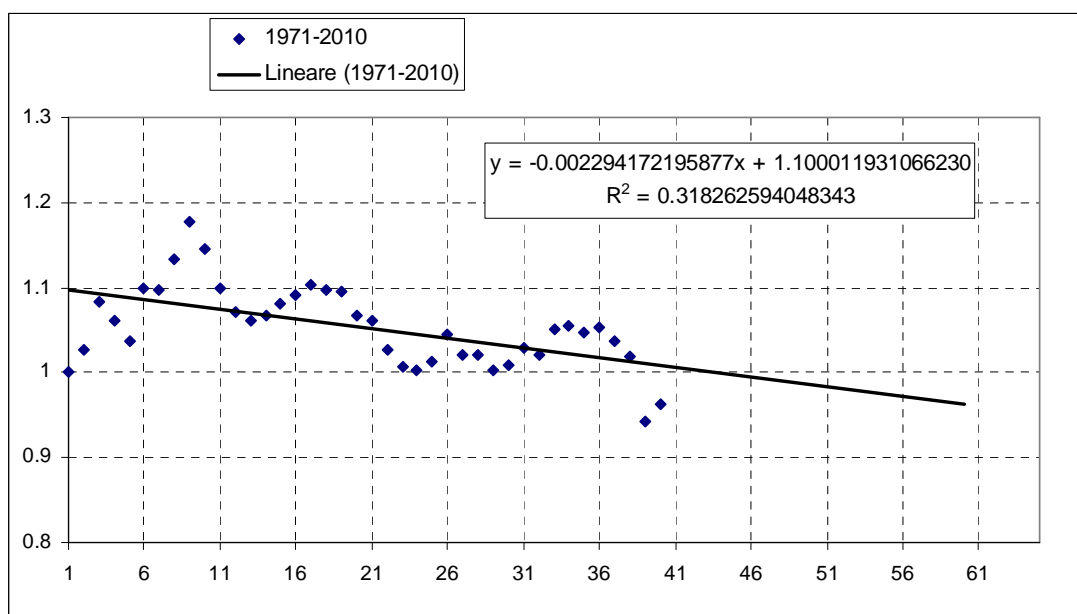


Fig. 5.45 – Europa: regressione lineare del trend storico di emissioni di CO₂ (1971-2010)

In funzione delle soprastanti assunzioni statistiche si prevedono i seguenti valori:

Tab. 5.35 – Dati previsti dall’interpolazione lineare

anni	Emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)
2015	3785.87
2020	3742.30
2025	3698.73
2030	3655.17

Approccio Kaya Identity

Vengono proposti i tre scenari (MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE), seguendo il medesimo schema di calcolo adottato su scala mondiale (par. 5.1.13).

– “Approccio Kaya Identity” a 4 parametri

Tab. 5.36 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 4 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)
2015	3227.07	3840.56	3272.27
2020	2823.88	3832.58	3057.58
2025	2444.19	3818.65	2811.79
2030	2088.00	3798.78	2577.64

– “Approccio Kaya Identity” a 6 parametri

Tab. 5.37 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 6 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO₂)	(Mton di CO₂)	(Mton di CO₂)
2015	3187.98	3955.96	3350.58
2020	2780.42	3978.19	3124.38
2025	2405.77	3996.57	2870.72
2030	2062.80	4011.96	2633.29

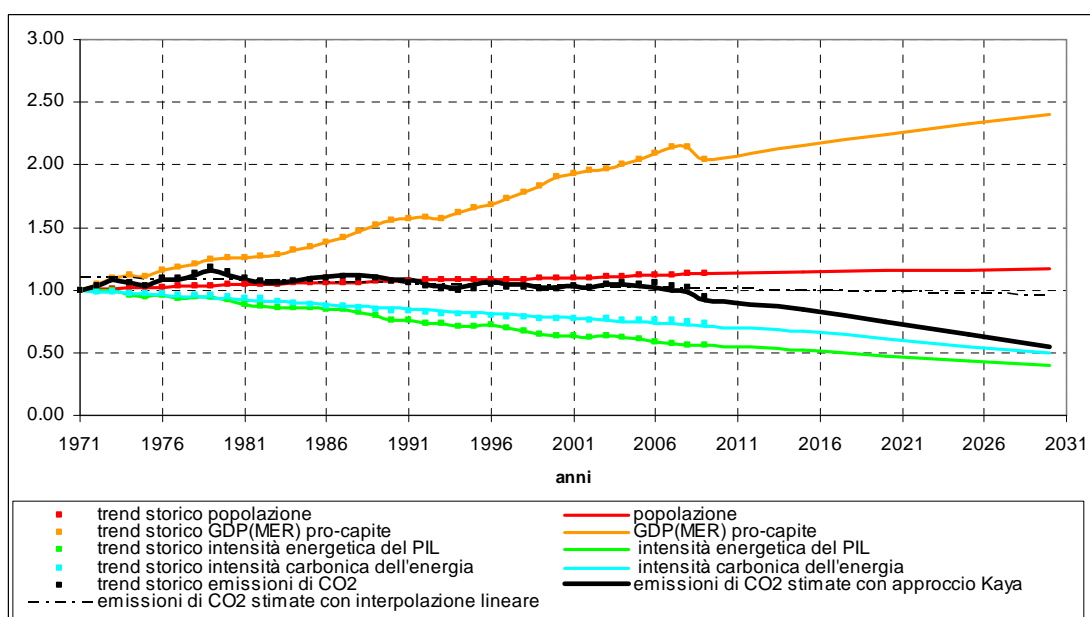


Fig. 5.46 – Europa: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

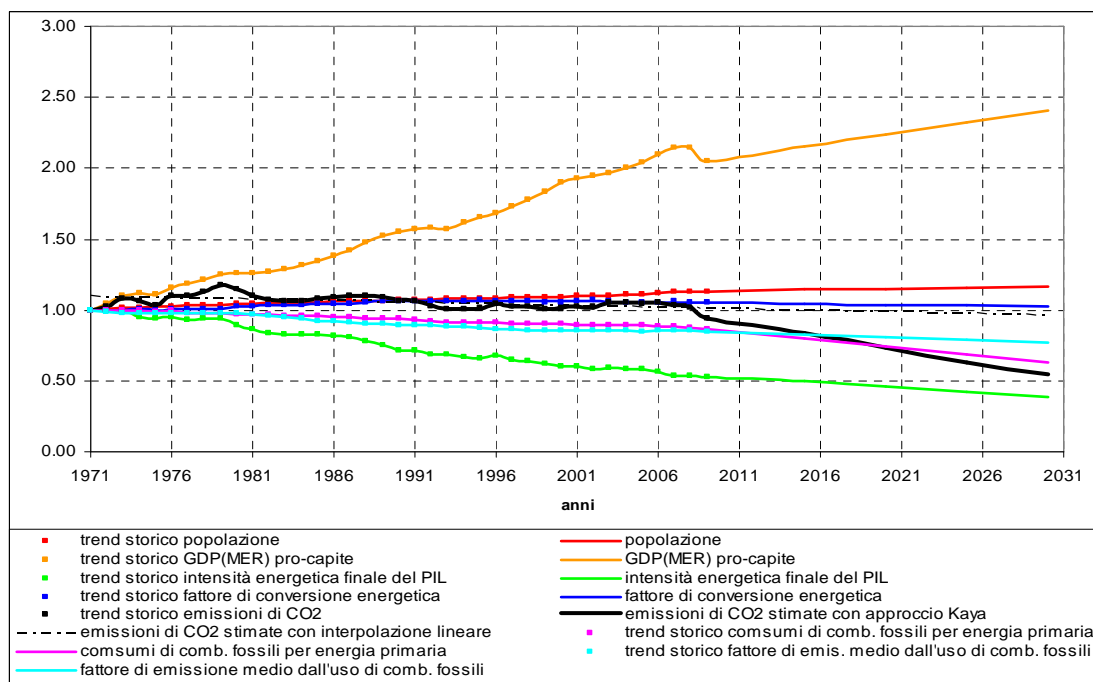


Fig. 5.47 – Europa: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Lo scenario MIGLIORE deriva da assunzioni meno probabili dello scenario TENDENZIALE, ma che possono essere utili per effettuare alcune considerazioni. Ipotizza che l'economia europea segua un tasso annuo di crescita molto basso e pari all'1%, ma soprattutto che i consumi energetici primari diminuiscano già a partire dal 2010 con un tasso annuo medio di -0.8%.

In termini di intensità energetica del PIL, fino al 2015 il trend di questo scenario si mantiene solo poco al di sotto di quello tendenziale, mentre nei successivi anni diminuisce con tassi medi di circa -1.7% contro il -1.3% dello scenario TENDENZIALE. Stessa cosa vale per l'intensità energetica finale del PIL che registra però dei tassi leggermente più alti.

Uno scenario così rappresentato, è possibile perché vede il PIL e i consumi energetici svilupparsi in modo opposto, ma ciò si è verificato nella storia europea solo raramente, e, come vedremo da considerazioni presenti nel capitolo dedicato agli scenari obiettivo (cap. 6), non è da escludere che in futuro sarà sempre più difficile svincolare questi due parametri.

Con l'approccio Kaya Identity a 4 parametri altro driver che si discosta fortemente dallo scenario più probabile è l'intensità carbonica dell'energia che nello scenario MIGLIORE decresce con tassi molto più alti di quelli previsti dall'interpolazione lineare del trend storico e non prende in considerazione il rallentamento nella velocità di decarbonizzazione che si sta verificando. Perché si verifichi uno scenario di questo tipo, il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili dovrebbe continuare a decrescere con una forte accelerazione, cosa poco ragionevole, data la stazionarietà di questo parametro nell'ultimo decennio, e l'energia di origine non fossile in soli 20 anni dovrebbe passare dal coprire il 20% della domanda energetica al 40%.

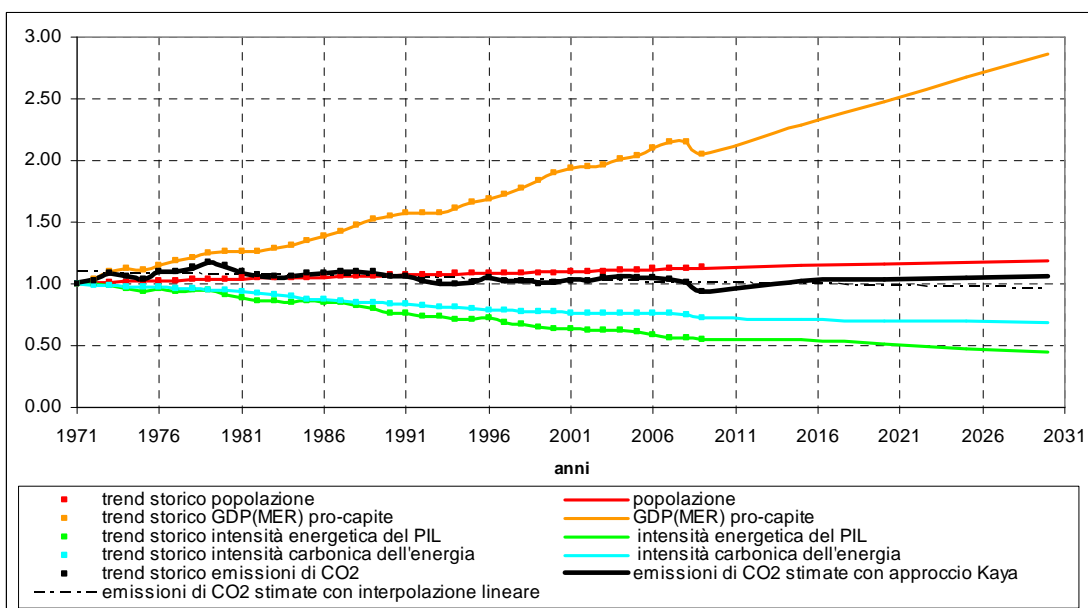


Fig. 5.48 – Europa: Scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

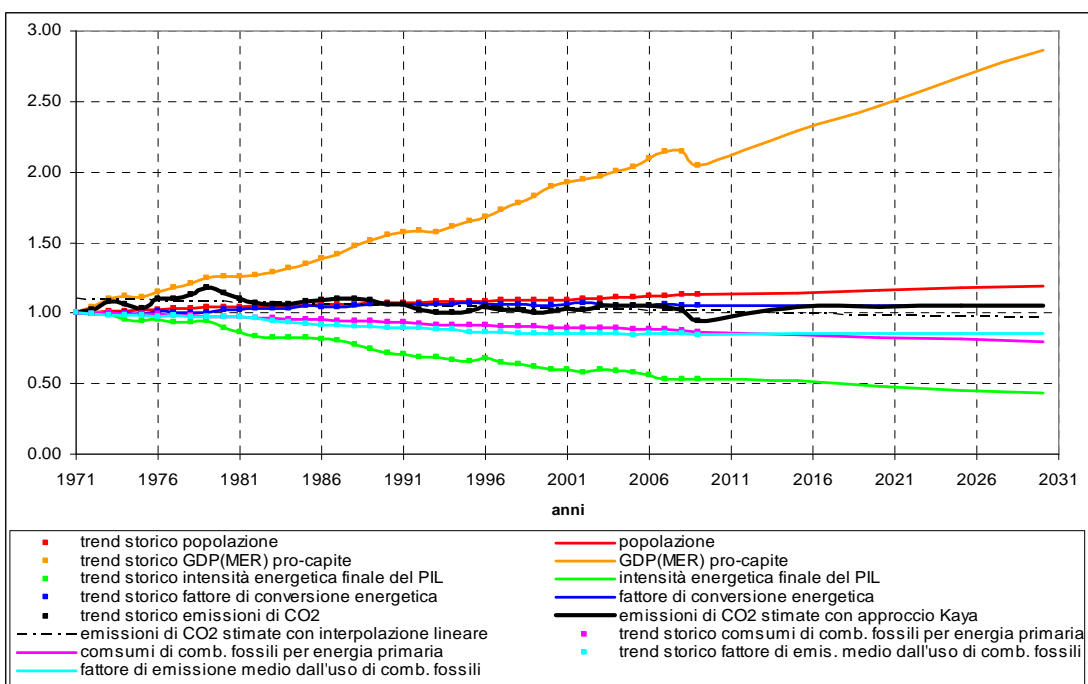


Fig. 5.49 – Europa: scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Lo scenario PEGGIORE, è lontano dallo scenario più probabile, portando al verificarsi di livelli emissivi che tendono a stabilizzarsi a valori peggiori, seppur di poco, a quelli del 2004, picco massimo dell'ultimo decennio.

Questo scenario è dovuto principalmente ad una forte crescita dei consumi energetici, dovuta a due considerazioni:

- il forte rallentamento degli ultimi anni nei consumi europei, non è dovuto a miglioramenti di efficienza nei settori di uso finale e ad una stabilizzazione della domanda energetica a opera di questi settori, ma è resa possibile dal forte processo di delocalizzazione di molte attività industriali nei paesi emergenti, che una volta esaurito, a causa di condizioni meno favorevoli rispetto ai costi della manodopera nei paesi emergenti, potrebbe far tornare in sede alcune attività industriali. Questa assunzione si ricorda che deriva dall'analisi effettuata nel par. 4.3.5 in cui si considera l'effettiva domanda di beni e servizi conteggiando anche l'energia incorporata nelle merci importate;
- si prospetta che in futuro sarà sempre più difficile svincolare una crescita del PIL dai consumi energetici, soprattutto nel caso in cui rallentasse l'uso di beni e servizi prodotti dall'estero o lo sfruttamento di territori e risorse di altri paesi (disboscamento, terreni dedicati all'agricoltura o allevamento intensivo, estrazione combustibili fossili, estrazione mineraria, ecc).

Da questo si intuisce l'importanza di valutare quale sia la dipendenza del PIL dai consumi energetici e che valori tenderà ad assumere questo parametro nel tempo.

Ulteriori differenze dallo scenario più probabile è che nel presente scenario si propone una ripresa economica più rapida con un conseguente trend di PIL pro-capite che assume valori più alti rispetto allo scenario più probabile e un trend di consumo di combustibili fossili per energia primaria che invece di ridursi fortemente nei prossimi 20 anni, in vista dei progressi che sta avendo il settore del rinnovabile, continui a seguire e il trend storico.

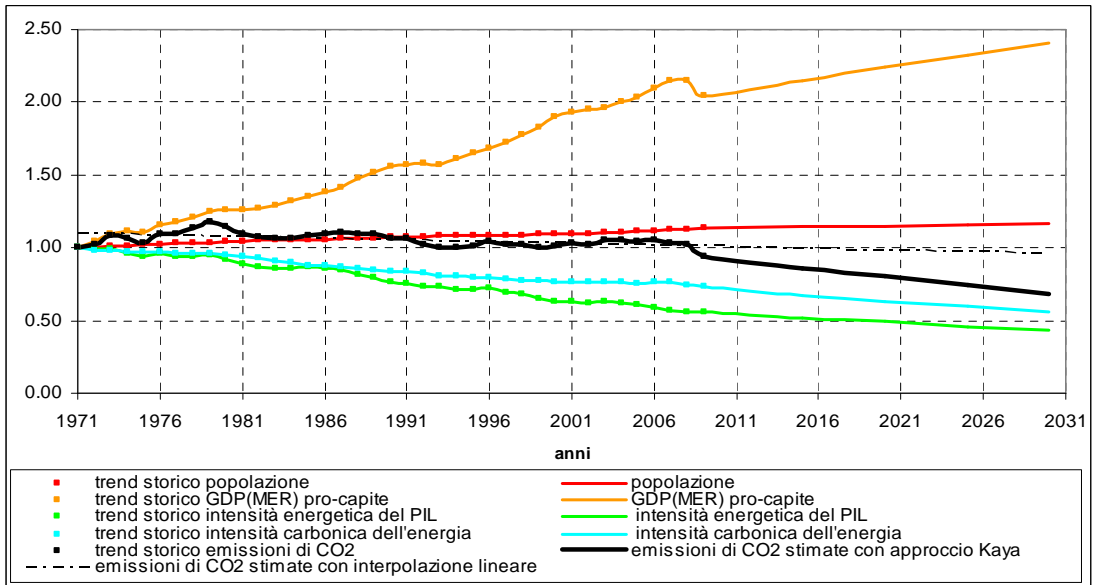


Fig. 5.50 – Europa: Scenario TENDENZIALE, Stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

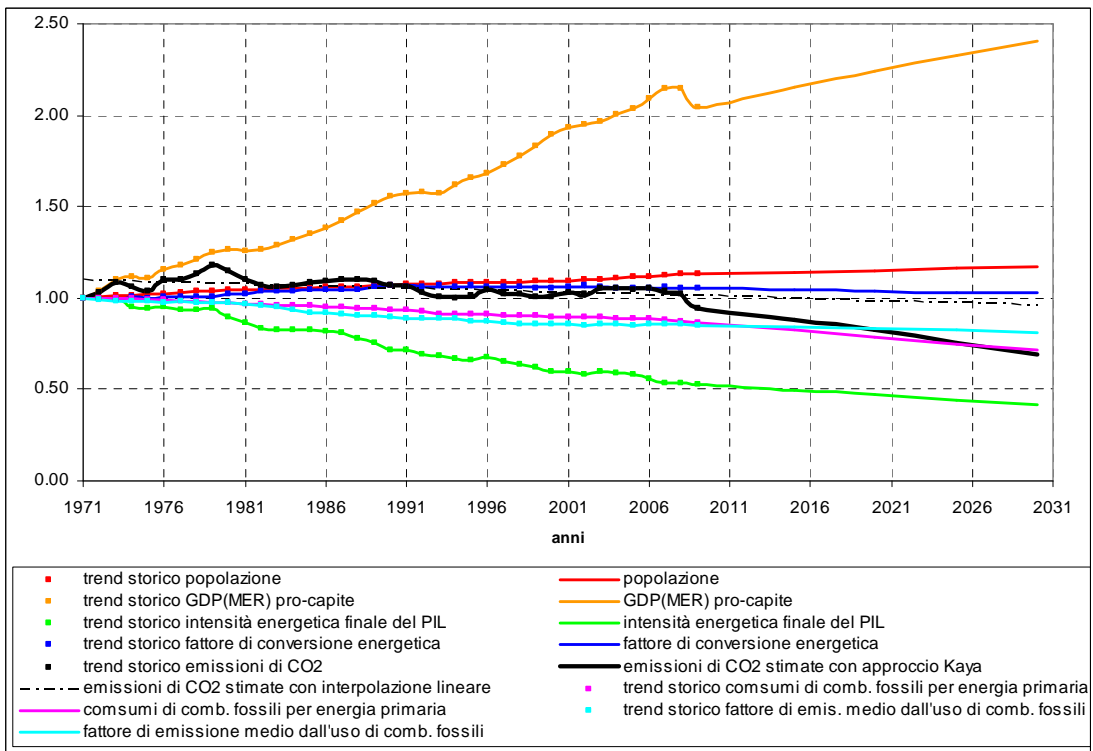


Fig. 5.51 – Europa: Scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Lo scenario TENDENZIALE oltre a considerare il naturale trend storico dei parametri della Kaya Identity, tiene conto degli impegni che l'Europa si sta assumendo soprattutto in termini di efficienza e di risparmio energetico, e del rapido sviluppo del settore del rinnovabile.

Si ipotizza che il consumo di energia non fossile aumenti, arrivando a coprire oltre il 30% della domanda primaria, che l'intensità energetica del PIL migliori, seguendo un tasso annuo medio di -1.3%, vicino a quello registrato nell'ultimo decennio.

Un tale trend di intensità energetica deriva dall'ipotizzare una ripresa del PIL che torna ad allinearsi con l'andamento di crescita del trend storico e da una domanda energetica che torna a crescere leggermente fino al 2020 e per poi stabilizzarsi a valori di poco inferiori a quelli registrati nell'ultimo decennio, negli anni precedenti alla crisi.

In base a queste considerazioni lo scenario stima un livello di emissioni di CO₂ di circa 2606 Mton di CO₂ (valore medio tra approccio Kaya Identity a 4 e 6 parametri), che corrisponde ad una riduzione del 30% delle emissioni rispetto a valore del 2009.

5.3 SCENARIO ITALIANO

Nel paragrafo dedicato all'analisi italiana i trend storici utilizzati per stimare le proiezioni future coprono il periodo 1971-2010 per tutti i parametri della Kaya Identity.

5.3.1 Metodologia, Italia

La metodologia adottata per i dati italiana è la stessa di quella europea, con la differenza che le assunzioni per stimare il trend dell'intensità energetica del PIL non vengono fatte direttamente sul suo trend storico di questo parametro, ma è derivante dalle assunzioni fatte per stimare i consumi energetici primari. La metodologia, uguale per tutti e tre gli scenari è di seguito riassunta in fig. 5.52 evidenziando in grassetto i termini della Kaya Identity a 4 e a 6 parametri e di questi in azzurro quelli su cui si stabiliscono le assunzioni, mentre in bianco quelli derivati.

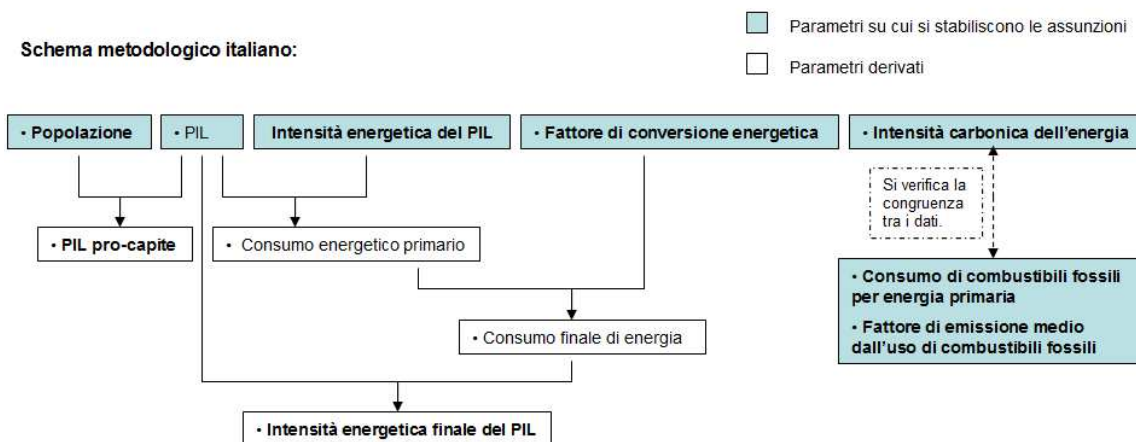


Fig. 5.52 – Italia: Schema metodologico per stimare i parametri della Kaya Identity.

5.3.2 Popolazione, Italia

Scenario PEGGIORE, MIGLIORE e TENDENZIALE

Per la costruzione degli scenari si prendono a riferimento i dati pubblicati nel “Il futuro demografico del paese” (ISTAT, 2011), che propone in funzione delle ipotesi concernenti i movimenti migratori con l’estero, sulla base del processo di invecchiamento e la variazione nei tassi di riproduzione, tre scenari, due più estremi ed uno intermedio.

Tab. 5.38 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)
2015	61.5167	61.8976	60.9453
2020	62.3793	63.0519	61.3705
2025	63.0173	64.0350	61.4906
2030	63.5742	65.0868	61.7255

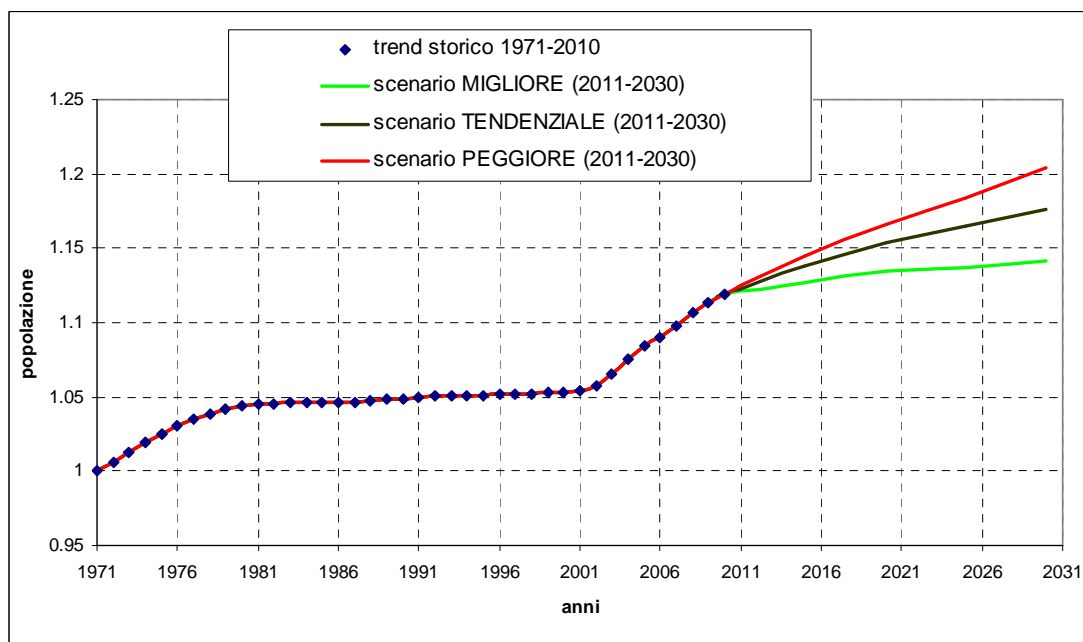


Fig. 5.53 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.3 PIL, Italia

L'Italia tra i paesi europei si trova in una situazione di crisi economica peggiore, il 2011 si chiude con un +0.4% (fonte ISTAT) e le previsioni del Fondo Monetario Internazionale indicano una contrazione del 2.3% nel 2012 e dello 0.7% nel 2013.

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante del PIL(MER) una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.9722.

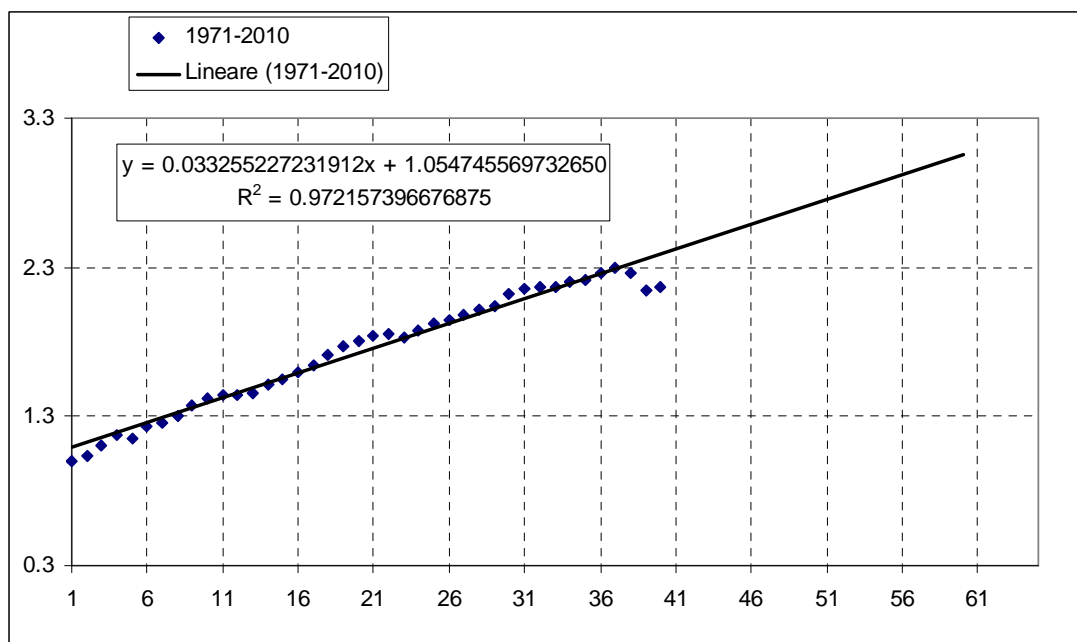


Fig. 5.54 – Italia: regressione lineare trend storico PIL (1971-2010). Il PIL è espresso come PIL(MER).

In questo scenario si valuta il caso in cui entro il 2015 ci sia una veloce ripresa dalla crisi e il PIL si riallinei con la retta interpolante.

Scenario MIGLIORE

Data l'attuale difficoltà ad uscire dalla crisi, si valuta il caso in cui fino al 2015 l'economia non riesca riprendersi e si verifichi un tasso annuo medio del -1%, mentre dopo il 2015 si asintotizza ad un valore costante.

Scenario TENDENZIALE

Allo scopo di considerare l'eventualità più probabile che il PIL segua un trend intermedio tra i due precedenti scenari si ipotizza un terzo scenario, in cui i dati sono stimati come media pesata dei valori dei due precedenti scenari, applicando la formula 5.1. Fino al 2015 si dà maggior peso allo scenario MIGLIORE.

Tab. 5.39 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)
2015	1269.17	1203.07
2020	1365.97	1281.48
2025	1464.49	1359.89
2030	1564.74	1438.30

Tab. 5.40 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	PIL(MER) (10^9 dollars)
2015	0.4	1236.12
2020	0.5	1323.72
2025	0.5	1412.19
2030	0.5	1501.52

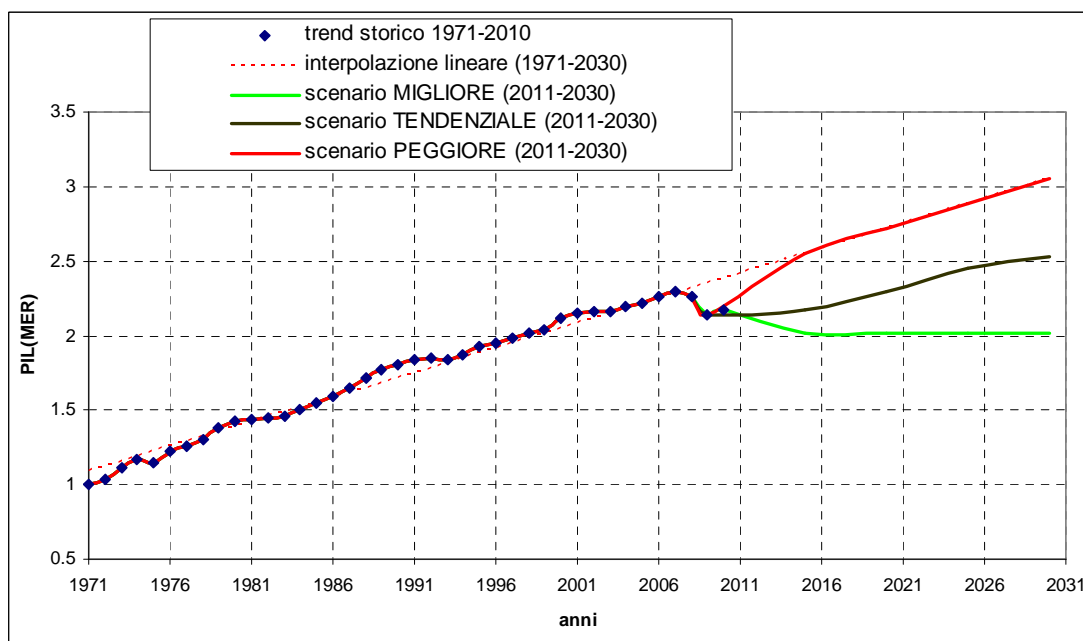


Fig. 5.55 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra il PIL è espresso come PIL(MER) sotto come PIL(PPP).

5.3.4 PIL pro-capite, Italia

Scenario MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE

Le proiezioni dei dati di PIL pro-capite sono stimate come rapporto tra i dati annuali di PIL e di popolazione degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.3.2 e 5.3.1), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.41 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)
2015	18.3270	21.3587	17.1301
2020	18.0736	22.3343	17.0114
2025	17.8906	23.3369	16.9782
2030	17.7339	24.2837	16.9136

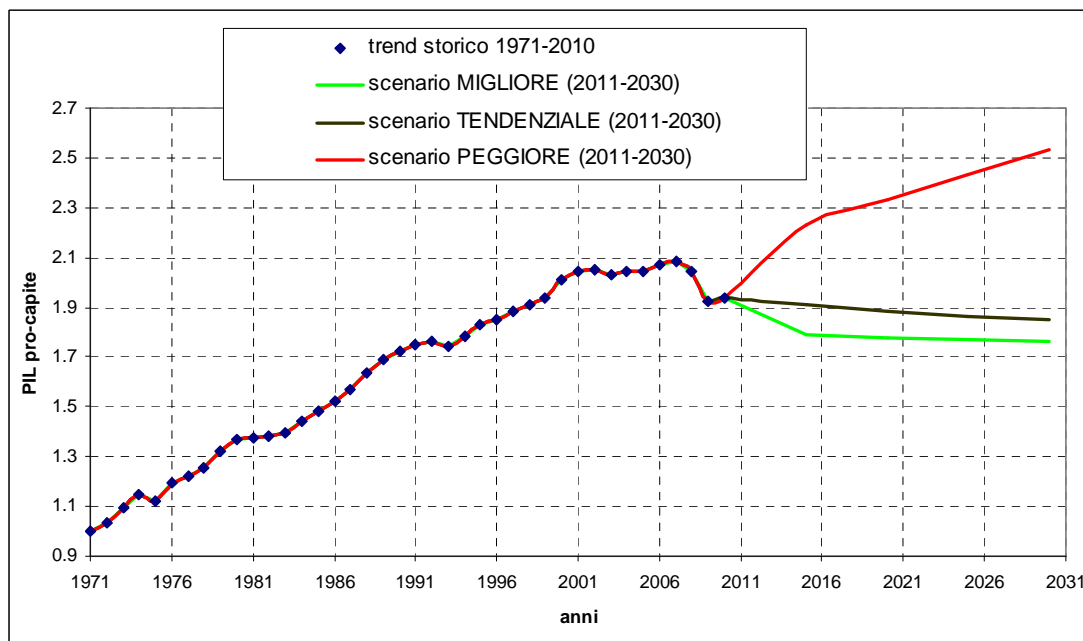


Fig. 5.56 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.3.5 Intensità energetica del PIL, Italia

Scenario TENDENZIALE

Dato l'andamento circa costante registrato dall'intensità energetica del PIL negli ultimi due decenni, si valuta come tendenza più probabile un trend per il periodo 2010-2030 che si mantenga ad un valore pari alla media degli ultimi 4 anni di 6.28 MJ/\$.

Scenario MIGLIORE e PEGGIORE

Per costruire lo scenario peggiore e migliore si valutano dei trend lineari con tasso annuo medio rispettivamente di +0.25% e -0.25%.

Tab. 5.42 –Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	6.3726	6.2151
2020	6.4517	6.1367
2025	6.5309	6.0584
2030	6.6100	5.9800

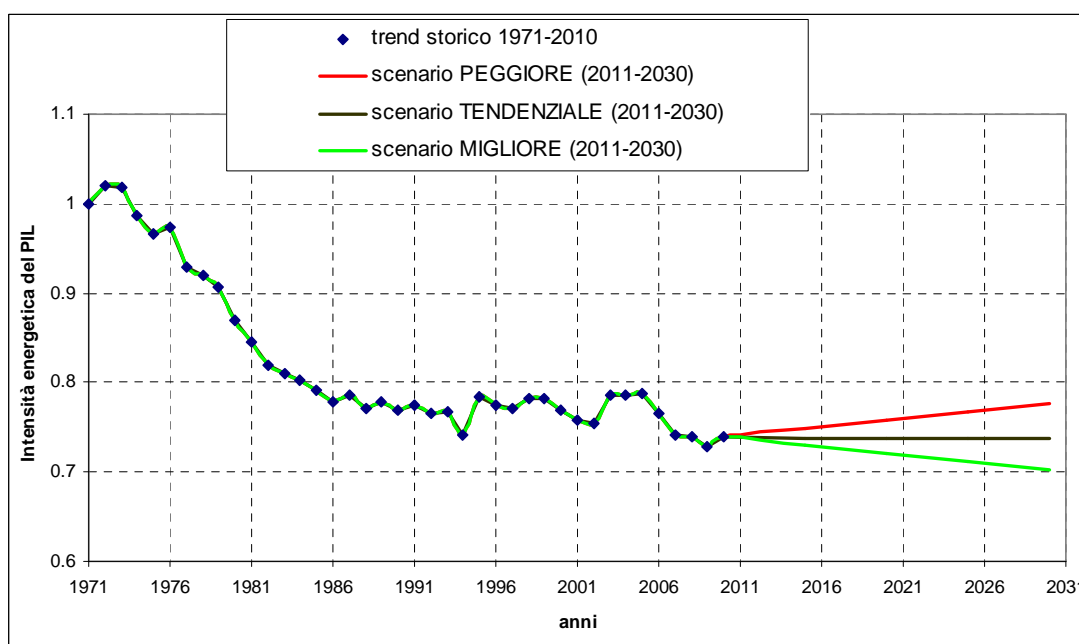


Fig. 5.57 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.3.6 Consumo di energia primaria, Italia

Le proiezioni future di consumo di energia primaria sono stimate come prodotto tra i dati di PIL e i dati di intensità energetica del PIL degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.3.2 e 5.3.4), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.43 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)
2015	7075.67	8424.87	6488.53
2020	7466.48	9085.41	6406.73
2025	7965.45	9759.59	6324.92
2030	8235.83	10447.41	6243.12

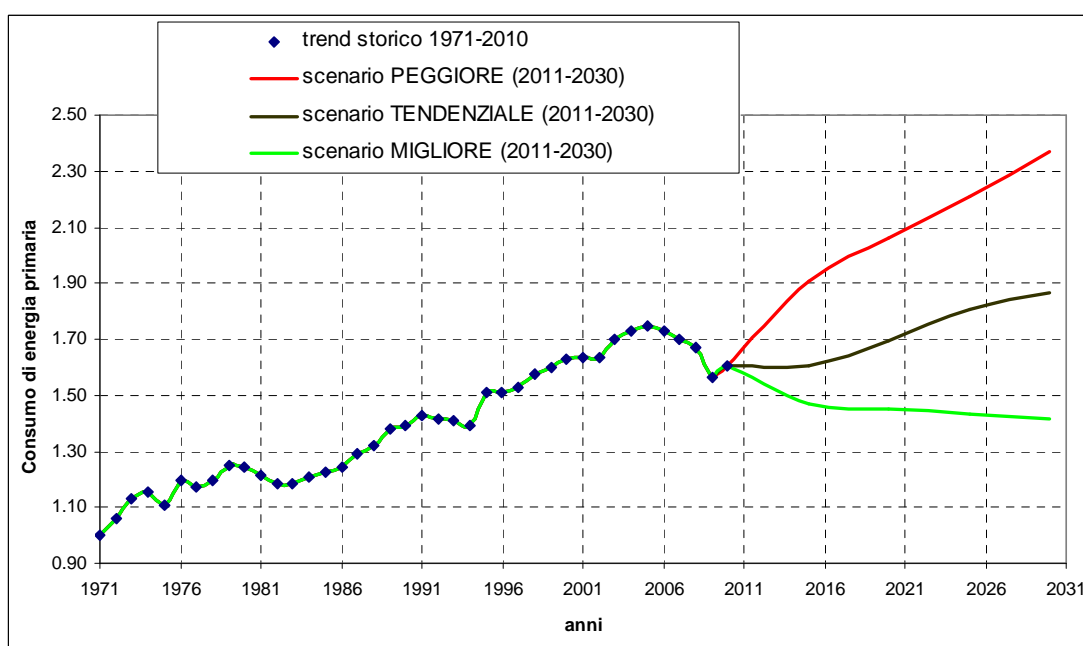


Fig. 5.58 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.7 Intensità carbonica dell'energia, Italia

Scenario MIGLIORE

Per considerare l'accelerazione nella decarbonizzazione registrata negli ultimi anni si propone un trend di riduzione lineare con un tasso annuo medio vicino a quello registrati nel periodo 2006-2010 pari a -2%.

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante dell'intera serie storica una funzione lineare con $R^2=0.8846$.

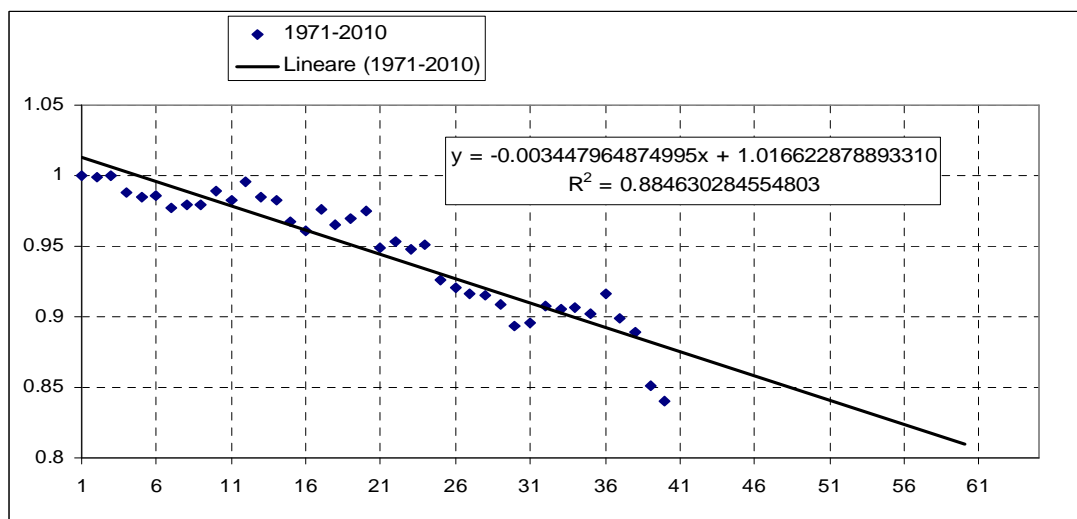


Fig. 5.59 – Italia: regressione lineare del trend storico di intensità carbonica dell'energia (1971-2010)

Si propone questo secondo scenario per valutare il caso in cui il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili abbia raggiunto praticamente il valore minimo e l'introduzione del rinnovabile sia difficoltosa a causa dei mancati investimenti soprattutto nei primi anni, così che i valori di intensità carbonica dell'energia si riallinino alla retta interpolante.

Scenario TENDENZIALE

Lo scenario TENDENZIALE rappresenta il caso intermedio tra gli scenari MIGLIORE e PEGGIORE e come tale i dati di intensità carbonica dell'energia vengono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.1.

La stima di questo scenario viene effettuata dando maggior peso al trend dello scenario PEGGIORE, in modo che il valore di intensità carbonica dell'energia risulti in linea con il prodotto tra i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (appartenenti agli scenari TENDENZIALI) stimati rispettivamente secondo le metodologie indicate nei paragrafi 5.3.10 e 5.3.11.

Tab. 5.44 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	0.50	53.69
2020	0.50	50.33
2025	0.55	47.77
2030	0.60	45.65

Tab. 5.45 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	57.19	57.19
2020	56.04	56.04
2025	54.90	54.90
2030	53.75	53.75

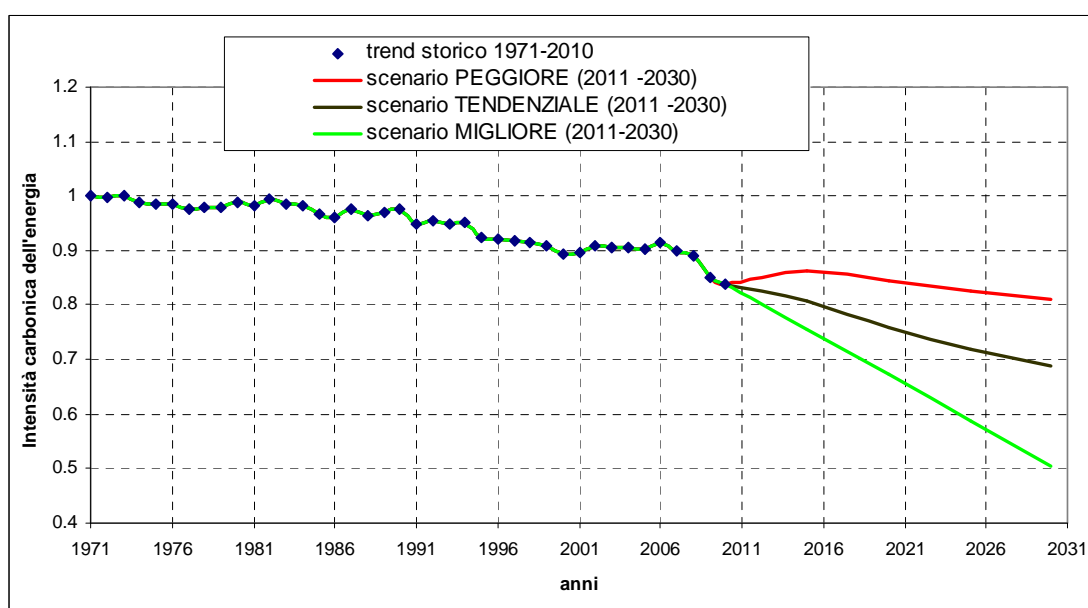


Fig. 5.60 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.8 Fattore di conversione energetica, Italia

In Italia, in linea con quanto evidenziato a livello europeo, si fatica a mantenere costanti nel tempo i progressi del fattore di conversione energetica ed è plausibile ipotizzare che i miglioramenti legati ad un aumento dei rendimenti dei singoli apparecchi di trasformazione energetica o a una gestione della rete elettrica più efficiente, siano in parte annullati dall'aumento dei consumi energetici, dovuti alla ripresa dalla crisi economica.

Scenario PEGGIORE

Per la costruzione di questo primo scenario si considera che il trend del fattore di conversione energetica aumenti in modo lineare e con un tasso medio annuo analogo a quello dell'intero trend storico di 0.16%.

Scenario MIGLIORE

Viene proposto un secondo scenario del fattore di conversione energetica per valutare il caso in cui si verifichi una diminuzione del valore di k in funzione della diminuzione dei consumi energetici che si ipotizzano nello scenario MIGLIORE del paragrafo 5.3.4. Si può ipotizzare che il trend segua una riduzione lineare con un tasso annuo medio di -0.16% , in modo speculare rispetto allo scenario PEGGIORE.

Scenario TENDENZIALE

Allo scopo di considerare l'eventualità più probabile che il fattore di conversione energetica segua un trend intermedio tra i due precedenti scenari si ipotizza un terzo scenario, in cui i dati sono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.6 con un valore del coefficiente a pari a 0.5 e da cui deriva un valore costante di $1.300 (-)$.

Tab. 5.46 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	fattore di conversione energetica (-)	fattore di conversione energetica (-)
2015	1.310	1.289
2020	1.320	1.279
2025	1.330	1.268
2030	1.340	1.258

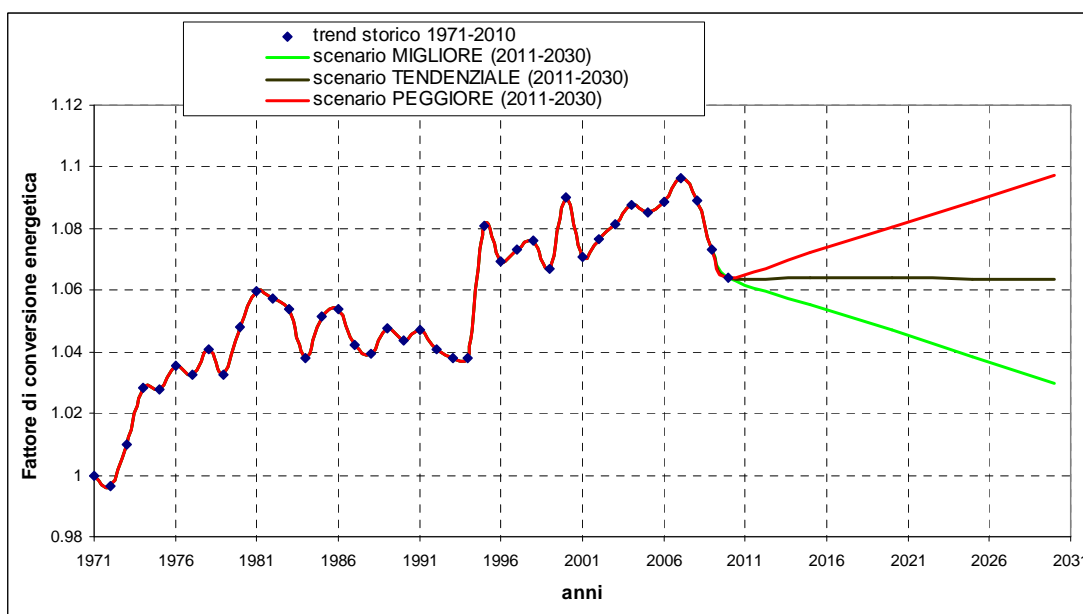


Fig. 5.61 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.9 Consumo finale di energia, Italia

Le proiezioni future di consumo finale di energia sono stimate come rapporto tra i consumi di energia primaria e il fattore di conversione energetica degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.3.5 e 5.3.7), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.47 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)
2015	5445.09	6432.64	5032.96
2020	5746.52	6883.91	5009.93
2025	6131.27	7338.58	4986.53
2030	6340.13	7796.58	4962.73

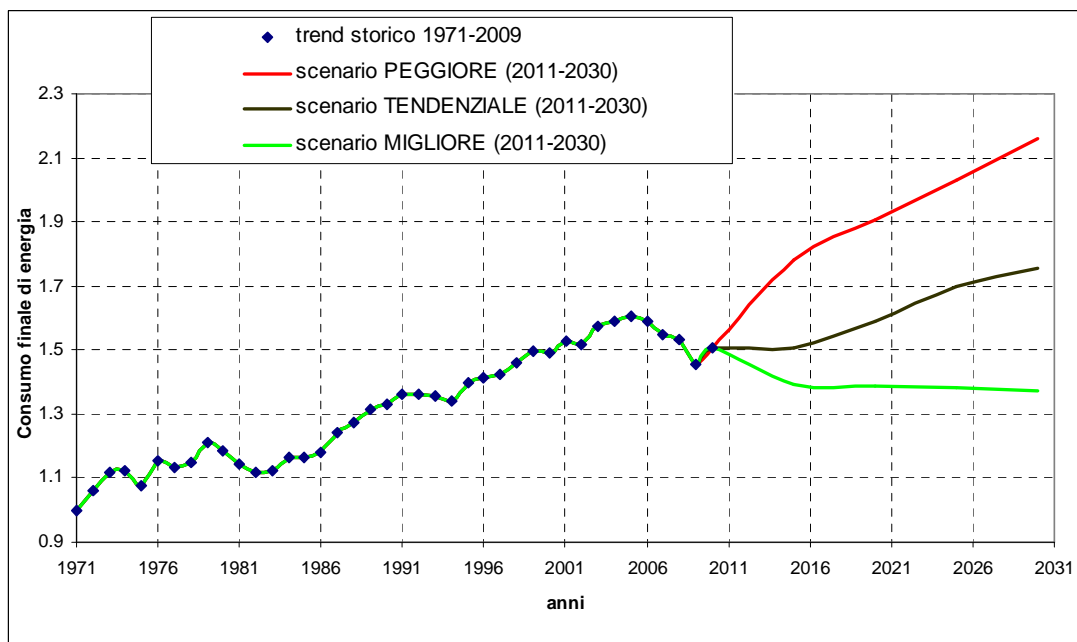


Fig. 5.62 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.10 Intensità energetica finale del PIL, Italia

Scenario MIGLIORE, TENDENZIALE e PEGGIORE

Le proiezioni dei dati di intensità energetica finale del PIL di questi tre scenari sono stati stimati come rapporto tra i dati annuali di consumo finale di energia e di PIL degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.3.8 e 5.3.2), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.48 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	4.8362	4.8585	4.8127
2020	4.7371	4.7715	4.7005
2025	4.5980	4.6906	4.4934
2030	4.4248	4.6189	4.2042

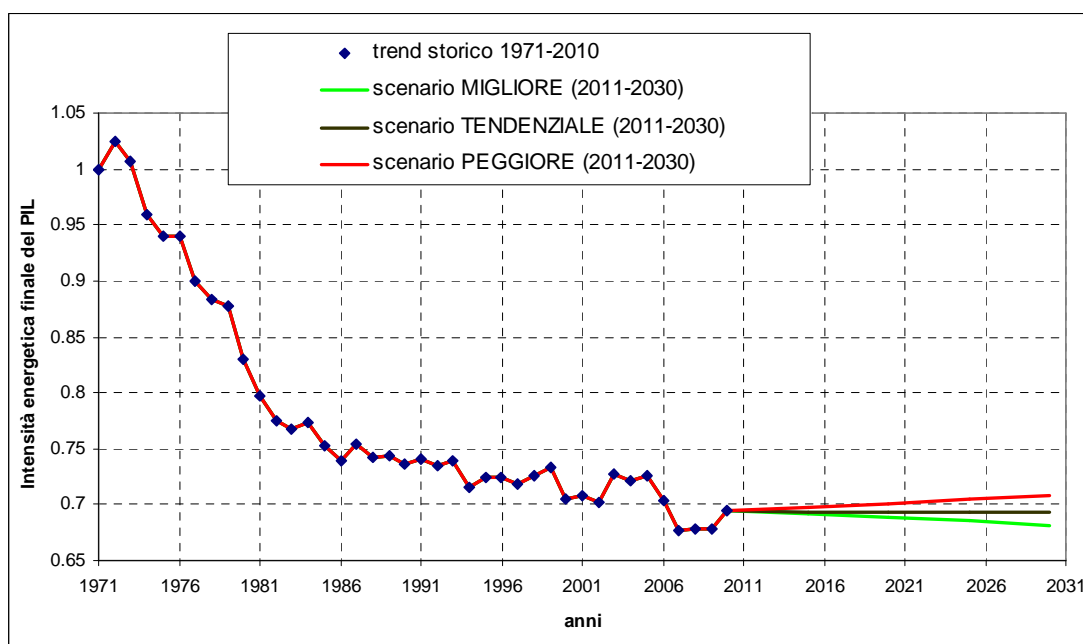


Fig. 5.63 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.3.11 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Italia

Il consumo di combustibili fossili per energia primaria(c) è calcolato come rapporto tra i dati di consumo di combustibile fossile(C) e i dati di consumo di energia primaria(E), ed è un numero adimensionale.

Come trend storico del consumo di combustibili fossili per energia primaria italiano sono stati utilizzati i dati 1971-2010 visti in fase di analisi.

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante della serie storica una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.6618.

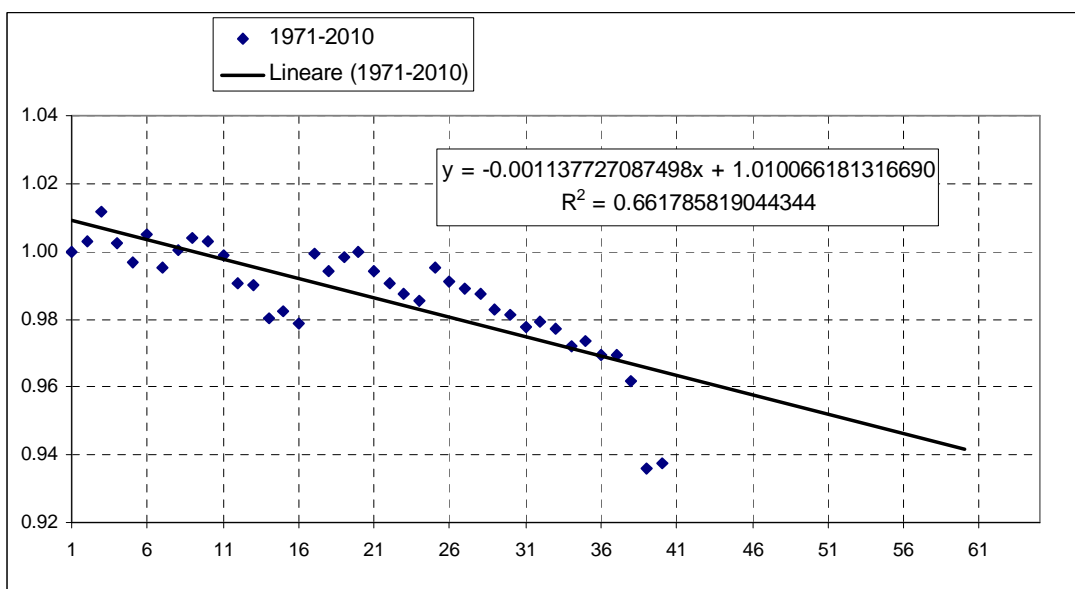


Fig. 5.64 – Italia: regressione lineare del trend storico di consumo di combustibili fossili per energia primaria (1971-2010)

In questo scenario si considera il caso in cui dopo una diminuzione del consumo di combustibili fossili per energia primaria dovuto alla crisi economica, che ha colpito maggiormente i settori legati ai combustibili tradizionali, questo parametro torni ad riallinearsi alla retta interpolante.

Scenario MIGLIORE

È plausibile che, a causa dell'aumento consistente dei costi dei combustibili fossili tradizionali e a una conseguente maggior competitività delle fonti rinnovabili nel sistema

energetico, il trend di consumo di combustibili fossili per energia primaria inizi a decrescere molto velocemente. Inoltre, la riduzione di questo parametro potrebbe probabilmente essere forzata attraverso forti incentivi allo scopo di migliorare la competitività dell'industria italiana e la sicurezza nell'approvvigionamento (punto di debolezza dell'economia italiana).

In questo secondo scenario si assume quindi che entro il 2030 il rinnovabile passi dal coprire il 12% della domanda energetica al 40%.

Si precisa che secondo questo scenario per ottenere un livello così ambizioso, nel 2020 bisogna aver raggiunto una percentuale di energia rinnovabile sulla domanda energetica primaria del 26%, valore nettamente superiore rispetto all'obiettivo approvato con il "pacchetto clima-energia, obiettivo: 20/20/20".

Scenario TENDENZIALE

Allo scopo di considerare l'eventualità che il consumo di combustibili fossili per energia primaria segua un trend intermedio tra i due precedenti scenari si ipotizza un terzo scenario, denominato come TENDENZIALE.

In questo terzo scenario i dati di consumo di energia primaria previsti per gli anni successivi al 2009 sono stimati come media pesata tra i valori dei due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Lo scenario TENDENZIALE descrive il caso in cui nel 2020 venga rispettato l'obiettivo di portare la percentuale di energia rinnovabile al 20%. Valore comunque al di sopra dell'impegno preso dal Parlamento, che ha approvato una direttiva che stabilisce obiettivi nazionali obbligatori del 17%, allo scopo di garantire che nell'UE nel 2020 si raggiunga una media del 20% del consumo di energia da fonti rinnovabili. Ma raggiunge nel 2030 un obiettivo analogo a quello che lo scenario MIGLIORE presenta nel 2020.

Tab. 5.49 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.5	0.8517
2020	0.5	0.8145
2025	0.5	0.7773
2030	0.5	0.7401

Tab. 5.50 – Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

<i>Scenario</i>	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.8962	0.8073
2020	0.8909	0.7382
2025	0.8856	0.6691
2030	0.8802	0.6000

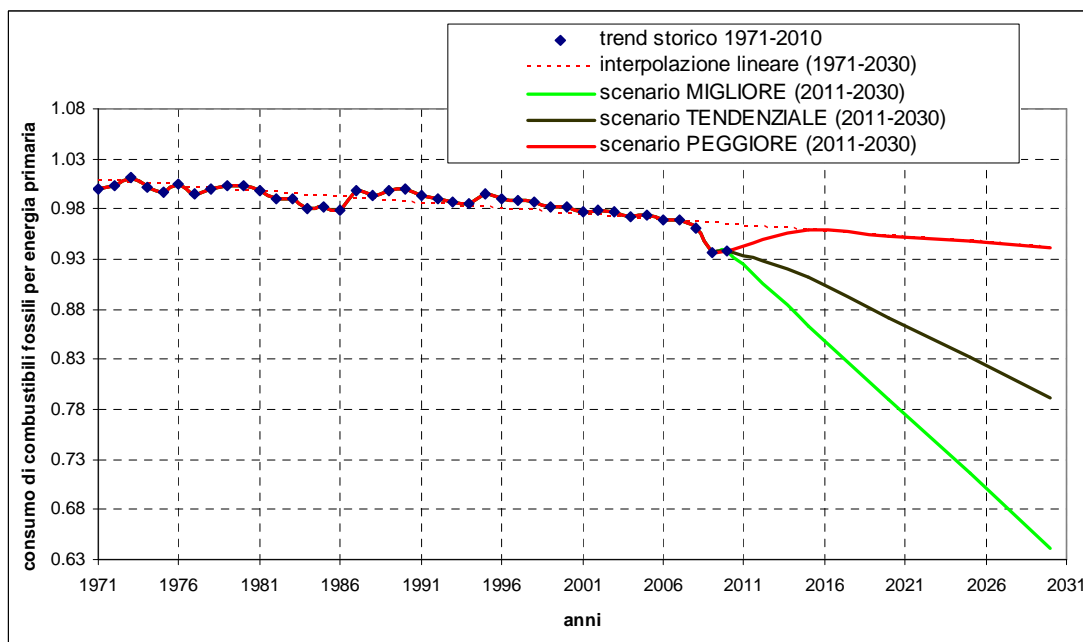


Fig. 5.65 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.12 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Italia

Scenario MIGLIORE

Si valuta il caso in cui il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili torni a decrescere in modo lineare con un tasso annuo medio pari al valore medio dell'interno trend storico di -0.28%, sebbene dal 1995 si sia verificato un rallentamento nel trend.

Tab. 5.51 – Dati previsti dallo scenario MIGLIORE

anni	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)
2015	62.7044
2020	61.8029
2025	60.9015
2030	60.0000

Scenario PEGGIORE

Nello scenario PEGGIORE si ipotizza che nei prossimi anni il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili si asintotizzi ad un valore costante, pari alla media dei dati registrati nel periodo 1995-2010 di *65.61 g/MJ*.

Scenario TENDENZIALE

Allo scopo di considerare l'eventualità che il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili segua un trend intermedio tra i due precedenti scenari si ipotizza questo terzo scenario, in cui i dati sono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Si da maggior peso allo scenario MIGLIORE, soprattutto nei primi anni, in funzione della forte riduzione registrata negli ultimi anni della serie storica (2006-2010).

Tab. 5.52 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	a	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)
2015	0.10	62.9946
2020	0.15	62.3734
2025	0.20	61.8424
2030	0.25	61.4015

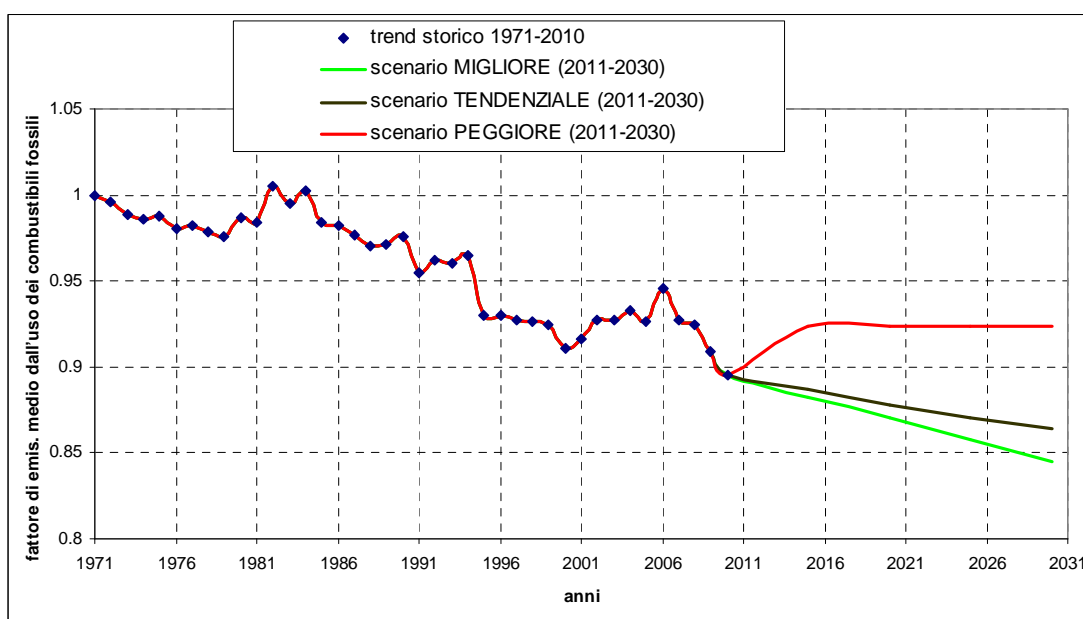


Fig. 5.66 – Italia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1971.

5.3.13 Emissioni di CO₂, Italia

Per stimare le emissioni di CO₂, analogamente a quanto visto su scala mondiale (par. 5.1.13), sono stati usati due approcci: “approccio con interpolazione” e “approccio Kaya Identity”.

Approccio con interpolazione

Si considera come curva interpolante della serie storica una funzione lineare con $R^2=0.8306$.

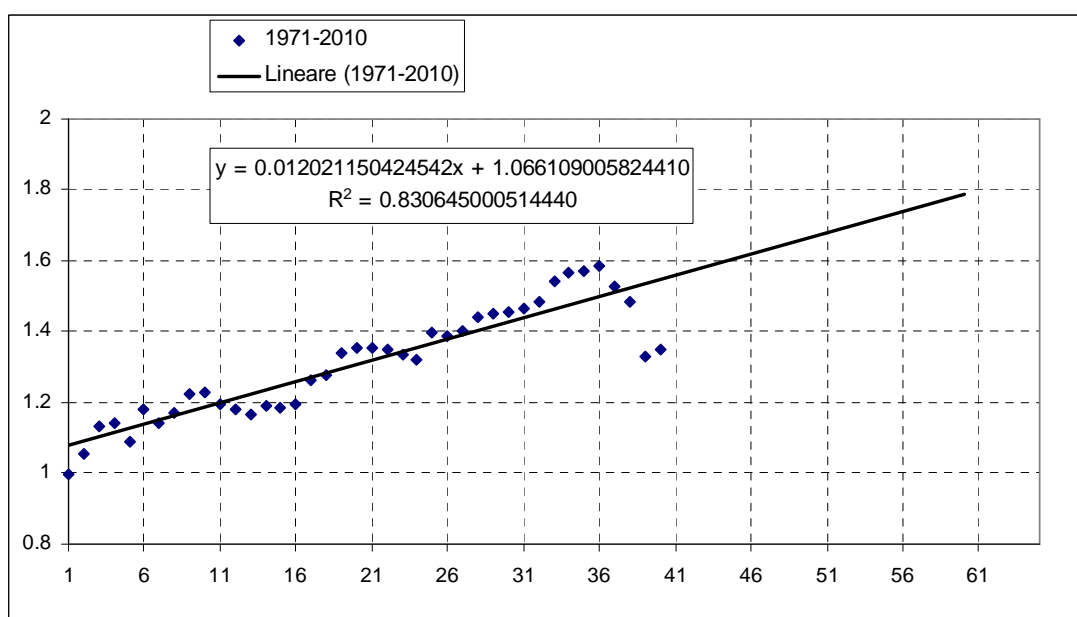


Fig. 5.67 – Italia: regressione lineare del trend storico di emissioni di CO₂ (1971-2010)

In funzione delle soprastanti assunzioni statistiche si prevedono i seguenti valori:

Tab. 5.53 – Dati previsti dall’interpolazione lineare

anni	Emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)
2015	470.77
2020	488.38
2025	505.99
2030	523.60

Approccio Kaya Identity

Vengono proposti i tre scenari (MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE), seguendo il medesimo schema di calcolo adottato su scala mondiale (par. 5.1.13).

– “Approccio Kaya Identity” a 4 parametri

Tab. 5.54 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 4 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO₂)	(Mton di CO₂)	(Mton di CO₂)
2015	325.61	481.80	379.86
2020	285.88	509.18	356.14
2025	247.06	535.79	338.02
2030	209.14	561.60	323.02

– “Approccio Kaya Identity” a 6 parametri

Tab. 5.55 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 6 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO₂)	(Mton di CO₂)	(Mton di CO₂)
2015	328.45	495.35	379.65
2020	292.29	531.01	359.48
2025	257.73	567.01	340.14
2030	224.75	603.33	321.55

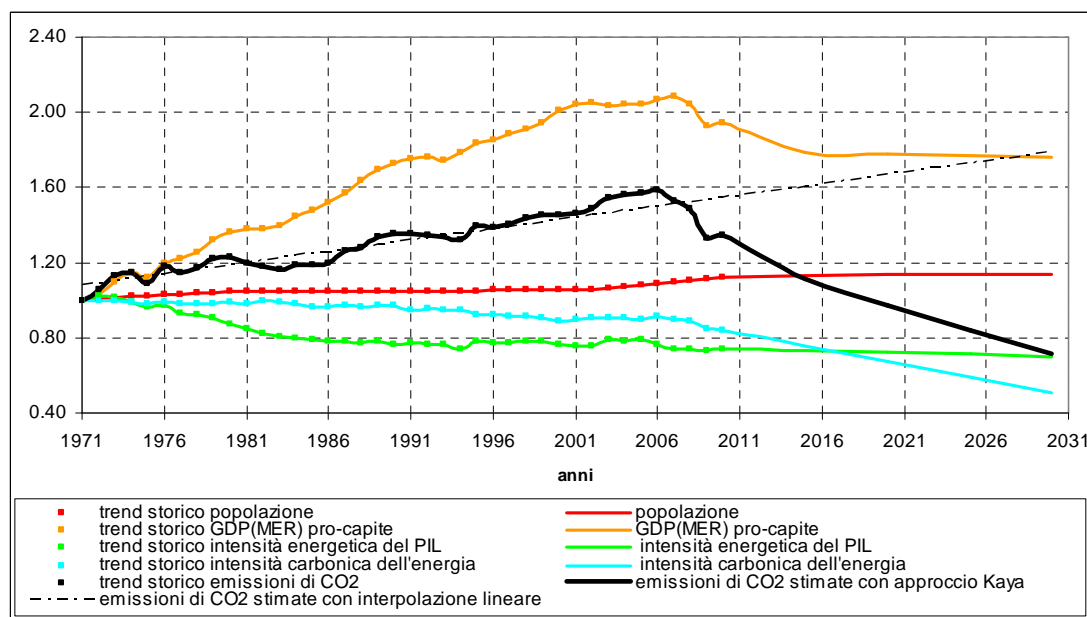


Fig. 5.68 – Italia: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

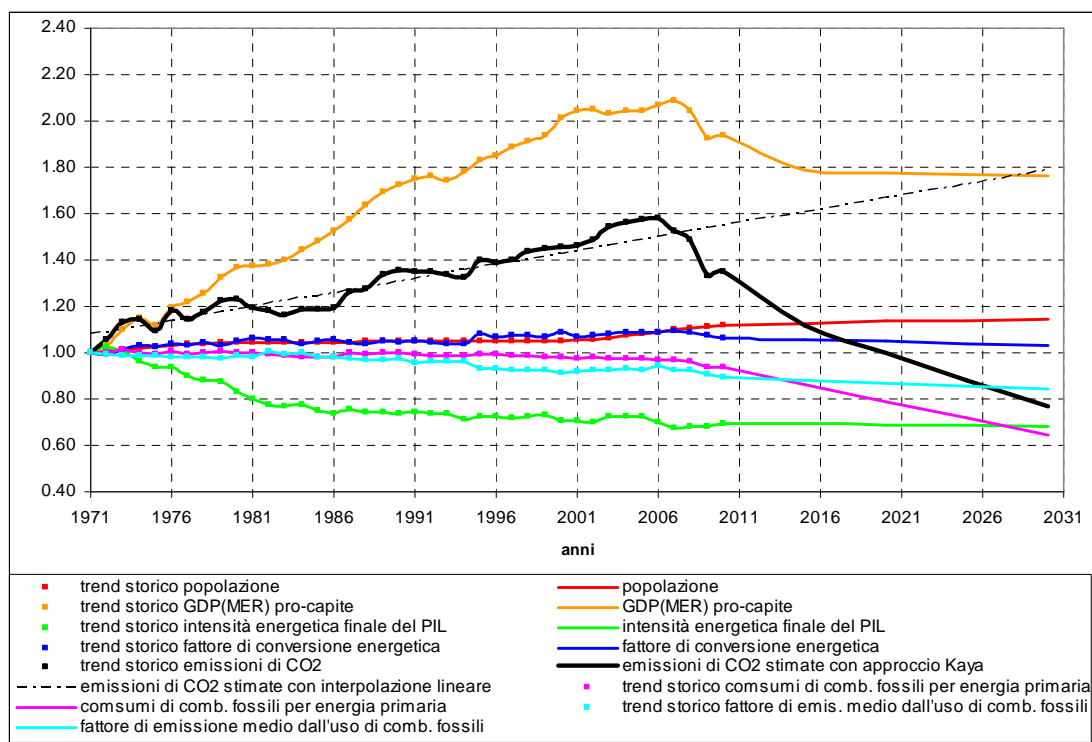


Fig. 5.69 – Italia: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Lo scenario MIGLIORE deriva da assunzioni meno probabili dello scenario TENDENZIALE, ma come già detto può essere utili per effettuare alcune considerazioni.

Su scala italiana sia nello scenario TENDENZIALE, che a maggior ragione in quello MIGLIORE, a fronte delle attuali difficoltà, si ha una visione più pessimistica riguardo alla ripresa economica italiana.

Le differenze tra quanto proposto da questo scenario e quello più probabile è che nell’assumere il trend del PIL, dopo una forte riduzione causata dall’attuale crisi, dal 2015 in poi, invece di tornare a crescere, mantiene un valore costante.

Il parametro di intensità energetica e di intensità energetica finale del PIL, rispettivamente con l’approccio Kaya Identity a 4 e a 6 parametri, seguono un trend in riduzione, nonostante nell’ultimo ventennio in Italia i valori di questi parametri siano diminuiti solo di poco.

Con l’approccio Kaya Identity a 4 parametri altro driver che si discosta dallo scenario più probabile è l’intensità carbonica dell’energia, che nello scenario MIGLIORE viene proposta con un trend di estrema riduzione, possibile solo con l’applicazione di ingenti incentivi al rinnovabile, che permettano di passare dal 12% della domanda energetica al 40% in soli 20 anni e con ulteriori miglioramenti in termini di fattore di emissioni medio da combustibili fossili. Si precisa che in Italia non è presente l’energia di origine nucleare, quindi l’impegno del 40% di energia non fossile è molto più difficoltoso da raggiungere, rispetto all’impegno europeo proposto nel medesimo scenario.

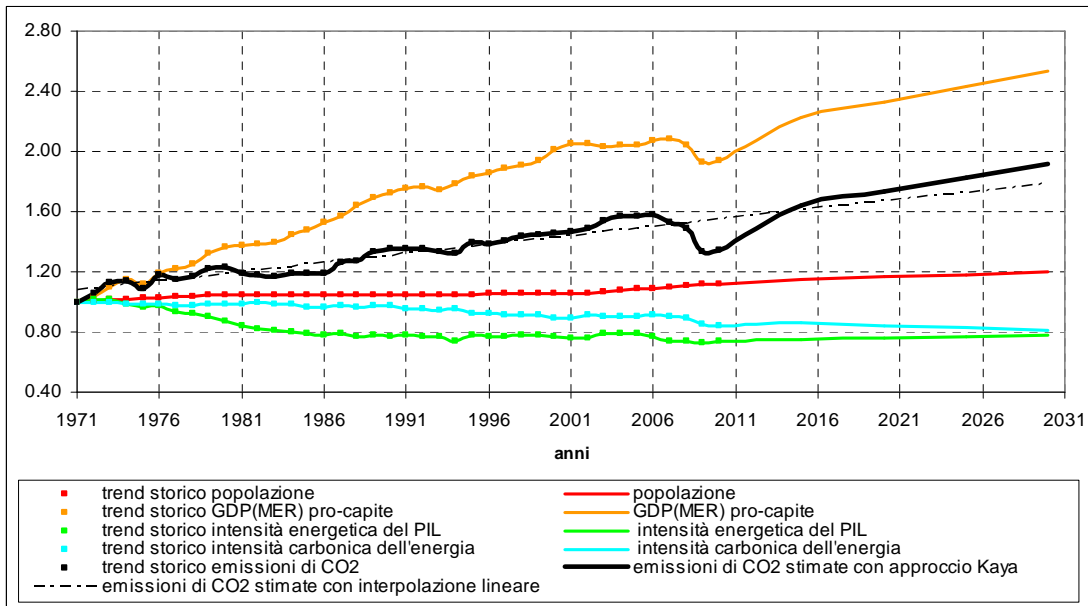


Fig. 5.70 – Italia: scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

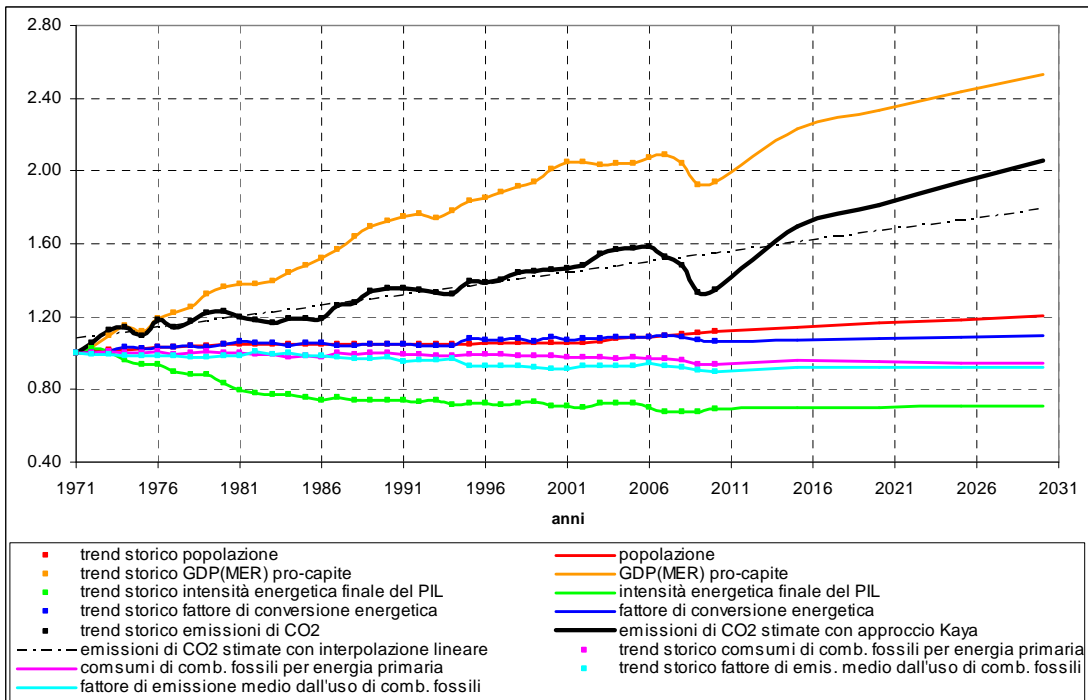


Fig. 5.71 – Italia: scenario PEGGIORE stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Lo scenario PEGGIORE propone un trend emissivo in continua crescita, portando già nel 2006 un livello emissivo peggiore, seppur di poco, rispetto a quello del 2006, picco massimo nel trend storico italiano, e raggiungendo nel 2030 un valore di circa il 50% maggiore rispetto ai dati registrati nel 2009.

Ciò che differenzia maggiormente questo scenario da quello più probabile, è che valuta il caso di un immediata ripresa economica che riporta il PIL a riallinearsi all'andamento storico già dal 2015, e un andamento dei consumi energetici che dopo un'accelerazione dovuta alla ripresa dalla crisi continuano a crescere fortemente con un tasso annuo medio di circa +1.5% in linea con quanto si registra mediamente dal 1990 al 2006, prima che i consumi cominciassero a decrescere.

Un andamento dei consumi energetici di questo tipo, deriva dall'ipotesi che sarà sempre più difficile svincolare una crescita del PIL dai consumi energetici, in linea con quanto si osserva storicamente negli ultimi due decenni, nei quali il trend di intensità energetica del PIL pur presentandosi abbastanza variabile si è mantenuto intorno ad un valore circa costante.

Si ipotizza poi un leggero peggioramento nel fattore di conversione energetica k conseguente alla crescita della domanda energetica, e con una visione molto pessimistica e poco realistica si ipotizza che il consumo di combustibili fossili torni a crescere con la ripresa dalla crisi, riallineandosi poi con il trend storico di leggera riduzione. Si valuta il caso in cui il fattore di emissioni medio da combustibili fossili dopo il 2010 torni a crescere asintotizzandosi al valore medio registrato storicamente dai dati degli ultimi 15 anni, che al di là della diminuzione degli ultimi 4 anni presenta una sostanziale stabilità.

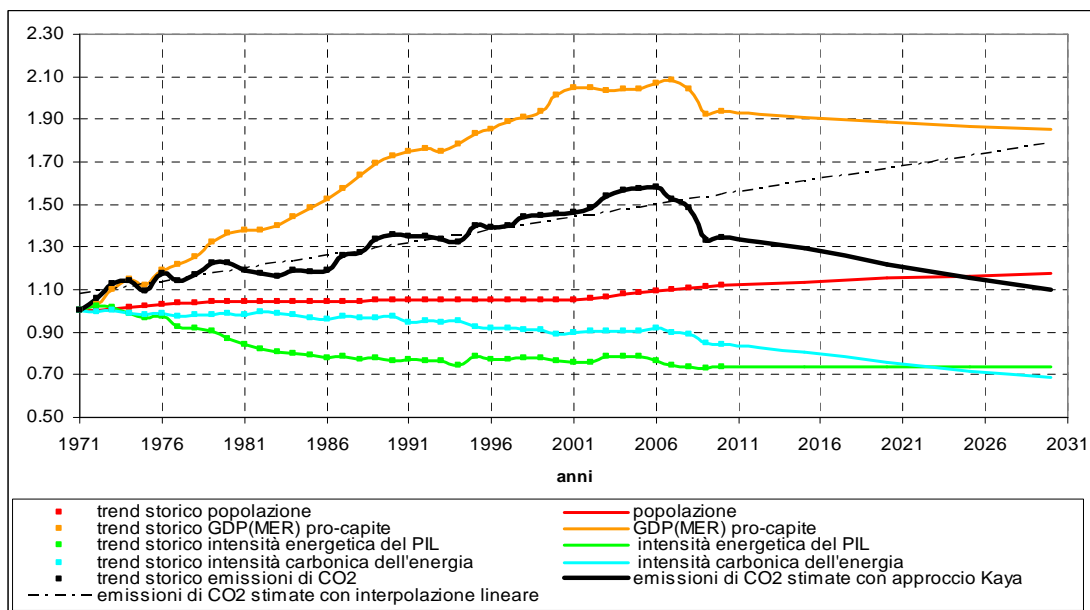


Fig. 5.72 – Italia: scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

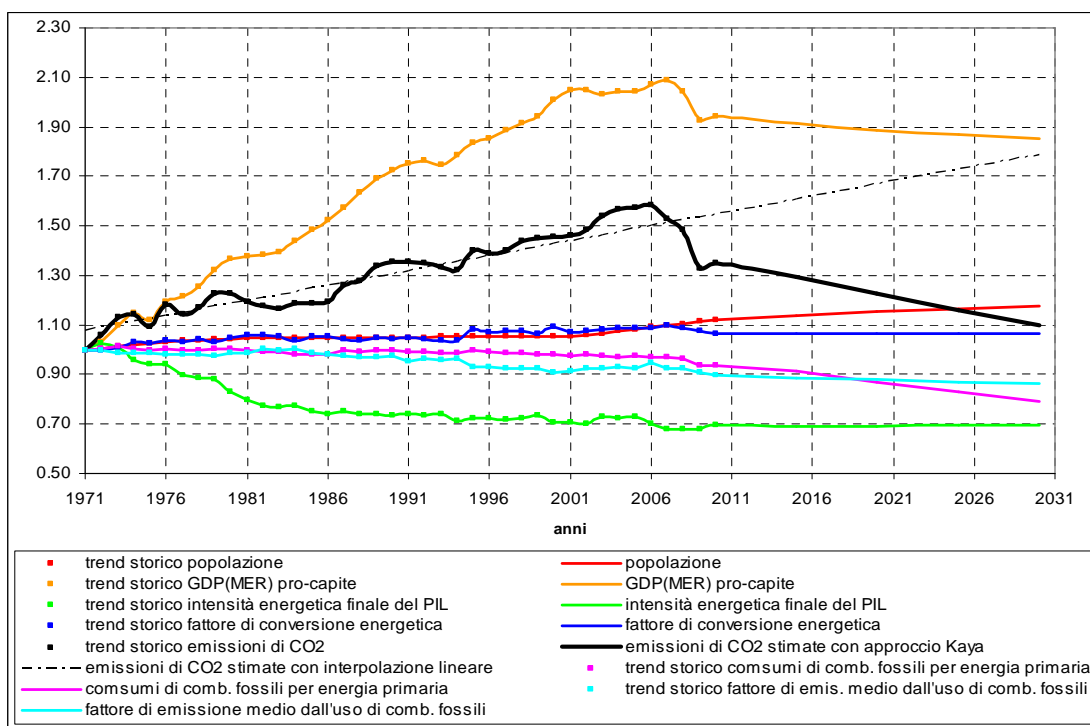


Fig. 5.73 – Italia: scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Come già detto, a fronte delle attuali difficoltà economiche, si ha una visione più pessimistica riguardo alla ripresa economica italiana, si quindi suppone che entro il 2015 il PIL torni a valori prossimi a quelli del 2010, e dal 2015 al 2030 si assume un tasso annuo medio di crescita del PIL pari a circa +1%.

Molto probabilmente il trend della popolazione, seppur con velocità sempre minori, continuerà a crescere, e ne deriva un trend di PIL pro-capite in leggera riduzione.

Si ipotizza poi che entro il 2030 l'energia derivante da fonti rinnovabile copra il 26% dei consumi di energia primaria.

In linea con la difficoltà italiana di migliorare i valori di intensità energetica del PIL, si ipotizza che questo parametro si mantenga costante ad un valore pari alla media degli ultimi 4 anni, che rappresentano i dati migliori registrati negli ultimi 20 anni.

Lo scenario TENDENZIALE stima un livello di emissioni di CO₂ di circa 323 Mton di CO₂ (valore medio tra approccio Kaya Identity a 4 e 6 parametri), con una riduzione rispetto al 2005 del 30% nel 2030, e del 23% nel 2020 superando l'obiettivo che il pacchetto "clima-energia, obiettivo: 20/20/20" si prefiggerebbe di raggiungere per le emissioni ad effetto serra per il 2020 grazie soprattutto all'influenza della crisi economica sui consumi energetici. Per il periodo 2009-2030 si ipotizza una riduzione di emissioni del 17%, minore rispetto a quella europea perché su scala italiana si è ipotizzano miglioramenti di intensità energetica minori di quelli europei.

5.4 SCENARIO LOMBARDO

Nel paragrafo dedicato all'analisi italiana i trend storici utilizzati per stimare le proiezioni future coprono il periodo 1990-2010 per tutti i parametri della Kaya Identity.

È bene precisare che spesso i dati lombardi, in particolare quelli dei consumi energetici, derivano da interpolazioni o da disaggregazione di dati nazionali, quindi i trend che ne derivano sono meno significativi di quelli nazionali e le proiezioni future che ne derivano più incerte.

5.4.1 Metodologia, Lombardia

La metodologia adottata per i dati Lombardi è la stessa di quella europea, ed è di seguito riassunta in fig. 5.74 evidenziando in grassetto i termini della Kaya Identity a 4 e a 6 parametri e di questi in azzurro quelli su cui si stabiliscono le assunzioni, mentre in bianco quelli derivati.

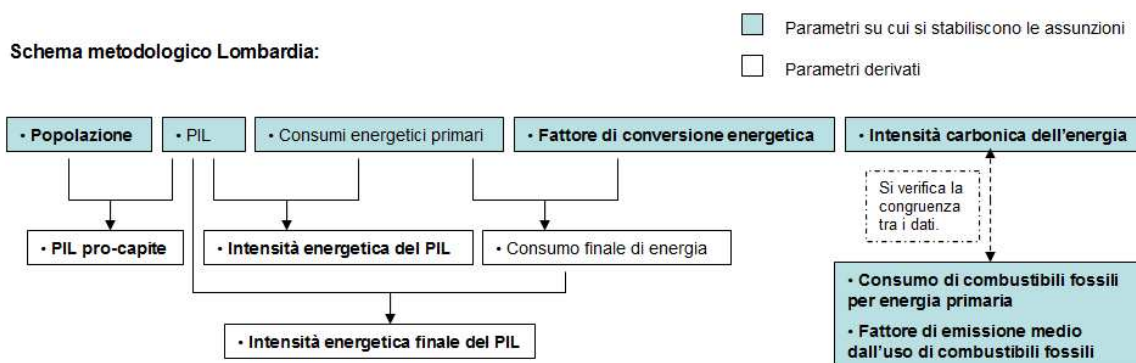


Fig. 5.74 – Lombardia: Schema metodologico per stimare i parametri della Kaya Identity.

5.4.2 Popolazione, Lombardia

Scenario MIGLIORE, TENDENZIALE e PEGGIORE

Lo scenario più probabile (TENDENZIALE) presenta un tasso annuo medio di crescita analogo a quello dell'intero trend storico pari a 0.53%.

Lo scenario PEGGIORE, presenta un tasso annuo medio di crescita di 1.09% analogo a quello registrato dal 2003 al 2010, anni in cui si verifica un'accelerazione.

Nello scenario MIGLIORE si valuta il caso in cui nei primi anni a causa della crisi la popolazione cresca molto lentamente riallineandosi alla retta interpolante, una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.8382.

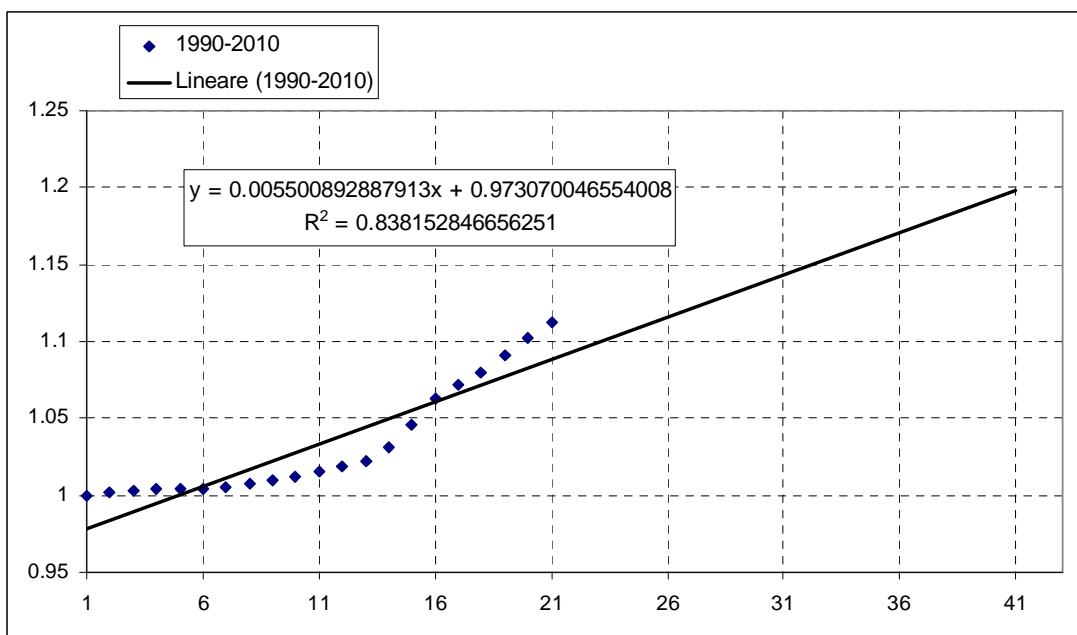


Fig. 5.75 – Lombardia: regressione lineare del trend storico di intensità carbonica dell’energia (1990-2010).

Tab. 5.56 –Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)	Popolazione (Milioni di abitanti)
2015	10.0871	10.2696	9.8631
2020	10.3481	10.7131	10.1061
2025	10.6090	11.1565	10.3492
2030	10.8700	11.6000	10.5923

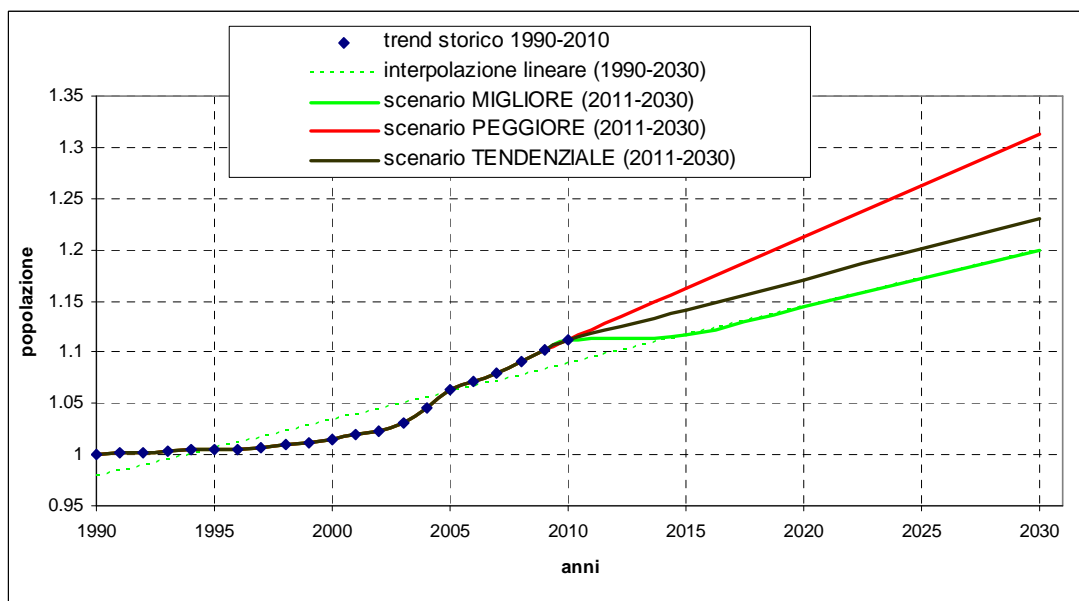


Fig. 5.76 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.3 PIL, Lombardia

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante del PIL(MER) una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.6628.

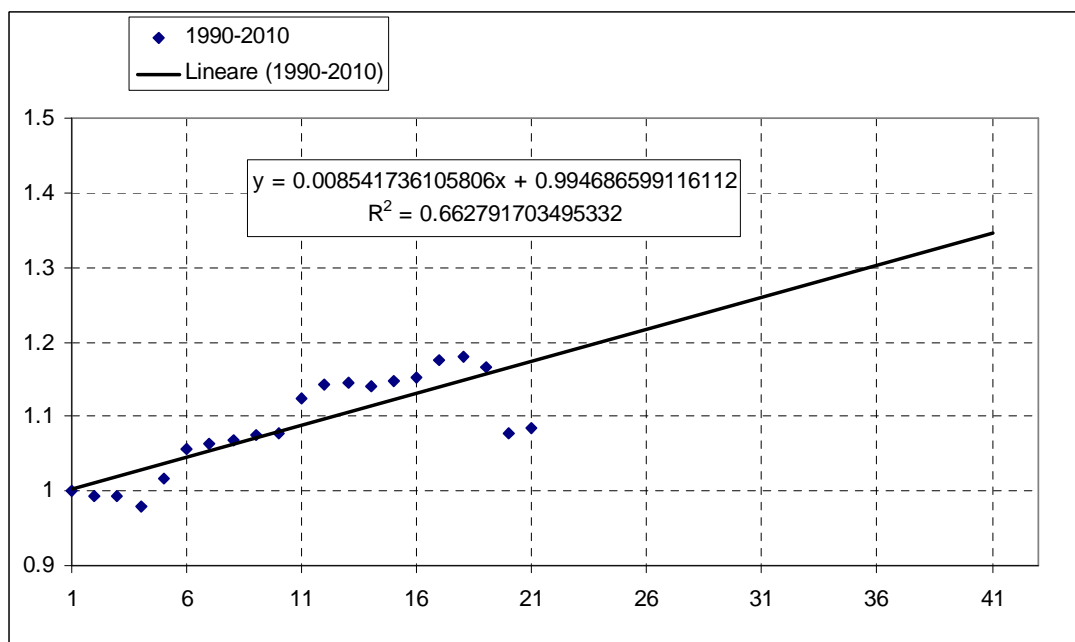


Fig. 5.77 – Lombardia: regressione lineare trend storico PIL (1990-2010). Il PIL è espresso come PIL(MER), ma la differenza con il PIL(PPP) è minima e non sarebbe visibile in questa tipologia di grafico.

Lo scenario PEGGIORE valuta il caso in cui ci sia una rapida ripresa economica ed il PIL vada a riallinearsi alla retta di regressione.

Tab. 5.57 –Dati previsti dallo scenario PEGGIORE

anni	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)
2015	238.9960
2020	251.1906
2025	261.0201
2030	270.9356

Scenario MIGLIORE

Si valuta il caso in cui l’economia lombarda non riesca ad uscire dalla crisi e si mantenga ad un valore costante e pari al dato medio tra gli anni 2009 e 2010 di 217.9 miliardi di dollari US.

Scenario TENDENZIALE

Per lo scenario TENDENZIALE si utilizza la formulazione 5.6 dando inizialmente maggior peso allo scenario MIGLIORE, data l’attuale difficoltà ad uscire dalla crisi, per portarsi nel 2030 ad assumere un valore medio tra i due scenari.

Tab. 5.58 – Valori del parametro *a* e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	<i>a</i>	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)
2015	0.2	223.3107
2020	0.3	228.6185
2025	0.4	235.6471
2030	0.5	244.3965

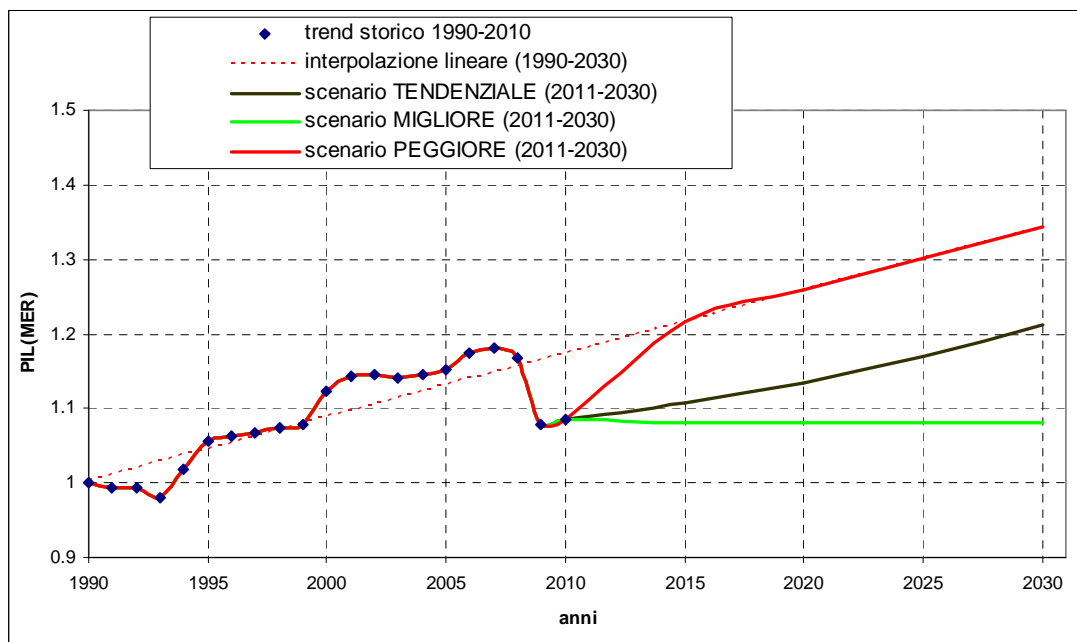


Fig. 5.78 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.4.4 PIL pro-capite, Lombardia

Scenario MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE

Le proiezioni dei dati di PIL pro-capite sono state stimate rapportando i dati annuali di PIL con quelli di popolazione degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.4.2 e 5.4.1), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.59 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
----------	-------------	----------	----------

anni	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)
2015	22.1382	23.8689	22.0882
2020	22.0929	23.6840	21.5569
2025	22.2119	23.5137	21.0506
2030	22.4836	23.3565	20.5676

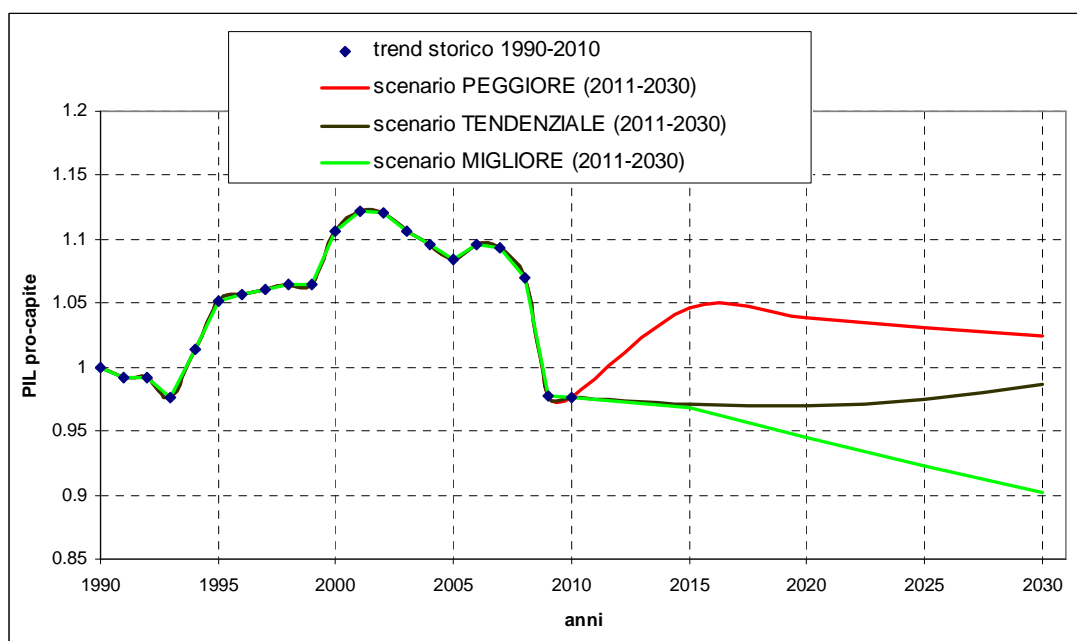


Fig. 5.79 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.4.5 Intensità energetica del PIL, Lombardia

Scenario MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE

Il trend storico di intensità energetica del PIL presenta un andamento più o meno costante, ad eccezione degli anni 2009 e 2010, che come già detto potrebbero contenere degli errori.

Per lo scenario MIGLIORE si valuta il caso in cui i dati di intensità energetica tendano a diminuire riportandosi nel 2030 al valore medio del trend storico di $5.71 \text{ MJ}/\text{\$}$, calcolato escludendo i dati 2009 e 2010.

Lo scenario PEGGIORE rappresenta il caso in cui l'intensità energetica del PIL nel periodo 2010-2030 mantenga un valore costante pari a quello dell'anno 2010 di $6.29 \text{ MJ}/\text{\$}$.

I dati dello scenario TENDENZIALE sono stimati come media pesata tra i valori dei due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Tab. 5.60 – Dati previsti dallo scenario MIGLIORE

anni	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	6.1419
2020	5.9983
2025	5.8547
2030	5.7111

Tab. 5.61 – Dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	<i>a</i>	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	0.5	6.2137
2020	0.5	6.1419
2025	0.5	6.0701
2030	0.5	5.9983

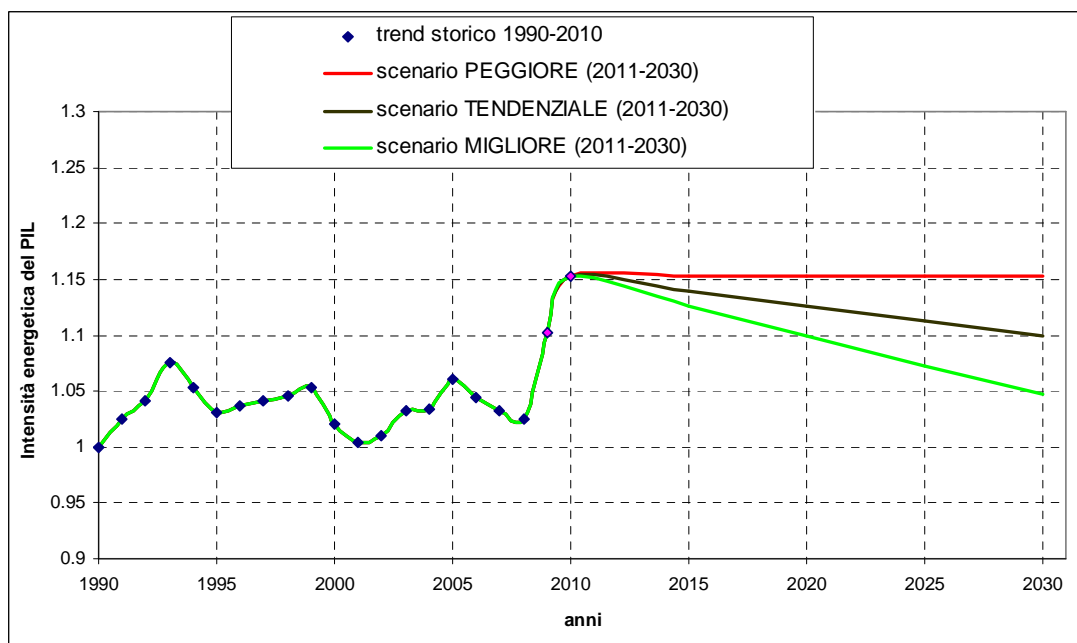


Fig. 5.80 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.4.6 Consumo di energia primaria, Lombardia

Scenario MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE

Le proiezioni future di consumo di energia primaria sono stimate come prodotto tra i dati di PIL e i dati di intensità energetica del PIL, degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.4.2 e 5.4.4), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.62 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)	Consumo di energia primaria (PJ)
2015	1387.58	1540.72	1338.06
2020	1404.15	1594.80	1306.77
2025	1430.40	1648.88	1275.49
2030	1465.96	1702.96	1244.20

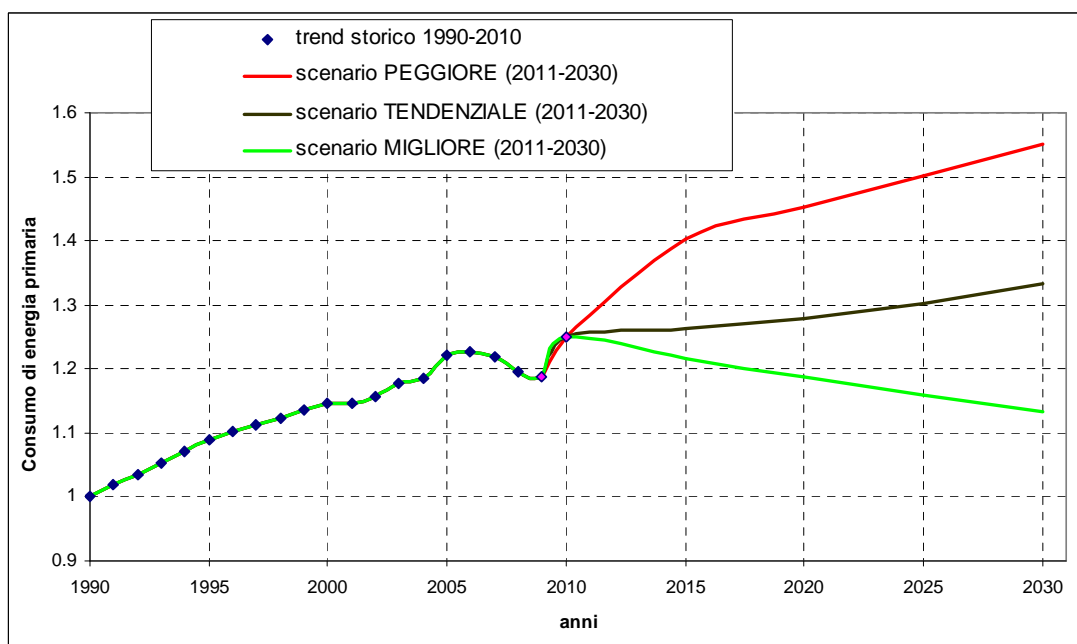


Fig. 5.81 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.7 Intensità carbonica dell'energia, Lombardia

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante della serie storica una funzione lineare in cui R^2 risulta pari a 0.4308. Non si considera però l'intera serie storica, ma si esclude il periodo 1991-1999 perché considerato derivante da una sottostima del dato di emissione del 1997.

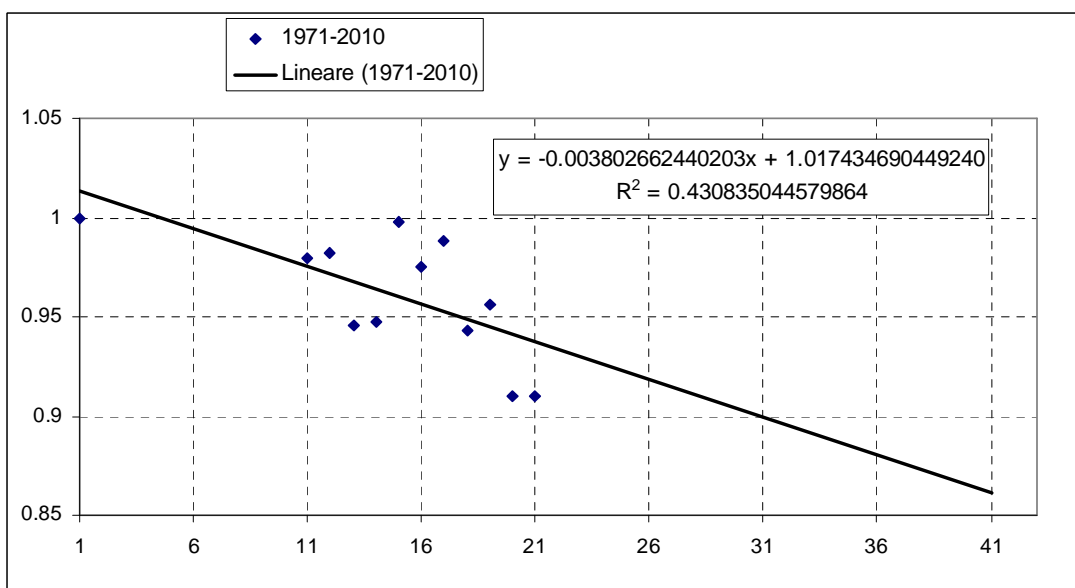


Fig. 5.82 – Lombardia: regressione lineare del trend storico di intensità carbonica dell'energia (1971-2010)

Scenario MIGLIORE

Lo scenario MIGLIORE ipotizza una riduzione con un tasso annuo medio analogo a quello registrato negli anni 2006-2010, pari a circa il -2%.

Scenario TENDENZIALE

I dati dello scenario TENDENZIALE sono stimati come media pesata tra i valori dei due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

La stima di questo scenario viene effettuata dando maggior peso al trend dello scenario PEGGIORE, in modo che il valore di intensità carbonica dell'energia risulti in linea con il prodotto tra i dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria e il fattore di

emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (appartenenti agli scenari **PROBABILI**) stimati rispettivamente secondo le metodologie indicate nei paragrafi 5.4.10 e 5.4.11.

Tab. 5.63 – Valori del parametro *a* e dati previsti dallo scenario **TENDENZIALE**

anni	<i>a</i>	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	0.50	45.0873
2020	0.51	43.0858
2025	0.52	40.9705
2030	0.53	38.7413

Tab. 5.64 – Dati previsti dagli scenari futuri **PEGGIORE** e **MIGLIORE**

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)	Intensità carbonica dell'energia (g di CO ₂ /MJ)
2015	47.6560	42.5186
2020	46.6696	37.8124
2025	45.6832	33.1062
2030	44.6967	28.4000

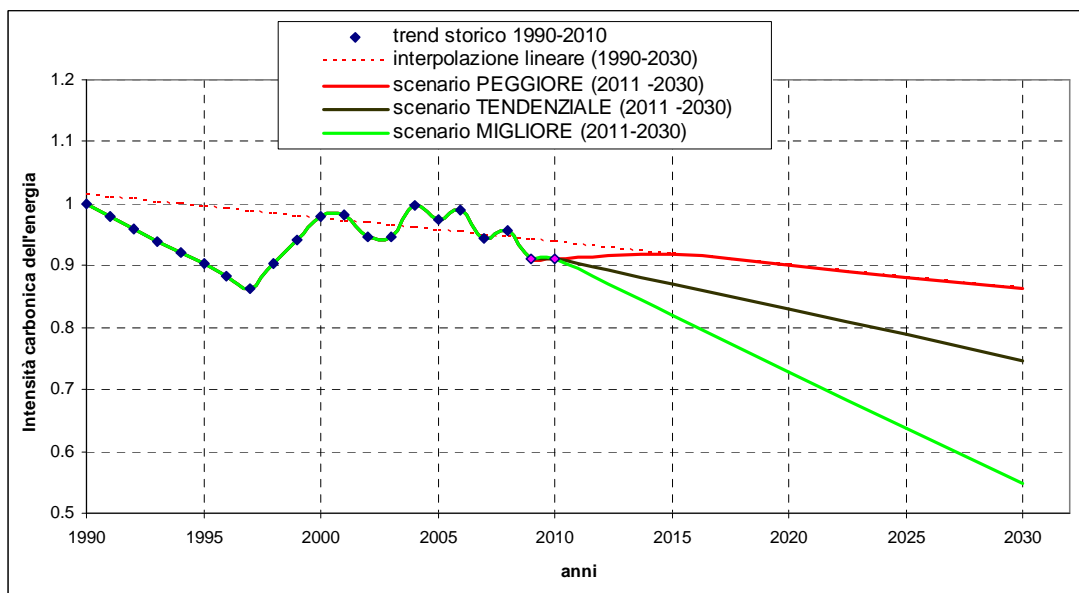


Fig. 5.83 – Lombardia: scenari **PEGGIORE**, **TENDENZIALE** e **MIGLIORE** rispettivamente di colore **ROSSO**, **NERO** e **VERDE**. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.8 Fattore di conversione energetica, Lombardia

Scenario PEGGIORE

Per la costruzione di questo primo scenario si considera che il trend del fattore di conversione energetica aumenti in modo lineare e con un tasso medio annuo di 0.17% analogo a quello del periodo 1990-2007, che esclude gli anni di crisi economica.

Tab. 5.65 – Dati previsti dallo scenario PEGGIORE

anni	Fattore di conversione energetica (-)
2015	1.2504
2020	1.2610
2025	1.2715
2030	1.2820

Scenario MIGLIORE

Viene proposto un secondo scenario del fattore di conversione energetica per valutare il caso in cui si verifichi una diminuzione del valore di k in funzione della diminuzione dei consumi energetici che si ipotizzano nello scenario MIGLIORE del paragrafo 5.3.4. Si può ipotizzare che il trend segua una riduzione lineare con un tasso annuo medio di -0.17%, in modo speculare rispetto allo scenario PEGGIORE.

Tab. 5.66 – Dati previsti dallo scenario MIGLIORE

anni	Fattore di conversione energetica (-)
2015	1.2297
2020	1.2195
2025	1.2092
2030	1.1990

Scenario TENDENZIALE

Allo scopo di considerare l'eventualità più probabile che il fattore di conversione energetica segua un trend intermedio tra i due precedenti scenari si ipotizza un terzo scenario, in cui i dati sono stimati come media pesata tra i valori stimati dai due precedenti scenari, applicando la formula 5.6.

Tab. 5.67 – Valori del parametro *a* e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	<i>a</i>	Fattore di conversione energetica (-)
2015	0.5	1.2401
2020	0.5	1.2402
2025	0.5	1.2404
2030	0.5	1.2405

Tab. 5.68 –Dati previsti dagli scenari futuri PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Fattore di conversione energetica (-)	Fattore di conversione energetica (-)
2015	1.2504	1.2297
2020	1.2610	1.2195
2025	1.2715	1.2092
2030	1.2820	1.1990

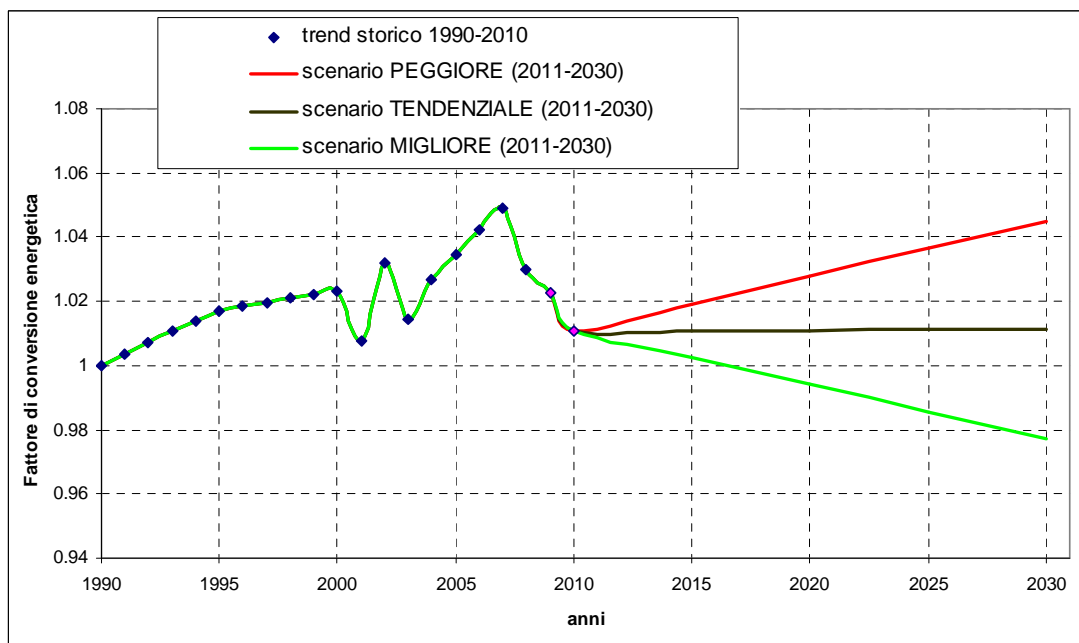


Fig. 5.84 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.9 Consumo finale di energia, Lombardia

Scenario MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE

Le proiezioni future di consumo finale di energia sono stimate come rapporto tra i consumi di energia primaria e il fattore di conversione energetica degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.4.2 e 5.4.7), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.69 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)	Consumo finale di energia (PJ)
2015	1118.95	1232.14	1079.01
2020	1132.18	1264.75	1053.67
2025	1153.22	1296.82	1028.32
2030	1181.75	1328.36	1002.99

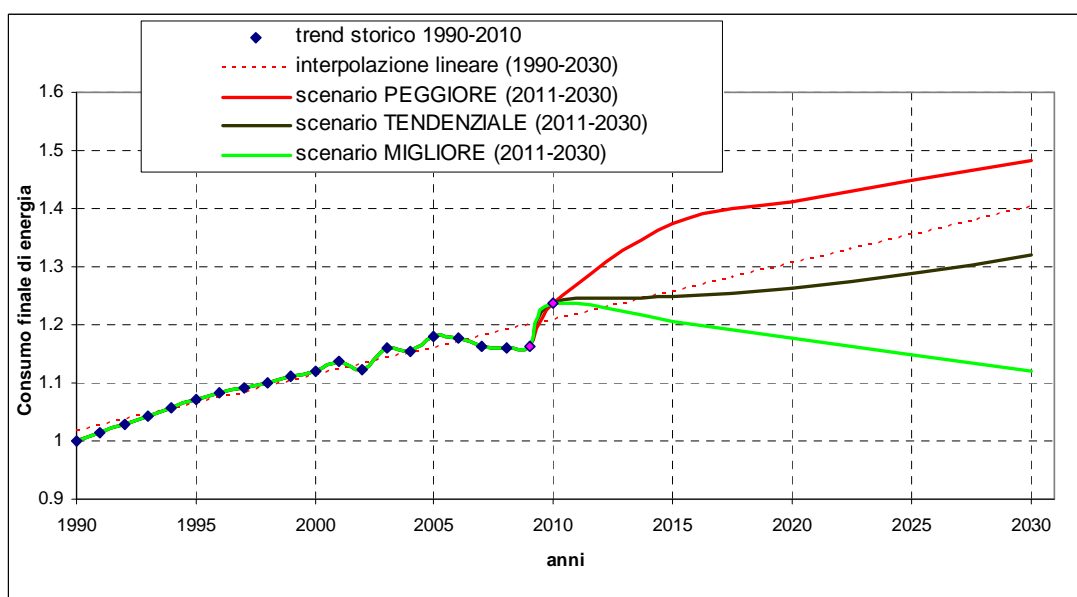


Fig. 5.85 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.10 Intensità energetica finale del PIL, Lombardia

Scenario MIGLIORE, TENDENZIALE e PEGGIORE

Le proiezioni dei dati di intensità energetica finale del PIL sono stimati come rapporto tra i dati annuali di consumo finale di energia e di PIL degli scenari proposti nei precedenti paragrafi (rispettivamente par. 5.4.8 e 5.4.2), combinando tra loro i rispettivi dati degli scenari MIGLIORI, TENDENZIALI e PEGGIORI.

Tab. 5.70 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

Scenario	TENDENZIALE	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)
2015	5.0107	5.0266	4.9529
2020	4.9523	4.9847	4.8365
2025	4.8938	4.9434	4.7202
2030	4.8354	4.9029	4.6039

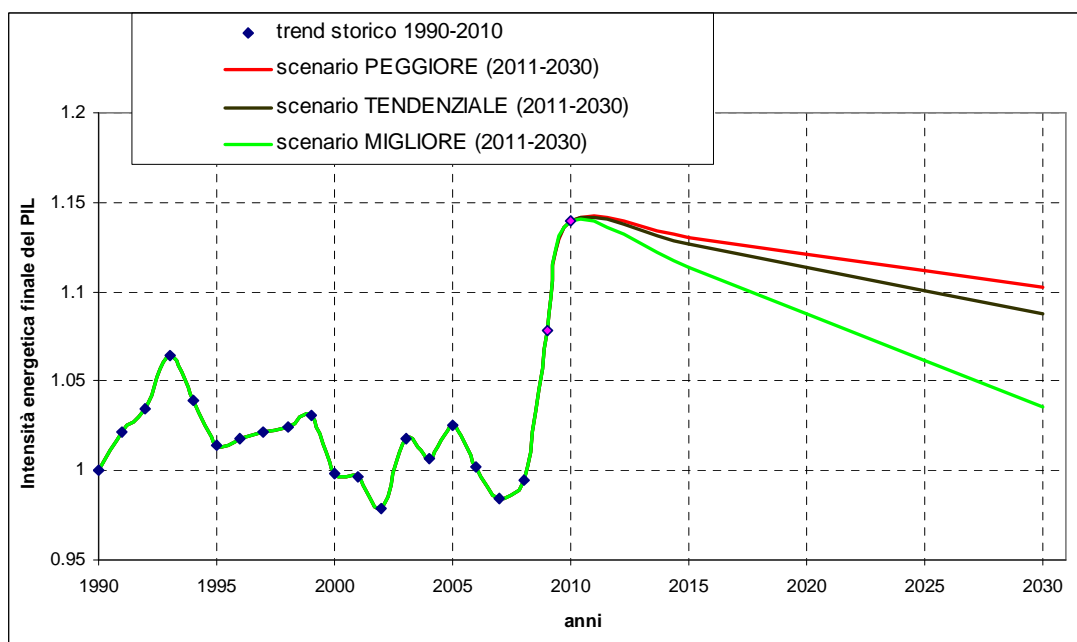


Fig. 5.86 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

5.4.11 Consumo di combustibili fossili per energia primaria, Lombardia

Scenario PEGGIORE

Si considera come curva interpolante dell'intera serie storica una funzione lineare con $R^2=0.4733$.

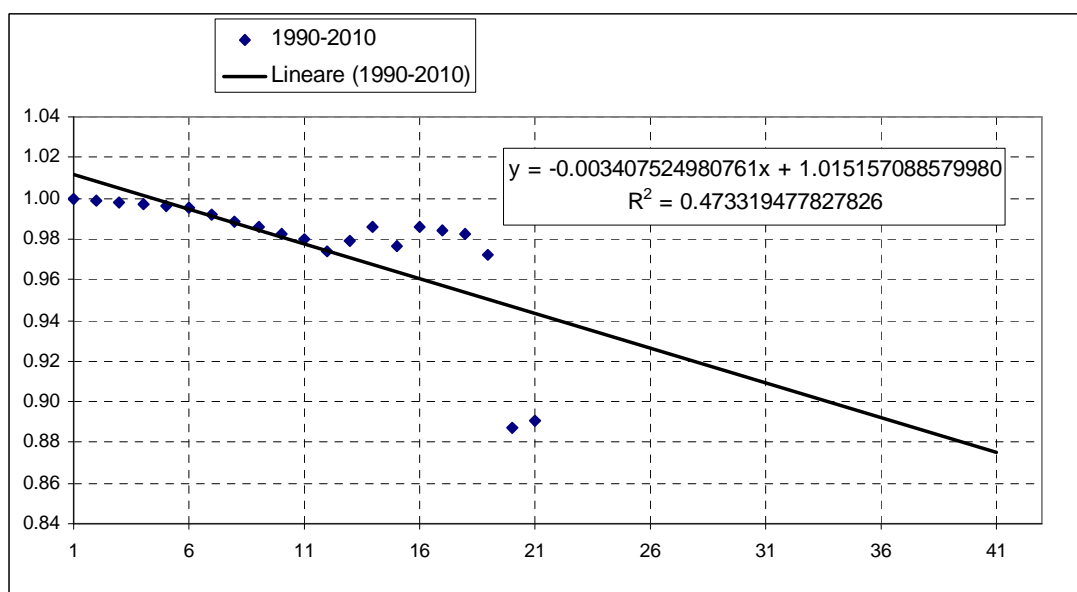


Fig. 5.87 – Lombardia: regressione lineare del trend storico di consumo di combustibili fossili per energia primaria (1990-2010)

Lo scenario PEGGIORE valuta il caso in cui ci sia una rapida ripresa economica, e con essa una ripresa nel consumo di combustibili fossili. I dati vanno quindi a riallinearsi alla retta di regressione.

Tab. 5.71 – Dati previsti dallo scenario PEGGIORE

anni	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.8791
2020	0.8630
2025	0.8468
2030	0.8306

Scenario MIGLIORE

Seguendo la stessa metodologia adottata su scala nazionale, in questo secondo scenario si assume che entro il 2030 il rinnovabile passi dal coprire il 15% della domanda energetica al 40%.

Tab. 5.72 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario MIGLIORE

anni	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.7835
2020	0.7223
2025	0.6612
2030	0.6000

Scenario TENDENZIALE

I dati dello scenario TENDENZIALE sono stimati come media tra i valori dei due precedenti scenari.

Tab. 5.73 – Dati previsti dagli scenari futuri TENDENZIALE, PEGGIORE e MIGLIORE

<i>Scenario</i>	PEGGIORE	MIGLIORE
anni	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.8791	0.7835
2020	0.8630	0.7223
2025	0.8468	0.6612
2030	0.8306	0.6000

Tab. 5.74 – Valori del parametro a e dati previsti dallo scenario TENDENZIALE

anni	<i>a</i>	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)
2015	0.5	0.8313
2020	0.5	0.7926
2025	0.5	0.7540
2030	0.5	0.7153

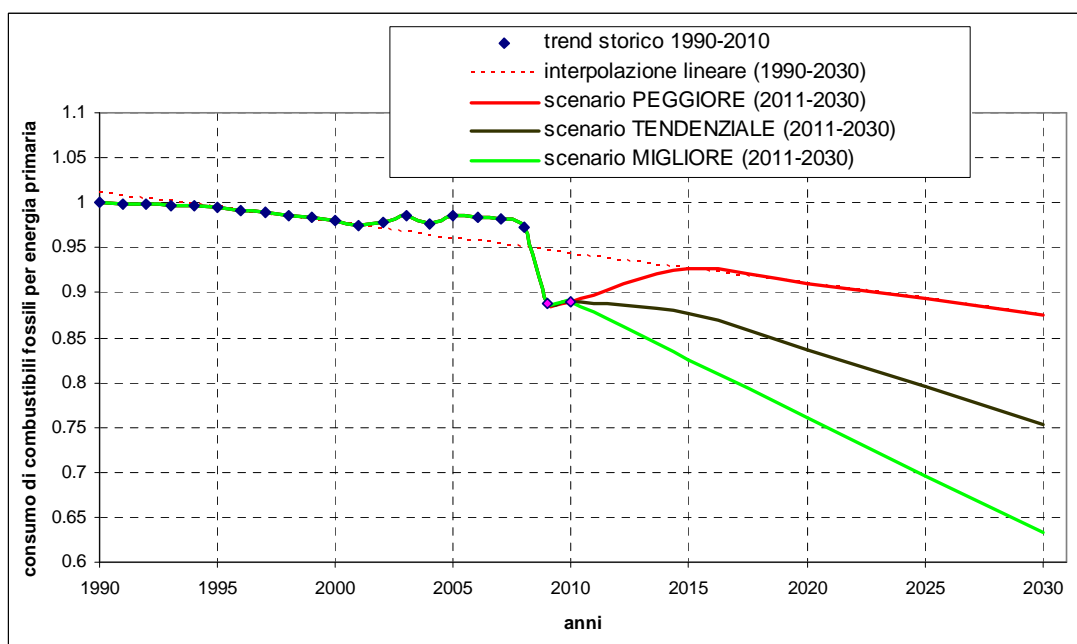


Fig. 5.88 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.12 Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili, Lombardia

Scenario MIGLIORE, TENDENZIALE e PEGGIORE

Se si considerasse come curva interpolante dell'intera serie storica una funzione lineare R^2 risulterebbe molto basso e pari a 0.2516. L'alta variabilità dei dati e il fatto che il trend tenda a crescere rende molto dubbia la significatività del trend e difficoltosa la costruzione di una proiezione futura. Si considera che il dato del 1997 contenga un errore, quindi vengono presi come attendibili solo i dati dell'ultimo decennio.

Come già detto in fase di analisi, il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili lombardo è al di sotto del valore medio nazionale, perché in Lombardia è molto alta la componente di emissioni ombra, ovvero quelle emissioni derivanti da tutti i consumi energetici compresi la quota parte di energia elettrica importata.

Nella costruzione degli scenari non verrà comunque tenuto conto di quest'ultimo aspetto e si ipotizza che si verificherà tendenzialmente un andamento costante di questo fattore, senza quindi internalizzare le emissioni ombra.

Gli scenari PEGGIORE e MIGLIORE vengono costruiti ipotizzando che dal 2015 il primo assuma in modo costante il valore più alto registrato dal 2000 al 2010 di 56.1 g/MJ , mentre il secondo il valore più basso di 52.5 g/MJ .

I dati dello scenario TENDENZIALE sono stimati come media tra i valori dei due precedenti scenari, ed assume un valore costante di 54.3 g/MJ.

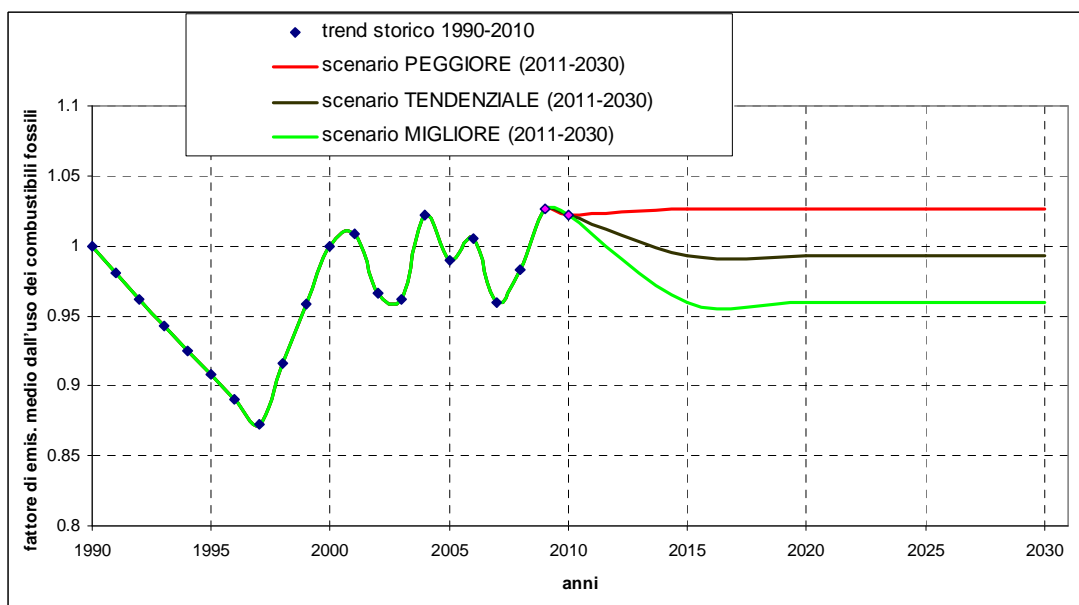


Fig. 5.89 – Lombardia: scenari PEGGIORE, TENDENZIALE e MIGLIORE rispettivamente di colore ROSSO, NERO e VERDE. I dati sono normalizzati al 1990.

5.4.13 Emissioni di CO₂, Lombardia

Per stimare le emissioni di CO₂, analogamente a quanto visto su scala mondiale (par. 5.1.13), sono stati usati due approcci: “approccio con interpolazione” e “approccio Kaya Identity”.

Approccio con interpolazione

Si considera come curva interpolante della serie storica una funzione lineare con $R^2=0.6779$.

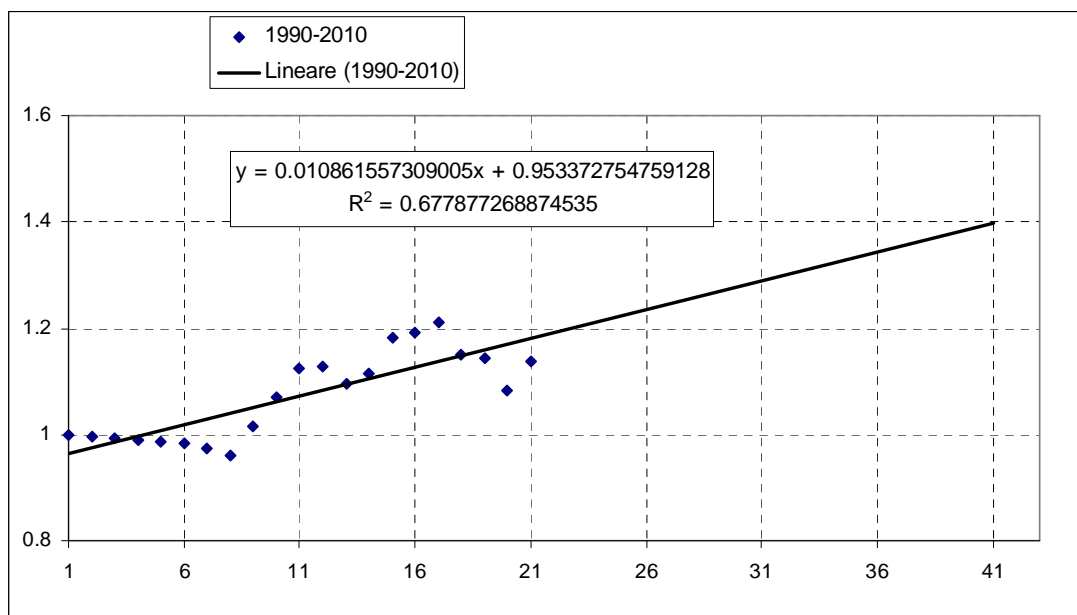


Fig. 5.90 – Lombardia: regressione lineare del trend storico di emissioni di CO₂ (1990-2010)

Tab. 5.75 – Dati previsti dall’interpolazione lineare

anni	Emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)
2015	70.4652
2020	73.5619
2025	76.6585
2030	79.7552

Approccio Kaya Identity

Vengono proposti i tre scenari (MIGLIORE, PEGGIORE e TENDENZIALE), seguendo il medesimo schema di calcolo adottato su scala mondiale (par. 5.1.13).

– “Approccio Kaya Identity” a 4 parametri

Tab. 5.76 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 4 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)
2015	56.8922	73.4248	62.5624
2020	49.4122	74.4288	60.4989
2025	42.2266	75.3262	58.6041
2030	35.3354	76.1168	56.7932

– “Approccio Kaya Identity” a 6 parametri

Tab. 5.77 – Dati di emissioni di CO₂ previsti dai tre scenari con “approccio Kaya Identity” a 6 parametri.

	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
anni	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)	(Mton di CO ₂)
2015	54.5614	75.9860	62.6259
2020	48.7114	77.2068	60.4259
2025	43.1491	78.3296	58.5528
2030	37.8692	79.3542	56.9312

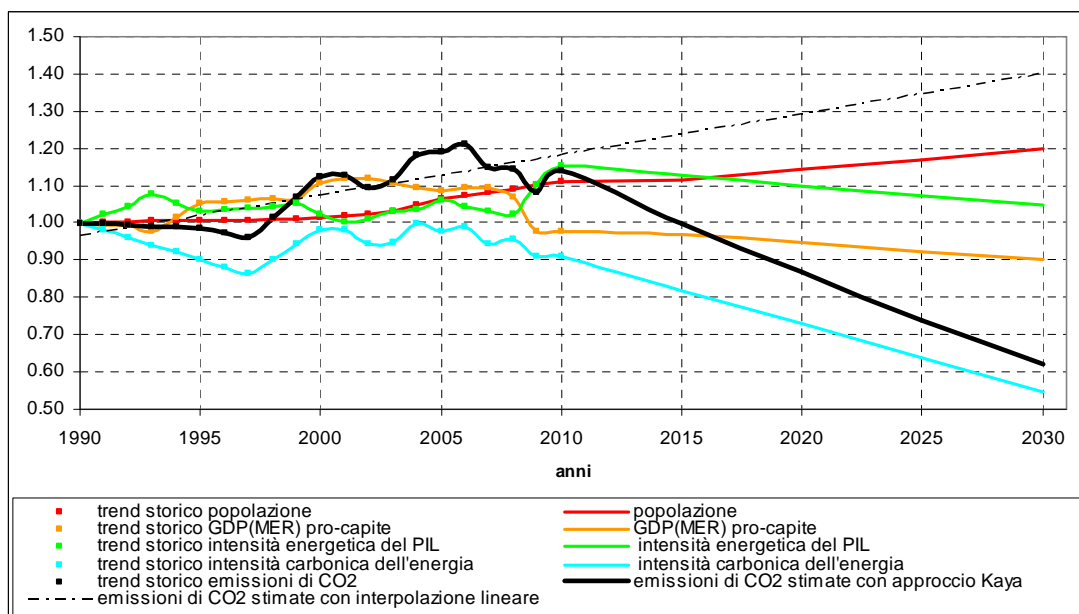


Fig. 5.91 – Lombardia: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

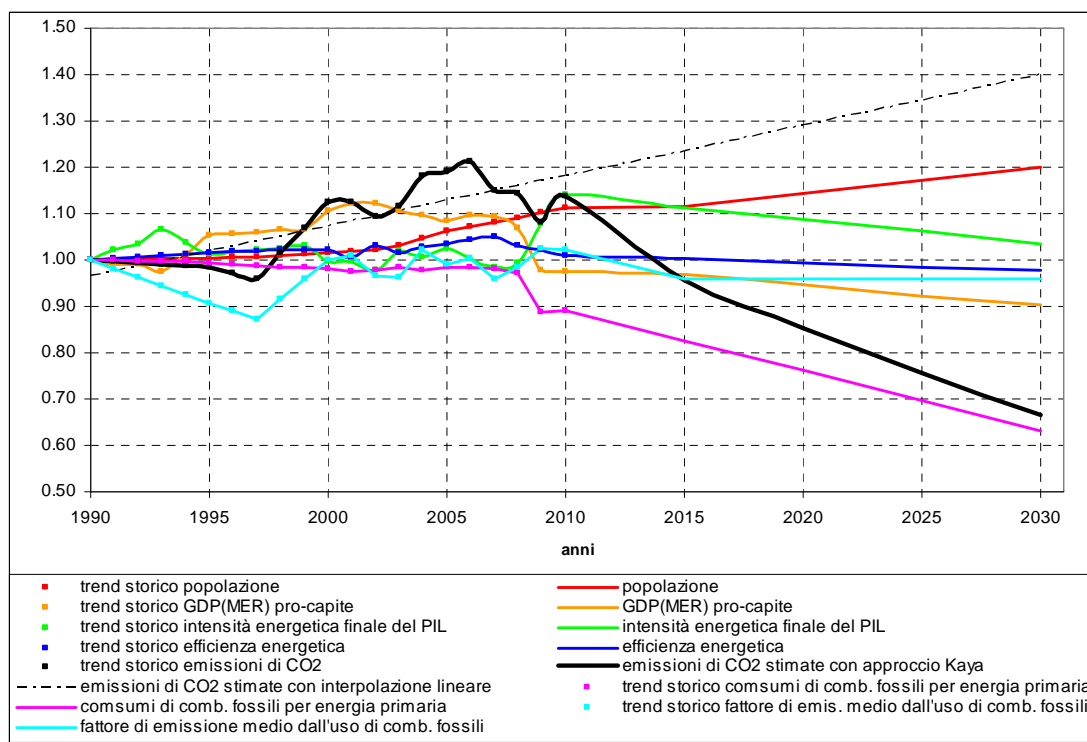


Fig. 5.92 – Lombardia: scenario MIGLIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Lo scenario lombardo deriva da assunzioni molto vicine a quelle nazionali. Le differenze tra quanto proposto dallo scenario MIGLIORE e quello più probabile sono quindi nell'assumere un trend costante del PIL che con un contemporaneo aumento della popolazione fa sì che ne derivi una riduzione del PIL pro-capite con un tasso annuo medio del -1.0% per il periodo 2010-2030.

Si ipotizza poi che i parametri di intensità energetica e di intensità energetica finale del PIL, rispettivamente con l'approccio Kaya Identity a 4 e a 6 parametri, seguano un trend in riduzione, nonostante nell'ultimo ventennio in Lombardia si registri un trend di crescita.

Altro driver che si discosta dallo scenario più probabile è l'intensità carbonica dell'energia, che nello scenario MIGLIORE viene proposto con un trend di estrema riduzione, che sarà possibile solo con l'applicazione di ingenti incentivi al rinnovabile, che passerà dal coprire il 15% della domanda energetica al 40% in soli 20 anni. I miglioramenti del fattore di emissioni medio da combustibili fossili saranno, invece, minimi.

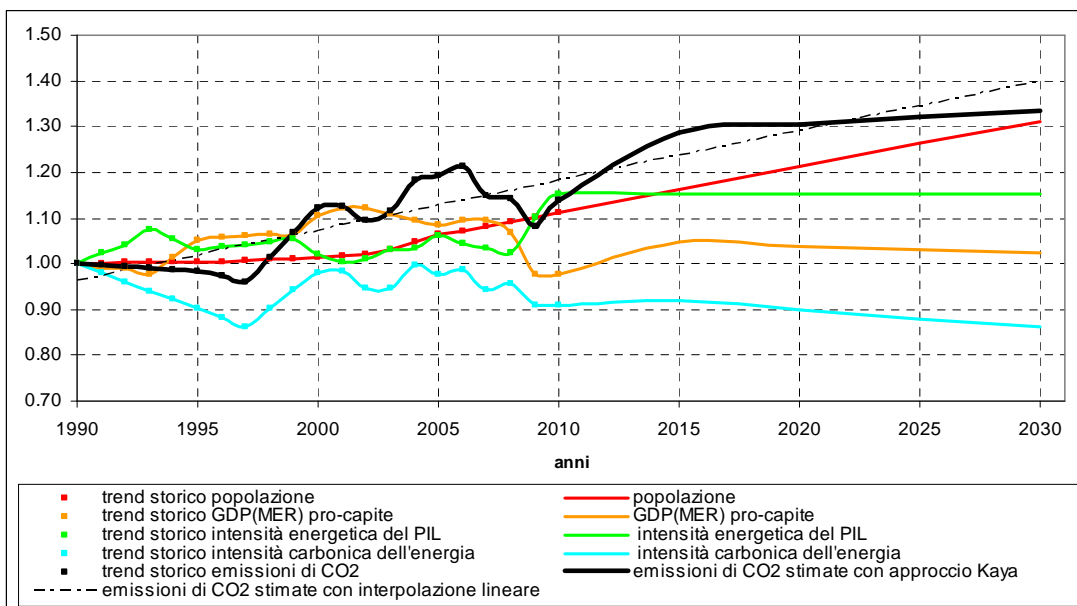


Fig. 5.93 – Lombardia: scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

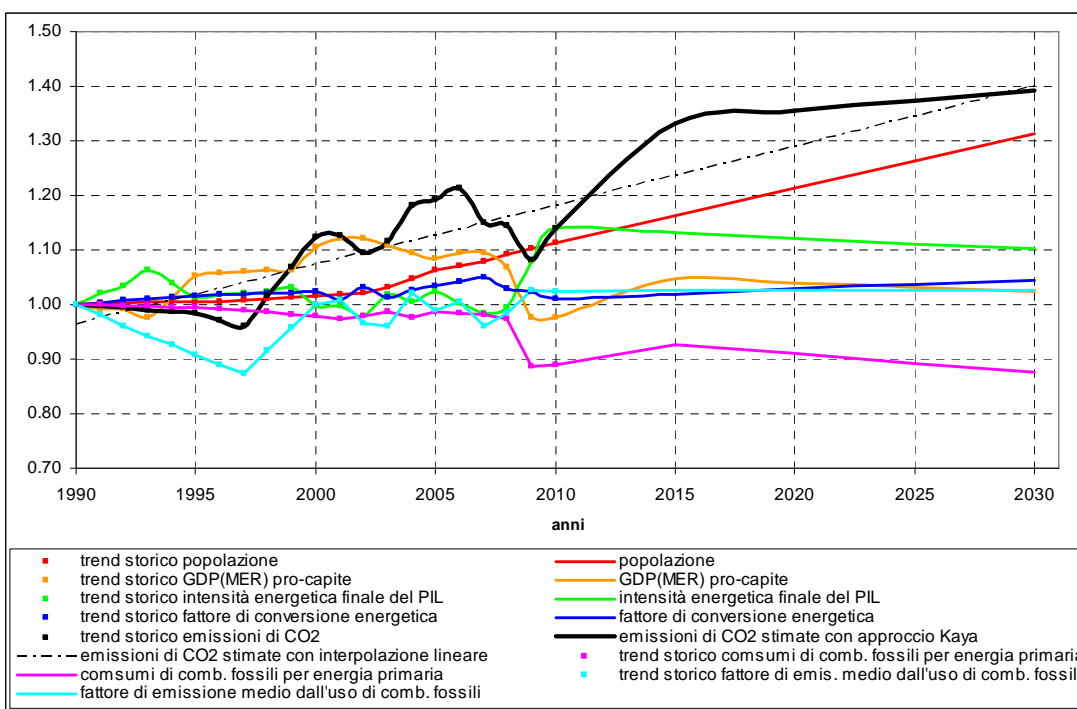


Fig. 5.94 – Lombardia: scenario PEGGIORE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Lo scenario PEGGIORE, propone un trend emissivo in continua crescita, soprattutto fino al 2015, periodo nel quale si è ipotizzata una rapida ripresa dalla crisi, con un aumento del PIL pro-capite, e un ritorno all'uso di combustibili fossili per energia primaria a valori analoghi a quelli che hanno preceduto la crisi. Nel 2030 si ipotizza che il rinnovabile arriverà a coprire meno del 20% della domanda energetica e il fattore di emissioni medio da combustibili fossili tenderà a rimanere stazionario.

Nel 2030 si raggiunge un livello emissivo in linea con la retta interpolante del trend storico, in particolare con l'approccio Kaya Identity a 6 parametri si registra un aumento di emissioni rispetto al 2010 del 22%.

Analogamente a quanto proposto su scala nazionale, questo scenario ipotizza di mantenere nei prossimi due decenni un PIL in crescita, con un tasso annuo medio del +1.2% (periodo 2010-2030) rispetto ad un tasso annuo medio di +0.6% proposto nello scenario TENDENZIALE.

Alla crescita del PIL si valuta il caso in cui avvenga contemporaneamente una crescita dei consumi energetici, supponendo un trend di intensità energetica del PIL stabile e di intensità energetica finale del PIL in leggera riduzione. I trend di intensità energetica non vengono fatti aumentare ulteriormente rispetto al valore del 2010 perché i valori che ha assunto il trend storico negli ultimi due anni sono probabilmente sovrastimati.

Ulteriore differenza con lo scenario più probabile è che si prospetta una crescita della popolazione che non rallenta ma rimane in linea con il trend di crescita dell'ultimo decennio.

Si ipotizza poi un peggioramento del fattore di conversione energetica conseguente alla crescita della domanda energetica.

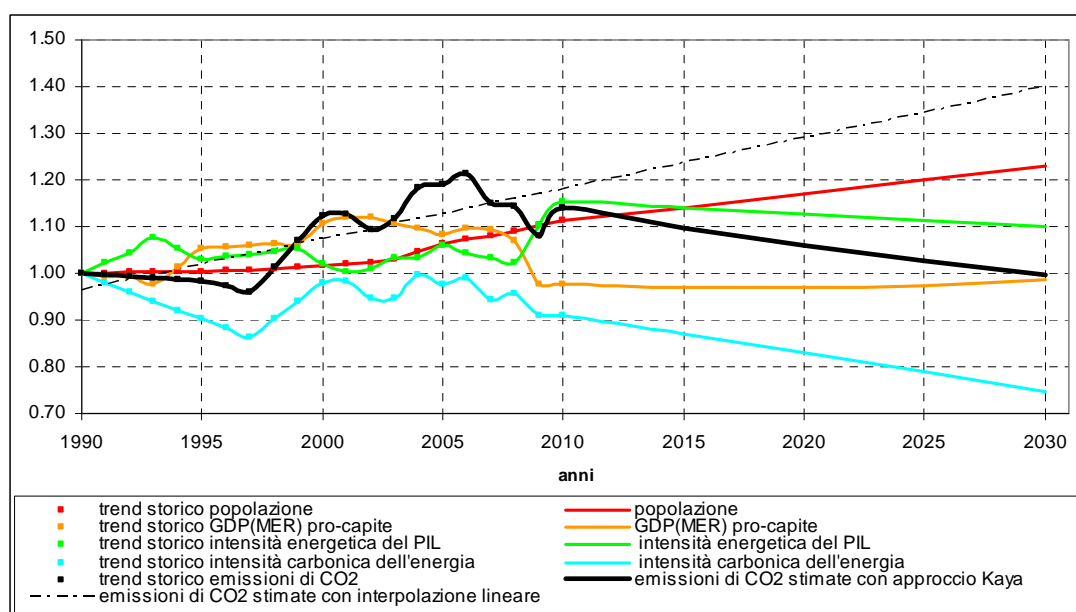


Fig. 5.95 – Lombardia: scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 4 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

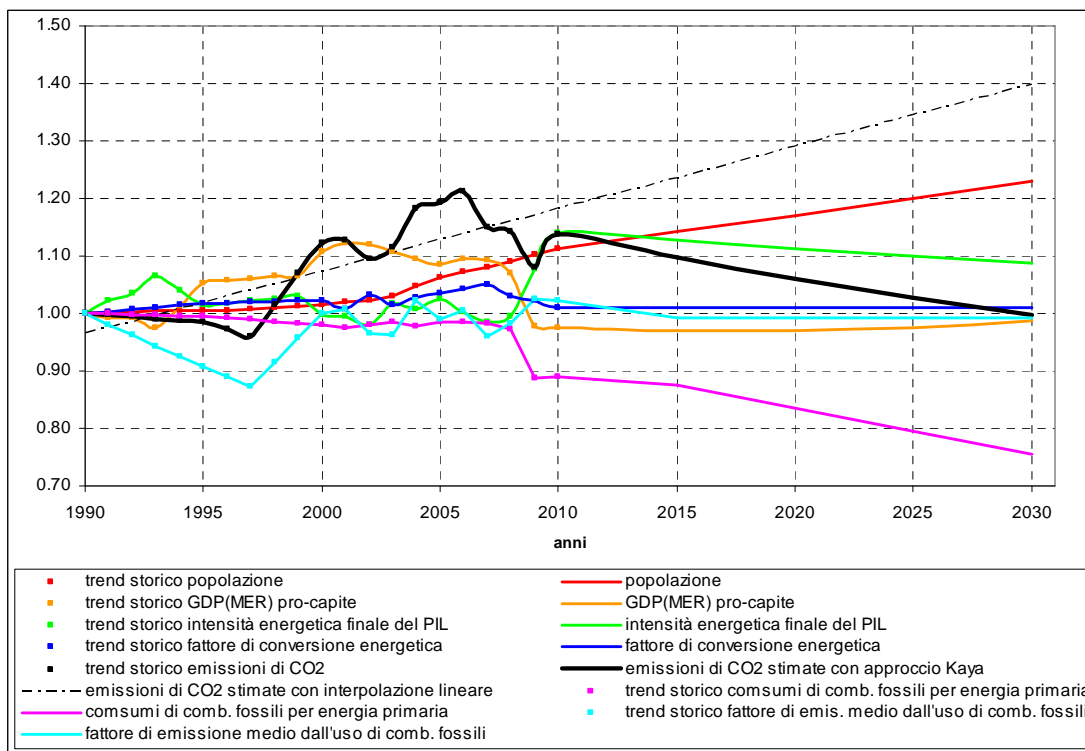


Fig. 5.96 – Lombardia: scenario TENDENZIALE, stima emissioni di CO₂ con approccio Kaya Identity a 6 parametri. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Lo scenario TENDENZIALE stima un livello di emissioni di CO₂ di circa 58 Mton di CO₂ (valore medio tra approccio Kaya Identity a 4 e 6 parametri), con una riduzione nel 2030 del 15% rispetto al 2005, valore al di sotto della media nazionale e dell’obiettivo che il pacchetto “clima-energia, obiettivo: 20/20/20” si prefiggerebbe di raggiungere per le emissioni ad effetto serra entro il 2020.

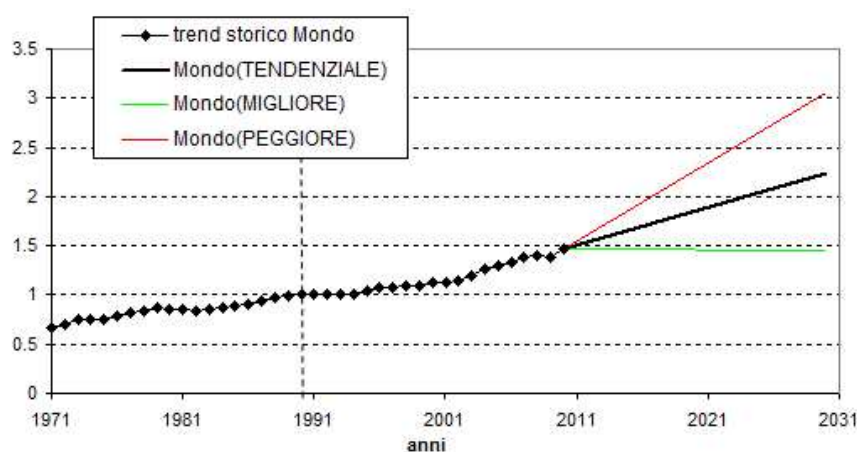
Il parametro che più degli altri contribuisce alla diminuzione di emissioni è il consumo di combustibili fossili per energia primaria che raggiunge nel 2030 un valore di circa 0.7. Altro parametro che diminuisce è l’intensità energetica, mentre il fattore di emissione medio ed il fattore di conversione energetica rimangono stabili. Anche il PIL pro-capite rimane praticamente stabile, perché il suo andamento è in funzione di una debole crescita del PIL, con un tasso annuo medio dello 0.6% e un incremento della popolazione con un tasso annuo medio di 0.5%.

5.5 RIASSUNTO, SCENARIO 2030

A scopo riassuntivo per Mondo, Europa, Italia e Lombardia si riportano di seguito quattro tabelle (tab. 5.78 – 5.81) che raccolgono per ogni parametro della Kaya Identity le assunzioni da cui deriva e nelle fig. 5.97 – 5.100 i tre scenari futuri.

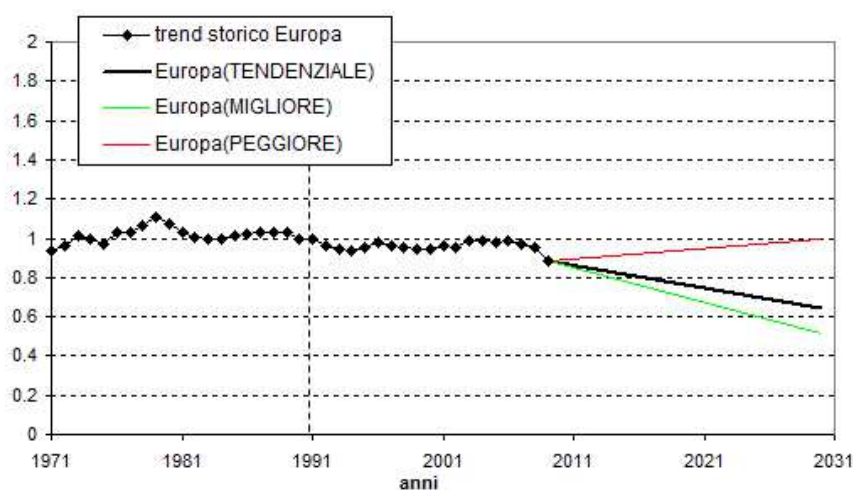
Tab. 5.78 – Mondo: assunzioni da cui derivano i parametri della Kaya Identity a 4 e 6 parametri.

	Mondo		
	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
Popolazione	(UN, 2004)	(UN, 2004)	Interpolazione lineare trend storico
PIL pro-capite	Derivante dai dati di PIL (tasso annuo medio di crescita analogo a quello del trend storico 2007-2010) e di popolazione	Derivante dai dati di PIL (Interpolazione esponenziale trend storico) e di popolazione	Derivante dai dati di PIL (IEA-b, 2009) e di popolazione
Intensità energetica del PIL	Tasso annuo medio di crescita analogo a quello del trend storico 2007-2010	Tasso annuo medio di crescita analogo a quello dell'intero trend storico	Derivante dai dati di PIL (IEA-b, 2009) e dall'interpolazione dei trend storici dei consumi energetici primari dei paesi OECD, non-OECD e bunker internazionali
Intensità carbonica dell'energia	Tasso annuo medio analogo a quello dell'intero trend storico	Interpolazione lineare trend storico 1999-2010	Interpolazione lineare trend storico
Fattore di conversione energetica	Tasso annuo medio analogo a quello del 2009	Interpolazione lineare trend storico	Fino al 2015 tasso annuo medio analogo a quello dell'ultimo decennio, mentre per il periodo 2015- 2030 pari a quello dell'intero trend storico
Intensità energetica finale del PIL	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL (IEA-b, 2009) e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)
Consumo di combustibili fossili per energia primaria	Tasso annuo medio analogo a quello dell'intero trend storico	Interpolazione lineare trend storico 2001-2010	Interpolazione lineare trend storico
Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili	Si allinea nel 2030 al valore della retta interpolante	Tasso annuo medio analogo a quello dello scenario MIGLIORE, ma di segno positivo	Interpolazione lineare trend storico

Fig. 5.97 – Mondo: scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE delle emissioni di CO₂. I dati sono normalizzati al 1990.

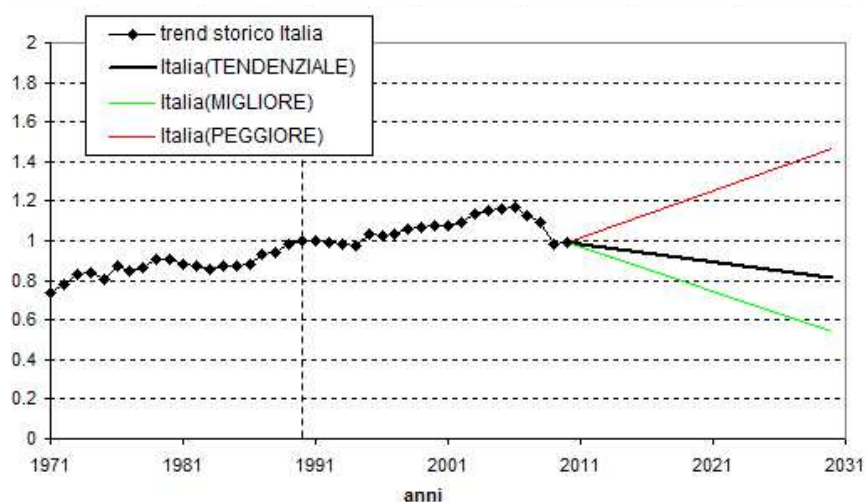
Tab. 5.79 – Europa: assunzioni da cui derivano i parametri della Kaya Identity a 4 e 6 parametri.

	Europa		
	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
Popolazione	Interpolazione lineare trend storico	tasso annuo medio del 25% inferiore rispetto a quello dello scenario TENDENZIALE	(Commissione Europea, 2009)
PIL pro-capite	Derivante dai dati di PIL (Tasso annuo medio del 1%) e di popolazione	(Commissione Europea, 2009)	Derivante dai dati di PIL (interpolazione trend storico) e di popolazione
Intensità energetica del PIL	Derivante dai dati di PIL e di consumo di energia primaria (Tasso annuo medio analogo a quello del trend storico 2005-2010)	Derivante dai dati di PIL e di consumo di energia primaria (interpolazione lineare trend storico)	Derivante dai dati di PIL (interpolazione lineare trend storico) e di consumo di energia primaria (Commissione Europea, 2009)
Intensità carbonica dell'energia	Tasso annuo medio analogo a quello del trend storico 2007-2010	Tasso annuo medio analogo a quello del trend storico 2000-2007	Interpolazione lineare trend storico
Fattore di conversione energetica	Tasso annuo medio analogo a quello del trend storico 2003-2009	Trend stabile e pari al valore medio dell'ultimo decennio	Interpolazione lineare trend storico 1990-2009
Intensità energetica finale del PIL	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL (interpolazione trend storico) e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)
Consumo di combustibili fossili per energia primaria	40% di energia da fonti non fossili entro il 2030	Interpolazione lineare trend storico	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili	Tasso annuo medio analogo a quello dell'intero trend storico	Trend stabile e pari al valore medio degli anni 2000-2009	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE

Fig. 5.98 – Europa: scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE delle emissioni di CO₂. I dati sono normalizzati al 1990.

Tab. 5.80 – Italia: assunzioni da cui derivano i parametri della Kaya Identity a 4 e 6 parametri.

	Italia		
	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
Popolazione	(ISTAT, 2011)	(ISTAT, 2011)	(ISTAT, 2011)
PIL pro-capite	Derivante dai dati di PIL (fino al 2015 tasso annuo medio di -1%, mentre per il periodo 2015- 2030 tasso annuo medio nullo) e di popolazione	Derivante dai dati di PIL (interpolazione lineare trend storico) e di popolazione	Derivante dai dati di PIL (valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE) e di popolazione
Intensità energetica del PIL	Tasso annuo medio di -0.25%	Tasso annuo medio di +0.25%	Trend stabile e pari al valore medio degli ultimi 4 anni
Intensità carbonica dell'energia	Tasso annuo medio analogo a quello del trend storico 2006-2010	Interpolazione lineare trend storico	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE verificando la coerenza con il prodotto tra il consumo di combustibili fossili per energia primaria e il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili
Fattore di conversione energetica	Tasso annuo medio analogo a quello dell'intero trend storico	Tasso annuo medio analogo a quello dello scenario MIGLIORE, ma di segno positivo	Valore costante e mediato tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Intensità energetica finale del PIL	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)
Consumo di combustibili fossili per energia primaria	Entro il 2030 il rinnovabile arrivi a coprire il 40% della domanda energetica	Interpolazione lineare trend storico	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili	Tasso annuo medio analogo a quello dell'intero trend storico	Trend stabile e pari al valore medio degli anni 1995-2010	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE

Fig. 5.99 – Italia: scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE delle emissioni di CO₂. I dati sono normalizzati al 1990.

Tab. 5.81 – Lombardia: assunzioni da cui derivano i parametri della Kaya Identity a 4 e 6 parametri.

	Lombardia		
	MIGLIORE	PEGGIORE	TENDENZIALE
Popolazione	Interpolazione lineare trend storico	Tasso annuo medio di crescita analogo a quello del trend storico 2003-2010	Tasso annuo medio di crescita analogo a quello dell'intero trend storico
PIL pro-capite	Derivante dai dati di PIL (Interpolazione trend storico) e di popolazione	Derivante dai dati di PIL (trend stabile e pari al valore medio degli ultimi 2 anni) e di popolazione	Derivante dai dati di PIL (valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE) e di popolazione
Intensità energetica del PIL	Si allinea nel 2030 al valore medio del trend storico	Trend stabile e pari al valore del 2010	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Intensità carbonica dell'energia	tasso annuo medio di riduzione analogo a quello registrato negli anni 2006-2010	Interpolazione lineare trend storico escludendo il periodo 1991-1999	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Fattore di conversione energetica	Tasso annuo medio di crescita analogo a quello del periodo 1990-2007, ma di segno negativo	Tasso annuo medio di crescita analogo a quello del periodo 1990-2007	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Intensità energetica finale del PIL	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)	Derivante dai dati di PIL e di consumo finale di energia (stimato a partire dai dati di consumo di energia primaria e dal fattore di conversione energetica)
Consumo di combustibili fossili per energia primaria	Entro il 2030 il rinnovabile arrivi a coprire il 40% della domanda energetica	Interpolazione lineare trend storico	Valori mediati tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE
Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili	Trend stabile e pari al valore minimo degli anni 2000-2010	Trend stabile e pari al valore massimo degli anni 2000-2010	Valore costante e mediato tra scenario PEGGIORE e MIGLIORE

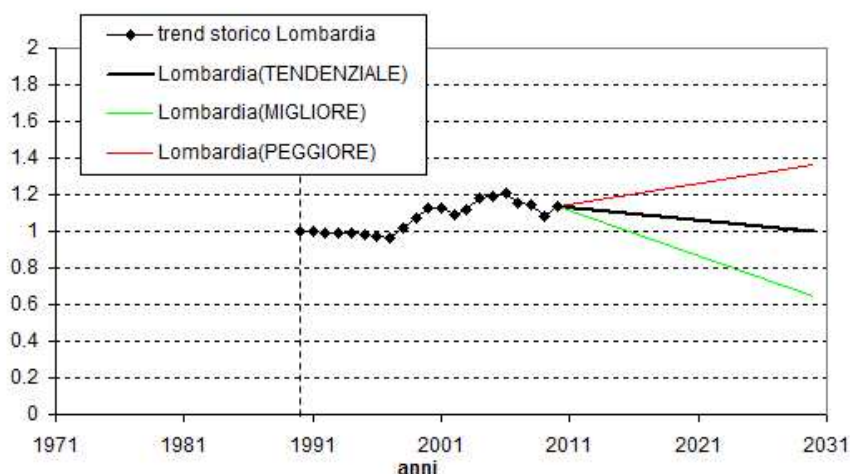


Fig. 5.100 – Lombardia: scenario TENDENZIALE, MIGLIORE e PEGGIORE delle emissioni di CO₂. I dati sono normalizzati al 1990.

In fig. 5.101 si riportano i trend futuri di emissioni di CO₂ mondiali, europei, italiani e lombardi secondo lo scenario TENDENZIALE.

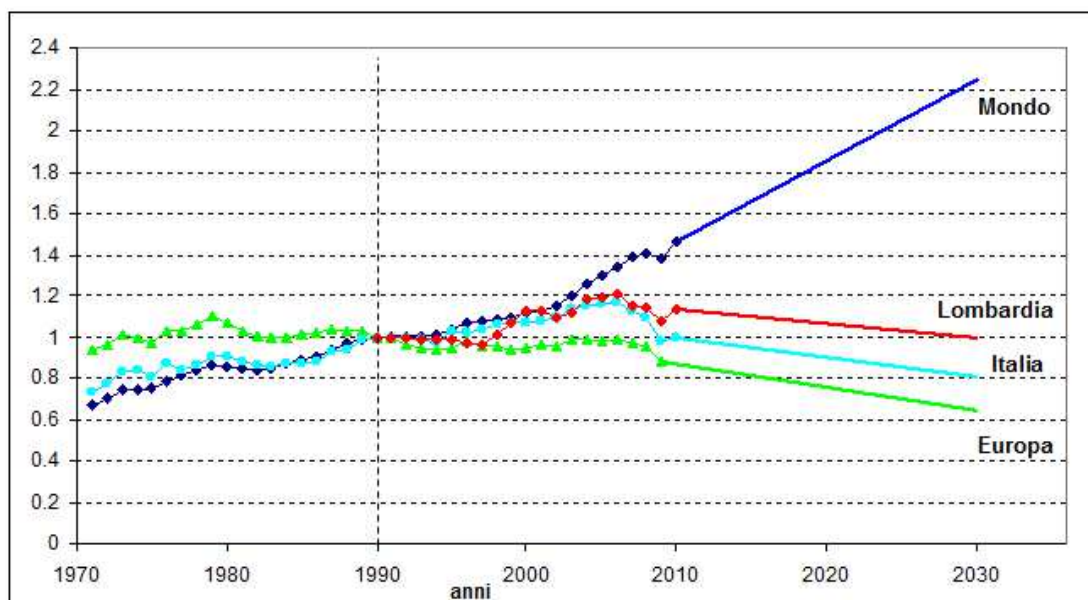


Fig. 5.101 – Confronto dati storici e scenario TENDENZIALE delle emissioni di CO₂ mondiali, europei, italiani e lombardi. I dati sono normalizzati al 1990.

6

SCENARI OBIETTIVO 2030

L'attività economica deve essere il mezzo per un'esistenza buona e nobile. La produzione, il consumo e le altre attività economiche non costituiscono di per sé dei fini; sono dei mezzi, e l'obiettivo al quale devono puntare è lo sviluppo del benessere nell'individuo, nella società e nell'ambiente.

P.A. Payutto, 1994

In questo capitolo verrà affrontata la costruzione di uno scenario OBIETTIVO che stabilisca i trend di emissioni su scala mondiale, europea, italiana e lombarda per il periodo 2010-2030, al fine di mantenere le concentrazioni di CO₂ in atmosfera al di sotto dei 450 ppm e quindi limitare con buona probabilità il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali.

6.1 DEFINIZIONE DELLO SCENARIO OBIETTIVO

6.1.1 Scenario 450 IEA

In questo paragrafo e nei successivi verranno presi in considerazione alcuni scenari adottati dalla IEA e quindi si ritiene utile precisarne il significato:

- Current Policies Scenario: suppone che non si verificheranno cambiamenti nelle politiche rispetto a quelle presenti nell'anno di pubblicazione (in precedenza chiamato Scenario di Riferimento).

- New policies scenario: tiene conto dell'implementazione degli impegni sottoscritti con l'Accordo di Copenhagen entro il 2020; la continuazione del sistema di scambio delle

- quote di emissione di CO₂ all'interno dei paesi dell'UE e l'introduzione di un sistema "cap-and-trade" nel resto dei paesi OECD dopo il 2020; graduale soppressione, a partire dal 2020, dei sussidi ai combustibili fossili in tutte le regioni del mondo che sono importatrici nette; misure supplementari nel periodo 2020-2035, per mantenere il ritmo di riduzione dell'intensità di carbonio stabilito per il 2008-2020.
- 450 scenario: tiene conto di tutto quanto previsto nello scenario precedente ed in più l'attuazione entro il 2020 degli impegni previsti nella fascia alta degli intervalli dell'Accordo di Copenhagen; l'adozione del sistema "cap-and-trade" nel settore energetico e industriale dal 2013 per i paesi dell'OECD e dopo il 2020 da parte di tutte le altre maggiori economie; gli accordi internazionali settoriali per l'industria siderurgica e del cemento; gli accordi internazionali sul risparmio di carburante per passeggero standard per i veicoli commerciali leggeri, gli aerei e le navi; le politiche e misure nazionali come gli standard di efficienza energetica per gli edifici e gli apparecchi domestici, allo scopo di limitare l'aumento globale della temperatura a 2°C rispetto ai livelli preindustriali, stabilizzando quindi le concentrazioni di CO₂ in atmosfera ad un valore di 450 ppm.

Da anni l'industria elettrica nei paesi avanzati è impegnata a ridurre le emissioni attraverso l'innovazione tecnologica, la maggiore efficienza di esercizio e la diversificazione delle fonti.

In contrapposizione gli abitanti dei paesi in via di sviluppo domandano, giustamente, una quantità crescente di energia per soddisfare i bisogni primari. Ancora oggi, sono circa 1,5 miliardi le persone che vivono senza avere accesso all'energia elettrica (IEA-b, 2011).

Per questi paesi l'esigenza primaria è avere più energia e per raggiungere questo obiettivo, essi ricorrono alle fonti per loro più disponibili e più economiche, cioè quasi esclusivamente alle fonti fossili ed in particolare al carbone.

Il risultato di questo grande utilizzo è che, secondo il rapporto Energy Technology Perspectives 2010 dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA-c, 2010), senza una radicale inversione di tendenza delle politiche energetiche in corso, nei prossimi 40 anni le emissioni di CO₂ aumenteranno enormemente, in particolare quelle del settore elettrico a livello globale raddoppieranno, nonostante tutti gli sforzi che si faranno per ridurre le emissioni in Occidente.

Secondo gli scenari IEA, le più importanti fonti di abbattimento globale (Fig. 6.1) sono l'efficienza energetica, le fonti rinnovabili e la CCS (Cattura e Sequestro geologico della CO₂), ma come evidenzia l'analisi dei progressi compiuti nel campo delle energie pulite proposta in ETP (IEA-c, 2012) si prospetta un quadro poco roseo. Solo alcune delle tecnologie rinnovabili più mature, quali idroelettrico, biomasse, eolico onshore e solare fotovoltaico (FV), stanno compiendo passi avanti accettabili. Al contrario, altre opzioni tecnologiche sono rimaste indietro, particolarmente preoccupante è il lento avanzamento delle tecnologie per l'efficienza energetica e la mancanza di progresso nei sistemi di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS).

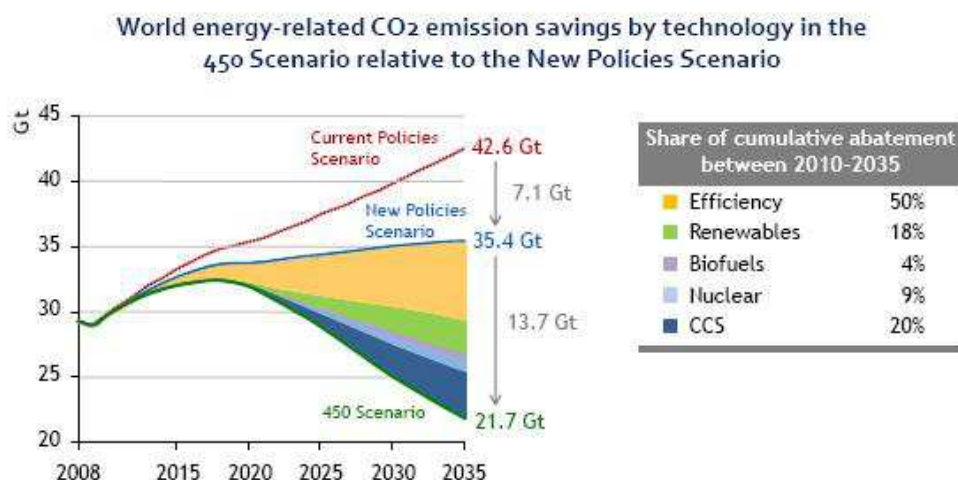


Fig. 6.1 – Contributo delle differenti tecnologie all’abbattimento delle emissioni di CO₂ per passare dallo scenario “New Policies Scenario” alla stabilizzazione delle concentrazioni di CO₂ a 450 ppm. Fonte: World Energy Outlook 2010.

Inoltre la IEA identifica nello Scenario Nuove Politiche i paesi non-OECD come i responsabili del 93% dell’aumento previsto della domanda mondiale di energia primaria, è quindi a loro che affida l’impegno maggiore nell’abbattere le emissioni di CO₂. Per allinearsi allo scenario 450 entro il 2035 il 70% delle emissioni dovranno essere abbattute da questi paesi, come evidenziato in fig. 6.2.

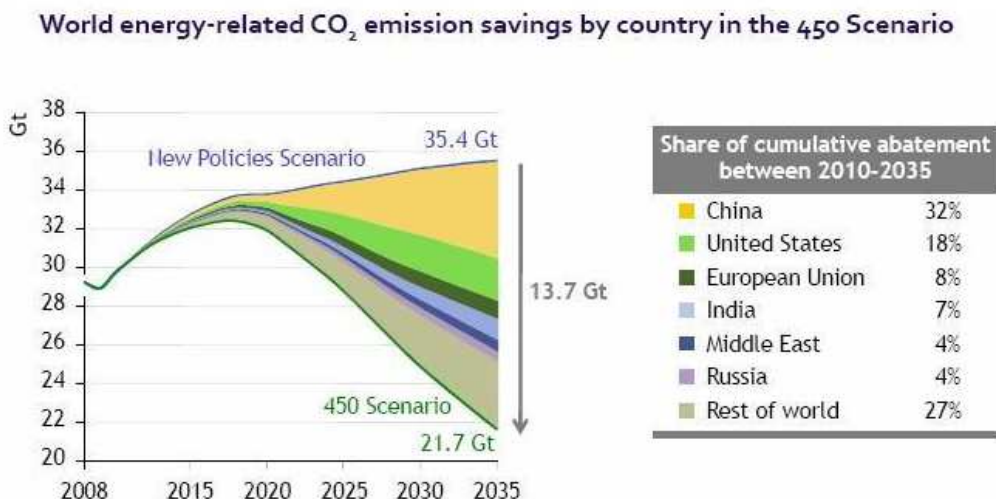


Fig. 6.2 – Contributo di paesi OECD e non.OECD all’abbattimento delle emissioni di CO₂ per passare dallo scenario “New Policies Scenario” alla stabilizzazione delle concentrazioni di CO₂ a 450 ppm. Fonte: World Energy Outlook 2010

6.1.2 Scenario OBIETTIVO

Nella presente tesi, lo scenario OBIETTIVO prevede il raggiungimento dell'obiettivo di stabilizzare le concentrazioni di CO₂ a 450 ppm, valutando l'andamento dei parametri della Kaya Identity in grado di permettere tale raggiungimento.

Lo scenario OBIETTIVO considera per i paesi OECD maggiori impegni di riduzione rispetto a quanto previsto negli scenari New policies e 450 IEA, in funzione delle maggiori responsabilità passate, piuttosto che quelle future dettate dai consumi crescenti dei paesi non-OECD.

Si illustrerà di seguito il modo in cui gli obiettivi di riduzione delle emissioni sarebbero raggiungibili attraverso un percorso di rivalutazione delle priorità sulle quali verte il modello economico e politico attuale. Si ipotizza l'eventualità in cui i paesi OECD oltre ad investire in miglioramenti di efficienza e nello sviluppo delle rinnovabili riducano la produzione interna lordo (PIL), rivedendo il loro sistema di sviluppo e i fondamenti economici su cui si basa, ipotizzando uno scenario congruente con la teoria della "decrescita".

A differenza di quanto visto nel capitolo 5, in cui l'andamento del PIL è legato all'andamento storico, in questo capitolo l'andamento del PIL è fissato.

Farà seguito uno scenario OBIETTIVO per il periodo 2010-2030, con lo scopo di stabilizzare la concentrazione di CO₂ a 450 ppm, che permetterebbe con alta probabilità di raggiungere l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a non più di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali (Meinshausen, 2006).

6.2 METODOLOGIA

La costruzione dello scenario OBIETTIVO parte delineando gli obiettivi di riduzione di emissioni, sia su scala mondiale che europea, italiana e lombarda, necessari per stabilizzare la CO₂ alla concentrazione voluta (450 ppm).

Fissando l'andamento del PIL, si valutano poi i trend che i parametri della Kaya Identity devono assumere, perché l'obiettivo sia raggiunto, tramite un processo iterativo.

Per Europa, Italia e Lombardia le assunzioni e le ipotesi che delineano questi parametri sono state fatte sui dati di: PIL (G), popolazione (P), intensità energetica del PIL (e), fattore di conversione energetica (k), consumo di combustibili fossili per energia primaria (c) e fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (f) ed è in funzione di questi valori che si stimano i dati di consumo energetico primario e finale e gli altri parametri della Kaya Identity, secondo lo schema di fig. 6.3.

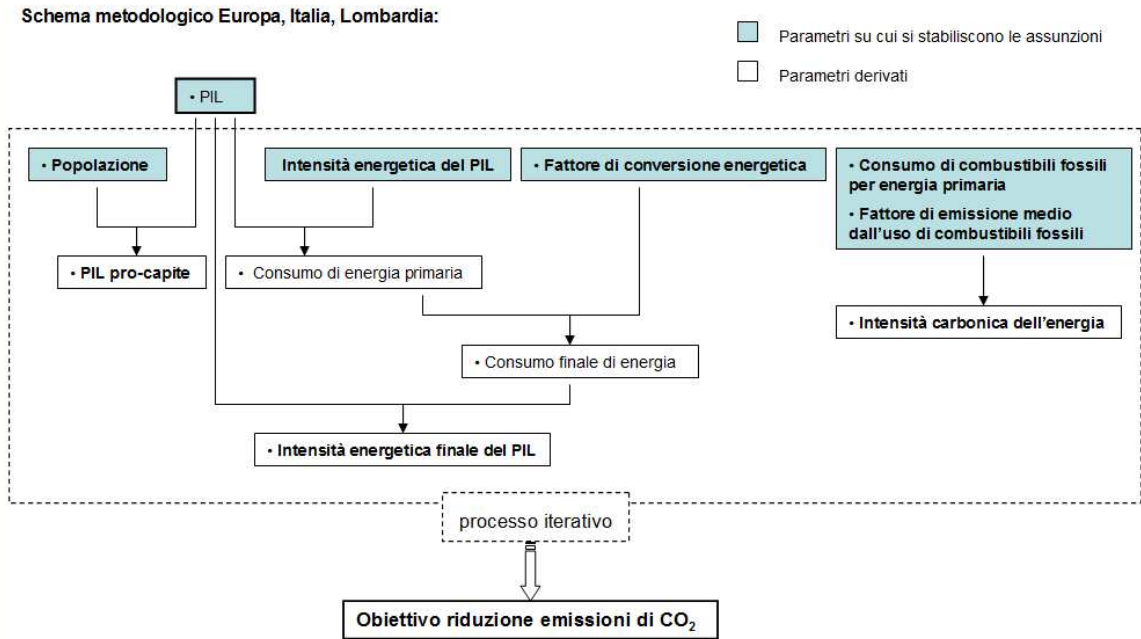


Fig. 6.3 – Europa, Italia, Lombardia: Schema metodologico per stimare i parametri della Kaya Identity.

La Kaya Identity a quattro parametri è quindi stimata come di seguito indicato nella for. 6.1 evidenziando i parametri sui quali vengono effettuate le assunzioni.

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P} \right) \cdot e \cdot (c \cdot s) \tag{6.1}$$

I dati di consumo di energia primaria e di consumo finale di energia come indicato nelle formule 6.2 e 6.3.

$$E = e \cdot G \tag{6.2}$$

$$I = \frac{E}{k} \tag{6.3}$$

La Kaya Identity a sei parametri è stimata come di seguito indicato nella for. 6.4.

$$F = P \cdot \left(\frac{G}{P} \right) \cdot \left(\frac{I}{G} \right) \cdot k \cdot c \cdot s = P \cdot g \cdot e' \cdot k \cdot c \cdot s \tag{6.4}$$

Si precisa che a livello mondiale non si segue esattamente questo schema ma quello descritto in fig.6.4, perché i dati obiettivo di intensità energetica del PIL (e) e di consumo di combustibili fossili per energia primaria (c) sono stimati in funzione dei dati dei paesi OECD e non-OECD e non del trend storico mondiale, come verrà meglio spiegato rispettivamente nei paragrafi 6.8.1 e 6.14.1.

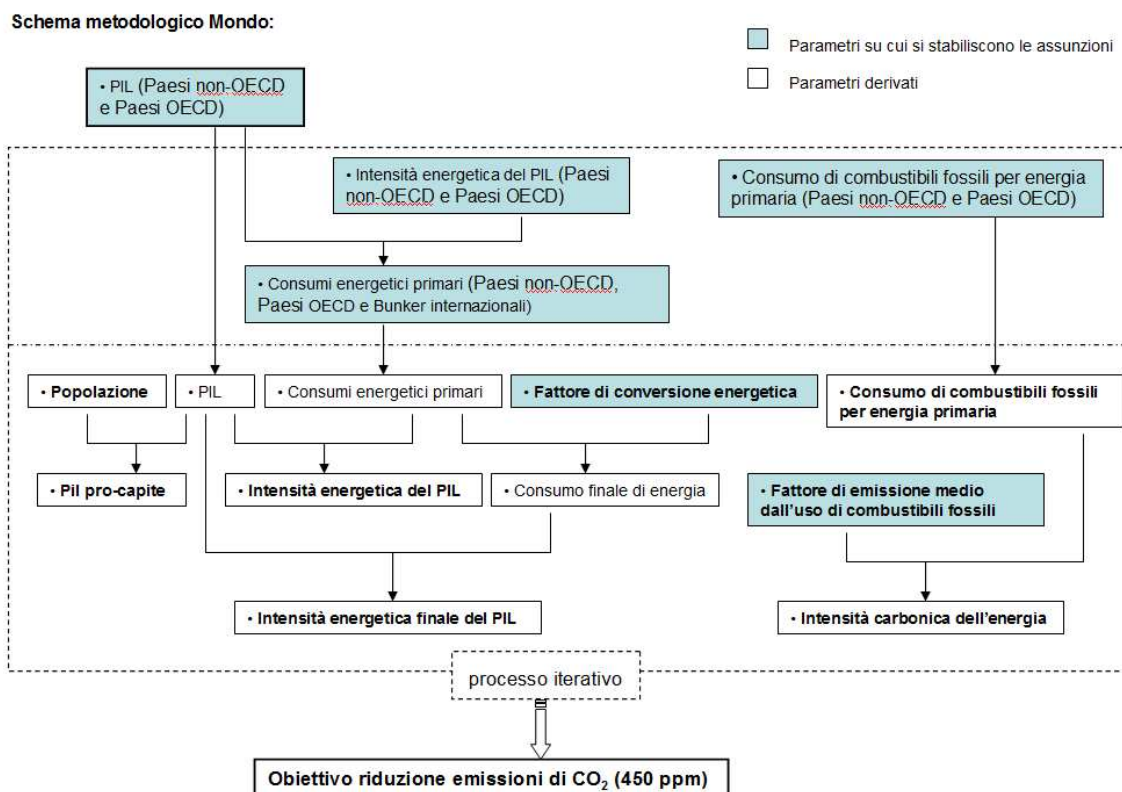


Fig. 6.4 – Mondo: Schema metodologico per stimare i parametri della Kaya Identity.

Sia su scala mondiale che per quella europea, italiana e lombarda, fissato l'obiettivo di riduzione del PIL, la scelta dei valori degli altri parametri è stata fatta in modo iterativo in funzione sia del raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni sia di ragionevoli assunzioni sul trend dei singoli parametri.

6.3 SCENARIO OBIETTIVO: EMISSIONI DI CO₂

6.3.1 Mondo

Nella presente tesi non si utilizza un modello climatico per eseguire le proiezioni climatiche, per costruire gli scenari di concentrazione e per fissare quindi gli obiettivi di stabilizzazione, ma si impiegano i valori obiettivo di emissioni necessario per stabilire la concentrazione di CO₂ dello scenario 450 delineato dalla IEA nel World Energy Outlook 2010.

Tab. 6.1 – Valori di emissioni di CO₂ mondiali dello scenario OBIETTIVO per la stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm e le variazioni percentuali tra questi e i dati 2015, 2020, 2025, 2030 dello scenario TENDENZIALE, e tra i primi e il dato storico del 2009.

anni	Scenario OBIETTIVO emissioni CO ₂		
	emissioni di CO ₂ (Gton di CO ₂)	Variazione % con lo scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	33.2	-6.28%	14.49%
2020	32.0	-18.80%	10.38%
2025	28.9	-33.34%	-0.43%
2030	24.8	-47.36%	-14.53%

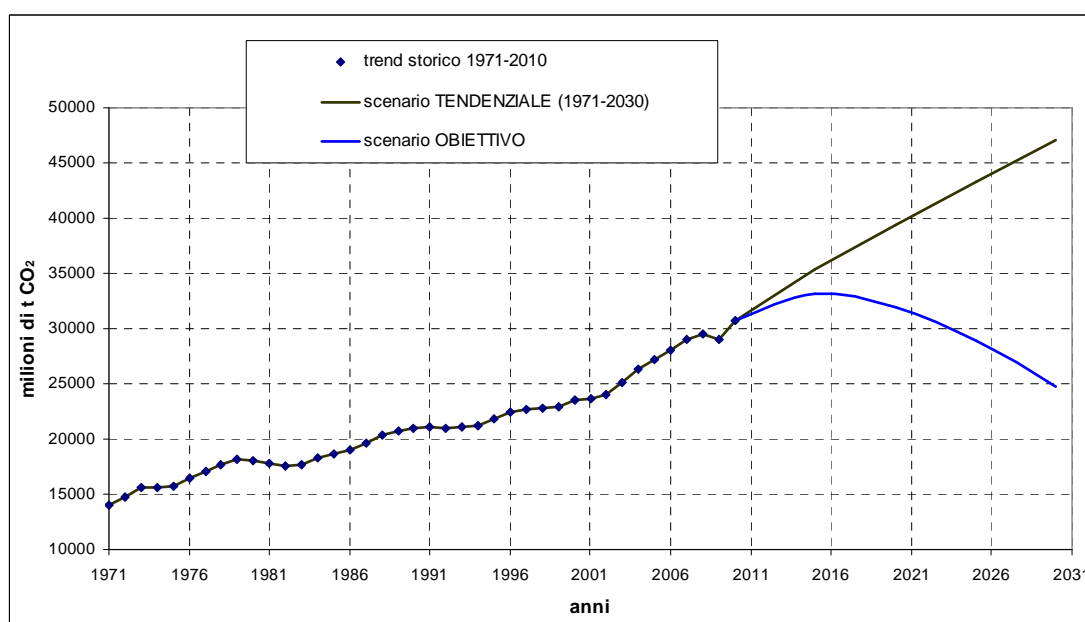


Fig. 6.5 – Emissioni di CO₂. Mondo: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm.

6.3.2 Europa, Italia e Lombardia

I paesi OECD, per la loro maggior responsabilità sulle attuali concentrazioni di CO₂ raggiunte in atmosfera, dovranno porsi obiettivi di riduzione molto più alti rispetto alla media mondiale.

L'Europa tra i paesi OECD si dimostra quella maggiormente sensibile al problema dei cambiamenti climatici, pur trovandosi ad affrontare con più difficoltà la crisi finanziaria. Questi due aspetti possono trovare una soluzione comune nel rivedere il modello economico, politico ed energetico allo scopo di ridurre l'impatto che la società attuale ha sull'ambiente.

La Commissione europea (Bruxelles/Strasburgo, 8 marzo 2011) ha approvato l'obiettivo dell'Unione Europea di ridurre entro il 2050 le emissioni di gas a effetto serra dell'80-95%

rispetto ai livelli del 1990, quale contributo a lungo termine dell'UE per scongiurare pericolosi cambiamenti climatici. La Comunicazione della Commissione Europea "A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050" del marzo 2011, indica come raggiungere tale obiettivo in maniera economicamente sostenibile. Questi obiettivi sono confermati dal Energy Roadmap 2050 (COM 2011 885/2) del 15 dicembre 2011. Secondo la Roadmap, entro il 2050 l'UE dovrebbe raggiungere l'obiettivo prefissato unicamente attuando interventi interni, dal momento che entro il 2050 i crediti internazionali per compensare le emissioni saranno molto meno disponibili di quanto non lo siano oggi. L'impiego di eventuali crediti contribuirebbe a far superare la riduzione complessiva di emissioni dell'80%.

Le analisi di scenario sul quale si basa la tabella di marcia del Energy Roadmap 2050 indicano che è necessario prevedere alcune tappe intermedie di riduzione: in particolare entro il 2030 le emissioni dei gas a effetto serra dovrebbero essere ridotte del 40% rispetto ai livelli del 1990 ed entro il 2040 del 60%.

Nella presente tesi si propongono obiettivi di riduzione delle emissioni molto più alti rispetto a quanto indicato dalla Commissione Europea, perché si ritiene che l'Europa non solo debba rispondere a responsabilità maggiori riguardo ai cambiamenti climatici, ma anche perché deve prefigurare anticipatamente lo scenario obiettivo a cui i paesi non-OECD dovrebbero tendere. Si pone quindi un obiettivo di riduzione delle emissioni entro il 2030 del 65% rispetto ai livelli del 1990. Questo obiettivo, come si vedrà più avanti, è raggiungibile perché il contributo negativo del PIL è molto importante sulla diminuzione delle emissioni CO₂, come visto nel par. 4.3.14, e permetterebbe di accelerare di molto la riduzione di emissioni alla quale intende arrivare la Commissione Europea entro il 2050 (80-95% rispetto al 1990).

Gli obiettivi di riduzione di Italia e Lombardia sono impostati al fine di raggiungere un allineamento con le emissioni pro-capite europee. Secondo tale approccio si propongono gli obiettivi di emissione pro-capite europei, italiani e lombardi che tendono ad allinearsi nel 2030 ad un valore di circa 2.6 Mton CO₂ pro-capite, valore più basso di quello che si raggiungerà su scala mondiale di 3.2 Mton CO₂ pro-capite.

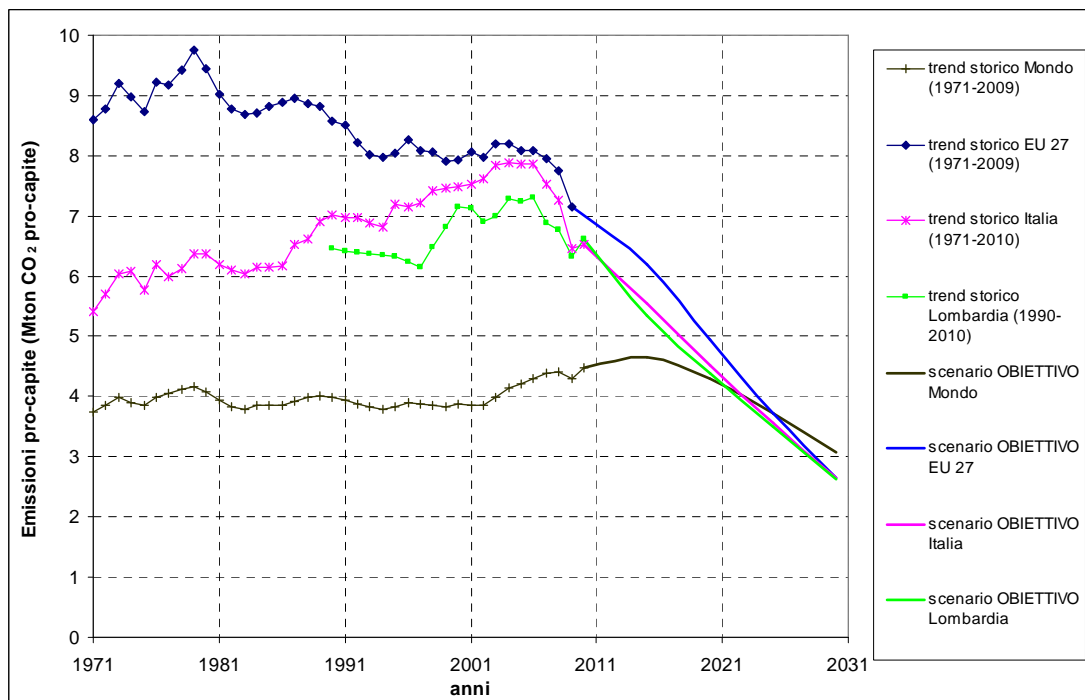


Fig. 6.6 – Scenari OBIETTIVO delle emissioni pro-capite europee, italiane e lombarde per la stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm.

Tab. 6.2 – Dati di emissioni di CO₂ europei dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Europa	Scenario OBIETTIVO emissioni CO ₂		
	emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	3138	-4.10%	-12.26%
2020	2527	-17.37%	-29.36%
2025	1928	-31.43%	-46.09%
2030	1379	-46.51%	-61.45%

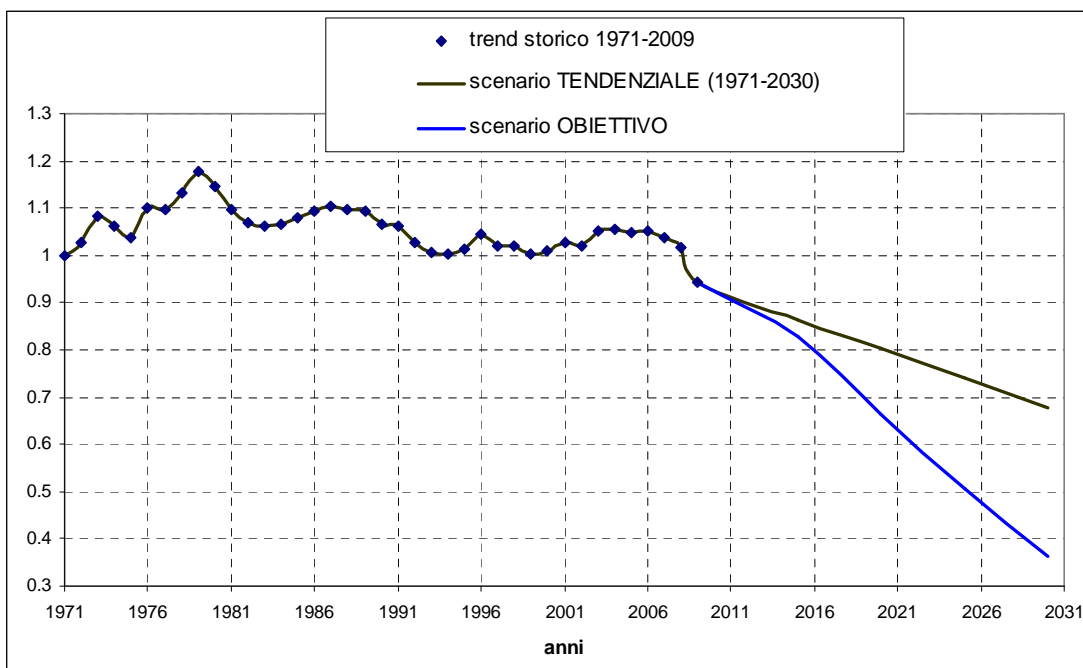


Fig. 6.7 – Emissioni di CO₂, Europa: Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

Tab. 6.3 – Dati di emissioni di CO₂ italiani dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Italia	Scenario OBIETTIVO emissioni CO ₂		
	emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	340.5	-10.36%	-12.53%
2020	281.8	-20.87%	-27.61%
2025	224.1	-33.69%	-42.42%
2030	167.9	-48.01%	-56.86%

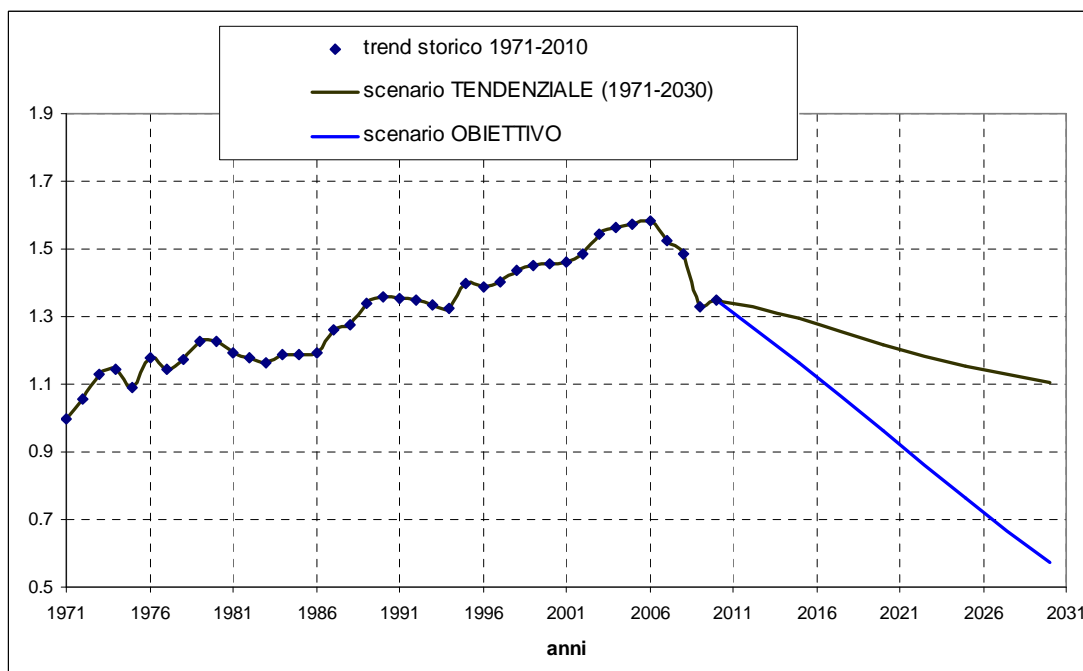


Fig. 6.8 – Emissioni di CO₂. Italia: Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

Tab. 6.4 – Dati di emissioni di CO₂ lombardi dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Lombardia	Scenario OBIETTIVO emissioni CO ₂		
	emissioni di CO ₂ (Mton di CO ₂)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	53.87	-13.89%	-12.61%
2020	45.40	-24.95%	-26.35%
2025	37.04	-36.79%	-39.91%
2030	28.56	-49.72%	-53.68%

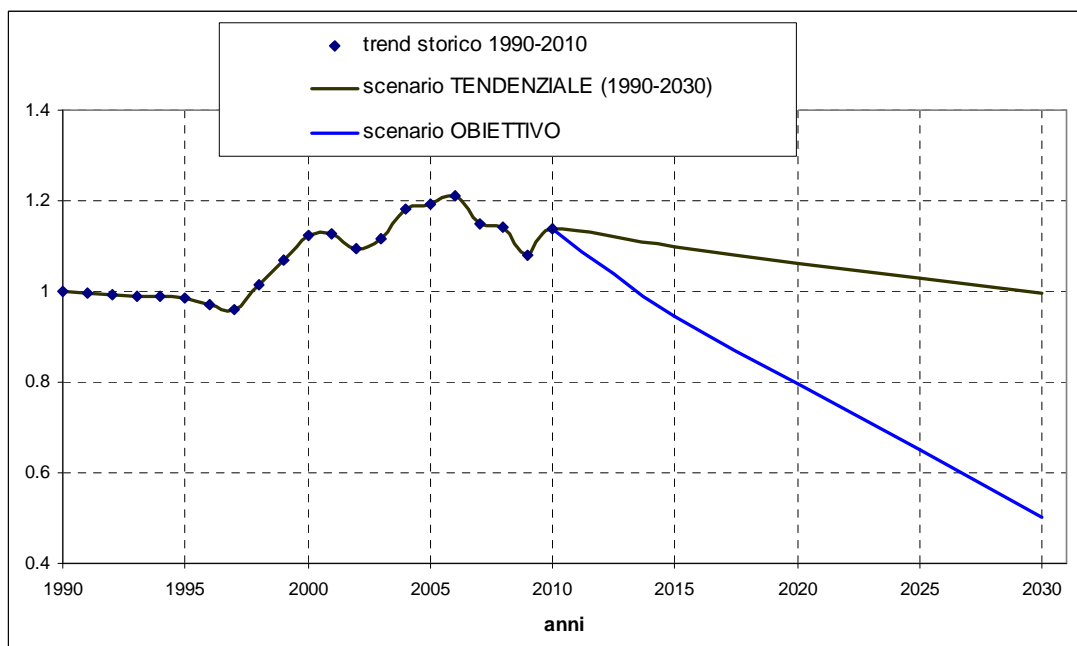


Fig. 6.9 – Emissioni di CO₂, Lombardia: Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

Si ricorda che lo scenario TENDENZIALE europeo è già molto ottimistico, e si colloca al di sotto delle previsioni della commissione europea, quindi i valori obiettivo registrano rispetto allo scenario TENDENZIALE una variazione minore di quanto non avvenga a livello italiano e lombardo.

L'impegno di riduzione delle emissioni in Europa è maggiore di quello italiano, che possiede storicamente delle emissioni pro-capite minori. L'impegno lombardo si colloca invece vicino a quello nazionale.

6.4 DECRESCITA

La decrescita è una corrente di pensiero politico, economico e sociale favorevole alla riduzione controllata, selettiva e volontaria della produzione economica e dei consumi, con l'obiettivo di stabilire una nuova relazione di equilibrio ecologico fra l'uomo e la natura, nonché di equità fra gli esseri umani stessi.

Secondo Serge Latouche, uno dei principali esponenti di questa teoria, “decrescita, è una parola d'ordine che significa abbandonare radicalmente l'obiettivo della crescita per la crescita, un obiettivo il cui motore non è altro che la ricerca del profitto da parte dei detentori del capitale e le cui conseguenze sono disastrose per l'ambiente. Più di “de-crescita” è corretto parlare di “a-crescita”, così come si parla di “a-teismo”, poiché si tratta di abbandonare una fede e una religione: quella dell'economia della crescita, che ignora il

concetto di entropia, ovvero la non reversibilità delle trasformazioni dell'energia e della materia e che si fonda sulla possibilità di una crescita infinita all'interno di un mondo finito" (Latouche, 2006).

La società della decrescita è in contrasto con il "senso comune" della società cosiddetta "moderna", che identifica la crescita del PIL con l'aumento del livello di vita. Il miglioramento delle condizioni di vita deve essere ottenuto non con l'aumento dei consumi di merci ma con il miglioramento dei rapporti sociali, dei servizi collettivi, della qualità ambientale.

Di seguito verranno trattati quattro aspetti: la necessità di ridurre i consumi energetici (par. 6.4.1), il reale potenziale di miglioramento in termini di intensità energetica del PIL (par. 6.4.2), l'influenza dei miglioramenti di efficienza energetica sulla domanda energetica (par. 6.4.3), e la sostenibilità o meno dell'economia basata sulla crescita del PIL (par. 6.4.4).

6.4.1 Consumi energetici, decrescita

Fino alla seconda guerra mondiale la domanda umana di risorse è stata insignificante in relazione al patrimonio globale. Dopo in soli sei decenni si sono consumate più risorse che nell'intero arco della storia prima d'allora.

Secondo Ervin Laszlo bisogna porsi nell'ottica di ridurre questo uso spropositato di risorse anche per la rapida crescita della popolazione mondiale, che da circa cinque miliardi di ventidue anni fa, aumenterà a oltre otto miliardi stimati tra due decenni. Poiché la terra disponibile rimane invece sempre quella, e anzi va riducendosi per via di consumi, di desertificazione e di erosione, la disponibilità pro capite di terra per l'uomo è crollata, dai 7,90 ettari per persona nel 1900 ai meno di due ettari oggi. Questa è la quota di terra limite, sia quella fisicamente disponibile, sia quella impiegabile in modo sostenibile (Laszlo et al., 2012).

La "sovracrescita" economica deve confrontarsi con la finitezza della biosfera e già oggi supera ampiamente la portata del pianeta. Un numero considerevole di indici sono stati sviluppati allo scopo di valutare il consumo umano di risorse naturali rispetto alla capacità della Terra di rigenerarle. Ad esempio il concetto di impronta ecologica introdotto nel 1996 da Mathis Wackernagel e William Rees (Wackernagel et al., 1996) e che a partire dal 1999 il WWF aggiorna periodicamente nel suo Living Planet Report evidenzia un'insostenibilità sia dal punto di vista della capacità di rigenerazione della biosfera, sia dal punto di vista dell'equità nei diritti di sfruttamento della natura. Secondo il Living Planet Report 2012, nel 2008 la biocapacità totale della Terra ammonta a 1.8 gha procapite (in cui gha, global hectare, è la biocapacità di un ettaro di superficie con la produttività media mondiale), mentre l'impronta ecologica dell'umanità è a 2.7 gha pro-capite; la terra impiega quindi un anno e mezzo per rigenerare completamente le risorse rinnovabili che l'umanità utilizza in un solo anno. Inoltre, il dato medio dell'impronta nasconde grandi disparità, se tutti vivessero come gli italiani, avremmo bisogno di 2,5 pianeti Terra per sostenerci, se vivessero come lo statunitense medio sarebbero necessari 4 pianeti, mentre se tutta l'umanità vivesse come

l'indonesiano medio, per rigenerare la domanda antropica annua di risorse verrebbero utilizzati solo due terzi della biocapacità del pianeta.

Altro esempio che rivela il trend consistente di sovraconsumo è il sistema di allevamento intensivo europeo che richiede in “prestito” da altri paesi una superficie equivalente a sette volte quella del nostro continente per produrre l'alimentazione necessaria agli animali allevati secondo questo metodo industriale (Shiva, 2001).

Potrebbero essere riportati altri indici ed altri esempi che mettono in luce la gravità del livello di sfruttamento delle risorse al quale siamo arrivati, ma è ancor più importante sottolineare che questa eccessiva richiesta quantitativa vive di una spinta inerziale che se non fermata, incorrerà nel paradosso “dell'alga verde”: “Un bel giorno, incoraggiata dall'uso massiccio di concimi chimici da parte degli agricoltori circostanti, una piccola alga verde comincia a prosperare in un grandissimo stagno. Anche se la sua diffusione annua è rapida, di una progressione geometrica con fattore 2, nessuno se ne preoccupa, fino al momento in cui l'alga occupa metà della superficie dello stagno e rischia di provocare un'eutrofizzazione. Ma, il problema è che, pur avendo impiegato alcuni decenni per arrivare a quello stadio, basterà un solo anno per provocare la morte irrimediabile dell'ecosistema lacustre. Siamo arrivati al punto in cui l'alga ha colonizzato metà del nostro stagno” (Latouche, 2006).

L'economista rumeno Nicholas Georgescu-Roegen, considerato uno dei precursori della decrescita, per quanto riguarda la questione dei limiti ecologici, nel 1971 ha pubblicato “The Entropy Law and the Economic Process”, nel quale notò come il modello dell'economia neoclassica non tenesse conto del secondo principio della termodinamica, o legge di entropia, la quale afferma che in ogni produzione fisica una parte dell'energia impiegata passa necessariamente da una forma disponibile ad una indisponibile. In altre parole, nel processo economico, ogni attività produttiva comporta una diminuzione dell'energia disponibile. Georgescu-Roegen ha connesso dunque l'attività economica al consumo di risorse naturali evidenziando i fondamenti fisici che stanno alla base della loro limitatezza e del loro progressivo esaurimento.

6.4.2 Intensità energetica del PIL, decrescita

Al fine di conciliare la crescita e il rispetto dell'ambiente tramite un aumento del PIL sostenuto da una sempre minor quantità di energia si utilizzano due principali argomentazioni basate sull'economia “immateriale”, e sull'efficienza energetica, le cui potenzialità per diversi punti di vista possono essere state sopravvalutate dai paesi OECD che puntano soprattutto su di esse per ridurre le emissioni di CO₂.

Nella presente tesi, contrariamente a molte altre trattazioni, quali quelle IEA, viene argomentato come i miglioramenti di intensità energetica del PIL, inseriti nella società della “crescita” potrebbero non portare in futuro a riduzioni importanti delle emissioni di CO₂.

Si precisa che non si sostiene l'idea che i miglioramenti nell'efficienza energetica, o che un'economia immateriale non siano utili, ma che i benefici che potrebbero apportare nella società attuale sono sotto diversi aspetti sovrastimati.

La nuova economia fondata sui servizi e la realtà virtuale (l'uso di computer, o altri accessori elettronici similari) è solo relativamente immateriale, seguendo infatti l'intero ciclo di vita (produzione, uso, smaltimento) dei materiali di cui si serve, è evidente che è avida di input materiali più di quanto possa sembrare. Secondo le stime del World Watches Institute, ad esempio la sola produzione di un microchip di 32 mega necessita di 72 grammi di sostanza chimica, 700 grammi di gas elementari (principalmente azoto), 32 litri d'acqua, 1200 grammi di combustibile fossile, ovvero una quantità complessiva di materia che supera 17000 volte il suo peso. I consumi energetici per la produzione di beni e servizi dell'economia immateriale sono spesso trascurati nei trend dell'ultimo decennio dei paesi OECD, a causa del trasferimento delle imprese produttrici verso i paesi emergenti, un loro conteggio potrebbe invece mettere in luce uno scenario meno ottimistico rispetto alla capacità dell'economia "immateriale".

Oltre al trasferimento di attività ad alto consumo energetico dai paesi OECD verso i paesi emergenti, si aggiunge un aumento del traffico mondiale di merci che fa aumentare il consumo di energia legata ai trasporti. I consumi legati ai bunkeraggi internazionali derivanti da questo sistema produttivo non potranno che aumentare, riducendo ancor più i miglioramenti che ci si attende di avere in termini di intensità energetica mondiale. Bisognerebbe interrompere la tendenza a favore di una produzione su scala globale, dettata dal libero mercato che muove le attività verso manodopera a minor costo, sviluppando politiche di maggior protezione delle produzioni nazionali.

L'economia globale, sta affrontando una crisi: per la prima volta nella sua storia la curva crescente della domanda da parte dell'umanità eccede la curva discendente dell'offerta globale, cioè della disponibilità di risorse, conseguentemente le risorse diventeranno sempre più rare e costose (Laszlo et al., 2012). Il costo dell'energia sarà destinato ad aumentare ulteriormente se si considera la tendenza, favorita dall'esaurimento delle fonti fossili, di aumentare nel mix energetico la presenza di fonti rinnovabili che mediamente sono più costose delle fonti tradizionali.

In futuro i miglioramenti di efficienza e la diminuzione degli sprechi, che porterebbero a miglioramenti di intensità energetica, potrebbero essere in parte annullati dall'aumento dei costi dell'energia. Esemplicativi in questo senso sono l'Italia, come già visto, e la Cina. Il sistema energetico italiano fortemente legato all'importazione di energia, risente maggiormente rispetto agli altri paesi europei il peso dei costi energetici sull'economia nazionale, anticipando una situazione che nel tempo potrebbe allargarsi su scala mondiale. La Cina che è sede della delocalizzazione produttiva di molte imprese occidentali e giapponesi, attratte da manodopera a buon mercato, può rappresentare un buon esempio di quanto i miglioramenti di efficienza possano faticare ad apportare un cambiamento favorevole di intensità energetica.

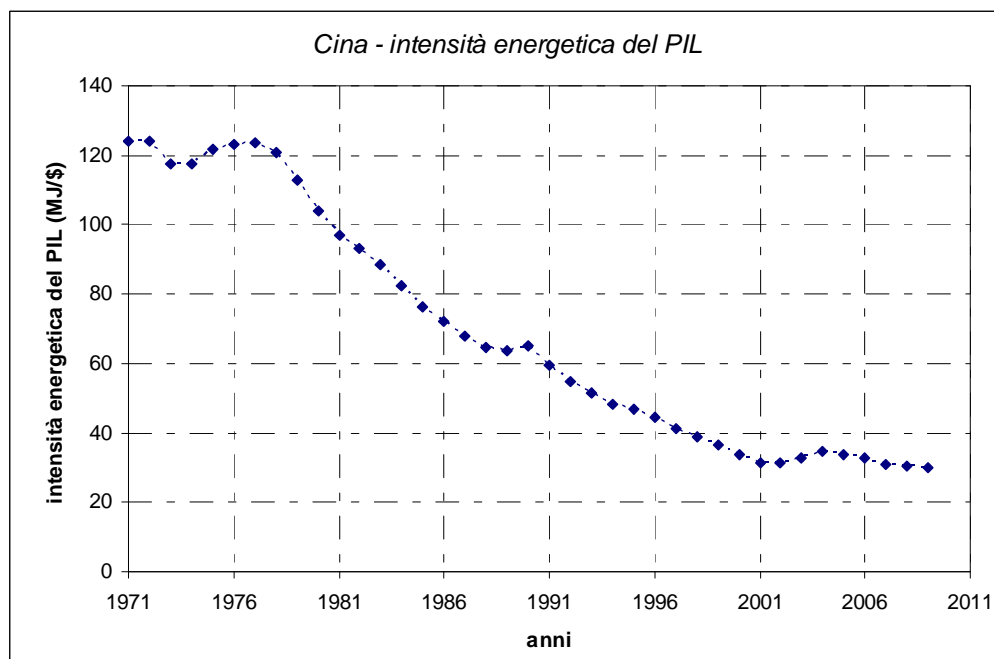


Fig. 6.10 – Cina: trend storico (1971-2009) dell'intensità energetica del PIL(MJ/\$). Il PIL è espresso in termini di MER.

Come evidenziato in figura 6.8, nell'ultimo decennio i miglioramenti di efficienza, in un paese dove pesa poco il settore del terziario sull'economia nazionale, faticano a svincolare la produzione di PIL dai consumi energetici avvalorando l'ipotesi che gli incrementi di efficienza sono in parte controbilanciati da un aumento dei prezzi dell'energia.

Ipotizzando che i paesi OECD, così come i paesi emergenti si muoveranno verso un'autonomia energetica e di risorse, non solo per necessità, ma per principi di responsabilità ed equità, si avrà come conseguenza un aumento su scala nazionale della dipendenza del PIL dal consumo di energia, perché diminuirà la componente legata allo sfruttamento di territori e risorse di altri paesi (disboscamento, terreni dedicati all'agricoltura o allevamento intensivo, estrazione combustibili fossili, estrazione mineraria, ecc.)

6.4.3 Efficienza energetica, decrescita

In una società della crescita il contributo che l'efficienza energetica può dare sull'effettiva riduzione delle emissioni di CO₂, deve essere in parte ridimensionato, per l'"effetto rimbalzo".

L'"effetto rimbalzo" risponde al "paradosso di Jevons": alla fine del diciannovesimo secolo, l'economista neoclassico William Stanley Jevons aveva osservato che le caldaie a vapore consumavano sempre meno carbone grazie ai perfezionamenti tecnici, ma il consumo

globale di carbone continuava ad aumentare perchè aumentavano le caldaie. Si può definire l'“effetto rimbalzo” come l'aumento di consumi legati alla riduzione dei limiti d'uso di una tecnologia, limiti che possono essere monetari, temporali, sociali, fisici, legati allo sforzo, al pericolo, all'organizzazione ecc (Latouche, 2006). Le tecnologie più diventano efficaci, più spingono all'aumento dei consumi; il risparmio energetico, se accompagnato da un risparmio economico, è spesso compensato da un aumento delle quantità consumate e quindi del PIL. Questo fenomeno si verifica perché la nostra società, essendo strutturata sulla crescita e quindi sul consumismo, ad un risparmio energetico ed economico corrisponde una spesa equivalente anche di merci precedentemente ritenute superflue e di cui avremmo fatto a meno: se la casa è dotata di un isolamento migliore, si risparmia denaro sul riscaldamento e si compra una seconda auto.

Nel caso della Kaya Identity quindi, la riduzione nelle emissioni di CO₂, che deriverebbe da un miglioramento del rapporto tra PIL e consumo energetico, verrebbe in parte annullata da un analogo aumento del PIL verificatosi come risposta dell'“effetto rimbalzo”.

Questo fenomeno si vince in parte se, contrariamente alle leggi del libero mercato, la governance impone delle manovre che prevedano l'obbligo di usare tecnologie con efficienza migliore, senza che un loro utilizzo garantisca necessariamente un risparmio economico, perchè i minor costi legati al risparmio energetico sono coperti dal maggior costo della tecnologia adottata.

6.4.4 PIL, decrescita

Il prodotto interno lordo è l'indicatore sintetico che è stato da sempre utilizzato come elemento essenziale sia per la definizione, la misurazione e la valutazione delle politiche espresse da un paese, che per indicarne il benessere. Tuttavia, negli anni più recenti il divario esistente fra la misurazione offerta dal PIL e le reali condizioni di progresso e sviluppo si è palesato in modo chiaro e netto.

Secondo Serge Latouche un aumento della produzione di beni è indice di crescita, intesa in senso classico, ma non necessariamente di progresso e di sviluppo. Il PIL misura gli output, la produzione, e non gli outcome, i risultati; considera positiva ogni produzione e ogni spesa, incluse le produzioni nocive e le spese necessarie a neutralizzare gli effetti negativi delle prime, in altre parole tutto ciò che può essere venduto e che ha un valore aggiunto monetario, contribuisce a gonfiare il PIL e la crescita, indipendentemente dal fatto che questo contribuisca o meno al benessere individuale e collettivo (Latouche, 2006).

Nel 1968 l'allora candidato alla presidenza degli Stati Uniti d'America Robert Francis Kennedy, in un discorso tenuto all'Università del Kansas, dichiarava: “Il PIL non tiene conto della salute delle nostre famiglie, della qualità della loro educazione o della gioia dei loro momenti di svago. Non comprende la bellezza della nostra poesia o la solidità dei valori familiari, l'intelligenza del nostro dibattito o l'onestà dei nostri pubblici dipendenti. Non tiene conto né della giustizia nei nostri tribunali, né dell'equità nei rapporti fra di noi. Il PIL non misura né la nostra arguzia né il nostro coraggio, né la nostra saggezza né la nostra conoscenza, né la nostra compassione né la devozione al nostro paese. Misura tutto, in breve, eccetto ciò che rende la vita veramente degna di essere vissuta.”

L'idea che il PIL sia un numero relativamente poco significativo è sempre più condivisa, ed il dibattito in materia è intenso anche a livello istituzionale, a titolo di esempio, il 19 e 20 novembre 2007 si è tenuta a Bruxelles la conferenza internazionale “Beyond GDP” (“Oltre il PIL”) organizzata dalla Commissione europea, dal Parlamento Europeo, dall'OECD e dal WWF.

Secondo Serge Latouche il PIL non solo raccoglie in sé molte carenze come strumento primario di misurazione del benessere, ma può considerarsi l'indice che per eccellenza descrive l'approccio errato con cui il sistema economico attuale si sta ponendo nei confronti dello sviluppo. Per migliorare le sorti a cui il sistema attuale sta andando incontro, non sarà sufficiente cambiare l'unità di misura per trasformare in meglio la società, ma è necessario cambiare i valori e di conseguenza i concetti cui intendiamo rifarci (S. Latouche, 2006).

Per poter comprendere meglio quali sono i preconcetti errati che il PIL rappresenta e sostiene e per ottenere delle reali soluzioni al surriscaldamento globale, ma più in generale ai problemi ambientali e sociali, diversi autori sostengono che sia necessario dare una visione olistica su ciò che è sbagliato e quindi su ciò che è necessario fare per porvi rimedio.

L'insostenibilità strutturale del sistema finanziario mondiale non è una novità, ma non è stata generalmente riconosciuta fino all'autunno 2008, con un crash che è sfociato nella più grande perdita di ricchezza mai registrata: 2,8 miliardi di miliardi di dollari. La precarietà del sistema finanziario non è legata a problematiche attuali, ma risale a molto prima, si radica sugli squilibri del commercio mondiale e sull'assurdo della crescita infinita.

L'economia, dominata dalla logica finanziaria, "si comporta come un gigante che non è in grado di stare in equilibrio se non continuando a correre, ma così facendo schiaccia tutto ciò che incontra nel suo percorso" (Hoogendijk, 2001).

Originariamente il pensiero economico non si basava sulla crescita: gli economisti classici come Adam Smith, Thomas Robert Malthus, David Riccardo e John Stuart Mill non pensavano che una crescita infinita ed indefinita del sistema fosse possibile. Erano addirittura convinti che si sarebbe necessariamente prodotto un arresto dell'accumulazione con l'avvento di uno stato stazionario, contrariamente alla società attuale che lega il proprio destino ad una organizzazione fondata sull'accumulazione illimitata.

Secondo la legge di Okun (Blanchard, 2009), legge empirica che collega il tasso di crescita della produzione con le variazioni del tasso di disoccupazione, è noto che serve una crescita annua di oltre il 2 per cento non per realizzare incrementi nell'occupazione, ma per non far diminuire la disoccupazione. La dittatura dei tassi di crescita impone alle società sviluppate di vivere in regime di “sovracrescita”, ovvero impone di produrre e consumare oltre ogni “ragionevole” necessità.

Il sistema economico così com'è strutturato non troverebbe altro limite se non l'esaurimento delle risorse del pianeta, inoltre, il raggiungimento di questo sarebbe preceduto da problematiche ambientali, climatiche e sociali gravissime e alle quali potremmo non trovare soluzioni. Ci ritroveremmo come una rana immersa in una pentola colma di acqua a temperatura ambiente, l'acqua viene lentamente scaldata e questa non se ne accorgerà nemmeno. Si adatterà ai cambi “climatici” sino ad un punto in cui smetterà di vivere, un punto di stasi oltre al quale i meccanismi di difesa personali non saranno più in grado di funzionare. In quell'oblio anche doloroso la rana smetterà di opporsi senza mai essersi in realtà opposta. Un'alternativa a quanto descritto con questa metafora è che l'uomo non

attenda il raggiungimento di questo stadio finale senza ritorno, ma anticipi gli eventi ed inizi da subito ad autolimitarsi.

Il modello economico attuale fa sì che il mondo contemporaneo sia sempre più polarizzato, sta cioè crescendo il divario tra i ricchi e i poveri, tra i potenti e gli emarginati. Il gap si computa normalmente in termini economici, ma è una realtà sociale. Deprime la qualità della vita e perfino le chance di sopravvivenza di vaste fasce di popolazione (E.Laszlo et al., 2012).

Nei paesi poveri la lotta per la sopravvivenza economica distrugge la famiglia. Le donne sono obbligate a lasciare la casa in cerca di lavoro. Vengono largamente sfruttate con miseri lavori per paghe irrisorie; molte vengono forzate alla prostituzione. Secondo l'International Labour Organization cinquanta milioni di bambini sono assoldati per un magro salario in fabbriche, miniere o nei campi, principalmente in Africa, Asia, America Latina.

Uno dei fatti nuovi più rilevanti nelle scienze sociali degli ultimi 40 anni è l'emergere del cosiddetto "Paradosso della felicità". Nei Paesi economicamente più avanzati, negli ultimi decenni non sta più aumentando il benessere umano, a fronte di un forte aumento del benessere economico (Easterlin et al., 2010).

Il paradosso di Easterlin o paradosso della felicità venne definito nel 1974 da Richard Easterlin, il quale evidenziò che nel corso della vita la felicità delle persone dipende molto poco dalle variazioni di reddito e di ricchezza. Questo paradosso, secondo Easterlin, si può spiegare osservando che, quando aumenta il reddito, e quindi il benessere economico, la felicità umana aumenta fino ad un certo punto, poi comincia a diminuire, seguendo una curva ad U rovesciata.

Lo stesso Easterlin insieme a Daniel Kahneman (Premio Nobel per l'economia nel 2002), Frank ed altri hanno provato a spiegare il paradosso con l'effetto treadmill (tappeto rullante), sostenendo che una conseguenza dell'aumento del reddito/ricchezza è da considerarsi come se corressimo inconsapevolmente su un tappeto rullante rimanendo sempre al medesimo punto. I principali treadmill effect sono:

- l'hedonic treadmill, secondo la "teoria dell'adattamento", è il meccanismo per il quale la nostra soddisfazione o il benessere conseguente all'acquisto di un nuovo bene di consumo (per esempio, di un'automobile berlina al posto della precedente utilitaria), dopo un miglioramento temporaneo ritorna rapidamente al livello precedente;
- il satisfaction treadmill, invece, dipende dall'innalzamento del nostro livello di "aspirazione al consumo" al migliorare del reddito, cioè nonostante la "felicità oggettiva" migliori si richiedono continui e più intensi piaceri per mantenere lo stesso livello di soddisfazione (il livello che segna il confine fra i risultati soddisfacenti e quelli insoddisfacenti) o la stessa "felicità soggettiva" (l'autovalutazione della propria felicità);
- il positional treadmill relativo mette l'accento sugli effetti "posizionali" dei beni di consumo in base ai quali il benessere che traiamo dal consumo dipende soprattutto dal valore relativo del consumo stesso, cioè da quanto esso differisce da quello degli altri con i quali ci confrontiamo.

Sul rapporto tra reddito e felicità, dai dati dell'ultima indagine nazionale (Marsden, 2012) dell'American GSS (General Social Survey), si mette in luce che tra chi guadagna meno di 20.000 dollari l'anno e chi ne guadagna più di 90.000 ci sono differenze sensibili riguardo al sentirsi più o meno felici. I "non felici" tra i poveri sono il 17%, mentre tra i ricchi sono solo il 5,3%. I "veramente felici" sono, rispettivamente, il 22% e il 42%. A questo livello, effettivamente, l'aumento del reddito contribuisce ad un raggiungimento di maggior felicità, perché se il reddito è troppo basso la psiche e il corpo ne soffrono. Mentre i dati evidenziano che tra chi guadagna da 50.000 a 90.000 dollari (da 38.000 a 70.000 euro) e quelli che stanno oltre i 90.000 dollari non ci sono differenze significative in termini di distribuzione della felicità.

Di seguito si riporta un grafico (fig. 6.11) che mette in relazione il PIL pro-capite degli Stati Uniti e la felicità dei cittadini. L'andamento della felicità media è calcolata in funzione del World Database of Happiness, una raccolta di reperti sulla felicità nel senso di godimento soggettivo della propria vita, definite attraverso questionari o valutazioni cliniche a opera di psicologi e che si traducono in misure attraverso una scala di valutazione. La fig 6.11 mette in evidenza che superata una certa soglia di PIL pro-capite la popolazione non percepisce un aumento di felicità.



Fig. 6.11 – Felicità e Pil pro-capite degli Stati Uniti, 1946-91. Fonti dati: World Database of Happiness, Bureau of Economic Analysis of the U.S. Department of Commerce e U.S. Bureau of Census. (Frey e Stutzer, 2001).

Nei Paesi a reddito elevato si sta verificando non solo che l'andamento tra PIL e felicità sia ormai svincolato, ma addirittura che l'aumento del reddito pro-capite si sta portando con se una diminuzione di benessere soggettivo delle persone, poiché si stanno "inquinando" aree importanti della vita: in particolare i beni ambientali, i beni relazionali e in generale i beni di gratuità.

Il Paradosso della felicità ci dice che qualcosa non sta funzionando nel trasformare i beni in ben-essere e che tra le varie componenti del benessere umano iniziano ad esserci dei conflitti. Tema cruciale in questa fase del capitalismo sono le relazioni umane, da molte analisi risulta che chi investe nella vita sociale e relazionale ha un forte "differenziale di felicità" rispetto a chi non lo fa o lo fa meno (Bruni e Stanca, 2008).

Secondo Luigino Bruno nonostante i dati (e l'esperienza) ci dicano che dedicare risorse alla vita relazionale "genuina" è importante per la felicità, di fatto si investono troppe risorse per produrre comfort e beni materiali. La felicità dipende da due variabili il reddito e le attività legate alla dimensione della gratuità: beni relazionali, vita interiore e spirituale, attività con motivazioni intrinseche (e non strumentali) svolte perché hanno in se stesse la loro ricompensa: natura, musica, arte). Il peso relativo degli "effetti" delle due variabili cambia al crescere del reddito, e la loro somma "oltre un punto critico" può diventare negativa. La nostra società impostata sul lavoro dedicato al fine di mantenere il PIL in crescita, toglie progressivamente spazio alla dimensione della gratuità, e al di sopra di una certa soglia del PIL si verifica addirittura una diminuzione della felicità. La felicità dipende dai luoghi, non tanto dal PIL pro-capite: la felicità o è pubblica o non è, perché dipende dalle relazioni. Una delle origini della crisi finanziaria attuale (tutta interna all'occidente) va letta insieme ai dati sul paradosso della felicità e sulla diminuzione dei beni relazionali: il vecchio modello tradizionale, basato sul principio gerarchico, non funziona più, ma non è ancora nato un nuovo modello. Occorre saper ricreare dei luoghi nei quali le persone, le istituzioni, possano ritrovare buone ragioni per investire in nuove relazioni, dobbiamo mettere in conto anni difficili, che saranno però benedetti, se da questo lungo parto nascerà un nuovo modo di stare al mondo con meno solitudini e più relazioni, meno diffidenza e più fiducia, meno beni privati più beni pubblici.

Per far tutto ciò, c'è bisogno di un nuovo patto sociale, e dopo decenni di avvelenamenti reciproci, dar vita ad un periodo di giubileo, di perdono reciproco, di pace ideologica, nella quale ognuno di noi rivede i propri valori per un'etica del "cambiamento" e passare da una civiltà "senza" valori a una civiltà dei valori (E. Laszlo et al., 2012).

6.5 SCENARIO OBIETTIVO: POPOLAZIONE

La popolazione mondiale continua a crescere e certamente e ciò avverrà per larga parte del prossimo secolo, influenzando molto negativamente i fragili equilibri ambientali, sia contribuendo ad accrescere l'effetto serra e il riscaldamento climatico, sia accentuando altre forme di inquinamento e riducendo la biodiversità. Molte sono le vie attraverso le quali la crescita demografica ha un impatto ambientale e sarà quindi imprescindibile ridurre il tasso di natalità mondiale, senza però ledere i diritti umani. Si dovrebbe intervenire sulla diminuzione

della fertilità, tramite gli strumenti, semplici ed economici, dell'educazione e dell'accesso alla pianificazione familiare e non con metodi più severi ricorrendo ad esempio alla coercizione.

L'educazione alla pianificazione familiare, non è in contraddizione con i desideri e i bisogni umani: quando le donne possono scegliere quanti bambini avere, avendo accesso ad informazioni sanitarie, scelgono in modo costante famiglie più piccole, ma spesso la carenza di strutture adeguate nel proprio territorio impediscono loro di ricevere la giusta assistenza. Nei paesi più poveri le donne non hanno neppure mai sentito parlare di controllo delle nascite o di contraccezione (Starkey, 2012).

Per evitare che si arrivi a situazioni di emergenza, bisogna intervenire subito nel migliorare i servizi sanitari pubblici e assicurare la contraccezione a chiunque la voglia, ma per motivazioni etiche sarebbe preferibile evitare che si verifichino politiche di controllo delle nascite coercitive, come la politica del figlio unico del governo cinese.

La pianificazione familiare, accompagnata allo sviluppo sociale, hanno portato ad importanti risultati nella riduzione dei tassi di natalità:

- In Kerala, una vasta regione dell'India meridionale, con circa 35 milioni di abitanti, si è ridotto il tasso di natalità dal 4.4 degli anni Cinquanta all'1.8 del 1991, risultato ottenuto attraverso quattro misure: si sono incoraggiati l'apprendimento di pratiche sanitarie di base, l'occupazione femminile, il rispetto delle donne da parte degli uomini e forme di discussione pubblica aperte e informate degli uomini e forme di discussione pubblica aperte e informate (Dalai Lama, 2012).
- In Brasile, è crollato da 6.15 figli per donna nel 1950, a 2.35 nel 2005 (Population Connection, 2012).
- Nelle Mauritius nel periodo 1950-2005 si è passati da 6.27 a 1.91(Population Connection, 2012).
- In Messico nel periodo 1950-2005 da 6,7 a 2,4 (Population Connection, 2012).

Ogni paese industrializzato ha completato la transizione demografica, che conduce da alti tassi di natalità e mortalità a bassi tassi di natalità e mortalità. I paesi in via di sviluppo, invece, si trovano nel mezzo della transizione, con tassi di natalità alti e tassi di mortalità decrescenti ed è in questi paesi che saranno quindi necessari i maggiori sforzi.

6.5.1 Mondo, Europa, Italia e Lombardia

Nei paesi industrializzati, in cui si è completata la transizione demografica, non è necessario investire particolarmente nella pianificazione familiare, perché i tassi di natalità sono bassi e sarebbe poco utile apportarne ulteriori riduzioni, oltre a quelle già previste dallo scenario TENDENZIALE. A livello Europeo, italiano e lombardo si assumono quindi al 2030 obiettivi analoghi a quanto proposto dallo scenario TENDENZIALE, cercando comunque di investire nel rallentamento demografico, tramite progetti educativi nei paesi più poveri.

Nei paesi in via di sviluppo, si possono, invece, ottenere importanti risultati nella diminuzione dei tassi di natalità, ma come visto dagli esempi riportati nel paragrafo precedente, perché si giunga a diminuzioni importanti nei tassi di natalità attraverso un

processo educativo e di sviluppo sociale, occorreranno alcuni decenni. Su scala mondiale entro il 2030 si può prospettare quindi di raggiungere un numero di abitanti solo poco più basso di quanto proposto dallo scenario TENDENZIALE, ipotizzando una crescita con un tasso annuo medio di 0.9% contro quello del 1% dello scenario TENDENZIALE, come proposto nella fig. 6.12.

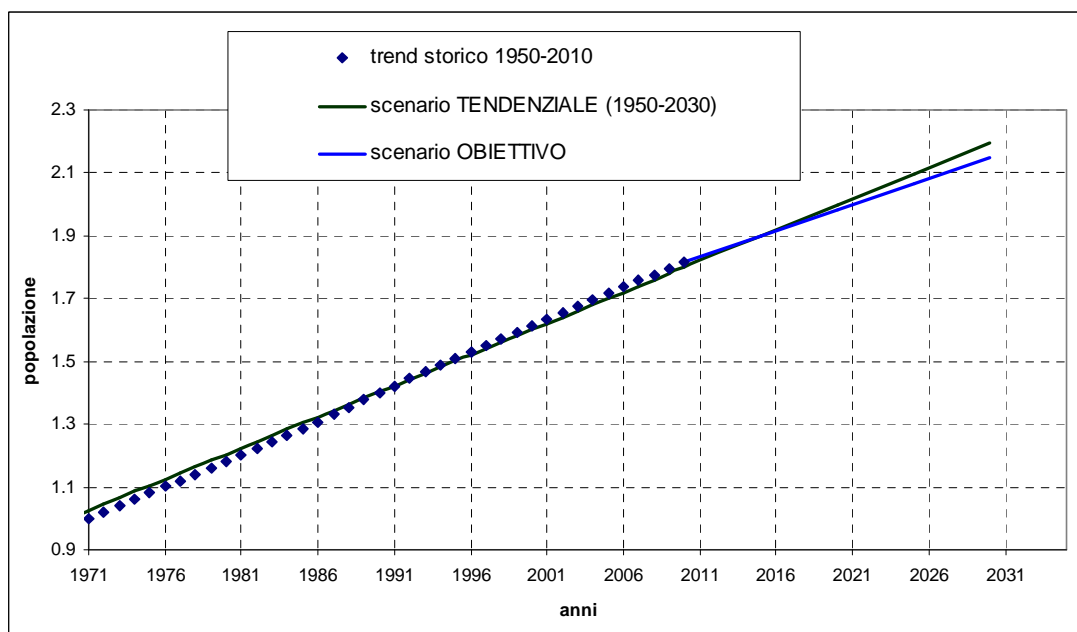


Fig. 6.12 – Popolazione. Mondo: Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO_2 a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

Se entro il 2030 i risultati sono limitati, e non portano a variazioni significative sul trend delle emissioni bisogna comunque adoperarsi per la costruzione di una solida realtà sociale e per un accesso alla pianificazione familiare nei paesi più poveri allo scopo di porre le basi per una più forte riduzione dei tassi di natalità entro il 2050.

Si riportano di seguito i valori obiettivo su scala mondiale, europea, italiana e lombarda.

Tab. 6.5 – Dati previsti dallo scenario OBIETTIVO

anni	MONDO Milioni di abitanti	EUROPA Milioni di abitanti	ITALIA Milioni di abitanti	LOMBARDIA Milioni di abitanti
2015	7145.55	505.995	61.5167	10.0850
2020	7452.86	511.785	62.3793	10.3487
2025	7760.17	517.028	63.0173	10.5562
2030	8067.47	520.650	63.5742	10.7141

6.6 SCENARIO OBIETTIVO: PIL

Assodato che, oltre un certo livello del PIL il benessere è svincolato da esso, allo scopo di ridurre le emissioni di CO₂ nell'ambito di una società della decrescita, si propone di seguito uno scenario OBIETTIVO che propone una riduzione controllata del PIL.

Come abbiamo visto dai precedenti capitoli, l'Europa e più in generale i paesi OECD, possono e soprattutto potranno sempre meno influenzare i dati energetici globali perché la loro quota di consumi energetici territoriali diventerà sempre più piccola rispetto a quella dei paesi non-OECD, mentre possiedono ancora una forte influenza sul PIL mondiale.

Perché si verificasse un reale cambiamento verso una società più rispettosa dell'ambiente e di se stessa, in base a quanto detto, la società occidentale dovrebbe prima ammettere che perseguire l'obiettivo della crescita per la crescita sta risultando fallimentare e sarebbe necessario compiere un veloce cambio di rotta. Sarebbe auspicabile abbandonare i paradossi su cui si fonda il libero mercato, e muoversi verso un gestione delle risorse e manovre di sviluppo, che, invece, di puntare ad un aumento indiscriminato del PIL, puntino ad obiettivi più concreti e volti a migliorare il benessere dell'uomo, passando dall'economia della competizione a una nuova economia della cooperazione.

Per i paesi OECD, prima degli altri, si ipotizza che inizino un difficile cammino verso una "società della decrescita", caratterizzata da una diminuzione dell'impronta ecologica e del PIL.

Risulta evidente come la ripresa economica sta avvenendo molto più lentamente di quanto stimato dalle prime proiezioni, e si stanno rivedendo al ribasso i vari outlook economici della maggior parte dei più ricchi paesi OECD. Secondo le previsioni (ottobre 2012) del Fmi (Fondo monetario Internazionale) per l'Eurozona ci si aspetta un -0,4% del Pil nel 2012, cui seguirà un limitato +0,2 per cento il prossimo anno, cifre più basse rispetto alle stime del "World Economic Outlook" di luglio di 0.1 e 0.5 punti percentuale. Per il Regno Unito si prevede un -0,4% e +1,1% nel 2012 e 2013 (da +0,2% e +1,4% delle previsioni di luglio).

I paesi OECD possono vedere questa crisi economica come un'occasione per rivedere il modello economico-politico su cui si fondano andando volontariamente incontro ad un progressivo decremento del PIL. Una diminuzione di PIL, che non farebbe diminuire il benessere ma lo aumenterebbe, perché sarebbe una decrescita organizzata ed orientata. Si disincentiverebbero le attività che pur apportando un aumento di PIL, non contribuirebbero alla crescita effettiva del benessere, come attività inquinanti, militari, che causano impatti negativi sull'ambiente naturale o sul tessuto sociale, ecc. Si incentiverebbero invece le attività gratuite, i centri di aggregazione sociale, l'autoproduzione, che non producono PIL ma contribuiscono positivamente al benessere della nazione. Ci si muoverebbe poi verso una migliore distribuzione del PIL, sia su scala nazionale, ma anche e soprattutto su quella mondiale attraverso un modello di cooperazione tra i paesi, in particolare tra quelli OECD e non-OECD.

Nel seguente paragrafo il PIL sarà espresso solo in termini di MER, tranne che su scala mondiale dove si effettuerà un confronto tra il trend espresso in PPP e in MER.

6.6.1 Mondo

Per quanto riguarda il PIL mondiale, si ipotizza l'eventualità che i paesi OECD andranno incontro ad una riduzione volontaria del PIL. Per il PIL dei paesi OECD dopo un leggero rallentamento rispetto al trend TENDENZIALE nel periodo 2009-2015, nel quale si valuta una riduzione del 30% del tasso annuo medio che passa da +1.8% a +1.25%, si ipotizza che il PIL registri fino al 2020 tassi annui medi di variazione nulli, e dal 2020 al 2030 inizi il vero percorso di decrescita con tassi medi annui di -0.5%, possibili in parte grazie a processi di cooperazione con i paesi non-OECD nei quali si sposteranno i centri di produzione del PIL e per i quali viene mantenuto il trend dello scenario TENDENZIALE. Per il PIL dei paesi non-OECD si ipotizza, invece, di mantenere il trend delineato per lo scenario TENDENZIALE. Il PIL mondiale viene stimato come semplice somma del PIL dei paesi OECD e non-OECD.

Si presentano di seguito i tassi annui medi di variazione OBIETTIVO del PIL mondiale e dei paesi OECD e non-OECD da cui dipende. Si riportano poi i grafici che mostrano sia gli scenari TENDENZIALI che quelli OBIETTIVO. Lo scenario TENDENZIALE è derivante dai tassi di crescita proposti nel paragrafo 5.1.1.

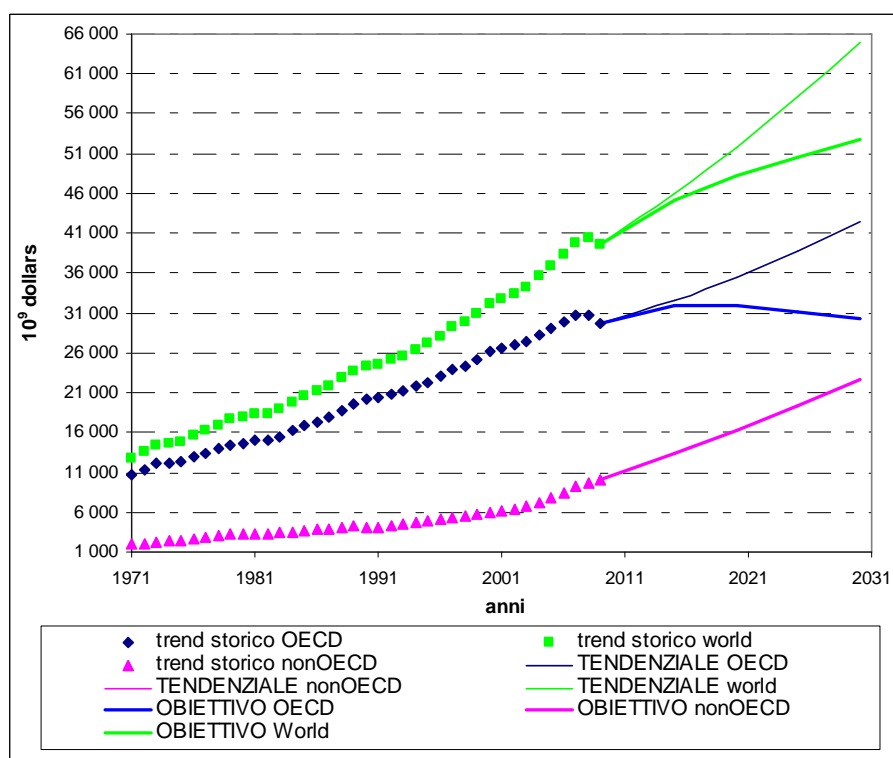


Fig. 6.13 – PIL. Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO dei paesi OECD, non-OECD e mondiale. Il PIL è espresso in termini di MER.

Tab. 6.6 – Tassi medi annui del PIL(MER)

	2009-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
OECD	1.25%	0.00%	-0.50%	-0.50%
Non-OECD	5.58%	4.36%	3.81%	3.29%
Mondo	2.35%	1.29%	0.95%	0.96%

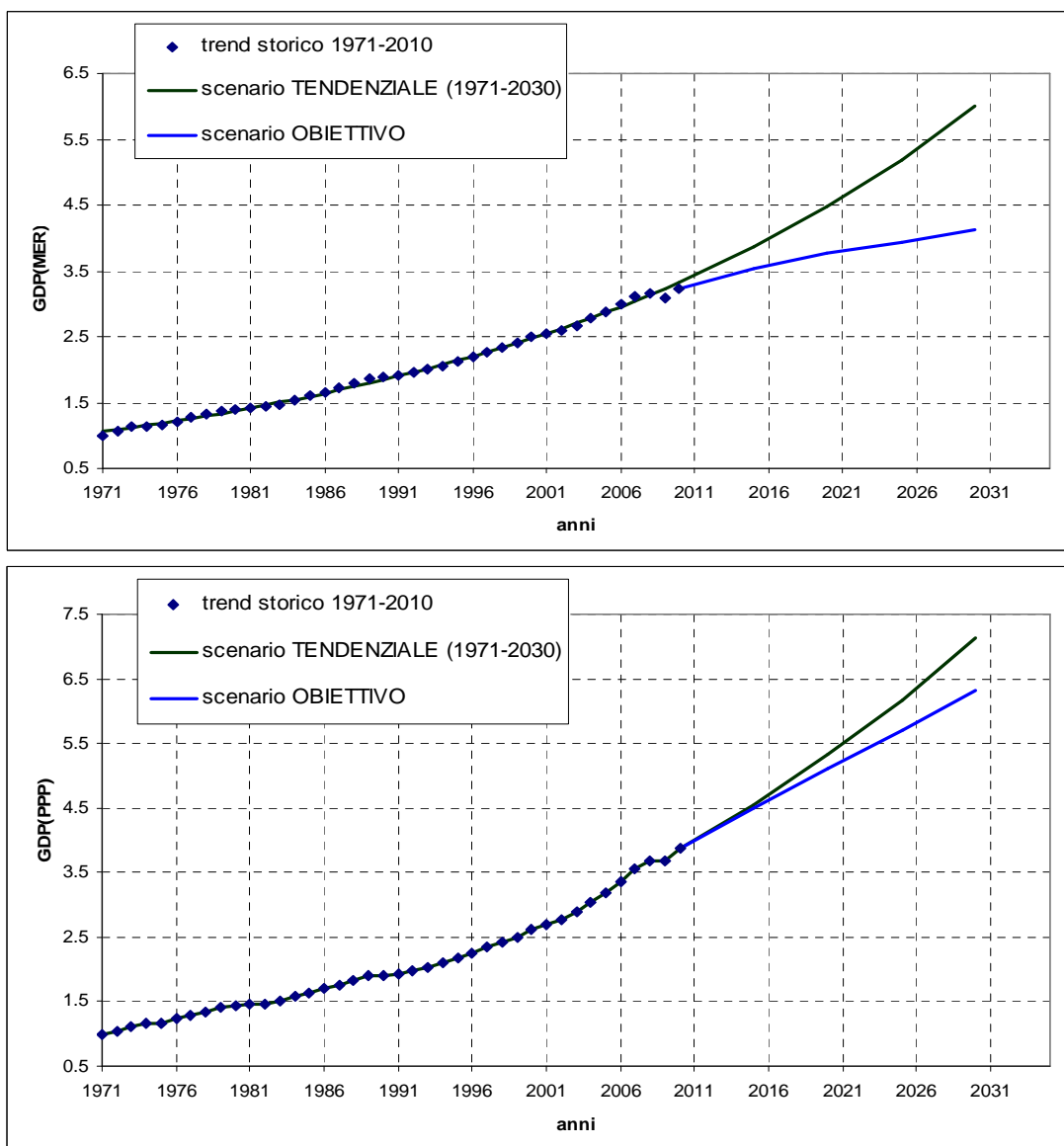


Fig. 6.14 – PIL. Mondo: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra il PIL è espresso come PIL(MER) sotto come PIL(PPP).

Si precisa che il trend del PIL(MER) appare maggiormente rallentato rispetto al PIL(PPP), perché il contributo dei paesi OECD, se lo si esprime in termini di MER, pesa molto di più sul PIL mondiale.

Tab. 6.7 – Dati del PIL dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009.

	Scenario OBIETTIVO PIL(MER)			Scenario OBIETTIVO PIL(PPP)		
	PIL(MER) (10⁹dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009	PIL(PPP) (10⁹dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	45258	-1.70%	14.07%	78378	-1.08%	22.00%
2020	48188	-6.92%	21.46%	89159	-4.21%	38.78%
2025	50481	-13.11%	27.24%	99427	-7.78%	54.76%
2030	52893	-18.65%	33.32%	110140	-11.46%	71.44%

6.6.2 Europa, Italia e Lombardia

Per Europa, Italia e Lombardia il PIL lo si esprime solo in termini di MER. Data l'attuale fatica europea ad uscire dalla crisi, difficoltà ancor più accentuata in Italia, già entro il 2015 si potrebbe raggiungere un importante riduzione di PIL.

La Fmi(Fondo monetario internazionale) prevede (in ottobre 2012) per l'intera Unione europea a 27 una crescita a zero nell'anno 2012, resa possibile solo dalla crescita dell'area dell'est Europa, per l'Italia prevede addirittura una recessione del -2.3%.

Si suppone che per lo meno fino al 2020 alcuni paesi dovranno essere trainanti verso un trend di decrescita del PIL, e si può pensare che tra questi l'Europa possa svolgere il ruolo principale, data l'attuale difficoltà economica, e che quindi già nel 2009-2015 registri un tasso annuo medio positivo ma già molto basso e pari a 0.5%, dal 2015 inizi un trend di decrescita con un tasso annuo medio di -0.25%, mentre nel successivo decennio 2020-2030 si suppone che i tassi di decrescita dei paesi membri si allinino ai tassi annui medi di variazione di circa -0.5%. L'Italia sta vivendo difficoltà economica ancora maggiori rispetto a ciò che si sta verificando mediamente in Europa, quindi se intraprendesse una politica di decrescita del PIL si potrebbe registrare già per il periodo 2009-2015 una riduzione del -0.5% come evidenziato in Tab. 6.11. Si sottolinea, come nell'ottica della società della decrescita, non si punta ad una diminuzione indiscriminata del PIL, ma a una sua riduzione controllata e consapevole, ben diversa da una situazione di crisi economica.

Per la Lombardia si ipotizzano gli stessi tassi di decrescita nazionali.

Tab. 6.8 – Tassi medi annui del PIL(MER)

	2009-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
EU 27	0.50%	-0.25%	-0.50%	-0.50%
Italia	-0.50%	-0.50%	-0.50%	-0.50%
Lombardia	-0.50%	-0.50%	-0.50%	-0.50%

Tab. 6.9 – Dati di PIL(MER) europeo dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Europa	Scenario OBIETTIVO PIL(MER)		
	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	9768.56	-8.09%	3.03%
2020	9642.69	-15.33%	1.70%
2025	9401.50	-22.62%	-0.84%
2030	9160.75	-29.04%	-3.38%

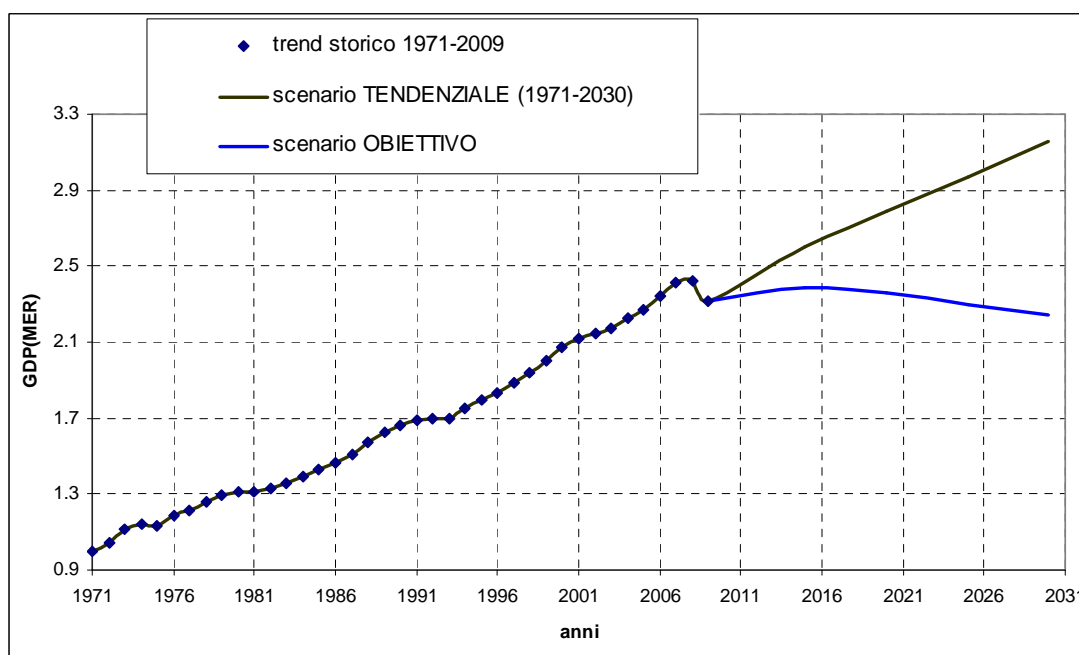


Fig. 6.15 – PIL. Europa: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Tab. 6.10 – Dati di PIL(MER) italiano dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Italia	Scenario OBIETTIVO PIL(MER)		
	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1076.68	-18.56%	-3.06%
2020	1049.30	-25.49%	-5.53%
2025	1022.97	-31.55%	-7.90%
2030	997.33	-36.90%	-10.21%

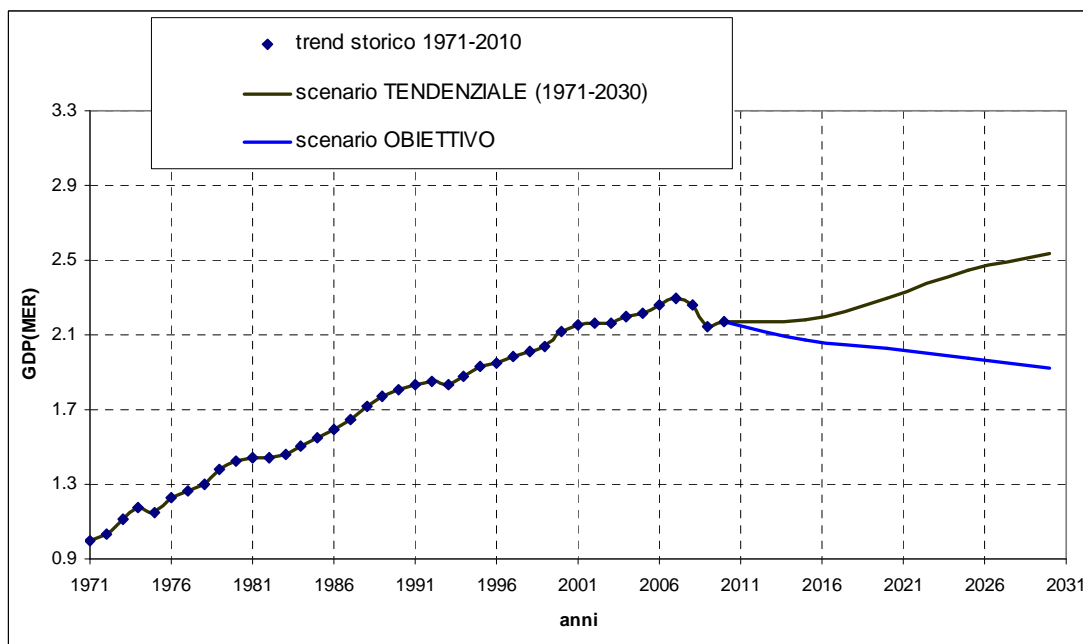


Fig. 6.16 – PIL. Italia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso in termini di MER.

Tab. 6.11 – Dati di PIL(MER) lombardo dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Lombardia	Scenario OBIETTIVO PIL(MER)		
	PIL(MER) (10 ⁹ dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	210.36	-5.80%	-3.08%
2020	205.07	-10.30%	-5.51%
2025	199.83	-15.20%	-7.93%
2030	194.78	-20.30%	-10.25%

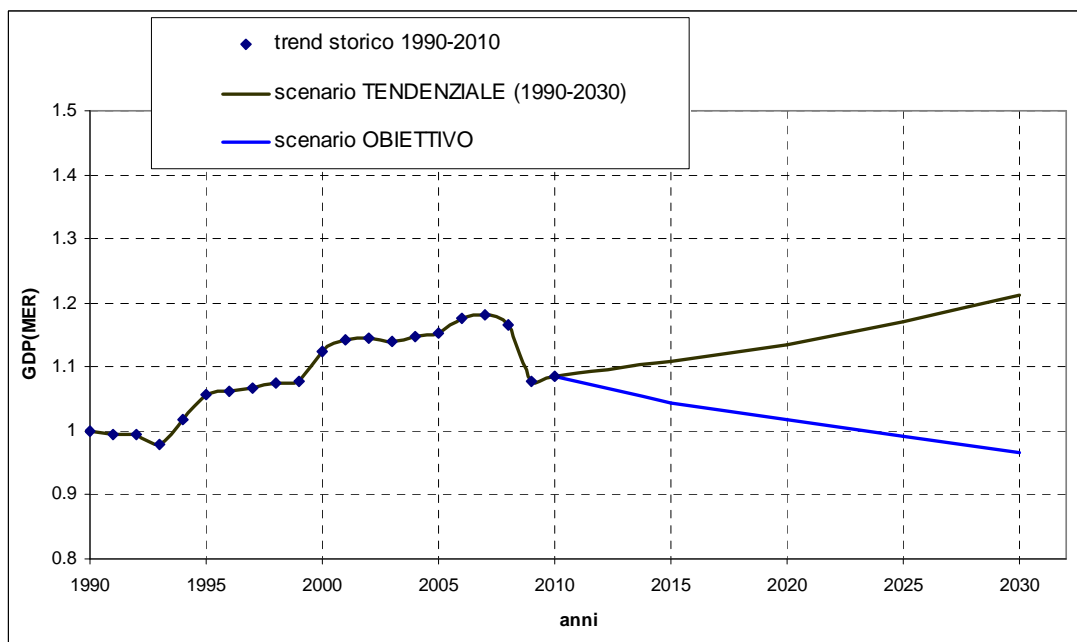


Fig. 6.17 – PIL. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso in termini di MER.

6.7 SCENARIO OBIETTIVO: PIL PRO-CAPITE

Le proiezioni obiettivo dei dati di PIL pro-capite sono stimate come rapporto tra i dati annuali di PIL e di popolazione degli scenari OBIETTIVO proposti nei precedenti paragrafi.

Gli scenari OBIETTIVO si muovono verso una più equa distribuzione del PIL pro-capite, in particolare tra nord e sud del mondo.

6.7.1 Mondo

Su scala mondiale risulta utile esprimere il PIL sia in termini di MER che di PPP per evidenziare alcune differenze.

Si propone di seguito un grafico che mostra come il PIL pro-capite tra paesi OECD e non-OECD, seppure ancora lontani, tenderanno ad avvicinarsi. La convergenza è resa più visibile esprimendo il PIL in termini di PPP.

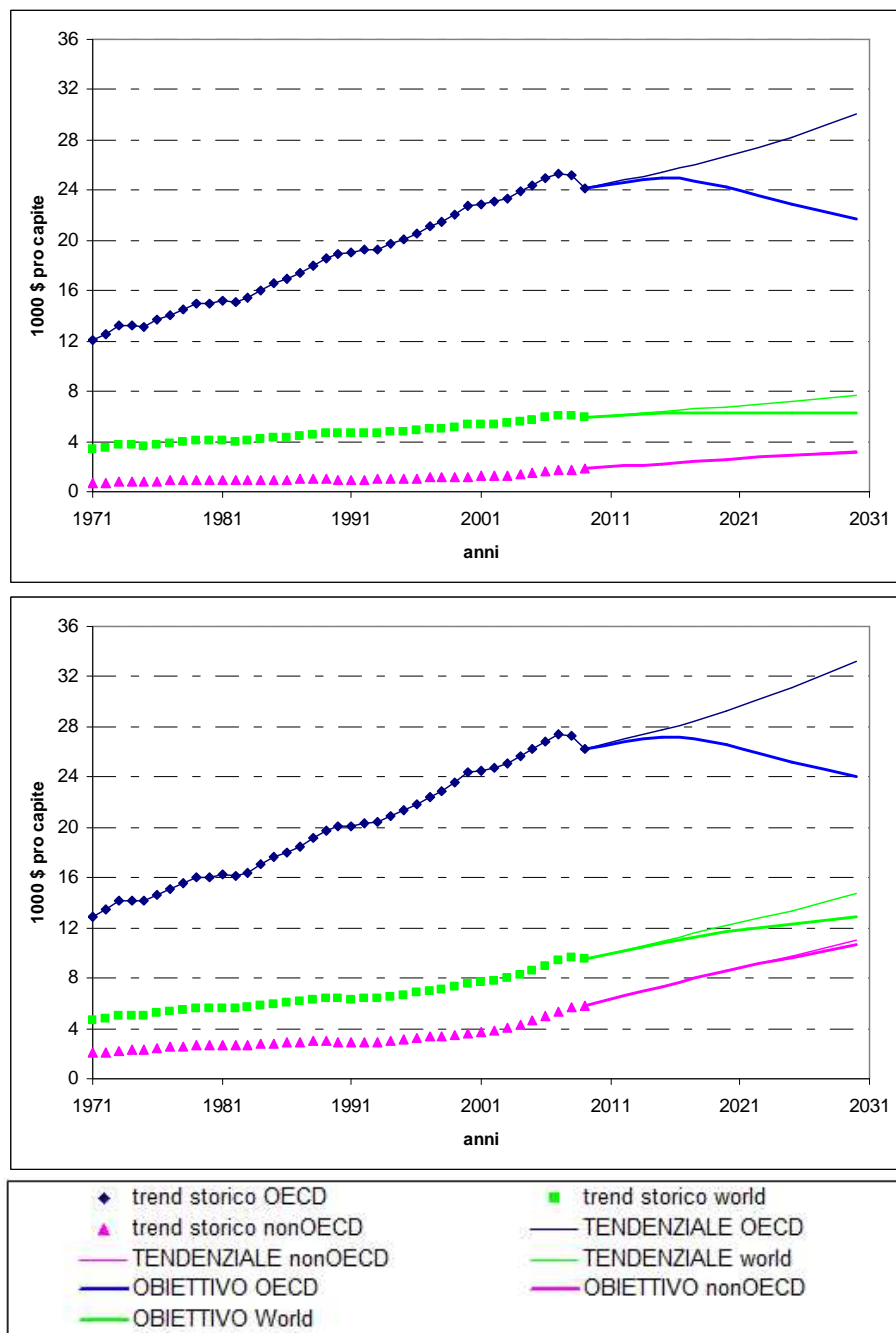


Fig. 6.18 – PIL pro-capite. Scenario TENDENZIALE ed OBIETTIVO dei paesi OECD, non-OECD e mondiale. Sopra il PIL è espresso come PIL(MER) sotto come PIL(PPP).

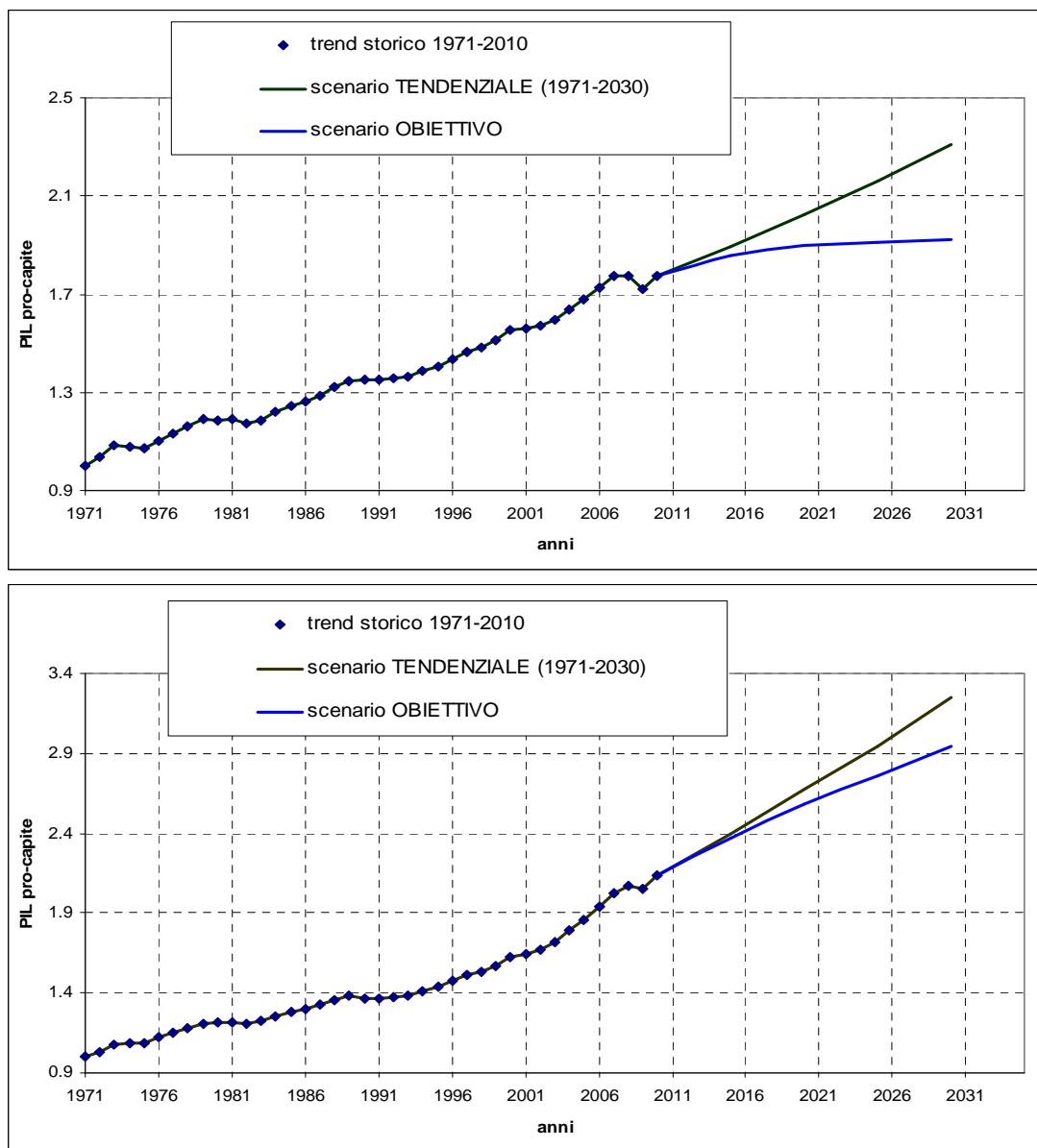


Fig. 6.19 – *PIL pro-capite. Mondo: scenariO TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra il PIL è espresso come PIL(MER) sotto come PIL(PPP).*

Su scala mondiale il PIL pro-capite(PPP) tenderà a crescere lentamente, mentre esprimendolo in termini di MER tenderà addirittura a diminuire, perché, come già detto, il contributo dei paesi OECD sul PIL(MER) mondiale pesa molto di più.

Si riportano di seguito i dati di PIL mondiale in funzione delle precedenti assunzioni e le variazioni percentuali con i dati dello scenariO TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.12 – Dati di PIL mondiale dello scenario *OBIETTIVO* e variazioni percentuali rispetto allo scenario *TENDENZIALE* e al dato storico del 2009.

	<i>Scenario OBIETTIVO PIL(MER) pro-capite</i>			<i>Scenario OBIETTIVO PIL(PPP) pro-capite</i>		
	PIL(MER) pro-capite (1000 \$ pro capite)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009	PIL(PPP) pro-capite (1000 \$ pro capite)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	6.3337	-1.79%	7.93%	10.9688	-1.16%	15.43%
2020	6.4657	-6.18%	10.18%	11.9630	-3.45%	25.89%
2025	6.5052	-11.72%	10.85%	12.8125	-6.30%	34.83%
2030	6.5563	-16.73%	11.72%	13.6524	-9.37%	43.67%

6.7.2 Europa, Italia e Lombardia

Per Europa, Italia e Lombardia il PIL pro-capite lo si esprime solo in termini di MER.

Tab. 6.13 – Dati di PIL(MER) europeo dello scenario *OBIETTIVO* e le variazioni percentuali tra questi e i dati 2015, 2020, 2025, 2030 dello scenario *TENDENZIALE*, e tra i primi e il dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	<i>Scenario OBIETTIVO PIL(MER) pro-capite</i>		
	PIL(MER) pro-capite (10 ⁹ dollars)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	19.31	-3.10%	1.88%
2020	18.80	-9.26%	-0.77%
2025	18.09	-15.89%	-4.52%
2030	17.40	-21.92%	-8.17%

Tab. 6.14 – Dati di PIL(MER) italiano dello scenario *OBIETTIVO* e variazioni percentuali rispetto allo scenario *TENDENZIALE* e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	<i>Scenario OBIETTIVO PIL(MER) pro-capite</i>		
	PIL(MER) pro-capite (10 ⁹ dollars)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	17.50	-4.50%	-5.15%
2020	16.82	-6.93%	-8.84%
2025	16.23	-9.26%	-12.03%
2030	15.69	-11.54%	-14.98%

Tab. 6.15 – Dati di PIL(MER) lombardo dello scenario *OBIETTIVO* e variazioni percentuali rispetto allo scenario *TENDENZIALE* e al dato storico del 2009.

<i>Lombardia</i>	<i>Scenario OBIETTIVO PIL(MER) pro-capite</i>		
	PIL(MER) pro-capite (10 ⁹ dollars)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	20.8542	-5.80%	-6.39%
2020	19.8173	-10.30%	-11.04%
2025	18.8357	-15.20%	-15.45%
2030	17.9194	-20.30%	-19.56%

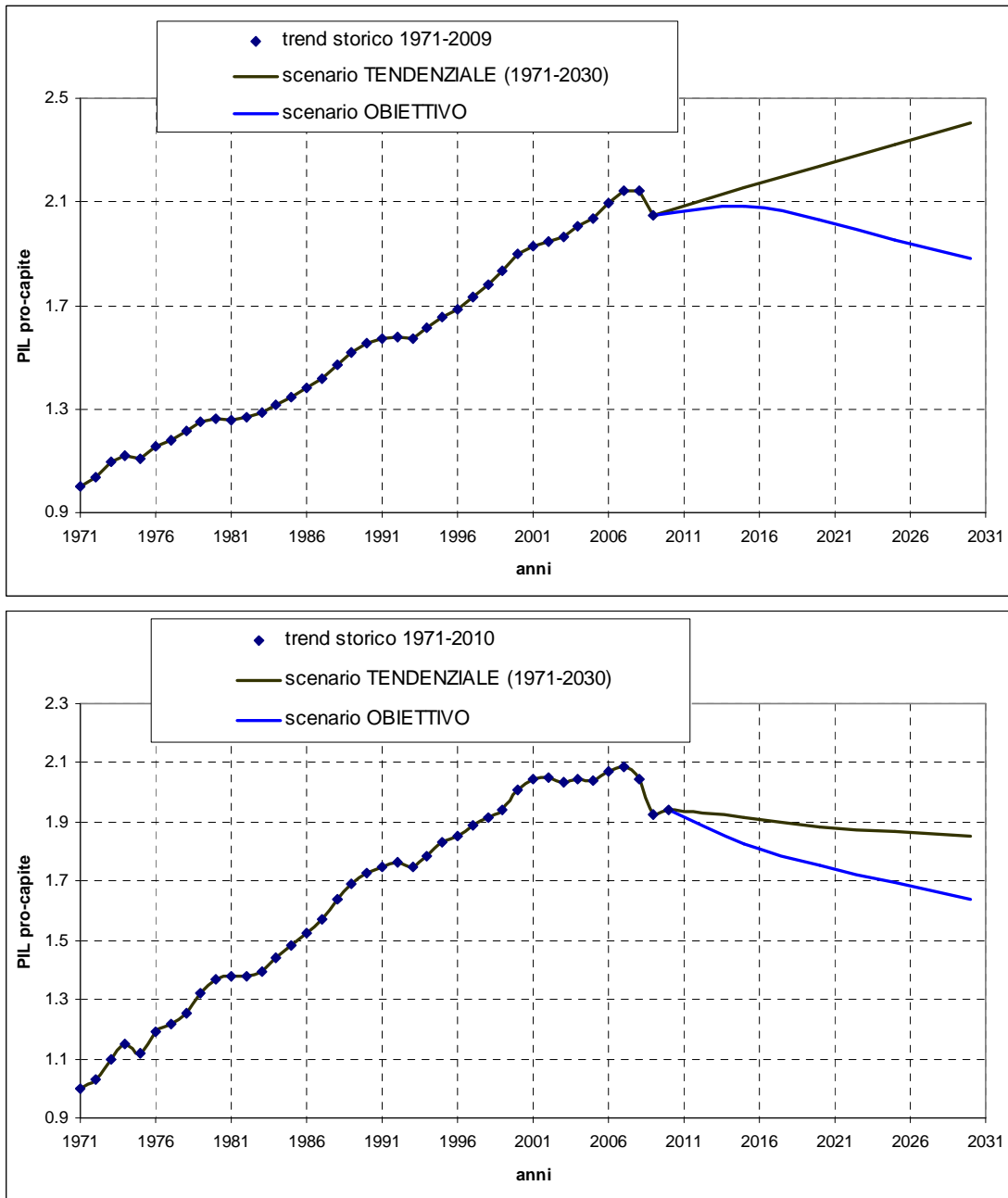


Fig. 6.20 – PIL pro-capite. In alto: Europa. In basso: Italia. Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

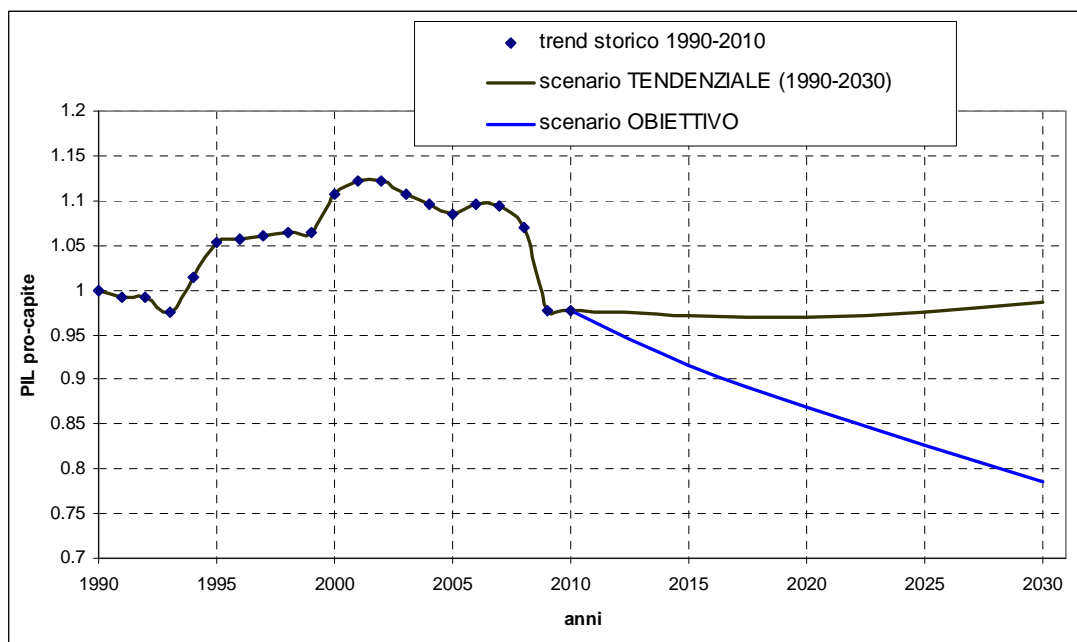


Fig. 6.21 – PIL pro-capite. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990. Il PIL è espresso in termini di MER.

6.8 SCENARIO OBIETTIVO: INTENSITÀ ENERGETICA DEL PIL

Su scala nazionale, in una società della “crescita” basata sull’infinita necessità di stimolare la domanda per sostenere la produzione, e non al contrario sul gestire la produzione in funzione della domanda, sarà difficile apportare miglioramenti importanti a livello di intensità energetica. In una società della “decrescita”, pur rimanendo le problematiche legate all’aumento dei costi energetici, in vista soprattutto di un’autonomia nazionale, sarà molto più naturale realizzare politiche di efficienza energetica, risparmio energetico, riuso, riciclaggio, ristrutturazione così da conseguire oltre che un miglioramento di intensità energetica del PIL, anche un’effettiva riduzione dei consumi energetici.

Nella società attuale ad esempio, tra costruire una nuova centrale a gas o una centrale eolica e finanziare una politica di riduzione degli sprechi ristrutturando la rete di produzione e distribuzione elettrica, si opterebbe per la prima scelta, perché ne conseguirebbe un maggior aumento del PIL, derivante dalla nascita di una nuova attività produttrice di PIL oltre che di energia. Nella società della decrescita invece si opterebbe per la seconda ipotesi, perché da ciò si registrerebbe una riduzione dei consumi energetici e delle conseguenti emissioni oltre che una minor produzione di PIL dalle società che producono e gestiscono la rete elettrica.

Anche le singole imprese, in una società della decrescita che non punta ad una crescita della domanda, punteranno a minimizzare i costi con interventi di miglioramento di efficienza piuttosto che politiche aziendali atte ad aumentare la produzione.

Ad esempio un'azienda produttrice di automobili, invece di allestire un processo di produzione di un nuovo modello, opererà verso un miglioramento di efficienza del processo produttivo dei modelli già in vendita, o allestirà un impianto di cogenerazione per ridurre i costi aziendali.

Queste dinamiche che si attuerebbero nella società della decrescita si stanno in parte già verificando a causa della crisi economica, ma sarebbero molto più incentivate se lo stato non "spreccasse" le proprie energie per ricercare una ripresa dalla crisi tramite una crescita della domanda e del PIL. Nei paesi OECD che perseguiranno un modello di decrescita si potrebbero ipotizzare delle politiche di miglioramento di intensità energetica con obiettivi molto più ottimistici di quanto previsto dallo scenario TENDENZIALE, mentre per i paesi non-OECD, in fase di crescita, si ipotizzerà uno scenario OBIETTIVO più cautelativo.

6.8.1 Mondo

Secondo gli scenari IEA la più grande fonte di abbattimento globale è l'efficienza energetica. Gli investimenti necessari per migliorare l'efficienza energetica negli usi finali e nella produzione di energia, contribuirebbero per il 60% alla riduzione di CO₂ necessaria per raggiungere gli obiettivi del 2030 dello scenario 450 pubblicato nel World Energy Outlook 2011 IEA. Secondo il rapporto IEA i miglioramenti di efficienza dello scenario 450 contribuirebbero ad una importante riduzione dell'intensità energetica dell'economia mondiale: nel periodo 2009-2030 i paesi OECD registrerebbero tassi annui medi di variazione di riduzione del 2%, mentre quelli non-OECD addirittura del 3.2%.

Nella presente tesi secondo le argomentazioni affrontate nel precedente paragrafo si suppone che apportare miglioramenti di intensità energetica sarà più difficile che in passato, ed è molto incerta la previsione che vede le economie in crescita dei paesi non-OECD affrontare politiche di miglioramento di efficienza energetica tanto importanti. Sarebbe inoltre poco responsabile e non equo, affidare una parte così importante della soluzione del surriscaldamento globale ai paesi non-OECD. Gli obiettivi proposti da IEA in termini di intensità energetica vengono quindi valutati troppo ottimistici e non raggiungibili.

Lo scenario mondiale deriva da un'analisi separata degli OBIETTIVI dei paesi OECD e non-OECD di PIL e di consumo energetico. L'intensità energetica mondiale viene quindi stimata come rapporto tra i dati di consumo energetico, nei quali si conteggiano oltre ai consumi dei paesi OECD e non-OECD anche i bunkeraggi internazionali, e i dati di PIL dei paesi OECD e non-OECD. I consumi energetici dei paesi OECD e non-OECD dipendono loro volta dalle assunzioni fatte per questi due gruppi di paesi in termini di intensità energetica del PIL. L'intensità energetica del PIL mondiale è calcolata come rapporto tra i consumi energetici dei paesi OECD (E^{OECD}), non-OECD ($E^{nonOECD}$), internazionali ($E^{internazionali}$) ed il PIL mondiale (calcolato come somma di quello dei paesi OECD e non-OECD), come indicato nella seguente formula:

$$e^{MONDO} = \frac{E^{OECD} + E^{nonOECD} + E^{internazionali}}{PIL^{OECD} + PIL^{nonOECD}} \quad (6.5)$$

Le stime dei trend obiettivo dei consumi energetici dei paesi OECD, non-OECD e dei bunker internazionali sono proposte nel par. 6.9.1. Si precisa che i dati di consumo energetico dei paesi OECD e non-OECD verranno stimati in funzione delle assunzioni fatte sul PIL, viste nel paragrafo 6.6.1 e su quelle inerenti all'intensità energetica del PIL proposte qui di seguito.

Si ipotizza che l'intensità energetica del PIL(MER) dei paesi OECD dopo un rallentamento nel periodo 2009-2015, in cui presenta un tasso annuo medio di -0.3%, torna a decrescere con tassi annui medi di variazione di -1.7% per il periodo 2020-2030, valore vicino a quanto proposto nello scenario New Policies della IEA. Per i paesi non-OECD invece, si propongono nello scenario OBIETTIVO tassi annui medi di variazione rispettivamente del -2.2% valore vicino a quanto previsto dallo scenario Current Policies (IEA-b, 2011).

Per i paesi non-OECD i valori obiettivo di intensità energetica sono stati mantenuti più bassi di quanto proposto negli scenari New Policies e 450 della IEA, per i seguenti motivi:

- si suppone che per i paesi non-OECD raggiungere tassi di riduzione dell'ordine del -3% sia molto improbabile, perché notevolmente al di sopra dei tassi annui medi di variazione dell'ultimo decennio di -1.5% registrati sia dai paesi OECD che non-OECD;
- affidare un obiettivo così ambizioso ai paesi non-OECD sarebbe molto rischioso, dato che non si tratta di economie mature, ma di economie giovani ed in una fase di crescita;
- si ritiene che ipotizzare un obiettivo così ambizioso per i paesi non-OECD, equivarrebbe a sottostimare le responsabilità che i paesi OECD hanno, quali promotori dell'attuale modello di sviluppo, rispetto al surriscaldamento globale.

In funzioni delle precedenti assunzioni si riportano di seguito i dati di intensità energetica del PIL mondiale e le variazioni percentuale con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009. L'intensità energetica del PIL è espressa sia in termini di MER che di PPP per mettere in evidenza le differenze.

Tab. 6.16 – Dati di intensità energetica del PIL mondiale dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

	Scenario OBIETTIVO intensità energetica del PIL(MER)			Scenario OBIETTIVO intensità energetica del PIL(PPP)		
	Intensità energetica del PIL(MER) (MJ/\$)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009	Intensità energetica del PIL(PPP) (MJ/\$)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	12.9448	-3.52%	0.96%	7.4748	-4.13%	-5.60%
2020	12.4740	-6.12%	-2.71%	6.7419	-8.77%	-14.85%
2025	11.9360	-8.51%	-6.91%	6.0602	-13.80%	-23.46%
2030	11.1338	-12.58%	-13.16%	5.3468	-19.68%	-32.47%

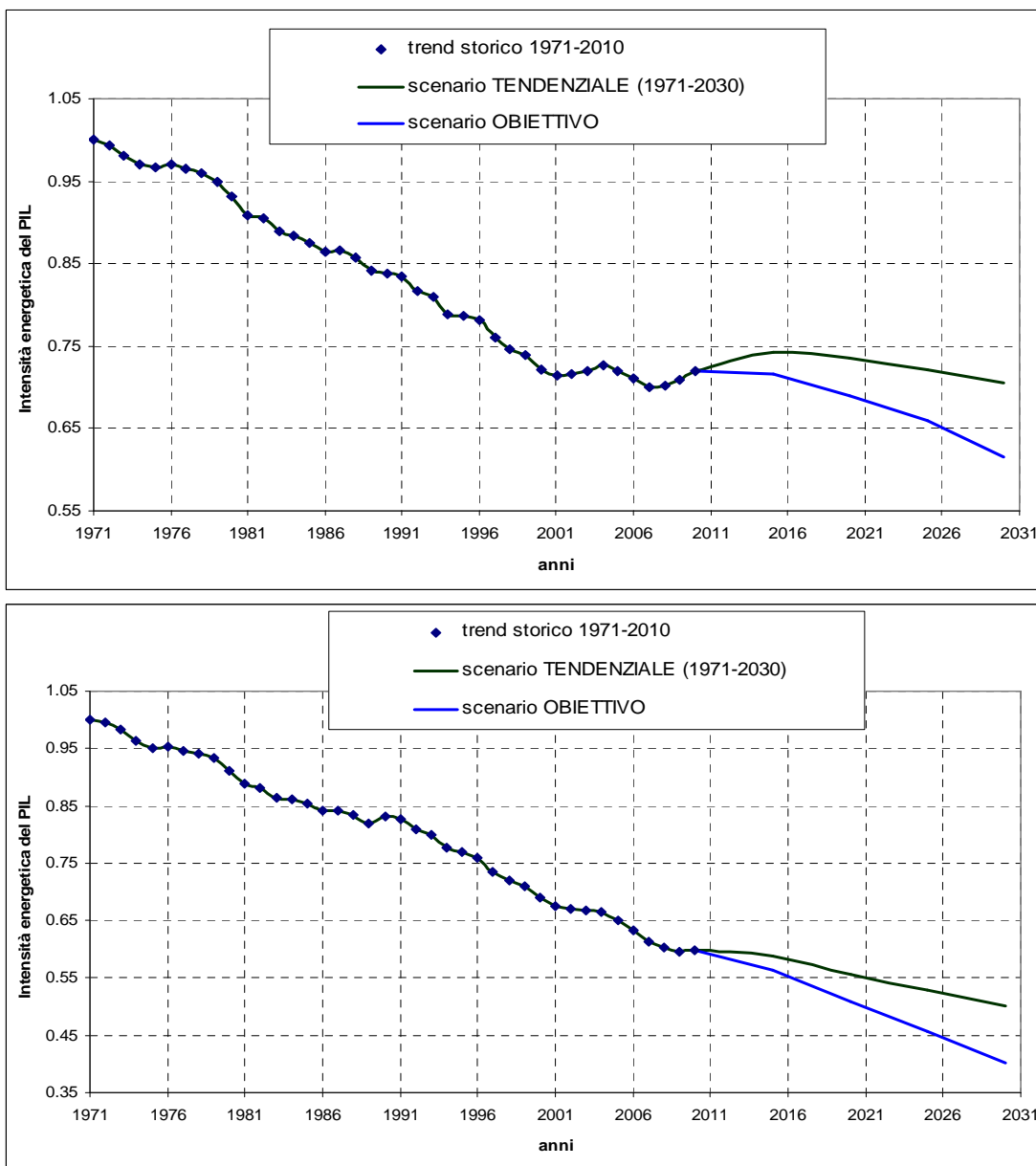


Fig. 6.22 – Intensità energetica del PIL. Mondo: scenari TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra il PIL è espresso come PIL(MER) sotto come PIL(PPP).

6.8.2 Europa, Italia e Lombardia

Come per gli altri paesi OECD anche per l'Europa, si punta ad una accelerazione nella riduzione dell'intensità energetica del PIL che raggiunge dopo il 2015 tassi annui dell'ordine

dell’-1.7%. Mentre dal 2009 al 2015, si suppone che i dati obiettivo europei siano coincidenti con lo scenario TENDENZIALE, perchè si ritiene fino a questa data già ottimistico.

Per l’Italia e la Lombardia si ipotizzano tassi medi più bassi, del -1.0%, perchè l’intensità energetica ha raggiunto valori già molto al di sotto della media europea e come si vede dal trend storico degli ultimi due decenni si trovano maggiori difficoltà a svincolare i consumi energetici dalla produzione del PIL.

In funzioni delle precedenti assunzioni si riportano di seguito i dati di intensità energetica del PIL europei, italiani e lombardi e le variazioni percentuale con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.17 – Dati di intensità energetica del PIL(MER) europeo dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	Scenario OBIETTIVO intensità energetica del PIL(MER)		
	PIL(MER) pro-capite (10⁹dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell’anno 2009
2015	6.8684	0.00%	-6.06%
2020	6.3503	-2.00%	-13.15%
2025	5.8075	-4.00%	-20.57%
2030	5.2657	-7.00%	-27.98%

Tab. 6.18 – Dati di intensità energetica del PIL(MER) italiano dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	Scenario OBIETTIVO intensità energetica del PIL(MER)		
	PIL(MER) pro-capite (10⁹dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell’anno 2009
2015	6.1505	-2.00%	-0.89%
2020	5.8994	-6.00%	-4.94%
2025	5.5856	-11.00%	-9.99%
2030	5.2718	-16.00%	-15.05%

Tab. 6.19 – Dati di intensità energetica del PIL(MER) lombardo dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Lombardia</i>	Scenario OBIETTIVO intensità energetica del PIL(MER)		
	PIL(MER) pro-capite (10⁹dollars)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell’anno 2009
2015	5.9341	-4.50%	-1.37%
2020	5.6567	-7.90%	-5.98%
2025	5.3720	-11.50%	-10.71%
2030	5.0985	-15.00%	-15.25%

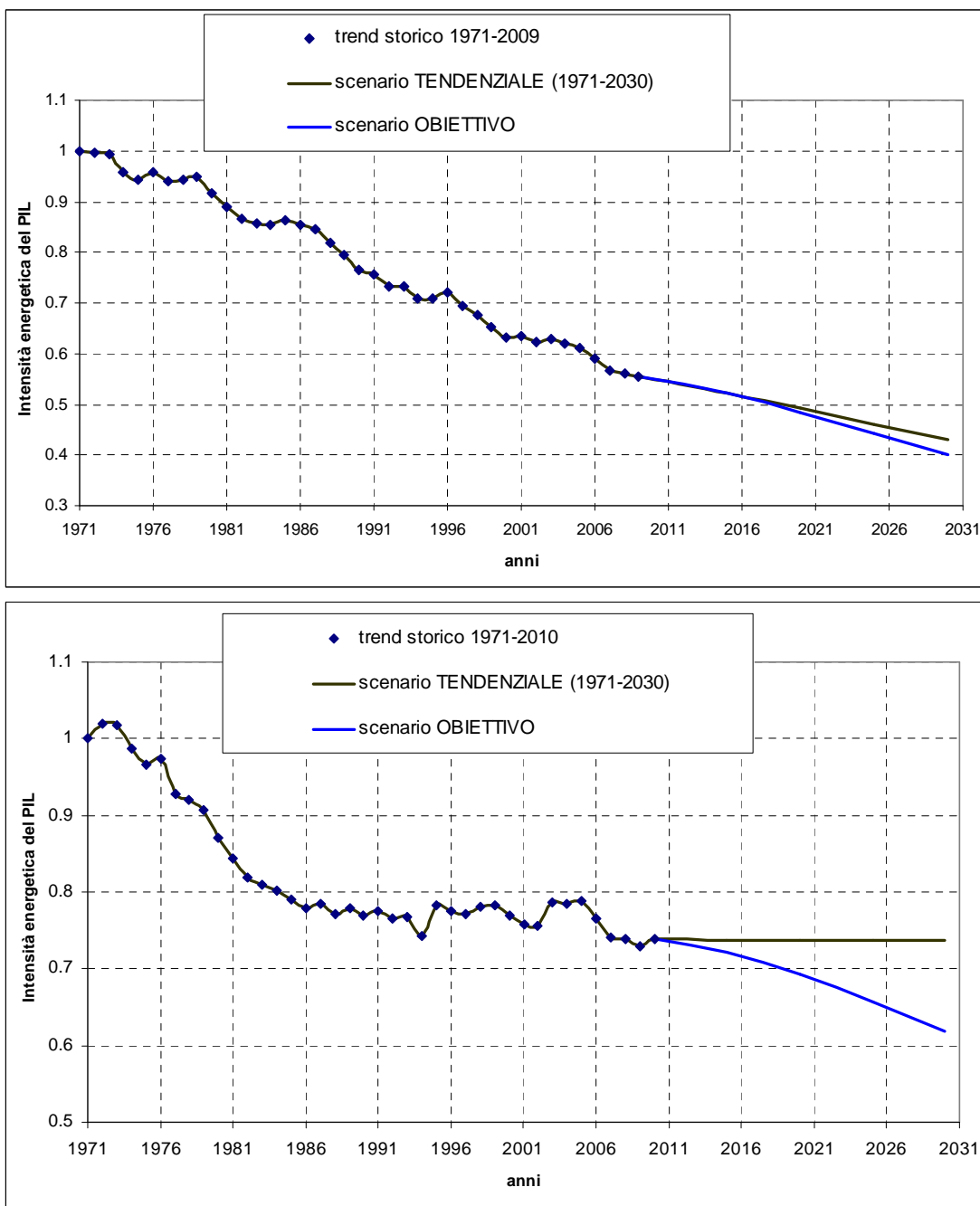


Fig. 6.23 – Intensità energetica del PIL. In alto: Europa. In basso: Italia. ScenariO TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

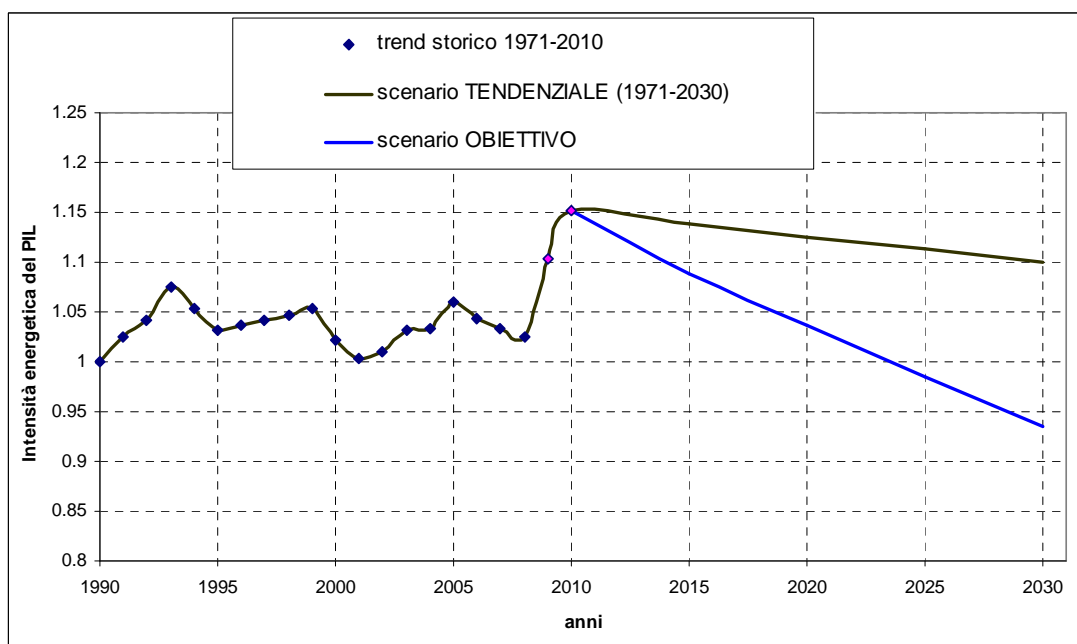


Fig. 6.24 – Intensità energetica del PIL. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

Lo scenario OBIETTIVO italiano e lombardo differiscono di molto dallo scenario TENDENZIALE perchè questo segue la tendenza di forte rallentamento che si è registrata in Italia negli ultimi due decenni a differenza di quello europeo che considerava già degli importanti miglioramenti.

I valori di intensità energetica del PIL in Italia e Lombardia hanno storicamente mantenuto dei valori al di sotto della media europea, mentre entro il 2030 andranno ad allinearsi ad essa, perchè i miglioramenti che si possono apportare a questo parametro sono sempre più difficili.

6.9 SCENARIO OBIETTIVO: CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA

Nella società attuale per ridurre i costi e risultare più competitivi di fronte alle leggi del libero mercato, si usano i beni comuni (commons) seguendo ciascuno soltanto i propri interessi e si rischia, senza volerlo e senza accorgersene, di segare giorno dopo giorno il ramo su cui siamo tutti seduti. Nel 1968 il biologo Hardin pubblicò su *Science* un importante articolo, *The tragedy of the commons*, secondo cui se l'umanità non limita la libertà individuale, faremo presto la fine degli abitanti dell'Isola di Pasqua: distruggeremo (nel mondo globalizzato) i beni comuni dai quali dipende la vita della specie umana (e del pianeta). Solo quando si supera una soglia critica arriva la percezione individuale, ma è

spesso troppo tardi, poiché succede che, paradossalmente, aumenti ancor di più la corsa all'accaparramento di quella risorsa che è sempre più scarsa.

Seguendo l'economia della decrescita ci si propone invece di ridurre la domanda energetica, passando a sistemi economici-politici modellati intorno alla disponibilità del pianeta, tendendo ad una gestione delle risorse e non ad un loro sfruttamento senza limiti.

6.9.1 Mondo

Prima di presentare l'andamento mondiale si riportano i grafici dei consumi energetici dei paesi non-OECD, dei bunker internazionali e dei paesi OECD, da cui dipendono.

Si ricorda che i consumi energetici dei paesi OECD e non-OECD sono stimati come prodotto tra i dati di PIL e quelli di intensità energetica del PIL.

Si ipotizza poi che i paesi OECD, così come i paesi emergenti dovranno muoversi verso un'autonomia energetica e di risorse, non solo per necessità, ma per principi di responsabilità ed equità. Come conseguenza si ipotizza un rallentamento nel trend dei consumi internazionali ipotizzando che si registri dal 2009 al 2030 un tasso annuo medio del 2.0% piuttosto che del 2.6% dello scenario TENDENZIALE.

Nei seguenti grafici (fig. 6.25, 6.26 e 6.27) lo scenario TENDENZIALE è derivante dalle regressioni lineari già viste nel paragrafo 5.1.1.

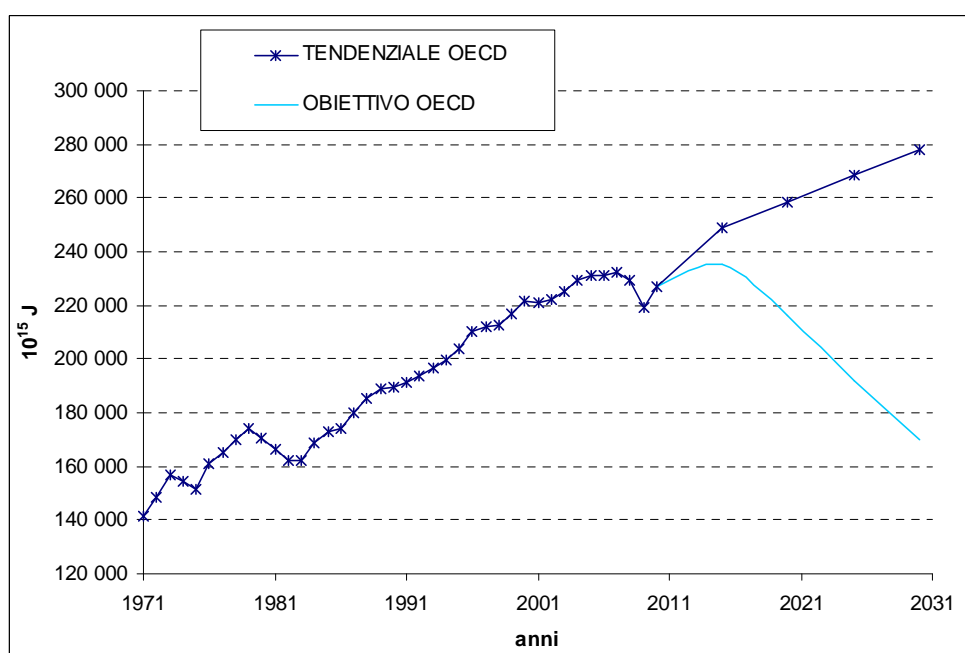


Fig. 6.25 – Consumo di energia primaria. Scenario TENDENZIALE ed OBIETTIVO dei paesi OECD.

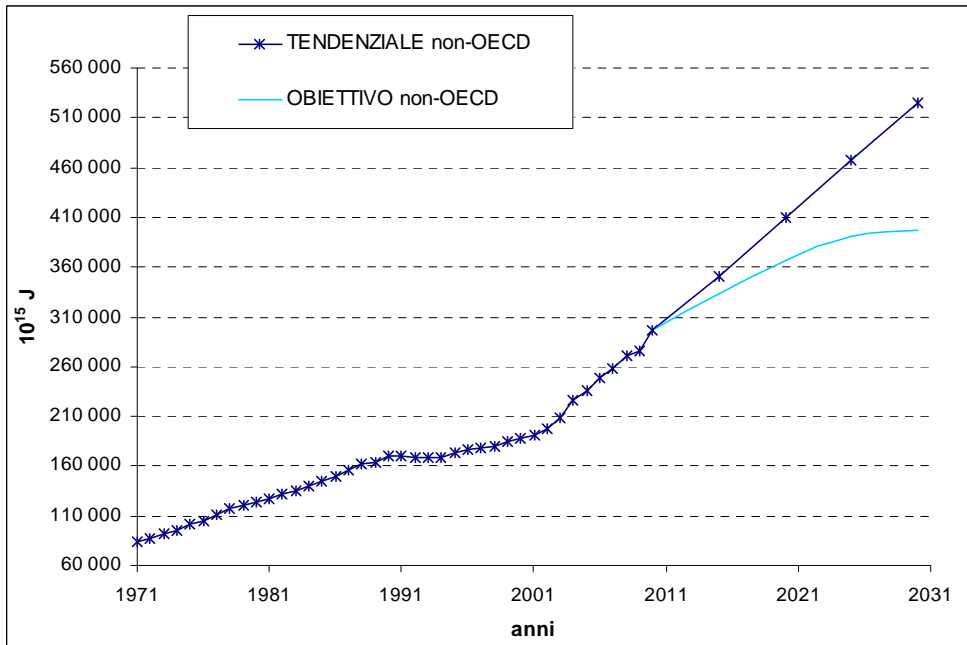


Fig. 6.26 – Consumo di energia primaria. Scenario TENDENZIALE ed OBIETTIVO dei paesi non-OECD.

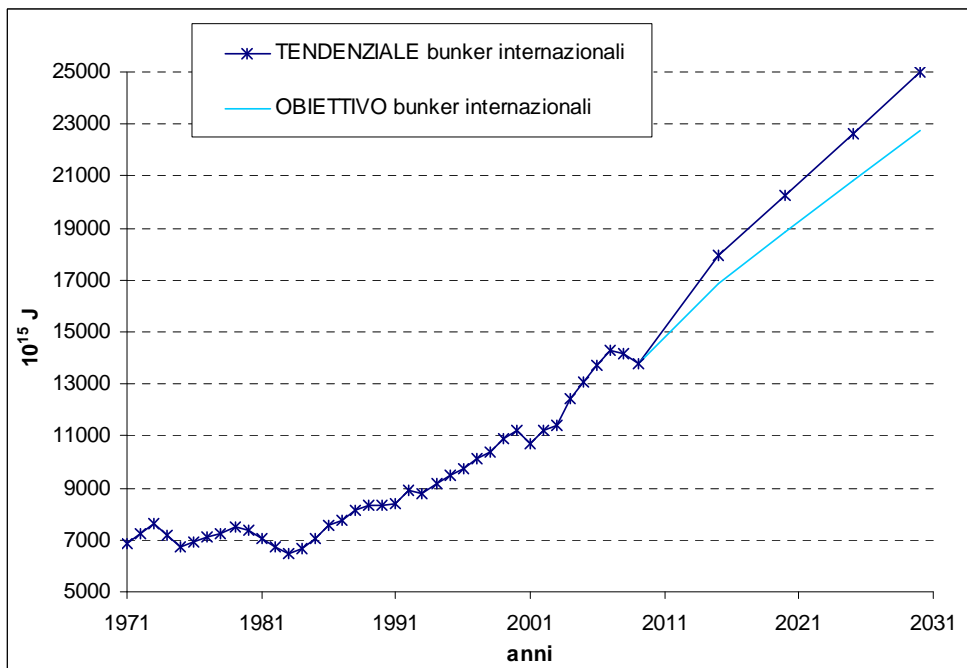


Fig. 6.27 – Consumo di energia primaria. Scenario TENDENZIALE ed OBIETTIVO dei bunker internazionali.

Su scala mondiale si propone un forte rallentamento nella crescita dei consumi energetici, reso possibile soprattutto dal decremento della domanda energetica dei paesi OECD per i quali si suppone un adeguamento ad un modello di sviluppo di decrescita. Contribuiscono a tale rallentamento anche altri fattori quali il miglioramento di intensità energetica del PIL dei paesi non-OECD, e la decelerazione negli scambi internazionali dovuta al percorso che si ipotizza intraprenderanno i paesi OECD nel raggiungere l'autosufficienza energetica.

Si riportano di seguito i dati di consumo di energia primaria mondiale stimato in funzione delle precedenti assunzioni come somma dei consumi energetici dei paesi OECD, non-OECD e dei bunker internazionali. Si riportano inoltre le variazioni percentuali dei dati OBIETTIVO sia con i dati dello scenario TENDENZIALE che con il dato storico del 2009.

Tab. 6.20 – Dati di consumo di energia primaria dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Mondo	OBIETTIVO consumo di energia primaria		
	Consumo di energia primaria (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	585856	-5.16%	15.17%
2020	601103	-12.61%	18.17%
2025	602547	-20.50%	18.45%
2030	588897	-28.88%	15.77%

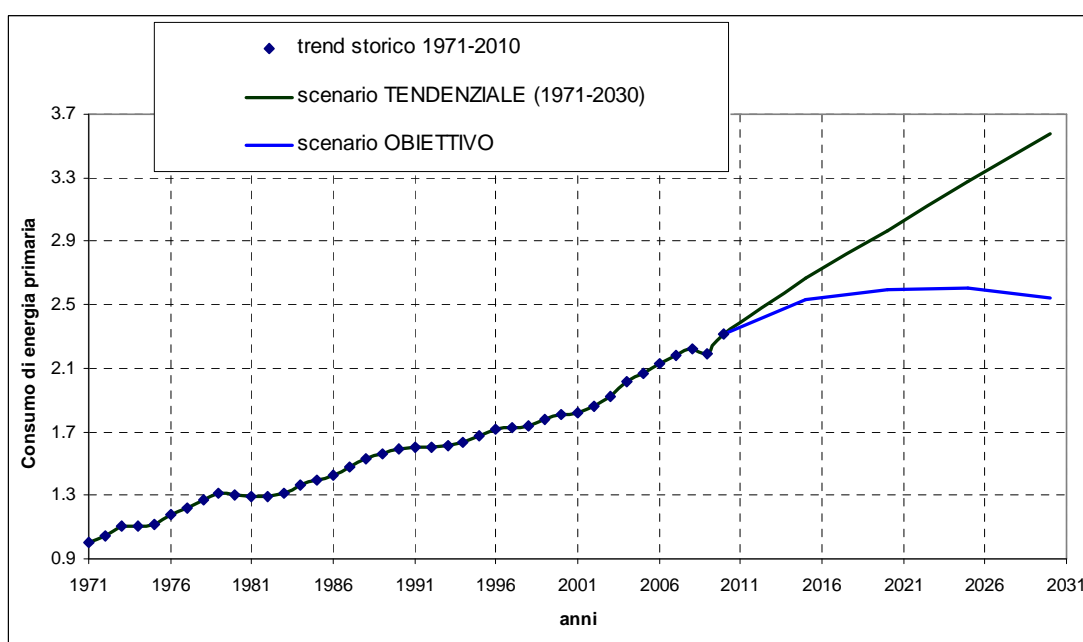


Fig. 6.28 – Consumo di energia primaria. Mondo: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

6.9.2 Europa, Italia e Lombardia

Lo scenario OBIETTIVO del consumo di energia primaria, deriva dal prodotto dei dati di intensità energetica del PIL e di PIL proposti rispettivamente nei paragrafi 6.8.2 e 6.6.2, nei quali sono affrontati in modo più attento le considerazioni mediante le quali si sviluppa questo scenario.

Tab. 6.21 – Dati di consumo di energia primaria europei dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	<i>Scenario OBIETTIVO consumo di energia primaria</i>		
	Consumo di energia primaria (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	67094	-8.09%	-3.22%
2020	61234	-17.03%	-11.67%
2025	54599	-25.72%	-21.24%
2030	48238	-34.01%	-30.42%

Tab. 6.22 – Dati di consumo di energia primaria italiani dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	<i>Scenario OBIETTIVO consumo di energia primaria</i>		
	Consumo di energia primaria (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	6622.12	-6.41%	-3.93%
2020	6190.31	-17.09%	-10.19%
2025	5713.94	-28.27%	-17.10%
2030	5257.76	-36.16%	-23.72%

Tab. 6.23 – Dati di consumo di energia primaria lombardi dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Lombardia</i>	<i>Scenario OBIETTIVO consumo di energia primaria</i>		
	Consumo di energia primaria (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1248.28	-10.04%	-4.40%
2020	1160.02	-17.39%	-11.16%
2025	1073.49	-24.95%	-17.79%
2030	993.12	-32.26%	-23.94%

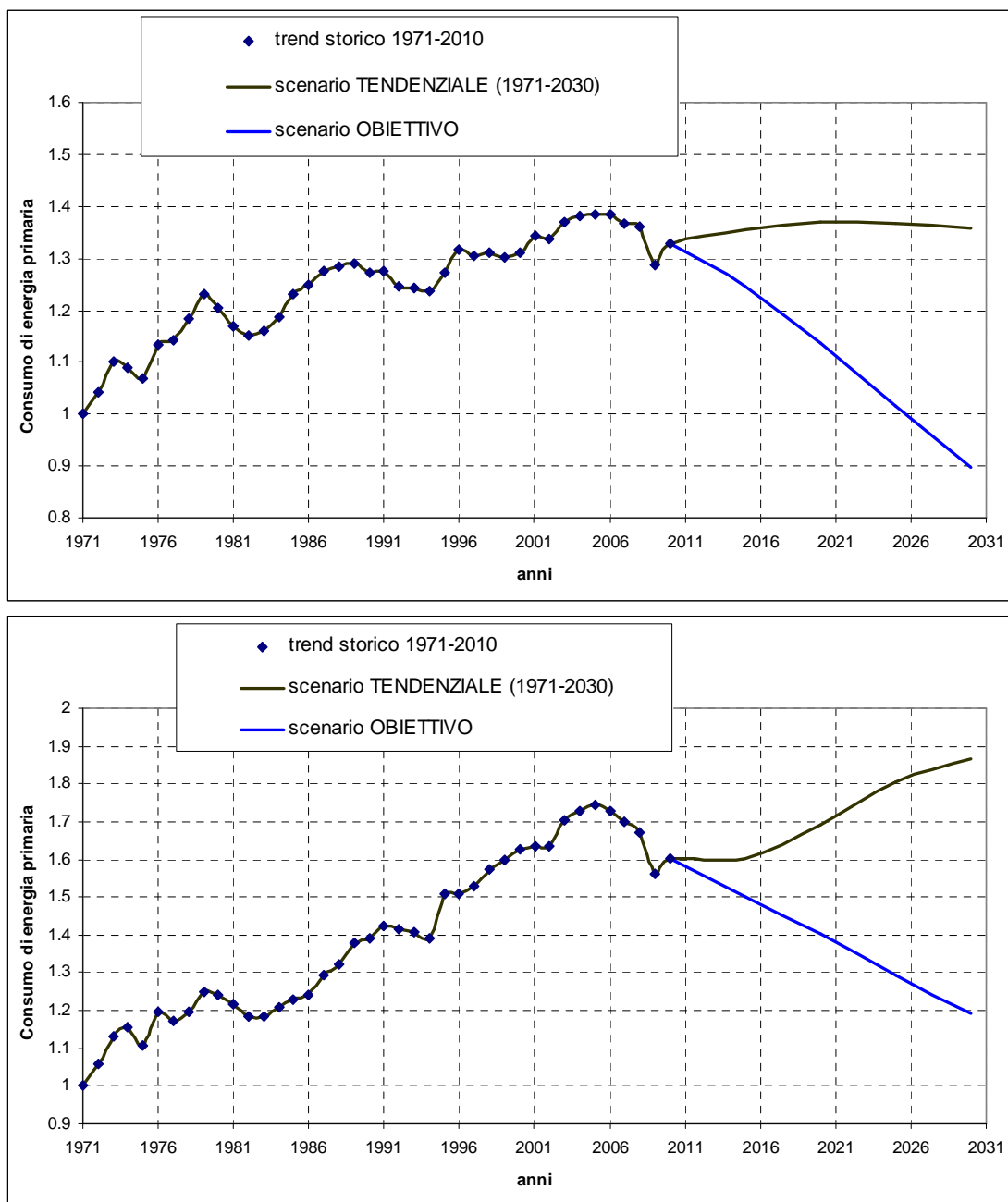


Fig. 6.29 – Consumo di energia primaria. In alto: Europa. In basso: Italia. Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra i dati europei e sotto italiani.

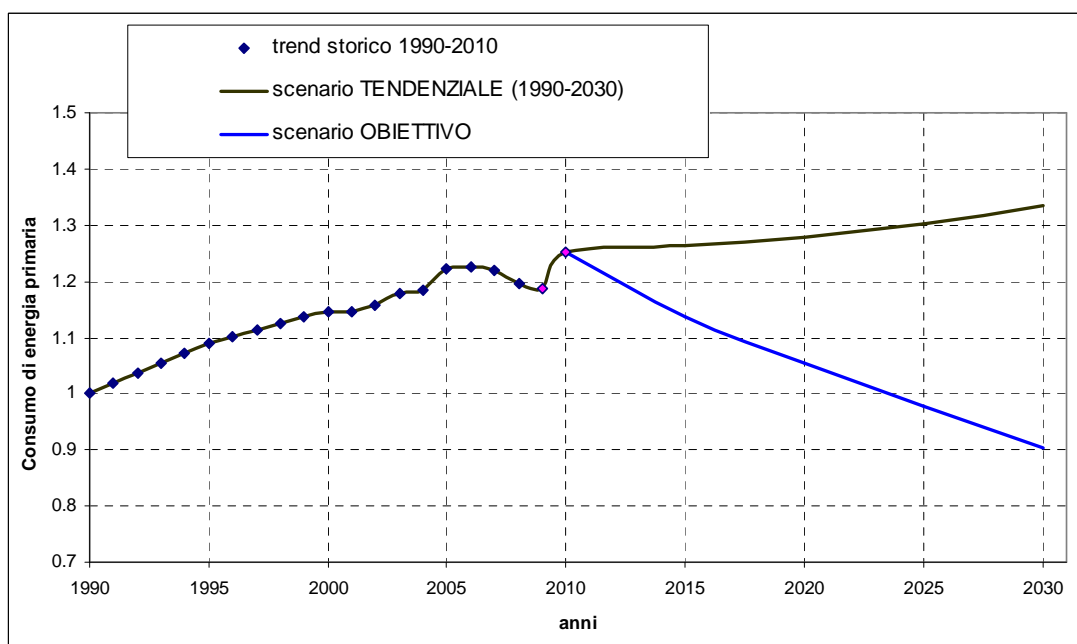


Fig. 6.30 – Consumo di energia primaria. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

I dati obiettivo europei rispetto allo scenario TENDENZIALE, differiscono meno di quanto non accada con i dati italiani, perchè i trend di crescita dei dati della Commissione Europea si ritengono soprattutto per il decennio 2010-2020 già molto ottimistici.

Come si vedrà nel successivo paragrafo dedicato all'intensità energetica del PIL si ritiene che in Italia ed in Lombardia, sarà più difficile apportare miglioramenti in termini di intensità energetica e conseguentemente la riduzione di consumi energetici che si registrerà rispetto al 2009 sarà minore di quanto non accada su scala europea.

I risultati di riduzione dei consumi energetici sarà comunque eccezionale, sia in Europa che in Italia, grazie al contributo sia dei miglioramenti di efficienza energetica che di riduzione nella produzione di PIL, raggiungendo valori di consumo analoghi rispettivamente a quelli registrati storicamente negli anni '60 e '70.

6.10 SCENARIO OBIETTIVO: INTENSITÀ CARBONICA DELL'ENERGIA

Lo scenario OBIETTIVO di intensità carbonica dell'energia, deriva dal prodotto dei dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria e dei dati di fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili proposti rispettivamente nei paragrafi 6.12 e 6.13, nei quali sono affrontati in modo più attento le considerazioni mediante le quali si sviluppa questo scenario.

Si riportano di seguito i dati di intensità carbonica dell'energia mondiale, europea, italiana e lombarda e le variazioni percentuali con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.24 – Dati di consumo di intensità carbonica dell'energia mondiali dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Mondo</i>	Scenario OBIETTIVO intensità carbonica dell'energia		
	Intensità carbonica dell'energia (gCO₂/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	56.6728	-1.18%	-0.59%
2020	53.2509	-7.08%	-6.59%
2025	47.9223	-16.14%	-15.94%
2030	42.0907	-25.98%	-26.17%

Tab. 6.25 – Dati di intensità carbonica dell'energia europei dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	Scenario OBIETTIVO intensità carbonica dell'energia		
	Intensità carbonica dell'energia (gCO₂/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	51.4208	-4.22%	-8.95%
2020	45.5256	-9.55%	-19.39%
2025	39.2266	-17.89%	-30.54%
2030	31.9410	-30.04%	-43.44%

Tab. 6.26 – Dati di intensità carbonica dell'energia italiani dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	Scenario OBIETTIVO intensità carbonica dell'energia		
	Intensità carbonica dell'energia (gCO₂/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	51.4208	-4.22%	-8.95%
2020	45.5256	-9.55%	-19.39%
2025	39.2266	-17.89%	-30.54%
2030	31.9410	-30.04%	-43.44%

Tab. 6.27 – Dati di intensità carbonica dell'energia lombardi dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Lombardia</i>	Scenario OBIETTIVO intensità carbonica dell'energia		
	Intensità carbonica dell'energia (gCO₂/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	43.1562	-4.28%	-8.59%
2020	39.1393	-9.16%	-17.10%
2025	34.5079	-15.77%	-26.91%
2030	28.7537	-25.78%	-39.10%

6.11 SCENARIO OBIETTIVO: FATTORE DI CONVERSIONE ENERGETICA

Il fattore di conversione energetica è inteso come il rapporto tra l'energia in ingresso al sistema di trasformazione e distribuzione dell'energia e l'energia in uscita da esso. Tende a migliorare o a peggiorare a seconda che i consumi energetici primari aumentino o diminuiscano.

Si riportano di seguito i dati obiettivo su scala mondiale, europea, italiana e lombarda e le rispettive variazioni con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

6.11.1 Mondo

In futuro questo parametro sarà pilotato soprattutto dal trend dei paesi non-OECD, che diventeranno i principali consumatori di energia, quindi nonostante la forte stabilizzazione dei consumi energetici su scala mondiale il fattore di conversione energetica continuerà leggermente a peggiorare per la continua crescita della domanda energetica dei paesi non-OECD che si è ipotizzato rallenterà solo dopo il 2025.

Si ipotizza che nella costruzione dello scenario OBIETTIVO il parametro segua fino al 2020 un tasso di crescita poco più basso di quello dell'ultimo decennio e pari a 0.15%, per poi decrescere progressivamente e raggiungere tassi di crescita prossimi a zero nel 2030, come indicato in tab. 6.29.

Tab. 6.28 – Tassi medi annui del fattore di conversione energetica.

<i>Mondo</i>	2009-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
Sceanario OBIETTIVO	0.15%	0.15%	0.10%	0.01%

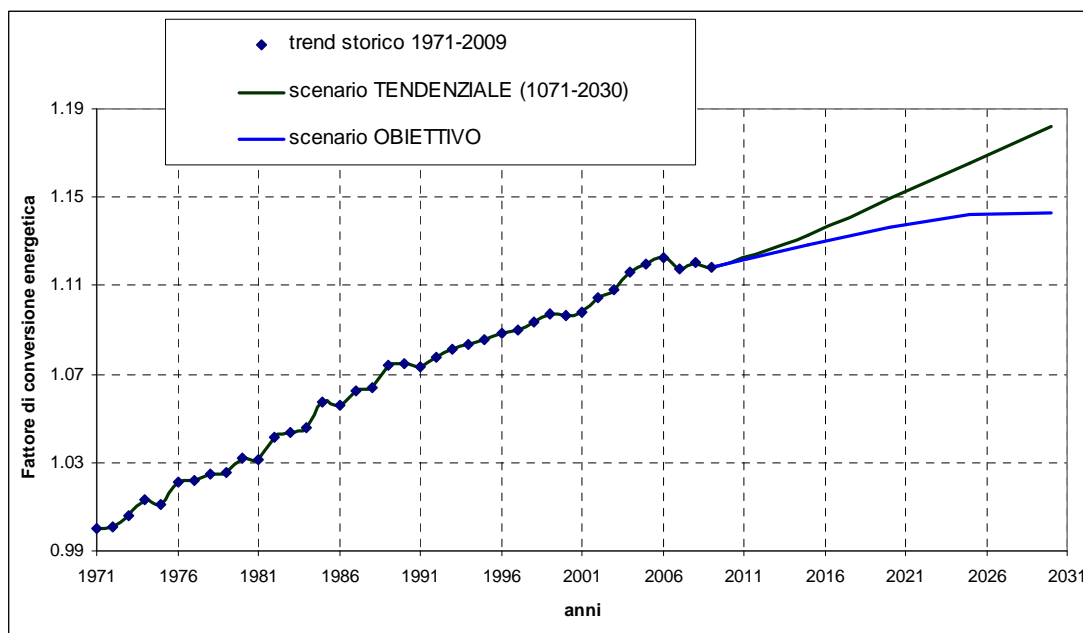


Fig. 6.31 – Fattore di conversione energetica. Mondo: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

Tab. 6.29 – Dati del fattore di conversione energetica dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

OBIETTIVO fattore di conversione energetica			
	fattore di conversione energetica (-)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1.4653	-0.40%	0.89%
2020	1.4761	-1.10%	1.63%
2025	1.4836	-2.00%	2.15%
2030	1.4846	-3.30%	2.21%

6.11.2 Europa, Italia e Lombardia

Per Europa ed Italia il fattore di conversione viene stimato adottando un tasso annuo medio per il periodo 2009-2030 di valore assoluto analogo a quello registrato nel periodo 1971-1990, rispettivamente di 0.33% e 0.23%, ma di segno negativo, data l'inversione dei trend dei consumi energetici. Per la Lombardia si adotta, invece, un tasso del valore assoluto analogo a quello del periodo 1990-2007 di 0.29%.

Lo scenario europeo fino al 2015 mantiene dei valori obiettivo analoghi a quelli indicati dallo scenario TENDENZIALE, perchè si ritiene fino a tale data già ottimistico.

Si ricorda che il valore lombardo non è perfettamente confrontabili con quello nazionale ed europeo perchè i dati energetici derivano da una fonte dati differente (ENEA e non IEA).

Tab. 6.30 – Dati del fattore di conversione energetica europei dello scenario *OBIETTIVO* e variazioni percentuali rispetto allo scenario *TENDENZIALE* e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	<i>Scenario OBIETTIVO del fattore di conversione energetica</i>		
	Fattore di conversione energetica (MJ/\$)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1.4303	0.00%	-0.13%
2020	1.4044	-1.50%	-1.94%
2025	1.3715	-3.50%	-4.23%
2030	1.3317	-6.00%	-7.01%

Tab. 6.31 – Dati del fattore di conversione energetica italiani dello scenario *OBIETTIVO* e variazioni percentuali rispetto allo scenario *TENDENZIALE* e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	<i>Scenario OBIETTIVO del fattore di conversione energetica</i>		
	Fattore di conversione energetica (MJ/\$)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1.2865	-1.00%	-1.87%
2020	1.2733	-2.00%	-2.87%
2025	1.2602	-3.00%	-3.88%
2030	1.2470	-4.00%	-4.88%

Tab. 6.32 – Dati del fattore di conversione energetica lombardi dello scenario *OBIETTIVO* e variazioni percentuali rispetto allo scenario *TENDENZIALE* e al dato storico del 2009.

<i>Lombardia</i>	<i>Scenario OBIETTIVO del fattore di conversione energetica</i>		
	Fattore di conversione energetica (MJ/\$)	Variazione % con scenario <i>TENDENZIALE</i>	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1.2153	-2.00%	19.34%
2020	1.2030	-3.00%	18.13%
2025	1.1907	-4.00%	16.93%
2030	1.1785	-5.00%	15.72%

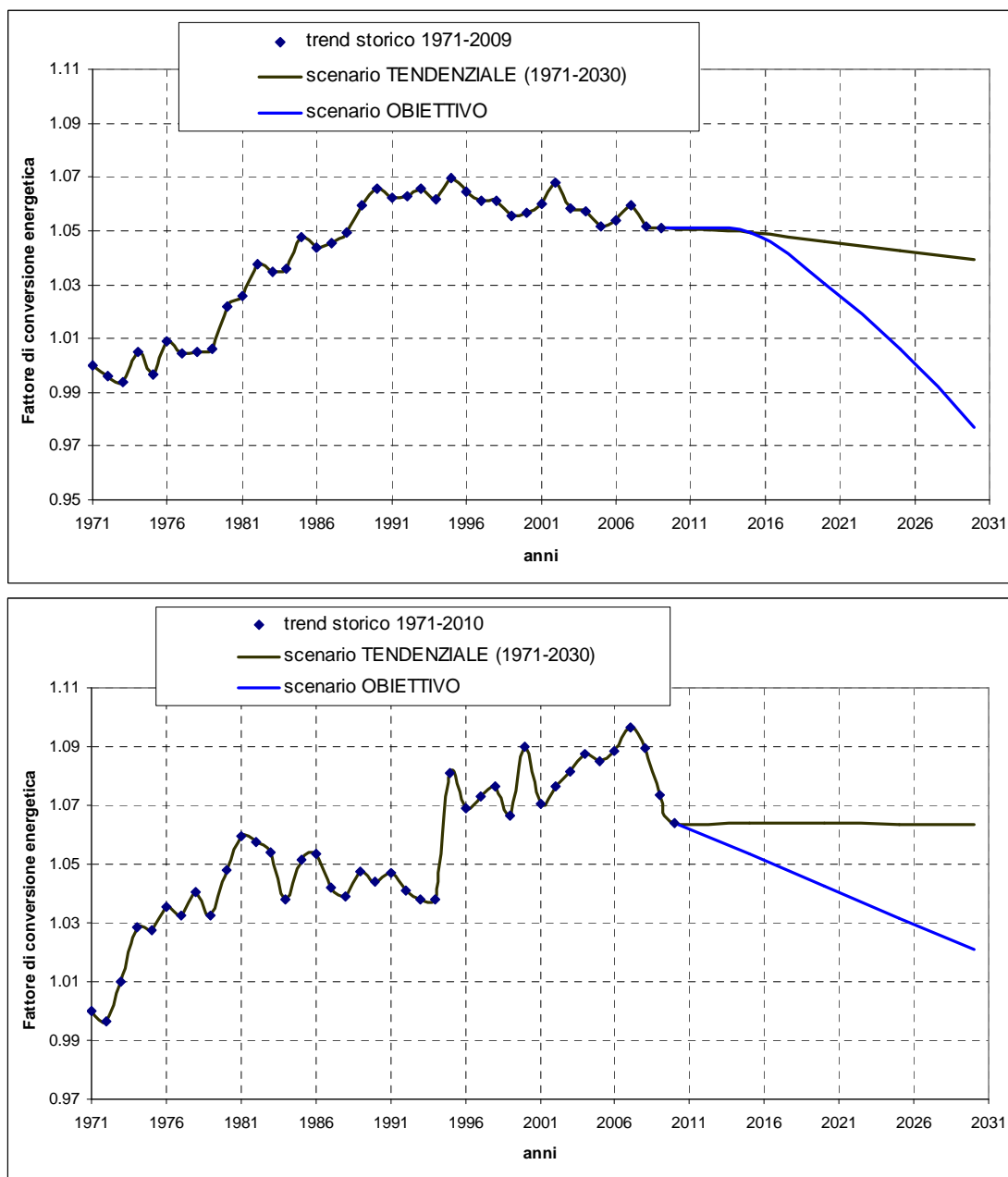


Fig. 6.32 – Fattore di conversione energetica. In alto: Europa. In basso: Italia. Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Sopra i dati europei e sotto italiani.

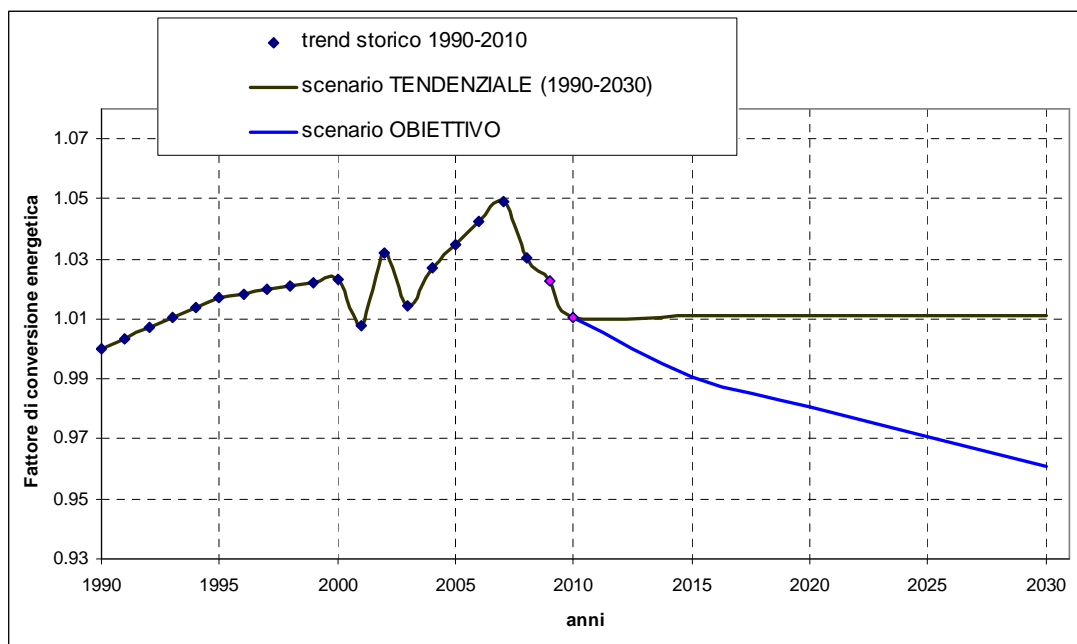


Fig. 6.33 – Fattore di conversione energetica. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

6.12 SCENARIO OBIETTIVO: CONSUMO FINALE DI ENERGIA

Lo scenario OBIETTIVO di consumo finale di energia, deriva dal rapporto tra i dati di consumo di energia primaria e i dati del fattore di conversione energetica proposti rispettivamente nei paragrafi 6.9 e 6.11.

Si riportano di seguito i dati di consumo finale di energia mondiale, europea, italiana e lombarda e le variazioni percentuali con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.33 – Dati di consumo finale di energia mondiale dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Mondo	Scenario OBIETTIVO consumo finale di energia		
	Consumo finale di energia (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	399807	-4.78%	14.15%
2020	407213	-11.64%	16.27%
2025	406136	-18.88%	15.96%
2030	396683	-26.46%	13.26%

Tab. 6.34 – Dati di consumo finale di energia europei dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	Scenario OBIETTIVO consumo finale di energia		
	Consumo finale di energia (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	46908	-8.09%	-3.10%
2020	43601	-15.76%	-9.93%
2025	39810	-23.02%	-17.76%
2030	36223	-29.80%	-25.17%

Tab. 6.35 – Dati di consumo finale di energia italiani dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	Scenario OBIETTIVO consumo finale di energia		
	Consumo finale di energia (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	5147	2.28%	-2.09%
2020	4861	-2.96%	-7.53%
2025	4534	-9.07%	-13.76%
2030	4216	-15.04%	-19.81%

Tab. 6.36 – Dati di consumo finale di energia lombardi dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009. .

<i>Lombardia</i>	Scenario OBIETTIVO consumo finale di energia		
	Consumo finale di energia (MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	1027	-8.20%	-1.29%
2020	964	-14.83%	-7.33%
2025	901	-21.83%	-13.36%
2030	842	-28.69%	-19.01%

6.13 SCENARIO OBIETTIVO: INTENSITÀ ENERGETICA FINALE DEL PIL

Lo scenario **OBIETTIVO** di intensità energetica finale del PIL, deriva dal rapporto tra i dati di consumo finale di energia e i dati di PIL proposti rispettivamente nei paragrafi 6.9 e 6.4. Le assunzioni da cui deriva questo scenario sono le stesse fatte sull'intensità energetica del PIL (par. 6.8), con la differenza che dopo il 2015 parte dei peggioramenti di intensità energetica finale del PIL sono dovuti ai miglioramenti del fattore di conversione energetica che fanno sì che si fornisca una maggior quantità di energia ai settori di uso finale.

Si riportano di seguito i dati su scala mondiale, europea, italiana e lombarda e le rispettive variazioni con i dati dello scenario **TENDENZIALE** e con il dato storico del 2009.

I dati di intensità energetica finale del PIL sono espressi solo in termini di MER.

6.13.1 Mondo

Tab. 6.37 – Dati obiettivo di intensità energetica finale del PIL(MER) mondiale e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Mondo	Scenario OBIETTIVO intensità energetica finale del PIL(MER)		
	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	8.8340	-3.13%	0.07%
2020	8.4505	-5.08%	-4.27%
2025	8.0453	-6.64%	-8.86%
2030	7.4998	-9.60%	-15.04%

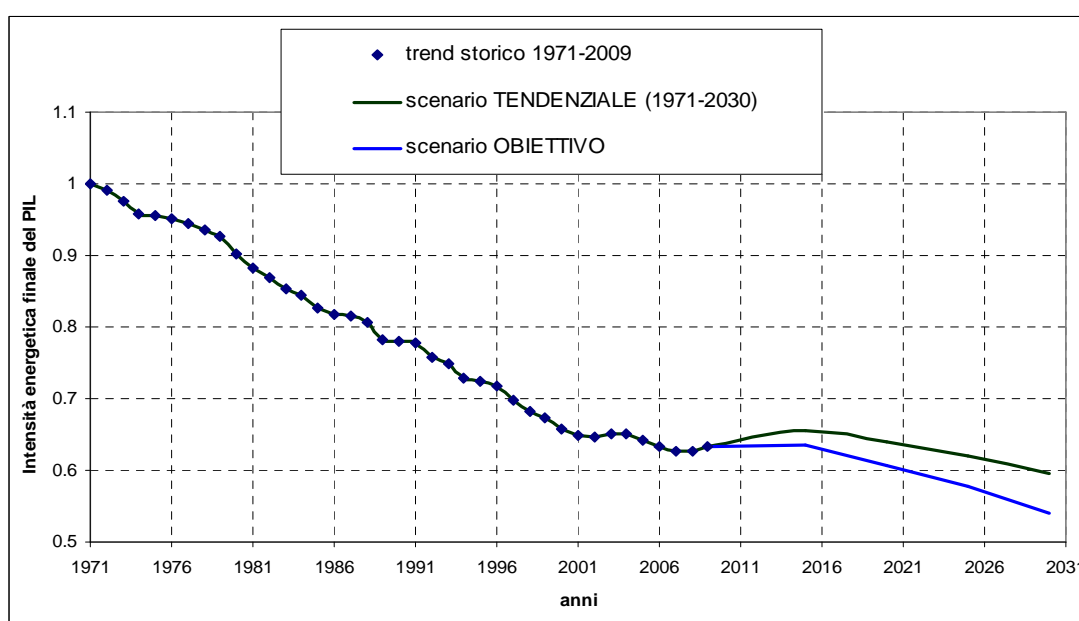


Fig. 6.34 – Intensità energetica finale del PIL. Mondo: scenari TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

6.13.2 Europa, Italia e Lombardia

Tab. 6.38 – Dati di intensità energetica finale del PIL(MER) europei dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Europa	Scenario OBIETTIVO intensità energetica finale del PIL(MER)		
	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	4.8019	0.00%	-5.94%
2020	4.5217	-0.51%	-11.43%
2025	4.2344	-0.52%	-17.06%
2030	3.9541	-1.06%	-22.55%

Tab. 6.39 – Dati di intensità energetica finale del PIL(MER) italiani dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Italia	Scenario OBIETTIVO intensità energetica finale del PIL(MER)		
	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	4.7809	-0.83%	1.00%
2020	4.6331	-3.45%	-2.12%
2025	4.4324	-7.20%	-6.36%
2030	4.2275	-11.07%	-10.69%

Tab. 6.40 – Dati di intensità energetica finale del PIL(MER) lombardi dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Lombardia	Scenario OBIETTIVO intensità energetica finale del PIL(MER)		
	Intensità energetica finale del PIL(MER) (MJ/\$)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	4.8829	-2.55%	1.85%
2020	4.7021	-5.05%	-1.93%
2025	4.5115	-7.81%	-5.90%
2030	4.3264	-10.53%	-9.76%

6.14 SCENARIO OBIETTIVO: CONSUMO DI COMBUSTIBILI FOSSILI PER ENERGIA PRIMARIA

6.14.1 Mondo

Secondo le pubblicazioni IEA, la decarbonizzazione del settore energetico viene per importanza subito dopo l'efficienza energetica ed è un obiettivo chiave che implica un drastico aumento della quota di energia da fonti rinnovabili.

Lo scenario 450 ppm (IEA, 2011) prospetta che entro il 2035 il rinnovabile dovrà coprire il 45% della domanda energetica mondiale e il nucleare il 20%. Secondo lo scenario New Policies l'energia derivante da fonti rinnovabili dovrà coprire il 32% della domanda energetica mondiale e il nucleare il 14%.

Nella presente tesi gli obiettivi dello scenario 450 IEA, si ritengono eccessivi, perché richiedono già a partire dal 2020 un forte impegno per i paesi non-OECD e quindi una dipendenza eccessiva delle politiche climatiche dalle scelte energetiche di questi paesi, che sono per altro meno responsabili dell'attuale situazione.

Nella presente tesi si considerano obiettivi di consumo di energia non fossile vicini a quanto proposto dal New policies scenario della IEA.

Lo scenario mondiale deriva da valutazioni separate degli obiettivi dei paesi OECD e non-OECD.

Non c'è dubbio che, sia i tempi di evoluzione della tecnologia che le modalità della sua utilizzazione, in particolare in India e Cina, sono di grande importanza, per il peso che hanno questi paesi nella domanda futura di energia, per l'enorme disponibilità di minerale di carbone del loro sottosuolo e per l'esigenza di contenere le emissioni che potrebbero derivare dal suo sfruttamento. È plausibile ipotizzare che Cina ed India alimenteranno largamente i loro consumi utilizzando le loro risorse di carbone, soprattutto perché, in questo modo i costi di produzione dell'energia saranno decisamente più bassi della maggior parte dei concorrenti. In questo contesto dovranno essere i Paesi industrializzati a sviluppare rapidamente le tecnologie necessarie per ridurre le emissioni dell'area asiatica. Esempio in questo senso è il progetto Desertec grazie al quale le tecnologie del solare possono aprire straordinarie opportunità per le aree desertiche che si affacciano sul Mediterraneo. La conclusione è che il trasferimento tecnologico e le sue modalità possono rappresentare uno straordinario strumento contrattuale negli accordi sul clima, se si riuscirà a sollecitare una forte integrazione tra le politiche a favore dei Paesi in via di sviluppo e quelle in materia climatica (Paganetto, 2010).

Perché il trasferimento di tecnologie possa avvenire, il settore del rinnovabile deve svilupparsi e consolidarsi in tempi rapidi nei paesi OECD e solo successivamente esportare questa tecnologia nei paesi non-OECD.

Si ipotizza che i paesi OECD si assumeranno l'impegno maggiore nella riduzione del consumo di combustibili fossili per energia primaria raggiungendo nel 2030 un valore pari a 0.5 (-) e passando dagli step intermedi indicati in tab. 6.45.

Per i paesi non-OECD si ipotizza un obiettivo per il 2030 inferiore e pari a 0.7 (-), preceduto dagli step intermedi indicati in tab. 6.45.

Gli impegni dei paesi non-OECD, seppure minori, saranno comunque molto ambiziosi e si potranno raggiungere solo grazie ad una cooperazione internazionale, ad un trasferimento su scala mondiale delle migliori tecnologie e ad importanti investimenti dei paesi sviluppati nei paesi non-OECD.

Di seguito si propongono quindi i valori di consumo di combustibili fossili per energia primaria che i paesi OECD e non-OECD si ipotizza raggiungano:

Tab. 6.41 – *Dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria degli scenari OBIETTIVO dei paesi OECD e non-OECD.*

	<i>Consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)</i>	
	Scenario OBIETTIVO OECD	Scenario OBIETTIVO Non-OECD
2015	0.77	0.88
2020	0.70	0.83
2025	0.60	0.70
2030	0.50	0.60

I dati mondiali sono stati stimati come rapporto tra i consumi di combustibili fossili dei bunker internazionali, dei paesi OECD e non-OECD e il consumo di energia primaria mondiale. Il consumo di energia dei bunker internazionali viene considerato totalmente di origine fossile. Viene di seguito riportata la formula utilizzata, impiegando la simbologia proposta nel par. 2.3:

$$c^{MONDO} = \frac{(c^{OECD} \cdot E^{OECD}) + (c^{nonOECD} \cdot E^{nonOECD}) + E^{internazionali}}{E^{MONDO}} \quad (6.6)$$

Si riportano quindi di seguito i dati obiettivo mondiali e le rispettive variazioni con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.42 – Dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria mondiali dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

Mondo	Scenario OBIETTIVO consumo di combustibili fossili per energia primaria		
	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	0.8064	-1.00%	-0.37%
2020	0.7608	-6.50%	-6.01%
2025	0.6888	-15.00%	-14.90%
2030	0.6099	-24.20%	-24.65%

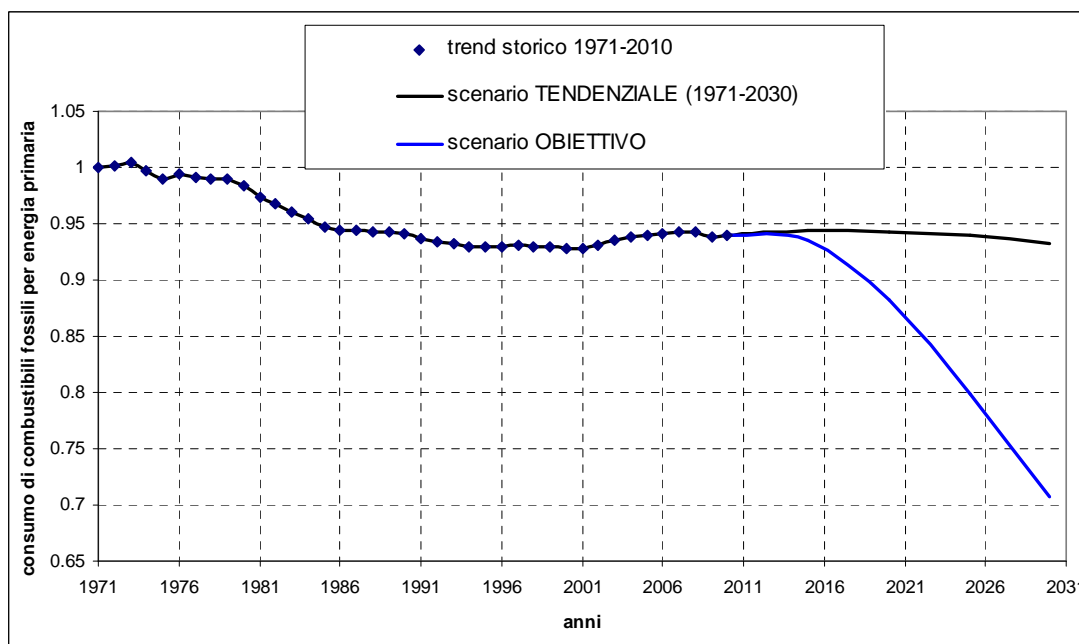


Fig. 6.35 – Consumo di combustibili fossili per energia primaria. Mondo: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

6.14.2 Europa, Italia e Lombardia

Decarbonizzare l'Europa è l'obiettivo primario della Commissione alle prese con l'Energy Roadmap 2050, il documento che traccia le linee guida comunitarie in materia di energia. Sono cinque gli scenari ipotizzati ma tutti indicano le rinnovabili come attore protagonista, per arrivare nel 2050 ad un apporto pari al 55% del consumo energetico primario.

L'EREC (European Renewable Energy Council) propone all'Unione Europea, con il recente studio "45% by 2030" (EREC, 2011), al fine di conseguire, nel 2050, una riduzione dell'80-95% delle emissioni rispetto al 1990, un nuovo e vincolante obiettivo europeo di energia da fonti rinnovabili entro il 2030. Lo scenario advanced dell'EREC, basato sulle proiezioni delle industrie europee nell'ambito del progetto REPAP 2020, mostra la fattibilità del nuovo obiettivo proposto: 35% da rinnovabili nel 2025 e 48% nel 2030 grazie a oltre 570 Mtep di energia verde. Questo corrisponderà a una copertura dei consumi attraverso le fonti rinnovabili di quasi il 70% nel settore elettrico (oltre 2.800 TWh), di oltre il 50% in quello del riscaldamento e raffrescamento (284 Mtep) e del 15% nei trasporti (45 Mtep).

Nella presente tesi per decarbonizzare il sistema energetico Europeo si propone un obiettivo vicino a quello EREC, mirando a raggiungere entro il 2030 il 50% di energia primaria consumata da fonti non fossili (così come per gli altri paesi OECD), con il nucleare che copra il 5%, valore minore rispetto al 12% del 2009. In Italia, in assenza di energia derivante dal nucleare, si propone l'obiettivo di raggiungere il 45% di energia consumata dal rinnovabile. Per raggiungere l'obiettivo 2030 del consumo di combustibili fossili per energia primaria si ipotizzano alcune tappe intermedie di riduzione come indicato nelle tab. 6.45 e 6.46 rispettivamente per l'Europa e l'Italia.

Per costruire lo scenario OBIETTIVO a livello lombardo sono stati utilizzati gli stessi tassi di riduzione adottati su scala italiana, da cui derivano obiettivi leggermente più ambiziosi. In tab. 6.44 sono riportati i tassi annui medi di variazione derivanti dagli obiettivi di riduzione assunti su scala italiana e lombarda.

Tab. 6.43 – Tassi medi annui del consumo di combustibili fossili per energia primaria.

	2009-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
EU 27	-1.18%	-1.96%	-2.48%	-3.38%
Italia	-0.92%	-1.86%	-2.37%	-3.33%
Lombardia	-0.92%	-1.86%	-2.37%	-3.33%

Si riportano di seguito i dati obiettivo su scala europea, italiana e lombarda e le rispettive variazioni con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.44 – Dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria europei dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	Scenario OBIETTIVO consumo di combustibili fossili per energia primaria		
	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	0.76	-2.50%	-7.05%
2020	0.69	-8.00%	-16.17%
2025	0.60	-15.50%	-26.55%
2030	0.50	-26.20%	-38.96%

Tab. 6.45 – Dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria italiani dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	Scenario OBIETTIVO consumo di combustibili fossili per energia primaria		
	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	0.83	-3.00%	-5.54%
2020	0.75	-8.00%	-14.33%
2025	0.66	-15.00%	-24.46%
2030	0.55	-25.60%	-37.04%

Tab. 6.46 – Dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria lombardi dello scenario **OBIETTIVO** e variazioni percentuali rispetto allo scenario **TENDENZIALE** e al dato storico del 2009.

<i>Lombardia</i>	Scenario OBIETTIVO consumo di combustibili fossili per energia primaria		
	consumo di combustibili fossili per energia primaria (-)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	0.79	-4.38%	-5.55%
2020	0.72	-9.05%	-14.34%
2025	0.64	-15.70%	-24.47%
2030	0.53	-25.96%	-37.07%

Le variazioni percentuali sia con lo scenario **TENDENZIALE** che con il dato 2009 per tutte e tre le scale geografiche tendono ad allinearsi raggiungendo nel 2030 rispettivamente valori di circa il 26% e il 37% (per l'Europa del 39%).

In Lombardia in linea con l'andamento storico si pongono valori obiettivo del consumo di combustibili fossili per energia primaria al di sotto della media nazionale, raggiungendo obiettivi intermedi tra quelli italiani ed europei.

Si precisa che impegni così importanti saranno raggiungibili probabilmente con maggior facilità puntando ad un modello economico che metta al primo posto obiettivi di sviluppo sostenibile, e non la sola crescita del PIL. Perseguendo un modello economico e politico di "decrecita" si investirebbe maggiormente nella ricerca, che soprattutto nell'immediato, non apporterebbe ad una crescita di PIL, ma che sicuramente sarebbe indispensabile per lo sviluppo di queste tecnologie.

La precedente ipotesi è avvalorata dal fatto che il modello economico attuale fatica ad incentivare la ricerca, infatti si registra che a partire dagli anni '80, gli investimenti energetici del settore pubblico nelle attività di Ricerca, Sviluppo e Dimostrazione (RS&D) sono diminuiti di due terzi. Dal 1999 al 2008, il numero di brevetti sulle tecnologie rinnovabili è aumentato di quattro volte, guidato dal solare FV e dall'eolico, ma mentre queste due fonti

hanno conosciuto un promettente decollo, per altre tecnologie lo sviluppo dei brevetti non ha portato ad un'adeguata diffusione delle relative applicazioni commerciali (si pensi alla geotermia avanzata e alla produzione da energie marine) (IEA-c, 2012).

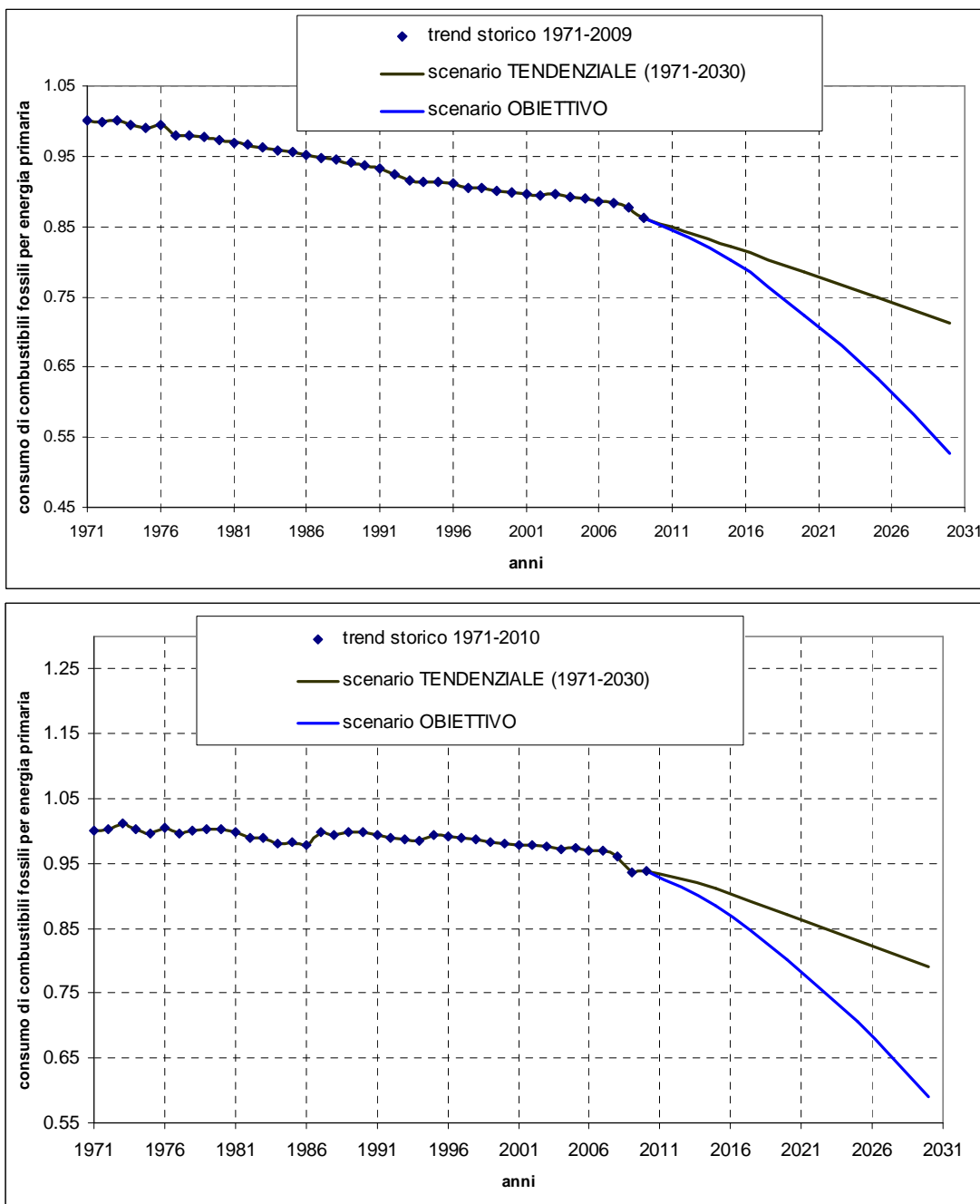


Fig. 6.36 – Consumo di combustibili fossili per energia primaria. In alto: Europa. In basso: Italia. Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

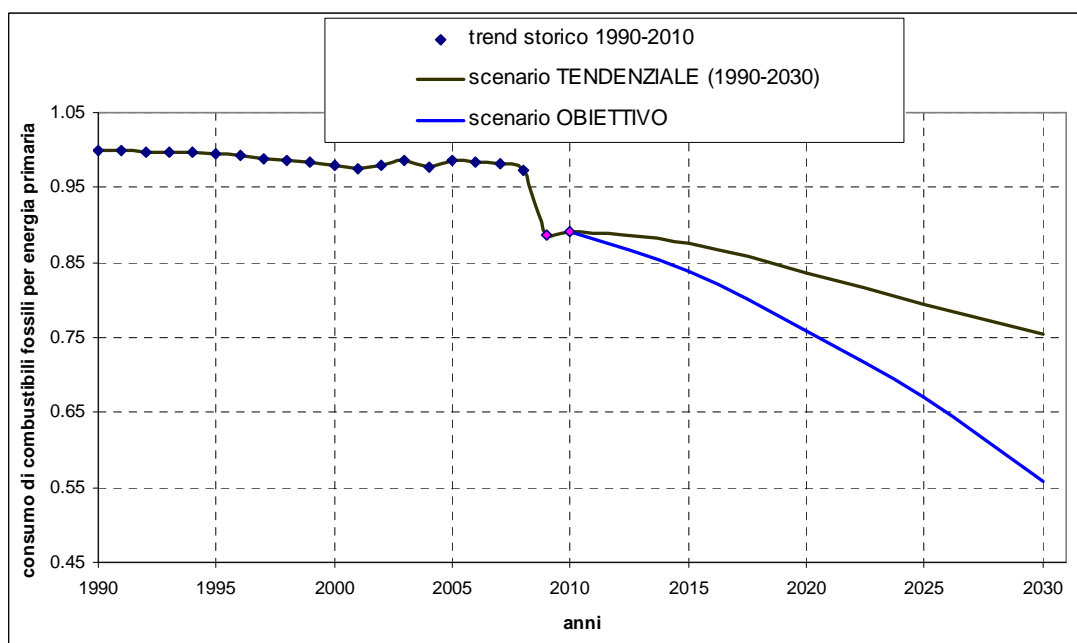


Fig. 6.37 – Consumo di combustibili fossili per energia primaria. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

6.15 SCENARIO OBIETTIVO: FATTORE DI EMISSIONE MEDIO DALL'USO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI

Il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili può variare di molto oltre che per la tipologia di combustibile usato anche per lo sviluppo della tecnologia CCS (carbon capture and storage). Mentre la CCS nel 2020 rappresenta solo il 3% della riduzione delle emissioni, rispetto allo scenario New policies del WEO 2011 IEA, per raggiungere gli obiettivi dello Scenario 450 IEA al 2035 tale quota aumenta al 20%. Questo rende secondo gli scenari IEA la CCS la terza più grande fonte di abbattimento globale, dopo l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili. Un tale risultato è possibile solo con una rapida diffusione di questa tecnologia, il che rappresenta una sfida importante dal momento che non vi sono ancora progetti su larga scala applicati alla generazione elettrica e sono pochi quelli implementati nell'industria. L'analisi dei progressi compiuti nel campo delle energie pulite proposta in ETP (IEA-c, 2012) prospetta un quadro poco roseo. Solo alcune delle tecnologie rinnovabili più mature, quali idroelettrico, biomasse, eolico onshore e solare fotovoltaico (FV), stanno compiendo passi avanti accettabili. Al contrario, altre opzioni tecnologiche sono rimaste indietro, particolarmente preoccupante è il lento avanzamento delle tecnologie per

l'efficienza energetica e la mancanza di progresso nei sistemi di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS).

Investire nella CCS vorrebbe dire solo ridurre il quantitativo di CO₂ immesso in atmosfera, mentre altre strade quali la riduzione della crescita del PIL, i miglioramenti di efficienza energetica e l'aumento dell'uso di fonti rinnovabili, permettono di raggiungere un miglioramento non solo in termini di emissioni ma anche di impronta ecologica e di sicurezza energetica. Investire nelle CCS, sarebbe necessario solamente nel caso non si riuscissero a raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni tramite gli altri approcci. Nello scenario OBIETTIVO, si considera quindi poco il contributo che potrebbe dare questa tecnologia alla riduzione di emissioni, perchè si ritiene più produttivo basarsi ed investire su tecnologie più consolidate, piuttosto che affidare il destino dei cambiamenti climatici ad una tecnologia giovane e la cui velocità di sviluppo è incerta.

6.15.1 Mondo

Su scala mondiale i miglioramenti che si punta a raggiungere riguardo il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili sono modesti, sia per le precedenti considerazioni, sia in quanto Cina e India disponendo di importanti giacimenti di carbone, difficilmente rinunceranno all'utilizzo di questa fonte nel prossimo ventennio.

Si ipotizza su scala mondiale di raggiungere entro il 2030 un valore di 69 g/MJ, analogo a quello che si registrava mediamente in Europa a metà degli anni 80.

Si riportano di seguito i dati obiettivo mondiali e le rispettive variazioni con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.47 – Dati di consumo di combustibili fossili per energia primaria dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Mondo</i>	SCENARIO OBIETTIVO		
	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	70.28	-0.20%	-0.22%
2020	70.00	-0.60%	-0.62%
2025	69.58	-1.20%	-1.22%
2030	69.01	-2.00%	-2.01%

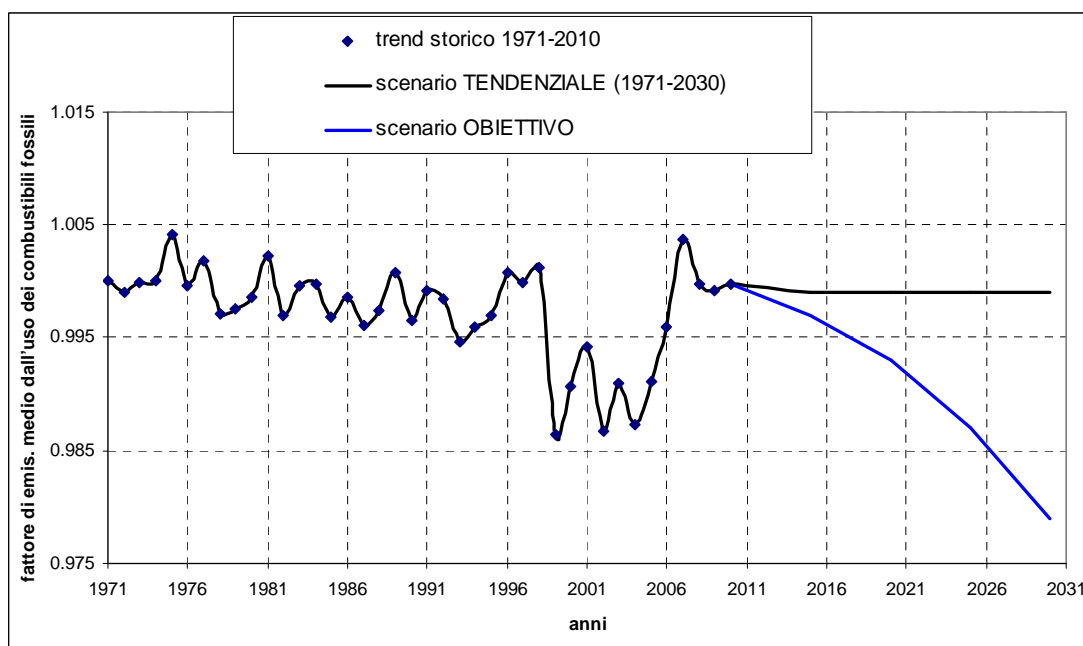


Fig. 6.38 – Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili. Mondo: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

6.15.2 Europa, Italia e Lombardia

Su scala europea si segue lo scenario MIGLIORE proposto nel precedente capitolo (par. 5.2.11) ipotizzando che il trend obiettivo riprenda a decrescere con un tasso annuo medio pari a 0.4% analogo a quello mediamente registrato dal trend storico.

I valori obiettivo italiani sono stati costruiti puntando verso un allineamento del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili entro il 2030 con la media europea.

A livello lombardo i valori del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili sono già molto bassi e possiedono un'elevata incertezza, si ritiene quindi più prudente nel delineare i valori obiettivo mantenere quelli dello scenario TENDENZIALE.

A livello lombardo il parametro si asintotizza quindi a 54.3 g/MJ e rispetto al dato 2009 registra una variazione del 3.2%.

Si ricorda che il valore lombardo non è perfettamente confrontabile con quello nazionale ed europeo perché i dati energetici derivano da una fonte dati differente (ENEA e non IEA).

Si riportano di seguito i dati obiettivo su scala europea e italiana e le rispettive variazioni con i dati dello scenario TENDENZIALE e con il dato storico del 2009.

Tab. 6.48 – Dati del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili europeo dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Europa</i>	Scenario OBIETTIVO del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili		
	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	61.42	-1.60%	-2.47%
2020	60.20	-2.50%	-4.42%
2025	58.98	-3.40%	-6.34%
2030	57.80	-4.30%	-8.23%

Tab. 6.49 – Dati del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili italiano dello scenario OBIETTIVO e variazioni percentuali rispetto allo scenario TENDENZIALE e al dato storico del 2009.

<i>Italia</i>	Scenario OBIETTIVO del fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili		
	fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili (g/MJ)	Variazione % con scenario TENDENZIALE	Variazione % con il dato dell'anno 2009
2015	62.24	-1.20%	-3.61%
2020	60.75	-2.60%	-5.91%
2025	59.37	-4.00%	-8.05%
2030	58.01	-5.53%	-10.17%

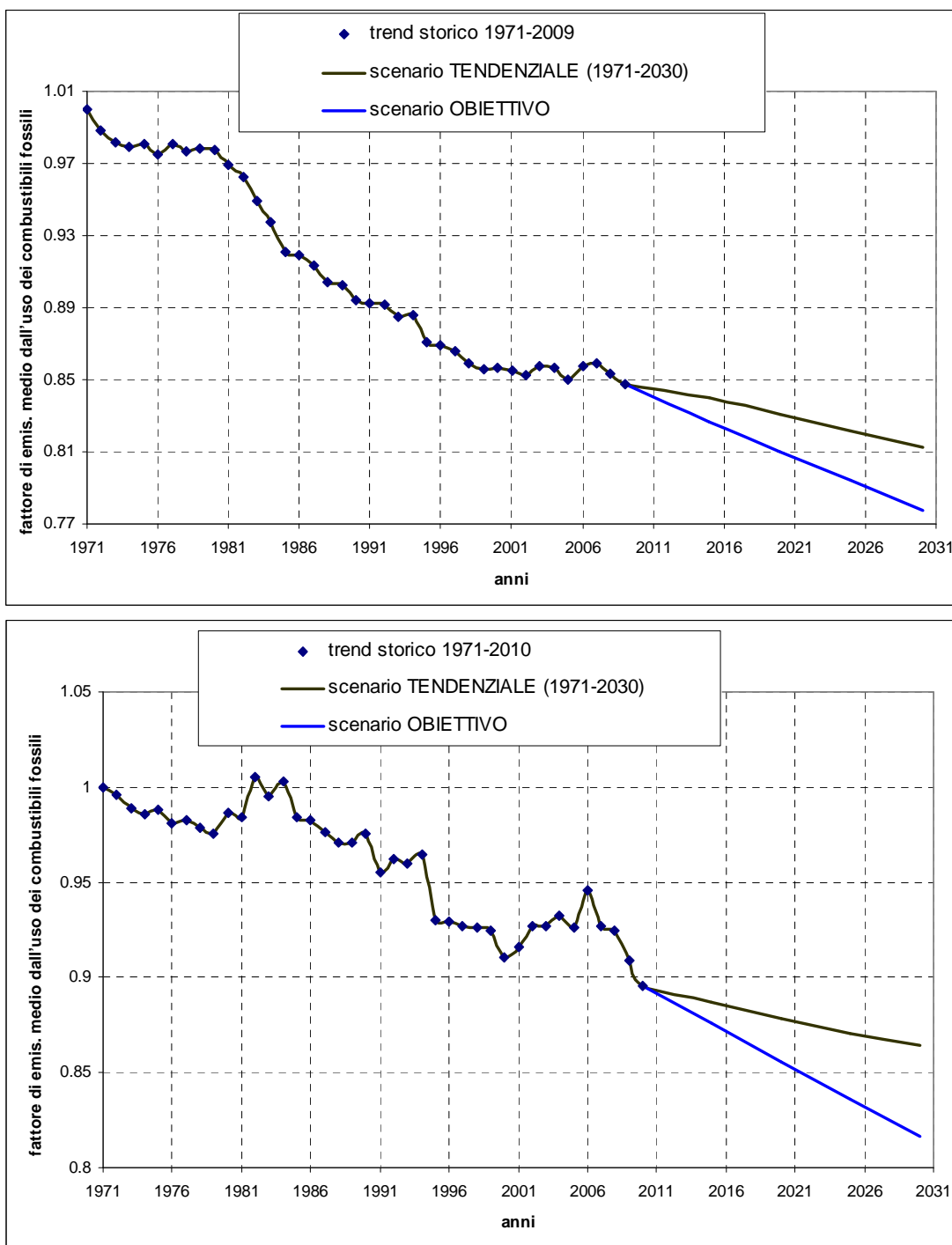


Fig. 6.39 – Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili. In alto: Europa. In basso: Italia. Scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1971.

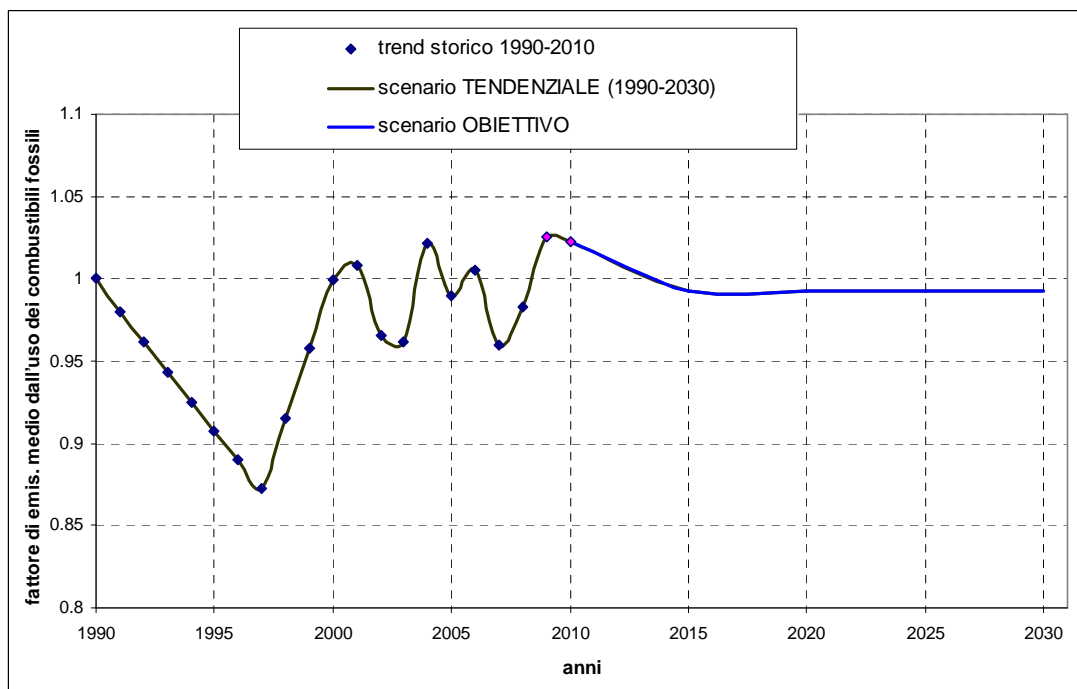


Fig. 6.40 – Fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili. Lombardia: scenario TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO_2 a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

Le variazioni percentuali dei dati obiettivo italiani, sia con i dati dello scenario TENDENZIALE che con il dato 2009, sono leggermente superiori a quelle europee, perché il fattore di emissione medio dall'uso dei combustibili fossili in Italia è storicamente superiore ai dati europei ai quali si deve allineare.

6.16 KAYA IDENTITY, SCENARIO OBIETTIVO

6.16.1 Mondo

Nelle figure 6.41 e 6.42 si riportano i trend storici ed obiettivo dei parametri della Kaya Identity, normalizzando i valori rispetto al dato del 1971 ed esprimendo le emissioni di CO_2 secondo la formulazione a quattro (for. 2.3) e a sei parametri (for. 2.5). Il PIL è espresso in termini di MER.

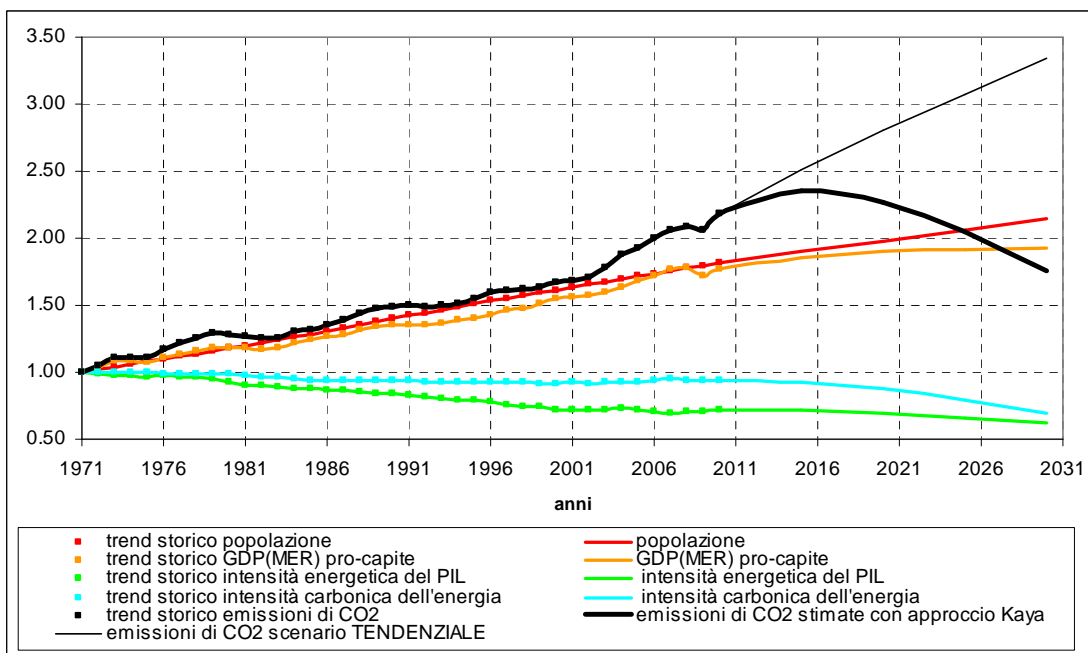


Fig. 6.41 – Mondo: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

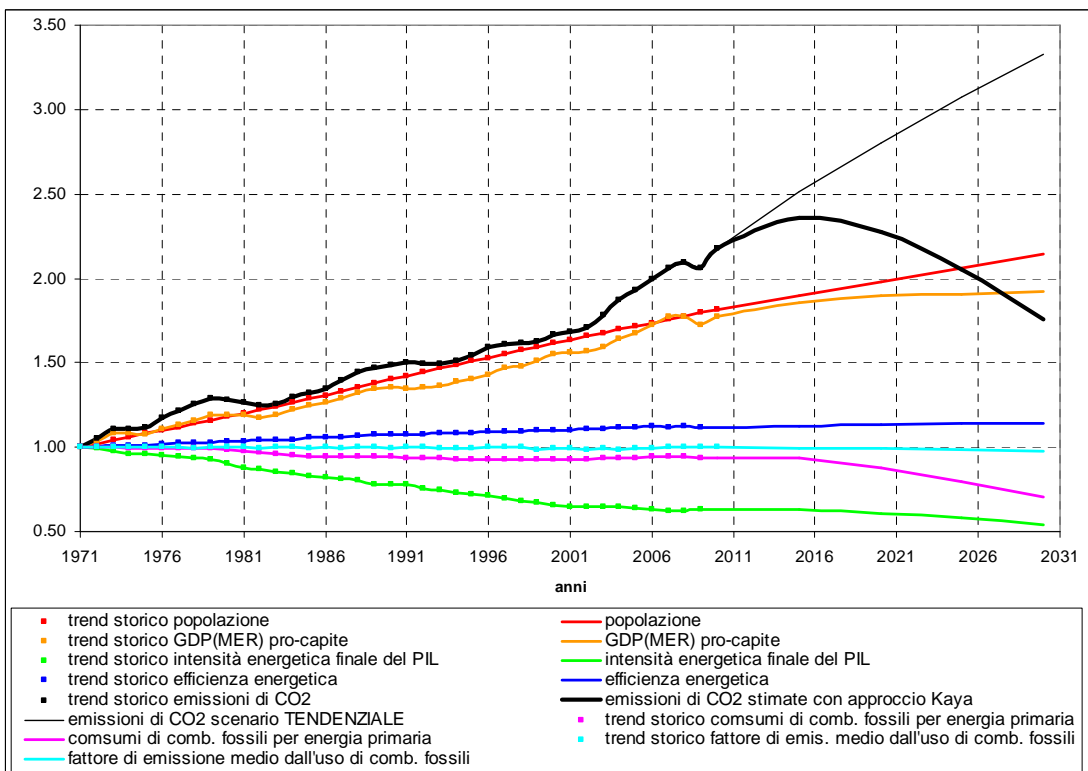


Fig. 6.42 – Mondo: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1971. Il PIL è espresso come PIL(MER).

Di seguito si mettono in evidenza i contributi che le variazioni di ciascun parametro apportano alla variazione totale di emissioni di CO₂ secondo la formulazione della Kaya Identity espressa in termini di tassi di crescita (for. 2.6, par. 2.3) sia a 4 che a 6 parametri (fig. 6.43). I contributi sono calcolati secondo la for. 4.1 proposta nel par. 4.1.14.

Si prende in considerazione il periodo 2009-2030, in modo che siano confrontabili i risultati mondiali con quelli delle altre scale regionali (Europa, Italia e Lombardia).

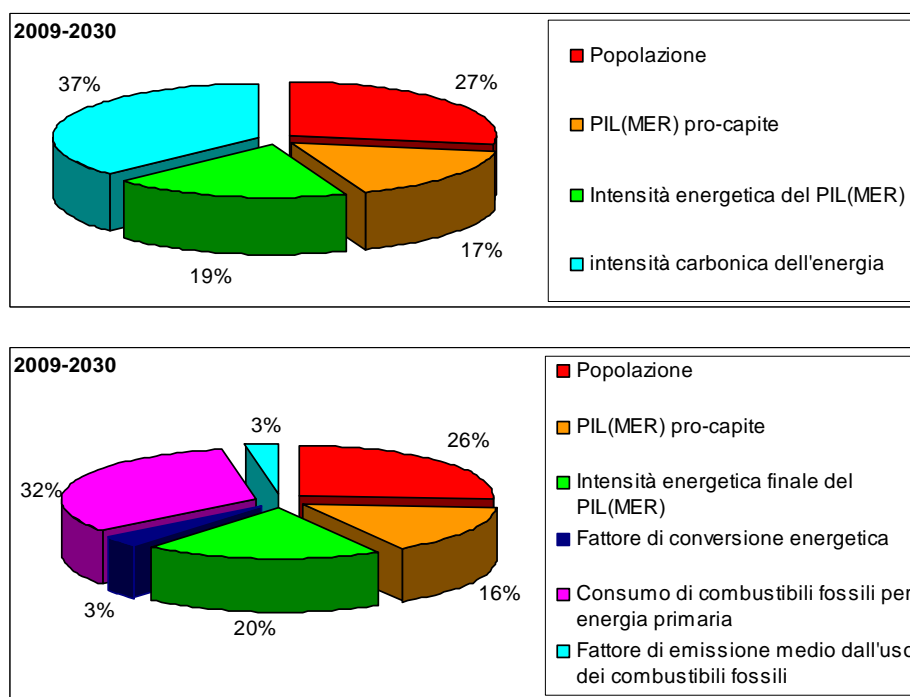


Fig. 6.43 – Mondo: contributo di ciascun parametro rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂ del periodo 2009-2030. Sopra la Kaya Identity a 4 parametri sotto a sei. Il PIL è espresso in termini di MER.

Nella figura 6.43 si mettono in evidenza i contributi dei diversi parametri, ma non essendo precisato se questi siano positivi o negativi, nella tabella 6.51 si riportano i tassi annui medi di variazione dei parametri per gli stessi periodi storici considerati nei diagrammi. I parametri sono espressi secondo la simbologia proposta nel par. 2.3.

Tab. 6.50 – Tassi annui medi di variazione dei parametri della Kaya Identity mondiale del periodo 2009-2030. Il PIL è espresso in termini di MER.

2009-2030	<i>P</i>	<i>g</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e'</i>	<i>k</i>	<i>c</i>	<i>s</i>
Mondo	0.92%	0.56%	-0.63%	-1.25%	-0.72%	0.11%	-1.17%	-0.10%

Su scala mondiale il contributo positivo all'aumento delle emissioni di CO₂ è dato dall'aumento della popolazione (*P*), del PIL pro-capite (*g*) e del fattore di conversione

energetica (k). Tra questi il contributo maggiore è dato dall'aumento della popolazione, mentre il contributo del fattore di conversione energetica è minimo. I tassi di crescita del PIL pro-capite obiettivo si sono ridotti di molto rispetto all'andamento storico, passando da un tasso annuo medio di 1.90%, per il periodo 1971-2009, a 0.56% dello scenario obiettivo (2009-2030). Nello scenario OBIETTIVO la crescita del PIL pro-capite ha dimezzato il suo contributo all'aumento delle emissioni rispetto a quanto accadeva storicamente (par. 4.1.14).

Il contributo negativo al trend delle emissioni di CO₂ è dato, invece, dalla diminuzione dell'intensità energetica del PIL, sia in termini di energia primaria (e) che finale (e'), dell'intensità carbonica dell'energia (f). Tra questi due parametri, contrariamente a quanto accaduto storicamente, il contributo maggiore alla riduzione di emissioni deriverà da un'importante riduzione dell'intensità carbonica dell'energia.

In particolare, i miglioramenti di intensità carbonica saranno dovuti quasi totalmente ad una riduzione dei consumi di combustibili fossili per unità di energia primaria e non del fattore di emissione medio dall'uso di combustibili fossili, ritenendo che non sia necessario investire nella CCS (carbon capture and storage) per le motivazioni indicate nel par. 6.15.

6.16.2 Europa, Italia e Lombardia

Come su scala mondiale, si riportano (fig. 6.44 - 6.47) i trend storici ed obiettivo dei parametri della Kaya Identity, normalizzando i valori rispetto al dato del 1971 per Europa e Italia, e rispetto al 1990 per la Lombardia, ed esprimendo le emissioni di CO₂ secondo la formulazione a quattro (for. 2.3) e a sei parametri (for. 2.5). Si mettono poi in evidenza i contributi che le variazioni di ciascun parametro apportano alla variazione totale di emissioni di CO₂ secondo la formulazione della Kaya Identity espressa in termini di tassi di crescita (for. 2.6 vista nel par. 2.3) sia a 4 che a 6 parametri (fig. 6.48). I contributi sono calcolati secondo la for. 4.1 proposta nel par. 4.1.14.

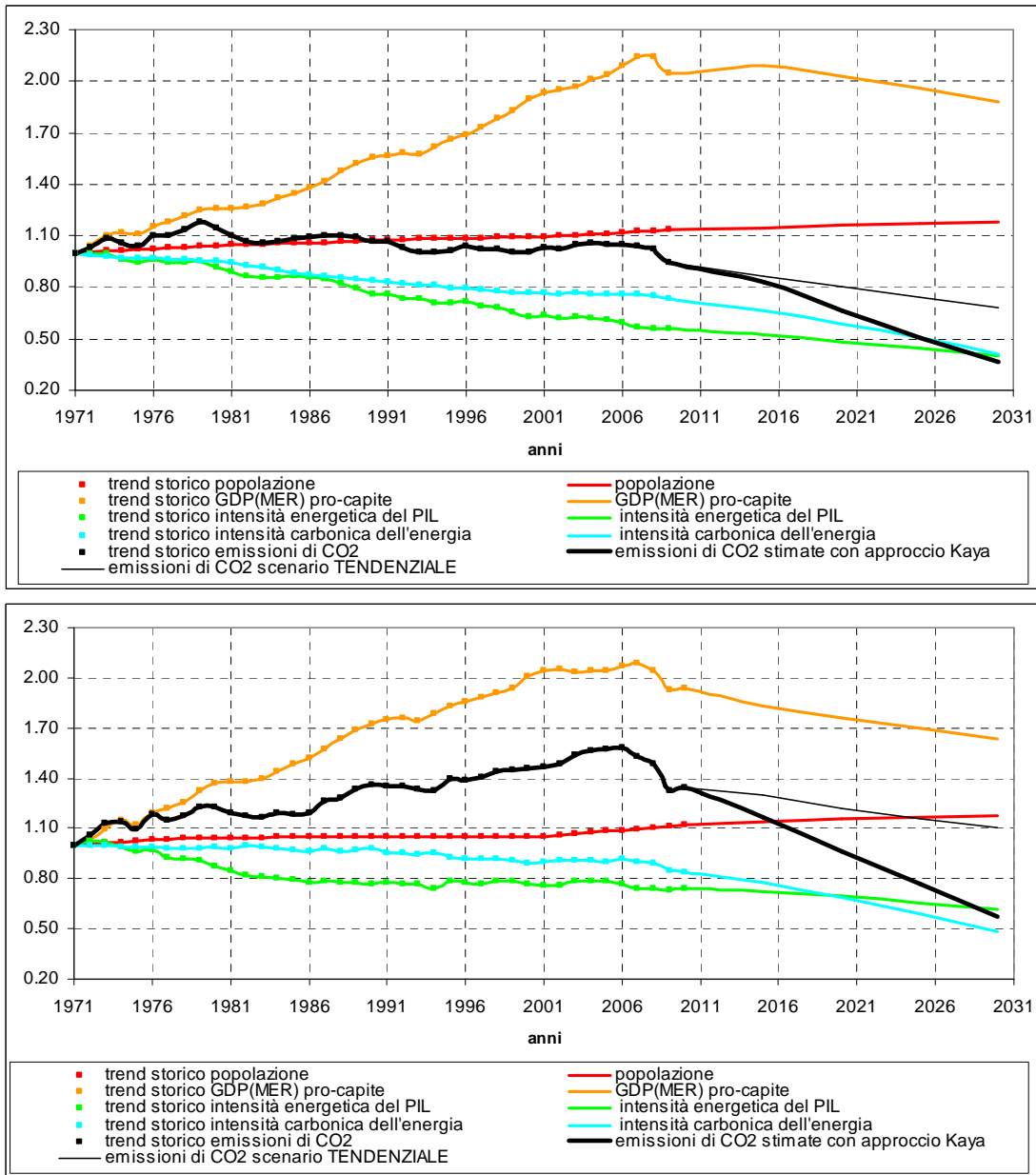


Fig. 6.44 – In alto: Europa. In basso: Italia. Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1971.

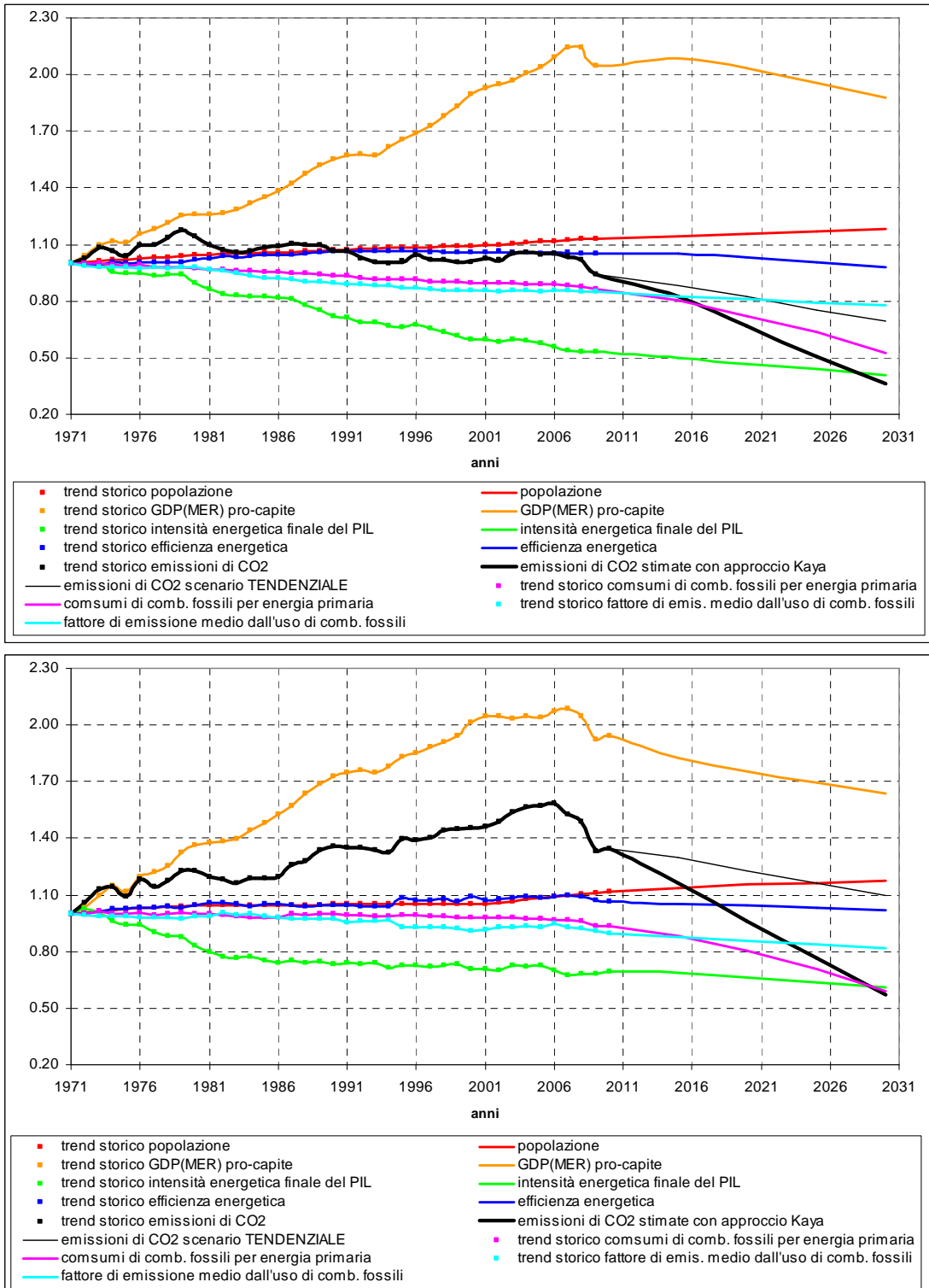


Fig. 6.45 – In alto: Europa. In basso: Italia. Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1971.

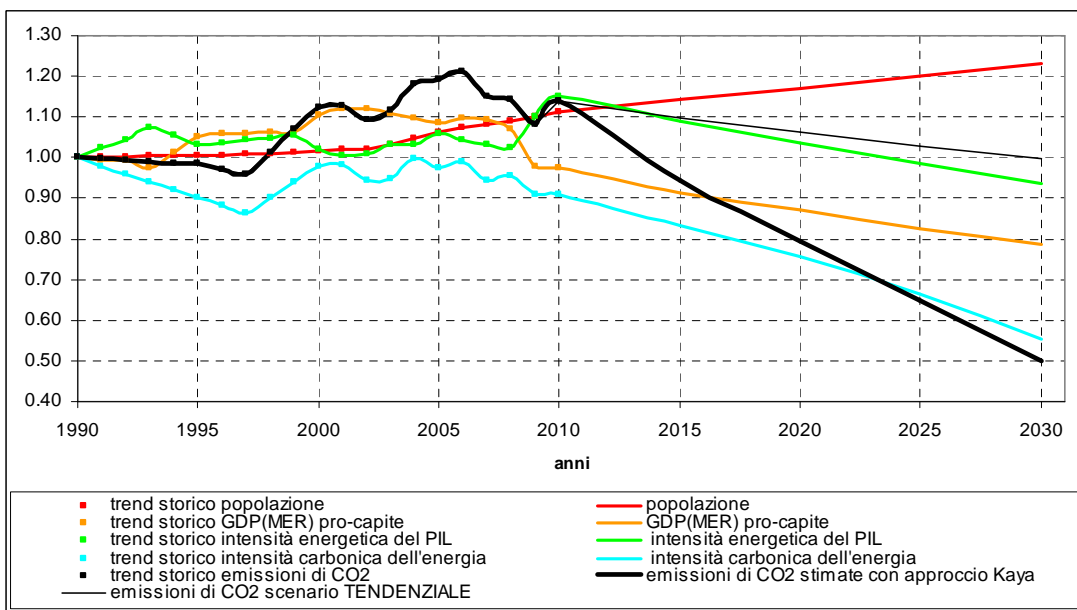


Fig. 6.46 – Lombardia: Kaya Identity a 4 parametri normalizzati al 1990.

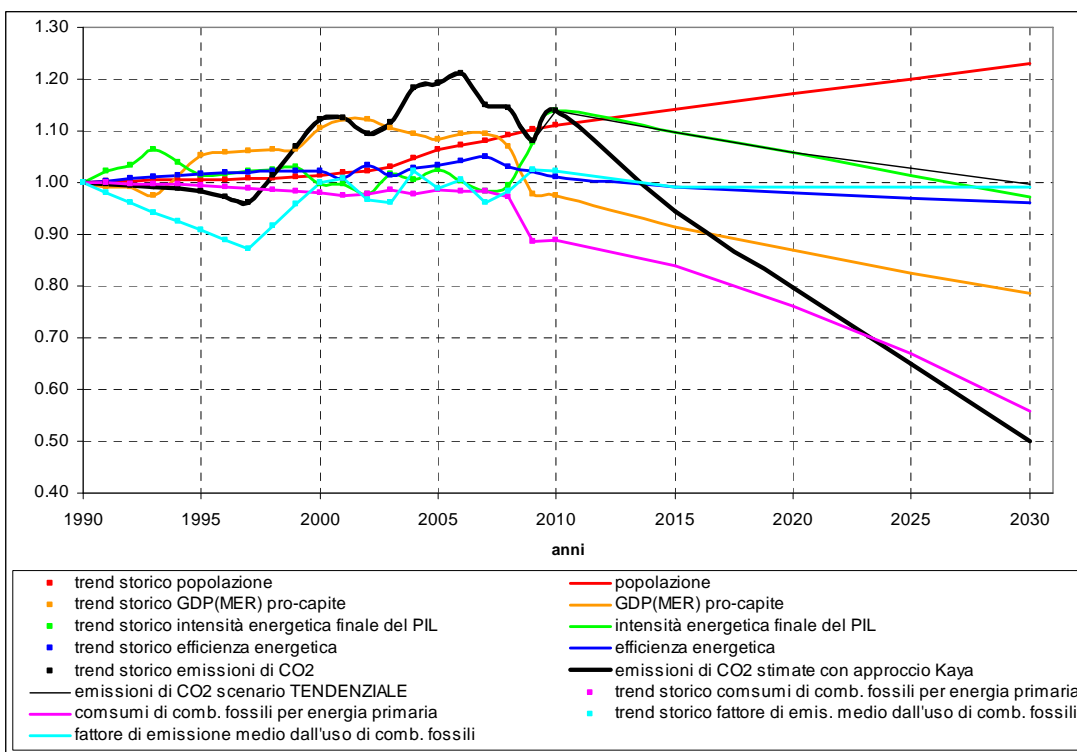


Fig. 6.47 – Lombardia: Kaya Identity a 6 parametri normalizzati al 1990.

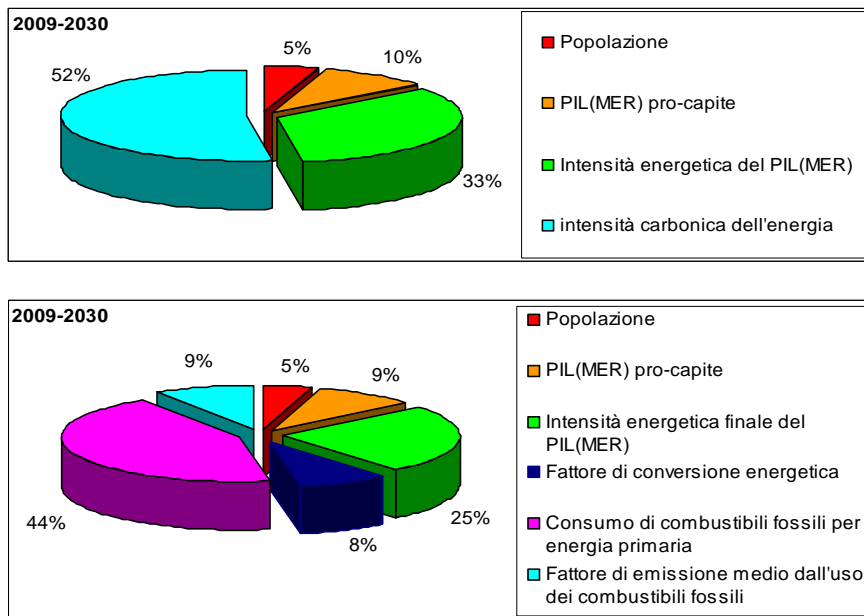


Fig. 6.48 – Europa: contributo di ciascun parametro rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂ del periodo 2009-2030. Sopra la Kaya Identity a 4 parametri sotto a sei.

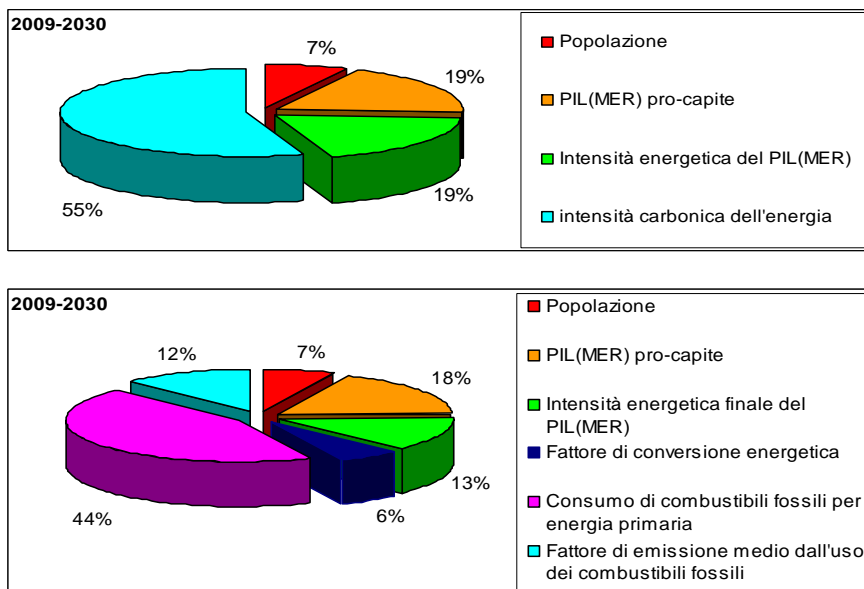


Fig. 6.49 – Italia: contributo di ciascun parametro rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂ del periodo 2009-2030. Sopra la Kaya Identity a 4 parametri sotto a sei.

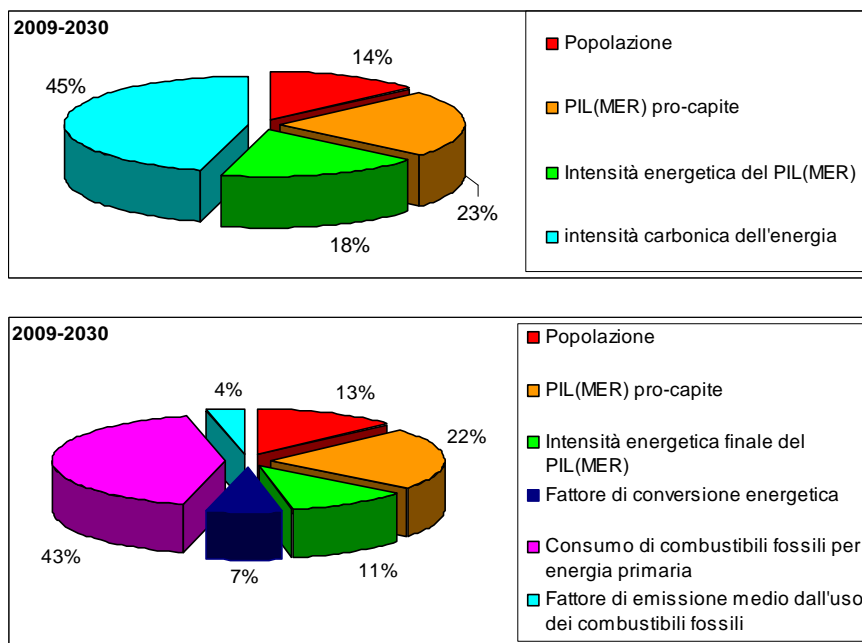


Fig. 6.50 – Lombardia: contributo di ciascun parametro rispetto alla variazione totale di emissioni di CO₂ del periodo 2009-2030. Sopra la Kaya Identity a 4 parametri sotto a sei.

Tab. 6.51 – Tassi annui medi di variazione dei parametri della Kaya Identity del periodo 2009-2030.

2009-2030	<i>P</i>	<i>g</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e'</i>	<i>k</i>	<i>c</i>	<i>s</i>
Europa	0.19%	-0.39%	-1.33%	-2.09%	-1.07%	-0.35%	-1.86%	-0.39%
Italia	0.27%	-0.71%	-0.72%	-2.07%	-0.51%	-0.23%	-1.76%	-0.48%
Lombardia	0.55%	-0.93%	-0.73%	-1.86%	-0.46%	-0.29%	-1.77%	-0.15%

Su scala europea, italiana e lombarda l'unico parametro che fornisce un contributo positivo è l'aumento della popolazione.

Come già individuato in fase di analisi e quindi analogamente a quanto si è registrato storicamente, su scala europea (par. 4.3.14) ed italiana (par. 4.4.14) nello scenario OBIETTIVO il contributo positivo della popolazione è molto minore rispetto a quello mondiale. La Lombardia fa eccezione, perché si è ipotizzato nello scenario OBIETTIVO, in linea con l'accelerazione registrata nell'ultimo decennio, un aumento consistente della popolazione.

Il contributo maggiore alla diminuzione delle emissioni per tutte e tre le scale regionali si individua nel consumo di combustibili fossili per energia primaria, mentre come già detto a livello mondiale sono minimi i miglioramenti del fattore di emissione medio dall'uso di combustibili fossili.

In Europa la riduzione del PIL pro-capite inizierà solo dopo il 2015, quindi il contributo negativo di questo parametro per il periodo 2009-2030 risulta più basso rispetto all'Italia e

alla Lombardia, per i quali, invece, data l'attuale difficoltà ad uscire dalla crisi, si ipotizza sin da subito una diminuzione del PIL.

Per l'Europa l'intensità energetica del PIL assume quindi un contributo negativo maggiore di quello del PIL pro-capite, mentre per l'Italia i contributi di questi due parametri si equivalgono e per la Lombardia il contributo dell'intensità energetica del PIL è superato da quello del PIL pro-capite.

In fig. 6.51 a scopo riassuntivo sono messe a confronto le variazioni di emissioni, con i dati normalizzati al 1990, di Mondo, Europa, Italia e Lombardia, evidenziando sia il trend dello scenario TENDENZIALE che quello OBIETTIVO.

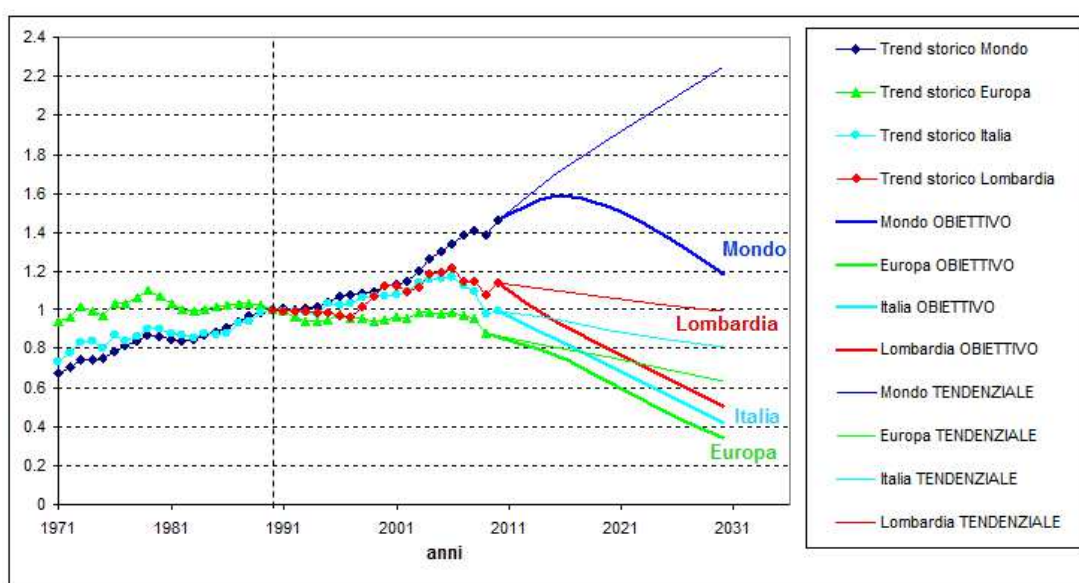


Fig. 6.51 – Confronto tra i dati mondiali, europei, italiani e lombardi dei trend storici e degli scenari TENDENZIALE e OBIETTIVO di stabilizzazione della concentrazione di CO₂ a 450 ppm. I dati sono normalizzati al 1990.

6.17 CONFRONTO TRA LO SCENARIO OBIETTIVO E TENDENZIALE

Per meglio mettere in luce le variazioni tra quanto proposto nello scenario TENDENZIALE e in quello OBIETTIVO si riportano di seguito (fig. 6.52-6.55) un confronto a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun parametro nei due rispettivi scenari per Mondo, Europa, Italia e Lombardia.

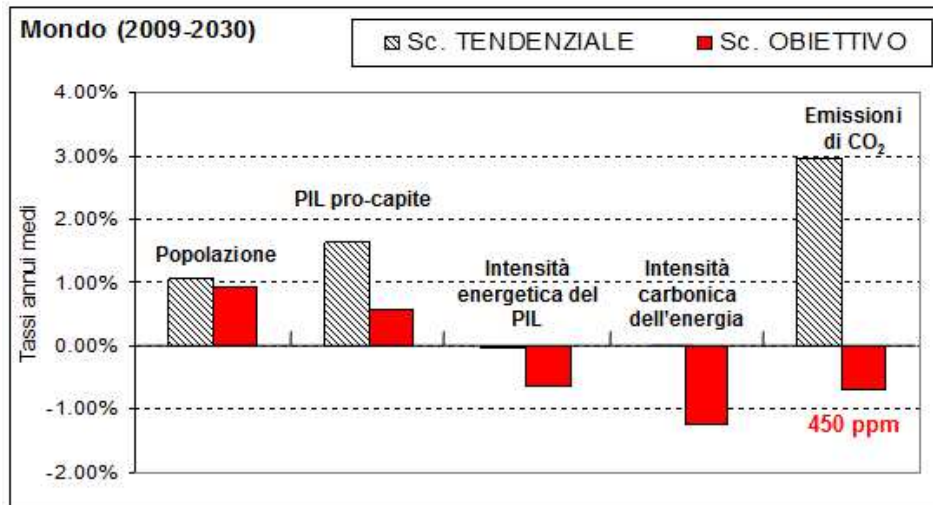


Fig. 6.52 – Mondo. Confronto a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun termine della Kaya Identity a 4 parametri nei due rispettivi scenari (TENDENZIALE ed OBIETTIVO). Il PIL è espresso come PIL(MER).

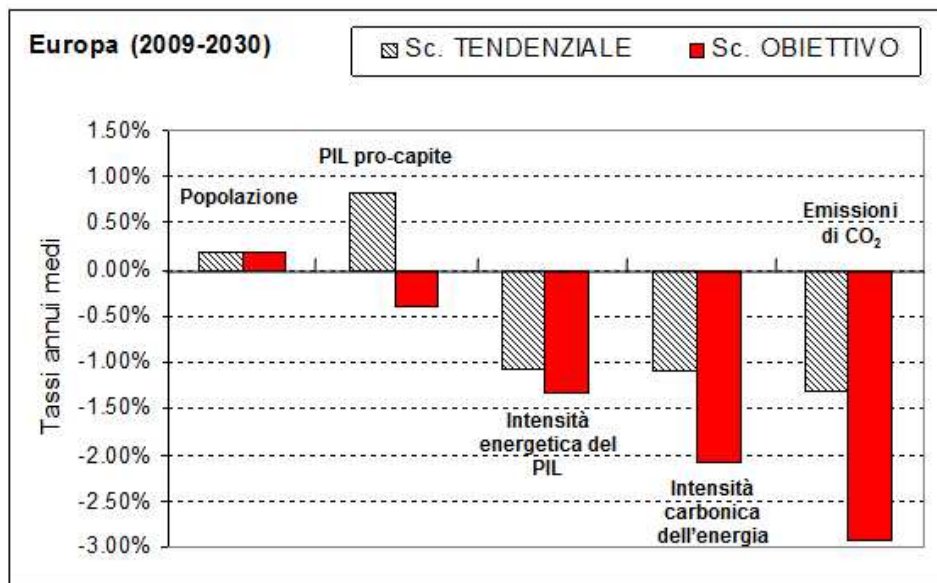


Fig. 6.53 – Europa. Confronto a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun termine della Kaya Identity a 4 parametri nei due rispettivi scenari (TENDENZIALE ed OBIETTIVO). Il PIL è espresso come PIL(MER).

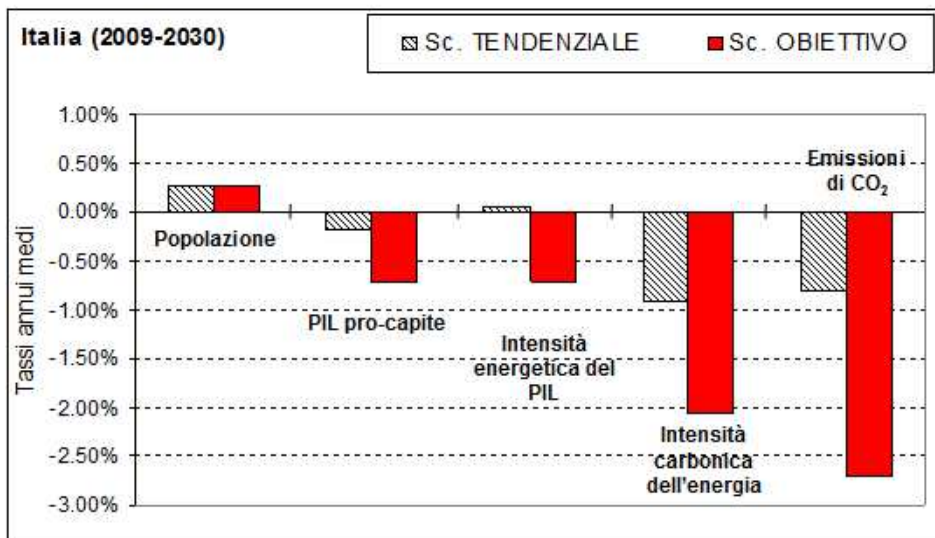


Fig. 6.54 – Italia. Confronto a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun termine della Kaya Identity a 4 parametri nei due rispettivi scenari (TENDENZIALE ed OBIETTIVO). Il PIL è espresso come PIL(MER).

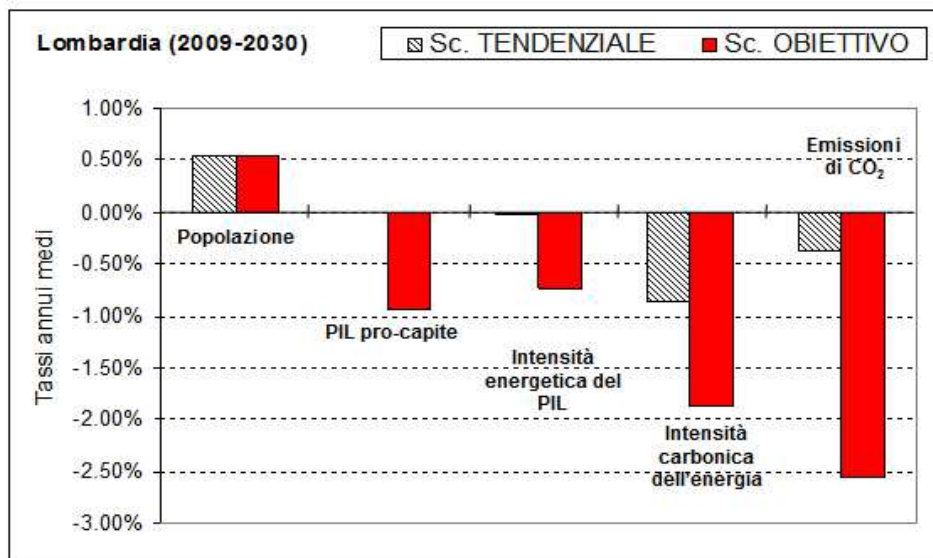


Fig. 6.55 – Lombardia. Confronto a istogrammi tra i tassi di crescita di ciascun termine della Kaya Identity a 4 parametri nei due rispettivi scenari (TENDENZIALE ed OBIETTIVO). Il PIL è espresso come PIL(MER).

Nella figura 6.52 si evidenzia come su scala mondiale nello scenario OBIETTIVO l'aumento della popolazione si riduce leggermente rispetto a quanto mostrato nello scenario

TENDENZIALE. Per il PIL pro-capite si assume, invece, un aumento nettamente inferiore rispetto allo scenario TENDENZIALE.

Si noti che per Europa, Italia e Lombardia già nello scenario TENDENZIALE si ritiene probabile che questi paesi ridurranno entro il 2030 le emissioni di CO₂, ma nello scenario OBIETTIVO si prefigura una riduzione decisamente maggiore, ottenendo entro il 2030 valori di emissioni di circa la metà rispetto a quelle dello scenario TENDENZIALE.

Per l'Europa, l'Italia e la Lombardia la variazione della popolazione rimane la stessa tra i due scenari, mentre il tasso annuo medio del PIL pro-capite nello scenario OBIETTIVO diventa fortemente negativo, cosa che è evidente soprattutto per l'Europa. In Italia e Lombardia nell'ultimo decennio il PIL pro-capite è rimasto stazionario e per la maggiore difficoltà ad uscire dalla crisi economica rispetto al resto d'Europa, nello scenario TENDENZIALE si è assunto un PIL pro-capite in leggera riduzione, ma meno marcatamente che nello scenario OBIETTIVO.

Su scala mondiale a causa dell'influenza dei paesi non-OECD, che in futuro non potrà che aumentare, e a causa di un rallentamento nel trend storico di intensità energetica del PIL e di intensità carbonica dell'energia, nello scenario TENDENZIALE il trend di questi due parametri è stato valutato cautelativamente stabile, mentre nello scenario OBIETTIVO assume un'importanza rilevante nella riduzione di emissioni.

Su scala europea i parametri di intensità energetica del PIL e di intensità carbonica dell'energia sono già in riduzione nello scenario TENDENZIALE, perché storicamente non si osserva rallentamento nel trend di riduzione di questi parametri. Ma nello scenario OBIETTIVO la riduzione di entrambi aumenta, ed in particolare l'intensità carbonica di energia raddoppia la sua diminuzione.

Per quanto riguarda l'intensità carbonica dell'energia quanto detto per l'Europa vale anche per Italia e Lombardia. Diversamente l'intensità energetica del PIL nello scenario TENDENZIALE italiano e lombardo risulta stabile, in funzione di quanto osservato nel trend storico, che non presenta importanti variazioni negli ultimi 20 anni. Nello scenario OBIETTIVO presenta, invece, un tasso medio annuo di variazione negativo, seppure inferiore a quella europea.

A differenza di quanto accade nello scenario TENDENZIALE, è importante far notare come il PIL pro-capite è stato considerato nello scenario OBIETTIVO a tutti gli effetti un parametro sul quale agire per ridurre le emissioni alla stessa stregua dei parametri di intensità energetica del PIL e di intensità carbonica dell'energia.

6.18 LIMITI DELLO SCENARIO OBIETTIVO

Lo scenario OBIETTIVO presenta sicuramente diversi limiti sia nella sua struttura metodologica che nella sua possibile attuazione.

Nel definire lo scenario OBIETTIVO, non sono state fatte valutazioni riguardo i costi e gli investimenti necessari perché gli obiettivi dei singoli parametri potessero essere rispettati e quindi non sono state fatte assunzioni su questi aspetti.

Non si sono analizzati i tempi di sviluppo delle diverse tecnologie necessarie per conseguire i miglioramenti di efficienza e per sostituire l'uso di combustibili fossili con fonti rinnovabili. Ma soprattutto non sono stati discussi i tempi utili per proporre e far metabolizzare i principi che accompagnano il modello di "decrescita", prima che questo venga pienamente attuato.

In fase di analisi si sono osservate difficoltà nel svincolare la produzione del PIL dai consumi energetici, non solo su scala mondiale, ma anche in Italia e in Cina, principale paese emergente. È stato difficile valutare la capacità di mantenere costante nel tempo la riduzione dell'intensità energetica del PIL, e quindi sono risultate imprecise le assunzioni rispetto al potenziale di riduzione di questo parametro. Emerge che sono necessari studi di approfondimento di questo parametro.

Ulteriore limite è l'utilizzo del PIL come indicatore di sviluppo, perché già nelle economie postindustriali questo parametro fatica a descrivere le reali condizioni di progresso e sviluppo, ma se inserito in un modello di "decrescita", basato sul miglioramento della qualità della vita e non sulla quantità di beni e servizi prodotti, questo strumento di misura risulta molto limitato. Sarà, quindi, necessario integrare studi di questo tipo con nuovi indicatori in grado di misurare realmente la ricchezza e il benessere prodotto e le risorse consumate.

BIBLIOGRAFIA

Introduzione (cap. 1)

IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA:

1. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Working Group I Report "The Physical Science Basis";
2. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds), Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability";
3. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds); Working Group III Report "Mitigation of Climate Change".

I. Allison, N.L. Bindoff, et. al, "The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the World on the Latest Climate Science", The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60pp.

Cap. 2

Yoichi Kaya and Keiichi Yokobori, "Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability", The United Nations University, 1997.

Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.), "Emissions Scenarios, A Special Report of IPCC Working Group III", IPCC, 2000.

Johan Albrecht et al, "A Shapley Decomposition of Carbon Emissions without Residuals", Dicembre 2001.

P. E. Waggoner e J. H. Ausubel, "A framework for sustainability science: A renovated IPAT identity", 19 Aprile, 2002.

Raupach et al., "Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions", edito da William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, e approvato il 17 Aprile, 2007 (ricevuto per review il 23 Gennaio, 2007).

Steven J. Davis e Ken Caldeira, "Consumption based accounting of CO₂ emissions" edito da William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, e approvato il 29 Gennaio, 2010 (received for review 23 Giugno, 2009).

- Glen P. Petersa et al. "Growth in emission transfers via International trade from 1990 to 2008", edito da William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, e approvato il 29 Marzo, 2011 (ricevuto per review il 12 Maggio, 2010).
- European Environment Agency, "Why did greenhouse gas emissions increase in the EU in 2010?", 2012.
- Wietze Lise, "Decomposition of CO2 Emissions over 1980–2003 in Turkey" 2005.
- Etem Karayaya and Mustafa Ozcag, "Driving Forces of CO2 Emissions In Central Asia: A Decomposition Analysis of Air Pollution From Fossil Fuel Combustion", 2005.
- Ming Zhang et al., "Accounting for energy-related CO2 emission in China, 1991–2006", 2008.
- Roger A., Pielke Jr. "Mamizu climate policy: an evaluation of Japanese carbon emissions reduction Targets", 2009.
- Wang Dia, Nie Ruia, Shi Hai-ying "Scenario Analysis of China's Primary Energy Demand and CO2 Emissions Based on IPAT Model", 2011.

Cap. 3

- IEA(International Energy Agency), "CO2 Emissions from Fuel Combustion 2011-Highlights", <http://www.iea.org/co2highlights/>.
- BP(originariamente British Petroleum), "Statistical Review of World Energy 2011", Historical data , <http://www.bp.com/statisticalreview>.
- IEA(International Energy Agency), "World Energy Outlook 2011", <http://www.worldenergyoutlook.org/> (comunicazione personale membro IEA); (IEA-b).
- EEA(European Environment Agency), "EEA greenhouse gas - data viewer", <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>.
- Glen P. Petersa et al., 2010, *già citato*.
- Golini, A. et al., "Ricostruzione della popolazione residente per sesso, età e regione", Università degli Studi di Roma La Sapienza, Dipartimento di Scienze Demografiche, Fonti e Strumenti n. 1, 1983.
- Istat, "Popolazione e bilanci demografici per sesso, età e regione, Ricostruzione per gli anni 1972-1981, supplemento al bollettino mensile di statistica, Anno 1985, n. 14.
- Istat, "Ricostruzione della popolazione residente per età e sesso nelle province italiane, Speciale Informazioni n. 17, 1996.
- Istat, "Ricostruzione della popolazione residente per età e sesso nei comuni italiani, informazioni n. 13, 2006.

Cap. 4

IEA(International Energy Agency), “World Energy Outlook 2009”, 2009 (IEA-b).

ISTAT, “Il futuro demografico del paese - Previsioni regionali della popolazione residente al 2065”, 28 dicembre 2011, <http://www.istat.it/it/files/2011/12/futuro-demografico.pdf>.

BP, “Statistical Review of World Energy 2011”, 2011, *già citato*.

Cap. 5

IEA(International Energy Agency), “CO2 Emissions from Fuel Combustion 2011-Highlights”, <http://www.iea.org/co2highlights/>.

IEA(International Energy Agency), “World Energy Outlook 2009”, 2009, (IEA-b).

United States Census Bureau, “Total Midyear Population for the World: 1950-2050”, http://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_population.php.

United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population, Division 5, “World Population to 2300” (UN, 2004).

CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici), CIRED (Centre International de Recherche sur l’Environnement et le Développement), EPRG (Electricity Policy Research Group), e il PIK (Potsdam Institute for Climate Impact Research), “RECIPE: Report on Energy and Climate Policies in Europe”, 2009, <http://www.pik-potsdam.de/recipe>.

European Commission, Authors (E3M-Lab): Prof. P. Capros, Dr. L. Mantzos, N. Tasios, A. De Vita, N. Kouvaritakis, “EU energy trends to 2030 — UPDATE 2009”, http://ec.europa.eu/clima/policies/package/docs/trends_to_2030_update_2009_en.pdf.

European Commission, “Interim Forecast”, February 2012.

EREC (European Renewable Energy Council): Josche Muth (Deputy Secretary general, erc), Eleanor Smith (policy officer, erc), “45% by 2030”, pubblicato in Maggio 2011, http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/45pctBy2030_ERECReport.pdf.

ISTAT, “Il futuro demografico del paese”, 2011, *già citato*.

Cap. 6

Meinshausen, M., “What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? - A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates. Avoiding Dangerous Climate Change”, J. S. Schellnhuber, W.

- Cramer, N. Nakicenovic, T. M. L. Wigley and G. Yohe. Cambridge, Cambridge University Press, 2006.
- IEA(International Energy Agency), “World Energy Outlook 2010”, <http://www.worldenergyoutlook.org/> (comunicazione personale membro IEA), 2010, (IEA-b).
- IEA(International Energy Agency), “World Energy Outlook 2011”, <http://www.worldenergyoutlook.org/> (comunicazione personale membro IEA), 2011, (IEA-b).
- International Energy Agency, “Energy Technology Perspectives 2010: Pathways to a Clean Energy System”, 2010, (IEA-c).
- International Energy Agency, “Energy Technology Perspectives 2012: Pathways to a Clean Energy System”, 2012, (IEA-c).
- Ven. P.A. Payutto, “Buddhist Economics:A Middle Way for the Market Pace”, 1994.
- W.Hoogendijk, “Economic Revolution: Towards a Sustainable Future by Freeing the Economy from Money-making”. International Books (January 1, 2001).
- V. Shiva, “Vacche sacre e mucche pazze: il furto delle riserve alimentari globali”, Derive Approdi, Roma 2001.
- S. Latouche, “Le pari de la décroissance”, Fayard, Paris 2006 (tr.it. La scommessa della riduzione, Feltrinelli, Milano 2009).
- Mathis Wackernagel e William Rees, "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth", 1996.
- Dalai Lama, Laurens Van Den Muyzenberg, “La Via del Comando, Leadership, buddhismo e felicità”, Mondadori, Febbraio 2011.
- Marian Starkey, “The Reporter”, 2012, Population Connection, <http://www.populationconnection.org/site>.
- Luigi Paganetto, “Clima: 10 anni per agire”, Rivista “Formiche”, 2010.
- EREC (European Renewable Energy Council), “45% by 2030”, 2011, *già citato*.
- Ervin Laszlo e Marco Roveda, “La felicità nel cambiamento”, 2012, <http://portale.lifegate.it/ebook/ita/>.
- Olivier J. Blanchard, “Scoprire la macroeconomia”, Il Mulino, 2009.
- Richard A. Easterlin et al., “The happiness-income paradox revisited”, Department of Economics, University of Southern California, Los Angeles, 2010.

Peter V. Marsden, “Social Trends in American Life: Findings from the General Social Survey since 1972.”, 2012, Princeton, NJ: Princeton University.

Bruno S. Frey, Alois Stutzer , “Happiness and Economics: How the Economy and Institutions Affect Human Well-Being”, 2001.

Kahneman et al. , “Would You Be Happier If You Were Richer? A Focusing Illusion”, Science 2006, 312 (5782), p. 1908.