

Scenari energetici italiani al 2020 alla luce degli impegni del 20-20-20

Energy Scenarios for Italy to 2020 Related to the European Goals of 9 March 2007

Edoardo Binda Zane*

Abstract

This work outlines a few scenarios for Italy up to 2020, starting from the goals set from the European Council of 9 March 2007.

These scenarios analyze different energy-related aspects, such as the link between CO2 emissions and GDP, the role of energy efficiency, the economical implications of choices of energy policy made to reach the 2020 goals,

The results show an extremely strong link between emissions and GDP, which in turn underlines the significance of the used database. Moreover it is shown how energy efficiency – while remaining a key factor in the country's energetic development – cannot be used as a single instrument, but needs to pair with other ones, such as investments in renewable sources or biofuels.

From the economical point of view, the outcome here presented shows that reaching the 2020 goals would imply an annual expense around the 0,04% of GDP.

A short theoretical model of the analysis is included in the last part. This model could be used when data on every aspect of the matter will be fully available.

A comparison with existing scenarios concludes this short study.

Key words: *Efficiency, Renewables, Emissions, European goals, Scenarios for Italy.*

Dati di base

Nel 2005 il Ministero delle Attività Produttive (ora Ministero dello Sviluppo Economico – MSE) ha pubblicato un documento dal titolo “Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020”. Questo documento è servito come base per l’analisi qui presentata.

Lo scenario muove dall’analisi dei dati storici dei consumi settoriali (...). Dall’analisi dei dati storici vengono elaborate ipotesi di previsione della domanda per ciascun settore e per

ciascuna fonte; queste, unitamente alla valutazione dell'evoluzione del sistema in termini di efficienza (sia energetica in generale, che elettrica in particolare) consentono di determinare l'andamento temporale del fabbisogno energetico del Paese per ciascuna fonte di approvvigionamento e le relative necessità di importazione.¹

In particolare, vengono considerati i settori industriale, dei trasporti, civile (suddiviso in terziario e residenziale) e agricoltura. Per ognuno di questi vengono raccolti i dati storici, suddivisi per fonte energetica, e, seguendo un metodo di interpolazione lineare, ne viene predetto l'andamento fino al 2020.

Un approccio di questo tipo, per quanto semplicistico possa sembrare, ha il vantaggio di essere coerente con una previsione tendenziale, cioè una previsione in cui non viene alterato lo "status quo" da cui si è partiti, vale a dire in assenza di qualsiasi intervento in campo energetico. Visto che fra gli obiettivi energetici europei vi è anche quello di "aumentare l'efficienza energetica nell'UE in modo da raggiungere l'obiettivo di risparmio dei consumi energetici dell'UE del 20% **rispetto alle proiezioni per il 2020**"², un'impostazione come quella del MSE costituisce un'ottima base su cui lavorare: una volta in possesso delle proiezioni per il 2020 grazie allo scenario del ministero, diventa possibile quantificare l'obiettivo e costruire un "percorso" da seguire per raggiungerlo.

Risultati presentati dal Ministero

Secondo il MSE il fabbisogno energetico per gli impieghi finali crescerà da 195,5 Mtep nel 2004 a 243,6 Mtep nel 2020. Le fonti che contribuiranno di più alla sua copertura saranno il gas naturale e in maniera minore le rinnovabili. Per quanto riguarda l'efficienza vi è invece una diminuzione dell'intensità energetica da circa 185 tep/M€ nel 2004 a circa 179 tep/M€ nel 2020. Va considerato che, secondo le ipotesi del Ministero, il PIL presenterà una crescita compresa fra 1,5% e 1,7% ogni anno.

Ricostruzione dello scenario

Per poter lavorare efficacemente, è stato necessario ricostruire ed aggiornare lo scenario del MSE, così da avere a disposizione i dettagli necessari al tipo di lavoro richiesto.

Per quanto riguarda i dati di tipo economico, lo scenario del ministero si rifà al database 2004 dei Conti delle Risorse e degli Impieghi pubblicato dall'ISTAT. Per il nuovo scenario di base si è semplicemente utilizzata la versione aggiornata del documento. Riguardo ai dati energetici, la fonte utilizzata rimangono i BEN.

Dati energetici

Per poter lavorare in maniera uniforme con i dati, è stato necessario convertirli in un'unica unità di misura (TeraJoule). Generalmente, questo presenta vantaggi e svantaggi, in quanto lavorare con un'unica unità di misura è indubbiamente più semplice, ma, allo stesso tempo comporta una perdita di informazioni. Va però notato che questi problemi sono particolarmente rilevanti nella costruzione di un bilancio energetico, mentre per un'analisi di questi tipo l'utilizzo di una sola unità di misura non è una questione così cruciale, in quanto queste informazioni non hanno rilievo negli scenari seguenti.

Dai consumi finali così ottenuti si sono poi estratte le emissioni di Co2 equivalente seguendo le indicazioni riportate nelle Linee Guida 2006 dell'IPCC, così da arrivare ad avere due database (consumi e emissioni) strutturati in maniera identica.

* edoardo.binda@gmail.com:

¹ MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE, *Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020*, pag. 4, 2005.

² CONSIGLIO EUROPEO DI BRUXELLES, *Conclusioni della presidenza- Allegato I*, 8-9 marzo 2007, art. 6.

Dati economici

Come stabilito dallo scenario del ministero, si assume che il PIL cresca dell'1,5% nel 2006 e 2007 e fra l'1,6% e il 2% circa nel periodo 2008 – 2020, con un tasso medio annuo dell'1,7%.³ I dati del PIL provengono dal database ISTAT 2006.

Viene anticipato in questa sede che è disponibile un'unica fonte relativa ai costi degli interventi in campo energetico necessari a raggiungere gli obiettivi nel 2020. Per meglio dire, sono presenti delle stime di costo che possono venire applicate a questo argomento, ma ancora non si ha una fonte di informazioni precisa e dettagliata sulle prospettive energetiche al 2020. In ogni caso, queste stime verranno prese per valide in quanto unica fonte di riferimento.

Scenario di partenza e metodologia utilizzata

Il punto di partenza diventa quindi questo scenario aggiornato. Partendo dalle serie storiche si sono costruiti valori del PIL, dei consumi e delle emissioni corrispondenti fino al 2020.

Riguardo alle relazioni che intercorrono fra queste variabili, emissioni e consumi sono legati direttamente, ma è opportuno indagare anche quali siano i legami di questi con il PIL, dal punto di vista analitico, infatti, essere in possesso di questa informazione è essenziale per prevedere le conseguenze di azioni di politica energetica sull'economia nazionale.

Dal momento che i BEN forniscono informazioni su tutti i settori dell'economia, è ragionevole supporre che il PIL possa essere calcolato anche sulla base del contributo di ciascuno di questi settori. Se queste ipotesi sono accettate come vere, allora è possibile utilizzare i valori del consumo energetico di ogni settore per stimare il PIL e costruire una relazione fra essi attraverso il metodo della regressione multivariata.

Regressione multivariata (cenni)

La regressione multivariata è un metodo statistico tramite il quale è possibile analizzare come un set di variabili indipendenti (o covariate), indicate con X_n sia in grado di descrivere l'andamento di una variabile dipendente, indicata con Y e grazie a cui possano essere predetti valori della variabile dipendente partendo dai valori di quelle indipendenti. Il metodo è sinteticamente descritto nei paragrafi che seguono.

Ipotesi di base:

1. la relazione fra la variabile risposta (Y) e covariate è lineare e del tipo

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n$$

dove β_p indica i coefficienti e ε_i i termini di errore;

2. i termini di errore ε_i
 - a. hanno media uguale a zero,
 - b. hanno varianza costante,
 - c. non sono correlati, cioè nessuno può essere ottenuto da una combinazione lineare degli altri,
 - d. sono distribuiti secondo una Normale;
3. le covariate non sono correlate.

³ MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE, *Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020*, pag. 5, 2005.

La regressione lineare riesce a predire un valore della variabile dipendente \hat{y}_i a partire dalla combinazione lineare dei coefficienti stimati $\hat{\beta}_p$. In questo modo risulta che

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_p x_{pi} \quad i = 1, \dots, n$$

Il residuale $\hat{\varepsilon}_i$ fornisce una stima dell'errore ε_i (non osservato) ed è pari alla differenza fra il valore predetto e il valore effettivo della variabile indipendente:

$$\hat{\varepsilon}_i = \hat{y}_i - y_i$$

L'analisi dei residuali è essenziale per la diagnostica del modello, in quanto assicura che le ipotesi considerate siano effettivamente valide.

Una volta eseguita la regressione, si otterrà una serie di risultati:

- ✓ Il p-value, che se inferiore a un determinato livello di significatività respinge l'ipotesi secondo cui tutti i coefficienti sono uguali a zero e rende valida l'analisi;
- ✓ R^2 , che rappresenta la percentuale della varianza totale della variabile dipendente correttamente descritta dalle covariate. Ha un valore compreso fra 0 e 1.
- ✓ I coefficienti delle covariate $\hat{\beta}_p$ necessari a predire il valore della variabile risposta.

Dopo aver osservato i risultati ottenuti sarà necessario anche verificare le ipotesi di partenza:

- ✓ Il Variance Inflation Factor (VIF) controlla l'assenza di multicollinearità, cioè di correlazione lineare fra covariate.
- ✓ La varianza dei residuali deve rimanere costante (cioè l'eteroschedasticità deve essere assente) e la loro distribuzione deve seguire una Normale.

Se queste ipotesi non sono rispettate, la validità del modello di regressione lineare ne viene inficiata.

Una volta applicato questo modello al dataset, si andrà a verificare se esiste effettivamente una relazione fra consumi e PIL e di quale tipo.

Relazione consumi – emissioni – PIL

Visto il legame già indicato nel dataset fra consumi energetici e emissioni, è ragionevole ipotizzare che la relazione che può sussistere fra consumi e PIL possa avere una corrispondenza in una relazione fra emissioni e PIL. Se questo è vero, fra le possibili combinazioni di covariate, va scelta la combinazione che dia i risultati migliori. Inoltre, vista la strettissima correlazione consumi – emissioni, si potrebbe considerare anche un insieme di covariate composto parzialmente da variabili consumo e parzialmente da variabili emissione.

Dopo alcuni tentativi, il miglior set di variabili indipendenti è risultato essere l'insieme dei seguenti valori:

- ✓ Emissioni del settore Agricoltura e Pesca
- ✓ Emissioni del settore Industria
- ✓ Consumi energetici dei trasporti
- ✓ Emissioni dei settori Terziario e Residenziale
- ✓ Emissioni derivanti dai consumi non energetici
- ✓ Consumi dei bunkeraggi

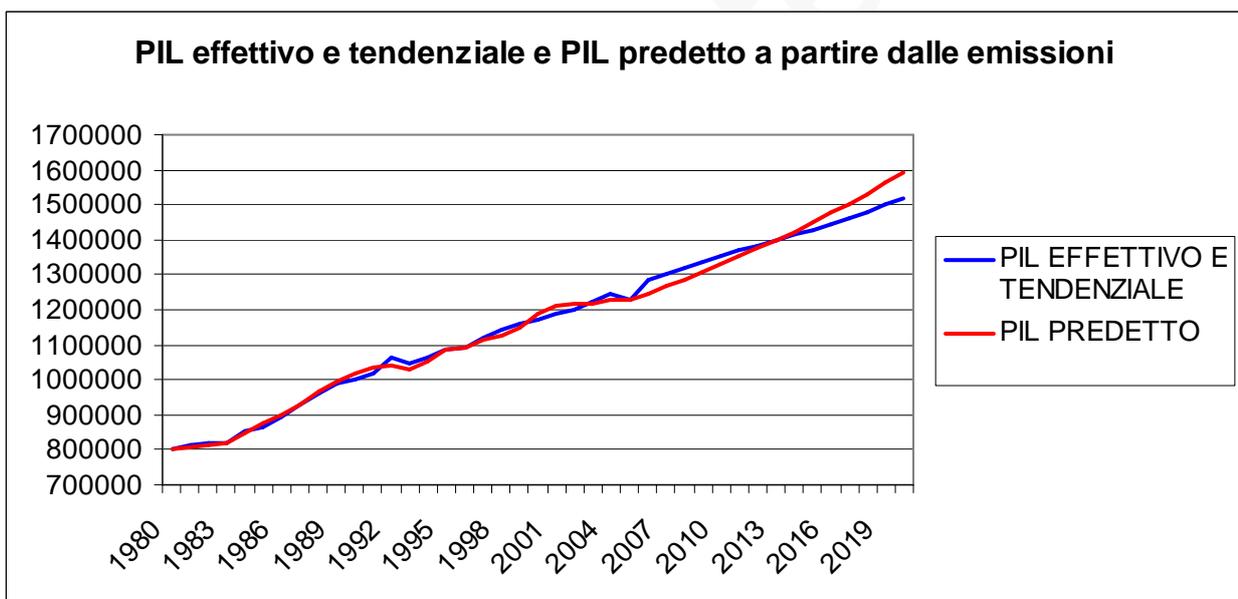
Il modello di regressione multivariata con questo set presenta un p-value pari a 0,0000, e quindi accettabile per ogni livello di significatività e un R^2 pari a 0,9932, il che significa che circa il 99% della varianza del PIL può essere descritto dalla varianza delle covariate.

Per prima cosa ora va verificata la presenza di multicollinearità. Il valore medio presentato (3.07) non è ottimale, ma è più che accettabile. Stesso discorso vale per i valori del VIF delle singole covariate. Va comunque segnalato che questo valore è inferiore a tutti gli altri VIF ottenibili con set diversi di covariate.

Non vi è invece traccia riconoscibile di eteroschedasticità o di violazione dell'ipotesi di normalità dei residuali.

Visti i risultati, possiamo concludere che il set di dati utilizzato è affidabile e che esiste una forte relazione fra le emissioni dei singoli settori e il PIL italiano. È importante considerare che la regressione è stata effettuata soltanto con i dati reali delle emissioni, e non anche con i dati futuri ipotizzati con l'interpolazione lineare.

Come conclusione, la validità del modello viene verificata ancora una volta, stimando il PIL futuro, ottenuto con le emissioni previste per gli anni futuri e i coefficienti ottenuti con la regressione lineare.



Come si nota dal grafico, i valori del PIL predetto si avvicinano molto ai valori del PIL reale. In particolare, la percentuale di errore oscilla sempre fra lo 0% e il 2%, tranne negli ultimi tre anni, in cui sale al massimo al 5%.

Visto il grado di somiglianza dei valori del PIL effettivo con quelli del PIL ricavato, si può ritenere che esista una relazione solida e attendibile fra questo valore e i valori di consumi ed emissioni. Tale informazione diventa utile negli scenari seguenti, in quanto prova l'effettivo legame fra le tre variabili.

Analisi e scenari

Una volta chiarificata la relazione esistente fra emissioni e PIL, si è in possesso di tutte le informazioni necessarie per la prima parte dell'analisi, vale a dire da un lato dati storici e trend di consumi, emissioni e PIL, dall'altro le relazioni esistenti fra questi tre elementi.

Nei paragrafi che seguono verranno presentati alcuni scenari costruiti sulla base di queste relazioni. L'approccio utilizzato segue quello del Ministero, cioè si suppone un andamento lineare dei trend futuri di tutte le variabili. Nello specifico, si calcola il valore che una variabile dovrebbe idealmente raggiungere nel 2020 e, in base a quello, si deriva un trend alternativo – un “percorso di avvicinamento” – che gradualmente porta al raggiungimento dell'obiettivo.

Ogni anno si avrà quindi un valore nuovo per emissioni e consumi, e in base a questi si potranno calcolare le ripercussioni sul PIL del paese grazie alle relazioni che intercorrono fra questi fattori.

Gli scenari presentati sono di complessità crescente nell'ordine in cui vengono presentati: partendo da ipotesi semplici con pochi elementi, si va man mano ad arricchire il quadro. Nello scenario che segue verranno presi in considerazione soltanto consumi e emissioni, FER e biocarburanti verranno introdotti in seguito.

Scenario 1 – Rallentamento dell'economia

Questo primo scenario parte dall'ipotesi che la riduzione del 20% delle emissioni sia da raggiungere unicamente attraverso una riduzione dei consumi energetici (tralasciando le fonti energetiche rinnovabili). Le ragioni per cui si è scelto di partire da ipotesi del genere verranno indicate nelle conclusioni di questo paragrafo.

Utilizzando il rapporto emissioni / consumi ricavato con i dati storici e tendenziali, si possono ricavare dati relativi alla diminuzione dei consumi necessaria per ottenere una riduzione delle emissioni del 20% nel 2020.

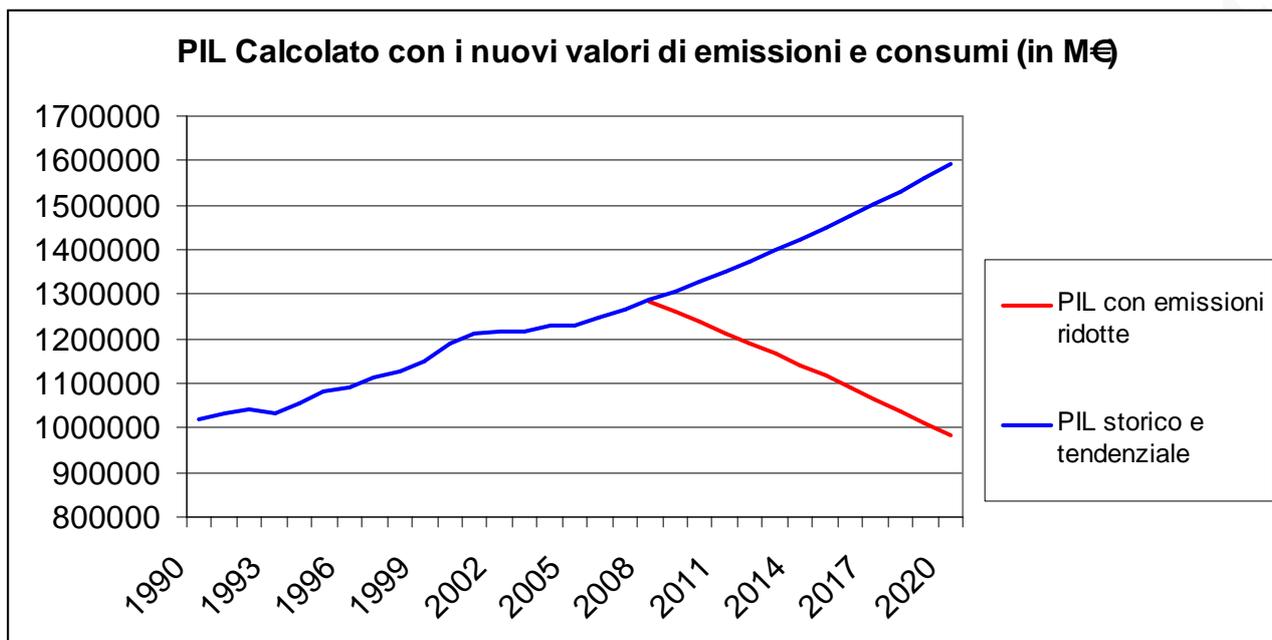
Va sottolineato che le tavole di dati non presentano ancora valori per gli anni 2006 e 2007, per cui per questi due anni vengono ritenuti validi i valori ricavati dall'interpolazione lineare basata sugli anni passati. Il 2008 viene visto come il primo anno in cui vengono implementate misure relative ai tre obiettivi europei.

PIL

La prima considerazione in questo paragrafo va fatta rispetto alla diminuzione delle emissioni.

Poiché di ogni anno (sia per dati storici che per ipotesi future) i dati includono il totale delle emissioni e le emissioni imputabili a ogni settore, è possibile calcolare in che percentuale ogni settore contribuisca alle emissioni totali. Utilizzando questi valori percentuali si è in grado di ricavare quale sia la quota di riduzione delle emissioni per cui ogni singolo settore è responsabile. L'ipotesi implicita – che verrà mantenuta valida in questo scenario – è che tutti i settori siano responsabili per la riduzione di una stessa quota percentuale di emissioni. Un'ipotesi come questa può non essere realistica, ma è utile in questa fase preliminare, in quanto riducendo proporzionalmente le emissioni di tutti i settori, si mantiene l'equilibrio fra i valori necessario a utilizzare nuovamente con questi il modello di regressione multivariata, con i coefficienti trovati in precedenza. In altre parole, i valori delle emissioni che erano stati utilizzati in precedenza per ricavare il PIL vengono ridotti tutti in modo da mantenere le proporzioni fra essi e successivamente si re-inseriscono nel modello con i coefficienti della regressione multivariata al fine di stimare un nuovo PIL. È bene chiarire che quest'operazione non comporta alcun problema riguardo alla validità del modello di regressione ricavato in precedenza, poiché l'introduzione di questa modifica nelle variabili non influenza il valore dei coefficienti.

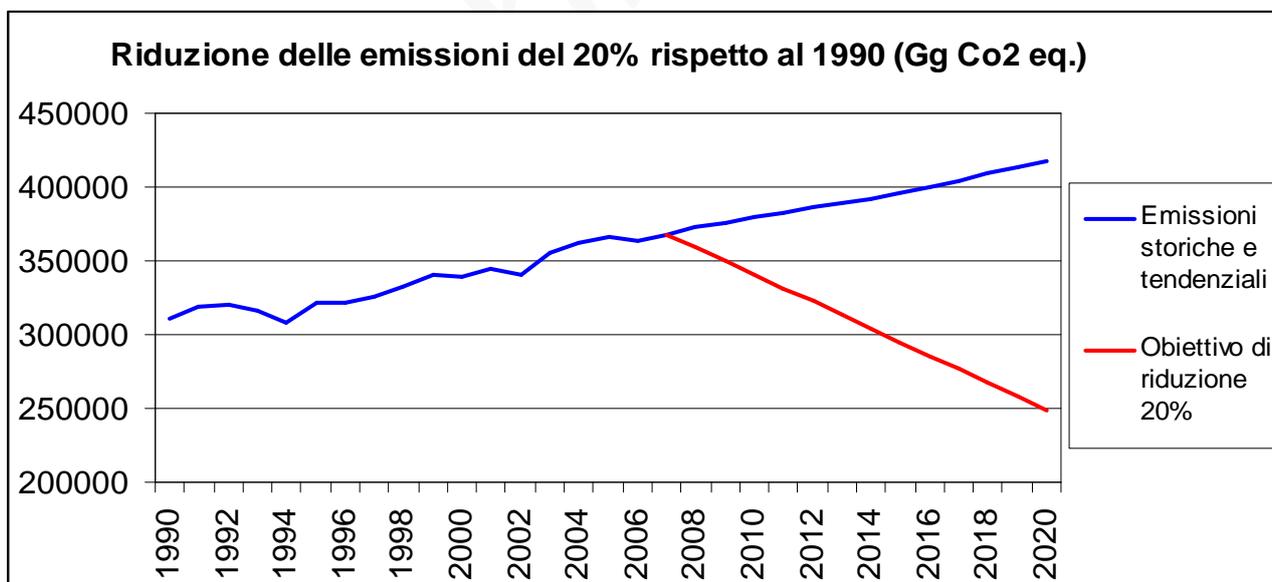
Per quanto riguarda i valori dei consumi necessari alla stima del PIL, questi verranno ricavati tramite il rapporto emissioni / consumi calcolato dai dati storici e tendenziali.



Secondo i valori risultanti, il PIL italiano si dovrebbe ridurre annualmente di un ammontare compreso fra l'1,7% e il 2,6% annuo. Chiaramente una spesa di questo tipo è insostenibile e vanno fatte alcune considerazioni a riguardo, ma prima di affrontare questo punto è importante osservare quale sia il comportamento dei consumi in questo frangente.

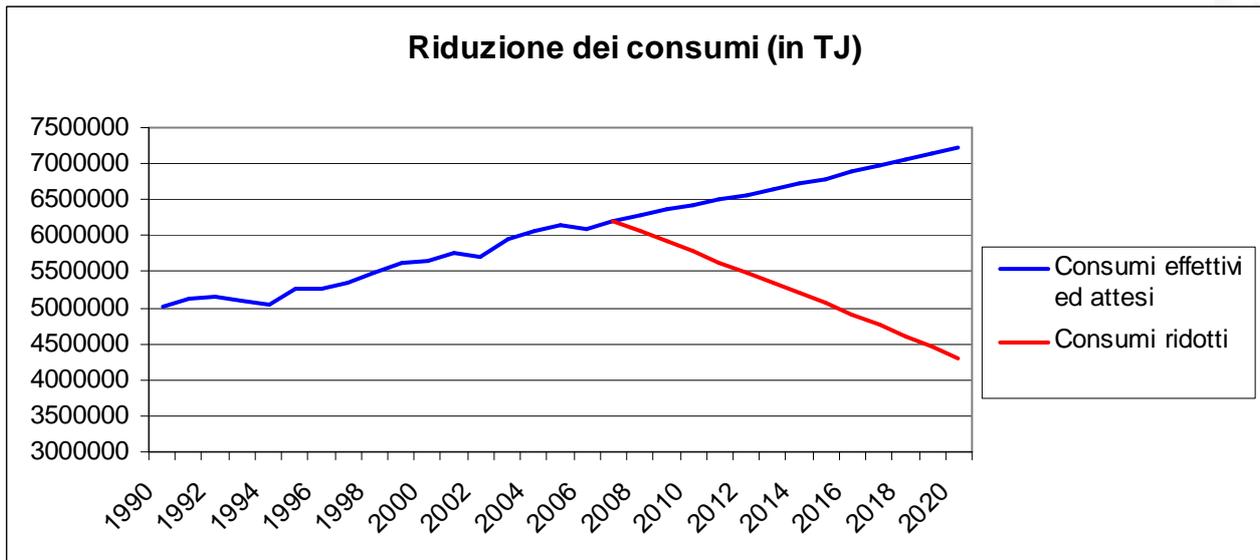
Emissioni

In totale le emissioni nel 1990, erano pari a 311382,95 Gg equivalenti di CO₂, quindi nel 2020 sarà necessario non superare un tetto di emissioni pari a 249106,36 Gg eq. CO₂, cioè l'80% di 311382,95 (che equivale a circa il 68% delle emissioni del 2007).



Consumi energetici

I consumi energetici, ricavati dai nuovi valori delle emissioni, presentano un andamento negativo molto marcato.



La logica sottostante a questo primo scenario implica che, al fine di ridurre le emissioni del 20% nel 2020, in assenza di interventi in efficienza e di FER, e ipotizzando che i rapporti emissioni / consumi rimangano invariati rispetto al trend, i consumi energetici dovranno diminuire del 39% rispetto al trend nel 2020. L'obiettivo europeo di riduzione del 20% dei consumi verrà raggiunto nel 2015, molto in anticipo rispetto al termine massimo.

Osservazioni

I passaggi logici seguiti per raggiungere dei risultati nei paragrafi precedenti, muovono dall'idea che ci siano dei legami che colleghino consumi, emissioni e PIL, legami che effettivamente esistono e che sono stati esplicitati.

I risultati ottenuti rispecchiano una situazione specifica, si ipotizza cioè che si sia scelto di far rallentare l'economia di modo che i consumi energetici diminuiscano a livelli tali da ridurre le emissioni del 20% rispetto al 1990. Come si è visto, una tale scelta avrebbe degli impatti devastanti sul PIL e sull'economia.

Va da sé che una soluzione di questo tipo non è assolutamente applicabile. In realtà, infatti, l'utilità di questo primo scenario è più metodologica che pratica, poiché mira principalmente a provare quanto alto sia il grado di correlazione fra i tre elementi coinvolti. L'ipotesi di fondo che deve guidare questo studio, inoltre, è che si sta studiando l'economia italiana nell'insieme, per cui questo paragrafo può essere visto come una verifica della validità di questa ipotesi. Detto in altri termini: uno studio che presenti risultati come quelli appena visti rappresenta una conferma anche della validità dei dati e del modo in cui sono stati incrociati, avvalorando altre elaborazioni basate sugli stessi dati –quali possono essere gli scenari seguenti.

Procedendo, va fatta una seconda osservazione riguardo a alcuni elementi non ancora considerati. Primo fra tutti le energie rinnovabili, che dovranno soddisfare il 20% dei consumi nel 2020. Le difficoltà dell'inserirle non sono poche. In primo luogo, queste avrebbero rappresentato un elemento esterno ai dati di origine nel modello di regressione appena visto, rendendone più difficile o dubbia la valutazione. In secondo luogo, parlando ora in termini pratici, le diverse tipologie di FER non sono applicabili indistintamente, ma ciascuna può dare risultati diversi a seconda del settore in cui si sceglie di inserirla (oppure essere completamente incompatibile con esso). Inoltre, se si volessero inserire compiutamente le FER, sarebbero necessari dati molto specifici sulla loro possibile evoluzione, oltre che sulla loro applicabilità. Dati che al momento non sono disponibili con un sufficiente grado di dettaglio.

Altro punto, le FER sono legate in maniera molto particolare ai consumi energetici, in quanto gli obiettivi europei stabiliscono che queste debbano soddisfare il 20% dei consumi stessi. Lavorando

con dati numerici, questo aspetto non è da sottovalutare, in quanto inserendo anche le FER nell'analisi diventano possibili diversi scenari che si modificano a seconda dell'evoluzione dei consumi stessi. Per questi scenari non si è in grado di dare una valutazione di merito, non essendo in possesso anche dei dati di costo. Nei seguenti verranno introdotti biocarburanti e FER ma sempre sotto l'ipotesi che l'evoluzione dei fattori segua un andamento lineare, così da avere certezza sul comportamento delle FER.

In ultimo va ricordato che non si è ancora presa in considerazione la possibilità di intraprendere azioni di miglioramento dell'efficienza, le quali invece, secondo l'UE, dovrebbero essere le dirette responsabili dell'abbattimento dei consumi. Nuovamente viene ricordato l'aspetto di verifica di questo scenario preliminare. Lo scenario 2 è basato invece interamente sull'efficienza energetica.

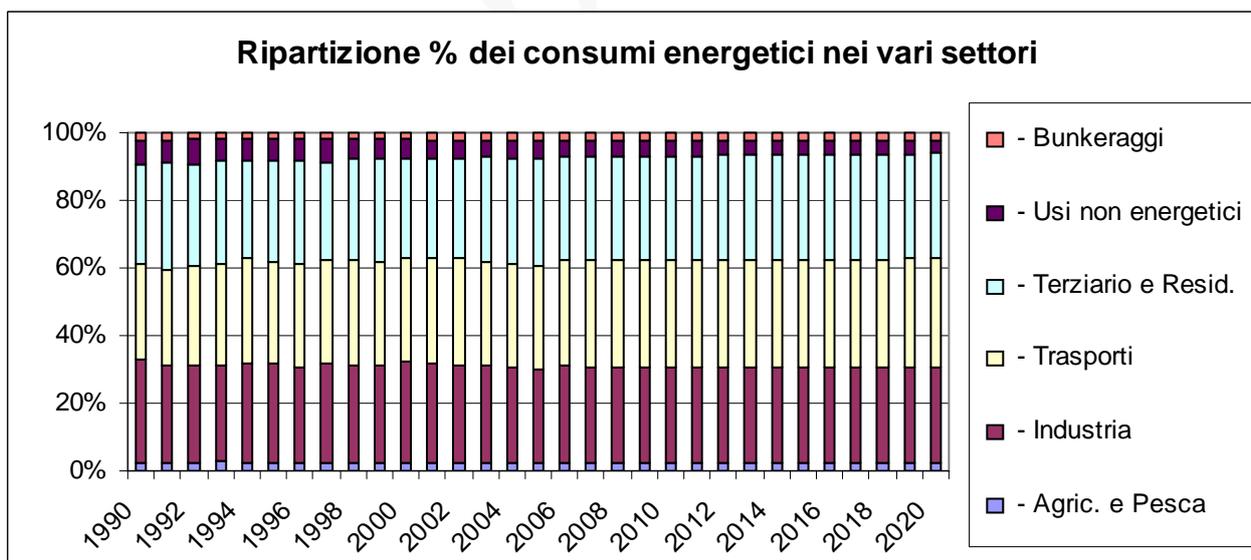
Scenario 2 – Efficienza 20%

Questo scenario muove da ipotesi diverse rispetto a quello appena presentato. La differenza più evidente è l'enfasi posta sull'efficienza. La logica sottostante riguarda ancora una volta i legami fra le tre variabili.

Per come sono stati legati consumi e PIL, a una diminuzione del primo fattore consegue una diminuzione del secondo (come nello scenario 1), tuttavia questo accade nel caso in cui non si vada a operare sulle intensità energetiche annuali. Se si considerano le intensità energetiche come indicatore di efficienza, diventa possibile agire su di esse di modo da ridurre i consumi e centrare l'obiettivo europeo senza provocare ripercussioni sul PIL.

Analisi

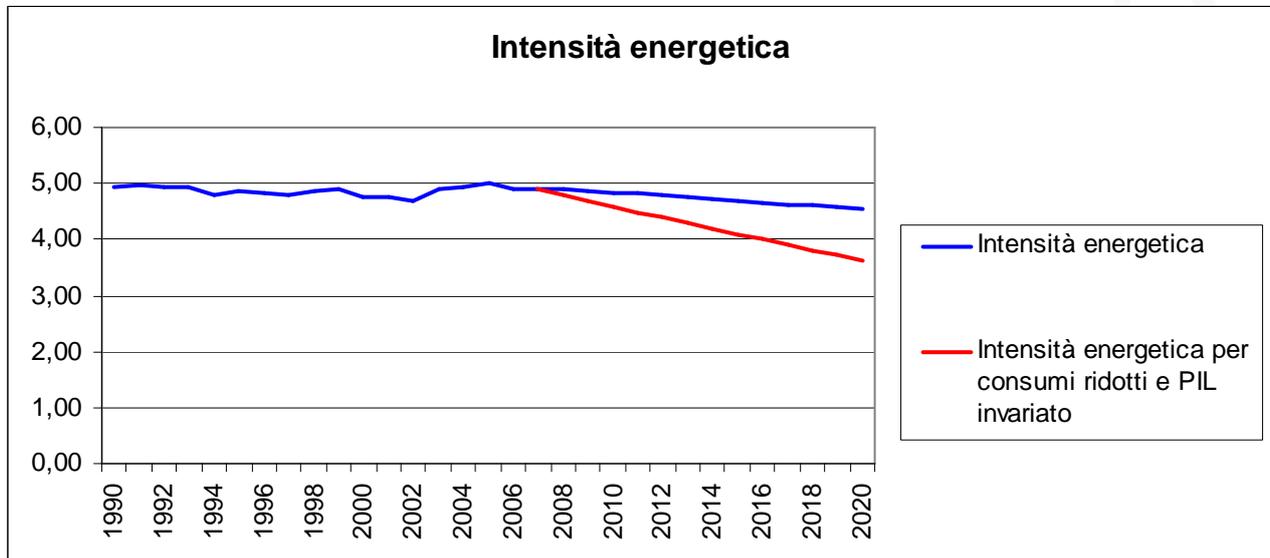
Il metodo seguito è quello già applicato: si è costruito un percorso alternativo secondo cui i consumi nel 2020 assumono un valore inferiore del 20% a quello stimato. Dopodiché viene valutato di quanto ogni settore sia tenuto a ridurli, in proporzione al contributo percentuale di ciascuno di essi sul totale. Detto in altri termini, si considera che il mix energetico atteso resti invariato.



Fatto questo, si ha la possibilità di quantificare esattamente a quanto debba ammontare la riduzione annuale dei consumi (37017,09 TJ) per raggiungere l'obiettivo del 2020 e quanto di essa spetti a ciascun settore.

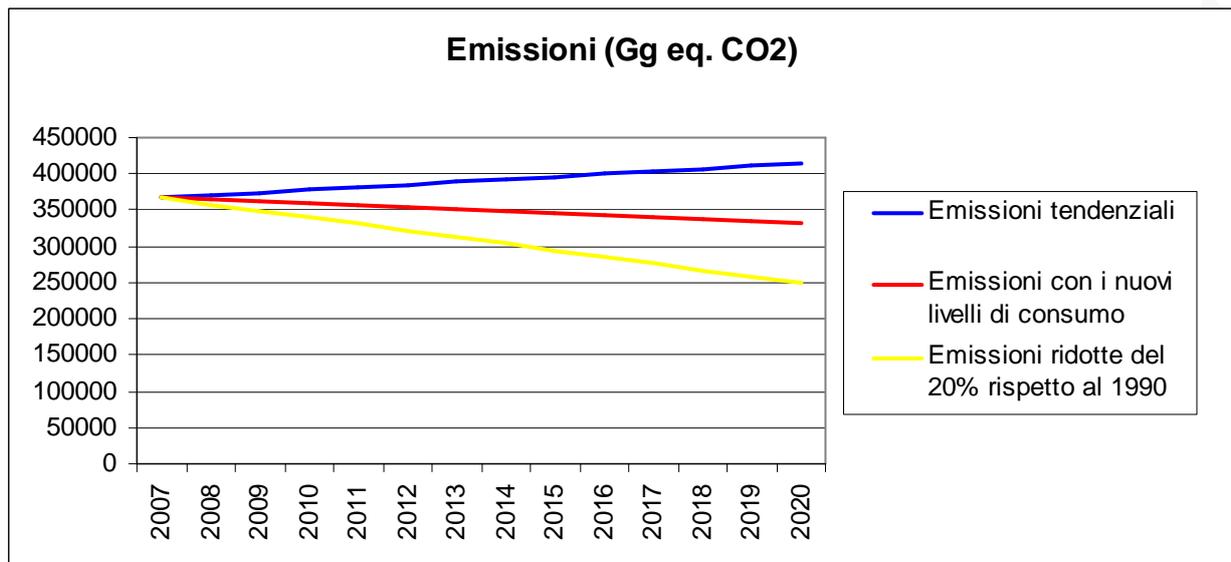
Ora, se nello scenario 1 la riduzione dei consumi implicava una diminuzione del PIL, le ipotesi fatte in questa sede ci permettono di evitare questa ripercussione andando ad agire sulle intensità energetiche (rapporto consumi/PIL).

L'intensità energetica italiana ha continuato a decrescere negli ultimi 15 anni, seppur lievemente, e le aspettative fino al 2020 sono di un'ulteriore decrescita, probabilmente per l'influenza di economie di apprendimento e del progresso tecnologico. L'obiettivo in questo ambito è di puntare su questi fattori (e su altri che possano contribuire) per accelerare questo processo e migliorare l'efficienza energetica italiana fino ai livelli necessari per il 2020.



Il grafico mostra come l'intensità energetica abbia un andamento decrescente e di quanto sia necessario sostenere questo miglioramento. Quantificando, è necessario investire in efficienza affinché il rapporto medio consumi energetici / PIL scenda da 4,54 TJ/M€ a 3,63 TJ/M€ nel 2020 portando i consumi attesi per lo stesso anno da 7.108.520,09 TJ a 5.686.816,07 TJ e lasciando invariato l'andamento atteso del PIL.

Riducendo i consumi energetici, è inevitabile che si riducano anche le emissioni. Un metodo utile per quantificare questa riduzione è utilizzare il rapporto emissioni / consumi. Con l'aiuto dei dati storici e tendenziali, si sono costruiti valori di questo rapporto dal 1990 al 2020. Mantenendo questi valori invariati di anno in anno, si è sostituito al valore tendenziale dei consumi il valore dei consumi modificato a seguito degli interventi in efficienza, così da controllare quale fosse stato l'impatto sulle emissioni della riduzione dei consumi energetici. Una sequenza logica di questo tipo è plausibile se si accetta l'ipotesi che gli investimenti in efficienza di cui sopra influissero solo e soltanto sull'output per unità di combustibile e non anche sulle emissioni per unità di combustibile. Graficamente, i valori delle emissioni così calcolati risultano:



Come mostrato, una riduzione dei consumi come quella ipotizzata poc'anzi, permette un calo delle emissioni, tuttavia un calo ancora insufficiente a raggiungere l'obiettivo del 20% in meno rispetto ai livelli del 1990. In particolare, risulterebbe che i livelli di emissioni fossero ancora sopra quelli del 1990 di circa il 6%.

Per ovviare a ciò si possono percorrere due strade: la prima è agire nuovamente sull'efficienza dei consumi, aumentando ulteriormente l'output per unità di combustibile e riducendo ancora i consumi energetico (sempre lasciando il PIL invariato), la seconda riguarda invece un investimento finalizzato a modificare le emissioni per unità di combustibile.

Nel caso si volesse scegliere di aumentare ancora l'efficienza nei consumi, sarebbe necessario un miglioramento dell'intensità energetica fino a un livello pari a 2,7 TJ/M€, mentre se si propendesse per la soluzione alternativa, l'obiettivo di riduzione delle emissioni si raggiungerebbe con un miglioramento del rapporto emissioni / consumi del 25,44% entro il 2020: da 0,0578 t eq. CO₂/TJ atteso per quell'anno a 0,0431 t eq. CO₂/TJ .

Osservazioni

L'aver introdotto la possibilità di agire sull'efficienza del sistema, apre non poche possibilità. I risultati ottenuti mostrano un possibile percorso da seguire nel caso ci si volesse affidare quasi unicamente ad essa.

La scelta di estrapolare un elemento e analizzarlo in maniera così slegata dal resto deriva, ancora una volta, dalla complessità delle relazioni che legano tutti i fattori coinvolti, in quanto è difficile cogliere contemporaneamente tutte le implicazioni presenti in una rete così intricata. In più va sottolineato che nella realtà relazioni di questo tipo non sempre sono chiare e dirette. Slegare dal contesto efficienza, consumi, emissioni e PIL permette però di cogliere determinati comportamenti di queste, che potranno diventare utili come termini di paragone nello scenario 3, comprensivo anche di biocarburanti e FER.

Ancora riguardo allo scenario 2, va osservato che l'opzione presentata non è l'unica possibile, ma che nella realtà si possono compiere scelte ben diverse. In particolare non è stato affrontato nel dettaglio l'aspetto economico della faccenda, da una parte per esigenze di semplificazione, dall'altra per mancanza di dati di costo dettagliati.

Nello scenario 3, come accennato, vengono inseriti nuovi elementi per l'analisi.

Scenario 3 – Ipotesi di investimento

Con questo scenario, si cerca di avvicinarsi il più possibile a uno studio completo della situazione: si considerano infatti allo stesso tempo gli effetti di efficienza e energie rinnovabili (comprensive dei biocarburanti). Vista la ricchezza e la complessità che un simile approccio presenta, è bene chiarire immediatamente su quali direttrici si ha intenzione di muoversi.

L'oggetto di studio in questo scenario è il calcolo dell'investimento necessario per raggiungere gli obiettivi del 2020. Si partirà quindi dall'ipotesi che gli obiettivi europei vengano effettivamente raggiunti nel 2020 e in seguito si valuteranno i costi che gli interventi a tal fine comportano.

Premessa

Basandosi solo sulla lettura degli articoli delle conclusioni della Presidenza del Consiglio del 9 marzo, si ha una chiara idea di quali siano le "regole" da seguire:

1. la riduzione dei consumi del 20% al 2020 si dovrà raggiungere unicamente attraverso misure di miglioramento dell'efficienza;
2. le FER sono tenute a soddisfare, nel 2020, il 20% dei consumi energetici, indipendentemente dal livello assoluto di questi;
3. i biocarburanti saranno tenuti a incidere per il 10% dei consumi nel settore dei trasporti nel 2020;
4. le emissioni nel 2020 dovranno essere del 20% inferiori ai livelli del 1990, indipendentemente dal metodo scelto per la loro riduzione.

Se l'efficienza è l'unico modo per ridurre i consumi energetici, il parametro su cui si andrà ad operare saranno le intensità energetiche. Parimenti, vi è la possibilità di lavorare sul rapporto emissioni / consumi dei diversi settori per diminuire le emissioni totali. La differenza sta nel fatto che mentre per i consumi c'è un vincolo sulla metodologia da utilizzare, per le emissioni il metodo citato è solo una possibilità fra molte.

Una osservazione riguardo ai punti 2 e 3, i biocarburanti sono visti come FER, quindi verrà tenuto in considerazione il loro contributo anche riguardo al raggiungimento della quota del 20% sul totale dei consumi energetici.

Per quanto riguarda le quote di riduzione di consumi e emissioni, ogni anno gli interventi in efficienza, biocarburanti e FER nei vari settori dovranno fare in modo che ogni anno questi riducano i loro consumi energetici di 37017,09 TJ e le loro emissioni di 9062,66 Gg eq Co₂.

FER e emissioni

È appurato che l'utilizzo di FER contribuisce alla riduzione delle emissioni, tuttavia non si hanno misure precise per quantificare questa riduzione compiutamente.

Lasciando per ora in secondo piano le emissioni, si riassumono brevemente le questioni poste dalle FER.

In primo luogo, le diverse tipologie (eolico, solare, geotermico, ecc.) trovano applicazione solo in alcuni settori e avranno una resa diversa a seconda dei settori in cui sono utilizzate. In secondo luogo, i dati sulle FER, per quanto dettagliati possano essere, non forniscono informazioni sufficientemente precise sull'evoluzione futura delle stesse, in termini di rendimento e di applicabilità. Inoltre non si dispone di dati precisi sulle emissioni (sicuramente minori di quelle delle fonti tradizionali, ma non nulle) provocate dalle stesse. In realtà, un'informazione di questo tipo è rintracciabile, ma risulta di ben poca utilità se non si posseggono informazioni anche su che tipologia applicare in un determinato settore.

Per questi motivi, un'analisi precisa e dettagliata dell'evoluzione delle FER da qui al 2020 legata ai tre obiettivi non è possibile. Se realmente si vuole introdurre questo elemento nell'analisi, vanno necessariamente poste alcune ipotesi.

La prima di queste è che le FER siano considerate come un elemento unico, senza distinzioni interne. Questo permette di eliminare il problema della loro applicabilità nei vari settori. Detto in

altri termini, si ipotizza che per ogni settore dell'economia, esista una tecnologia applicabile con le medesime caratteristiche.

La seconda ipotesi (che in parte si collega alla prima) è che le FER siano una tecnologia pienamente rinnovabile, sarebbe a dire a emissioni zero – per fare l'esempio dei biocarburanti, si ipotizza la possibilità di assorbimento rapido della Co₂ emessa da questo combustibile da parte delle piante stesse che vengono utilizzate per la sua produzione. Se si accetta anche questa seconda ipotesi, si risolve ogni problema di distinzione fra le varie FER.

In caso non si accettassero queste ipotesi come punto di partenza per l'analisi, si verserebbe in una situazione problematica per quanto riguarda l'allocazione delle FER nei vari settori per il 20% dei consumi, in quanto entrerebbero in gioco considerazioni incrociate su applicabilità, resa, emissioni e evoluzione di ciascuna. Inoltre, concorrerebbero a tutto ciò anche i costi di ciascuna, presumibilmente diversi.

La questione dei costi, tuttavia, non è di pertinenza soltanto dell'ambito rinnovabili, bensì dell'analisi nel complesso, per cui conviene affrontarla in un paragrafo dedicato.

Costi degli interventi

I dati o le informazioni disponibili sui costi delle azioni necessarie sono ancora più poveri di quelli relativi alle FER. Non esistono stime di costo o programmi di investimento per obiettivi come quelli considerati, probabilmente ciò è dovuto alla novità del tema oppure alla sua unicità, ma è un dato di fatto che non siano disponibili fonti affidabili per un'analisi dei costi.

Data questa situazione, l'unica possibilità di trovare previsioni di investimento da inserire nel modello è utilizzare stime di costo per obiettivi simili e cercare di adattarle agli obiettivi. È bene enfatizzare l'alto grado di incertezza di questo aspetto – tanto per i dati in sé quanto per gli avvenimenti futuri, per l'evoluzione tecnologica e via dicendo – da cui possono derivare risultati non sempre accurati.

Informazioni sui costi sono stati ritrovati in tre fonti: il rapporto Stern, il fourth assessment report dell'IPCC, l'articolo "*A cost curve for greenhouse gas reduction*", apparso sul primo numero del 2007 di The McKinsey Quarterly.

Il rapporto Stern ipotizza una spesa crescente in termini di percentuale del PIL che arriverà a toccare l'1% nel 2050 così da stabilizzare le emissioni nel 2100. Il fourth assessment report ipotizza invece una spesa pari allo 0,12% del PIL per contrastare il cambiamento climatico.

Lo studio "*A cost curve for greenhouse gas reduction*", propone invece un'analisi più dettagliata: esso ipotizza un costo pari a 40 €/ t eq. Co₂ per abbattere circa il 25% delle emissioni annuali di Co₂ equivalente entro il 2030. Tuttavia, va riconosciuto che secondo questa impostazione, le emissioni si ridurrebbero nel 2020 soltanto del 15%, quindi è ipotizzabile un costo lievemente maggiore (che si tradurrebbe in investimenti più ingenti) per raggiungere gli obiettivi nel 2020. In un'ipotesi pessimista, si potrebbe ipotizzare un costo di abbattimento pari a 50 €/ t eq. Co₂, cioè quanto occorrerebbe per ridurre le emissioni annuali di circa il 55% nel 2030, raggiungendo l'obiettivo del 20% nel 2020 e addirittura oltrepassandolo di circa il 5%.

Questo articolo è probabilmente la fonte più dettagliata disponibile al momento, quindi le ipotesi di costo ivi contenute saranno quelle utilizzate per lo scenario 3.

Un'ultima considerazione prima di procedere: gli interventi di riduzione delle emissioni considerati nello stabilire il costo di cui sopra includono sia interventi per il miglioramento dell'efficienza, sia per i biocarburanti, sia per l'installazione di FER, quindi, in mancanza di dati che consentano distinzioni più adeguate, si è tenuti ad utilizzare questo stesso valore per il calcolo dei costi di ciascun fattore.

Metodologia

La metodologia seguita nella costruzione dello scenario proposto è tenuta a seguire alcune linee guida, in particolare deve da una parte rispettare il metodo utilizzato dal Ministero dello Sviluppo Economico nello scenario del fabbisogno al 2020 (comportamento lineare delle variabili), dall'altra deve tenere presente le direttrici date dall'UE (i quattro punti sopra elencati).

Ne deriva che il PIL considerato crescerà secondo le ipotesi del MSE e che ogni anno verranno posti degli obiettivi in accordo con l'andamento lineare delle variabili. Proprio l'andamento lineare delle variabili implica anche che la riduzione annuale di emissioni e consumi rimanga costante di anno in anno. Questo non vale per le FER, in quanto esse sono calcolate come percentuale crescente sul totale dei consumi e quindi soggette a variazioni di anno in anno. Stanti queste considerazioni, la prospettiva secondo cui si lavorerà sarà quella annuale, nel senso che verrà osservata di anno in anno la differenza fra un valore assunto da una variabile nell'anno t e il suo valore nell'anno seguente.

Consumi

I consumi sono la prima variabile ad essere presa in considerazione. Partendo dalla loro riduzione annuale, si decide a quali settori imputare questa diminuzione e si ottiene una modifica dell'andamento dei vari settori. Si ricorda che la diminuzione dei consumi è dovuta solo e soltanto al miglioramento dell'efficienza, quindi non si hanno ripercussioni sul PIL in quanto saranno i valori delle intensità energetiche a variare.

Emissioni

In base all'andamento dei consumi dei diversi settori, si può calcolare l'effetto che questo ha sulla crescita o decrescita delle emissioni in base al rapporto emissioni / consumi calcolato con i dati di partenza. Si ribadisce l'ipotesi secondo cui questo rapporto e le intensità energetiche sono indipendenti, per cui gli interventi volti alla riduzione dei consumi non hanno effetto sulle emissioni per unità di combustibile nei vari settori.

È interessante notare che il metodo utilizzato per la stima dei costi si concentra non sugli investimenti necessari alla diminuzione dei consumi, ma a quelli per la riduzione delle emissioni, quindi tutte le stime di investimento per ciascun intervento andranno calcolate in base alla riduzione delle emissioni che questo comporta.

Si anticipa che all'interno dello scenario considerato sono presenti due settori per cui le diminuiscono autonomamente, cioè senza che vengano apportati interventi. Chiaramente questo calo sarà tenuto da conto per il calcolo della riduzione totale, tuttavia non sarà considerato per quanto riguarda gli investimenti, in quanto, essendo già parte del modello considerato, non presuppone una spesa.

FER e biocarburanti

Secondo il modello considerato, la percentuale dei consumi che dovranno essere soddisfatti da FER cresce gradualmente negli anni fino ad arrivare al 20% nel 2020. L'ammontare assoluto sarà diverso a seconda dell'evoluzione dei consumi complessivi.

Occupandosi delle FER, è bene ricordare anche il ruolo dei biocarburanti. Questi dovranno, nel tempo, incidere per il 10% sui consumi dei trasporti. Anche in questo caso, l'ammontare complessivo varia a seconda dell'ipotesi che viene fatta sull'andamento dei consumi energetici di questo settore.

Una volta calcolata la quota annuale di crescita dei biocarburanti, la si confronta con l'ammontare a cui devono arrivare per l'anno in corso le FER e facendo la differenza fra i due valori si otterrà il contributo ai consumi che dovranno dare le FER senza l'ausilio dei biocarburanti.

Costi

Come accennato prima, i costi sono calcolati in base alla riduzione delle emissioni che un intervento comporta nel corso di un anno. La procedura seguita è confrontare i valori che le emissioni assumono di anno in anno a seguito degli interventi posti in essere. In questo modo si otterrà la riduzione annuale delle emissioni, in base a cui si calcolerà lo stanziamento necessario per ciascun intervento.

Quindi, per i consumi vengono calcolati le emissioni corrispondenti al calo dei consumi annuale e da queste si deriva il costo degli interventi.

Per quanto riguarda biocarburanti e FER, gli investimenti necessari si calcolano in base ai consumi che queste fonti soddisfano di anno in anno al posto delle fonti tradizionali e in base quindi alle emissioni che permettono di evitare operando questa sostituzione.

In ultimo, si valuta quanto gli interventi in efficienza o in FER abbiano contribuito complessivamente al calo annuale di emissioni e se il loro contributo sia stato sufficiente a raggiungere l'obiettivo annuale prefissato. Se così non fosse si ricava quale sia la riduzione ancora dovuta e con il metodo consueto si osserva quanto ancora debba essere stanziato.

In ultimo si andrà a confrontare l'ammontare trovato e a rapportarlo al PIL in termini percentuali.

Scenario 3 – Riduzione dei consumi proporzionale a carico di tutti i settori

Analisi

In questo scenario la logica sottostante è che per ogni settore dell'economia vengano messi in atto interventi di efficienza in modo da portare a una riduzione dei consumi proporzionale al peso di ciascun settore sui consumi energetici complessivi.

I valori effettivi della riduzione annuale dei singoli settori vengono ottenuti prendendo il valore di 37017,09 TJ, cioè la riduzione annuale prevista, e moltiplicandolo con la percentuale rappresentata dai consumi di ciascun settore rispetto al totale. Nella tabella sono riportati i risultati, cioè la riduzione annuale dei consumi di ogni settore.

Riduzione annuale per settore (TJ)	2008	2010	2015	2020
- Agric. e Pesca	886,48	887,05	888,36	889,53
- Industria	10275,847	10199,19	10021,957	9862,754
- Trasporti	12075,419	12230,18	12588,06	12909,52
- Terziario e Resid.	11195,72	11187,64	11168,96	11152,19
- Usi non energetici	1978,53	1939,53	1849,34	1768,32
- Bunkeraggi	605,10	573,50	500,42	434,78

Va qui fatta la prima osservazione, che riguarda i bunkeraggi, nella tabella seguente è riportato l'andamento dei suoi consumi e delle sue emissioni:

Bunkeraggi	2008	2010	2015	2020
Consumi (TJ)	102009,06	98923,00	91207,83	83492,66
Emissioni (Gg Co2 eq)	40966,58	42818,99	47450,03	52081,07

Se si osservasse soltanto l'andamento dei consumi di questo settore, si potrebbe ritenere un vantaggio il trend negativo di questi. Le emissioni, tuttavia, presentano un trend decisamente crescente e questo rende impossibile sfruttare a proprio favore la diminuzione autonoma dei consumi.

Se entrambi fossero stati trend decrescenti si sarebbe potuta utilizzare questa diminuzione per alleviare gli investimenti necessari al raggiungimento degli obiettivi, ma purtroppo questo non è possibile.

Considerato questo, si procede ad evidenziare la riduzione dei consumi imputabile ai diversi settori:

Valori in TJ	2008	2010	2015	2020
Produzione di elettricità e calore	886,48	887,05	888,36	889,53
Raffinazione del petrolio	10275,84	10199,19	10021,95	9862,75
Produzione di combustibili solidi	12075,41	12230,18	12588,06	12909,52
Industrie manifatturiere e di costruzioni	11195,71	11187,64	11168,96	11152,19
Trasporti	1978,53	1939,53	1849,33	1768,32
Settore commerciale / istituzionale	605,10	573,50	500,42	434,78

Una riduzione annuale dei consumi come quella appena delineata permetterebbe una riduzione annuale delle emissioni pari a⁴:

	2008	2010	2015	2020
Riduzione annuale delle emissioni (Gg eq. Co2) causata da investimenti in efficienza	2197,93	2189,96	2171,53	2168,08

Ne consegue che per il totale degli interventi in efficienza verranno stanziati:

	2008	2010	2015	2020
Stanziamenti per investimenti in efficienza (M€)	109,90	109,69	109,50	109,31

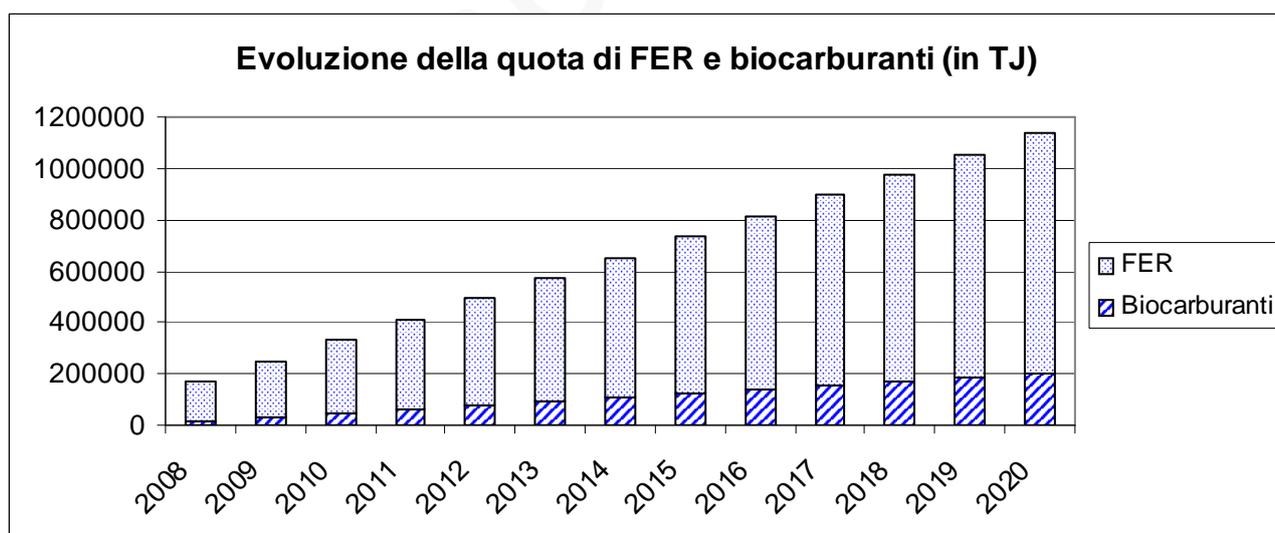
A questo punto, una volta raggiunto l'obiettivo della diminuzione dei consumi e conoscendo come varia la composizione dei consumi energetici nel corso degli anni, si può procedere con l'inserimento delle FER e dei biocarburanti nell'analisi.

Per il raggiungimento degli obiettivi, sarà necessaria l'introduzione graduale di queste fonti alternative, in particolare è previsto che ogni anno i biocarburanti soddisfino 15255,75 TJ di consumi in più all'anno. Questa stessa cifra per l'insieme delle FER restanti sale a 154818,10.

Nella tabella che segue si ha la quota totale di FER e biocarburanti negli anni:

Quota di Biocarburanti e Fer (in TJ)	2008	2010	2015	2020
Biocarburanti	15255,75	30511,51	45767,26	61023,02
FER	154818,10	220169,80	285521,49	350873,18
Totale	170073,86	250681,31	331288,76	411896,20

Potrebbe essere interessante osservare questi valori graficamente:



Immediatamente si nota di quale portata dovrà essere il contributo delle FER e dei biocarburanti in futuro per raggiungere gli obiettivi europei. Per come è costruito questo scenario, inoltre, va sottolineato l'aspetto per cui sono probabilmente i biocarburanti a porre le più grosse sfide. Mentre

⁴ Al netto delle riduzioni autonome dei settori citati in precedenza.

per tutte le altre FER c'è un certo margine di scelta per quanto riguarda la fonte stessa, i biocarburanti pongono un vincolo per cui nel 2020 dovranno indiscutibilmente avere una quota del 17,44% sul totale delle FER, senza alcuna possibilità di ricorrere a fonti alternative qualora fosse una strada difficile da percorrere.

Anche gli stanziamenti per questi due elementi vengono presentati separatamente. Nella tabella che segue sono riportati gli investimenti annuali:

Investimenti annuali necessari in M€	2008	2010	2015	2020
Biocarburanti	54,95	54,94	54,92	54,91
FER	173,98	172,56	169,22	166,13

A questo punto è bene controllare quale sia stato l'impatto di questi interventi sul totale delle emissioni, sia per vedere quanto questi hanno contribuito a raggiungere la quota annuale, sia per calcolare il costo degli investimenti fino ad ora.

EMISSIONI (Gg eq. Co2)	2008	2010	2015	2020
Emissioni evitate con biocarburanti	1.099,04	1.098,87	1.098,48	1.098,15
Emissioni evitate con FER	3.479,60	3.451,28	3.384,44	3.322,70
Totale	4.578,64	4.550,15	4.482,92	4.420,85

Anche in questo scenario, gli interventi finora posti in essere non sono riusciti a soddisfare da soli la quota totale di emissioni da abbattere da un anno all'altro, sarà necessario quindi prevedere ulteriori stanziamenti per permettere interventi correttivi.

	2008	2010	2015	2020
Emissioni ancora da ridurre (Gg eq. Co2)	2.286,09	2.322,55	2.408,21	2.486,83
Stanziamento necessario (M€)	114,30	116,13	120,41	124,34

Conclusioni

In questa sede ci si limiterà ad elencare i risultati, lasciando considerazioni in merito e confronti al paragrafo seguente.

Di seguito si riportano le intensità energetiche modificate dagli interventi per la riduzione dei consumi.

Valori in TJ/M€	Tendenziali				Secondo le ipotesi dello scenario			
	2008	2010	2015	2020	2008	2010	2015	2020
- Agric. e Pesca	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09
- Industria	1,35	1,32	1,26	1,19	1,32	1,26	1,10	0,95
- Trasporti	1,58	1,59	1,58	1,56	1,55	1,51	1,38	1,25
- Terziario e Resid.	1,47	1,45	1,40	1,35	1,44	1,38	1,22	1,08
- Usi non energetici	0,26	0,25	0,23	0,21	0,25	0,24	0,20	0,17
- Bunkeraggi	0,08	0,07	0,06	0,05	0,08	0,07	0,05	0,04

Come si può notare, in questo caso si presuppone una diminuzione delle intensità energetiche dei settori su cui si è investito. Più accuratamente, ci si aspetta che le misure di efficienza siano in grado di diminuire di circa un quarto i consumi energetici necessari a produrre un'unità di PIL di

circa il 20% rispetto ai livelli attesi (l'intensità energetica media dello scenario ha un valore pari a 3,57 TJ / M€ nel 2020, rispetto al valore di 4,47 TJ / M€ del trend).

In totale, l'insieme degli interventi ipotizzati, presupporrebbe una spesa pari a:

	2008	2010	2015	2020
Totale investimenti (in M€)	453,13	453,13	453,13	453,13
Investimenti come % del PIL corrispondente	0,035%	0,034%	0,031%	0,028%

Considerazioni

Finora si è scelto di considerare i risultati ottenuti senza implicazioni di tipo economico o di fattibilità, sia per non disperdere queste osservazioni nel testo, sia per non appesantire ulteriormente i paragrafi dedicati agli scenari. Tutte queste osservazioni, omesse in precedenza, vengono qui riportate.

Costi

Nello scenario utilizzato appare evidente l'incidenza minima sul PIL annuale che avrebbe il perseguire gli obiettivi europei al 2020. Purtroppo non si hanno a disposizione altri studi relativi ai tre obiettivi europei con cui confrontare i risultati ottenuti. Si può tuttavia osservare come una spesa simile sia se non coerente quantomeno allineabile alle previsioni di costo sia del rapporto Stern (arrivare gradualmente all'1% di spesa del PIL nel 2050 per stabilizzare le emissioni), sia a quelle del fourth assessment report dell'IPCC (0,12% del PIL come spesa annuale ai fini di contrastare il cambiamento climatico). Le percentuali ritrovate in entrambi gli ultimi due scenari non sono esattamente identiche, ma bisogna ricordare le diverse ipotesi da cui muovono il rapporto Stern e l'AR4 – riferiti entrambi al panorama mondiale. Inoltre le ipotesi di crescita del PIL italiano avanzate dal Ministero non sono generalmente condivise. L'Unione Europea, ad esempio, prevede un tasso di crescita annuale maggiore (attorno al 2%) per il PIL italiano.

Un altro fattore che potrebbe influire su questo confronto è il modello di crescita scelto. L'ipotesi di crescita lineare, ipotizzata dal MSE e seguita nel corso di tutto il lavoro, potrebbe essere valida di per sé, ma altrettanto valide potrebbero essere curve di crescita costruite secondo ipotesi diverse che portano a risultati anche molto distanti. Chiaramente questa osservazione è applicabile anche al rapporto Stern e all'AR4 e contribuirebbe a spiegare lo scostamento dei risultati.

In ultimo va ricordata la questione affrontata in precedenza sulla mancanza di dati di costo, per la quale il presente studio potrebbe assumere validità maggiore nel caso in cui venissero alla luce dati economici più specifici e dettagliati sull'argomento.

Fattibilità

Fino a questo punto non si è presa in considerazione l'effettiva possibilità di raggiungere i tre obiettivi attraverso la strada proposta. Dal punto di vista della spesa, pare che non vi siano particolari difficoltà, ciò che varrebbe la pena osservare è l'aspetto tecnico dello scenario, per il quale è possibile utilizzare l'intensità energetica come indicatore.

Nello scenario proposto il miglioramento medio delle intensità energetiche ammonta a circa il 25% in 12 anni: un'inversione di tendenza di non poco conto, anche ricordando che questo indicatore ha avuto un andamento crescente negli ultimi anni. Questo, in termini generali, può essere letto come un valido segnale della difficoltà che dovrà aspettarsi l'Italia nel cercare di raggiungere gli obiettivi, ma non va dimenticato che in questa sede viene proposta un'unica ipotesi, senza tener conto di altri possibili andamenti oltre a quello lineare o diverse ripartizioni fra fattori. Ne consegue che questo valore diventa valido per lo scenario presentato, ma questo non deve ritenersi fisso in quanto potrebbe variare, anche considerabilmente, scegliendo strade alternative.

Altre osservazioni

Partendo dalle righe conclusive del paragrafo precedente, è possibile allargare il discorso a diversi aspetti. Basandosi sui dati di partenza si è scelto il percorso che sembrava potesse dare risultati migliori, tuttavia è probabile che, in presenza di informazioni maggiori e di dati più precisi si sarebbe preferita un'altra direzione. Con un database iniziale più ricco sarebbero possibili molte più ipotesi e combinazioni, all'interno delle quali potrebbe trovarsi una ancora più conveniente dal punto di vista sia economico sia tecnico. Inoltre va ricordato che, sempre per le poche informazioni disponibili, non si è preso in considerazione né l'effetto che le varie economie di scala, di coordinamento, di apprendimento avrebbero sull'intera faccenda, né la possibilità di variare il percorso una volta intrapreso (possibilità effettivamente molto reale, qualora cambiassero le condizioni dell'ambiente economico / energetico).

Questi non sono i soli motivi che potrebbero indurre a scegliere un altro percorso: anche in presenza di tutte le informazioni richieste sui fattori necessari all'analisi, rimangono altri elementi che difficilmente sono inseribili in essa, ma che comunque giocano un ruolo essenziale. Sono perlopiù fattori di tipo legale, politico, normativo e autorizzativo. Non avendo una connotazione numerica o quantificabile, sarebbe necessaria un'analisi di tutt'altro tipo su di essi. Questi fattori, pur non essendo strettamente pertinenti all'ambito energetico, sono in grado di modificare radicalmente una scelta sul percorso da seguire e perciò non vanno assolutamente sottovalutati.

Nel capitolo seguente viene presentato un modello teorico che riprende le relazioni finora osservate. Il modello segue uno schema logico che sarebbe applicabile nel momento in cui dati precisi e dettagliati sui diversi aspetti si rendessero disponibili, in modo da osservare più accuratamente la tipologia e l'entità dei legami esistenti nell'ambito energetico e nell'economia in generale.

Modello teorico

L'applicazione del semplice modello qui presentato è strettamente legata alla base di dati su cui si è svolta l'analisi. La scelta di non applicarlo ma di presentarlo soltanto in forma teorica, deriva dalla mancanza, tanto nel dataset utilizzato quanto in generale, di alcuni dati fondamentali come ad esempio dettagli maggiori sui costi di implementazione delle diverse energie rinnovabili, sui costi dei consumi energetici per settore e fonte, sugli *avoided costs* risultanti dalle disponibilità investite. Nel momento in cui queste informazioni si rendessero accessibili, sarebbe sufficiente il loro inserimento nel modello per ottenere dei risultati anche in questo ambito.

Presentazione del modello

Il modello cerca di osservare sullo stesso piano il comportamento del settore pubblico e di quello privato in ambito energetico.

Per il primo, si utilizza l'equazione classica del PIL

$$Y = C + I + G$$

dove C indica i consumi, I gli investimenti e G la spesa pubblica. Proprio G è la variabile che verrà tenuta più in considerazione nel corso dell'analisi. Per cominciare verrà scissa in due parti: G e G_E , quest'ultima indicherà la quota di spesa pubblica relativa agli investimenti energetici finalizzati agli obiettivi europei. G rappresenta l'altra parte di spesa pubblica che non ha rilevanza in questo contesto. L'equazione assumerà quindi questa forma:

$$Y = C + I + G + G_E$$

Per quanto riguarda invece il settore privato, ci si concentra solo sui costi sostenuti per l'approvvigionamento di energia nei vari settori dell'economia. L'equazione per questa parte dell'economia è:

$$C = C_E - AC$$

dove C_E indica il totale dei costi energetici sostenuti nell'anno in corso in assenza di interventi di efficientamento, AC indica invece gli *avoided costs*, cioè i costi per la produzione di energia che non si dovranno sostenere grazie appunto agli interventi disposti nell'anno. C indica il totale dei costi effettivamente sostenuti, ed è risultante dalla differenza fra C_E e AC .

A questo punto, se G_E indica l'ammontare di spesa pubblica destinato al miglioramento energetico e AC indica i costi non sostenuti grazie alla maggiore efficienza energetica, è ragionevole supporre un legame fra G_E e AC .

In particolare si ritiene che AC sia funzione di G_E :

$$AC = f(G_E)$$

Più nello specifico si ritiene che AC dipenda positivamente da G_E . Non interessa vedere esattamente a quali regole obbedisca questo legame, ma soltanto riconoscerne l'esistenza ed il segno. Intuitivamente, più verrà investito in efficienza, minori saranno i costi che il settore privato dovrà sostenere per l'approvvigionamento energetico. Si pensi ad esempio all'acquisto di combustibile: va da sé che più un macchinario è efficiente, minore sarà il combustibile usato per unità di output. Allargando l'ottica, se lo stato investe in misure atte ad aumentare l'efficienza degli impianti, il fabbisogno di combustibile diminuisce (a parità di produzione).

Consumi, emissioni e FER

Procedendo nel modello, indichiamo con E il consumo totale di energia richiesto nell'anno n e con Z la diminuzione dei consumi a seguito soltanto di operazioni di efficientamento, escludendo per ora quella derivante dall'introduzione di FER.

Stando al "percorso di avvicinamento" ipotizzato nell'analisi dei dati, la capacità installata di FER è tenuta a soddisfare ogni anno una percentuale κ del totale dei consumi. Posto che i consumi totali per l'anno n sono uguali alla differenza fra E e Z , il livello di FER nell'anno n sarà:

$$FER = \kappa(E - Z)$$

È interessante notare che tanto maggiore sarà la diminuzione dei consumi data da sole operazioni di efficienza, tanto minore sarà la capacità totale di FER da installare, in quanto questa si calcola sui consumi totali. Una volta in possesso di dati di costo dettagliati sarebbe possibile utilizzare questa relazione per trovare una combinazione ottimale sia dal punto di vista dell'effetto, sia dal punto di vista del costo.

Il terzo obiettivo europeo è relativo alla diminuzione delle emissioni. Le emissioni nell'anno n , vengono indicate come EM , mentre γ rappresenta il rapporto emissioni / consumi. Le emissioni totali, in assenza di operazioni di efficientamento, possono essere viste come:

$$EM = \gamma E - \gamma \kappa E$$

vale a dire la differenza fra il totale delle emissioni derivanti da un livello di consumi totali E e le "emissioni evitate", ossia le emissioni che non hanno luogo grazie alla produzione di energia da FER limitatamente alla quota κ dei consumi totali. L'ipotesi semplificatrice sottostante è che l'uso di FER non dia luogo a emissioni, come nelle analisi numeriche del capitolo precedente.

Specularmente, la riduzione delle emissioni nell'anno n grazie a sole operazioni di efficientamento risulta essere:

$$REM = \gamma Z - \gamma \kappa Z$$

In apparenza le FER sembrano avere un impatto negativo sulla riduzione delle emissioni, come potrebbe indurre a pensare il segno negativo del parametro $\gamma \kappa Z$. In realtà la riduzione delle emissioni considerata in questo frangente è soltanto quella conseguente ad operazioni di efficientamento, come indicato dalla definizione di Z . Il totale delle emissioni cui si riferisce l'espressione di REM sono quelle indicate da EM , all'interno di cui si tiene già conto del contributo delle FER riguardo alla riduzione delle emissioni.

Il parametro $\gamma \kappa Z$ può essere quindi spiegato come segue: più i consumi si riducono grazie ad operazioni di efficientamento, minore sarà il contributo assoluto delle FER (poiché sono calcolate come percentuale dei consumi totali), quindi minori saranno anche in termini assoluti le "emissioni evitate" (a cui si è accennato nella definizione di EM) dalla presenza delle FER stesse.

Come ulteriore osservazione, si considera il parametro γ , cioè il rapporto emissioni / consumi. Questo è espresso come:

$$\gamma = \frac{\alpha E}{E}$$

o, indifferentemente:

$$\gamma = \frac{\alpha Z}{Z}$$

dove α rappresenta il coefficiente che trasforma i consumi nelle emissioni corrispondenti. A questo punto sarebbe anche corretto esprimere REM come:

$$REM = \alpha Z - \alpha \kappa Z$$

semplificando,

$$REM = \alpha Z(1 - \kappa)$$

Controllando le espressioni di FER e REM , si nota facilmente come entrambe siano strettamente legate a Z :

$$FER = \kappa(E - Z)$$

$$REM = \alpha Z(1 - \kappa)$$

Analisi dei costi

Per questa parte, vanno inserite tre tipologie di costi unitari: i costi unitari per la riduzione dei consumi C_Z , i costi unitari per l'installazione delle rinnovabili C_F e i costi unitari per la riduzione delle emissioni C_R .

Una volta in possesso di questi tre dati, diventa possibile disaggregare la spesa pubblica totale necessaria in base ad essi.

Si avrebbe quindi

$$G_E = C_Z Z + C_F \kappa (E - Z) + C_R \alpha Z(1 - \kappa)$$

Agendo secondo una logica simile, si è in grado di ottenere anche le determinanti di AC . Gli *avoided costs* dati da questi interventi saranno infatti uguali alla somma dei costi unitari per la

spesa di combustibile e di altri fattori della produzione che non verranno sostenuti grazie agli effetti di Z e FER, indicati come C_c , e dei costi unitari indiretti causati dal livello di emissioni, indicati come C_1 . Da ciò segue che:

$$AC = C_c Z + C_c \kappa (E - Z) + C_1 \alpha Z (1 - \kappa)$$

Una volta in possesso di dati di costo dettagliati, sarebbe possibile anche studiare se esista un legame di questi elementi con Z e se sì di quale entità, così da utilizzare quanto si deduce per studiare diverse combinazioni che permettano di identificare la struttura costi-ricavi ottimale per il raggiungimento degli obiettivi europei.

Osservazioni

Questo modello è stato costruito sulla base del set di dati utilizzato in precedenza, e vi è perciò strettamente legato. Questo implica gli stessi limiti dell'analisi precedente, condotta secondo le tendenze lineari dei dati fino al 2020. Nell'agire in questo modo, si sono determinati dei sentieri di crescita (o decrescita) lineari di consumi, emissioni e FER, con corrispondenti livelli di PIL e investimenti necessari ogni anno.

Questo equivale a dire che un approccio di questo tipo non possa andare oltre l'arco temporale di un anno, poiché vengono fissati annualmente obiettivi e quote di investimento. In altre parole, l'obbligo di rispettare obiettivi annuali in questo modello rende impossibile considerare politiche pluriennali. Qualora vi fosse la possibilità di raggiungere risultati migliori sostenendo gli stessi costi totali o di raggiungere gli stessi risultati ma con costi minori semplicemente ponendosi in un'ottica di lungo periodo, questa non potrebbe essere identificabile attraverso l'utilizzo di questo modello.

A tal proposito, una possibile linea di ricerca futura potrebbe essere cercare di inserire queste relazioni in un modello di crescita di lungo periodo e confrontare i risultati ottenuti.

In modo simile, non si accenna esplicitamente all'influenza del progresso tecnologico. In effetti, questa variabile è stata presa in considerazione automaticamente nel considerare valori diversi di anno in anno. Se nel passato il progresso tecnologico ha avuto un ruolo nel modificare i valori delle singole voci, il suo contributo continua a essere tenuto da conto anche nei valori futuri, il cui andamento è basato proprio sulle misurazioni degli anni passati.

Effettivamente sarebbe stato opportuno esplicitare il progresso come variabile a sé stante, tuttavia proprio la struttura del modello ne ha reso difficile l'inserimento. La mancanza di un'ottica di lungo periodo, infatti, ne rende limitata un'integrazione completa.

Una seconda, ma non per questo meno importante, osservazione in merito al modello riguarda l'uniformità delle fonti, dei combustibili e delle emissioni. Implicitamente, nello svolgimento dei diversi passaggi logici, si è ipotizzato che si fosse in presenza di un unico combustibile, sfruttato in un unico modo e parimenti si fosse in presenza di un'unica fonte di energia rinnovabile. Questo è rintracciabile, fra l'altro, nel fatto che si presenti un unico rapporto emissioni/consumi. Stando ai dati utilizzati, si dispone di diversi rapporti di questo tipo, che variano a seconda del settore e del combustibile. Detto in altri termini, si potrebbe sostenere che il modello si riferisce ai dati complessivi di consumi e emissioni, per i quali esiste un solo valore annuale. Volendo studiare la cosa più in dettaglio, si potrebbero riferire le relazioni di cui sopra ad ogni fonte e settore in modo da inserire ogni sfumatura nell'espressione finale. Questo, in effetti, può essere necessario in presenza di dati numerici su cui lavorare, tuttavia in questo frangente teorico è stata preferita la semplicità di esposizione alla completezza: l'esprimere una relazione di questo tipo in forma teorica avrebbe richiesto diverso spazio e si sarebbe trattato perlopiù dell'applicazione ripetitiva della stessa formula ai singoli settori e non avrebbe quindi aggiunto molto a quanto già inserito.

Discorso analogo vale per le FER: ne esistono diverse, ma per chiarezza espositiva è stato preferito presentarle come se esistesse un'unica tecnologia. Il volerle inserire nel dettaglio sarebbe risultato in un'ulteriore ostacolo alla chiarezza del modello.

Si è inoltre supposto che le FER non dessero luogo ad emissioni. Questo non è del tutto vero, poiché, seppure in quantità minori, le FER ne sono causa. Nel modello questo non è presentato, sempre per esigenze di chiarezza, ma nel caso lo si volesse prendere in considerazione,

basterebbe sviluppare ulteriormente il secondo termine dell'espressione di EM_n , vale a dire $\gamma\kappa E$, che indica le emissioni evitate nell'anno n dall'utilizzo delle FER. Si potrebbero esprimere queste "emissioni evitate" anche come $\gamma\kappa E - \omega\kappa E$, dove ω indica le emissioni per unità di consumo derivanti dalle FER. In questo modo, l'espressione di EM assumerebbe il seguente aspetto:

$$EM = \gamma E - \gamma\kappa E + \omega\kappa E$$

Di conseguenza, la riduzione delle emissioni a seguito della diminuzione dei consumi Z, indicata con REM, verrebbe espressa come:

$$REM = \gamma Z - \gamma\kappa Z + \omega\kappa Z$$

Utilizzando queste relazioni al posto di quelle precedentemente descritte si riuscirebbe a tener conto anche delle emissioni derivanti dalle FER e a superare l'ipotesi secondo la quale non vi siano emissioni derivanti da fonti di energia rinnovabile.

Appendice

In questo capitolo vengono brevemente presentati dei risultati di altri studi riguardo a scenari energetici futuri sulla base di modelli diversi. Il primo di questi è stato redatto nel 2006 dalla Direzione Generale europea su Energia e Trasporti (DGTREN), il secondo proviene invece dall'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) e risale al 2003.⁵ Entrambi considerano tre casi, con significative differenze in termini di politica energetica utilizzata e di risultati. Nessuno di essi fornisce indicazioni esplicite sui costi necessari all'implementazione di queste politiche.

Scenari DGTREN

Le tre prospettive qui presentate partono da tre ipotesi diverse e sono basate tutte sul sistema PRIMES.

PRIMES è un sistema di modellizzazione che simula una soluzione di equilibrio di mercato per domanda e offerta di energia negli Stati Membri dell'Unione Europea. Il modello determina l'equilibrio identificando i prezzi di ogni forma di energia in modo che la quantità ottimale per i produttori corrisponda alla domanda di energia da parte dei consumatori.⁶

Va ricordato però che questi tre scenari si riferiscono all'UE nel complesso, e non solo all'Italia.

Scenario efficienza energetica

L'idea da cui origina questo scenario è la possibilità di risparmiare, con la tecnologia attuale, il 20% di energia in maniera costo-efficace puntando sull'efficienza energetica.

Osservando i risultati, si ha che nel 2020 i consumi saranno ai livelli del 2000 (circa il 25% in meno rispetto al trend), con un'intensità energetica che decresce del 2,1% all'anno. La previsione per le emissioni indica che queste, sempre nel 2020, saranno il 10% in meno rispetto al 1990. Non esiste invece una previsione al 2020 per le rinnovabili: per il 2030 si prevede che soddisfino il 13% dei consumi totali.

⁵ FRANCESCO GRACCEVA – MARIO CATALDI, *Valutazione di misure di politica energetica*, ENEA 2003.

⁶ UNIVERSITÀ TECNICA NAZIONALE DI ATENE – The Primes Energy System Model.

Scenario rinnovabili

In questo caso l'enfasi è posta sulle FER. I risultati presentati partono dal presupposto che ci sia un'applicazione integrale delle direttive europee relative a rinnovabili e biocarburanti. In più si ipotizza un grande contributo futuro della biomassa nel settore industriale e un'altrettanto grande penetrazione del solare termico nel settore residenziale.

Stando a quanto viene riportato, nel 2020 le energie rinnovabili rappresenteranno il 19,3% del totale dei consumi, i biocarburanti deterranno una quota del 14,2% sul totale dei consumi di idrocarburi e le emissioni di Co2 diminuiranno del 9% rispetto ai livelli del 1990.

Per quanto riguarda i consumi, invece, la situazione prevede una diminuzione solo dell'1,8% rispetto al trend nel 2030.

Scenario combinato

Il terzo ed ultimo scenario della DGTREN prevede che entrambe le ipotesi di partenza dei primi due siano applicate. In tal caso, nel 2020, i consumi diminuirebbero del 13,4% rispetto al trend, le rinnovabili sarebbero in grado di soddisfare il 19,9% dei consumi (con i biocarburanti che rappresentano il 15,2% sul totale degli idrocarburi) e le emissioni di Co2 risulterebbero inferiori del 21,4% ai livelli del 1990.

Scenari ENEA

Gli scenari presentati da ENEA, si fondano sul modello MARKAL-MACRO: che unisce un modello neoclassico di crescita economica (MACRO) con un modello tecnologico (MARKAL), così da poter descrivere il settore energetico in modo dettagliato e da poter ricostruire gli altri settori con un modello di crescita aggregata. Con un modello costruito secondo questo principio si possono prendere contemporaneamente in considerazione da un lato le interazioni energia/economia, dall'altro le implicazioni tecnologiche esistenti.

Anche questo documento presenta tre diversi percorsi, variabili a seconda delle politiche utilizzate: l'applicazione di fonti di energia rinnovabile, la crescita dell'efficienza energetica, l'applicazione di una *Carbon Tax*.

Scenario rinnovabili

I risultati presentati differiscono molto da quelli dello scenario corrispondente di DGTREN. In questo, infatti, non sembrano esserci grandi miglioramenti al 2020 per quanto riguarda i consumi. Le emissioni aumentano del 18,3% rispetto al 1990 e le fonti rinnovabili arrivano a rappresentare una quota del 10,1% sui consumi totali.

Scenario efficienza energetica

Come per il precedente, anche questo scenario presenta risultati più pessimisti rispetto alle previsioni di DGTREN. Secondo ENEA, infatti, puntare sull'efficienza non permette grandi scostamenti rispetto a sostenere le rinnovabili. Nel 2020 i consumi risultano essere inferiori al trend solo del 2,1%, le rinnovabili soddisfano il 9% dei consumi e le emissioni sono superiori ai livelli del 1990 del 16,9%.

Scenario carbon tax

In ultimo viene prevista l'istituzione di una carbon tax, che sarà pari a 25\$ nel 2005, e crescerà di 25\$ ogni 5 anni fino al 2020. Dopo quell'anno sarà sempre pari a 100\$. Una seconda ipotesi che accompagna questo scenario è un aumento delle emissioni negli anni per l'evoluzione che seguirebbe il parco macchine.

Il livello dei consumi è inferiore del 9% rispetto al trend, ma va sottolineato che il calo è dovuto principalmente alla carbon tax e non a investimenti in efficientamento energetico. Per quanto

riguarda rinnovabili e emissioni, i livelli risultano essere rispettivamente il 9,7% sul totale e il 3,2% più alto rispetto al 1990.

Osservazioni

Entrambe le fonti presentano due scenari con le medesime ipotesi (efficienza energetica e rinnovabili). Nonostante ciò, i risultati che riportano sono estremamente divergenti.

Non si è nella posizione di poter dare giudizi di validità su quanto riportato nelle diverse fonti, si preferisce invece prendere per dato quanto riferito e utilizzarlo come spunto di riflessione, anche per quanto riguarda possibili richiami o confronti con lo scenario previsto nel presente lavoro.

Viene immediato, infatti, richiamare le osservazioni in merito ai diversi aspetti dell'incertezza che influiscono sulle previsioni. In questo caso specifico si possono ricondurre le cause delle differenze principalmente a due fattori:

1. le ipotesi di partenza;
2. il modello utilizzato.

Non vengono inclusi i dati nella lista poiché si ritiene che siano improbabili differenze sostanziali su dati storici, al limite queste differenze si possono collegare a una diversa suddivisione degli stessi o all'utilizzo di diverse unità di misura. Se così fosse, tuttavia, questi elementi potrebbero benissimo fare parte del primo dei due punti indicati.

Oltre a quelle sopra citate, quindi, diverse ipotesi di partenza possono avere una certa influenza, sia che si tratti di differenze nella previsione dell'evoluzione dell'economia e delle tecnologie, sia che si tratti dell'applicabilità delle tecnologie ai vari settori dell'economia. Una divergenza di vedute anche soltanto su uno di questi fattori porterebbe a una diversa strutturazione delle previsioni, e, di conseguenza, a diversi risultati delle stesse.

Un ruolo non di certo minore spetta al modello da cui originano gli scenari stessi. Anzi, probabilmente le differenze principali sono proprio dovute alla scelta del modello di riferimento, infatti difficilmente si potrà considerare tutti i fattori che entrano in gioco nella situazione reale cui ci si riferisce. Ne consegue che nella costruzione di un modello, la scelta delle variabili da includere e la scelta del peso che avranno le stesse potrà dare luogo a scostamenti considerevoli nei risultati finali.

Questo, tuttavia, non è sufficiente per valutare quale dei due scenari si debba preferire (almeno in questo caso): entrambi possono essere ugualmente validi a seconda della situazione a cui li si riferisce, in quanto è possibile che certe ipotesi di base e una certa struttura si confacciano più a una realtà rispetto che ad un'altra.

Nello specifico, sia PRIMES, sia MARKAL-MACRO potrebbero essere applicabili per quanto riguarda scenari specifici relativi agli obiettivi europei al 2020, poiché entrambi curano sia l'aspetto energetico-tecnologico, sia l'aspetto economico e le relazioni che li collegano. Nel momento in cui si fosse chiamati ad effettuare una scelta, il primo passaggio potrebbe essere un esame di come siano riportate queste relazioni all'interno dei due modelli e di come si possano meglio adattare alla realtà di un paese (nel caso si volesse restringere l'ambito geografico) o dei settori considerati.

Bibliografia

Testi – Documenti

- ✓ DOMENICO COIANTE, *Le nuove fonti di energia rinnovabile*, ed. FrancoAngeli 2003;
- ✓ CONSIGLIO EUROPEO DI BRUXELLES, *Conclusioni della presidenza*, 8-9 marzo 2007;
- ✓ PER-ANDERS ENKVIST, TOMAS NAUCLÉR, JERKER ROSANDER, *A cost curve for greenhouse gas reduction*, The McKinsey Quarterly 1/2007;
- ✓ PAOLO DEGLI ESPINOSA, *Italia 2020*, ed. Ambiente, 2006;
- ✓ DIRECTORATE GENERAL ON ENERGY AND TRANSPORT, *Scenarios on energy efficiency and renewables*, 2006;
- ✓ ENEA, *Rapporto Energia e Ambiente 2006*, ENEA 2007;
- ✓ FRANCESCO GRACCEVA – MARIO CATALDI, *Valutazione di misure di politica energetica*, ENEA 2003;
- ✓ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, *Third Assessment Report*;
- ✓ MINISTERO ATTIVITÀ PRODUTTIVE, *Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020*, 2005;
- ✓ TERNA, *Dati statistici sugli impianti e la produzione di energia elettrica in Italia – anno 2005*;
- ✓ UNIONE PETROLIFERA, *Previsioni di domanda energetica e petrolifera italiana 2007-2020*, 2007;
- ✓ UNIVERSITÀ TECNICA NAZIONALE DI ATENE, *The Primes Energy System Model*.

Siti web

- ✓ <http://unfccc.int/>
- ✓ <http://www.gsel.it/>
- ✓ <http://www.terna.it/>
- ✓ <http://www.enea.it/>
- ✓ <http://www.sinanet.apat.it/>
- ✓ <http://www.istat.it/>
- ✓ <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/>
- ✓ <http://www.miniwatt.it/>
- ✓ <http://www.ipcc.ch/>
- ✓ <http://www.energia-alternativa-rinnovabile.it/>
- ✓ <http://www.ats.ucla.edu/>