



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Scenari di consumi elettrici al 2050

RAPPORTI





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Scenari di consumi elettrici al 2050

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

© ISPRA, Rapporti 213/15

ISBN 978-88-448-0696-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Franco Iozzoli, Paolo Orlandi e Monica Pantaleoni

ISPRA – Servizio Comunicazione

Coordinamento editoriale:

Daria Mazzella

ISPRA – Settore Editoria

Il testo è disponibile sul sito web ISPRA all'indirizzo: <http://www.isprambiente.gov.it>

Autori

Introduzione

Antonio Caputo e Monica Pantaleoni

Antonio Caputo (Cap. 1, §2.2, 3.1)

Marina Colaiezzi (§ 2.3.2, 2.3.3, 3.2.1, 3.2.2)

Emanuele Peschi (§ 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, 2.3.8, 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7)

Monica Pantaleoni (§2.1, 2.4, 2.5, 3.3, 3.4)

Mario Contaldi (§ 2.6, 3.5, Cap. 4)

Contatti: Mario Contaldi

Tel. 0650072539

e-mail mario.contaldi@isprambiente.it

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Monitoraggio e prevenzione degli impatti sull'atmosfera

Via V. Brancati, 48

00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

“... In quell'Impero, l'Arte della Cartografia raggiunse tale Perfezione che la mappa di una sola Provincia occupava un'intera Città, e la mappa dell'Impero un'intera Provincia. Col tempo, queste Mappe Smisurate non soddisfecero più e i Collegi dei Cartografi crearono una Mappa dell'Impero che aveva la grandezza stessa dell'Impero e con esso coincideva esattamente. Meno Dedite allo Studio della Cartografia, le Generazioni Successive capirono che quella immensa Mappa era Inutile e non senza Empietà l'abbandonarono alle Inclemenze del Sole e degli Inverni. Nei deserti dell'Ovest restano ancora lacere Rovine della Mappa, abitate da Animali e Mendicanti; nell'intero Paese non vi sono altre reliquie delle Discipline Geografiche.”

Jorge Luis Borges, *Del rigore nella scienza.*

INDICE

Riassunto / Abstract	9
Introduzione	10
1 Modello TIMES	12
1.1 Pianificazione del modello	14
1.2 Entità e parametri di TIMES	17
2 Dati di input al modello	20
2.1 Principali variabili di scenario	20
2.2 Produzione di energia elettrica	23
2.3 Settore industria	28
2.3.1 <i>Introduzione</i>	28
2.3.2 <i>Materiali da costruzione</i>	30
2.3.3 <i>Carta</i>	45
2.3.4 <i>Acciaio</i>	47
2.3.5 <i>Metalli non ferrosi</i>	50
2.3.6 <i>Chimica</i>	50
2.3.7 <i>Meccanica, alimentare, tessile, edilizia, altre industrie</i>	53
2.3.8 <i>Raffinerie</i>	54
2.4 Settore residenziale	56
2.4.1 <i>Altro intrattenimento</i>	57
2.4.2 <i>Televisioni</i>	58
2.4.3 <i>Freezer</i>	59
2.4.4 <i>Frigoriferi</i>	60
2.4.5 <i>Cottura cibi</i>	62
2.4.6 <i>Lavaggio stoviglie</i>	62
2.4.7 <i>Asciugabiancheria</i>	64
2.4.8 <i>Lavabiancheria</i>	65
2.4.9 <i>Sorgenti luminose</i>	66
2.4.10 <i>Servizi generali per le abitazioni</i>	67
2.4.11 <i>Riscaldamento e raffrescamento</i>	67
2.4.12 <i>Acqua calda</i>	69
2.5 Settore terziario	70
2.5.1 <i>Refrigerazione</i>	72
2.5.2 <i>Apparecchiature per uffici</i>	73
2.5.3 <i>Cottura cibi</i>	74
2.5.4 <i>Altri servizi e processi – motori elettrici</i>	75
2.5.5 <i>Illuminazione</i>	77

2.5.6	<i>Riscaldamento e raffrescamento</i>	77
2.5.7	<i>Acqua calda sanitaria</i>	77
2.6	Settore trasporti	78
2.6.1	<i>Trasporto su strada</i>	78
2.6.2	<i>Auto elettriche</i>	82
2.6.3	<i>Altre opzioni tecnologiche</i>	84
3	Risultati e discussione	86
3.1	Produzione di energia elettrica	86
3.2	Settore industria	89
3.2.1	<i>Materiali da costruzione</i>	91
3.2.2	<i>Produzione di carta</i>	93
3.2.3	<i>Acciaio</i>	94
3.2.4	<i>Metalli non ferrosi</i>	95
3.2.5	<i>Chimica</i>	96
3.2.6	<i>Altre industrie</i>	98
3.2.7	<i>Raffinerie</i>	99
3.3	Settore residenziale	101
3.4	Settore terziario	104
3.5	Settore trasporti	107
3.5.1	<i>Consumi della flotta di auto elettriche ipotizzata</i>	107
4	CONCLUSIONI	108
4.1	Consumi elettrici totali	108
4.2	Aggiornamento dei dati di input effettuato nel 2014	109
	Bibliografia	111

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 – Rappresentazione schematica dell'equilibrio tra domanda e offerta. Al prezzo di equilibrio, il fornitore produce esattamente la quantità richiesta dal consumatore (Fonte: IER_Stuttgart).....	13
Figura 1.2 – Rappresentazione schematica di un sistema energetico di riferimento (Fonte: Loulou et al., 2005).....	14
Figura 1.3 – Rappresentazione schematica del dominio temporale del modello e delle possibili suddivisioni disponibili in TIMES,legenda: SP=spring, SU=summer, FA=fall, WI=winter, WD=working day, WE=week end, _D=day, _N=night (Fonte: Loulou et al., 2005).....	18
Figura 1.4 – Rappresentazione schematica di una curva di offerta dell'energia elettrica con i costi di produzione riferiti all'anno 2000 (Fonte: Tosato).	18
Figura 2.1– Rappresentazione schematica del sistema energetico di riferimento della generazione elettrica. I rettangoli indaco rappresentano i processi del sistema energetico, ovvero i comparti caratterizzati da parametri tecnologici e economici per produrre un bene (combustibili, elettricità, calore, prodotti) per soddisfare la domanda finale di ciascun settore.....	23
Figura 2.2– Processo di produzione del cemento.....	31
Figura 2.3 - Molini di macinazione: consumo specifico di energia elettrica (GJ/t cemento prodotto).....	32
Figura 2.4 – Produzione di cemento (Mt).....	33
Figura 2.5 – Processo di produzione della calce.....	34
Figura 2.6 – Produzione di calce idrata (Mt).....	35
Figura 2.7 – Processo di produzione dei laterizi.....	36
Figura 2.8 – Produzione di laterizi (Mt).....	37
Figura 2.9 – Processo di produzione delle piastrelle	38
Figura 2.10 – Produzione di piastrelle (Mt).....	39
Figura 2.11 – Produzione di ceramica sanitaria (Mt).....	40
Figura 2.12 – Processo di produzione del vetro	41
Figura 2.13 – Produzione totale di vetro (cavo, piano e tecnici) (Mt)	44
Figura 2.14 – Processo integrato di produzione della carta	45
Figura 2.15 – Produzione di carta (Mt).....	47
Figura 2.16 – Schema semplificato della produzione integrata di acciaio	48
Figura 2.17 – Laminatoi acciaieria integrata: consumi specifici di elettricità (GJ per tonnellata di acciaio prodotto)	48
Figura 2.18 – Schema semplificato della produzione di acciaio a forno elettrico	49
Figura 2.19 – Laminatoi acciaieria elettrica: consumi specifici di elettricità (GJ per tonnellata di acciaio prodotto)	49
Figura 2.20 – Andamento della domanda totale di acciaio nello scenario base e nello scenario alta domanda	50
Figura 2.21 – Schema semplificato dei processi dell'industria chimica organica.....	51
Figura 2.22 – Andamento della domanda finale complessiva di prodotti chimici espressa come percentuale rispetto alle produzioni del 2010.....	52
Figura 2.23 – Tecnologie illuminazione industriale: consumi specifici di elettricità per unità di illuminazione prodotta (lumen)	54
Figura 2.24 – Andamento del valore aggiunto nello scenario base e nello scenario alta domanda per alcuni settori industriali.....	54

Figura 2.25 – Schema semplificato dei processi produttivi delle raffinerie	55
Figura 2.26 – Andamento numero di apparecchi per “Altro intrattenimento”	57
Figura 2.27 – Andamento numero di apparecchi per “Televisioni”	58
Figura 2.28– Andamento numero di apparecchi per “Freezer”	60
Figura 2.29 – Andamento numero di apparecchi per “Frigoriferi”	61
Figura 2.30 – Andamento numero di apparecchi per “Cottura cibi” - Domestico.....	62
Figura 2.31– Andamento numero di apparecchi per “Lavaggio stoviglie”	63
Figura 2.32– Andamento numero di apparecchi per “Asciugabiancheria”	65
Figura 2.33 – Andamento numero di apparecchi per “Lavabiancheria”	66
Figura 2.34 – Domanda di “Illuminazione”	67
Figura 2.35 – Percentuale di mercato delle pompe di calore per “Riscaldamento”	69
Figura 2.36 – Indici scenari.....	71
Figura 2.37 – Distribuzione percentuale dell’utilizzo delle tecnologie nel comparto “Refrigerazione”	72
Figura 2.38 – Consumi per la refrigerazione	73
Figura 2.39 – Distribuzione percentuale dell’utilizzo delle tecnologie nel settore “Apparecchiature per uffici”	73
Figura 2.40 – Consumi delle “Apparecchiature per uffici”	74
Figura 2.41 – Distribuzione percentuale dell’utilizzo delle tecnologie nel comparto “Cottura cibi” - Terziario	74
Figura 2.42 – Consumi per “Cottura cibi” - Terziario	75
Figura 2.43 – Distribuzione percentuale dell’utilizzo delle tecnologie nel comparto “Altri servizi e processi”	76
Figura 2.44 – Consumi per “Altri servizi e processi” – motori elettrici.....	76
Figura 2.45 – Evoluzione mobilità passeggeri	79
Figura 2.46 – Evoluzione mobilità merci.....	80
Figura 3.1 – Proiezioni della produzione elettrica netta e dell’energia elettrica importata fino al 2050.	86
Figura 3.2 – Proiezioni della produzione elettrica netta da fonti rinnovabili.....	87
Figura 3.3 – Proiezioni del contenuto energetico dei combustibili fossili utilizzati nel settore elettrico.....	88
Figura 3.4 – Consumi di energia elettrica nel settore industriale (TWh).....	90
Figura 3.5 – Consumi finali di energia elettrica per la produzione di calce (PJ).....	91
Figura 3.6 – Consumi finali di energia elettrica per la produzione di vetro (PJ).....	92
Figura 3.7 – Consumi totali di energia elettrica per la produzione di materiali da costruzione (PJ)	93
Figura 3.8 – Consumi totali di energia elettrica per la produzione carta (PJ).....	94
Figura 3.9 – Consumi totali di energia elettrica per la produzione di acciaio (PJ)	94
Figura 3.10 – Consumi di elettricità dei forni elettrici per la produzione di acciaio (PJ).....	95
Figura 3.11 - Consumi totali di energia elettrica per la produzione di metalli non ferrosi (PJ)	96
Figura 3.12 – Consumi totali di energia elettrica dell’industria chimica (PJ)	97
Figura 3.13 – Consumi specifici di energia elettrica per la produzione di gas tecnici(PJ/Bl€).....	98
Figura 3.14 – Consumi di energia elettrica “altre industrie”: scenario base, bassa ed alta efficienza	98

Figura 3.15 – Consumi di energia elettrica “altre industrie”: scenario alta domanda, alta domanda ed alta efficienza	99
Figura 3.16 – Consumi totali di energia elettrica “altre industrie”	99
Figura 3.17– Consumi totali di energia elettrica delle raffinerie (TWh).....	100
Figura 3.18 – Taratura modello per anno base 2010.....	101
Figura 3.19 – Andamento domanda per tipologia di apparecchi nello Scenario – Alta Domanda	102
Figura 3.20 – Andamento domanda per tipologia di apparecchi nello Scenario – Alta Efficienza	102
Figura 3.21– Confronto Scenari – Domanda di energia elettrica al 2050.....	103
Figura 3.22 – Taratura modello per anno base 2010.....	104
Figura 3.23 – Andamento domanda per comparto nello Scenario – Alta Domanda.....	105
Figura 3.24 – Andamento domanda per comparto nello Scenario – Alta Efficienza	105
Figura 3.25 – Confronto Scenari – Domanda di energia elettrica al 2050.....	106
Figura 3.26 – Confronto Scenari – consumi finali di energia nei trasporti, Mtep. Lo scenario utilizzato per questo documento corrisponde a quello definito come “con veicoli più efficienti”	107
Figura 4.1 – Consumi finali di energia elettrica	108

RIASSUNTO / ABSTRACT

Nel presente studio saranno esaminati i risultati del modello *bottom-up* di equilibrio parziale TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM1 System / EFOM Energy Flow Optimization Model*), un generatore di modelli per sistemi economici locali, nazionali o multi regionali finalizzato all'analisi dei sistemi energetici a partire dalle fonti primarie, del sistema di generazione elettrica o di singoli settori di uso finale (consumo elettrico, distribuzione di calore, trasporti, civile, etc.) . Il modello appartiene alla famiglia dei modelli MARKAL (*MARKet ALlocation*) e dei cosiddetti *3e models (energy, economy, environment)*. TIMES è stato sviluppato da IEA (*International Energy Agency*) nell'ambito del programma ETSAP (*Energy Technology Systems Analysis Program*) ed è riconosciuto da IPCC (*International Panel on Climate Change*).

Il modello TIMES-Italia sviluppato da ISPRA riproduce il sistema energetico nazionale, con particolare attenzione agli impatti ambientali derivanti dall'uso dell'energia. Il presente lavoro dalla collaborazione tra ISPRA e TERNA al fine di studiare l'evoluzione dei consumi elettrici nel lungo periodo, all'orizzonte 2030 e 2050. In particolare sono esaminati gli usi finali dell'energia elettrica con un orizzonte temporale fino al 2030 e il possibile impatto sui consumi elettrici di una forte diffusione di alcune tecnologie quali le auto elettriche, le pompe di calore per il riscaldamento invernale, il condizionamento estivo degli ambienti e le elettro-tecnologie industriali in un orizzonte temporale più lungo, fino al 2050. L'analisi e i risultati sono presentati a livello settoriale : settore energetico, industria, terziario, residenziale, trasporti ed agricoltura.

In the present study will be examined the results of the bottom-up model of partial equilibrium TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM1 System / EFOM Energy Flow Optimization Model*), a model generator for local, national or multi regional economies finalized to the analysis of whole energy systems, of electricity generation or individual final uses sectors (electricity consumption, heat distribution, transport, civil, etc.). TIMES is applied to the system of power generation and end-use. The model belongs to the family of models MARKAL (*Market Allocation*) and so-called *3e models (energy, economy, environment)*. TIMES was developed by the IEA (*International Energy Agency*) under the program ETSAP (*Energy Technology Systems Analysis Program*) and is recognized by the IPCC (*International Panel on Climate Change*).

The Italian-TIMES model developed by ISPRA simulate the national energy system, with attention to the environmental impact of energy use. This report is based on ISPRA and Terna collaboration in order to study the evolution of electricity consumption in the long term to 2030 and 2050. In particular, the study examines the end-use of electricity with a time horizon to 2030 and the impact on electricity consumption of the wide deployment of some technologies as electric cars, heat pumps for heating in winter, summer air conditioning and industrial electric-technologies to 2050. The analysis and the results are reported at sectorial level : energy, industry, commercial, residential, transport and agriculture.

INTRODUZIONE

I modelli matematici sono indispensabili strumenti per lo studio delle dinamiche ambientali in relazione all'evoluzione economica e tecnologica del sistema energetico. Un modello è una rappresentazione schematica della realtà che consente di studiare l'interazione di diversi parametri e di valutarne l'evoluzione in un orizzonte temporale ampio utilizzando una formalizzazione matematica delle relazioni tra i parametri che descrivono il sistema oggetto di studio. I modelli matematici forniscono quindi un linguaggio comune per le discussioni in un contesto metodologico ed epistemico condiviso. In tal senso sono strumenti trasparenti poiché i metodi di calcolo, i dati d'ingresso e le ipotesi di base sono chiaramente esplicitate e accessibili.

Il principale limite dei modelli matematici coincide proprio con il principale vantaggio del loro utilizzo, ossia la semplificazione della complessità dei sistemi. La riduzione della complessità ai principali parametri significativi e rappresentativi delle dinamiche sistemiche, pur essendo un fondamentale strumento di analisi, costituisce un punto debole sia dal punto di vista scientifico sia dal punto di vista delle conclusioni prescrittive che possono derivare dai risultati dei modelli. Al fine di limitare tali inconvenienti si ricorre all'analisi di diversi scenari, all'analisi di sensitività dei parametri e dell'incertezza dei parametri di *input* e dei risultati ottenuti. Tuttavia vanno sempre tenuti presenti i limiti impliciti alle premesse teoriche che definiscono l'ambito operativo di ciascun modello matematico. I modelli matematici sono strumenti irrinunciabili per la valutazione delle strategie politiche sugli usi energetici, l'economia e l'ambiente, ma tal fine è indispensabile considerarne sia il valore euristico, sia il limite intrinseco per conclusioni di natura normativa.

Nel contesto del presente studio sono considerati i modelli energetico-tecnologici che consentono di simulare l'evoluzione di un sistema energetico basandosi sulle principali ipotesi della teoria economica di mercato. In particolare, lo scopo della modellizzazione oggetto del presente rapporto consiste nel determinare l'allocazione ottimale delle risorse in accordo con vincoli tecnologici, sociali, economici ed ambientali esistenti o imposti dall'esterno. In termini generali l'ottimizzazione calcola le strategie di minimo costo tenendo conto dei vincoli imposti al sistema. I modelli energetico-tecnologici consentono quindi di analizzare gli effetti sul sistema energetico di diverse politiche ambientali ed economiche o di possibili evoluzioni tecnologiche.

In estrema sintesi, un modello rappresenta un mercato energetico competitivo caratterizzato da una conoscenza degli agenti in gioco e dove allo stesso tempo nessun agente esercita un'azione dominante. Tali assunti, se da un lato sono una pietra angolare per studiare i sistemi economici, dall'altro lato rappresentano un punto debole ogni volta si verificano fenomeni indicati con l'espressione "fallimento del mercato". Va sottolineato che i software più recenti possono simulare le situazioni di allontanamento dal modello di mercato competitivo attraverso l'introduzione di vincoli, come i limiti alla penetrazione tecnologica, limiti alle emissioni, prezzi esogeni delle fonti energetiche, con il limite che la simulazione è possibile solo nei casi noti al modellista. Inoltre le "imperfezioni" del mercato possono essere introdotte con le tasse, i sussidi e tassi di sconto elevati.

L'implementazione di questo tipo di modelli richiede un'enorme mole di dati per caratterizzare adeguatamente un sistema energetico e, conseguentemente, risorse tecniche e temporali notevoli al fine di ottimizzare e calibrare il modello sulle dinamiche storiche.

In termini generali si distinguono due approcci modellistici per studiare i sistemi energetici: *top-down* e *bottom-up*. Per una descrizione dettagliata dei diversi approcci modellistici si faccia riferimento a Gracceva e Contaldi, 2003. In sintesi, nei modelli *top-down* (*General equilibrium models*) vi è la massima aggregazione dei principali fattori produttivi per ogni settore (energia, capitale, lavoro, materiali, ...). Un'unità di output di un servizio è il risultato del mix di input dei fattori produttivi e della relativa "sostituibilità" dei fattori. Tali modelli hanno una limitata capacità di rappresentare l'utilizzo di nuove opzioni tecnologiche e quindi un'evoluzione del sistema energetico non in linea con l'esperienza storica. L'impossibilità di analisi dettagliate delle varie tecnologie costituisce un altro limite significativo, soprattutto nei casi in cui un possibile intervento normativo è legato ad una particolare tecnologia. Per superare tali problemi molti analisti del settore energetico preferiscono i modelli ingegneristici cosiddetti *bottom-up* (*Technology explicit models*) di equilibrio parziale, che consentono una dettagliata descrizione del sistema energetico per quel che

concerne le diverse tecnologie, ossia i processi di approvvigionamento delle fonti primarie, i processi di conversione di energia e materiali, il trasporto e la distribuzione dell'energia, i dispositivi di uso finale.

Nel presente studio saranno esaminati i risultati del modello *bottom-up* di equilibrio parziale TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM1 System / EFOM Energy Flow Optimization Model*), un generatore di modelli per sistemi economici locali, nazionali o multi regionali finalizzato all'analisi di interi settori energetici o di singoli settori (elettrico, distribuzione di calore, trasporti, etc.) applicato al sistema di generazione elettrica e degli usi finali. Il modello appartiene alla famiglia dei modelli MARKAL (*MARKet ALlocation*) e dei cosiddetti *3e models* (*energy, economy, environment*). TIMES è stato sviluppato da IEA (*International Energy Agency*) nell'ambito del programma ETSAP (*Energy Technology Systems Analysis Program*) ed è riconosciuto da IPCC (*International Panel on Climate Change*).

Il modello TIMES-Italia sviluppato da ISPRA permette di indagare possibili "futuri energetici" basati su diversi scenari di sviluppo. La definizione di scenari è necessaria nel lungo termine, mentre per il breve-medio termine si utilizzano solitamente i metodi econometrici. Uno scenario consiste in un set di assunzioni coerenti riguardo la traiettoria dei principali *drivers* del sistema energetico. Il presente lavoro nasce nel contesto di un accordo di collaborazione tra ISPRA e TERNA al fine di studiare l'evoluzione dei consumi elettrici nel lungo periodo, all'orizzonte 2030 e oltre. In particolare saranno esaminati gli usi finali dell'energia elettrica con un orizzonte temporale fino al 2030 e l'impatto dell'adozione generalizzata di alcune tecnologie di consumo elettrico quali le auto elettriche, le pompe di calore per il riscaldamento invernale, il condizionamento estivo degli ambienti e le elettrotecnologie industriali in un orizzonte temporale più lungo, fino al 2050. I consumi sono riassunti a livello settoriale: settore energetico, industria, terziario, residenziale, trasporti ed agricoltura. Il modello ha anche lo scopo di analizzare le ricadute ambientali in termini di emissioni atmosferiche di anidride carbonica, tuttavia queste tematiche non sono comprese nell'accordo di collaborazione con TERNA e saranno trattate in un successivo rapporto tecnico.

Nel primo capitolo saranno riportate le caratteristiche salienti del modello e dei parametri richiesti. Per una trattazione di maggior dettaglio si faccia riferimento alla documentazione resa disponibile da ETSAP al seguente sito: <http://www.iea-etsap.org/web/Documentation.asp>. Nel secondo capitolo saranno esaminati in dettaglio i dati di ingresso al modello per ogni settore (produzione di energia elettrica, industria, terziario, residenziale, trasporti ed agricoltura), mentre nel terzo capitolo saranno analizzati i risultati delle simulazioni dei diversi scenari.

1 MODELLO TIMES

Un modello energetico-tecnologico è una rappresentazione schematica e necessariamente semplificata dei flussi di energia e dei costi di un sistema economico reale, può gestire una grande quantità di dati per analisi complesse e disaggregate a scala regionale o settoriale e consente di indagare dinamiche che avvengono a scale (temporali o spaziali) difficilmente analizzabili con metodi empirici/sperimentali.

Consiste nella descrizione della struttura del sistema energetico, del comportamento e delle relazioni tra le componenti. La struttura del sistema energetico è definita dai processi e dai flussi di energia e materiali espressi attraverso dati tecnologici ed economici. Il comportamento nel tempo e le relazioni tra le componenti del sistema sono descritti da equazioni matematiche.

Il modello del sistema energetico italiano sviluppato da ISPRA si basa sul software TIMES le cui caratteristiche sono qui brevemente riassunte. Il termine generico “modello”, per quanto riguarda il modello TIMES, designa un “generatore di modelli”. Tale strumento dà le specifiche per la rappresentazione modellistica di un qualsiasi sistema energetico-tecnologico. A partire dalla definizione strutturale del sistema energetico e dai dati di input, il generatore di modelli crea un sistema di equazioni che descrivono le relazioni tra i diversi parametri. I sistemi energetici a larga scala sono strutture complesse in cui i flussi di energia e di materiale sono collegati da reti di tecnologie articolate, con singole componenti che possono essere altrettanto complesse.

Il modello TIMES adotta un approccio *bottom-up* in cui ogni tecnologia è identificata da parametri di input, output, costi unitari e altri parametri tecnici ed economici. Ogni settore è costituito da una serie di tecnologie legate dai rispettivi input ed output (*commodities*) che possono essere vettori energetici, materiali, emissioni o domande di servizi. TIMES fornisce una base tecnologica per stimare le dinamiche energetiche sul lungo periodo e per diversi orizzonti temporali. Il modello consente inoltre la definizione di diverse “regioni” i cui sistemi energetici possono interagire attraverso meccanismi di importazione ed esportazione delle *commodities*.

La struttura degli scenari TIMES è definita dalle variabili e dalle equazioni determinate dai dati di input che costituiscono il database regionale. Il database contiene sia dati qualitativi sia dati quantitativi che descrivono il sistema energetico e l'interazione tra le diverse componenti. I dati qualitativi includono i vettori energetici, le tecnologie disponibili, le tipologie di domanda applicabili in un determinato periodo temporale per differenti tipologie di servizi. I dati quantitativi includono i parametri economici e tecnologici per ogni tecnologia, regione e periodo temporale (*input*). Il sistema economico-energetico di TIMES è quindi costituito da produttori e consumatori di beni come vettori energetici, materie prime, servizi energetici ed emissioni. L'*output* di ciascuna tecnologia è una funzione lineare dei dati di *input* con il minimo costo possibile aderendo ai vari vincoli definiti dall'utente come la riduzione delle emissioni atmosferiche, la quota di energia rinnovabile, etc.

La linearità delle funzioni *input-output* implica che ogni tecnologia può essere implementata con qualsiasi capacità, da zero ad un limite superiore, senza economie o diseconomie di scala. Tuttavia nella realtà una data tecnologia può essere disponibile in dimensioni discrete e non lungo un *continuum*. Per simulare tali situazioni TIMES può rappresentare le funzioni non lineari come sequenze discrete di funzioni lineari. Ad esempio, la curva non lineare dell'offerta di un certo bene è rappresentata come una sequenza di segmenti di lunghezza variabile, ogni segmento con un incremento di costo unitario ma costante all'interno di ciascun segmento. Inoltre nell'economia reale ci possono essere dimensioni minime al di sotto delle quali una determinata tecnologia non può essere implementata se non a costi proibitivi. Per considerare tali diseconomie di scala l'utente ha la possibilità di introdurre vincoli di capacità minima per forzare a zero l'installazione di capacità irragionevolmente piccole.

TIMES individua la soluzione ottimale per fornire servizi energetici al minor costo realizzando simultaneamente investimenti in nuove tecnologie o utilizzando in maniera più intensiva le tecnologie disponibili in ogni regione definita dall'utente. Per esempio, un incremento della domanda di energia elettrica per usi residenziali rispetto, dovuto a un declino dei costi di energia elettrica o a diversi tassi di crescita economica, può essere soddisfatto con un uso più intensivo delle centrali disponibili o con l'installazione di nuove centrali, possibilmente più efficienti. La scelta del modello è basata sull'analisi delle

caratteristiche tecnologiche delle alternative disponibili, sull'economia dell'approvvigionamento energetico e sui criteri ambientali.

TIMES è un modello di equilibrio parziale che analizza le relazioni esistenti in un singolo mercato ipotizzando che quanto avviene nel mercato di un bene non abbia influenza sui prezzi degli altri beni. Tra i paradigmi principali di un modello di equilibrio economico parziale vi sono l'elasticità della domanda, la competizione di mercato e la perfetta previsione.

Per quanto riguarda l'elasticità della domanda, il prezzo di produzione di un bene influenza la domanda del bene, così come la domanda influenza il prezzo del bene. Un mercato si dice all'equilibrio al prezzo p^* e quantità q^* quando nessun consumatore desidera acquistare meno di q^* e nessun produttore desidera produrre più di q^* al prezzo p^* . Sia p^* che q^* sono vettori la cui dimensione è uguale al numero di beni considerati nel modello. Come per il predecessore MARKAL le quantità e i prezzi dei beni di TIMES sono in equilibrio, ovvero i prezzi e le quantità sono tali che i fornitori producono esattamente le quantità richieste dai consumatori. TIMES assume quindi un mercato competitivo per tutti i beni in cui vi sia un equilibrio tra domanda e offerta e sia massimizzato il surplus totale netto secondo il classico schema di incrocio tra domanda e offerta riportato in Figura 1.1.

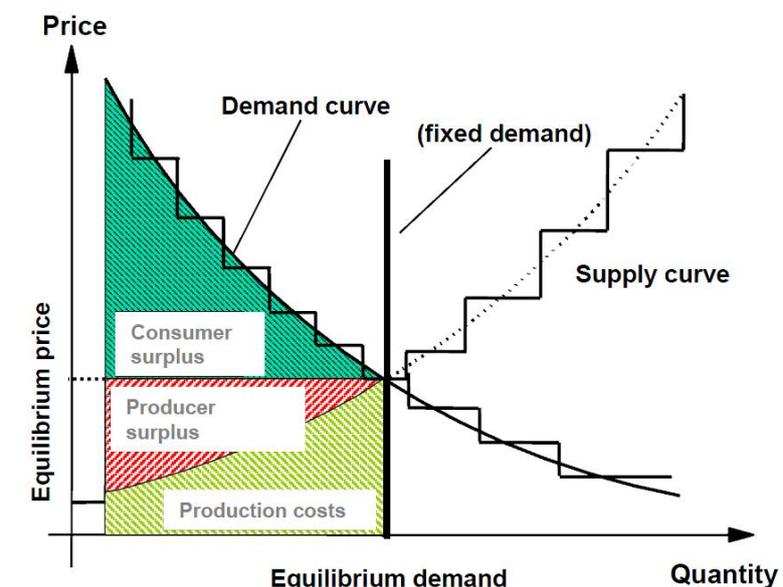


Figura 1.1 – Rappresentazione schematica dell'equilibrio tra domanda e offerta. Al prezzo di equilibrio, il fornitore produce esattamente la quantità richiesta dal consumatore (Fonte: IER_Stuttgart).

Il surplus del consumatore è la differenza positiva fra il prezzo che è disposto a pagare per ricevere un determinato bene o servizio e il prezzo di mercato dello stesso bene, mentre il surplus del produttore è la differenza positiva tra il prezzo di un dato bene pagato al produttore ed il prezzo che il produttore sarebbe stato disposto ad accettare per quel bene. TIMES massimizza il surplus totale netto sull'intero orizzonte temporale utilizzato per le analisi.

Il paradigma del mercato competitivo assume che nessun singolo agente sia sufficientemente grande da influenzare i prezzi di un bene, mentre il paradigma della perfetta previsione assume che ogni agente abbia una conoscenza completa dei parametri del mercato, presenti e futuri, e abbia attese razionali per massimizzare la propria utilità. Come risultato delle assunzioni del modello TIMES il prezzo di mercato di ogni bene è uguale al rispettivo valore marginale e ogni agente economico massimizza la propria utilità.

TIMES può simulare le situazioni di allontanamento dal modello di mercato competitivo attraverso l'introduzione di vincoli, come i limiti alla penetrazione tecnologica, limiti alle emissioni, prezzi esogeni delle fonti energetiche. Le "imperfezioni" del mercato possono essere introdotte con le tasse, i sussidi e tassi di sconto elevati (Loulou *et al.*, 2005).

1.1 Pianificazione del modello

L'analisi modellistica di un sistema energetico richiede un'accurata fase di pianificazione in cui viene definito il dominio di interesse in relazione agli obiettivi prefissati. Fase di cruciale importanza è quindi la raccolta delle informazioni necessarie a descrivere la situazione attuale e a fornire le informazioni basilari sul caso studio. In tale contesto è necessaria la chiara formulazione degli obiettivi, dei limiti del sistema, dei possibili scenari di sviluppo e delle misure politiche in atto e in divenire. Occorre definire il contesto socio-economico e i parametri esogeni che spesso sono determinanti per le dinamiche di sviluppo tecnologico (ad es. crescita economica, sviluppo della popolazione, prezzi dei vettori energetici, tasso di sconto, tecnologie disponibili, politiche di scala maggiore del caso studio). Nella fase di pianificazione è necessario specificare quali parti del sistema energetico possono o debbono essere influenzate dalle misure politiche considerate. Le assunzioni specifiche sullo sviluppo dei parametri esogeni danno luogo a differenti scenari (ad es. diversi tassi di crescita e conseguentemente della differente domanda dei beni oppure costi diversi delle materie prime). Gli scenari definiscono quindi il contesto socio-economico dello sviluppo che sarà oggetto dell'analisi modellistica.

La fase di pianificazione ha come obiettivo la realizzazione di un sistema energetico di riferimento rappresentativo della realtà studiata per i settori produttivi considerati.

Sistema Energetico di Riferimento (SER)

Il sistema energetico di riferimento è la rappresentazione schematica dei flussi di energia e materiali che dalle materie prime raggiungono la domanda di usi finali attraverso le varie fasi di trasformazione. Nella Figura 1.2 è rappresentata una piccola porzione di sistema energetico di riferimento con tredici processi, tredici beni e ventisette flussi di beni.

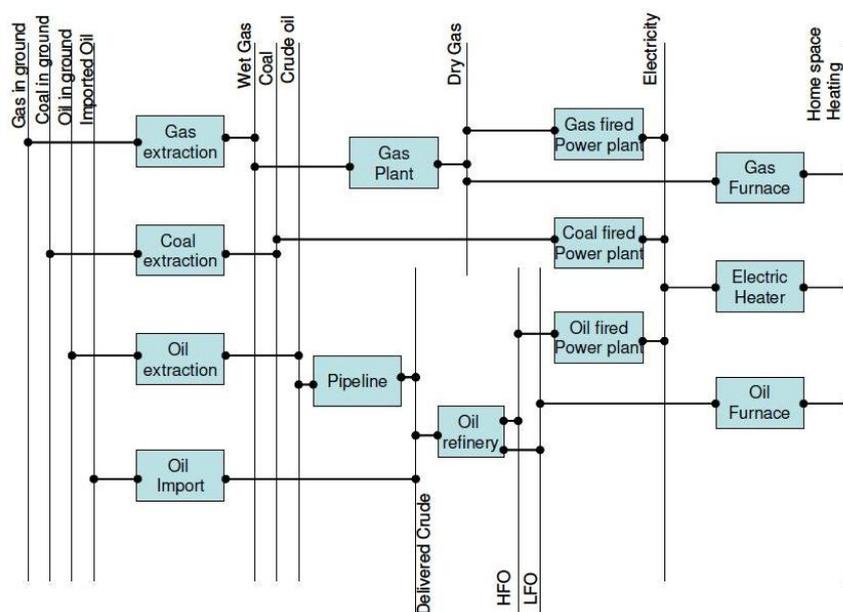


Figura 1.2 – Rappresentazione schematica di un sistema energetico di riferimento (Fonte: Loulou et al., 2005)

In termini generali per la definizione di un SER è necessario approssimare e aggregare delle entità da considerare in relazione all'obiettivo dello studio, cercando un punto di equilibrio ottimale tra una semplificazione eccessiva e una rappresentazione estremamente dettagliata della realtà che renderebbe difficile la lettura dei risultati. Un aspetto delicato è la definizione del dominio del sistema, ossia i settori produttivi considerati, i confini geografici e il dominio temporale delle proiezioni. Di seguito sono sinteticamente riportate le attività per la caratterizzazione di un sistema energetico di riferimento:

- *Raccolta dei dati*: studio dei bilanci energetici nazionali e delle emissioni atmosferiche prodotte dal sistema energetico, analisi della domanda di energia utile (per settore e sottosettore), delle principali caratteristiche tecniche ed economiche delle tecnologie per la produzione di energia elettrica e calore, delle tecnologie di trasformazione dei materiali e del sistema di distribuzione dei beni, delle tecnologie di uso finale, analisi dei dati storici di importazione e produzione di energia primaria.
- *Valutazione della situazione attuale*: analisi degli andamenti storici (ad es. sviluppo della domanda energetica negli ultimi anni) e della situazione attuale (ad es. quota di mercato del teleriscaldamento nei diversi settori, diffusione delle energie rinnovabili). Di particolare rilevanza è quindi lo studio dell'andamento di specifici indicatori (ad es. consumi energetici per area residenziale, consumo pro-capite, consumo per abitazione, consumi energetici settoriali, etc.).
- *Individuazione degli obiettivi (politiche e misure)*: obiettivi di riduzione delle emissioni atmosferiche e di utilizzo delle risorse rinnovabili, obiettivi di efficienza e risparmio energetico, cambiamento del mix di combustibili fossili.

I dati di input al modello devono quindi fornire un quadro rappresentativo del sistema energetico studiato e possono riguardare parametri esogeni al modello (come il PIL) provenienti da altri modelli o da altre fonti accreditate. Nella seguente tabella sono riportate le tipologie di dati necessari al modello divise schematicamente in quattro sezioni.

Tabella 1-1 – *Tipologie dei dati di input al modello.*

Domanda di servizi energetici	Risorse primarie	Politiche energetiche e ambientali	Tecnologie disponibili
1. Popolazione	1. Import e/o produzione di combustibili fossili	1. Vincoli sulle emissioni atmosferiche	1. Centrali per la produzione elettrica
2. Numero di edifici		2. Vincoli sul mix energetico	2. Impianti di raffinazione degli idrocarburi
3. PIL procapite, VA settoriale	2. Import di energia elettrica	3. Vincoli sui consumi	3. Impianti industriali di produzione di beni
4. Principali produzioni industriali (acciaio, cemento, vetro, ceramica, prodotti chimici, industrie meccaniche, ...)	3. Potenziali tecnici di produzione da fonte eolica, solare, geotermica, ...	4. Quote di fonti rinnovabili	4. Mezzi di trasporto
5. Numero di elettrodomestici, domanda di servizi come trasporto, illuminazione, quantità di edifici da riscaldare o / raffrescare, ...	4. Area disponibile per la coltivazione di biomasse, aumento annuale di biomassa forestale (modificare) ...	5. Tasse su produzione di beni (carbon tax, accise...)	5. Tecnologie di uso finale (riscaldamento, illuminazione, ...)
		6. Incentivi ad una tecnologia, ...	

Per valutare l'incertezza delle proiezioni a lungo termine o dei dati di input, è opportuno analizzare diverse linee di sviluppo del sistema relative a cambiamenti più complessi nel database del modello, cioè a variazioni di più di un parametro. Ad esempio, differenti ipotesi di costo di combustibili, diverse possibilità di sviluppo della domanda di energia nell'orizzonte temporale dello studio. Le ipotesi sono assemblate in "scenari", ogni scenario dà luogo ad un database del modello e ad un output; le informazioni derivanti dagli scenari permettono di trarre conclusioni sullo sviluppo del sistema.

La base di confronto per gli scenari alternativi è rappresentata dallo scenario di riferimento, nel quale si assume che non avvenga alcun cambiamento fondamentale sull'orizzonte temporale utilizzato per lo studio.

L'analisi comparativa dei diversi scenari permette di evidenziare le strategie più "robuste", ossia quelle in cui le opzioni energetiche e tecnologiche mostrano una certa invariabilità.

1.2 Entità e parametri di TIMES

Le entità di TIMES sono essenzialmente le tecnologie, i beni e i flussi di beni:

- *Tecnologie o processi*: sono entità fisiche che trasformano beni in altri beni. Le tecnologie possono rappresentare sorgenti di risorse primarie, come le attività minerarie o di importazione, o attività di trasformazione di beni e energia come gli impianti per la produzione di energia elettrica e calore, le raffinerie, cementifici, etc. oppure i dispositivi di uso finale dei beni e dell'energia come i mezzi di trasporto, i sistemi di riscaldamento e raffrescamento, etc.
- *Beni (commodities) e flussi di beni*: sono vettori di energia, servizi energetici, materie prime, principali materiali e beni prodotti, emissioni atmosferiche. Un bene è solitamente prodotto da un processo e/o consumato da un altro processo. Un flusso è la quantità di un bene prodotta o consumata da un processo. Alcuni processi hanno flussi di differente natura in entrata o in uscita (combustibili, materiali, energia, o emissioni.)

Ciascun'entità del modello è caratterizzata da parametri di natura tecnica, economica e inerente alle politiche ambientali e economiche. I parametri che definiscono le tecnologie o processi sono:

- *Parametri tecnici*: sono inerenti alle singole tecnologie e possono essere molto differenti in relazione agli specifici processi produttivi o di uso finale dei beni prodotti. In termini generali è possibile citare: efficienza di trasformazione tra beni in ingresso e beni in uscita, fattore di disponibilità degli impianti, tassi di consumo e per unità di attività, quota di combustibili per unità di attività, vita tecnica dei processi, intervallo tra progettazione e costruzione / dismissione, vita utile della tecnologia, quantità di beni consumati (o prodotti) per la costruzione (o per la dismissione) per processo, contributo al picco per gli impianti di produzione elettrica, etc.
- *Parametri economici e parametri basati sulle politiche*: costi associati agli investimenti, dismissioni, manutenzione, costi operativi, tasse e sussidi. Vita economica di un processo (tempo di ammortamento dei costi di investimento), tasso di sconto. Altri parametri rilevanti sono i vincoli o limiti su investimenti, capacità installata, attività dei processi.

I parametri che descrivono i beni e relativi flussi sono riassumibili nei seguenti punti:

- *Parametri tecnici*: includono l'efficienza generale per la produzione / distribuzione della *commodity* (per esempio l'efficienza di rete) e la risoluzione temporale. Tali parametri consentono di definire le quote di *input / output* di un flusso all'interno di un gruppo di beni. Per esempio, una turbina può accettare sia olio combustibile sia gas naturale e il modellista può usare i parametri tecnici per limitare la quota di olio combustibile al massimo fino ad una certa percentuale dei combustibili in ingresso. Per i beni che devono soddisfare una domanda il parametro principale è rappresentato dalla proiezione della domanda e relativa curva di carico.
- *Parametri economici*: includono costi addizionali, tasse e incentivi sulla produzione di un bene, costi di consegna e altri costi variabili. Tali costi si aggiungono a tutti gli altri costi impliciti al processo di produzione del bene. Un parametro rilevante per i beni oggetto di domanda è rappresentato dall'elasticità della domanda, ossia il rapporto tra la variazione percentuale della quantità domandata e la variazione percentuale del prezzo.
- *Parametri basati sulle politiche*: includono i limiti alla quantità di bene prodotto / consumato o sull'import / export del bene.

Una caratteristica fondamentale di TIMES è la possibilità di definire la risoluzione temporale dei beni, ovvero il numero di intervalli temporali in cui una *commodity* può essere seguita. Il modello è definito in un dominio temporale che rappresenta l'orizzonte temporale delle proiezioni. Tale orizzonte può essere suddiviso in periodi la cui lunghezza è definita dall'operatore. Oltre ai periodi ci sono gli intervalli temporali in ogni anno (*time-slices*), anch'essi definiti liberamente dall'operatore secondo lo schema consentito dal modello: stagionali, settimanali e giornalieri. Nella seguente Figura è riportato uno schema del dominio temporale e della risoluzione disponibile nel modello TIMES.

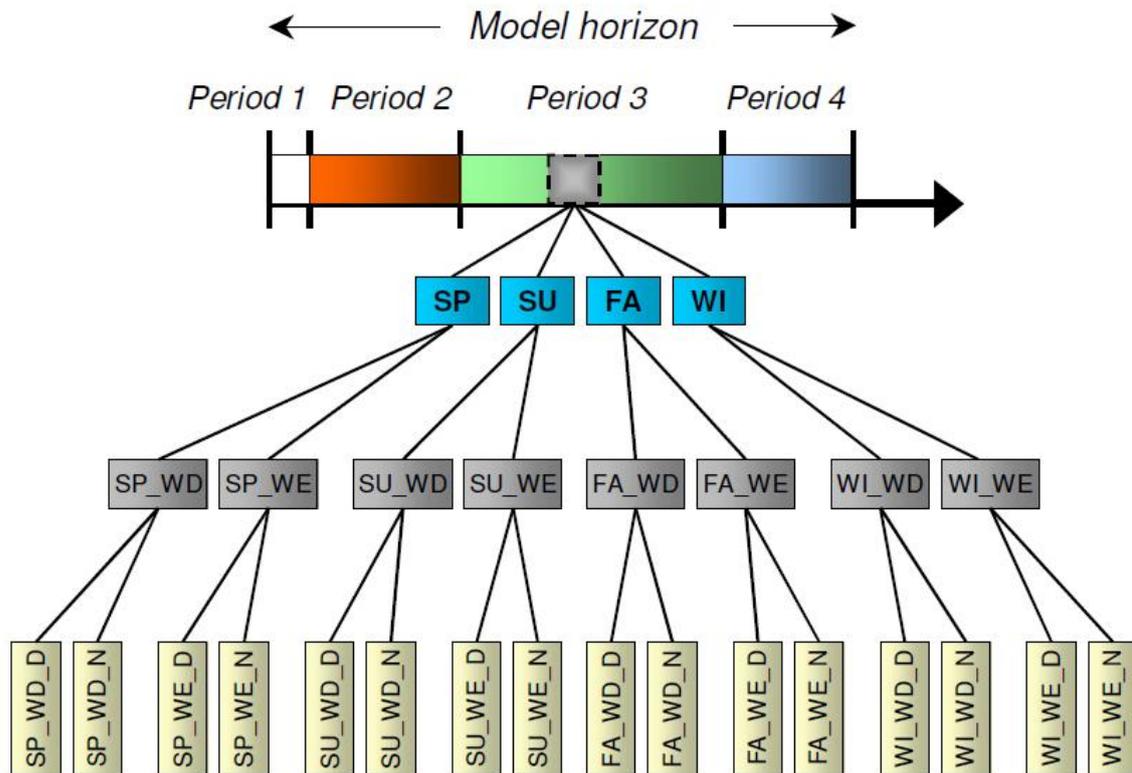


Figura 1.3 – Rappresentazione schematica del dominio temporale del modello e delle possibili suddivisioni disponibili in TIMES, legenda: SP=spring, SU=summer, FA=fall, WI=winter, WD=working day, WE=week end, _D=day, _N=night (Fonte: Loulou et al., 2005).

Tra le caratteristiche principali di qualsiasi modello energetico la curva di offerta (*supply curve*) occupa sicuramente un ruolo importante. Il modellista deve pertanto fornire tutte le informazioni necessarie, riguardo ai costi e all'efficienza delle tecnologie esaminate in modo che il modello elabori la curva di offerta necessaria a soddisfare la domanda.

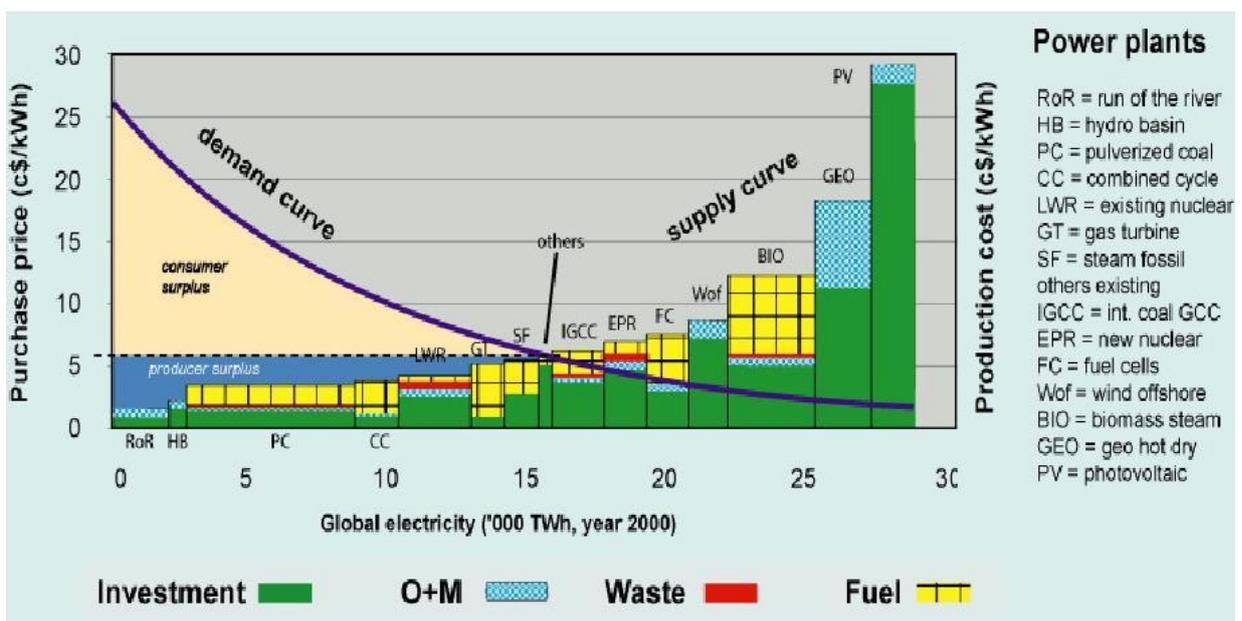


Figura 1.4 – Rappresentazione schematica di una curva di offerta dell'energia elettrica con i costi di produzione riferiti all'anno 2000 (Fonte: Tosato).

Ogni gradino orizzontale indica che il bene è prodotto da una certa tecnologia o da un insieme di tecnologie con lo stesso prezzo di produzione. Quando la quantità prodotta aumenta oltre una determinata soglia, una o più risorse nel mix, sia in termini di tecnologie sia in termini di disponibilità di risorse, esaurisce la propria capacità produttiva e quindi il sistema deve usare una tecnologia o un set di tecnologie differenti e più costose per produrre un'unità aggiuntiva di bene, sebbene il costo unitario sia più elevato. L'ampiezza di ogni particolare gradino rappresenta il potenziale tecnologico o la disponibilità della risorsa associate a quel gradino.

TIMES è un modello *demand-driven*, pertanto la produzione di un bene è condizionata all'effettiva richiesta da parte degli utenti finali. Ad esempio la domanda di elettricità delle *commodity* degli usi finali alimentati da energia elettrica (elettrodomestici, illuminazione, motori industriali, etc.) deve essere soddisfatta dal sistema di tecnologie di generazione elettrica con il minimo costo.

2 DATI DI INPUT AL MODELLO

2.1 Principali variabili di scenario

Il modello è di tipo tecnologico “bottom up” ed è guidato da una domanda di “servizi energetici”. Al fine di soddisfare questa domanda di servizi diverse tecnologie d’uso finale sono messe in concorrenza tra di loro, pertanto gli eventuali miglioramenti di efficienza dovuti al progresso tecnologico sono “modellizzati” esplicitamente e saranno discussi a livello settoriale.

Le seguenti variabili esogene (ovvero esterne al modello) influenzano la domanda di servizi energetici oppure il costo dell’energia e pertanto vanno discusse:

- PIL
- Crescita VA a livello settoriale/reddito disponibile
- Popolazione
- Prezzi internazionali dell’energia primaria

Nel corso delle riunioni ISPRA e Terna si è concordato di:

- costruire due scenari di PIL caratterizzati dai dati di crescita riportati nella tabella seguente; inoltre questi dati saranno modificati sulla base delle valutazioni annuali che effettua Prometeia per Terna fino all’orizzonte 2022; i dati saranno disponibili entro settembre 2012;
- di utilizzare un solo scenario della popolazione (quello proposto da EU) visto che è analogo a quello centrale ISTAT, ed effettuare un’analisi di sensibilità con una variazione della popolazione (in negativo) di 1 ml di unità nel 2030 e di 2 ml di unità nel 2050;

Tabella 2-1- Dati per scenari, valori concatenati e moneta costante 2010 per il PIL

Scenario "Alto"								
	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2040	2050
popolazione, migliaia	60,340	60,673	61,788	62,877	63,737	64,491	65,694	65,915
M€	1.553.166	1.539.048	1.593.230	1.708.766	1.843.367	1.984.449	2.248.111	2.572.954
t.m.a., 5 anni	-0.24%	-1.50%	1.16%	1.41%	1.53%	1.49%	1.22%	1.41%
Scenario "Basso"								
popolazione, migliaia	60,340	60,673	61,788	62,877	63,737	64,491	65,694	65,915
M€	1.553.166	1.539.048	1.558.430	1.641.965	1.725.722	1.813.751	2.003.510	2.213.121
t.m.a., 5 anni	-0.24%	-1.50%	0.42%	1.05%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%

- considerata la sostanziale analogia dei prezzi proposti da EU e quelli utilizzati nello scenario nazionale (CIPE-SEN) si decide di utilizzare i prezzi più aggiornati disponibili (scenario EU) e di valutare due opzioni una con un incremento di questi prezzi del 15 % (dal 2020) ed una con prezzi inferiori della stessa percentuale; queste opzioni tengono conto del fatto che i prezzi attuali del petrolio sono “alti” da un punto di vista storico e che è possibile/attesa una discesa soprattutto per la fonte gas e, verosimilmente, anche per il carbone, il cui prezzo è strettamente collegato al primo per la generazione elettrica; nel caso del petrolio una discesa dei prezzi è meno probabile (vedi “decoupling”) ma dato che questa fonte viene ormai utilizzata in gran parte per i trasporti il suo consumo è meno sensibile a variazioni di prezzo;
- per quanto riguarda la “carbon tax” si considera che i settori soggetti a ETS a partire dal 2013 sono di fatto soggetti ad una tassazione del carbonio sulla cui entità, stante l’incertezza negli esiti dei negoziati internazionali, è difficile fare previsioni; si impostano due livelli di tassazione, quello proposto da EU per lo scenario “con misure” (fino a circa 20 €/t al 2030 e poi costante) ed uno fino ad un massimo di 75 €/t (forse è meglio adottarlo come scenario di sensibilità); si terrà inoltre conto che alcuni settori industriali sono soggetti ad una tassazione inferiore; per i settori non soggetti a ETS si introduce una tassazione ma al livello nominale molto contenuto di 5 €/t dal 2020 in poi,

visto che gli obiettivi in materia di riduzione emissioni gas serra si prevede vengano raggiunti soprattutto con misure diverse dalla tassazione del carbonio.

Tabella 2-2 - Prezzi delle fonti fossili importate

		2010	2012	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Petrolio									
<i>prezzi proposti da Commissione UE</i>									
<i>per scenario 2012</i>	\$ / boe (brent)	79.50	109.50	112.20	114.90	117.85	120.80	133.10	142.90
cambio €/\$		0.76	0.76	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
prezzo medio									
greggio import IT	€/ GJ	10.13	13.80	14.34	15.00	15.38	15.77	17.42	18.67
scenario alto	€/ GJ	10.13	13.80	15.42	17.25	17.68	18.13	20.03	21.48
scenario basso	€/ GJ	10.13	13.80	13.27	12.75	13.07	13.40	14.80	15.87
Gas naturale									
<i>prezzi proposti da Commissione UE</i>									
<i>per scenario 2012</i>	\$ / boe	50.2	67.2	73.5	79.8	81.75	83.7	84	81.7
prezzo import IT, da AEEG + scenario UE									
scenario alto	€/ GJ	6.9	9.9	10.7	12.2	12.4	12.7	12.8	12.5
scenario alto	€/ GJ	6.9	9.9	11.5	14.0	14.3	14.7	14.7	14.3
scenario basso	€/ GJ	6.9	9.9	9.9	10.3	10.6	10.8	10.9	10.6
Carbone									
<i>prezzi proposti da Commissione UE</i>									
<i>per scenario 2012</i>	\$ / boe	21.2	28	28.65	29.3	30.2	31.1	35	40.4
prezzo import IT, da MSE + scenario UE									
scenario alto		3.17	3.15	3.28	3.44	3.54	3.65	4.07	4.72
scenario alto		3.17	3.15	3.52	3.95	4.07	4.20	4.68	5.43
scenario basso		3.17	3.15	3.03	2.92	3.01	3.10	3.46	4.01

Tabella 2-3 - Prezzi del carbonio per settori soggetti a ETS e settori non soggetti a ETS

Tassa scenario delibera CIPE		2010	2012	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Settori ETS, valore basso	€/ t CO ₂	1	1	13.5	16.5	18	20	20	20
Settori ETS, valore alto	€/ t CO ₂	1	1	20	30	40	50	60	75
Settori non ETS	€/ t CO ₂	0	0	2.5	5	5	5	5	5

Tabella 2-4 – Equivalenze utilizzate

10 €/ t CO ₂ sono pari a :	€/ tep	€/ GJ
per il petrolio	30.4	0.725
per il gas naturale	23.5	0.572
per il carbone	39.4	0.920

Sulla base dei parametri articolati come sopradescritto sono stati preparati alcuni scenari . Questi scenari sono differenti per ogni settore in quanto lo scopo di questo lavoro era l'esplorazione dell'evoluzione dei consumi di energia elettrica in diverse ipotesi e quindi ci si è concentrati sulle possibili variabili che influenzano la domanda elettrica nei diversi settori.

La descrizione dettagliata degli scenari si trova all'inizio di ogni capitolo settoriale e viene riassunta per comodità nei paragrafi seguenti:

Il settore di produzione elettrica e le raffinerie non sono stati oggetto di scenari specifici, visto che l'attenzione era focalizzata sui consumi finali di energia elettrica;

Il settore industriale è articolato in due scenari principali, uno di riferimento o “Base”, uno ad “Alta domanda” ed uno scenario ad “Alta efficienza”. La variabile di riferimento è in questo caso la domanda di beni. Il parametro di riferimento è il valore aggiunto e si applica per la stima diretta dei consumi energetici in alcuni comparti produttivi ed influenza in modo indiretto la produzione fisica dei beni nei casi in cui il modello stima direttamente l’energia necessaria alla loro produzione. Lo scenario alta efficienza esplora l’uso diffuso di una serie di apparecchiature più efficienti della media, soprattutto motori, illuminazione e altre apparecchiature per l’uso di energia elettrica nelle produzioni industriali.

Nel caso del settore residenziale sono stati valutati due scenari:

- Scenario – Alta domanda: dove è stato previsto un aumento della domanda ed un rinnovo delle apparecchiature domestiche con una scelta verso quelle con efficienza media (rappresentata per gli elettrodomestici più diffusi dalle classi A – A⁺);
- Scenario – Alta Efficienza: dove si è prevista una domanda pari a quella dello Scenario Base e un rinnovo di apparecchi con efficienza energetica alta (sempre come esempio si valuta l’espansione di apparecchiature di classe A⁺, A⁺⁺ e A⁺⁺⁺)

Nel caso del settore terziario gli scenari valutati sono:

- Scenario Base: previsione di crescita della domanda moderata, in linea con l’andamento dell’indice del PIL indicato nella Strategia Energetica Nazionale ed un rinnovo tecnologico moderato;
- Scenario Alta Efficienza: previsione di crescita della domanda pari a quella dello Scenario Base ma con un rinnovo tecnologico più spinto. Il rinnovamento tecnologico atteso coincide con un miglioramento di efficienza massimo intorno al 10%.
- Scenario Alta Domanda: previsione di domanda alta e crescente in linea con gli indici di variazione del PIL proposto dalla UE nell’ultimo esercizio PRIMES (dicembre 2012) disponibile all’epoca delle stime.

Nel caso dei trasporti gli scenari concernono diverse previsioni della mobilità sia su strada che non stradale. Si tratta di previsioni considerate plausibili anche dalle recenti previsioni elaborate a livello comunitario [Commissione EU 2014b]. Le previsioni di mobilità utilizzate sono:

a) Scenario CIPE-SEN: questo scenario contiene le misure riportate nell’Allegato II della Delibera CIPE 17/2013 e riproduce i consumi della Strategia Energetica Nazionale (SEN);

b) Scenario “con veicoli più efficienti”: contiene dati finalizzati solo a questo esercizio nei quali le stime relative al 2020 per il traffico su strada coincidono con i dati 2010 storici, in modo da stimare l’impatto di questo tipo di evoluzione tecnologica.

Sono inoltre stati esplorati con apposite elaborazioni gli impatti sui consumi di elettricità derivanti dall’uso delle così dette “elettrotecnologie nel settore industriale, dall’uso generalizzato di pompe di calore per il riscaldamento invernale degli edifici e dalla circolazione di un numero consistente di auto e furgoni elettrici.

La variazione dei consumi sulla base dei diversi scenari è riportata nel capitolo 3 per ognuno degli scenari sopradescritti.

Infine nel capitolo 4 sono riportati i consumi elettrici complessivi così come risultano dall’involuppo dei diversi scenari analizzati. In questo capitolo sono inoltre riportati i risultati sui consumi elettrici totali derivanti dall’aggiornamento dei principali parametri economici sulla base del perdurare della crisi economica e dei nuovi parametri inviati della Commissione EU nel 2014, non disponibili all’inizio di questo lavoro.

2.2 Produzione di energia elettrica

Il sistema energetico di riferimento deputato alla produzione e alla fornitura di energia elettrica è stato schematizzato nei suoi elementi essenziali considerando l'importazione o la produzione delle fonti energetiche primarie, il trasporto e distribuzione dei combustibili fossili, i processi di trasformazione energetica e il trasporto e distribuzione dell'energia elettrica per gli usi finali. Tali entità rappresentano comparti di aggregazione di diverse tecnologie, ciascuna caratterizzata da proprietà e parametri differenti.

Di seguito è riportato uno schema generale e semplificato delle entità utilizzate per la rappresentazione del sistema energetico della generazione elettrica.

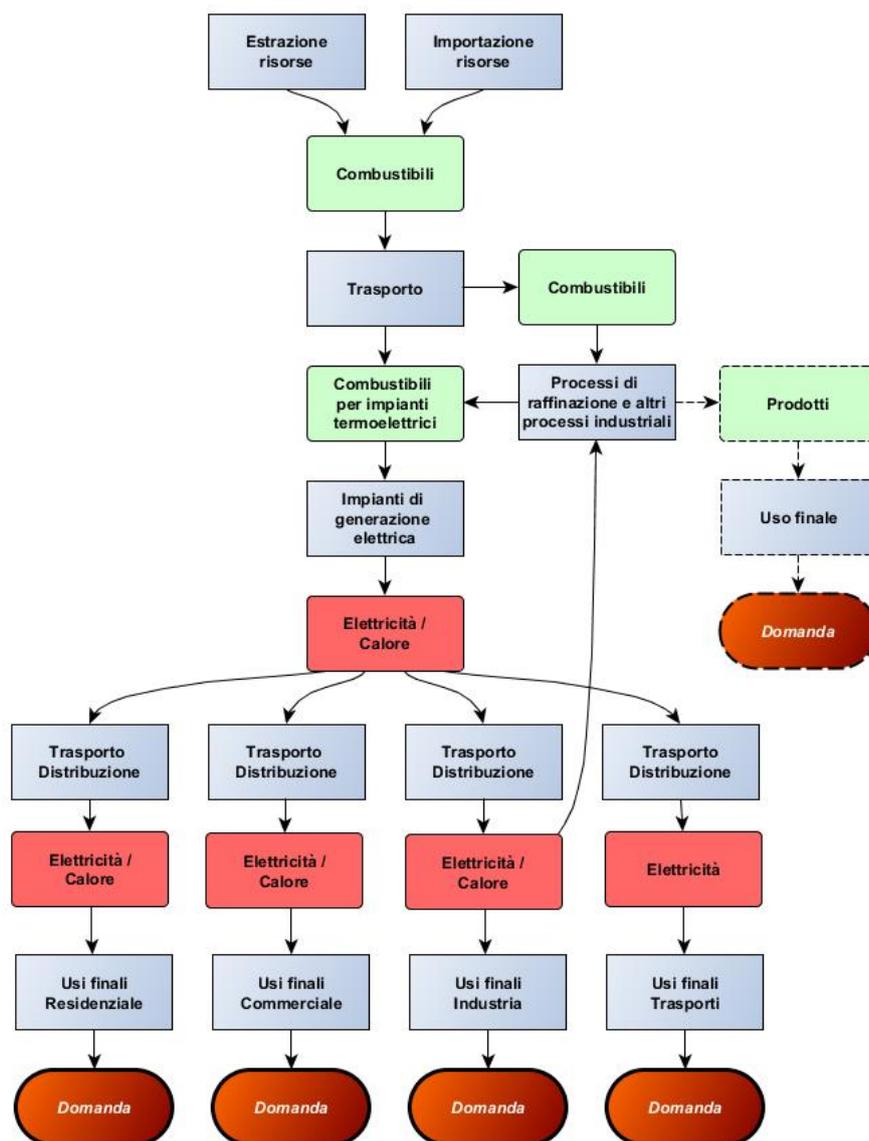


Figura 2.1– Rappresentazione schematica del sistema energetico di riferimento della generazione elettrica. I rettangoli indaco rappresentano i processi del sistema energetico, ovvero i comparti caratterizzati da parametri tecnologici e economici per produrre un bene (combustibili, elettricità, calore, prodotti) per soddisfare la domanda finale di ciascun settore.

Ogni comparto del diagramma può essere caratterizzato da diverse tecnologie distinte da parametri tecnologici e economici. Per ciascun comparto sono state quindi raccolte le informazioni necessarie alla realizzazione del sistema energetico di riferimento per la generazione elettrica operando un certo grado di aggregazione delle varie tecnologie. Ad esempio, gli impianti di produzione elettrica sono stati aggregati per

tipologia di impianto soprattutto considerando l'efficienza e l'eventuale produzione combinata di elettricità e calore.

Importazione e estrazione delle risorse primarie

Il sistema energetico nazionale mostra storicamente un'elevata dipendenza dalle importazioni per le risorse fossili. Pertanto è stato approntato il comparto dell'importazione di fonti primarie e energia elettrica primaria. I parametri principali per caratterizzare l'importazione di ciascuna risorsa (olio combustibile, carbone, gas naturale, fonti rinnovabili, energia elettrica) sono i costi delle risorse e i limiti, superiore e inferiore, delle quantità di importazione. Sono anche state rappresentate le diverse modalità di importazione delle fonti energetiche gassose (pipelines esistenti e addizionali, rigassificatori) e le linee elettriche di collegamento con l'estero.

Le risorse minerarie nazionali sono considerate nel modello, ma risultano minoritarie e soprattutto ininfluenti dal punto di vista della determinazione dei prezzi.

Per quanto alle fonti rinnovabili sono previsti sia l'import (biomasse solide e liquide) che la produzione nazionale, basandosi sui potenziali tecnici di produzione (biomassa solida forestale disponibile / biomasse coltivabili, risorse eoliche, potenziali geotermici, solare termico e fotovoltaico). L'import è minoritario, inferiore al 10% negli anni storici, ma tende ad aumentare negli anni di scenario, soprattutto per la biomassa.

I costi delle risorse fossili sul mercato internazionale considerati per le proiezioni sono quelli raccomandati dalla Commissione Europea (CE, 2014) utilizzati anche nel contesto dello scenario di riferimento europeo con proiezioni fino al 2050 (CE, 2013). I differenziali di prezzo registrati negli anni storici tra i prezzi internazionali e quelli effettivamente pagati dagli operatori nazionali sono stati analizzati ed, in generale, mantenuti e/o attenuati negli anni di proiezione. I costi delle fonti primarie sono riportati nella seguente tabella insieme ai costi delle quote di CO₂ nel contesto dell'EU ETS (*European Union Emissions Trading Scheme*). Si segnala tuttavia che i risultati descritti nel capitolo 3 di questo documento sono stati in gran parte prodotti nel corso del 2013 utilizzando i prezzi internazionali raccomandati dall'UE nel 2012, sensibilmente più alti per quanto al prezzo CO₂ e costo del gas. Questi ultimi prezzi sono presentati in tabella 2.5.

Tabella 2-5 – Tipologie di impianti considerati nel modello ripartiti per fonte energetica e tecnologia.

	Moneta costante (€2010/GJ)					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
<i>Petrolio (Brent)</i>	9,3	11,9	13,7	13,8	14,4	14,8
<i>Carbone (CIF ARA 6000)</i>	2,5	2,3	3,5	3,7	3,7	3,9
<i>Gas naturale (NCV, CIF media, EU import)</i>	5,9	7,7	9,5	9,1	10,0	10,2
<i>Prezzi CO₂ (EU ETS) - €/t CO₂</i>	11*	7	10	14	35	57

* Scenario di riferimento europeo 2013.

Per l'impostazione dei limiti alle quantità di risorse primarie importate o prodotte sul territorio nazionale sono stati analizzati gli andamenti storici considerando un margine di variabilità coerente con la variabilità dei dati storici riportati nel Bilancio Energetico Nazionale (MSE).

Come già accennato, le attività minerarie di estrazione dei combustibili fossili (gas naturale, carbone e petrolio) rappresentano un settore marginale dell'economia nazionale. La produzione nazionale di risorse fossili contribuisce solo in minima parte al bilancio energetico nazionale, in particolare nel 2013, con i consumi ai minimi degli ultimi venti anni, è risultata pari a circa il 4% per il carbone intorno al 9% per il petrolio ed all'11% per il gas naturale.

Di seguito è riportata una tabella riepilogativa con le principali modalità di approvvigionamento delle risorse primarie destinate al settore elettrico.

Tabella 2-6 – *Modalità di approvvigionamento delle risorse primarie destinate alla generazione elettrica*

Importazione	<ul style="list-style-type: none">• Carbone• Gas naturale• Olio combustibile• Biomasse solide• Biodiesel
Produzione nazionale	<ul style="list-style-type: none">• Carbone• Gas naturale• Olio combustibile• Diesel• Gas di altoforno• Gas di cokeria• Gas di raffineria• Biomasse solide• Biogas• Rifiuti

Per l'importazione di gas naturale sono stati considerati i due principali sistemi di approvvigionamento, da condotte e da trasporto marittimo. Inoltre, l'approvvigionamento da condotte è stato distinto in due regioni, UE e extra UE. Ogni modalità di approvvigionamento è caratterizzata da specifici costi del combustibile. I rifiuti destinati alla produzione elettrica sono di natura solida urbana. Le biomasse solide sono distinte considerando la natura merceologica prevalente in due categorie principali: rifiuti con prevalenza di biomassa (da produzione nazionale) e residui di biomassa solida (da produzione nazionale e importazione). Il biogas è stato distinto in relazione al processo di origine in tre categorie: biogas da gassificazione dei rifiuti, e biogas da discarica e biogas da digestore.

In merito all'importazione di energia elettrica sono stati considerati costi e disponibilità differenziali su scala stagionale e giornaliera considerando la maggiore importazione notturna di energia elettrica rispetto all'importazione durante le ore diurne.

Trasporto di risorse primarie

Il comparto di trasporto delle risorse primarie riguarda tecnologie caratterizzate essenzialmente di parametri economici per tenere conto dei costi infrastrutturali e dei costi di esercizio.

Per il trasporto del gas naturale sono state previste diverse tecnologie in virtù del diverso sistema di approvvigionamento (da rigassificatori o da condotte). Inoltre sono state considerate i consumi energetici di compressione. Per il trasporto di diverse risorse rinnovabili sono stati previsti incentivi per considerare la priorità di dispacciamento (biogas, bioliquidi e biomassa da rifiuti), come previsto dalla Direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs n. 28 del 03/03/2011 che recepisce la Direttiva europea nell'ordinamento nazionale. Alcuni combustibili, come i gas derivati e i gas di raffineria, arrivano al settore termoelettrico dopo essere stati processati o prodotti da altri impianti (raffinerie, acciaierie, petrolchimica). I parametri che determinano la produzione di tali combustibili dipendono quindi dalla domanda finale di prodotti del settore industriale che sarà esaminato successivamente.

Impianti di produzione elettrica

In merito alle tecnologie di generazione elettrica la domanda di elettricità è soddisfatta da un parco di impianti, esistente o di possibile realizzazione in un orizzonte temporale di medio lungo periodo. Il parco di impianti è aggregato in base alla tecnologia di generazione e in base ai diversi combustibili che alimentano gli impianti. Il modello è stato impostato con trentasei diverse tipologie di impianto, di cui venti alimentate da combustibili fossili. Le tecnologie considerate sono rappresentative degli impianti esistenti al 2010 e di

impianti di nuova installazione nell'orizzonte temporale considerato dal modello (ad es. impianti per la gassificazione del carbone, impianti dotati di dispositivi per la cattura della CO₂, impianti fotovoltaici ad inseguitore, impianti eolici offshore).

Il modello può scegliere le centrali di nuova installazione investendo in copie di quelle esistenti oppure in impianti a efficienza più elevata. In merito alla produzione di calore sono stati previsti diversi impianti CHP (*Combined heat production*) alimentati principalmente da gas naturale e in minima parte da olio combustibile nel caso dei gassificatori usati nelle raffinerie (IGCC). Per le fonti rinnovabili sono considerati impianti a energia geotermica, eolica, impianti alimentati da biomassa, solare fotovoltaico e i diversi tipi di impianti idraulici: bacino, fluviali, piccola idraulica ed impianti di accumulo per produzione di picco. Apposite opzioni consentono di tenere conto degli eventuali sussidi alla produzione di queste forme di energia elettrica. E' inoltre prevista l'importazione di energia.

Nella Tabella 2.7 sono riportate le diverse tipologie di impianti considerate nel sistema energetico di riferimento.

Tabella 2-7 – Tipologie di impianti considerati nel modello ripartiti per fonte energetica e tecnologia.

Fonte	Tipologia di impianto	Efficienza elettrica netta
Carbone / Gas naturale Biomasse solide	Caldaia, > 350 MWe + DeNOx	
	Caldaia, < 350 MWe	34% – 45%
	Caldaia, 660 MWe + DeNOx	28% – 36% (CCS)
	Caldaia, 660 MWe + DeNOx + CCS	
Carbone / Biomasse solide	IGCC	43% – 48%
	IGCC + CCS	36% – 41% (CCS)
Gas naturale / Gas derivati	CC (No CHP)	50% – 55% (No CHP)
	CC, (CHP)	47% – 56% (CHP)
	CC, (CHP cartiere)	35% – 39% (CHP cartiere)
	TG (CHP) – calore al settore industria (mattoni-ceramica)	32% (CHP industria) 40% - 46% (CCS)
Gas naturale / Gas di raffineria	CC, eff. 52% (CHP) – Settore Chimico – Petrochimico	43% – 50%
Olio combustibile / Gas di raffineria / Gas naturale	IGCC (CHP)	43% – 50%
	IGCC (CHP) + CCS	38% – 45% (CCS)
	Impianti ripotenziati (No CHP)	
	Oil & GN Plants (No CHP)	32% – 45% (No CHP)
	Oil & GN Plants (CHP) Raffinerie	27% (CHP – Raffinerie)
Idroelettrico	Serbatoi di regolazione stagionale	
	Acqua fluente	
	Piccolo idroelettrico	Non applicabile
	Ripompaggio	
Eolico	Eolico, grande taglia	
	Eolico, offshore	Non applicabile
Fotovoltaico	< 20 kw residenziale, tetti	12% – 18% (tetti)
	< 20 kw commerciale, tetti	14% – 16% (terra)
	> 20 kw, impianti a terra	20% – 25% (inseguitore)
	Inseguitore	
Geotermico	Impianti geotermici	7% - 10%
Biomasse / Rifiuti /	Impianti a biomassa – vapore (CHP)	23% – 27% (CHP)
	Inceneritori – vapore (No CHP)	19% – 31% (No CHP)
Diesel / Biodiesel	Impianti a bioliquidi – combustione interna	40% – 46% (combustione interna)
Biogas / Gas naturale	Impianti a biogas – da Gassificatore di biomasse e rifiuti	23% – 32%
	Impianti a biogas – combustione interna	36% – 40% (combustione interna)

Per ogni tipologia di centrale sono stati impostati i parametri utili alla definizione della tecnologia e del processo di produzione elettrica. Ogni impianto è caratterizzato da elementi in *input* e elementi in *output*. Tra gli elementi in *input* vi sono i combustibili o le fonti rinnovabili che alimentano la tipologia di impianto

considerato, mentre tra gli *output*, oltre all'energia elettrica vi sono il calore (impianti CHP) e le emissioni atmosferiche di anidride carbonica e ossidi di azoto per gli impianti alimentati da combustibili fossili. Un parametro decisivo è rappresentato dalla capacità installata con relativo anno di entrata in esercizio e vita utile degli impianti. L'anno di riferimento per le simulazioni è il 2010, pertanto le capacità installate e operative per le diverse tipologie di impianti sono riferite al consuntivo TERNA del 2011 con dati dell'anno di esercizio 2010.

I set di parametri tecnologici e economici definiscono l'operatività degli impianti e consentono al modello di costruire la curva di offerta. Tali parametri definiscono l'efficienza di generazione elettrica, il fattore di disponibilità (ore annue di funzionamento dell'impianto), i fattori di emissione atmosferica, i costi infrastrutturali e di esercizio e incentivi alla produzione elettrica da fonti rinnovabili. Gli incentivi alla produzione elettrica e le ore di utilizzazione degli impianti da fonti rinnovabili sono stati desunti dai rapporti periodici del GSE. Per gli impianti termoelettrici cogenerativi altri parametri fondamentali sono il rapporto tra produzione di calore e elettricità e la pendenza tra elettricità e calore, ovvero la perdita di elettricità per unità di calore prodotta o viceversa. Per gli impianti idraulici, eolici e fotovoltaici l'input di ore annue di funzionamento per il modello è stato fornito al dettaglio stagionale e quotidiano. Per la produzione idroelettrica da pompaggio è stata inoltre impostata la percentuale di contributo al picco di domanda con scala temporale stagionale e quotidiana.

La caratterizzazione delle varie tipologie di impianti termoelettrici in merito alla produzione di calore e all'efficienza elettrica è stata condotta analizzando i dati comunicati dagli operatori per gli impianti termoelettrici afferenti al sistema EU-ETS (*European Union Emissions Trading Scheme*, Direttiva 2003/87/CE) ed i dati comunicati nel contesto del LCP (*Large Combustion Plants*, Direttiva 2001/80/CE) entrambi gestiti da ISPRA. Inoltre sono stati analizzati i dati comunicati a ISPRA da TERNA in relazione alla produzione elettrica e al consumo di combustibili. Fonti di letteratura hanno stato consultate per i parametri economici (costi capitale, costi O&M fissi e variabili) delle diverse tecnologie (DECC, 2011, 2012, 2013), per considerare la possibile evoluzione dell'efficienza degli impianti e per i parametri degli impianti non ancora operativi (EIA, 2013; IEA, 2007, 2010; Tidball *et al.*, 2010).

Trasporto e distribuzione di energia elettrica e calore

Il comparto della distribuzione di energia elettrica e calore è caratterizzato dal parametro di efficienza, per considerare le perdite di rete, e dai parametri economici. Tra questi ultimi, oltre ai costi capitale e di esercizio, figurano gli oneri fiscali e altre voci della tariffa sull'uso della rete di distribuzione per riprodurre il prezzo medio per i consumatori finali. Al fine di considerare il diverso impatto della fiscalità sono stati predisposti comparti separati per l'energia elettrica destinata ai diversi settori (residenziale, commerciale, industria e trasporti). La distribuzione di energia elettrica è inoltre ripartita con un profilo di carico stagionale e quotidiano tipico da letteratura internazionale ed adattato all'Italia.

I prezzi delle *commodities* per gli utenti finali, così come i costi di produzione e distribuzione, sono parametri essenziali per la realizzazione da parte del modello della curva di offerta, come illustrato nel precedente capitolo.

Il comparto degli usi finali è definito dalle tecnologie utilizzate nei diversi settori e aggregate in base ai parametri tecnologici e economici al fine di ottenere una caratterizzazione sufficientemente dettagliata del sistema energetico di riferimento e evitando una eccessiva parcellizzazione delle tecnologie che renderebbe di difficile lettura i risultati del modello. La descrizione delle tecnologie coinvolte negli usi finali dei diversi settori è riportata nei successivi paragrafi.

2.3 Settore industria

2.3.1 Introduzione

L'industria ha un ruolo cruciale nel determinare l'evoluzione del sistema energetico nazionale ed è responsabile di circa il 42% dei consumi nazionali di energia elettrica (2013, incluso il settore energia ed acqua), sebbene il peso di questo settore stia fortemente diminuendo negli anni più recenti anche a causa della congiuntura economica attuale.

L'industria però, come è noto, non è un settore omogeneo, ma un sistema molto complesso di processi, lavorazioni e tecnologie tra loro molto differenti. Per poter rappresentare tale sistema all'interno del modello TIMES si è deciso di suddividere l'industria in sotto settori che, in prima approssimazione, ricalcano la classificazione delle attività industriali utilizzata da EUROSTAT nelle proprie statistiche energetiche¹.

Partendo da queste macro classi si è proceduto ad esplodere ed in alcuni casi ad aggregare le attività industriali in funzione delle informazioni disponibili e dell'entità dei consumi energetici.

Per quelle attività per cui in letteratura e nelle statistiche nazionali sono disponibili dati sufficientemente dettagliati, si è proceduto ad una definizione puntuale all'interno del modello delle tecnologie e dei processi produttivi e si sono utilizzati per la taratura i dati specifici di consumi energetici e di produzioni fisiche. Per queste attività industriali le *commodities* prodotte dai processi sono quantificate in milioni di tonnellate e allo stesso modo è quantificata la domanda finale dei beni che costituiscono il prodotto finale della catena industriale.

Per quelle attività per cui, invece, non sono disponibili informazioni sufficienti a descrivere in modo dettagliato i singoli processi produttivi o che ricoprono un ruolo marginale in termini di consumi energetici, si è ipotizzato che ciascun processo industriale possa essere rappresentato come una *black box* in cui agiscono calore, forza motrice, illuminazione, movimentazioni e altri usi elettrici (come ad esempio forni, apparati elettronici ecc.) per produrre un output quantificabile non in termini fisici, ma in termini di valore aggiunto prodotto. Sono state così definite delle *tecnologie orizzontali* che attraverso il consumo di elettricità e combustibili producono delle *commodities* energetiche che vengono poi impiegate da questi processi industriali. Ciascuna di queste *tecnologie orizzontali* è caratterizzata da una propria evoluzione nel tempo che riflette l'evoluzione in termini di efficienza delle tecnologie più utilizzate.

Ad esempio, per quanto riguarda l'illuminazione, la luce consumata dai processi industriali è prodotta da due diverse tecnologie la cui efficienza aumenta col passare del tempo in modo da riflettere l'avanzamento tecnologico delle lampade oggi presenti sul mercato e la loro progressiva penetrazione all'interno dei complessi industriali. Il modello sceglierà quindi tra queste tecnologie in funzione dei costi necessari per produrre la quantità totale di illuminazione industriale richiesta e tale illuminazione sarà poi distribuita a tutti i processi che la utilizzano in input per le loro produzioni. Analogamente a quanto fatto per la luce, sono stati definiti processi e tecnologie anche per la produzione di calore (attraverso processi di combustione), per la produzione di due tipi diversi di forza motrice e per gli altri usi elettrici.

Nel complesso il sistema industriale italiano è stato così semplificato al fine di riprodurlo all'interno del modello:

- Produzione di ferro e acciaio
 - Acciaio siderurgico – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Acciaio elettrico – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Altre lavorazioni – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Produzione di metalli non ferrosi
 - Alluminio primario – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Alluminio secondario – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Altri metalli non ferrosi – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Industria chimica

¹http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database

- Principali prodotti della chimica organica – tecnologie specifiche e orizzontali, produzione fisica
- Principali prodotti della chimica inorganica – tecnologie specifiche, produzione fisica
- Gas tecnici – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Farmaceutico – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Altre lavorazioni chimica – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Materiali da costruzione
 - Cemento e calce – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Laterizi – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Ceramica – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Vetro – tecnologie specifiche, produzione fisica
 - Altri prodotti, tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Industrie estrattive – tecnologie specifiche, produzione fisica
- Industria alimentare – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Industria tessile – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Produzione di carta – tecnologie specifiche, produzione fisica
- Industria meccanica – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Edilizia – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Altre industrie – tecnologie orizzontali, valore aggiunto
- Raffinerie – tecnologie specifiche e orizzontali, produzione fisica
- Acquedotti - tecnologie orizzontali, consumi

Per una descrizione più approfondita dei settori industriali e per gli andamenti della produzione fisica dei materiali si rimanda alla descrizione dettagliata di ogni settore, per quanto all’evoluzione del valore aggiunto si veda il paragrafo seguente.

Valore aggiunto della produzione industriale nei diversi scenari

La domanda del settore industriale si articola in due scenari, uno di riferimento o “Base” ed uno di “Alta domanda”. Il valore aggiunto del settore industriale è il parametro di riferimento ai fini della stima dei consumi energetici per i comparti produttivi ed influenza sia la produzione fisica dei beni che i valori aggiunti dei diversi sottosettori industriali.

Si riporta in Tabella 2-8 l’andamento dei dati di valore aggiunto² nell’intervallo temporale considerato, ovvero 2010-2050, in base al quale è stata costruita la proiezione della crescita della domanda negli anni di scenario. I dati dello scenario base sono identici a quelli utilizzati dal modello europeo Primes, nella versione dicembre 2012. La variazione del valore aggiunto nello scenario alta domanda è stato parametrizzato sulla base di un più alto valore del PIL, vedi paragrafo 2.2.1.

Tabella 2-8 – *Valore aggiunto per il settore industria nel suo complesso, miliardi di euro 2010*

Scenari	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Base	12,179	10,825	10,879	10,988	11,043	11,098	11,210	11,322
Alta Domanda	12,179	10,825	10,933	11,265	11,607	11,959	12,697	13,479

² Fonte, modello Primes, (CE 2012 a)

2.3.2 Materiali da costruzione

In quest' ambito settoriale sono state incluse la produzione di cemento, calce, vetro, laterizi, piastrelle e ceramica.

La costruzione degli scenari di riferimento, "Base" ed "Alta domanda", è stata realizzata sulla base del dato di produzione industriale, che risulta il parametro di riferimento ai fini della stima dei consumi energetici per tale comparto produttivo.

Come già accennato nel paragrafo precedente, anche per i materiali da costruzione, la proiezione della crescita della domanda negli anni di scenario è stata ricostruita a partire dall'andamento dei dati del valore aggiunto nell'intervallo 2010-2050:

Tabella 2-9 – Valore aggiunto per il settore "Materiali da costruzione", miliardi di euro 2010

Scenari	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050
"Base"	12,179	10,825	10,879	10,988	11,043	11,098	11,210	11,322
"Alta Domanda"	12,179	10,825	10,933	11,265	11,607	11,959	12,697	13,479

Di seguito si riporta, per ciascun settore produttivo, una sintetica descrizione del processo industriale, dei consumi energetici associati e dei criteri metodologici adottati ai fini dell'applicazione modellistica realizzata con il modello TIMES.

Cemento

Il cemento viene prodotto a partire da una miscela costituita fondamentalmente da calcari, marne ed argille dosati in opportuni rapporti, e sottoposta ad una cottura ad elevatissime temperature, che porta alla formazione del semilavorato chiamato "clinker", minerale artificiale, principale costituente del cemento.

Le principali fasi del processo di produzione del cemento sono:

- estrazione delle materie prime;
- stoccaggio e preparazione delle materie prime;
- stoccaggio e preparazione del combustibile;
- cottura del clinker;
- macinazione e stoccaggio del cemento;
- imballaggio e spedizione.

In sintesi, la linea di attività può essere rappresentata secondo il seguente schema concettuale:

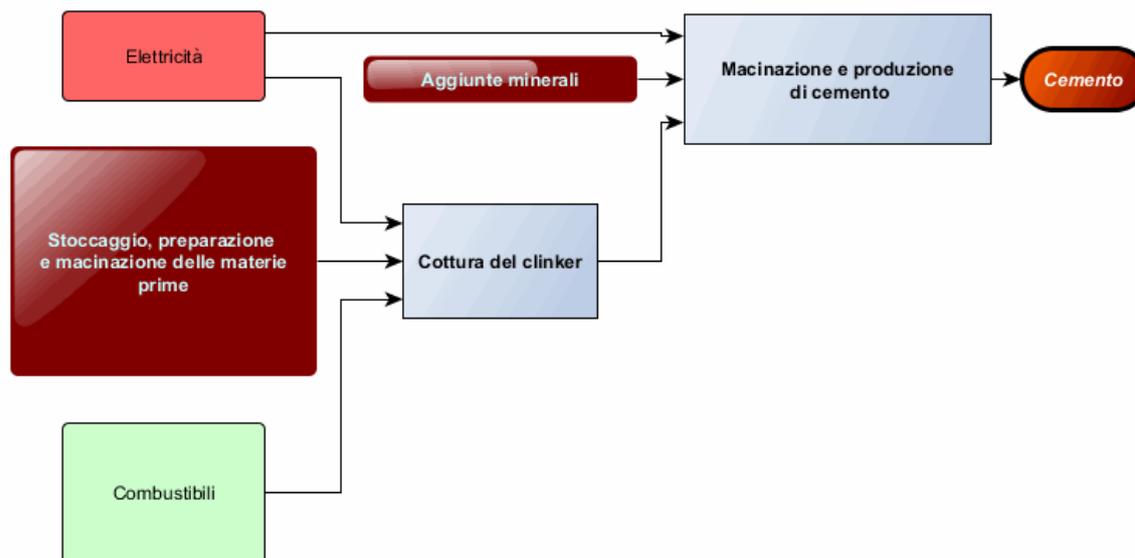


Figura 2.2– Processo di produzione del cemento

Ai fini della simulazione modellistica realizzata con TIMES, per la fase di cottura del clinker sono state definite cinque tecnologie, differenziate in base alla tipologia costruttiva del forno di cottura, in combinazione con l'applicazione delle cosiddette migliori tecniche disponibili (BAT – *Best Available Techniques*). Si è considerata come tecnologia più efficiente, dal punto di vista della riduzione di energia, quella indicata nella Decisione 2013/163/UE³ in materia di BAT, che prevede l'utilizzo di un forno con processo per via secca, con preriscaldamento multistadio e precalcinazione: in questo tipo di impianto di cottura, infatti, i gas di scarico e il calore residuo, recuperato dall'impianto di raffreddamento, possono essere utilizzati per il preriscaldamento e la precalcinazione delle materie prime di alimentazione prima che siano immesse nel forno, consentendo in tal modo di conseguire risparmi significativi nel consumo di energia. In questa fase della lavorazione si registrano anche notevoli emissioni di ossidi di azoto, pertanto la scelta delle tecnologie include anche la minimizzazione di queste emissioni.

In merito alla fase di macinazione e produzione del cemento, sono stati individuati invece quattro sistemi di macinazione, caratterizzati dal grado di innovazione tecnologica, di efficienza energetica e dal sistema di abbattimento utilizzato ai fini essenzialmente del contenimento delle polveri.

Questo settore industriale è fortemente energivoro. L'energia viene utilizzata prevalentemente sotto forma di apporto termico per il forno, e per ottenerla si possono utilizzare vari mix di combustibili fossili convenzionali o ricavati da rifiuti. La cottura del clinker è la fase più importante del processo sotto il profilo delle problematiche ambientali prioritarie legate alla produzione di cemento, vale a dire il consumo di energia e le emissioni in atmosfera.

I principali utilizzatori di energia elettrica sono i molini (macinazione cemento e macinazione del crudo) e gli esaustori (forno/molino crudo e molino cemento), che insieme rappresentano più dell'80% del consumo di energia elettrica stessa.

A tal proposito, si riporta in Figura 2.3 l'andamento del consumo specifico di energia elettrica (minimo, medio e massimo) relativo alla fase di macinazione.

³ “Decisione di esecuzione della Commissione, del 26 marzo 2013, che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per il cemento, la calce e l'ossido di magnesio, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alle emissioni industriali”

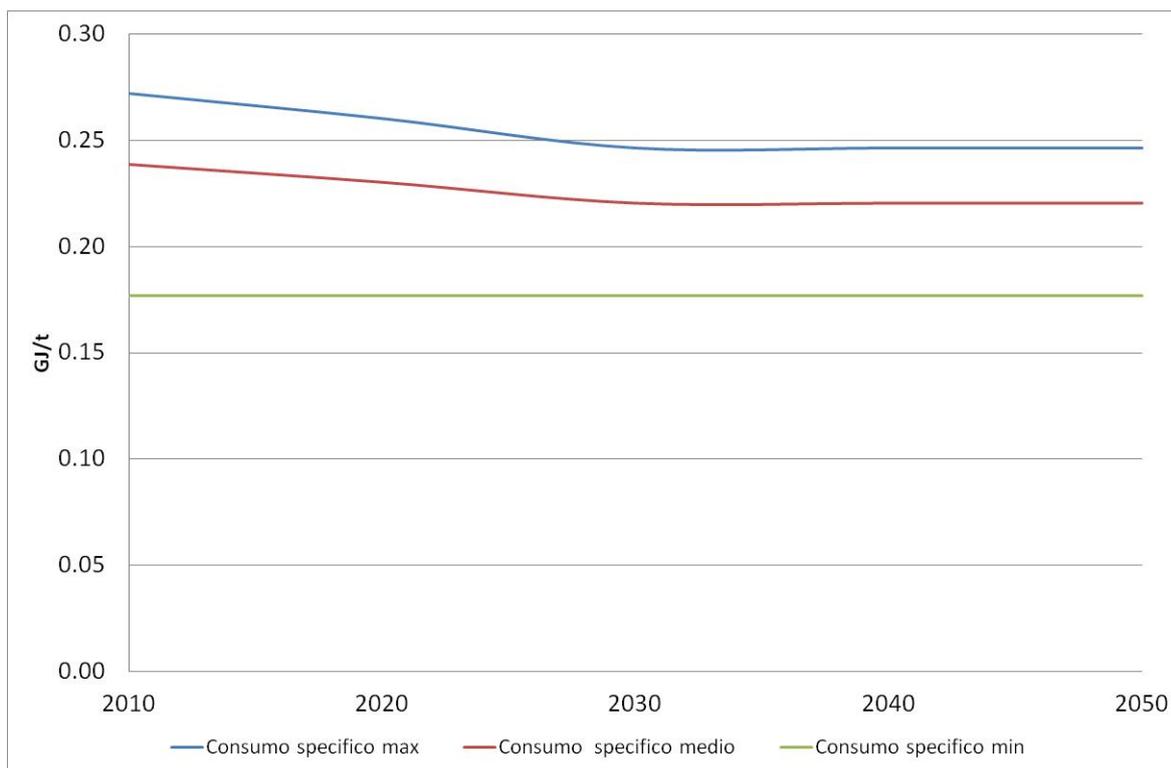


Figura 2.3 - Molini di macinazione: consumo specifico di energia elettrica (GJ/t cemento prodotto)

In media, i costi energetici – connessi al consumo di combustibile e di energia elettrica – rappresentano il 40% dei costi complessivi per la fabbricazione di una tonnellata di cemento.

In particolare, l’energia elettrica rappresenta circa il 20% di questo fabbisogno globale di energia con un valore specifico pari a circa 90-150 kWh/t di cemento⁴.

I livelli di attività di questo settore sono legati alla produzione di cemento (domanda).

La domanda di cemento è stata proiettata nei vari anni di scenario a partire dal dato relativo all’anno 2010⁵, considerato come anno base nello studio effettuato.

Nella Figura 2.4 è rappresentato l’andamento della domanda ipotizzato nel modello nei due scenari di riferimento considerati, ovvero “Scenario Base” e “Scenario alta domanda”. Si noti la notevole differenza tra i due scenari che scontano ipotesi di cambiamento strutturale dell’industria nazionale, oltre all’evoluzione del valore aggiunto:

- in quello ad alta domanda si ritorna alla produzione del 2010 solo dopo il 2030; in ogni caso il valore di produzione è inferiore ai massimi storici pre-crisi di circa 40 Mt ed è ottenuto con incrementi di produzione annuali rispetto all’andamento del VA molto elevati rispetto ai dati storici.
- in quello “base” non si ritorna ai livelli di produzione medi pre-crisi, sulla base di considerazioni sull’evoluzione della domanda interna, dei tassi di crescita storici del settore e della possibilità di continuare ad esportare una quota consistente della produzione. Sulla base dei più recenti dati di produzione, pari a circa 23 Mt di cemento + agglomerati nel 2013, anche questo scenario potrebbe essere ottimistico e da rivedere se il dato sarà confermato nel 2014.

⁴ BRef “Cement, Lime and Magnesium Oxide (CLM) Manufacturing Industries”, Maggio 2009

⁵ Dato AITEC

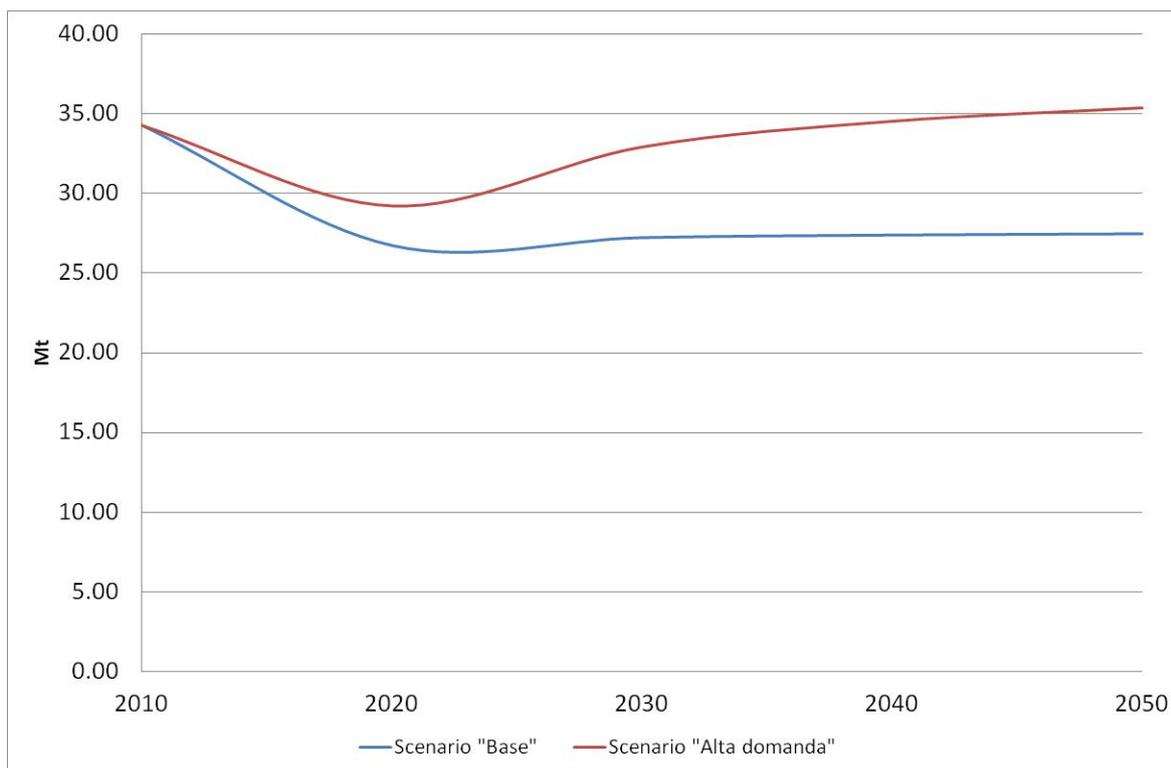
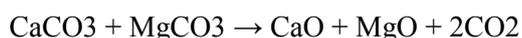


Figura 2.4 – Produzione di cemento (Mt)

Calce

Il processo di produzione della calce consiste nella cottura del carbonato di calcio e/o magnesio a temperature di circa 900 °C, in modo da liberare anidride carbonica e ottenere l'ossido derivato secondo la seguente reazione:



L'ossido di calcio, cosiddetta "calce viva", in uscita dal forno viene generalmente frantumato, macinato ed eventualmente separato prima di essere trasferito ai silos di stoccaggio, oppure viene trasferito all'impianto di idratazione per ottenere la calce idrata ("spenta"). I moderni processi di produzione della calce prevedono un funzionamento continuo dei forni.

La calce è un materiale indispensabile per molti processi industriali come la produzione dell'acciaio, della carta, dello zucchero, come legante per l'edilizia e per la stabilizzazione delle terre nelle costruzioni stradali e ferroviarie. Si utilizza d'altronde anche per applicazioni ambientali come la depurazione delle acque reflue e industriali, per la potabilizzazione delle acque e per l'agricoltura; inoltre, la calce è utilizzata per neutralizzare i componenti acidi delle emissioni e dei fumi industriali.

Il processo di produzione è composto dai seguenti sottoprocessi ed è descritto sinteticamente in Figura 2.5:

- estrazione del calcare
- stoccaggio e preparazione del calcare
- stoccaggio e preparazione dei combustibili
- calcinazione del calcare
- trattamento della calce viva
- idratazione e spegnimento della calce viva
- stoccaggio, movimentazione e trasporto

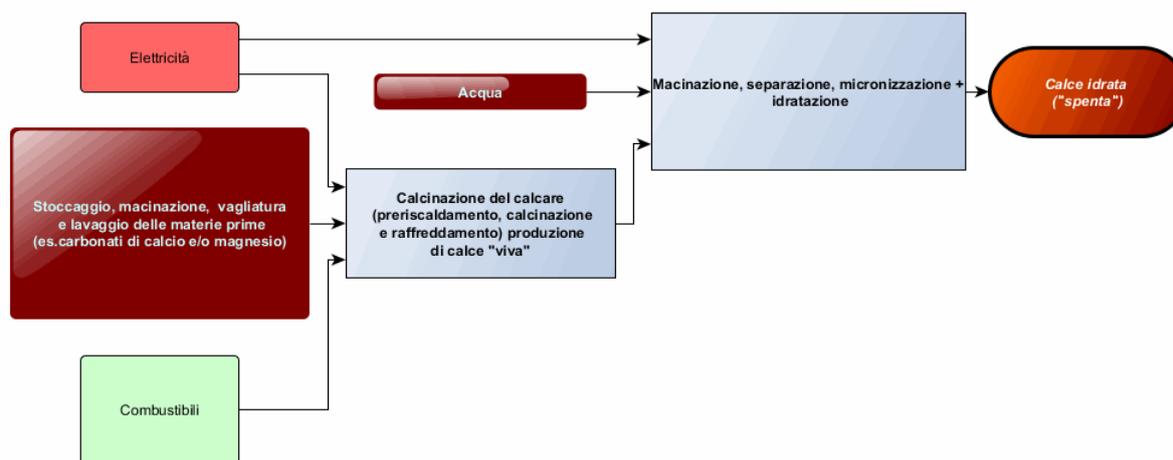


Figura 2.5 – Processo di produzione della calce

In particolare, nella fase di implementazione del modello TIMES, il processo di calcinazione del calcare è stato descritto con sei tecnologie rappresentanti tre diversi tipi di forni, ciascuno considerato con o senza sistema di abbattimento SNCR:

- forno a “tino anulare” (alimentato a gas naturale);
- forno verticale rigenerativo a doppio tino con flusso parallelo (alimentato a gas naturale);
- forno a tino con alimentazione mista (alimentato a combustibili solidi).

La fase successiva, invece, di macinazione, separazione ed idratazione è schematizzata con due tipologie di impianti, ovvero di qualità “standard” o “ad alta prestazione”; inoltre, sono state ipotizzate, come sistemi di abbattimento delle polveri per ambedue le tecnologie, due tipi soluzioni: solo precipitatore elettrostatico, oppure, precipitatore elettrostatico abbinato ad un filtro a tessuto.

L'industria della calce è fortemente energivora e i costi dell'energia rappresentano fino al 60% dei costi totali di produzione. In particolare, le fasi di macinazione/separazione e di idratazione sono quelle che implicano il maggior utilizzo di energia elettrica: nel primo caso, per il funzionamento dei mulini e del sistema pneumatico di separazione delle polveri si ha un consumo che varia da 4 a 10 kWh per tonnellata di calce viva, nell'altro la quantità di energia necessaria al funzionamento delle pompe e sistemi di agitazione ammonta approssimativamente a 5-30 kWh per tonnellata di calce viva⁶.

Come per il cemento i livelli di attività di questo settore sono legati alla produzione di calce spenta od idrata (domanda).

Per il dato di attività totale relativo all'anno base 2010 è stata utilizzata la stima effettuata ai fini dell'elaborazione dell'Inventario nazionale delle emissioni ISPRA per lo stesso anno suddetto. Tale valore risulta pari alla somma del dato tratto dall'Annuario Statistico ISTAT, relativo alla produzione di calce viva (Industrie della lavorazione dei metalli non metalliferi), più il contributo dovuto al settore siderurgico ed all'autoproduzione degli zuccherifici ai fini del processo di carbonatazione; il dato è stato poi ulteriormente validato in ambito *Emission Trading*.

In Figura 2.6 è rappresentato l'andamento della domanda ipotizzato nel modello nei due scenari di riferimento considerati, ovvero “Scenario Base” e “Scenario alta domanda”.

⁶ BRef “Cement, Lime and Magnesium Oxide (CLM) Manufacturing Industries”, Maggio 2009

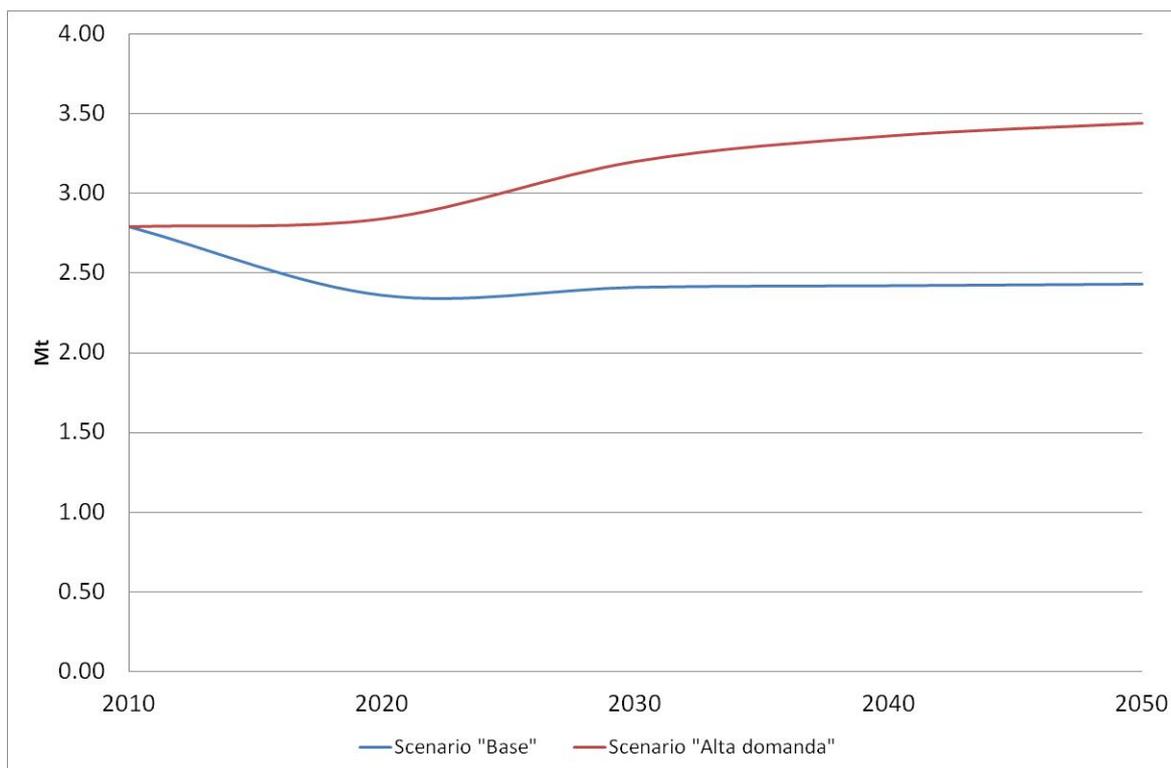


Figura 2.6 – Produzione di calce idrata (Mt)

Laterizi e ceramica

L'industria ceramica comprende diversi settori che differiscono per prodotti e tecniche di produzione, aventi in comune la trasformazione dell'argilla, eventualmente addizionata con materiali organici ed inorganici, attraverso operazioni di pre-lavorazione, essiccazione e cottura:

- piastrelle per pavimento e rivestimento
- laterizi (mattoni, blocchi, tegole, ecc.)
- ceramica ornamentale
- materiali refrattari
- ceramica sanitaria
- ceramica per usi tecnici
- tubi di argilla vetrificata
- argilla espansa.

Considerata quindi la numerosità delle tipologie di prodotto presenti sul mercato, nello schema modellistico, si è scelto di rappresentare questo settore attraverso tre principali macrocategorie, ovvero:

- laterizi e tegole
- piastrelle per pavimento e rivestimento
- ceramica sanitaria

Di seguito si riporta una sintetica descrizione del processo industriale per ciascun gruppo produttivo e della metodologia di implementazione del modello.

a) Laterizi e tegole

La materia prima utilizzata per la produzione dei laterizi è l'argilla, intendendo per essa una miscela di minerali argillosi, tra cui, illite, caolinite, clorite e montmorillonite associati a quarzo, feldspato, calcite, ossidi di ferro. L'argilla, estratta da cave di pianura (formatesi in occasione di grandi piene dei corsi d'acqua

durante l'era quaternaria) o da cave collinari, deve avere appropriate caratteristiche mineralogiche e fisico-chimiche, con particolare riguardo a plasticità, refrattarietà, granulometria, contenuto in quarzo e carbonati.

Le principali fasi del processo di produzione del laterizio sono:

- Stoccaggio dell'argilla
- Pre-lavorazione
- Formatura (a secco, ad umido, in pasta molle)
- Essiccazione
- Cottura (forni a tunnel, continui "a camere", "a fuoco mobile" ed intermittenti)
- Trattamenti finali ed imballaggio

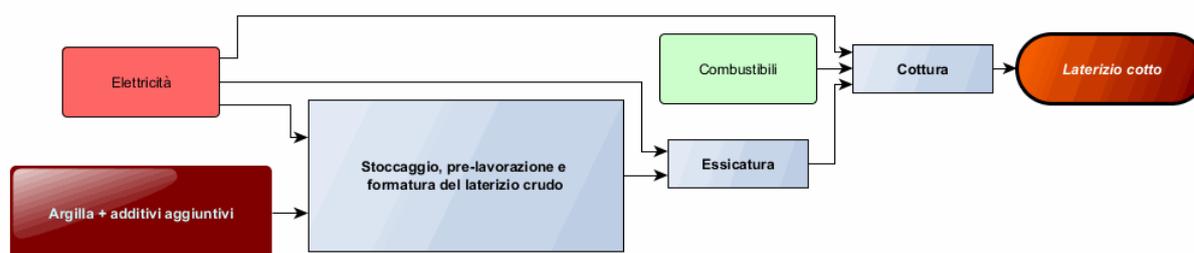


Figura 2.7 – Processo di produzione dei laterizi

Ai fini della simulazione modellistica, le fasi indicate nello schema concettuale sono state raggruppate e rappresentate nel modo seguente:

- a) Stoccaggio, pre-lavorazione e formatura del laterizio crudo: previste due tecnologie, *standard* o con applicazione delle BAT⁷;
- b) Essiccazione e cottura: previsti due forni a tunnel, di tipo *standard* e BAT, ed un forno cosiddetto "continuo a camere" ad alta efficienza. Le tecnologie utilizzate sono differenziate anche sulla base delle emissioni di ossidi di azoto e polveri.

Il settore dei laterizi è considerato "*energy intensive*", in virtù dell'elevata incidenza dell'energia, utilizzata nei forni di cottura e di essiccazione, sul costo di produzione: mediamente del 17 – 30%, per un massimo del 40%. Tra i comparti ceramici, il settore dei laterizi, pur essendo il maggiore utilizzatore di energia in funzione della maggiore produzione, è caratterizzato dal minor consumo specifico di energia, essendo gli impianti ad elevata efficienza⁸.

In particolare la produzione di laterizi richiede un consumo di energia elettrica di circa 47 kWh per tonnellata di prodotto, di cui circa 6,5 kWh sono autoprodotti in impianti di cogenerazione. Il dettaglio per fasi evidenzia un consumo pari a quasi il 50% del totale per la pre-lavorazione/formatura (circa 22 kWh), al 35% per l'essiccazione (circa 16 kWh) ed al 15% per la cottura (circa 7 kWh). Circa 1,4 kWh per tonnellata di prodotto sono utilizzati per il confezionamento del prodotto e quasi 2 kWh per le operazioni di trattamento dei fumi⁹

⁷ Commissione Europea, "Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramics Manufacturing Industry" giugno 2005

⁸ IPPC Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie: "3.5. Impianti per la fabbricazione di prodotti ceramici mediante cottura, in particolare tegole, mattoni, mattoni refrattari, piastrelle, gres, porcellane, con una capacità di produzione di oltre 75 tonnellate al giorno e/o con una capacità di forno superiore a 4 m³ e con una densità di colata per forno superiore a 300 kg/m³"

⁹ ANDIL

Nel tempo l'industria ceramica ha conseguito notevoli progressi nella riduzione del consumo specifico di energia attraverso l'implementazione di diverse misure ed interventi: migliore progettazione dei forni, utilizzazione negli essiccatoi, in aggiunta all'energia fornita dai bruciatori, del calore recuperato dalle zone di raffreddamento dei forni di cottura, od anche il progressivo passaggio ai combustibili gassosi, in sostituzione dell'olio combustibile e dei combustibili solidi, che ha comportato un miglioramento dell'efficienza di combustione ed, in teoria, l'eliminazione della fuliggine nelle emissioni.

L'industria italiana del laterizio immette sul mercato numerose tipologie di prodotto, caratterizzate da prestazioni ed usi diversi; nel modello, si è scelto di implementare solo gli elementi per: murature faccia vista, strutture murarie e tegole. L'andamento complessivo della domanda di laterizi nei due scenari considerati è rappresentato nella seguente Figura 2.8, dove il valore all'anno base è stato ricavato dal "Secondo rapporto ambientale dell'industria dei laterizi" (Osservatorio ANDIL 2011).

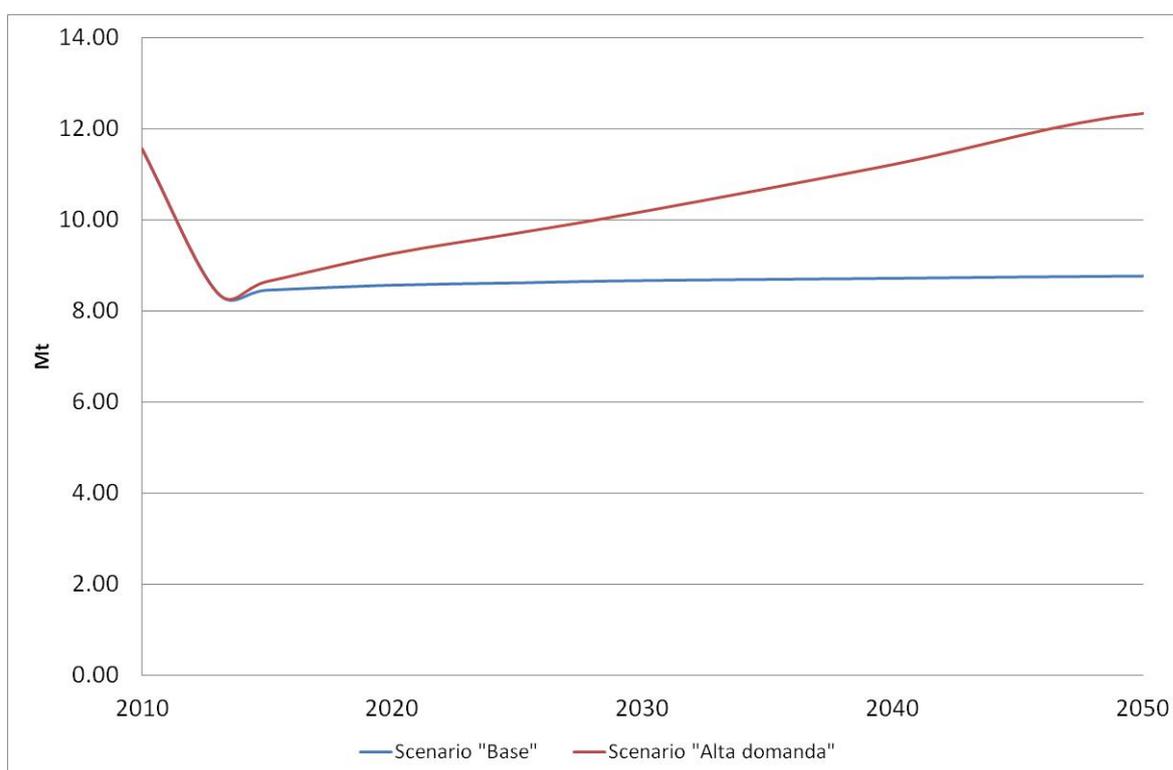


Figura 2.8 – Produzione di laterizi (Mt)

b) Piastrelle di ceramica per pavimento e rivestimento

La produzione di questo settore industriale può essere suddivisa nelle seguenti classi di piastrelle, ciascuna delle quali è contraddistinta da specifiche caratteristiche ed applicazioni, e da tecniche e tecnologie di fabbricazione particolari:

- Monocottura
- Maiolica/Cottoforte
- Grès porcellanato non smaltato
- Grès porcellanato smaltato
- Altri: piastrelle di clinker e cotto

Il grès porcellanato rappresenta il prodotto più avanzato e maggiormente presente sul mercato. Nato come prodotto "tecnico", per destinazioni caratterizzate da forti sollecitazioni meccaniche e chimico-fisiche e limitate o nulle esigenze estetiche, è disponibile ora sul mercato in tipologie che associano alle medesime prestazioni tecniche delle origini un livello elevato anche dal punto di vista estetico.

In particolare, si tratta di piastrelle ceramiche ottenute per pressatura, di formato variabile (da meno di 20 x 20 cm a lastre di 60 – 100 cm di lato), smaltate o non smaltate, con monocottura. Il supporto è greificato (l'assorbimento d'acqua è inferiore a 0,5 %).

In generale, il ciclo tecnologico di fabbricazione delle piastrelle di ceramica può essere rappresentato come riportato in Figura 2.9.

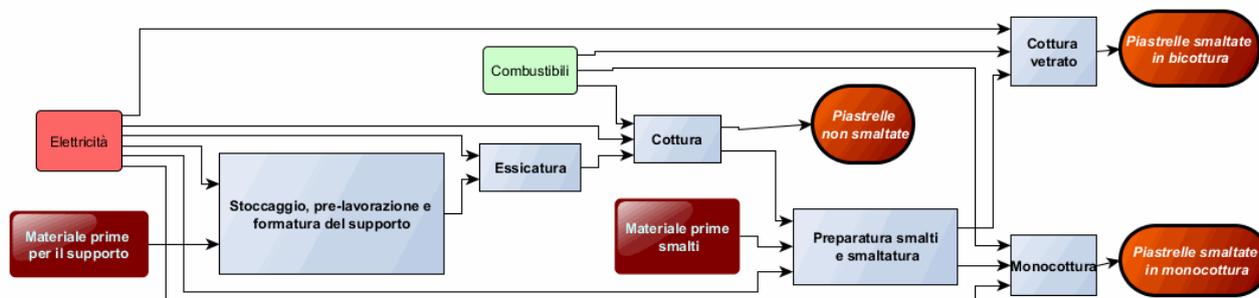


Figura 2.9 – Processo di produzione delle piastrelle

Gli impasti per il supporto contengono:

- una frazione argillosa, con funzione plastificante;
- una frazione sabbiosa, con funzione smagrante;
- una frazione carbonatica e/o feldspatica, con funzione fondente.

Con il termine smalto s'intende invece un sottile strato, di natura vetrosa, applicato sulla superficie di un prodotto ceramico per impartire alcune desiderate caratteristiche estetiche (colore, brillantezza decorazione) e tecniche (durezza, impermeabilità, pulibilità).

Le materie prime per gli smalti comprendono fritte (vetri di predefinita composizione, sotto forma di graniglia, preparati allo scopo mediante fusione e rapido raffreddamento in acqua del fuso), sabbia silicea, caolino, pigmenti coloranti, opacificanti. Gli smalti contengono anche altri additivi (deflocculanti, adesivi, disperdenti, etc.), molti dei quali di natura organica.

Tale processo produttivo, in analogia a quanto già riportato per i laterizi, è stato modellizzato in TIMES nel modo seguente:

- a) Stoccaggio, pre-lavorazione e formatura della piastrella verde: previste due tecnologie, *standard* o con applicazione delle BAT;
- b) Essiccazione e cottura: previsti due forni a tunnel (di tipo standard e BAT) ed un forno monostrato a rullo ad alta efficienza.

L'industria delle piastrelle di ceramica deve essere considerata come un'attività ad elevata richiesta di energia: in particolare di energia termica – combustibile, più precisamente gas naturale, per le operazioni di essiccazione delle polveri per pressatura (atomizzazione) e del prodotto formato, e di cottura.

I forni di cottura delle piastrelle sono nella grandissima maggioranza forni monostrato a rulli (forni cosiddetti "rapidi") con un consumo specifico medio pari a 3.3 GJ/t, ed in minima parte del tipo a tunnel (7.8 GJ/t).

Le fasi a maggior dispendio di energia elettrica sono sicuramente, come per i laterizi, la fase preliminare di preparazione delle materie prime e di essiccazione della piastrella "verde".

In particolare, il consumo di energia elettrica varia in un intervallo pari a 0.18-0.83 GJ/t di prodotto finito¹⁰, ottenuto considerando che l'unità di misura per la produzione è, di volta in volta, l'unità di massa (1 kg o 1 t di prodotto/piastrelle) o l'unità di superficie, quella comunemente utilizzata nel settore delle piastrelle di ceramica (1 m² di piastrelle).

Come fattori indicativi di conversione dall'una all'altra unità, si possono utilizzare le seguenti indicazioni (per piastrelle di ceramica ottenute per pressatura e di spessore "normale" – dunque, non per applicazioni speciali):

- peso medio per unità di superficie di piastrelle da rivestimento: 12-14 kg/m²
- peso medio per unità di superficie di piastrelle da pavimento: 18-22 kg/m²

L'andamento della produzione di piastrelle (Figura 2.10) è stato delineato a partire dal dato relativo all'anno base 2010, desunto dall'indagine statistica sull'industria italiana della ceramica (piastrelle di ceramica, ceramica sanitaria, stoviglieria) e dei materiali refrattari realizzata da Confindustria Ceramica¹¹.

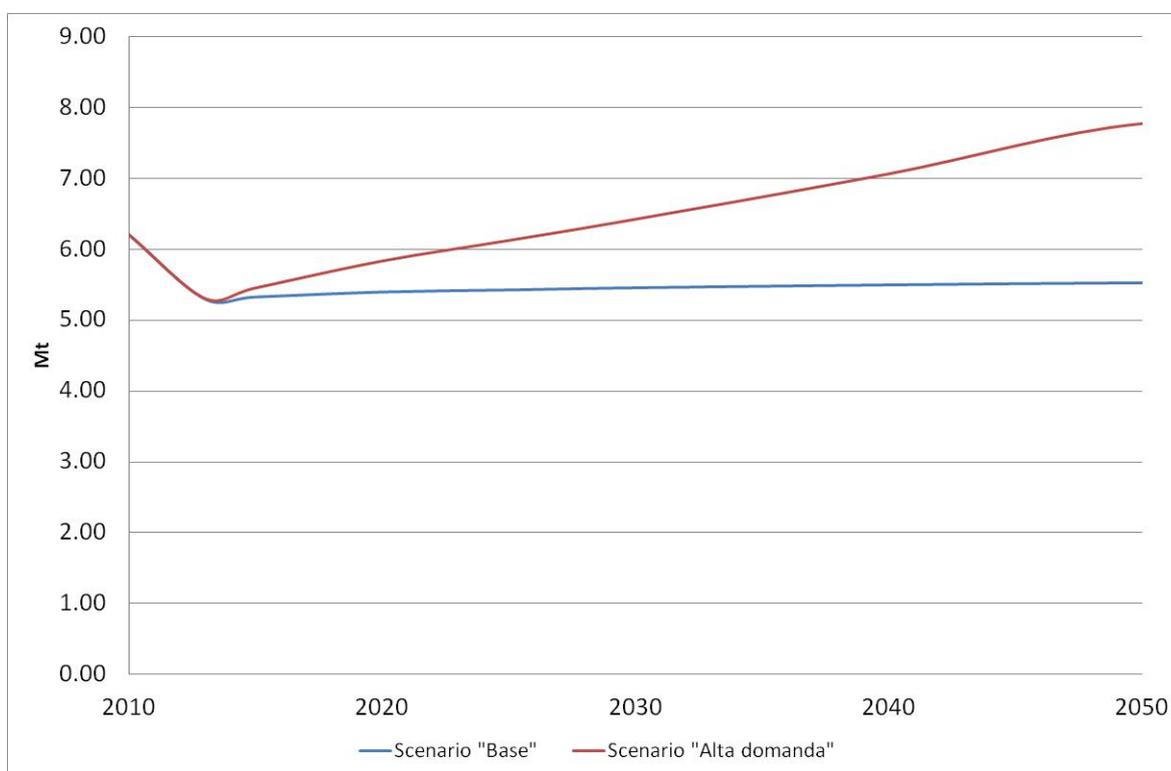


Figura 2.10 – Produzione di piastrelle (Mt)

c) Ceramica sanitaria e stoviglieria

La fabbricazione di ceramica sanitaria, da tavola e porcellana, segue un processo produttivo simile a quello di tutti gli altri prodotti ceramici; quella sanitaria si differenzia però nel fatto che la smaltatura viene applicata direttamente sulla superficie di argilla cruda, passando solo in una fase successiva alla cottura in forno con temperatura normalmente tra circa 1200 – 1210 ° C per porcellana vetrificata e al circa 1220 ° C per terra refrattaria.

¹⁰ Commissione Europea, “Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry”, Agosto 2007

¹¹ Confindustria Ceramica, 2010 “Indagini statistiche sull’industria italiana”

Per la ceramica sanitaria in media i consumi elettrici per l'intero ciclo produttivo sono pari a 2.3 GJ/t di prodotto finito, mentre per la ceramica da tavola e porcellana il consumo è pari a 4.5 GJ/t di prodotto finito.

Ai fini dell'applicazione modellistica, per necessità di semplificazione, tra le due tipologie di prodotti ceramici, è stata implementata nel modello solo quella sanitaria, ovvero quella più rappresentativa dal punto di vista del volume della produzione: ceramica sanitaria 87% – ceramica da tavola 13%, a fronte di un totale nazionale pari a circa 100,000 t/anno ¹¹.

In Figura 2.11 è stata riportata la produzione di ceramica sanitaria relativa ai due scenari considerati.

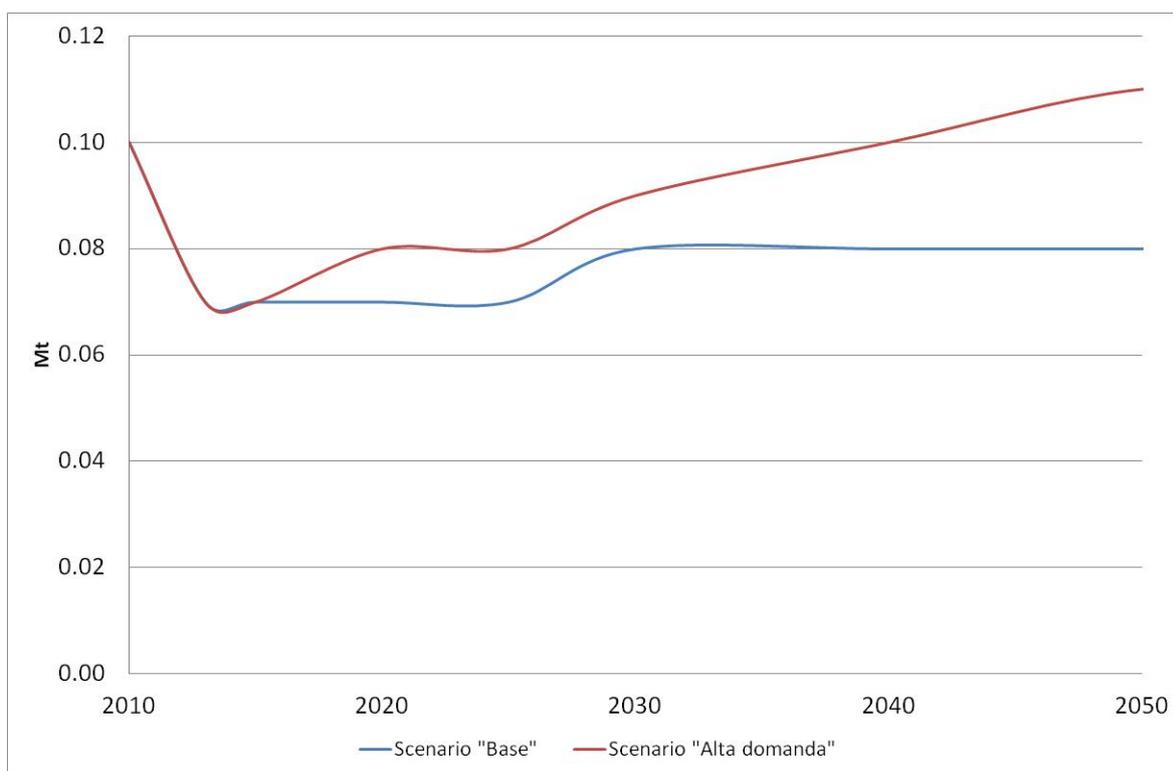


Figura 2.11 – Produzione di ceramica sanitaria (Mt)

Produzione di vetro

¹²In generale, il ciclo di produzione del vetro industriale può essere schematizzato come mostrato in Figura 2.12:

¹²“Linee guida per l'applicazione della direttiva europea IPPC 96/61/CE all'industria del vetro ed alla produzione di fritte”, 2006

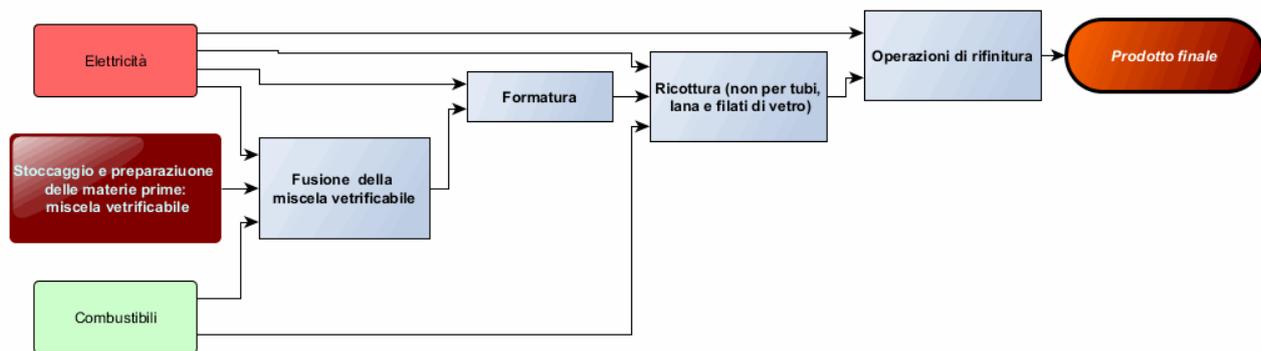


Figura 2.12 – Processo di produzione del vetro

L'industria del vetro é caratterizzata da elevati consumi energetici, dovuti principalmente al processo di fusione che può assorbire da un minimo del 50 % a circa l'80 % dei consumi totali.

Allo scopo di aumentare l'efficienza termica del processo di fusione l'aria comburente viene preriscaldata a spese del calore dei fumi di combustione. I sistemi di preriscaldamento possono essere di tipo *recuperativo*, ovvero con recupero di calore mediante scambiatori metallici o ceramici (forni Unit Melter), o di tipo *rigenerativo*, dotati di camere in materiale refrattario per il recupero di calore (rigeneratori).

I forni a rigenerazione sono di due tipi:

- Forni di tipo End Port: Forni dotati di camere di rigenerazione posteriori e fiamme ad U (bruciatori posteriori).
- Forni di tipo Side Port: Forni dotati di camere di rigenerazione laterali e fiamme trasversali (bruciatori laterali).

Altri consumi energetici importanti sono relativi alla fase di ricottura del vetro, alla movimentazione di aria compressa di processo o ventilata di raffreddamento mediante ventilatori, al riscaldamento dei locali, ecc.

Nonostante le aziende vetrarie italiane siano caratterizzate da consumi energetici specifici, riferiti ad una tonnellata di vetro prodotto, tra i più bassi d'Europa, i valori sono compresi in un intervallo relativamente ampio. Ciò è dovuto, a differenza dagli altri Paesi Europei, alla presenza di numerosi forni di piccola e media dimensione, nonché all'uso di un numero significativo di forni della tipologia a recupero di calore (Unit Melter), caratterizzati da più elevati consumi energetici.

In Italia, l'80 % circa della produzione di vetro industriale é ottenuta mediante combustione con metano.

L'impiego di altro combustibile fossile si limita all'uso di olio a basso tenore di zolfo (contenente circa 1 % di S).

L'energia elettrica viene impiegata sia per l'alimentazione di ventilatori, compressori e per altri servizi, che per fornire calore ausiliario durante la fusione, sottoforma di "boosting elettrico".

Il riscaldamento totalmente elettrico per il processo di fusione del vetro é limitato alla produzione di vetri speciali (vetro borosilicato, vetro al piombo, vetro opale, vetro sodico-calcico di elevata qualità) e per capacità produttive ridotte (5-150 t/giorno).

In particolare, a titolo di esempio, verranno descritti di seguito i cicli industriali per la produzione di vetro cavo e piano.

a) Processo di produzione del vetro piano

Le materie prime principalmente impiegate sono:

- Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate
- Fondenti carbonato di sodio
- Stabilizzanti silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite

-
- Affinanti solfato di sodio, solfato di calcio e, per particolari produzioni, nitrato di sodio, carbone, (loppe di altoforno)
 - Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione.

I forni di fusione utilizzati nel settore del vetro piano sono, in genere, di grandi dimensioni (300-400 m²), hanno capacità produttive fino a 600-700 t/giorno ed una vita di 10-12 anni.

Per la produzione di vetro laminato e stampato vengono utilizzati forni più piccoli, da 150-200 t/giorno.

I forni, in generale, sono dotati di camere di rigenerazione laterali. I bruciatori in questo caso, in numero adeguato alla superficie del forno, producono fiamme trasversali allo stesso (Forni Side Port).

Il combustibile impiegato può essere il metano o l'olio. La temperatura massima nella zona di fusione è di circa 1600 °C. Lungo l'asse del forno la temperatura viene successivamente abbassata fino a circa 1100 °C per raggiungere una viscosità del vetro che ne permetta la colata.

Con il processo *Float*, il vetro viene quindi versato su un bagno di stagno fuso, sul quale galleggia, e viene tirato verso la zona di ricottura.

Nel caso della produzione di laminato, il vetro opportunamente raffreddato viene fatto passare tra due rulli che ne determinano lo spessore e ne imprime l'eventuale decorazione.

Il forno di ricottura viene normalmente alimentato a metano oppure con energia elettrica. La fase di ricottura prevede che il vetro venga portato alla temperatura di 550 °C e raffreddato lentamente in condizioni controllate allo scopo di eliminare le tensioni introdotte nella massa vetrosa durante il processo di formatura. In questa fase il vetro mantiene la sua forma e non subisce alcuna modifica della composizione chimica.

All'uscita del forno di ricottura, il vetro viene ispezionato, tagliato automaticamente in lastre ed inviato al magazzino.

Più di tre quarti dell'energia utilizzata negli impianti di vetro piano viene speso per vetro fusione. La formatura e la ricottura prende un ulteriore 5% del totale. L'energia rimanente viene utilizzata per i servizi, sistemi di controllo, illuminazione, riscaldamento della fabbrica e processi finali come l'ispezione e l'imballaggio.

Il consumo energetico specifico dipende fortemente dalle dimensioni del forno; un forno con più di 800 tonnellate/ giorno di vetro fuso richiede circa il 10 – 12% in meno di energia rispetto ad un forno producendo circa 500 t / giorno. L'invecchiamento del forno comporta un aumento del consumo di energia equivalente 1 – 1,3% per anno in media. All'interno dell'Unione Europea i livelli di energia per la fusione sono in genere tra 5,2 e 8,7 GJ / t di vetro fuso, principalmente a seconda delle dimensioni e dell'età dell'impianto, con un valore medio di 7.5 GJ / tonnellata di vetro. L'energia specifica richiesta per il processo nel suo complesso è generalmente inferiore a 8,0 GJ / t.

b) Processo di produzione del vetro cavo

Le materie prime principalmente impiegate sono:

- Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate
- Fondenti carbonato di sodio e piccole quantità di carbonato di potassio
- Stabilizzanti allumina, silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite, carbonato di bario
- Affinanti solfato di sodio, solfato di calcio, nitrato di sodio o nitrato di potassio, carbone, loppe di altoforno
- Rottame di vetro, proveniente dalla raccolta differenziata e dagli scarti di produzione.

Alcune delle materie prime indicate vengono impiegate solo per la produzione di vetri per uso domestico e vetri tecnici. Il vetro sodico-calcico per la produzione di contenitori impiega normalmente le seguenti materie prime: sabbia, sodio carbonato, calcio carbonato, dolomite, solfato di sodio, loppa, carbone.

I forni di fusione utilizzati nel settore del vetro cavo sono di dimensioni variabili da 10 a 150 m²; hanno capacità produttive comprese tra 20 e più di 500 t/giorno ed una vita media di 8-10 anni, trascorsi i quali si procede alla manutenzione/ricostruzione della struttura in materiale refrattario.

I tipi di forno utilizzati nella produzione di vetro cavo sono Side Port, End Port, Unit Melter, Elettrico.

Il vetro fuso nei diversi tipi di forno viene lasciato defluire verso i canali di alimentazione alle macchine formatrici. In questa fase il vetro si omogeneizza termicamente e si raffredda fino a raggiungere la temperatura necessaria per il processo di *formatura*.

I processi di formatura dei contenitori sono:

- il pressato diretto
- il soffiato – soffiato
- il pressato soffiato.

Nel primo caso, la lavorazione avviene solo mediante pressatura del vetro in un apposito stampo, questo processo può essere utilizzato solo per articoli a “bocca larga”.

Il processo “pressato-soffiato” consiste in una fase iniziale mediante pressatura e successivamente la forma desiderata viene completata mediante soffiatura con aria compressa.

Il processo “soffiato-soffiato” utilizza sia per la fase iniziale che per la finitura dell’articolo in vetro la soffiatura mediante aria compressa.

La scelta del tipo di processo è strettamente legata all’articolo da produrre; il pressato viene utilizzato per la produzione di articoli per la casa (vassoi, coppe, ecc.); il pressato-soffiato è normalmente utilizzato per la produzione di vasellame ma anche per bottiglie; il soffiato-soffiato viene utilizzato per la produzione di contenitori standard e con forme complesse, essendo il processo più versatile tra quelli disponibili.

I contenitori uscenti dalla macchina formatrice vengono inviati al forno di ricottura. Il forno di ricottura viene normalmente alimentato a metano oppure con energia elettrica. Anche nel caso del vetro cavo, la fase di ricottura prevede che il vetro venga portato alla temperatura di 550 °C e raffreddato lentamente in condizioni controllate allo scopo di eliminare le tensioni introdotte nella massa vetrosa durante il processo di formatura. In questa fase il vetro mantiene la sua forma e non subisce alcuna modifica della composizione chimica. All’uscita del forno di ricottura il vetro viene sottoposto ad ispezione automatica e successivamente inviato all’imballaggio ed al magazzino.

La gamma dei consumi energetici riscontrata nel settore è estremamente ampia.

Nel caso della produzione di bottiglie speciali e flaconi per profumi, cosmetici e uso farmaceutico, si ha un più elevato consumo energetico specifico rispetto ai contenitori di vetro tradizionali, con un valore medio pari a circa 15.8 GJ/t prodotto. La temperatura più alta ed il tempo di permanenza maggiore per la fusione del vetro di alta qualità aumentano il consumo energetico. Questi prodotti di vetro sono generalmente prodotti con piccoli forni che sono per natura meno efficienti rispetto alle unità di fusione di grande capacità. In aggiunta, per questi prodotti, l’energia è necessaria per le operazioni di finitura specifici, come la lucidatura e la smaltatura.

Il consumo termico relativo al ciclo di produzione del vetro cavo tradizionale risulta pari ad un valore medio di 6.9 GJ¹³/per tonnellata di vetro fuso; mentre i consumi elettrici variano in un intervallo pari a 0.6 – 1.5 GJ/per tonnellata di vetro fuso.

L’energia elettrica è un importante fattore di costo per le Aziende vetrarie, con un’incidenza variabile dal 20% ad oltre l’80%¹⁴ per le Vetrerie che utilizzano forni elettrici. Il costo dell’energia elettrica per l’Industria italiana del Vetro rimane una parte importante del costo energetico complessivo, il quale nel 2010 ha inciso per il 21,2% sui costi di produzione complessivi. Nei forni tradizionali, che utilizzano gas naturale o olio combustibile, l’elettricità è diffusamente utilizzata nei processi di produzione del vetro, e principalmente sotto forma di “boosting elettrico” (elettrodi immersi nella miscela vetrificabile), nei processi a valle della fusione sulle linee di produzione (macchine produttrici di bottiglie, macchine pressatrici, macchine

¹³ Commissione Europea, Joint Research Centre, 2013 “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass”

¹⁴ ASSOVETRO

soffiatrici, ventole, compressori, ecc.) e nelle fasi post-processo (come nel caso della produzione delle lane di vetro e nel processo di produzione delle fibre di vetro).

Inoltre, nell'Industria del Vetro vi sono Aziende che utilizzano esclusivamente forni elettrici, presentando molti elementi di analogia con altri settori (ad esempio il processo di produzione di alluminio), che sono stati invece considerati "eleggibili" ai fini della riduzione dei costi delle emissioni di carbonio nelle aste ETS.

Infine, l'impiego in misura rilevante dell'energia elettrica riguarda anche numerose lavorazioni che avvengono a valle del processo di fusione e che caratterizzano particolarmente il settore di appartenenza, come accade nella produzione di vetro per auto, la cui lavorazione avviene direttamente a fine linea e che richiede un notevole impiego di energia.

In generale, nell'esercizio modellistico, si è deciso di rappresentare la fase di fusione facendo le seguenti ipotesi tecnologiche:

- con un forno ipotetico rigenerativo del tipo Side Port, nel caso del vetro piano;
- con un forno recuperativo e rigenerativo (End Port), nel caso del vetro cavo;
- come per il vetro cavo, con l'aggiunta di un forno elettrico per il vetro tecnico.

In particolare, per tutti i prodotti di vetro e per ciascun tipo di forno preso in considerazione, sono stati ipotizzati due tipi di sistemi di abbattimento per il contenimento delle emissioni di ossidi di azoto e polveri, di qualità standard o di qualità superiore con applicazione di BAT, ed inoltre è stata anche prevista una tecnologia generica per il forno di ricottura e per le operazioni di finitura.

Si riporta nel grafico sottostante l'andamento della produzione totale di vetro negli anni di scenario. In questo settore si prevede la ulteriore crescita della produzione rispetto ai massimi storici. L'ipotesi è plausibile visti gli elevati valori di import-export e la competitività dell'industria nazionale, ma non è scontata.

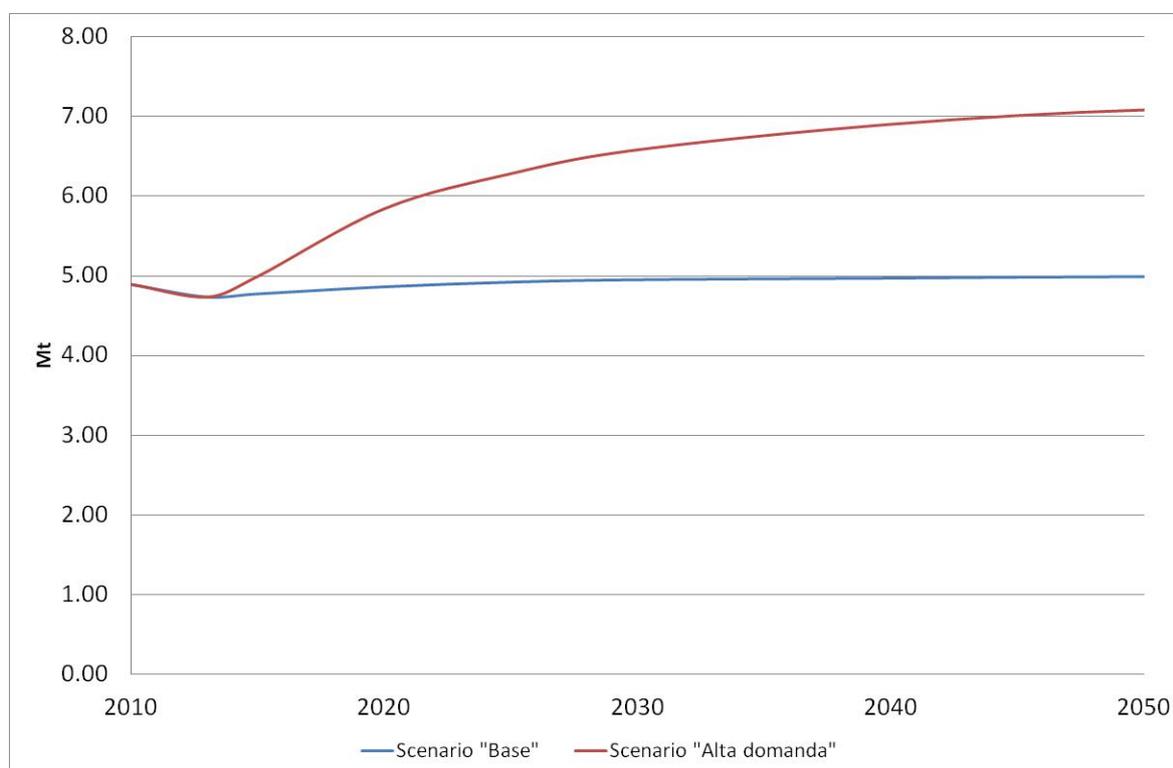


Figura 2.13 – Produzione totale di vetro (cavo, piano e tecnici) (Mt)

2.3.3 Carta

¹⁵La produzione di carta può essere divisa in due fasi principali: la produzione di fibra e la realizzazione del foglio.

La fibra viene ottenuta tramite estrazione dal legno, una materia prima naturale, rinnovabile e ricca di cellulosa, oppure viene recuperata attraverso il riciclo della carta da macero:

- La fibra vergine viene estratta per via chimica, termica e meccanica. I diversi processi portano ad un diverso grado di purezza ed a proprietà chimiche, meccaniche ed ottiche differenti.
- Il *macero* (detto anche fibra di recupero) rappresenta una carta che è già servita per lo scopo per il quale è stata fabbricata e che viene riutilizzata nel ciclo produttivo. Viene ottenuta con due diversi processi, a seconda che sia necessario, o meno, rimuovere gli inchiostri presenti sulla superficie del foglio. Inoltre il macero per essere idoneo al riutilizzo necessita di un trattamento di elementarizzazione: in questa fase è fondamentale eliminare i materiali estranei, chiamati contaminanti, come plastica, vetro, ferro, colle, paraffina.

Le materie prime fibrose che formano il supporto cartaceo vengono poi integrate con varie sostanze ausiliare che conferiscono alla carta determinate caratteristiche desiderabili.

In aggiunta, nelle produzioni di carte bianche, le paste sia chimiche che meccaniche, subiscono anche una fase di imbianchimento, per rimuovere il colore associato con i residui rimanenti di lignina. Per la sbianca si utilizzano in genere due processi condotti in assenza di cloro gassoso (cellulose ECF – ovvero ottenute senza l'impiego di cloro gassoso) o in totale assenza di derivati del cloro (TCF – ovvero ottenute senza l'impiego di cloro gassoso e derivati del cloro).

Infine, la produzione del foglio di carta avviene normalmente per mezzo di macchine apposite, chiamate “*macchine continue*”, in quanto funzionano senza interruzione giorno e notte e sono formate da una serie di elementi collegati tra loro. Tale produzione si differenzia in funzione della grammatura. Sotto i 150 grammi per metro quadro si parla di carta, sopra si parla di cartoni.

Nel grafico sottostante si riporta schematicamente il ciclo di produzione “*integrato*” della carta, ovvero comprendente anche la fase di produzione della pasta di carta.

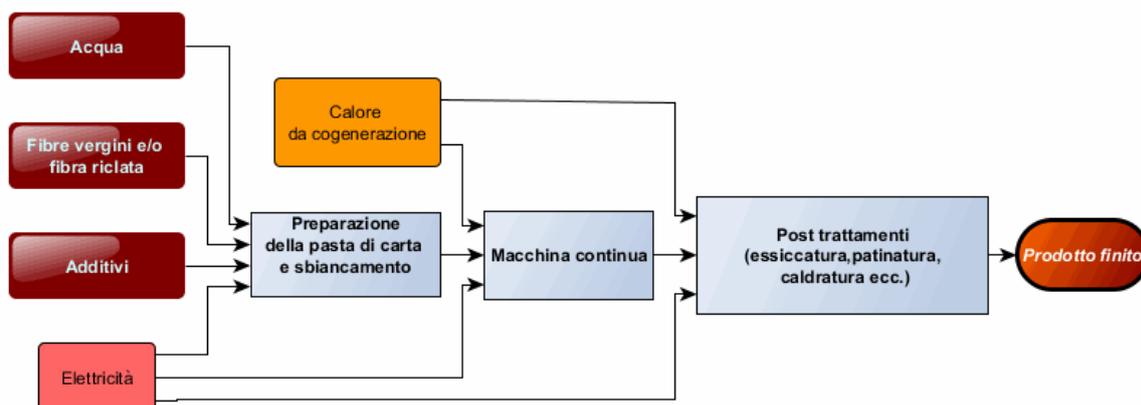


Figura 2.14 – Processo integrato di produzione della carta

Ai fini modellistici, il processo di produzione della carta è stato schematizzato e suddiviso in tre fasi:

1. produzione di pasta grezza

¹⁵Commissione Europea, Aprile 2010 “Integrated Pollution Prevention and Control Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry”

-
2. processo di sbiancamento
 3. produzione di varie tipologie di carta

Per la fase iniziale è stata implementata un solo tipo di tecnologia (metodo al solfito), in condizioni standard e con applicazione di BAT. Inoltre, è stato previsto un modulo di processo per tener conto dell'importazione di pasta di carta, considerato che tale apporto supera l'87% in media nella produzione nazionale¹⁶.

Per la fase intermedia sono stati ipotizzati due processi, uno relativo alla sola pasta di carta proveniente da fibra vergine ed un altro relativo alla stessa pasta di carta ma integrata con materiale da macero da recupero.

Infine, per l'ultima fase in cui è stato strutturato il processo produttivo, sono state implementate diverse tecnologie in funzione delle diverse categorie di carta esistenti (stampa di quotidiani, usi igienici e sanitari, fabbricazione di cartone ondulato, prodotti per imballo ecc.).

Il processo di produzione della carta richiede ingenti quantità di energia soprattutto nella fase di raffinazione della fibra e dell'essiccamento del foglio. Complessivamente il consumo elettrico medio risulta pari a 740 kWh/Adt per un impianto integrato di produzione di carta, mentre il consumo termico è di circa 14.4 GJ/ tonnellata essiccata all'aria (ADT).

In particolare è previsto in futuro un aumento del consumo specifico di energia elettrica per la produzione della cellulosa dovuto a:

- requisiti di qualità più elevati per la carta (maggiore consumo di energia elettrica in meccanica triturazione e asciugatura delle vernici);
- aumento della velocità di macchine per la carta;
- nuove tecnologie di stampaggio e di essiccazione che riducono il consumo di calore (per esempio, elettrico, essiccatori a infrarosso) ma aumentano i consumi di elettricità;
- requisiti ambientali serrati e processi di conseguenza più complicati (nuovi metodi di sbiancamento, trattamento delle acque reflue, e la pulizia dei gas di combustione);

La ricerca dei migliori rendimenti e la riduzione degli sprechi sono bilanciati dall'introduzione di tecnologie sempre più sofisticate che consentono maggiori velocità produttive; inoltre sono sempre più presenti processi automatizzati e sistemi di controllo e monitoraggio, per lavorare nel miglior modo possibile la carta in modo da ridurre il più possibile le richieste di materie prime di pregio.

L'Italia per recuperare efficienza energetica, ha investito massicciamente nell'autoproduzione di energia elettrica e calore (attraverso sistemi di cogenerazione) in questo modo ha ridotto il fabbisogno di fonti primarie ed ha permesso di investire sulle fonti energetiche alternative. Le emissioni in aria sono state limitate anche grazie all'impiego nelle proprie centrali termiche di combustibili a minore impatto, in particolare gas naturale.

A livello nazionale ed in termini percentuali, le produzioni maggiori sono quelle relative alla fabbricazione di cartone ondulato (34%), all'editoria, grafica, cartolibreria (28%) ed infine alla produzione di carta per imballaggio (12%).

Si riporta nella Figura 2.15 l'andamento della produzione complessiva di carta. Si noti come lo scenario "alta domanda" consideri un'ulteriore espansione della produzione nazionale, possibile ed auspicabile, ma niente affatto scontata vista la sempre maggiore concorrenza nel mercato dei prodotti finiti dei paesi che producono la pasta di carta.

¹⁶ ASSOCARTA, 2013 "Industria cartaria nel 2012"

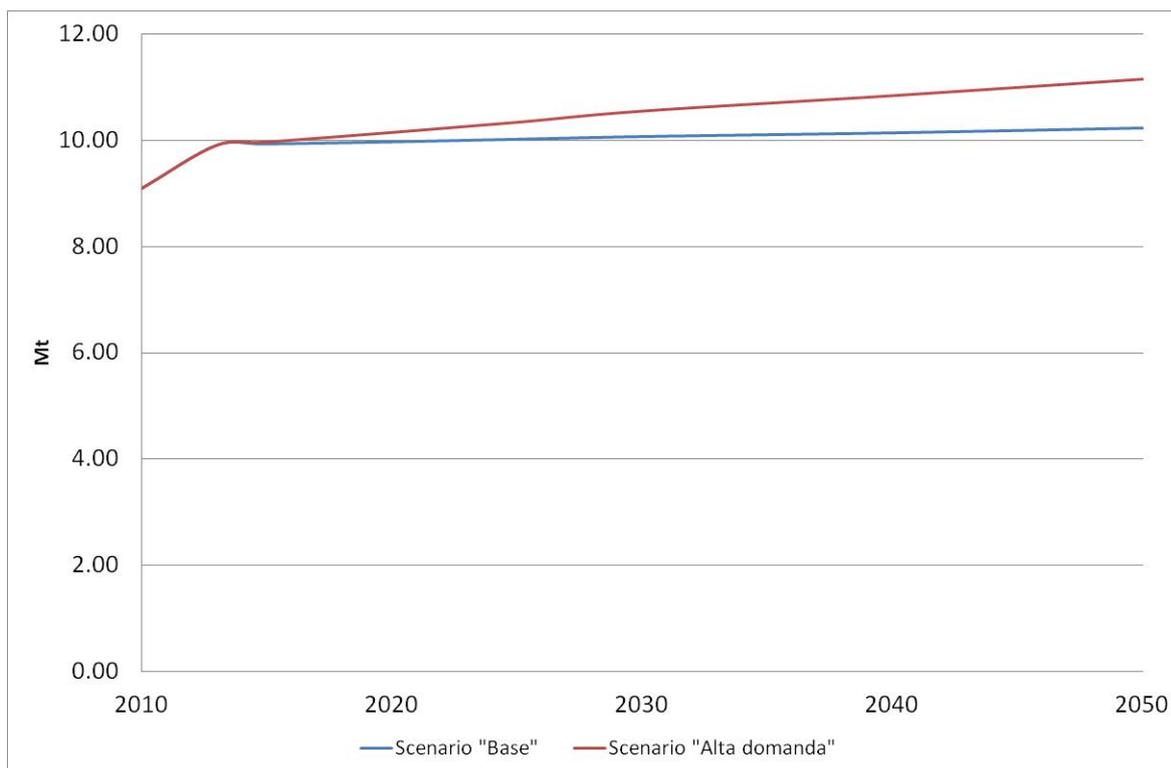


Figura 2.15 – Produzione di carta (Mt)

2.3.4 Acciaio

La produzione dell'acciaio costituisce uno dei settori industriali più energivori nel sistema produttivo nazionale, sia che si prenda in considerazione il ciclo di produzione siderurgico che quello condotto con l'utilizzo di forni elettrici.

Ai fini modellistici si sono rappresentati schematicamente entrambi questi cicli di produzione in modo da poter valutare come il passaggio da una catena produttiva all'altra possa influenzare la domanda di energia nazionale negli anni a venire. Le informazioni sui cicli produttivi e sulle tecnologie in uso e disponibili sono state tratte in gran parte dal *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production* pubblicato nel 2013 dalla Commissione europea – Joint Research Centre – Institute for prospective technological studies¹⁷.

Il ciclo di produzione dell'acciaio siderurgico o integrale è particolarmente complesso. Le materie prime principali utilizzate per la produzione di acciaio a ciclo integrale, passando attraverso la produzione di coke (in cokeria) e di ghisa (in altoforno), sono i minerali di ferro e i carboni fossili, unitamente ad altre materie prime e ausiliarie (come ad esempio calcare, dolomite, calce, ecc). Minerali di ferro e carboni sono essenzialmente materiali di importazione che arrivano agli stabilimenti a ciclo integrale in Italia via mare.

La materia prima principale per la produzione di acciaio a forno elettrico è invece costituita dai rottami ferrosi che derivano in parte da scarti provenienti direttamente dai processi di produzione, ma soprattutto dai prodotti in acciaio che hanno terminato il loro ciclo di vita. I rottami vengono parzialmente utilizzati anche nel convertitore a ossigeno in aggiunta alla ghisa proveniente dall'altoforno nel ciclo integrale. Mediante l'apporto di energia, nel forno elettrico e nel convertitore a ossigeno, il rottame ferroso e la ghisa (proveniente dall'altoforno) si trasformano in acciaio che viene successivamente affinato per raggiungere la qualità desiderata e poi sottoposto a ulteriori lavorazioni/trasformazioni.

¹⁷ <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/i&s.html>

Per ciascuno stadio del processo produttivo sono state definite diverse alternative che differiscono per efficienze energetiche e di consumo di materia e che rappresentano il quadro delle tecnologie attualmente disponibili. In particolare per quanto concerne i laminatoi, nel modello ne sono stati definiti dieci tipi diversi per tenere conto sia delle alternative tecnologiche che dei diversi tipi di acciaio prodotto (*coils*, *pipes*, *rods* e *sections*) ciascuno dei quali caratterizzato da un proprio andamento della domanda.

Nel presente esercizio modellistico, il ciclo di produzione integrato è stato schematizzato come in Figura 2.16.

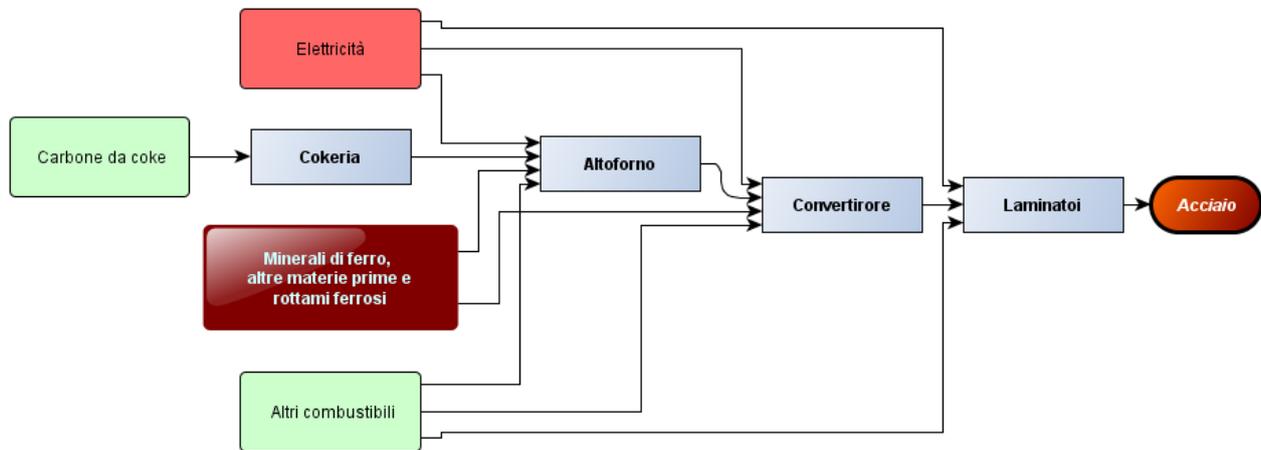


Figura 2.16 – Schema semplificato della produzione integrata di acciaio

Considerando tale schema i consumi di elettricità più consistenti sono a carico del passaggio finale del processo di produzione, rappresentato nel modello dai laminatoi, i cui consumi specifici variano, a seconda della tipologia di acciaio prodotto e delle tecnologie di lavorazione considerate, come rappresentato nel grafico in Figura 2.17.

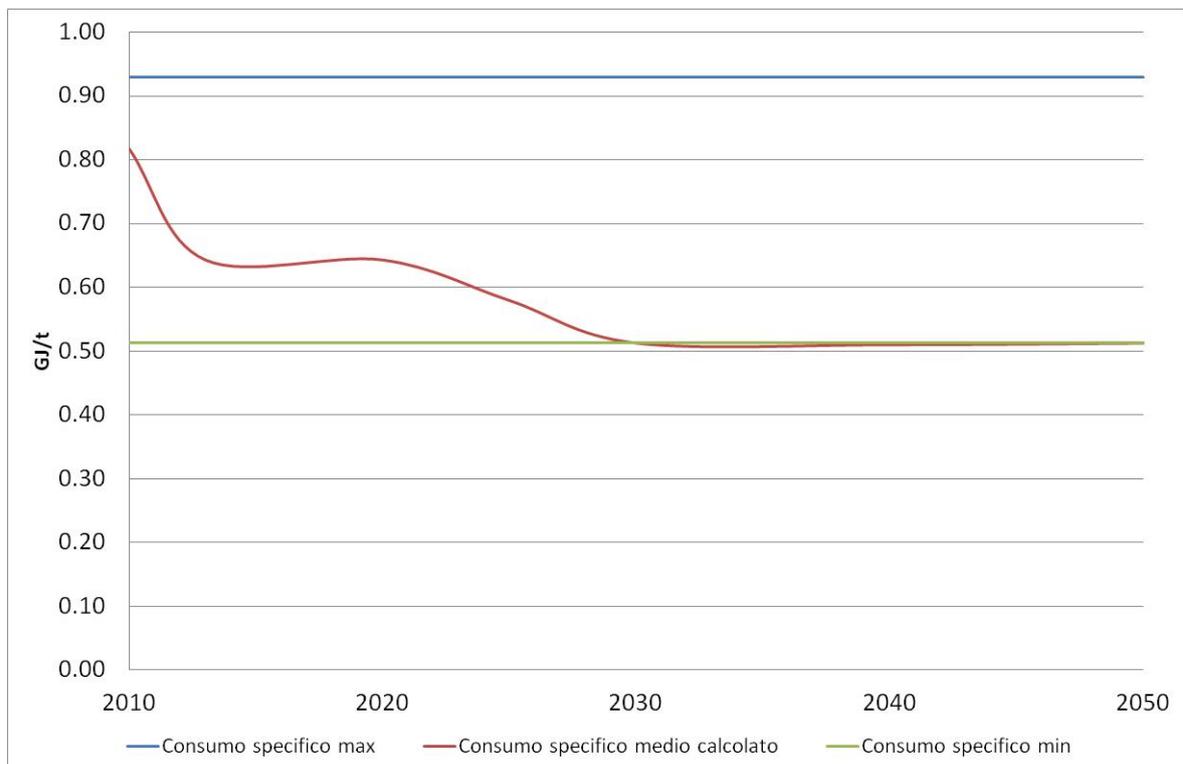


Figura 2.17 – Laminatoi acciaieria integrata: consumi specifici di elettricità (GJ per tonnellata di acciaio prodotto)

Il ciclo di produzione dell'acciaio elettrico è invece stato schematizzato come in Figura 2.18.

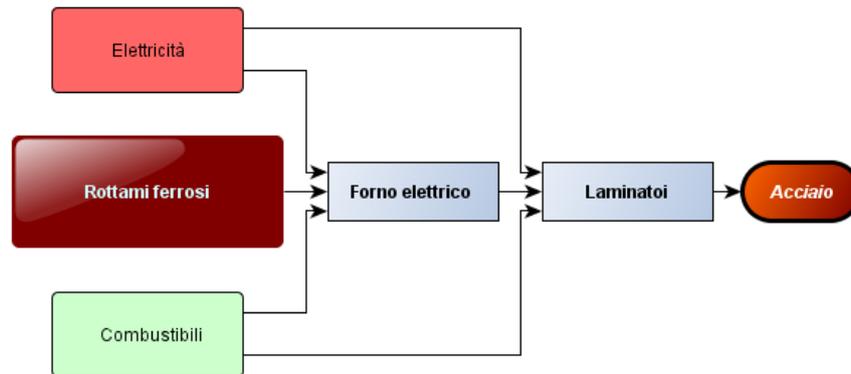


Figura 2.18 – Schema semplificato della produzione di acciaio a forno elettrico

Ovviamente, in tale processo produttivo i maggiori consumi di elettricità sono a carico del forno elettrico per il quale sono state ipotizzate due diverse tecnologie con consumi specifici di 2.1 e 1.7 GJ per tonnellata di acciaio prodotto.

I laminatoi contribuiscono comunque in modo non trascurabile ai consumi complessivi della produzione. I consumi specifici di questa fase del processo produttivo variano, a seconda della tipologia di acciaio prodotto e delle tecnologie di lavorazione considerate, come rappresentato nel grafico in Figura 2.19.

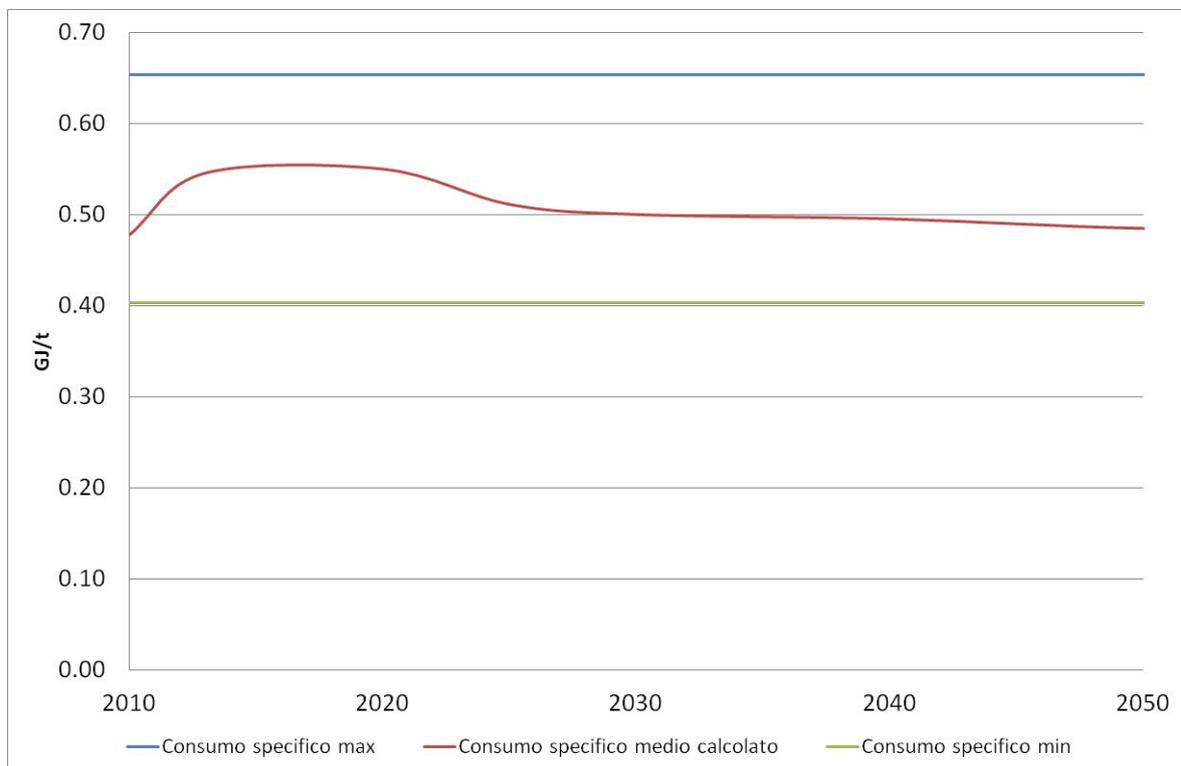


Figura 2.19 – Laminatoi acciaieria elettrica: consumi specifici di elettricità (GJ per tonnellata di acciaio prodotto)

La domanda di acciaio è stata suddivisa in domanda di *coils*, *pipes*, *rods* e *sections* e l'andamento complessivo nei due scenari considerati è rappresentato in Figura 2.20. Come nel caso del cemento lo scenario non include solo ipotesi di evoluzione del valore aggiunto settoriale ma anche alcune considerazioni sulla probabile evoluzione dell'industria nazionale. Infatti non è previsto il ritorno ai livelli produttivi

massimi pre-crisi di circa 32 Mt neanche nello scenario “alta domanda”, sulla base di una serie di considerazioni sull’evoluzione recente del settore, in particolare degli impianti a ciclo integrato. Lo scenario base riflette il recente andamento del settore, che sembra stabilizzarsi su una produzione annuale di circa 24 Mt .

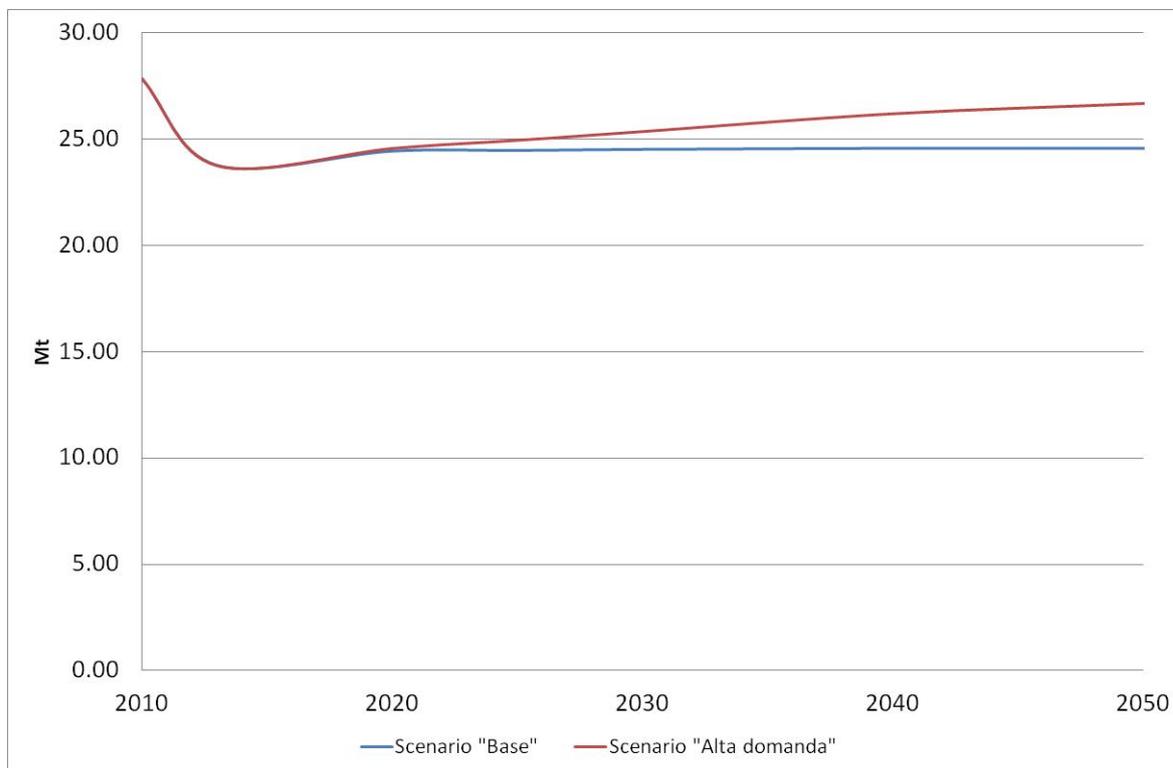


Figura 2.20 – Andamento della domanda totale di acciaio nello scenario base e nello scenario alta domanda

2.3.5 Metalli non ferrosi

Questo settore, nella realtà piuttosto eterogeneo, è stato diviso in tre linee di attività ai fini modellistici: alluminio primario, alluminio secondario e altre produzioni. La produzione di alluminio primario è in drastica diminuzione negli ultimi anni in Italia e non vi sono ragionevoli indicazioni che possa andare incontro a importanti sviluppi negli anni a venire, per tale motivo è stato definito un solo processo produttivo con efficienza costante lungo tutto il periodo di simulazione. Per l’alluminio secondario e le altre lavorazioni sono invece stati definiti due processi, a bassa ed alta efficienza, tra i quali il modello sceglie in funzione dei vincoli imposti e delle domande da soddisfare.

Come fatto in generale per gli altri settori, mentre per le produzioni di alluminio primario e secondario la domanda è stata definita come quantità fisica, per le altre lavorazioni si è preferito definire la domanda in termini di valore aggiunto essendo i processi produttivi e i prodotti ottenuti estremamente differenziati.

2.3.6 Chimica

L’industria chimica italiana è composta da una serie di realtà produttive molto diverse tra loro per tecnologie, processi e consumi.

In questo settore rientrano, infatti, tanto le industrie petrolchimiche e della chimica di base, quanto la produzione farmaceutica. In questo esercizio modellistico si è cercato di rappresentare in modo dettagliato i processi responsabili dei consumi più consistenti e per i quali vi fossero disponibili dati e informazioni sufficienti.

Sono quindi stati definiti in modo specifico all’interno del modello i processi e le tecnologie per i quali fosse definibile una specifica *commodity* in output per la quale fossero disponibili nelle statistiche nazionali i dati di produzione fisica negli anni usati per la calibrazione del modello (produzione di etilene, produzione di

urea, produzione di cloro ecc.). La domanda in questi casi è stata definita come quantità fisica della *commodity*.

Considerata però l'estrema frammentazione di alcuni comparti (quale ad esempio quello farmaceutico in cui quasi ciascun sito produttivo è definito da processi e tecnologie peculiari) si è dovuto procedere in tali casi ad una descrizione modellistica aggregata, utilizzando ampiamente le tecnologie orizzontali di cui in premessa. In questi casi la domanda è stata espressa in termini di valore aggiunto.

In linea di massima l'industria chimica italiana è stata suddivisa in due catene principali (chimica organica e chimica inorganica), i cui consumi sono determinati da una domanda fisica di determinate *commodities*, e in una serie di catene semplificate a rappresentazione dei settori o troppo diversificati per essere adeguatamente riprodotti da un modello con le finalità descritte in premessa o al cui riguardo non erano disponibili informazioni sufficientemente dettagliate.

A titolo esemplificativo, si riporta nella Figura 2.21, una semplificazione della catena tecnologica utilizzata per la rappresentazione della chimica organica. Per ognuna delle *commodities* in output alla catena è stata definita una specifica domanda espressa in milioni di tonnellate/anno sia nello scenario base che nello scenario alta domanda.

Ciò che nella figura è indicato semplicemente come "processi di polimerizzazione ed altri processi" è in realtà un insieme di tecnologie strettamente interconnesse attraverso le quali i prodotti del cracking interagiscono per arrivare alla produzione finale di diversi materiali quali gomme e plastiche.

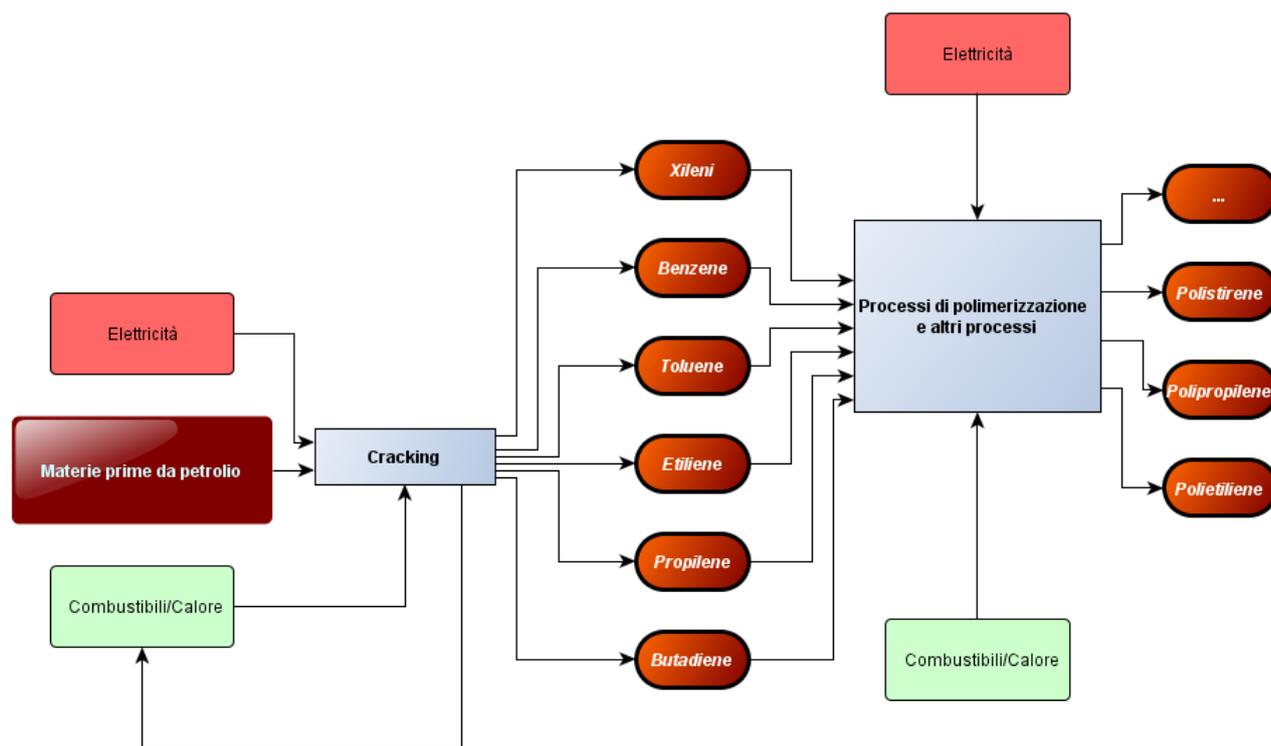


Figura 2.21 – Schema semplificato dei processi dell'industria chimica organica

Le domande finali definite quantitativamente nel modello al termine delle catene di produzione a base organica riguardano i seguenti prodotti:

- benzene
- toluene
- stirene
- polistirene
- polipropilene
- polietilene alta densità (HDPE)

- polietilene bassa densità (LDPE)
- polietilene tereftalato (PET)
- acrilonitrile butadiene stirene (ABS)
- elastomeri

Per quanto riguarda la chimica a base inorganica, i processi risultano meno strettamente correlati, sebbene un ruolo piuttosto importante sia coperto dalla produzione di ammoniaca. Ad ogni modo non è possibile fornire un'unica rappresentazione semplificata dell'intero schema, le cui produzioni servono a soddisfare le domande finali, definite quantitativamente nel modello, dei seguenti prodotti:

- ammoniaca
- urea
- acido nitrico
- nitrato d'ammonio
- cloro
- soda
- fertilizzanti NPK

I consumi energetici delle produzioni non finalizzate ai prodotti per i quali è stata definita una domanda fisica sono state simulate attraverso un processo generale con l'utilizzo delle tecnologie orizzontali ed una produzione di valore aggiunto.

Vista l'estrema eterogeneità del comparto chimico, l'andamento della domanda delle *commodities* prodotte dai diversi processi non è efficacemente rappresentabile, dal momento che le quantità prodotte sono molto diverse tra loro e che alcune produzioni sono rappresentate nel modello attraverso quantità fisiche ed altre come produzione di valore aggiunto. Per fornire un quadro d'insieme dei livelli della domanda ipotizzati nei diversi scenari, si riportano nel grafico in Figura 2.22 gli andamenti espressi della domanda totale di *commodities* del settore espressi come percentuale rispetto ai livelli del 2010.

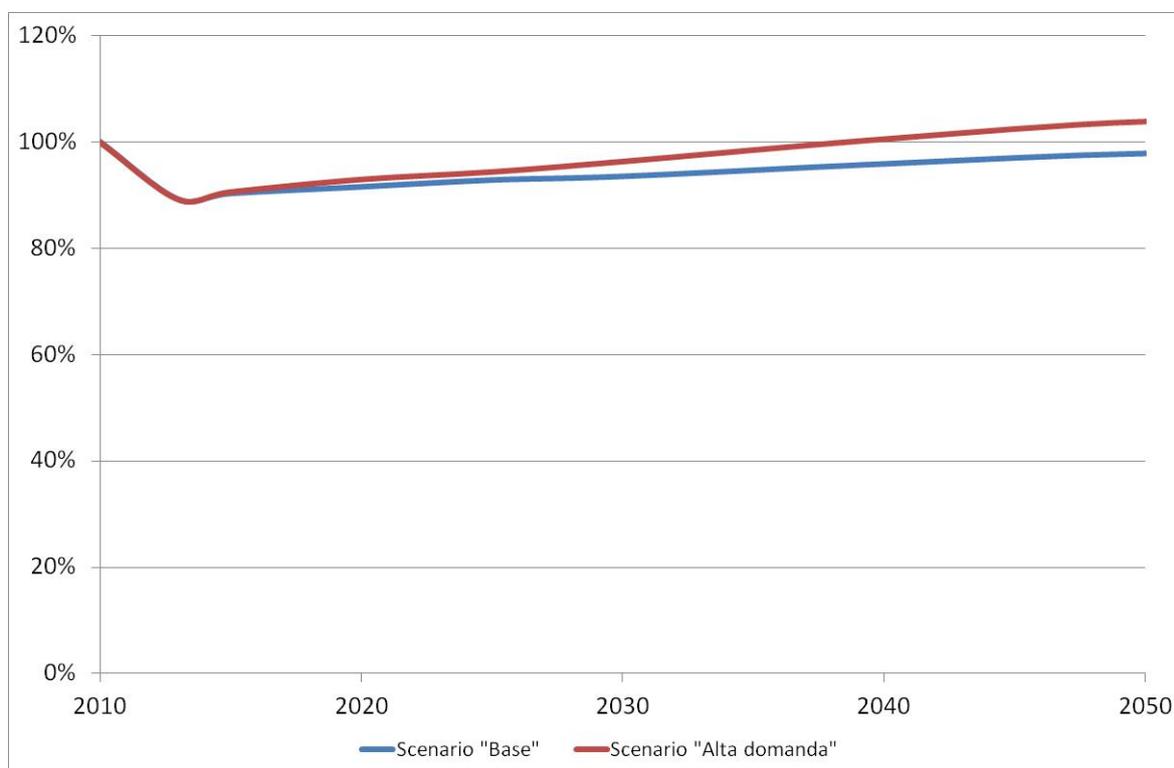


Figura 2.22 – Andamento della domanda finale complessiva di prodotti chimici espressa come percentuale rispetto alle produzioni del 2010

Anche in questo caso gran parte delle informazioni circa i processi, le tecnologie e i consumi energetici sono tratti dai BREF pertinenti¹⁸.

2.3.7 *Meccanica, alimentare, tessile, edilizia, altre industrie*

Questi settori forniscono un contributo molto importante alla produzione industriale italiana, ma sono estremamente frammentati e difficilmente rappresentabili, in un esercizio modellistico, come singole catene tecnologiche specifiche per ogni attività produttiva.

Si è pertanto deciso di descrivere questi settori esclusivamente attraverso l'utilizzo delle tecnologie orizzontali di cui in premessa e di quantificare la domanda finale di ciascuno di essi in termini di valore aggiunto prodotto, sulla base delle informazioni presenti in letteratura e dei dati statistici nazionali sui consumi energetici, sulle produzioni e sugli andamenti dei parametri economici.

All'interno del modello, pertanto, ciascun settore è rappresentato da un unico processo i cui input sono il calore, la movimentazione dei beni, la forza motrice (motori elettrici al servizio delle lavorazioni), l'illuminazione e gli altri usi elettrici non altrimenti specificati. Ognuna di queste commodity è prodotta da una o più tecnologie (ad esempio il calore è prodotto da un insieme di caldaie alimentate da combustibili differenti, nonché dalle centrali elettriche cogenerative) ciascuna delle quali aventi la propria evoluzione lungo il dominio temporale del modello in funzione dei vincoli esogeni imposti e delle scelte operate dal modello stesso attraverso l'ottimizzazione. In questo modo l'evoluzione tecnologica generalizzata si estende ai settori industriali in cui tali tecnologie sono genericamente applicate. In sostanza si ipotizza che l'evoluzione che porterà, ad esempio, ad una maggiore efficienza dei motori elettrici e quindi ad un minor consumo per la produzione dello stesso ammontare di lavoro, avrà i medesimi effetti su tutti i settori interessati.

In tale quadro sono determinanti da un lato le ipotesi fatte circa l'aumento di efficienza delle tecnologie coinvolte, dall'altro l'andamento della domanda finale delle produzioni di tali settori. La Figura 2.23 mostra, a titolo esemplificativo, l'andamento dei consumi delle due tecnologie di produzione di luce industriale negli anni di simulazione del modello. L'andamento è funzione del fatto che ogni tecnologia fa riferimento ad un mix di apparecchi illuminanti, non a specifiche tecnologie o lampade. La tecnologia definita come "standard" riproduce il mix osservato al 2007 e aggiornato al 2010. La tecnologia "alta efficienza" riflette anch'essa un mix dei migliori apparecchi presenti o previsti sul mercato in un determinato periodo di tempo, pertanto non rappresenta la migliore tecnologia tecnicamente possibile. Questa scelta modellistica è dovuta al fatto che l'illuminazione effettivamente utilizzata concilia le necessità più diverse, soprattutto in un contesto industriale, e non è possibile utilizzare o prevedere in futuro l'uso di una sola tecnologia. La progressiva uscita dal mercato delle apparecchiature meno efficienti motiva l'aumento di efficienza della tecnologia definita "standard" nel tempo.

Si sottolinea che l'illuminazione di tipo "stradale", pure molto utilizzata nel contesto industriale, è rappresentata con altre tecnologie, non riportate in Figura 2.23.

¹⁸ Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry;

Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry;

Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Organic Fine Chemicals;

Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Chlor-alkali;

Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers;

Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals;

Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilisers

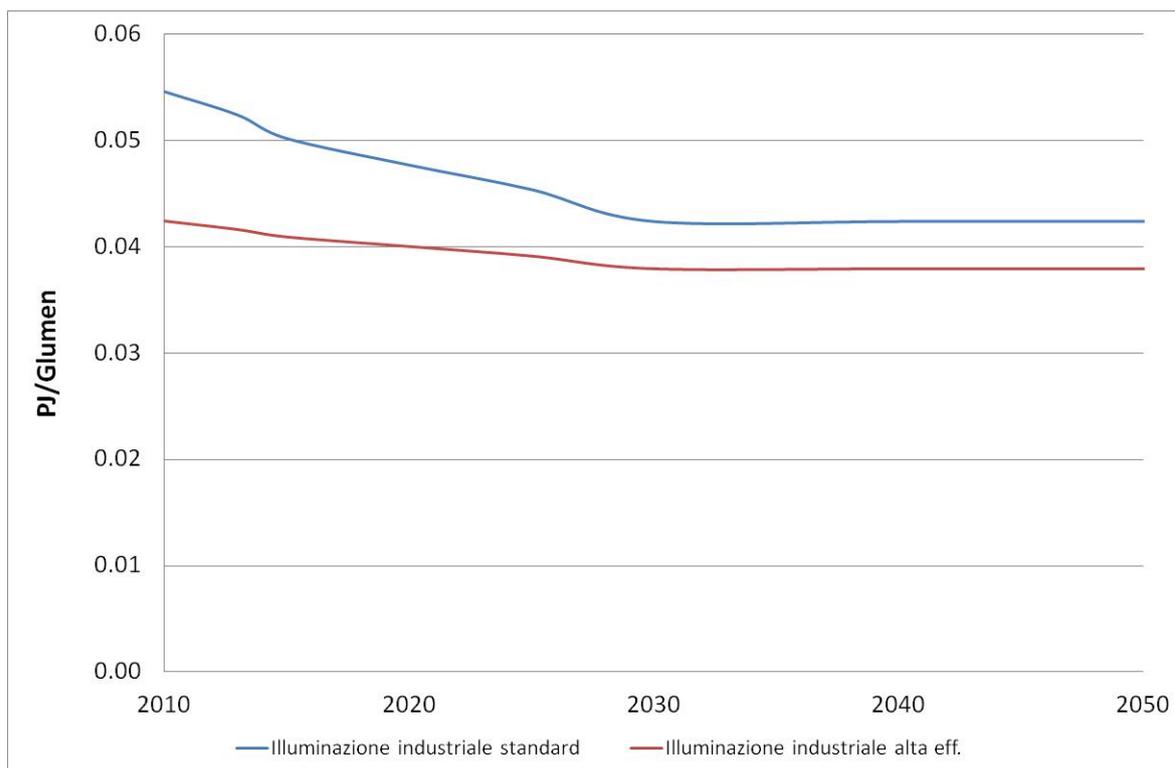


Figura 2.23 – Tecnologie illuminazione industriale: consumi specifici di elettricità per unità di illuminazione prodotta (lumen)

La Figura 2.24 mostra invece l'andamento delle domande dei diversi settori, espresse come percentuale rispetto al 2010, nello scenario base e nello scenario alta domanda.

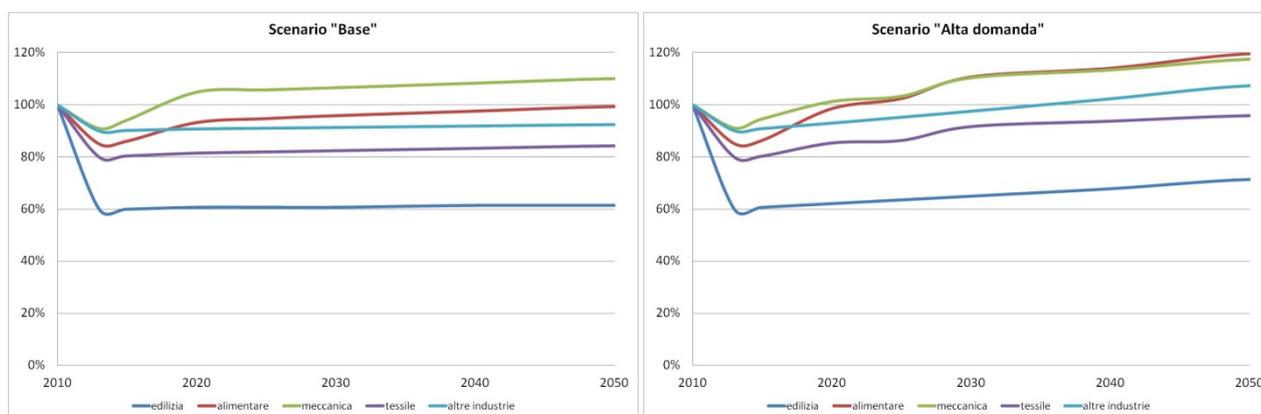


Figura 2.24 – Andamento del valore aggiunto nello scenario base e nello scenario alta domanda per alcuni settori industriali

2.3.8 Raffinerie

Sebbene sia più appropriato trattare la raffinazione tra i processi di trasformazione dell'energia, se si considerano gli schemi tecnologici e le lavorazioni effettuate risulta più efficace includere tale attività all'interno del settore industriale.

La raffinazione ha un ruolo cruciale all'interno del sistema energetico nazionale di cui subisce il processo di profonda trasformazione attualmente in atto riconducibile ad un insieme di cause quali il perdurare della crisi economica, l'andamento dei prezzi internazionali dei combustibili, le politiche ambientali ecc.

Le raffinerie sono quindi ormai non più semplicemente il sito di produzione di una serie di combustibili e di prodotti destinati all'industria chimica ma sono produttori oltre che consumatori di energia termica ed elettrica.

Nell'ambito di questo rapporto i processi di produzione di energia elettrica che avvengono nelle raffinerie sono descritti nel paragrafo 2.1.3 relativo alla generazione elettrica, mentre il presente paragrafo prende in considerazione solo i processi di produzione dei combustibili e dei prodotti destinati agli usi non energetici (industria chimica e delle costruzioni).

Di seguito si riporta in Figura 2.25 uno schema semplificato di come la raffinazione è stata rappresentata all'interno del settore industriale del modello.

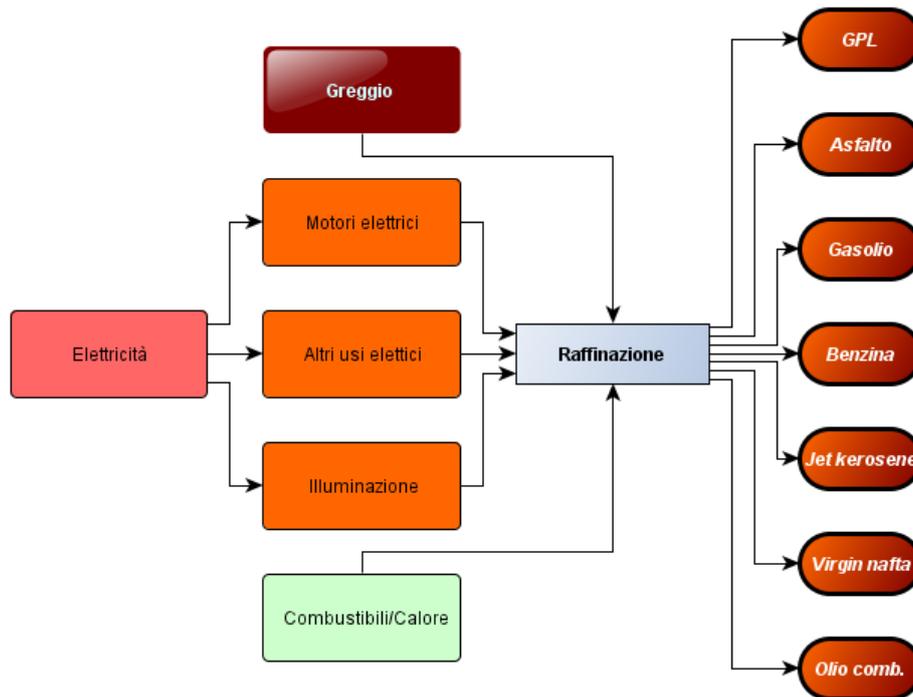


Figura 2.25 – Schema semplificato dei processi produttivi delle raffinerie

Le *commodities* in uscita dalla raffineria non hanno un uso finale, ma costituiscono l'input di altri processi (fondamentalmente produzioni industriali, trasporti ed export), pertanto all'interno del modello non sono state definite le relative domande finali ed i processi sono determinati dalle richieste degli altri processi che si trovano più a valle lungo la catena modellistica.

Quindi, ad esempio, un aumento della domanda finale di polistirene necessiterà per essere soddisfatto di un maggior ingresso di virgin nafta nel processo di cracking che a sua volta richiederà una maggiore produzione di questa *commodity* alla raffineria, determinandone una crescita dei consumi di energia e materie prime.

L'input modellistico per questo settore è quindi costituito sostanzialmente solo dalla definizione delle efficienze dei processi di produzione considerati. Si sottolinea inoltre che per ogni prodotto è prevista anche la possibilità di import, con prezzi allineati alle quotazioni internazionali dei prodotti e proiettati sulla base dei prezzi del petrolio. Pertanto la produzione delle raffinerie è guidata da un complesso equilibrio dei prezzi/produzione dei diversi prodotti determinato dal modello in modo endogeno. La possibilità di produzione di determinati carburanti liquidi o intermedi da altre fonti quali il gas naturale o combustibili solidi quali carbone o biomasse è attualmente implementata solo per il biodiesel.

2.4 Settore residenziale

Il lavoro svolto da ISPRA nell'ambito della collaborazione con TERNA è stato finalizzato a stimare gli impatti sui consumi elettrici nazionali nel medio lungo periodo.

I servizi energetici e la loro domanda nel settore residenziale sono storicamente correlati alla dinamica della popolazione, con particolare riguardo al numero delle famiglie. In Tabella 2-10 è riportata la proiezione del numero delle famiglie è basata sull'andamento della popolazione e del numero medio di componenti a famiglia; entrambi i dati derivano da ISTAT.

Tabella 2-10 – *Andamento del numero di famiglie (milioni)*

	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Famiglie	25.18	25.74	26.20	27.71	28.04	29.98	30.19

Per quello che riguarda i consumi elettrici nel settore residenziale, il modello è stato implementato simulando l'intero parco nazionale degli elettrodomestici, considerando le modalità abituali di funzionamento. Al fine di semplificare la rappresentazione nel modello le diverse tecnologie disponibili o previste per ogni tipologia di elettrodomestico sono state raggruppate in tre tecnologie di riferimento, in generale definibili come standard, nuova e top. Ognuna delle tre tecnologie individuate presenta efficienze in aumento nel tempo, riflettendo la graduale messa fuori mercato delle tecnologie più vecchie ed il progresso tecnologico. Le tecnologie sono attualmente presenti sul mercato e i loro consumi medi considerati nel modello sono quelli indicati nell'etichettatura energetica che li suddivide in classi, passando dalle più energivore classe D-C a quelle più efficienti A+, e A++ e A+++. La scelta tra le diverse opzioni tecnologiche riflette il graduale rinnovo del parco esistente e l'aumento dell'efficienza complessiva. Questa scelta è fatta in modo endogeno dal modello sulla base dei costi degli elettrodomestici più o meno efficienti e dell'elettricità, all'interno di opzioni minime e massime definite dal modellista nei diversi scenari sulla base di ipotesi di sviluppo / commercializzazione delle tecnologie più efficienti.

La domanda di servizi elettrici e relativi consumi è stata implementata per le seguenti categorie di elettrodomestici:

- Intrattenimento;
- Refrigerazione ;
- Cottura cibi;
- Lavaggio stoviglie;
- Asciugatura e lavaggio biancheria;
- Illuminazione;
- Servizi generali per la casa;
- Raffrescamento e riscaldamento;
- Produzione di acqua calda sanitaria.

Il dato tecnologico è stato preso da CESI (2005)¹⁹ e successivi aggiornamenti. Lo sviluppo della domanda è stato elaborato da ISPRA in base all'andamento del numero delle famiglie, che come riportato sopra è il driver principale per sviluppare scenari relativi al settore residenziale. Nel caso dell'esercizio per TERNA si è deciso di mantenere costante questo driver avendo così uno Scenario – *Base* e di sviluppare gli scenari

¹⁹ N. A4521509 - Caratterizzazione delle tecnologie di uso finale dell'energia elettrica presenti e future – *Ciarnello, Curcio, D'Ermo, Santi*, CESI RICERCA 2005

agendo principalmente sul numero di apparecchi per i settori altro intrattenimento, frigoriferi, lavastoviglie e lavatrici e sullo *shift* verso tecnologie più efficienti in generale per tutte le altre tecnologie .

Tutte le ipotesi di scenario sono state concordate con TERNA e le principali assunzioni fatte per i due scenari sono riportate di seguito:

- Scenario – Alta domanda: dove è stato previsto un aumento della domanda ed un rinnovo delle apparecchiature domestiche con una scelta verso quelle con efficienza media (A – A⁺);
- Scenario – Alta Efficienza: dove si è prevista una domanda pari a quella dello Scenario *Base* e un rinnovo di apparecchi con efficienza energetica alta (A⁺ – A⁺⁺)

2.4.1 Altro intrattenimento

In questo settore sono inseriti i consumi dovuti ad apparecchi eterogenei tra loro come videoregistratori, videocamere, sistemi HI-FI, personal computer, segreterie, fax, ecc.. I consumi specifici di ogni apparecchio sono quelli riportati nel documento CESI (2009)²⁰. La domanda è stata calcolata ipotizzando due sviluppi diversi uno più moderato Scenario – Base ed uno più spinto Scenario – Alta domanda, gli apparecchi che maggiormente guidano i trend sono i tablet e gli e-reader. Per ciò che riguarda invece i consumi è stata ipotizzata una sola “classe tecnologica media”.

In Figura 2.26 sono riportati i trend degli scenari considerati

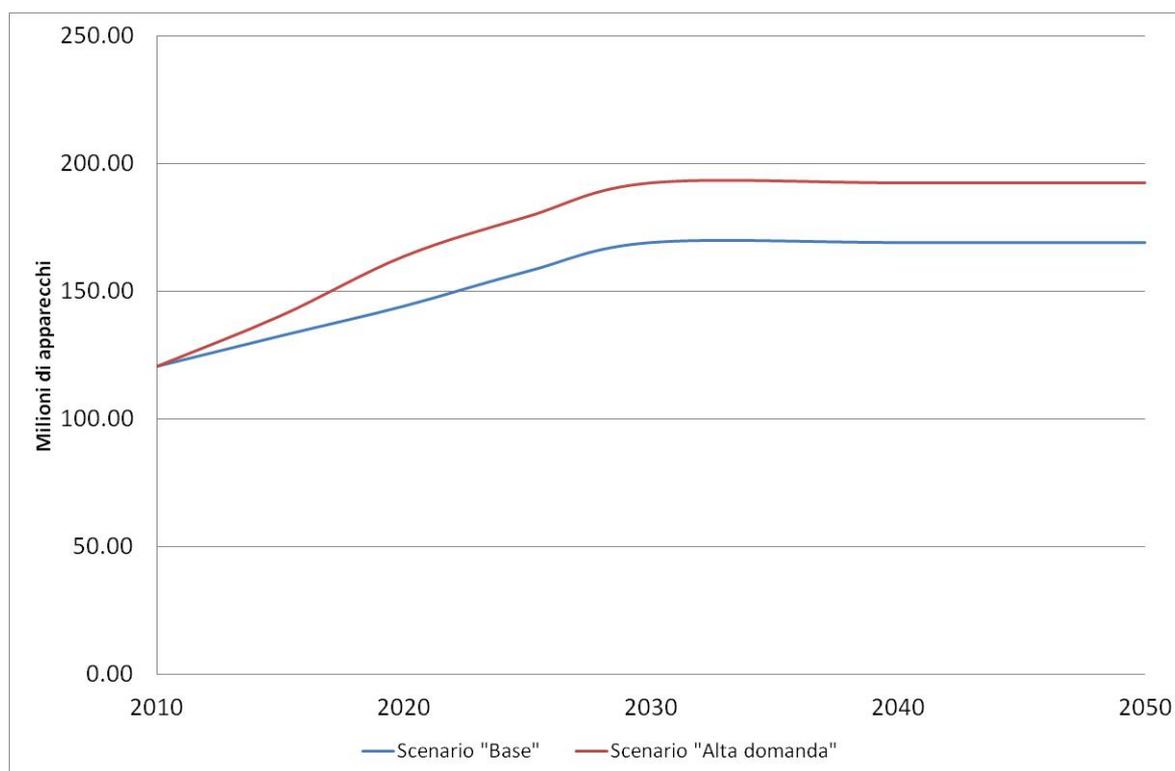


Figura 2.26 – *Andamento numero di apparecchi per “Altro intrattenimento”*

Rispetto ai dati riportati nei documenti RSE si è ipotizzato per lo scenario *Alta efficienza* un raddoppio del numero di apparecchi per la categoria PC ed affini mentre nello scenario *Alta domanda* una triplicazione del

²⁰ N. 08002999 - Osservatorio della Domanda: ricerche di mercato, sondaggi, rilevamenti statistici vari - *Alabiso, Croci, Ravasio*, CESI RICERCA Febbraio 2009

numero di apparecchi nella stessa categoria. La forte diffusione di tablet incorpora anche l'ipotesi di una maggiore diffusione di schermi televisivi all'interno delle abitazioni.

2.4.2 Televisioni

Questa categoria di elettrodomestico è stata divisa in tre tecnologie distinte in base ai consumi, le tre categorie sono:

- Televisori con tubo a raggi catodici (CRT)+ schermo a cristalli liquidi (LCD): dove si è supposto un mix tecnologico iniziale pari a 35% CRT e 65% LCD per il 2010 con un'evoluzione verso il 100% televisori LCD nel 2030 il consumo medio previsto per questa tecnologia è pari a 140 kWh/anno;
- Televisori a light emitting diode (LED): per questa tecnologia si è supposta un'entrata nel mercato lenta ma crescente a partire dal 2010 per poi arrivare al 2020 con uno sviluppo senza limiti ed un consumo medio pari a 100 kWh/anno.
- Televisori Televisione Organic Light Emitting Diode (OLED): l'ingresso nel mercato per questi televisori è previsto dopo il 2015 e un consumo medio pari a 50 kWh/anno.

L'evoluzione della domanda, intesa come numero di apparecchi è riportata nella Figura 2.27 ed è prevista rimanere costante tra gli scenari, ciò che è stato modellizzato è un diverso shift tecnologico in base ai consumi delle tecnologie. in particolare:

- Scenario *Alta Domanda*: tecnologia Televisori CRT + LCD presente fino al 2015 e poi sostituita dalla tecnologia Televisori LED;
- Scenario *Alta Efficienza*: tecnologia Televisori CRT + LCD presente fino al 2015, tecnologia Televisori LED presente fino al 2025 ma in parte sostituita dalla tecnologia Televisori OLED dal 2015 fino ad arrivare ad una sostituzione totale nel 2030.

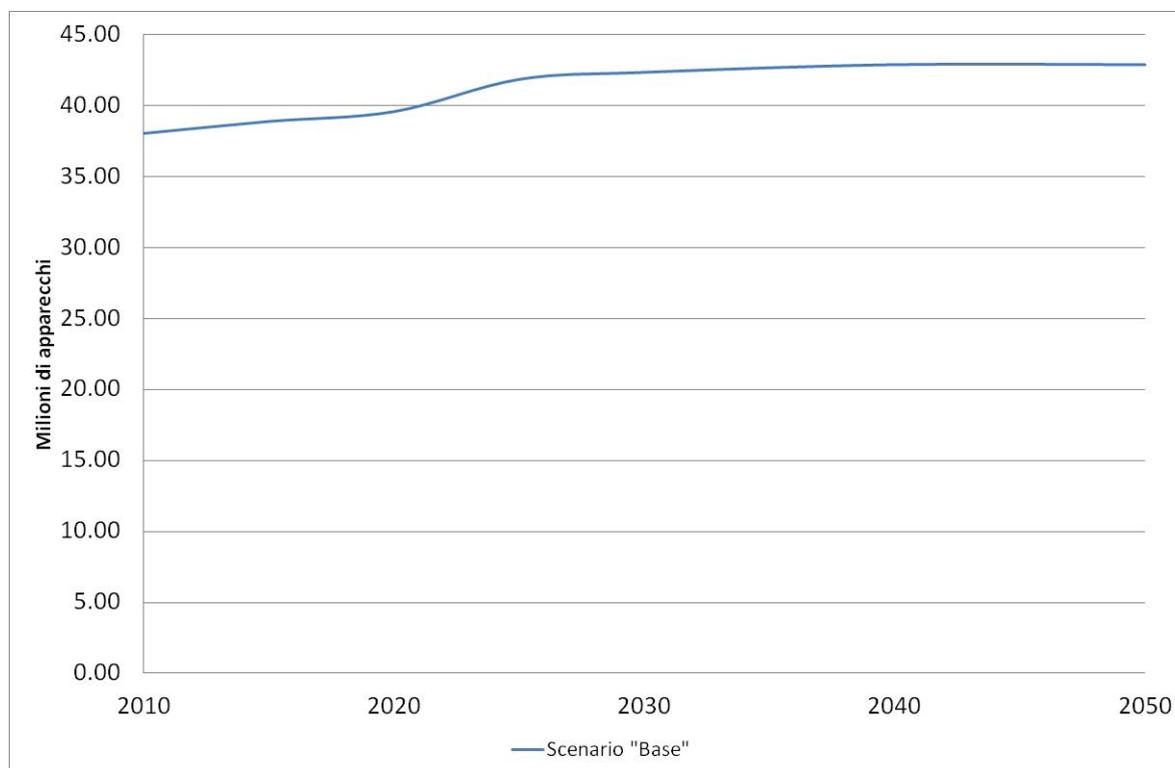


Figura 2.27 – Andamento numero di apparecchi per “Televisioni”

2.4.3 Freezer

In questa categoria di apparecchi vengono considerati gli elettrodomestici che svolgono esclusivamente la funzione di congelatori. La domanda di servizio è espressa in milioni di freezer. I parametri generali utilizzati per stimare i consumi per la congelazione sono riportati in Tabella 2-11.

Tabella 2-11 – Principali parametri per la stima della domanda

	Unità di misura	2010	2015	2020	2025	2030
Diffusione freezer	%	44	48	52	55	58
Prestazioni Freezer, a bassa efficienza	Wh/litro/g	281	286	292	292	297
Consumi elettrici per il servizio	TWh/a	5.69	6.75	7.90	8.62	9.47

Fonte:elaborazioni ISPRA su base CESI (2005)

Le tecnologie previste per soddisfare la domanda sono tre:

- Freezer a bassa efficienza: in questa tecnologia si parte dal parco esistente con un consumo medio di energia pari a quello di una Classe B, si è previsto che questa tecnologia nel 2025 cessi di consumare il consumo medio di questa tecnologia è pari a 500 kWh/anno;
- Freezer classe A: per questa tecnologia si è supposto un consumo energetico minore dettato principalmente dall'appartenenza ad un classe di efficienza energetica più alta e con una presenza nel mercato già nel 2010, il consumo medio di questa tecnologia è pari a 270 kWh/anno;
- Freezer alta efficienza: in questa tecnologia sono inseriti i freezers di Classe A⁺ e di classe A⁺⁺ con un mix tecnologico sbilanciato verso l'A⁺ nel 2010 fino ad arrivare ad un equilibrio nel 2030, il consumo medio è di circa 190 kWh/anno.

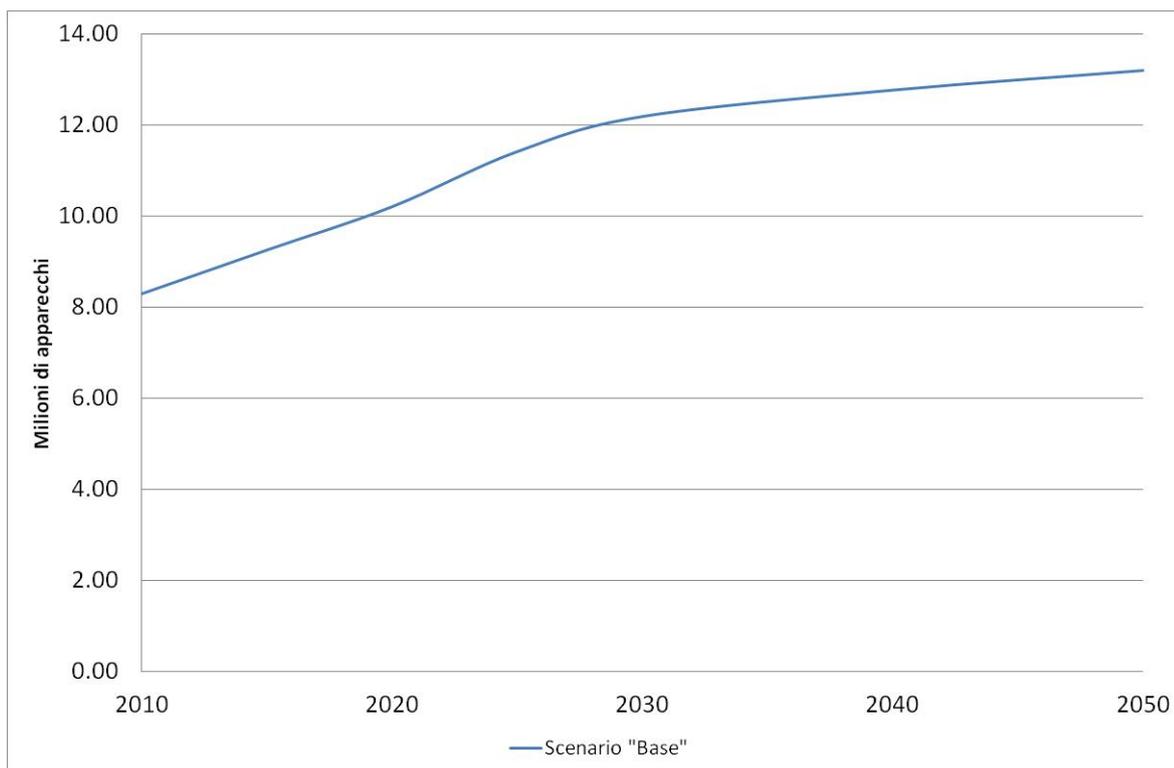


Figura 2.28– Andamento numero di apparecchi per “Freezer”

La domanda di energia elettrica riportata in Figura 2.28 è prevista costante nei due scenari, mentre per l’evoluzione degli scenari per i freezers sono state fatte le seguenti ipotesi:

- Scenario *Alta Domanda*: tecnologia Freezer a bassa efficienza presente fino al 2015 e poi sostituita dalla tecnologia Freezer classe A;
- Scenario *Alta Efficienza*: tecnologia Freezer a bassa efficienza presente fino al 2020 in parte sostituita dalla tecnologia Freezer alta efficienza dal 2013 fino ad arrivare ad una sostituzione totale nel 2025.

2.4.4 Frigoriferi

In questa categoria di apparecchi sono presi in considerazione i frigoriferi a doppia e singola porta.

Nella Tabella 2-12 sono riportati i principali parametri utilizzati per il calcolo della domanda e dei consumi elettrici delle diverse tecnologie.

Tabella 2-12 – Principali parametri per la stima della domanda

	Unità di misura	2010	2015	2020	2025	2030
Diffusione frigorifero	%	107.4	107.5	107.6	107.7	107.8
Dimensioni medie unitarie frigoriferi	litri/frigo	269	271	272	273	273
Consumi elettrici per servizio freddo (frigo)	TWh/a	10.91	11.53	12.40	12.67	12.89

Fonte:elaborazioni ISPRA su base CESI (2005)

Come si può vedere dai dati riportati nella tabella le dimensioni medie dei frigoriferi sono previste in aumento e questo porterà a bilanciare in parte l'efficienza del miglioramento tecnologico. Le tecnologie ipotizzate per il soddisfacimento della domanda sono anche in questo caso tre:

- Frigoriferi classe B-C: in cui si è ipotizzato un mix tecnologico in cui sono presenti anche frigoriferi di classe inferiore alla A con consumi medi pari a circa 420 kWh/anno;
- Frigoriferi classe A e A+: in questa tecnologia è inserito un mix tecnologico tra Classe A e classe A⁺ con consumi medi pari a circa 210 kWh/anno;
- Frigoriferi classe A++ e nuova generazione: in questa tecnologia è spinto l'utilizzo di frigoriferi di classe A⁺⁺ o A⁺⁺⁺ con consumi medi pari a circa 150 kWh/anno.

La domanda in questo settore è mantenuta costante ,per l'andamento degli scenari sono state fatte le seguenti ipotesi:

- Scenario *Alta Domanda*: tecnologia Frigoriferi classe B-C presente fino al 2015 e poi sostituita dalla tecnologia Frigoriferi classe A e A+;
- Scenario *Alta efficienza*: tecnologia Frigoriferi classe B-C presente fino al 2025 in parte sostituita dalla tecnologia Frigoriferi classe A++ e nuova generazione dal 2013 fino ad arrivare ad una sostituzione totale nel 2025.

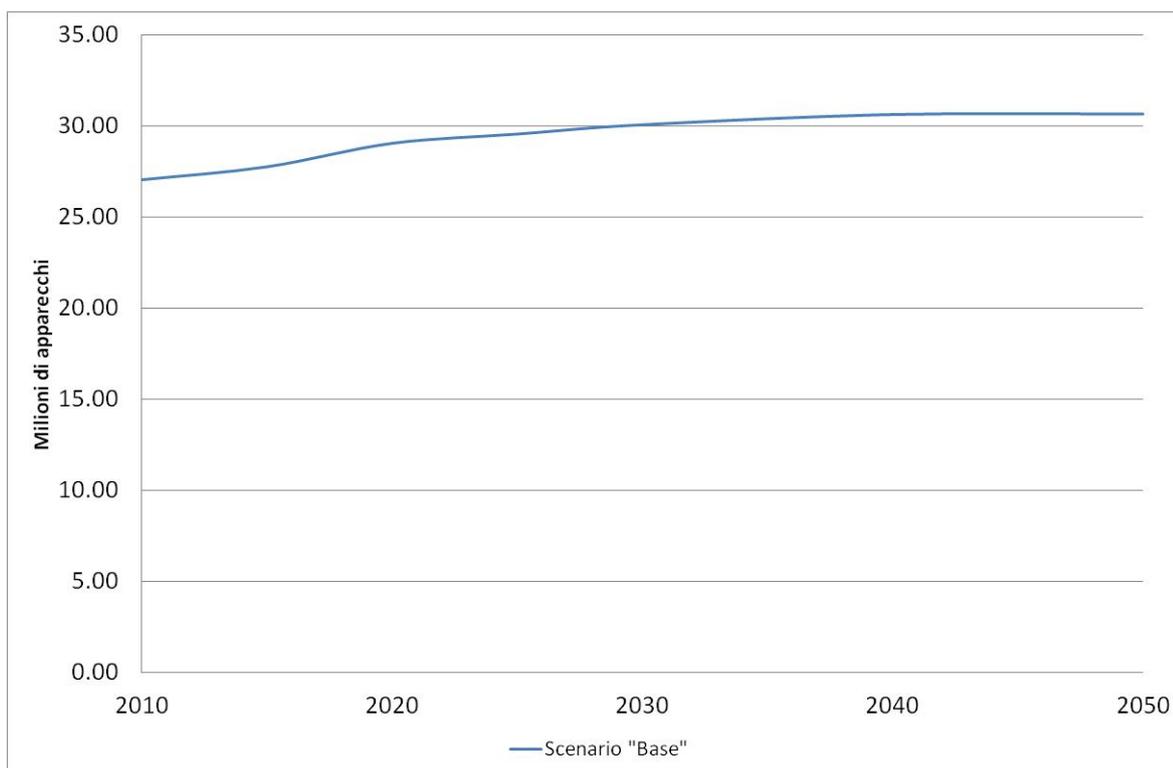


Figura 2.29 – Andamento numero di apparecchi per “Frigoriferi

2.4.5 Cottura cibi

La domanda di servizio per questa categoria di elettrodomestici viene principalmente soddisfatta da tecnologie che utilizzano gas naturale, una parte molto ridotta utilizza elettricità. Nell'implementazione del modello la domanda è stata considerata coincidente ai consumi elettrici divisa in due comparti una di forni elettrici e l'altro di fornelli elettrici. Ogni comparto soddisfa la domanda utilizzando diverse tecnologie in particolare:

- forni elettrici: forni microonde e forni elettrici;
- fornelli elettrici: fornelli elettrici classici e ad induzione.

In particolare nell'elaborazione degli scenari sono state fatte le seguenti ipotesi:

- Scenario *Alti Domanda*: Si prevede la sostituzione del gas con fornelli ad induzione fino a circa il 20% del mercato nel 2030 e oltre il 50% nel 2050. Oggi rappresenta circa l'1%.
- Scenario *Alta efficienza*: si prevede una diffusione analoga fino al 2030, nel periodo successivo la domanda è limitata al 40% circa del mercato.

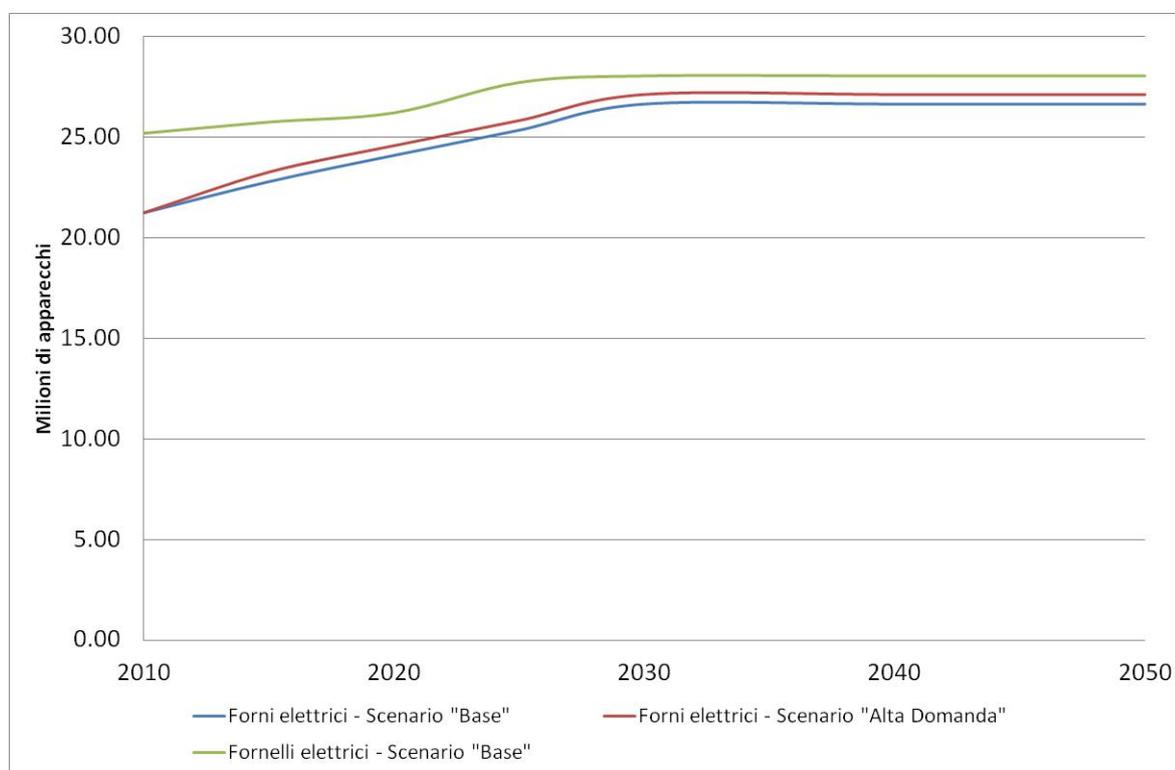


Figura 2.30 – Andamento numero di apparecchi per “Cottura cibi” - Domestico

2.4.6 Lavaggio stoviglie

In questa categoria sono inclusi tutti gli apparecchi utilizzati per il lavaggio delle stoviglie. Anche in questo caso la domanda è guidata dal numero di famiglie e dalla diffusione degli apparecchi, i principali parametri che sono stati utilizzati per la stima sono riportati nella Tabella 2-13.

Tabella 2-13 – Principali parametri per la stima della domanda

	Unità di misura	2010	2015	2020	2025	2030
Diffusione lavastoviglie	%	45	50	55	60	60

n. cicli di lavaggio (media)	lavaggi/anno/apparecchio	256	256	256	256	256
Domanda di servizio energetico	10 ⁹ lavaggi/anno	2.83	3.30	3.79	4.21	4.28
Consumi finali elettrici	TWh/a	3.31	6.20	7.20	8.10	8.80

Fonte:elaborazioni ISPRA su base CESI (2005)

Anche per questa categoria di elettrodomestici come per i precedenti sono state ipotizzate tre tecnologie per il soddisfacimento della domanda:

- Lavastoviglie a bassa efficienza: questa tecnologia rappresenta il parco di lavastoviglie attualmente in uso con un mix tecnologico con efficienza di Classe B e Classe C, questa tecnologia si azzererà nel 2020. I consumi medi per questa tecnologia sono pari a 370 kWh/anno;
- Lavastoviglie classe A: questa è una tecnologia più efficiente rispetto alla precedente risulta presente già nel 2010 ma ha la sua massima espansione dopo il 2020 con un consumo medio di circa 270 kWh/anno;
- Lavastoviglie classe A+ e A++: per questa tecnologia si è ipotizzato uno sviluppo dopo il 2015 e dal 2020 entra in concorrenza con la precedente, ha un consumo medio di circa 203 kWh/anno

Per le lavastoviglie sono state fatte ipotesi di differente domanda variando le percentuali di diffusione, ipotizzando comunque una sostituzione totale degli apparecchi più energivori e mantenendo libere le altre due tecnologie.

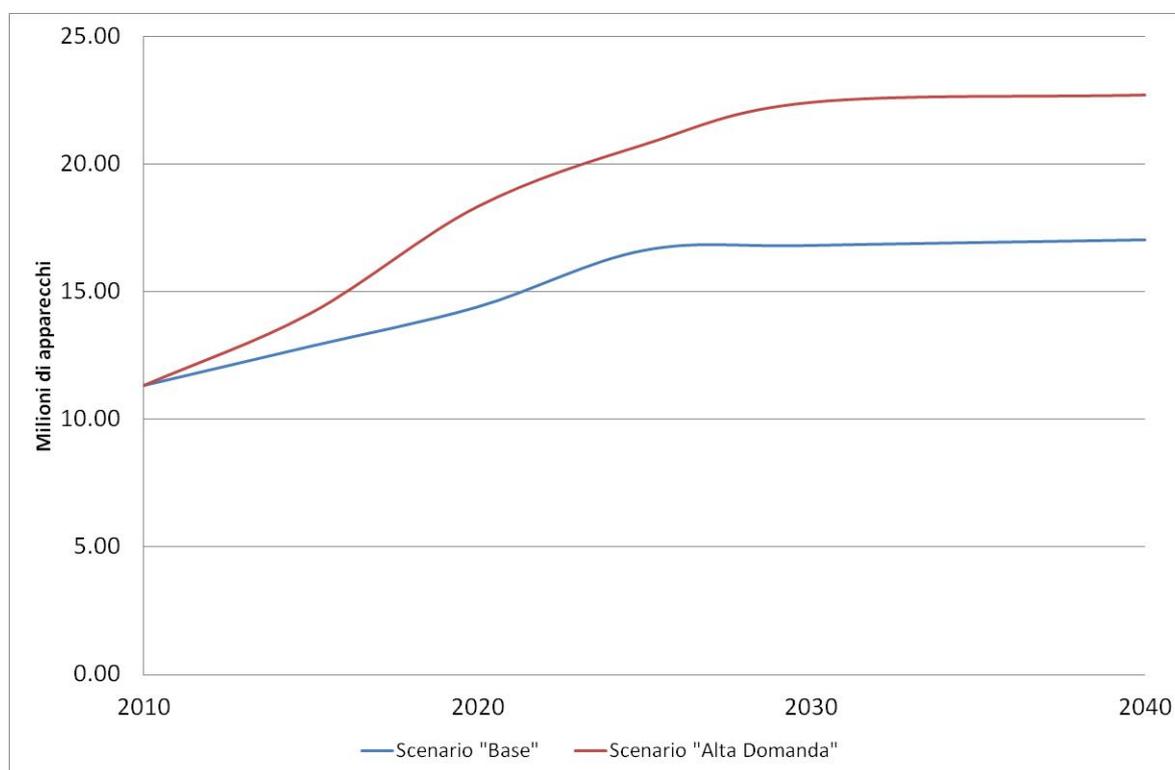


Figura 2.31– Andamento numero di apparecchi per “Lavaggio stoviglie”

2.4.7 Asciugabiancheria

In questa categoria rientrano gli apparecchi asciuga biancheria; i consumi specifici di un'asciugatura sono in media più elevati rispetto al corrispondente lavaggio, si è supposto che il consumo specifico diminuisca nel tempo in funzione dell'evoluzione del parco tecnologico mantenendo sempre costanti nel tempo il numero dei cicli di lavaggio. I parametri principali utilizzati per la stima sono riportati in Tabella 2-14.

Tabella 2-14 – Principali parametri per la stima della domanda

	Unità di misura	2010	2015	2020	2025	2030
Diffusione asciugabiancheria	%	2.5%	3.9%	6.1%	9.6%	15.0%
n. cicli di lavaggio (media)	lavaggi/anno/apparecchio	200	200	200	200	200
Consumi finali elettrici	TWh/a	0.7	1.1	1.7	2.7	4.3

Fonte:elaborazioni ISPRA su base CESI (2005)

Le tecnologie individuate per il soddisfare la domanda sono le seguenti:

- Asciugabiancheria bassa efficienza: in questa tecnologia è incluso il parco elettrodomestici attualmente in uso, con un consumo medio di 900 kWh/anno ;
- Asciugabiancheria A+: in questa categoria si prevede un miglioramento tecnologico dell'efficienza ed i consumi medi sono pari a 800 kWh/anno;
- Asciugabiancheria A++: ulteriore diminuzione del consumo specifico rispetto alla tecnologia precedente arrivando a 700 kWh/anno.

Nella grafico seguente sono riportati la domanda di energia espressa in milioni di apparecchi ed i consumi specifici previsti per le singole tecnologie.

Per questo particolare elettrodomestico i diversi scenari riflettono anche una diversa espansione del numero di asciugabiancheria. Nello Scenario base si è ipotizzata una stabilizzazione del parco ai livelli attuali mentre nello scenario Alta Domanda si è ipotizzato un aumento del numero delle asciugabiancheria. Dal punto di vista tecnologico in entrambe gli scenari è prevista una sostituzione degli apparecchi più vecchi.

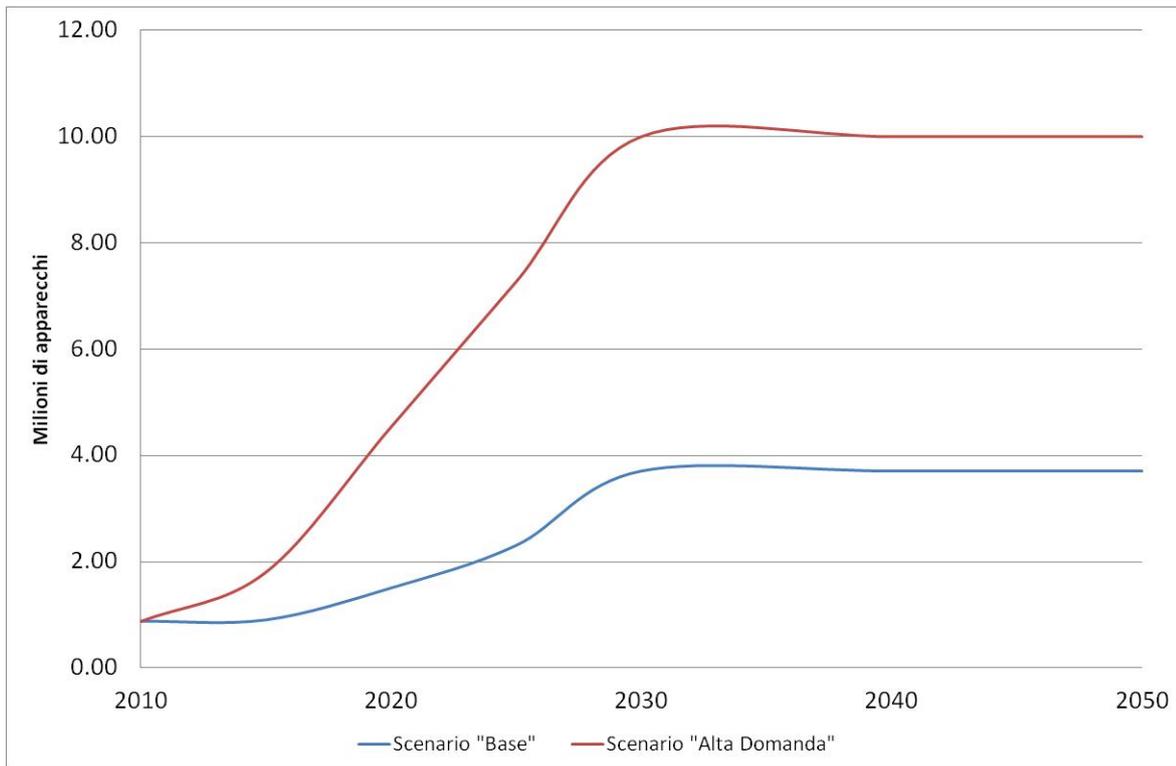


Figura 2.32– Andamento numero di apparecchi per “Asciugabiancheria”

2.4.8 Lavabiancheria

In questa classe di elettrodomestici vengono considerati gli apparecchi che svolgono la funzione di lavaggio biancheria. I consumi specifici sono calcolati tenendo conto della diffusione degli apparecchi con una variazione temporale legata principalmente all’andamento della popolazione.

Nella Tabella 2-15 sono riportati i principali parametri utilizzati per la stima dei consumi.

Tabella 2-15 – Principali parametri per la stima della domanda

	Unità di misura	2010	2015	2020	2025	2030
Diffusione lavabiancheria	%	101	102	103	104	105
Cicli di lavaggio (media)	lavaggi/anno/apparecchio	261	270	273	284	287
Consumi finali elettrici	TWh/a	6.5	6.6	6.6	6.5	6.3

Fonte:elaborazioni ISPRA su base CESI (2005)

Anche per le lavabiancheria come per gli altri apparecchi sono state ipotizzate tre tecnologie:

- Lavabiancheria a bassa efficienza: i consumi specifici legati a questa tecnologia fanno riferimento ad una classe media B – C che si è ipotizzata non essere più presente dopo il 2020;
- Lavabiancheria classe A: I consumi medi specifici sono quelli attribuiti ad una classe A già presente sul mercato a partire dal 2010;
- Lavabiancheria classe A+ – A++: I consumi specifici medi son quelli attribuiti ad una classe A+ ed oltre che entra in esercizio a partire dal 2013.

La domanda rimane costante come riportato in Figura 2.33 e per elaborare gli scenari delle lavatrici sono state fatte le seguenti ipotesi:

- Scenario *Alta Domanda*: tecnologia Lavabiancheria a bassa efficienza presente fino al 2020 e poi sostituita dalla tecnologia Lavabiancheria classe A in parte già dal 2015,;
- Scenario *Alta Efficienza*: tecnologia Lavabiancheria a bassa efficienza presente fino al 2020 in parte sostituita dalla tecnologia Lavabiancheria classe A+ – A++ dal 2013 fino ad arrivare ad una sostituzione totale nel 2022 – 2025.

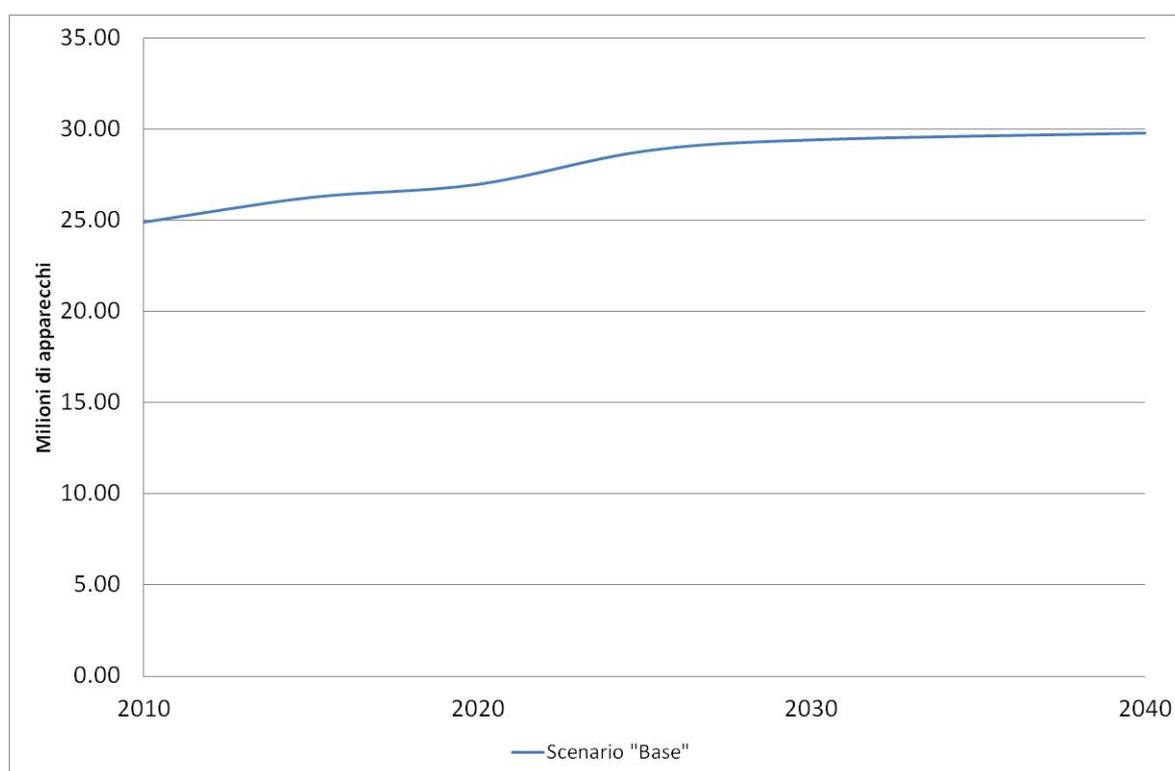


Figura 2.33 – Andamento numero di apparecchi per “Lavabiancheria”

2.4.9 Sorgenti luminose

In questo settore viene conteggiata la domanda di illuminazione delle abitazioni espressa in flusso luminoso richiesto. Alla domanda di illuminazione è correlato un consumo specifico del parco lampade. Nel parco lampade sono state considerate tutte le tipologie di lampade attualmente in commercio compresi i LED.

Le tecnologie individuate sono:

- Lampadine esistenti: dove è stato ipotizzato un mix di vendite delle lampadine che parte con una percentuale molto alta per le lampadine a incandescenza fino ad arrivare ad un mix equilibrato di alogene e fluorescenti ed un'efficienza pari a circa 32 lumen/W;
- Lampadine ultima generazione: l'efficienza media di questa tecnologia è pari a circa 51 lumen/W confrontabile con quella delle lampade fluorescenti lineari integrate;
- Lampadine a LED: la tecnologia si riferisce alle sole lampade a LED con efficienza pari a 80 lumen/w.

La domanda tra i due scenari è stata lasciata invariata con la sola limitazione della diffusione delle lampade a LED nello scenario Alta Domanda.

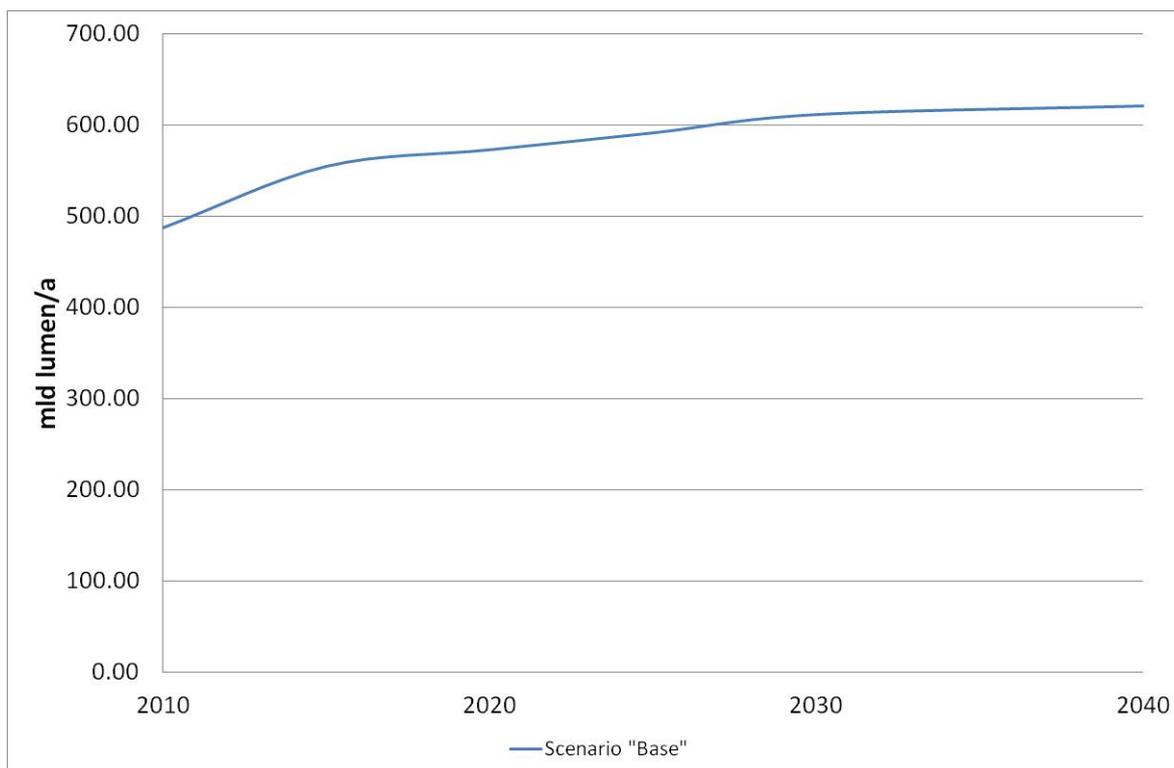


Figura 2.34 – Domanda di “Illuminazione”

2.4.10 Servizi generali per le abitazioni

In questo comparto sono inseriti i consumi di una numerosissima serie di apparecchiature di uso più o meno comune. Si tratta di: ferri da stiro, asciugacapelli, aspira polveri, umidificatori, cappe aspiranti, frullatori, spremiagrumi, tostapane ecc.

Le informazioni utilizzate per il calcolo dei consumi e della domanda di energia sono quelle legati ai dati riportati nei documenti CESI (2005) e Santi Vitale, (Marzo 2011)²¹ del RSE. Per il trend fino sono stati utilizzati i tassi di crescita della domanda riportati sempre nelle tabelle del documento CESI (2005) dell’RSE.

Per questo comparto non sono attesi riduzioni significative dei consumi, con il miglioramento di efficienza bilanciato da una maggiore diffusione / uso delle apparecchiature.

2.4.11 Riscaldamento e raffrescamento

Per stimare nel modello la domanda di riscaldamento e raffreddamento si è suddivisa il territorio nazionale in tre zone climatiche determinate in base ai gradi giorno delle singole province, in particolare:

- Zona E considerata la zona più fredda in inverno e più fresca d’estate con un range di gradi giorno che va da 2800 a 2100, in questa zona rientra praticamente tutto il nord Italia comprese anche le zone alpine e alcune province del centro sud particolarmente fredde;

²¹ Domanda elettrica per il modello MATISSE – Aggiornamento del modello di riferimento ed estensione al 2050 – Santi Vitale, RSE Marzo 2011

-
- Zona D che può essere considerata la zona con temperature miti sia d'inverno che d'estate con gradi giorni che vanno da 2100 a 1400, in questa zona ricadono le regioni del centro Italia e alcune provincie del sud e della Sardegna;
 - Zona C che corrisponde alle regioni più calde dell'Italia sia nel periodo estivo che invernale e che ha gradi giorni minori di 1400.

Nell'implementazione del modello si è cercato di mantenere il confine delle zone il più possibile corrispondente a quello dei confini regionali ma non è stato possibile applicare questa regola generale per tutte le regioni a causa delle forti differenze climatiche presenti nel territorio di diverse regioni.

Altro parametro considerato per stimare la domanda di riscaldamento/raffrescamento è il parco di edifici esistenti e di nuova costruzione, suddivisi in case multifamiliari ed unifamiliari. Per ognuna di queste categorie di edifici nel modello sono state ipotizzate delle tecnologie con specifici parametri e diverse richieste annue di calore per riscaldamento e di frigorie per il raffrescamento sulla base della diversa zona climatica di riferimento. Diverse tecnologie per il riscaldamento e il raffrescamento delle abitazioni sono implementate nel modello: dagli impianti centralizzati alle caldaie singole, incluse le stufe, l'uso di biomassa ed opzioni tecnologiche più raffinate quali le pompe di calore. La domanda di riscaldamento è soddisfatta in gran parte da sorgenti diverse dall'energia elettrica. In questo caso più che di un miglioramento di efficienza si può ipotizzare una sostituzione di altre fonti con energia elettrica attraverso ad esempio le pompe di calore – condizionatori reversibili.

Per quanto riguarda i consumi per il condizionamento sono state previste tre tecnologie con diverse efficienze che rispecchiano quelle sul mercato: COP 2.4-3, COP 3-3.3 e COP 3.5-4. La domanda di raffrescamento è in significativo aumento. La crescita considerata è motivata dal numero molto basso di abitazioni oggi dotate di condizionatore, circa il 30%, e dall'ipotesi di condizionare l'intero appartamento invece che singole stanze.

Un discorso a parte va fatto per le pompe di calore o apparecchi di condizionamento reversibili che sono attualmente abbastanza diffusi sul mercato, tuttavia il loro uso per il riscaldamento invernale è sporadico. Le motivazioni di questa situazione sono diverse, tra le quali:

- la tariffa elettrica penalizzante per gli alti consumi / potenze installate,
- la natura “meno confortevole” del calore prodotto (assenza di infrarossi, solo aria calda),
- la conseguente tempistica molto più lunga per raggiungere una temperatura confortevole di un ambiente,
- la disponibilità e facilità d'uso di altri sistemi di riscaldamento più economici (stufe e caldaie a pellets, camini a legna, stufe a GPL – metano) per case singole o isolate o per le mezze stagioni.

Ai fini di stimare le possibili modifiche del mercato elettrico è stato ipotizzato un uso di queste apparecchiature, comunque presenti in una fetta rilevante delle abitazioni ed, in base a quanto previsto dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, è stata anche implementata nel modello una tariffa elettrica agevolata. Le tecnologie utilizzate sono quelle ben note con COP di circa 4 e con scambiatore aria –aria.

Nella Figura 2.35 sono riportate le percentuali di mercato ovvero del servizio energetico per il riscaldamento soddisfatto da pompe di calore.

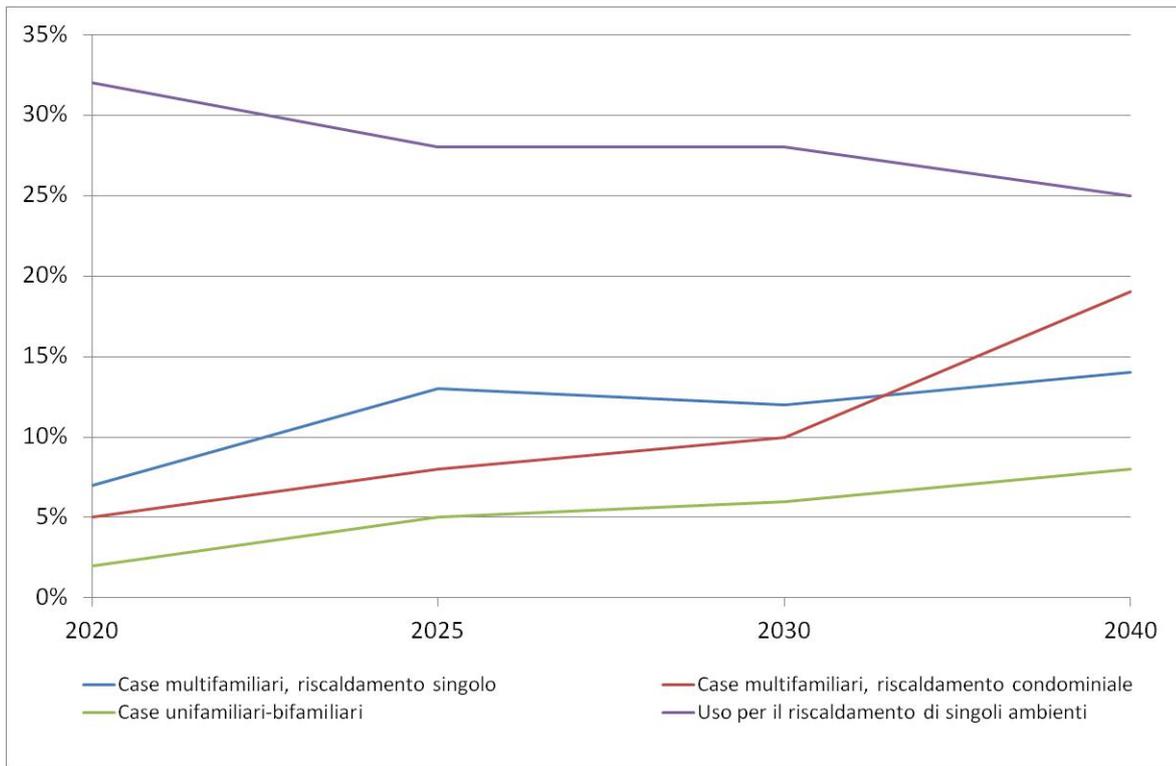


Figura 2.35 – Percentuale di mercato delle pompe di calore per “Riscaldamento”

2.4.12 Acqua calda

La domanda di acqua calda sanitaria è soddisfatta in gran parte da sorgenti diverse dall’energia elettrica e pertanto i possibili miglioramenti di efficienza negli usi di energia elettrica non sono significativi rispetto alla domanda complessiva.

Nello scenario Alta domanda è prevista una significativa produzione di acqua calda da boiler elettrici fino al 2030, con una riduzione contenuta del 19% rispetto ai dati 2010. Nello scenario Alta Efficienza la riduzione nel 2030 rispetto al consuntivo 2010 è pari al 38%.

2.5 Settore terziario

Le informazioni disponibili sulle domande di servizio energetico del settore terziario sono poche e frammentate. RSE ha pubblicato nel rapporto (Santi Vitale 2011)²² una suddivisione dei comparti del terziario ai quali attribuisce una percentuale di consumi elettrici. I comparti individuati da RSE sono:

- produzione di freddo,
- apparecchiature per uffici,
- climatizzazione ambienti,
- cottura cibi,
- produzione di acqua calda sanitaria,
- illuminazione (esclusa illuminazione pubblica),
- processi e servizi generali.

Il dato di domanda complessiva di consumi elettrici è quello pubblica da TERNA che riporta i consumi del settore terziario suddivisi in *Servizi vendibili* e *Servizi non vendibili*. Per l'implementazione del modello si sono unite le informazioni disponibili da RSE con i consumi di Terna. La suddivisione percentuale dei consumi risultante è riprodotta in Tabella 2-16.

Tabella 2-16 – Disaggregazione percentuale dei consumi 2010 adottata per il settore terziario

Tipologia d'uso/ comparto	% Consumi	Servizi vendibili	Servizi non vendibili
Produzione di freddo	8.00%	8.00%	
Apparecchiature Uffici	17.39%		17.39%
Climatizzazione Ambienti	13.90%	Si è ipotizzata una domanda generale di freddo legata alla tipologia di edificio, indipendente dal tipo di servizio offerto	
Riscaldamento Ambienti	7.30%	Si è ipotizzata una domanda generale di caldo legata alla tipologia di edificio, indipendente dal tipo di servizio offerto	
Cottura	1.00%	1.00%	
Acqua Calda Sanitaria	4.71%	4.71%	
Illuminazione	32.30%	16.15%	16.15%
Processi e altri servizi	15.40%	7.7%	7.7%

La domanda dei servizi energetici nel settore terziario, così come fatto anche per il settore domestico, è stata implementata nel modello considerando i singoli comparti con all'interno tre tecnologie. Per la definizione dei parametri tecnologici in ogni comparto è stata definita una tecnologia di riferimento con

²² Domanda elettrica per il modello MATISSE – Attività 2011– Santi Vitale, RSE

un'efficienza di base e le efficienze delle altre tecnologie sono state calcolate come variazione percentuale rapportata a questa. In generale le variazioni percentuali attese sulla base della letteratura utilizzata (RSE) sono pari al 5% per la tecnologia con efficienza media e al 10% per la tecnologia con efficienza maggiore. Questi dati sono inferiori a quelli normalmente pubblicati da altre fonti ma sono il risultato di un livello di efficienza medio nazionale già alto nel 2010.

Diverse sono le considerazioni fatte per il comparto illuminazione, riscaldamento e raffrescamento dove alle variazioni tecnologiche si sommano le variazioni della richiesta di illuminazione per il primo comparto e dell'isolamento degli edifici ed il rapporti superficie / volume per gli altri due comparti.

Per il settore terziario il driver che guida lo scenario di domanda è il valore aggiunto. Negli ultimi anni nonostante il periodo di crisi il valore aggiunto di questo settore ha indici di crescita sempre positivi. La serie storica dei dati è disponibile su ISTAT e si divide anch'essa in due comparti principali *Prodotti Vendibili* e *Non Vendibili*. La tendenza dei consumi è prevista in crescita e porterà ad aumenti dei consumi elettrici e termici del settore, in particolare si sottolinea come a crescere siano anche le superfici degli edifici commerciali e degli uffici, sui quali purtroppo si dispone soltanto di stime.

Nell'esercizio per TERNA sono stati modellizzati tre scenari:

- *Scenario Base*: previsione di crescita della domanda moderata, in linea con l'andamento dell'indice del PIL indicato nella Strategia Energetica Nazionale ed un rinnovo tecnologico moderato;
- *Scenario Alta Efficienza*: previsione di crescita della domanda pari a quella dello Scenario Base ma con un rinnovo tecnologico più spinto. Il rinnovamento tecnologico atteso coincide con un miglioramento di efficienza massimo intorno al 10%..
- *Scenario Alta Domanda*: previsione di domanda alta e crescente in linea con gli indici di variazione del PIL proposto dalla UE nell'ultimo esercizio PRIMES (dicembre 2012) disponibile all'epoca delle stime.

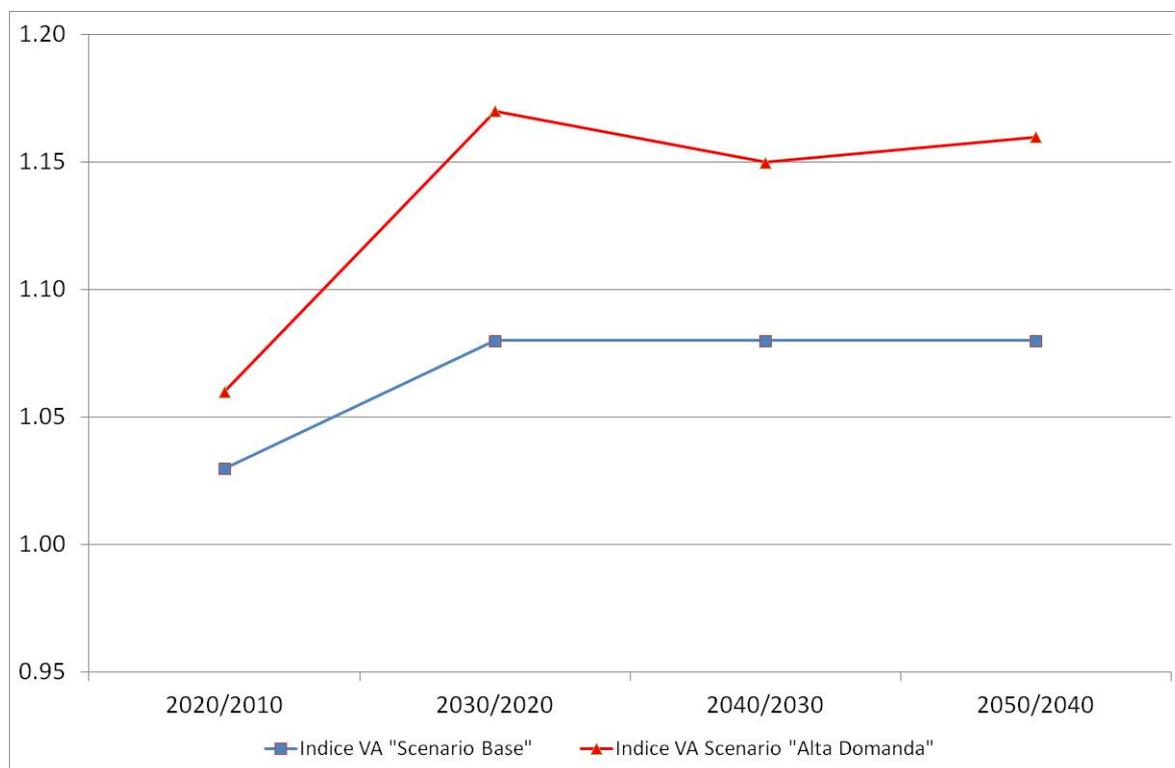


Figura 2.36 – Indici scenari

Di seguito si riporta un'analisi dei differenti comparti.

2.5.1 Refrigerazione

In questo comparto viene considerata tutta la parte legata alla refrigerazione del settore terziario. Sono state ipotizzate tre tecnologie: una *standard*, una *top* ed una *new*; presa come riferimento la tecnologia *standard* la variazione dell'efficienza è pari ad un 20% per la tecnologia *top* ed un 40% per la tecnologia *new*.

A livello di tecnologie si è supposto un equilibrio tra la tecnologia *standard* e *top* con un ingresso graduale della tecnologia *new* a partire dal 2015 fino ad arrivare ad una completa sostituzione della tecnologia *standard* nel 2025.

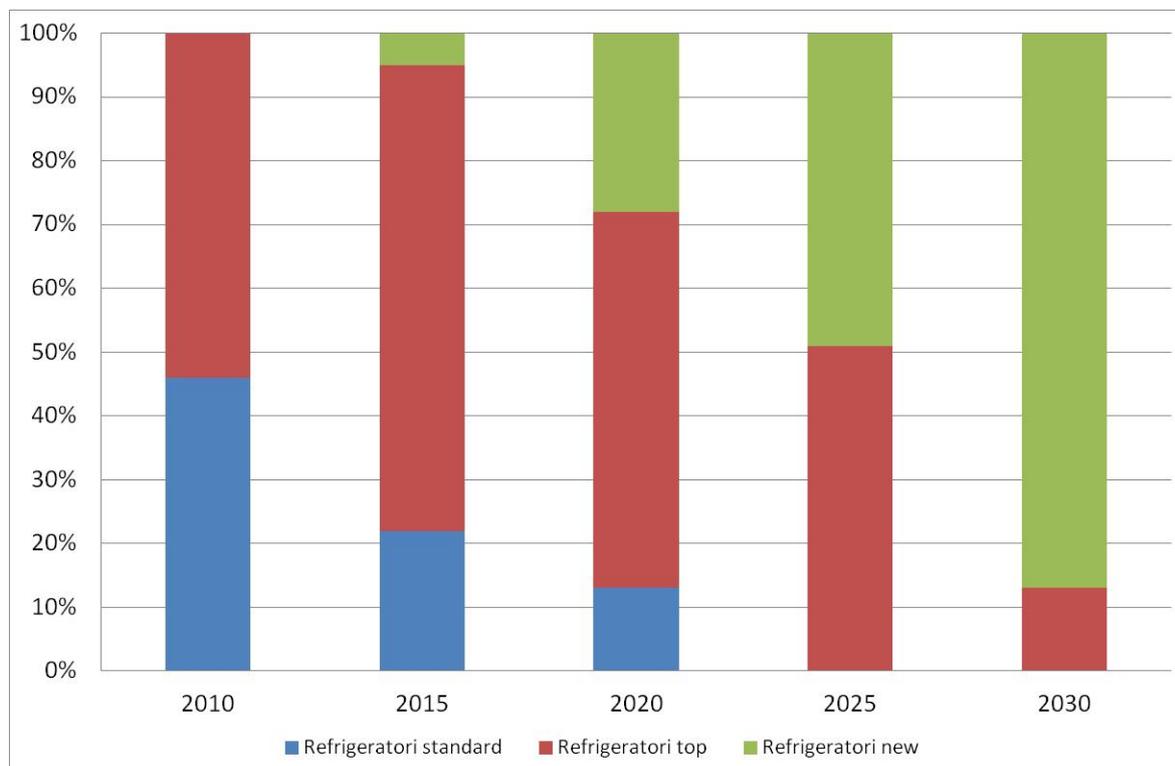


Figura 2.37 – Distribuzione percentuale dell'utilizzo delle tecnologie nel comparto "Refrigerazione"

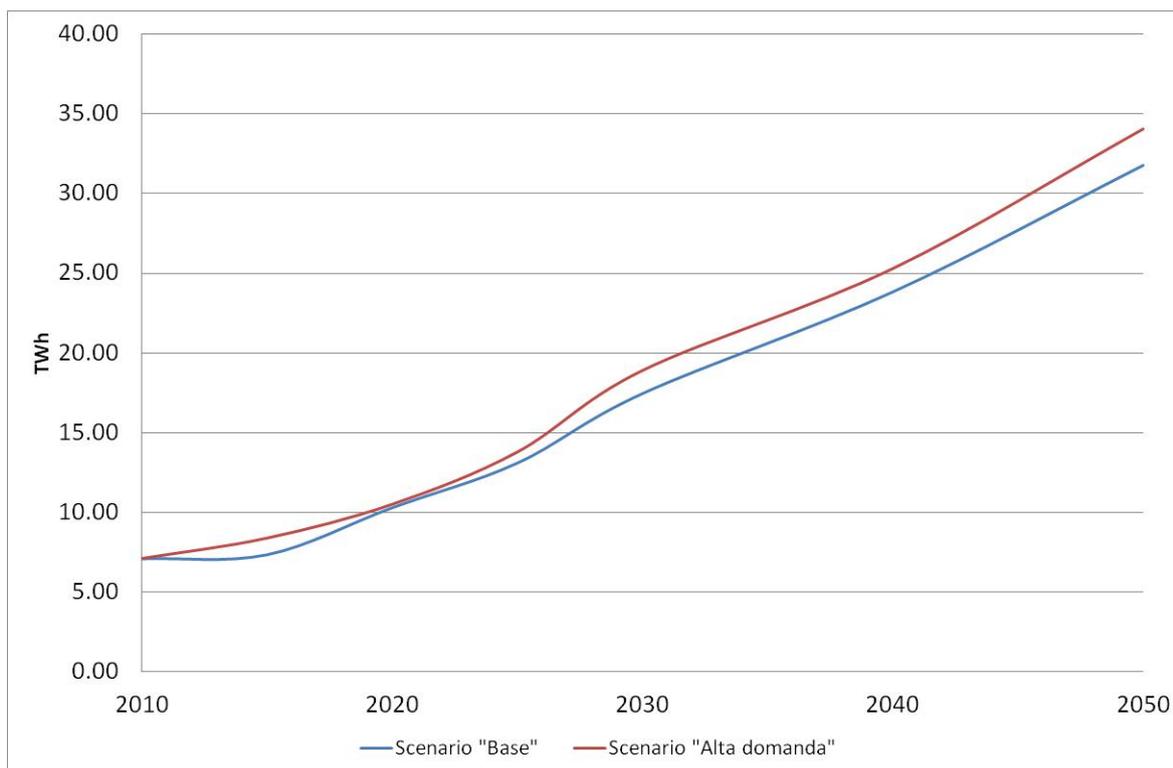


Figura 2.38 – Consumi per la refrigerazione

2.5.2 Apparecchiature per uffici

In questo comparto vengono considerati i consumi energetici dovuti alle apparecchiature per uffici nel settore terziario. Le tecnologie sono anche in questo caso tre una di riferimento, una top con un'efficienza migliore del 5% rispetto alla prima e una *new* con un miglioramento in efficienza pari al 10%. Nella Figura 2.39 di seguito è riportata la distribuzione delle tecnologie utilizzata per il calcolo dello Scenario Base; in Figura 2.40 l'andamento dei consumi previsti per lo Scenario Base e lo Scenario Alta Domanda.

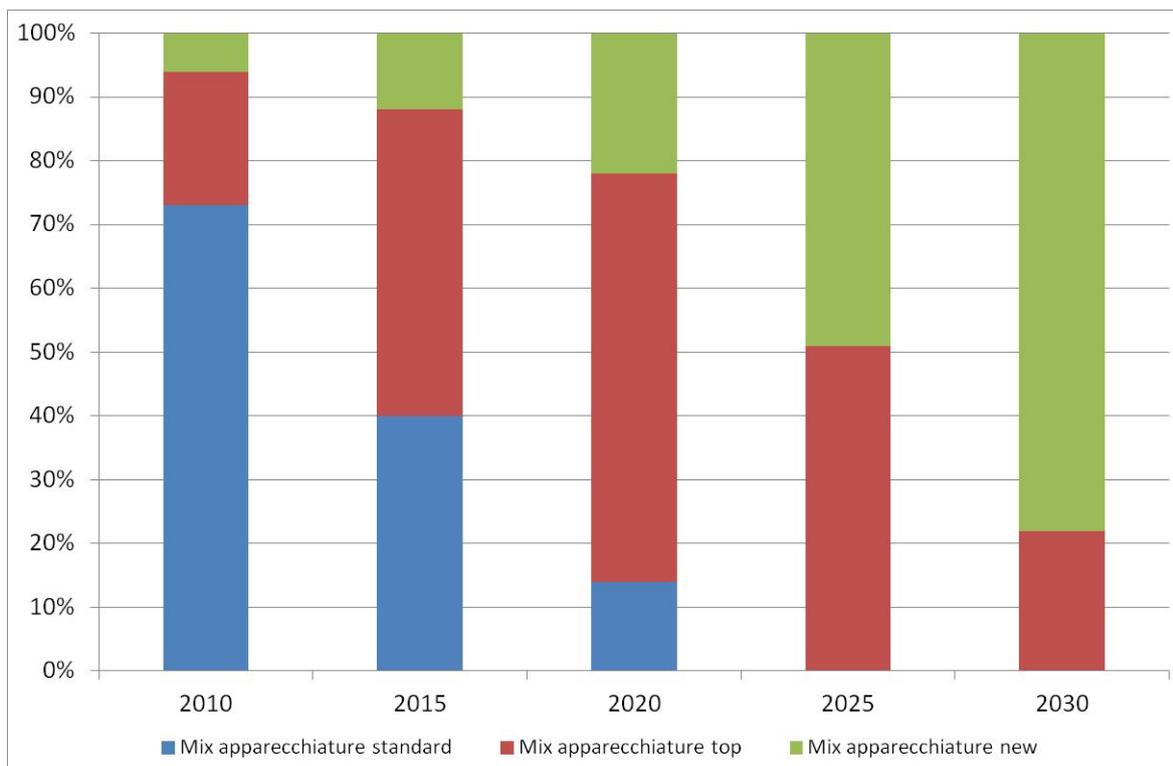


Figura 2.39 – Distribuzione percentuale dell'utilizzo delle tecnologie nel settore "Apparecchiature per uffici"

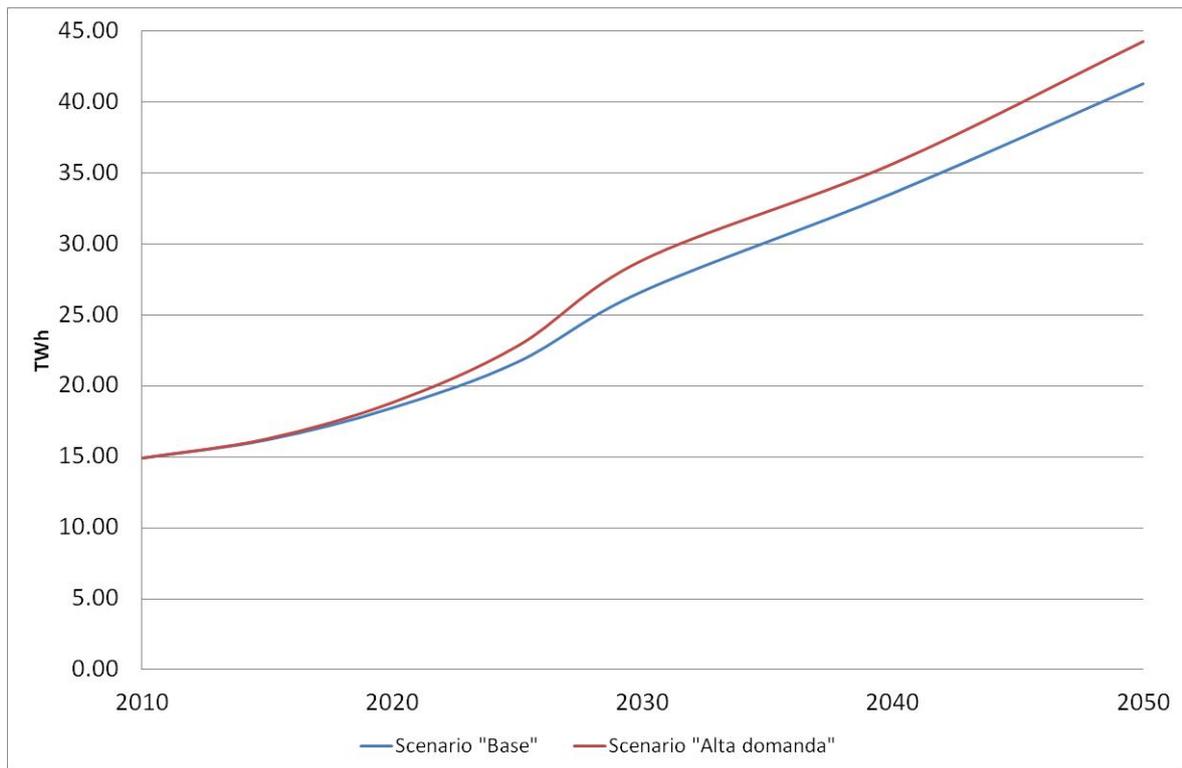


Figura 2.40 – Consumi delle “Apparecchiature per uffici”

2.5.3 Cottura cibi

In questo comparto sono considerati i consumi elettrici delle cucine anche in questo caso le tecnologie sono tre a standard di riferimento, una top ed una “new” con miglioramenti di efficienza che oscillano dal 5 al 10%.

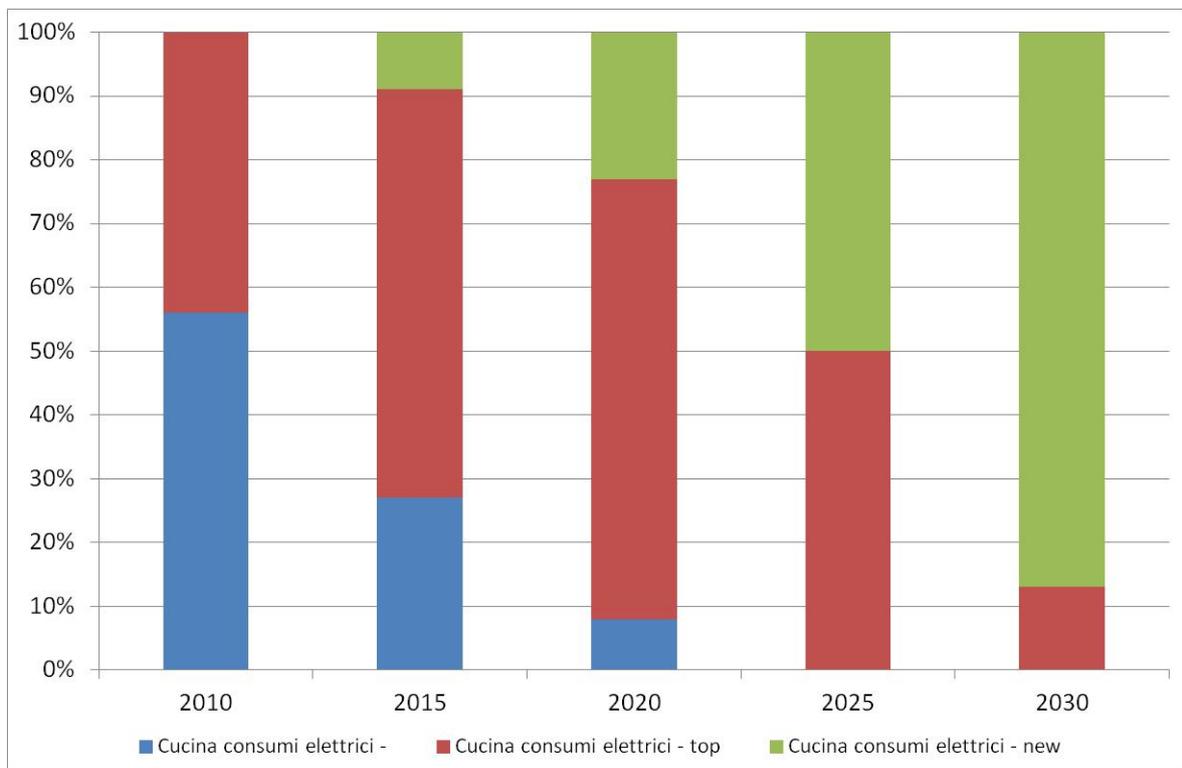


Figura 2.41 – Distribuzione percentuale dell’utilizzo delle tecnologie nel comparto “Cottura cibi” - Terziario

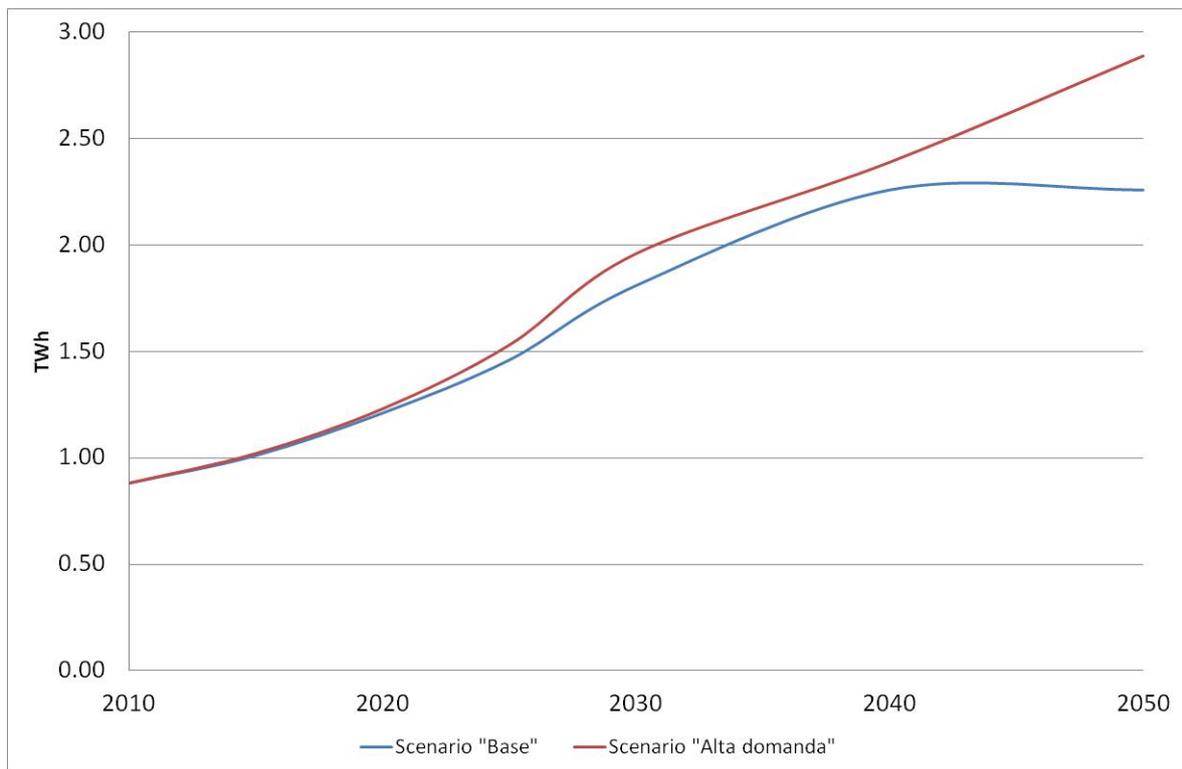


Figura 2.42 – Consumi per “Cottura cibi” - Terziario

2.5.4 Altri servizi e processi – motori elettrici

In questo comparto sono conteggiati tutti i consumi elettrici legati all’utilizzo di motori nel settore terziario ed il 50% dei consumi elettrici del comparto “Servizi generali per edifici” del domestico, in quanto consumi derivanti da motori elettrici. Anche in questo caso sono presenti tre tipologie di tecnologie con variazioni di efficienza che vanno dal 5 al 10%.

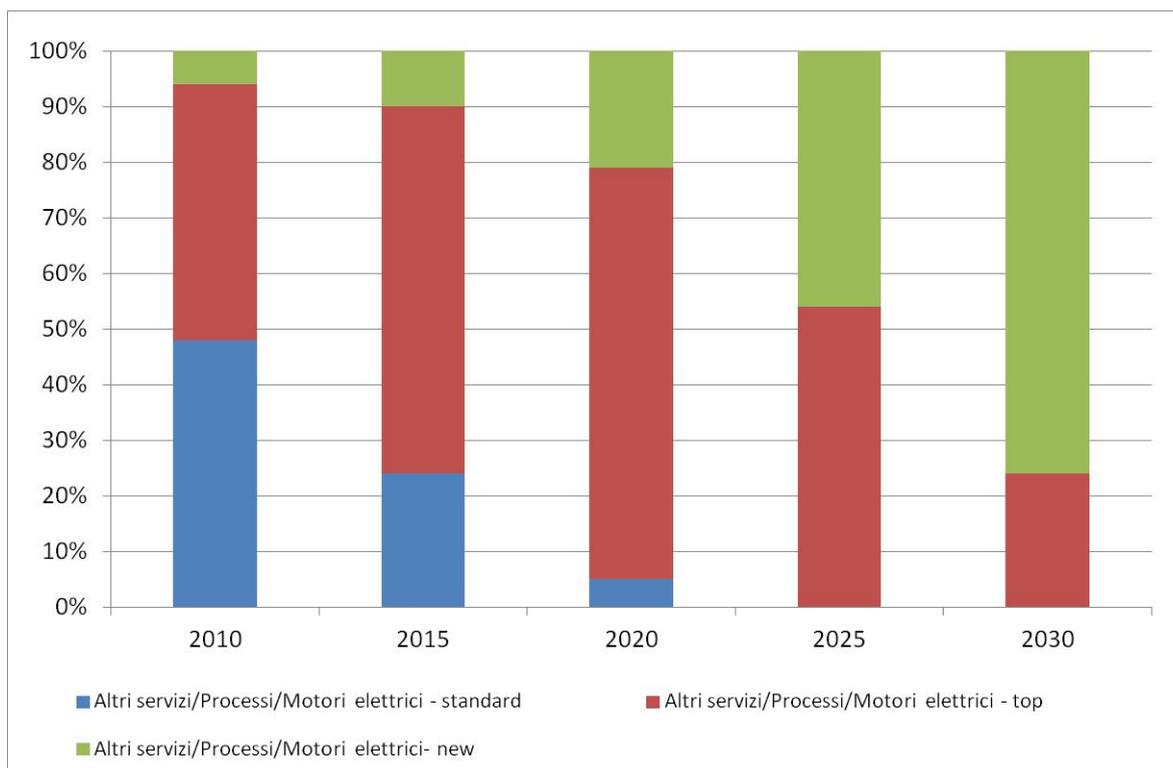


Figura 2.43 – Distribuzione percentuale dell'utilizzo delle tecnologie nel comparto "Altri servizi e processi"

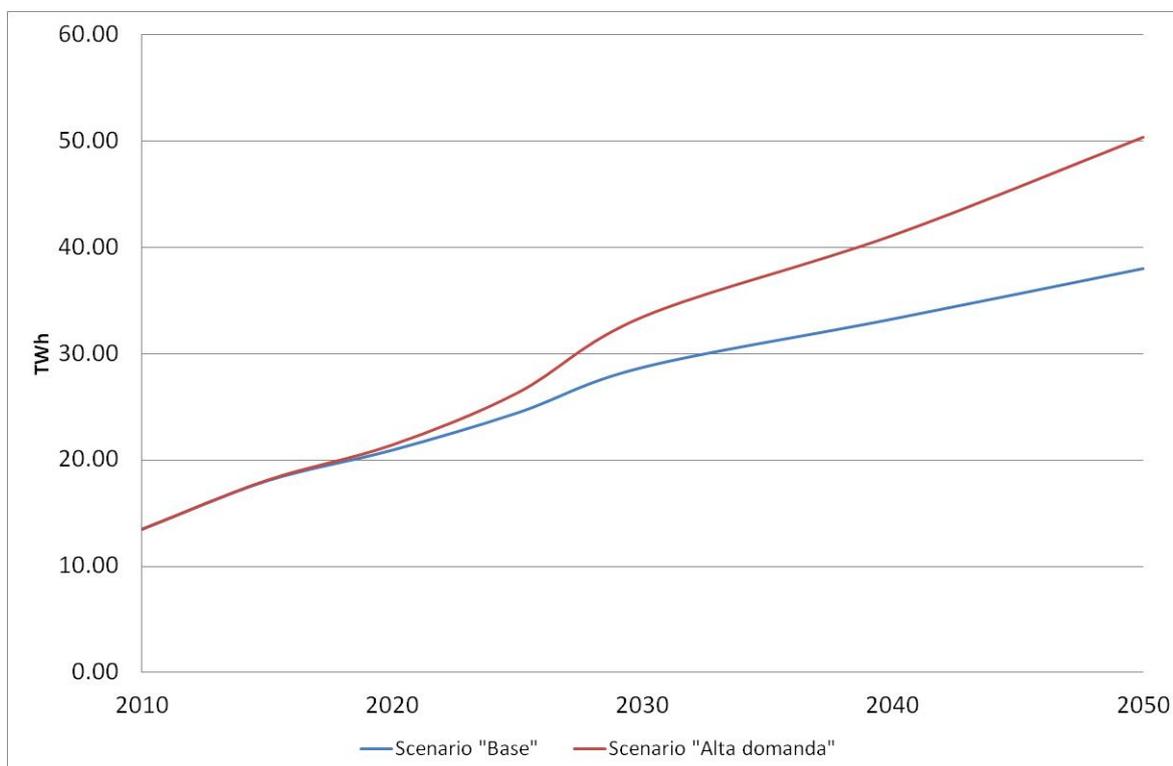


Figura 2.44 – Consumi per "Altri servizi e processi" – motori elettrici

2.5.5 Illuminazione

A questo comparto sono attribuiti i consumi dell'illuminazione del terziario ed il restante 50% dei consumi elettrici del comparto "servizi generali per edifici" del domestico. Anche in questo caso si hanno tre tecnologie e le efficienze delle differenti tecnologie derivano da mix diversi di tipologie di lampade. Tale efficienza è pari a circa 66 lumen/W per la tecnologia delle lampadine esistenti, 85 lumen/w per le lampadine top e 99 lumen/W per le lampadine "new", tipicamente a LED. la domanda di illuminazione è prevista in significativa crescita in entrambi gli scenari.

2.5.6 Riscaldamento e raffrescamento

In generale per questo comparto valgono le stesse considerazioni fatte per il settore domestico. il territorio nazionale è stato suddiviso in tre zone climatiche al fine di meglio modellizzare la domanda effettiva di riscaldamento e raffrescamento sul territorio.

La domanda di riscaldamento è soddisfatta in buona parte da sorgenti diverse dall'energia elettrica. In questo caso più che un miglioramento di efficienza s'ipotizza la sostituzione di altre fonti con energia elettrica attraverso le pompe di calore – condizionatori reversibili. In questo settore l'uso di pompe di calore è già usuale e diffuso nel mercato, soprattutto per edifici da uffici e centro commerciali, pertanto questo scenario è molto concreto e, nel caso di modifiche tariffarie, di implementazione piuttosto rapida.

Sono state previste due tecnologie con diverse efficienze secondo lo schema usuale Air conditioning, COP 3-3.3 e Air conditioning, COP 3.5-4.

La domanda è legata allo sviluppo della volumetria riscaldata/raffrescata (+25% 2010 – 2020, +15% 2020-2030) e tiene conto dell'evoluzione dell'isolamento termico degli edifici sulla base della normativa recentemente approvata.

2.5.7 Acqua calda sanitaria

La domanda di acqua calda sanitaria è soddisfatta in gran parte da sorgenti diverse dall'energia elettrica e pertanto i possibili miglioramenti di efficienza negli usi di energia elettrica non sono significativi rispetto alla domanda complessiva. La domanda è stata calcolata considerando la domanda media di litri/abitante/giorno.

2.6 Settore trasporti

Questo settore opera in modo quasi autonomo dal resto del modello, a cui è connesso attraverso i consumi dei principali carburanti e dell'energia elettrica. Il livello di attività del settore, che è suddiviso tra il trasporto passeggeri e quello merci, è guidato da una domanda esogena di mobilità, espressa rispettivamente in passeggeri-km e tonnellate-km, costruita a partire da serie storiche e di previsioni di tassi di crescita per il periodo 2010-2050. La crescita di mobilità è articolata, seguendo la metodologia del CNT (Conto Nazionale dei Trasporti) nelle due tipologie principali: aree urbane, pendolare-piccoli centri-rurale e spostamenti di media-lunga distanza. In particolare la domanda di passeggeri-km è suddivisa tra "ambito urbano" ed extraurbano, il quale include sia gli spostamenti pendolari su brevi percorrenze e che gli spostamenti extraurbani

I diversi modi di trasporto (strada, ferrovia, aria ed acqua) contribuiscono alla mobilità complessiva secondo i dati a consuntivo per gli anni 1990-2010 e secondo le previsioni più accreditate per gli anni successivi. Una parte della mobilità ha la possibilità "spontanea" del cambiamento modale in caso di vantaggi ambientali (espressi mediante un costo associato alle emissioni di anidride carbonica e di ossidi di azoto) e/o di minore costo delle fonti energetiche.

I trasporti marittimi ed aerei sono modellati sulla base di indagini statistico-economiche condotte sulle serie storiche. Le stime distinguono la parte nazionale da quella internazionale.

Il trasporto su ferro è suddiviso in ambito urbano, pendolare e media lunga distanza, sulla base dei dati di consuntivo di questa modalità.

2.6.1 Trasporto su strada

La mobilità stradale è rappresentata in modo dettagliato: parco auto (benzina, gasolio, gas), veicoli pesanti, motocicli e bus. Nel caso delle automobili il parco è ulteriormente articolato in fasce di cilindrate medie ed anche per i veicoli merci esistono diverse classi di veicoli definite sulla base della portata media. L'articolazione della mobilità del modello è basata sui consuntivi degli anni più recenti, per gli anni futuri è il modello a scegliere i veicoli nuovi che presentano il minor costo complessivo. Questa libertà è limitata dal parco esistente e da alcuni vincoli che agiscono sul numero massimo di "vendite" annue dei veicoli più innovativi. Questi vincoli variano a seconda dello scenario in esame e sono sempre meno stringenti all'avanzare degli anni.

In particolare nel caso delle automobili la rappresentazione nel modello comprende auto con motore a combustione interna, con celle a combustibile, auto ibride alimentate a benzina, metano o gasolio, auto "convenzionali" a basso consumo alimentate a benzina, diesel, GPL e metano ed auto convenzionali. Sono anche previsti mezzi del tutto elettrici. Il "mercato" delle automobili è piuttosto complesso visto che questo mezzo può soddisfare alternativamente un trasporto urbano ed extraurbano. Le tecnologie ipotizzate per le vetture elettriche prevedono la prevalenza di uso urbano, ma anche la flessibilità per l'uso in altri contesti territoriali, ipotizzando una sufficiente estensione della rete distributiva.

Nel caso degli autobus urbani sono previsti autobus a metano, diesel ed elettrici. Il settore urbano comprende gli autobus di linea urbani ed i bus a noleggio ad uso dei turisti (inclusi i minibus), che sempre più frequentemente sono utilizzati nelle strade delle città italiane. Il trasporto interurbano è considerato separatamente, mentre la mobilità elettrica è prevista nel solo ambito urbano.

Nel caso dei mezzi commerciali sono previsti furgoni alimentati ad elettricità, che competono con veicoli a combustione interna alimentati a metano e gasolio.

Ciascun veicolo stradale (precisamente lotti di 10^5 veicoli) consuma i carburanti (e produce emissioni) secondo un ciclo di guida medio rappresentativo dei principali percorsi effettuati a livello nazionale. I cicli guida di base sono divisi tra percorrenze urbane, extraurbane ed autostradali, le percentuali di questi tre cicli di guida sono rappresentative degli usi medi dei veicoli. Le velocità medie utilizzate ed i consumi specifici sono ricavati dalla metodologia Copert IV che rende disponibili funzioni di consumo e di emissione rappresentative del parco medio europeo, opportunamente adattate al parco nazionale.

Ovviamente le funzioni di consumo energetico e di emissione relative a ciascun lotto di veicoli seguono l'evoluzione prevista dalle direttive europee in vigore o in programma. Queste caratteristiche sono definite in modo esogeno, sulla base del rinnovo previsto del parco medio nazionale.

Il modello calcola direttamente i consumi energetici totali e le emissioni complessive del settore.

Domanda di mobilità

Lo scenario previsto è quello considerato più plausibile per l'Italia nei prossimi anni. Questi scenari di evoluzione sono considerati plausibili anche rispetto alle recenti previsioni elaborate a livello comunitario [Commissione EU 2014b], vedi Figura 2.45 e Figura 2.46

Le previsioni di mobilità sono cambiate molto negli ultimi anni, per diversi motivi. Nei due grafici citati si presentano le diverse domande di mobilità merci e passeggeri utilizzate riferite ai seguenti scenari:

- a) Scenario Primes 2010
- b) Scenario Primes 2012 preliminare
- c) Scenario "con misure implementate": questo scenario contiene le misure riportate nell'Allegato I della Delibera CIPE 17/2013
- d) Scenario CIPE-SEN: questo scenario contiene le misure riportate nell'Allegato II della Delibera CIPE 17/2013 e della Strategia Energetica Nazionale (SEN);
- e) Scenario "con veicoli più efficienti": dati finalizzati solo a questo esercizio nei quali le stime relative al 2020 per il traffico su strada coincidono con i dati 2010 storici.

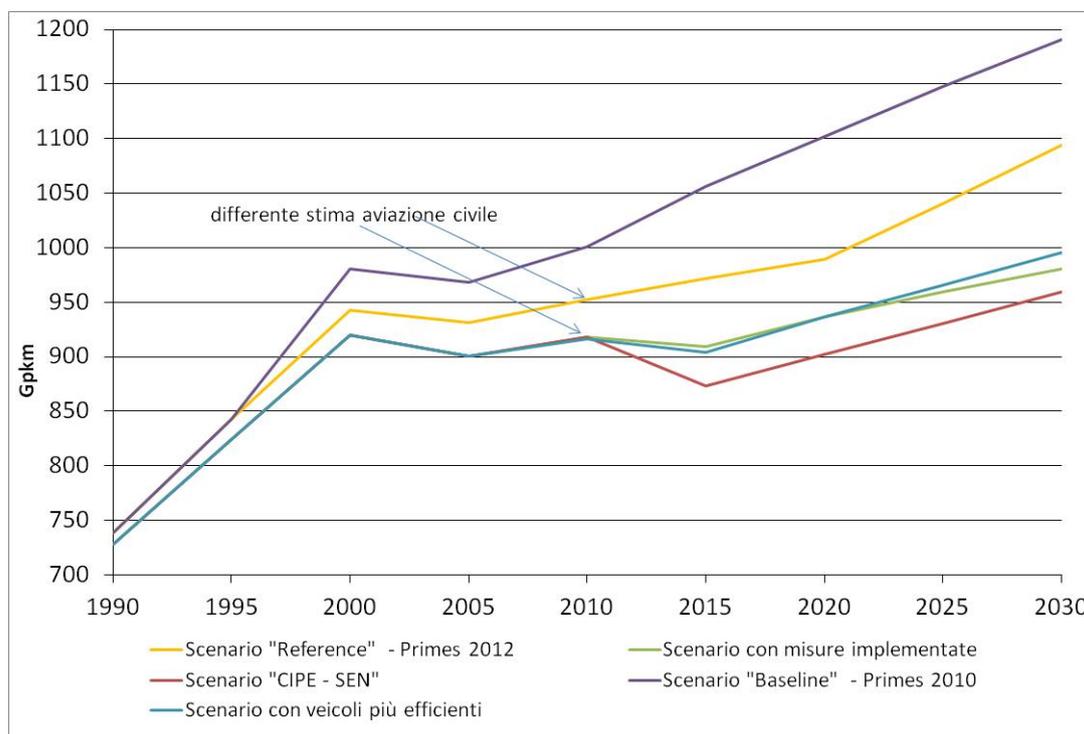


Figura 2.45 – Evoluzione mobilità passeggeri

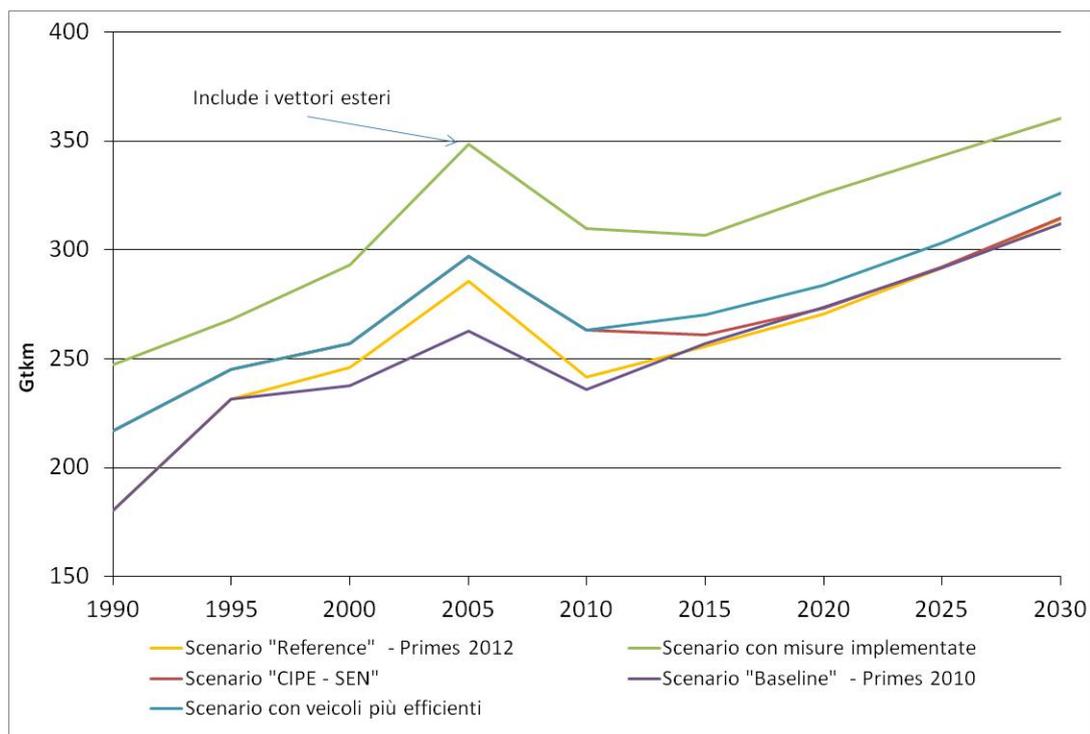


Figura 2.46 – Evoluzione mobilità merci

Come già accennato, la domanda di trasporto passeggeri è articolata per modalità e principale mezzo di trasporto. Si riportano nella Tabella 2-17 le domande di trasporto passeggeri, espresse in 10^9 p-km. La parte di domanda soddisfatta da mezzi aerei e navali è aggiuntiva a quanto riportato in Tabella 2-17.

Tabella 2-17 – Domanda trasporto passeggeri, per modalità

	2010	2013	2015	2020	2025	2030
TRBE1 [Bus transport, non urban, existing]	89.7	96.0	97.5	99.7	105.7	111.6
TRBU1 [Bus transport, urban, existing]	29.8	29.3	29.1	29.8	31.3	32.0
TRCE1 [Car transport, extra urban]	414.6	391.3	402.4	409.4	421.7	434.0
TRCM, Motocicli	49.7	48.6	47.6	48.2	46.0	42.9
TRCU1 [Car transport, urban]	240.2	238.1	240.7	241.3	248.3	255.2
TTI1 [Rail, Passengers, Intercity]	20.6	20.9	21.1	21.6	22.3	22.5
TTR1 [Rail, Passengers, Regional]	27.0	27.7	28.2	29.4	31.7	32.2
TTU1 [Tram - metro use, urban]	6.9	7.2	7.4	7.9	8.7	8.9
Totale	878.6	859.3	874.0	887.2	915.7	939.2

Le domande di mobilità di cui sopra sono allineate con quanto riportato nel Conto Nazionale Trasporti 2010. Gli scenari di sviluppo del traffico sono anch'essi continuamente aggiornati sulla base dei dati più recenti, sia nazionali che europei.

Consumi specifici delle automobili

I dati tecnici di consumo e di emissioni sono ricavati dal modello europeo Copert IV, utilizzato per le stime emissive del settore trasporto su strada. Per quanto concerne i possibili sviluppi futuri si fa riferimento

ai regolamenti europei sulle emissioni di CO2 da auto ed allo studio IEA 2012, Technology Roadmap “Fuel Economy of Road Vehicles”. Si riportano nel seguito i dati di consumo stimati nello studio IEA 2012 e quelli utilizzati per le simulazioni nazionali:

- I dati sui consumi in lt/100km sono “su strada”, sono ricavati da elaborazioni ISPRA su dati IEA e Copert IV. L’aumento è di circa il 10-20% rispetto ai consumi del ciclo di omologazione (rispettivamente per le auto esistenti e quelle immatricolate nel 2013-2020); si noti che IEA propone il 15% medio su tutto il parco.
- Le emissioni citate nel testo di questo documento sono quelle del “ciclo di omologazione”, per comodità di esposizione, tuttavia nel modello esse sono ricavate in automatico dai consumi e corrispondono pertanto alle stime “su strada”;
- Il modello è libero di utilizzare i veicoli seguendo l’opzione di minimo costo, pertanto alcune categorie di veicoli (tipicamente quelli di cilindrata elevata) non sono utilizzati appieno negli anni di scenario ed il modello è “forzato” ad un uso minimo di questi veicoli, sulla base dei dati storici;
- La riproduzione dell’evoluzione del parco circolante a livello europeo contenuta nel documento IEA 2012 nel parco nazionale è un’elaborazione ISPRA
- Sono stati anche simulati gli effetti sui consumi di carburanti di una flotta di auto elettriche di 0,5 ml di veicoli al 2020 e 3 ml al 2030

Si riportano nella Tabella 2-18 e Tabella 2-19 le previsioni di aumento dell’efficienza dei veicoli in Italia, ricavate da elaborazioni ISPRA come sopra accennato, per l’Europa secondo quanto previsto dal Regolamento (CE) n. 443/2009 e, come riferimento, il dato medio a livello mondiale sulla base di quanto riportato in IEA 2012. I consumi sono espressi in LGE (liter of gasoline equivalent) .

Tabella 2-18 – Emissioni specifiche automobili nuove: lt/100km - g CO2/km

	Media venduto 2001-2005	Media venduto 2006-2008	Dato 2010	Obiettivo 2020	Obiettivo 2030
	Euro3	Euro4	Euro 5		
Media Pesata IT	6,54 lt	6,4 lt	5,46 lt	4,79 lt	4,02 lt
	154,5 gCO2/ km	147,7 gCO2/km	129 gCO2/ km	113 gCO2/km	95 gCO2/ km
Media EU	7lt	6.6lt	circa 5,9lt	circa 4lt	?
	170 gCO2/km	156 gCO2/km	140 gCO2/km	95 gCO2/ km	
Media WORD	8.1 lt	7.7 lt	7.6 lt	5.4 lt	4.1 lt

Nota: I consumi sono espressi in LGE: liter of gasoline equivalent
Fonte IEA 2012

Tabella 2-19 – Articolazione dei veicoli nuovi per carburante utilizzato, dati simulati nel modello

	Media venduto 2006-2008	Dato 2009-2014	2015 - 2019	2020 - 2024	2025 - 2030
Dati simulati nel modello	Euro4 6,4 lt	Euro 5 5,46 lt	5,34 lt	4,8 lt	4,02 lt
	147,7 gCO2/km	134 gCO2/km	126 gCO2/km	113 gCO2/km	95 gCO2/ km
Diesel		51%	50%	50%	45%
Benzina		38%	40%	40%	40%
GPL metano		12%	10%	10%	15%

Nota: I consumi sono espressi in LGE: liter of gasoline equivalent

Nel seguito sono riportati dati applicabili soprattutto al trasporto merci. Il confronto con IEA è basato sulle medie pesate per tutto il parco, ricavate da Copert IV applicato al parco nazionale:

- Per i veicoli leggeri (LDV, light duty vehicle) (si noti che IEA include i camion fino a circa 5t p.u.) il parco nazionale è già piuttosto efficiente ed i miglioramenti attesi sono inferiori a quanto ipotizzato da IEA

b) Nel caso dei veicoli pesanti (HDV, heavy duty vehicles) il parco nazionale risulta molto più efficiente di quanto ipotizzato da IEA (che comunque suggerisce di usare cautela sulla rappresentatività dei suoi dati per il contesto europeo.) Pertanto l'aumento di efficienza atteso è piuttosto contenuto.

Tabella 2-20 – Emissioni specifiche veicoli commerciali: lt/100km - g CO₂ / km

	Media 2005	Media 2008	Obiettivo 2020	Obiettivo 2030	Decremento m.a. 2005-2030
LDV, dato IEA , p.u. fino a 5t	13,7	13,4	10,7	9,5	-1,5%
LDV, Parco IT + Copert IV	Euro IV: 11.53	Euro V: 11.41	(stima) 10.12	(stima) 9.04	-1,0%
HDV e BUS , dato IEA	39,1	35,9	31,8	27,1	-1,5%
HDV, parco IT + Copert IV	Euro IV: 30.17	Euro V: 30.15	(stima) 30.3	(stima) 27.1	-0,4%

Fonte IEA 2012 ed elaborazioni ISPRA

2.6.2 Auto elettriche

Obiettivo del lavoro svolto in collaborazione con TERNA è la stima del possibile aumento della mobilità con mezzi elettrici. Questo incremento può riguardare sia i mezzi tradizionali (treni e tram-metro) sia l'elettrificazione del trasporto pubblico urbano (filobus elettrici), sia l'introduzione di mezzi elettrici per il trasporto individuale di persone e la distribuzione di merci. In questo studio si sviluppa uno scenario specifico relativo alla diffusione di veicoli privati elettrici, mentre le misure per incrementare l'uso di altri mezzi elettrici sono incluse nella programmazione nazionale e verranno incluse nello scenario "alti consumi".

Sono disponibili per la simulazione diverse tipologie di auto totalmente elettriche. Data la relativa novità dei veicoli e le scarse prove su strada disponibili, in letteratura sono riportate molteplici ipotesi di consumi specifici in cicli guida di omologazione e "reali". In Tabella 2-21 sono riportate alcune delle diverse stime disponibili, confrontate, per comodità, con i consumi dei veicoli a combustione interna più efficienti disponibili.

Come si vede ci sono significative differenze nelle stime dei veicoli elettrici dei diversi studi a cui si aggiungono le stime riportate in Tabella 2-21. Le ipotesi più vicine ai cicli guida su strada sembrano essere quelle del recente studio olandese "CE Delft", 2011, pertanto nel modello sono state implementate queste stime.

Si noti inoltre che i consumi riportati in Tabella 2-21 si riferiscono solo all'uso su strada del veicolo, va pertanto inclusa l'efficienza di carica-scarica delle batterie. Comunemente si presumono perdite del 10% circa in questa fase, da aggiungere ai consumi in Tabella 2-21. I consumi inseriti nel modello per i veicoli elettrici sono quelli di Tabella 2-21, limitatamente alle righe dove è citato lo studio olandese sia per l'anno 2010 che per l'anno 2030, aumentati del 10%.

Tabella 2-21 – *Diverse stime di consumi medi veicoli elettrici in Wh/km, cicli guida reali, media urbano-extraurbano*

Wh/km	1-Veicoli “small”, segmento A-B, cicli guida reali, media urbano-extraurbano
139	Elettrico secondo Bernini-RSE, seg A-B
155	Elettrico secondo Molocchi 2012-Studio CE Delft-Ecologic, seg A-B
250	Veicolo elettrico al 2010, studio CE Delft, FEV small, scenario 2
226	Veicolo elettrico al 2030, studio CE Delft
365	Veicoli basso consumo convenzionali benzina, riferimento media immatricolato 95 g CO2/km
425	Veicoli basso consumo convenzionali benzina, riferimento media immatricolato 120 g CO2/km
480	Media immatricolato euro V, segmento A
570	Media immatricolato euro V, segmento B

Wh/km	2-Veicoli “medium”, segmento C, cicli guida reali, media urbano-extraurbano
200	Elettrico secondo Bernini-RSE, seg C-D
290	Veicolo elettrico al 2010, studio CE Delft, FEV medium, scenario 2
262	Veicolo elettrico al 2030, studio CE Delft
560	Veicoli basso consumo convenzionali benzina, riferimento media immatricolato 95 g CO2/km
656	Veicoli basso consumo convenzionali benzina, riferimento media immatricolato 120 g CO2/km
770	Media immatricolato euro V, segmento C

Wh/km	3-Veicoli “large”, segmento D, cicli guida reali, media urbano-extraurbano
317	Elettrico, media Molocchi 2012-Studio CE Delft, seg C-D
330	Veicolo elettrico al 2010, studio CE Delft, FEV large, scenario 2
298	Veicolo elettrico al 2030, studio CE Delft
370	Veicoli basso consumo convenzionali diesel, riferimento media immatricolato 95 g CO2/km
470	Veicoli basso consumo convenzionali diesel, riferimento media immatricolato 120 g CO2/km
556	Media immatricolato diesel euro V, segmento C-D

Fonte:

- auto convenzionali: elaborazioni ISPRA su IEA 2012, Technology Roadmap “Fuel Economy of Road Vehicles”
- auto elettriche: elaborazioni ISPRA su “Impacts of Electric Vehicles - Deliverable 5. Impact analysis for market uptake scenarios and policy implications” Delft, CE Delft, April 2011

Terna ha fornito ad ISPRA anche dei dati di consumo ricavati dal questionario relativo ai “Plug-in Electric Vehicle Joint Project”. Questo progetto è in corso tra i gestori delle reti di trasmissione europei al fine di stimare l’impatto sulle reti di flotte di veicoli elettrici. In questo questionario i consumi specifici delle auto elettriche sono stimati in km per kWh. Per comodità di raffronto si riepilogano i dati delle auto sopracitate in unità di misura omogenee con la Tabella 2-21 ed anche in km per kWh.

Tabella 2-22 – *Diverse stime di consumi medi veicoli elettrici, cicli guida reali, media urbano-extraurbano*

Wh/km	Km per kWh	
155	6,44	Plug-in Electric Vehicle Joint Project
250	4,0	Veicoli “small”, segmento A-B, cicli guida reali, media urbano-extraurbano
290	3,2	Veicoli “medium”, segmento C, cicli guida reali, media urbano-extraurbano
330	3,0	Veicoli “large”, segmento D, cicli guida reali, media urbano-extraurbano

Come si vede confrontando i dati di Tabella 2-21 con quelli di Tabella 2-22 le stime dei consumi ipotizzate per questo lavoro sono notevolmente più conservative di quelle del progetto “Plug-in Electric Vehicle Joint Project” sopracitato. Tra le possibili spiegazioni c’è sicuramente l’inclusione dell’efficienza di carica-scarica delle batterie (-10%) e, verosimilmente, visto che si tratta di veicoli “plug-in” e non totalmente elettrici, una parte delle percorrenze è prevista con carburanti tradizionali i cui consumi non sono considerati nei dati di Tabella 2-22.

Si conferma pertanto l’uso delle stime dello studio Delft, visto che queste ultime sono riferite ai cicli guida realistici su strada. Comunque si tratta di consumi specifici largamente inferiori a quelle dei migliori veicoli convenzionali oggi ipotizzabili.

2.6.3 Altre opzioni tecnologiche

Oltre alle auto totalmente elettriche (FEV) si discute molto in letteratura delle auto cosiddette “extended range”(EREV) e “plug in”(PHEV), in cui la quota elettrica è significativa ed è possibile ricaricare le batterie alla presa di corrente. Soprattutto le EREV sono auto in cui è possibile una mobilità esclusivamente elettrica su distanze significative. In uno su tre degli scenari elaborati nello studio olandese solo queste tipologie di auto penetrano sul mercato europeo. Visti i fini dello studio ISPRA-TERNA si ritiene più attinente simulare la penetrazione di auto totalmente elettriche, ma finalizzate a segmenti particolari della mobilità.

Oltre alla scelta tecnologica va fatta una scelta del mercato privilegiato per le auto elettriche. Nei primi dieci anni sembra scontato limitare la penetrazione alla sola mobilità urbana, tuttavia, all’orizzonte 2030, potrebbe essere opportuno considerare la sostituzione di una quota della mobilità extraurbana. Si sottolinea che anche negli scenari europei le auto elettriche sono utilizzate per il 70-80% in ambito urbano.

Per quanto riguarda la velocità di penetrazione sul mercato si riportano gli scenari proposti nello studio olandese. Le vendite attuali (2012) di auto elettriche sono pari allo 0.04% delle immatricolazioni.

Tabella 2-23 – *Diversi scenari di diffusione delle auto elettriche*

EU-27 annual car sales, expressed in % of each vehicle type in the total sales

Scenario 1	2010	2015	2020	2025	2030
Conventional	100%	99%	95%	74%	48%
PHEV	0%	1%	3%	16%	30%
EREV	0%	0%	1%	5%	11%
FEV	0%	0%	1%	5%	11%
Scenario 2	2010	2015	2020	2025	2030
Conventional	100%	99%	97%	90%	80%
PHEV	0%	0%	2%	7%	13%
EREV	0%	0%	1%	2%	3%
FEV	0%	0%	0%	2%	3%
Scenario 3	2010	2015	2020	2025	2030
Conventional	100%	99%	90%	46%	16%
PHEV	0%	1%	6%	31%	44%
EREV	0%	0%	2%	13%	22%
FEV	0%	0%	2%	10%	18%

Fonte: Impacts of Electric Vehicles - Deliverable 5. Impact analysis for market uptake scenarios and policy implications. Delft, CE Delft, April 2011

Nello scenario elaborato sono stimati i consumi di auto elettriche dei segmenti A-B e C, con esclusione dei veicoli della categoria maggiore (segmento D) e di tutte le altre tipologie di veicoli più grandi (SUV, Crossover, auto sportive e multi spazio).

Sono stimate le vendite con le scadenze riportate nella tabella seguente, forzando il mercato con stime irrealistiche fino al 2020, per poi assestarsi su circa ¼ del mercato complessivo.

Tabella 2-24 – *Vendite di veicoli elettrici, scenario “auto elettrica”*

	Vendite, 10 ³	Vendite in %	Parco, 10 ⁶
2010	0.114		
2011	0.302		
2012	0.6		
2013	2.0		
2014	10.0		
2015	50.0		
2016	100.0	5%	
2017	200.0	10%	
2018	400.0	20%	
2019	600.0	30%	
2020	800.0	40%	2.1
2030	500 annue	25%	6.7

Come si vede dal confronto tra la tabella precedente e quella dello studio, le stime preliminari ISPRA per gli anni successivi al 2025 sono prudenti ed intermedie tra quelle dello scenario 2 e dello scenario 1 dello studio olandese. Il dato al 2020 è invece palesemente irrealistico, superiore anche a quello previsto nello scenario 3 (massima diffusione) dello studio olandese sopra riportato. Queste ipotesi sono tuttavia contenute in diversi studi nazionali, tra cui quello elaborato da RSE nel 2010.

3 RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Produzione di energia elettrica

Ai fini del presente rapporto saranno illustrati i risultati delle proiezioni del settore elettrico per lo scenario base, senza entrare nel dettaglio degli scenari “alto” e “basso”. La proiezione della produzione di energia elettrica nell’orizzonte temporale simulato fino al 2050 è rappresentata nel seguente grafico.

La figura mostra una diminuzione della produzione elettrica fino al 2040 (~12% rispetto al 2010), seguita da un lieve incremento nel decennio successivo. La produzione di origine fossile declina sostituita dalla produzione da fonti rinnovabili. La quota di energia elettrica importata mostra un lieve incremento fino al 2040 (~25% rispetto al 2010).

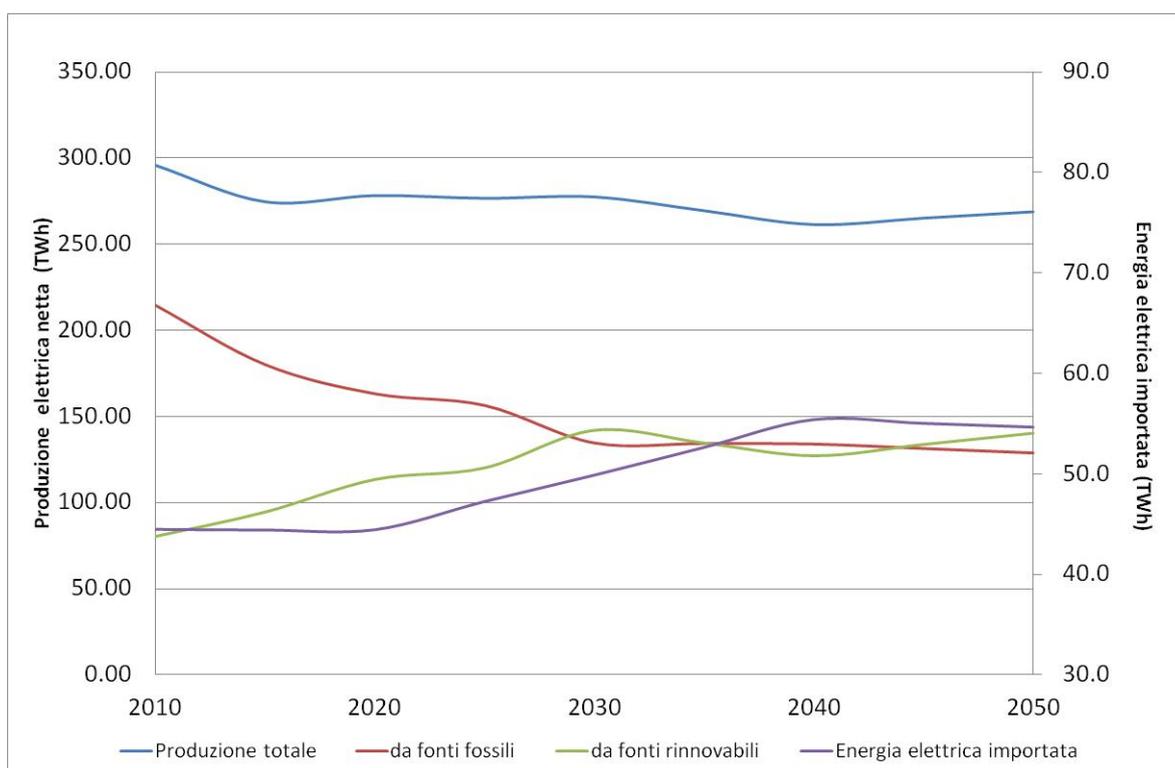


Figura 3.1 – Proiezioni della produzione elettrica netta e dell’energia elettrica importata fino al 2050.

La proiezione della produzione elettrica da fonti idroelettrica, eolica, fotovoltaica e geotermica è illustrata nel seguente grafico che mostra il crescente ruolo della produzione da fotovoltaico e da eolico. La fonte idroelettrica, in seguito alla sua dipendenza dalle condizioni meteorologiche, è particolarmente imprevedibile. In tal senso si sottolinea che ai fini della proiezione delle diverse fonti il modello utilizzato considera esclusivamente i parametri economici e tecnologici delle diverse tecnologie di produzione elettrica e l’interazione con la domanda dei servizi.

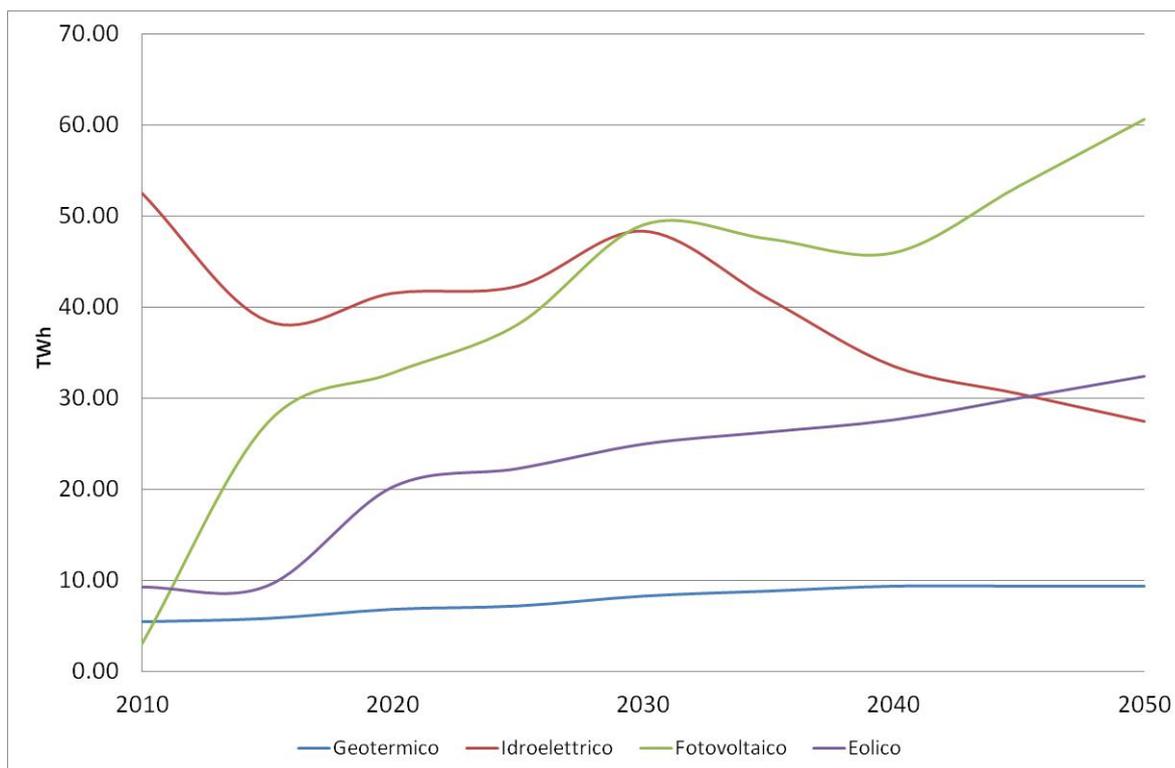


Figura 3.2 – Proiezioni della produzione elettrica netta da fonti rinnovabili.

Di seguito sono riportate le proiezioni del contenuto energetico dei principali combustibili fossili utilizzati per la produzione elettrica. Il gas naturale continua a coprire un ruolo prevalente nonostante il costante declino. Nel periodo dal 2010 al 2030 il gas naturale utilizzato per la produzione elettrica si riduce del 30,9%, i gas derivati del 42,7% e i prodotti petroliferi mostrano un ruolo marginale riducendosi del 84,5%. Il carbone mostra un rapido declino fino al 2030 (-68,9% rispetto al 2010), seguito da una ripresa dei consumi per il possibile avvio di nuove tecnologie quali la CCS (*Carbon Capture and Storage*).

Nel presente rapporto non è possibile fornire dettagli sulle fonti rinnovabili termoelettriche poiché i parametri che governano il comportamento di tali risorse necessitano di ulteriori approfondimenti al fine di avere proiezioni affidabili per tali risorse.

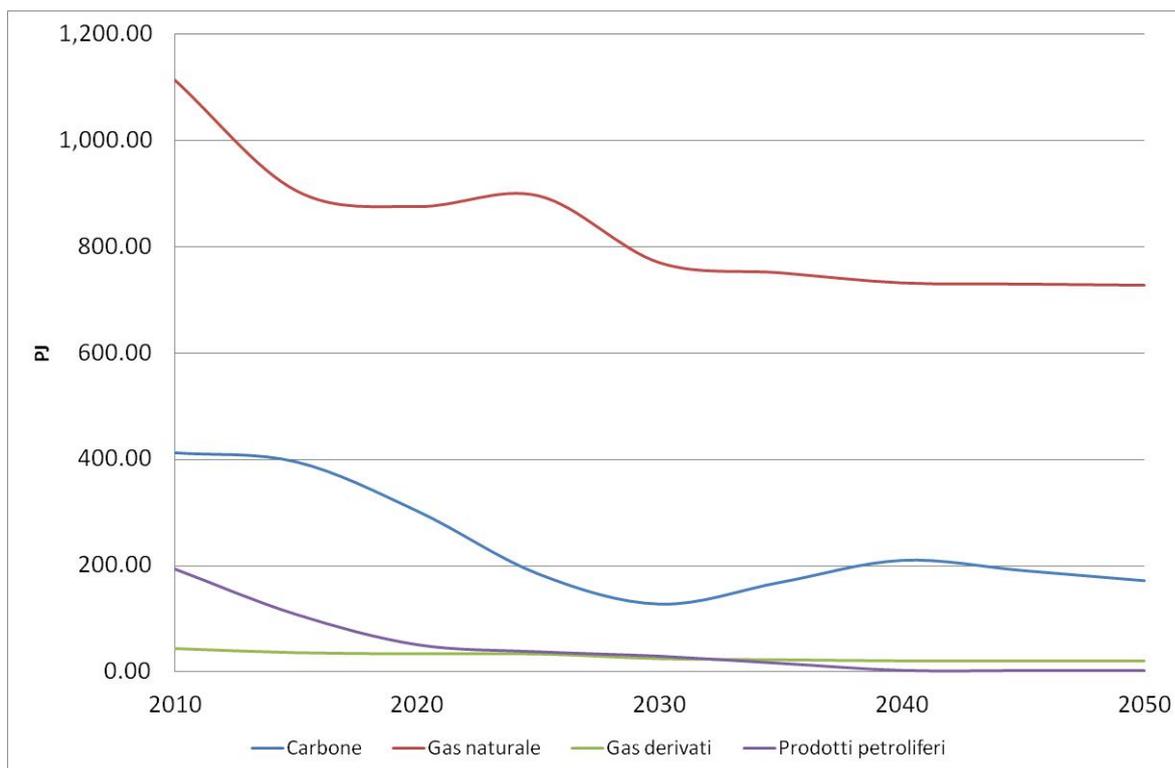


Figura 3.3 – Proiezioni del contenuto energetico dei combustibili fossili utilizzati nel settore elettrico.

Il 2010 rappresenta l'anno di partenza della simulazione ed è stato tarato con i dati pubblicati da Eurostat per quanto riguarda i combustibili utilizzati per la produzione elettrica. In merito all'energia totale dei combustibili utilizzati nel settore elettrico lo scarto tra il dato consuntivo e il dato fornito dal modello è del 1,4%. Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle tipologie di combustibili.

Tabella 3-1 – Contenuto energetico dei combustibili utilizzati per la produzione elettrica (PJ). Sono riportati i dati consuntivi di Eurostat e i dati simulati dal modello per l'anno 2010.

Combustibile	Eurostat	Modello	Variazione %
Carbone	397,1	412,7	3,9%
Gas naturale	1.166,2	1.114,1	-4,5%
Gas derivati	46,5	43,3	-7,0%
Prodotti petroliferi	186,6	193,6	3,8%
Biomassa	35,7	36,0	0,9%
Rifiuti	65,2	70,0	7,4%
Biodiesel	24,0	23,9	-0,1%
Biogas	21,2	21,0	-0,9%
Totale	1.942,4	1.912,5	-1,4%

In merito alla produzione elettrica il modello è stato tarato sui dati consuntivi del 2010 e del 2013 e la produzione elettrica totale mostra uno scarto rispetto al consuntivo TERNA rispettivamente del 1,9% e 1,8%.

3.2 Settore industria

Questo settore comprende oltre all'industria in senso stretto anche le raffinerie, le costruzioni e gli acquedotti. Sono state invece escluse le "industrie energetiche" così come definite nei consuntivi del gestore della rete, perché si tratta prevalentemente di uffici e pertanto sono stati accorpati al terziario per affinità dal punto di vista delle tecnologie. Inoltre anche il settore dell'agricoltura è collegato a questo settore da un punto di vista tecnologico, ovvero usa le tecnologie orizzontali elettriche (come i motori di piccola potenza l'illuminazione e gli altri usi elettrici) che sono utilizzate nella piccola e media industria.

In questo settore la principale variabile è rappresentata dall'attività ovvero la produzione industriale, con una particolare enfasi su alcuni settori particolarmente energivori, quali la siderurgia, i non ferrosi, la chimica e la carta. La produzione industriale è inoltre stata utilizzata per determinare la maggior parte dei consumi del settore dei materiali da costruzione (produzione di cemento, calce, vetro, mattoni e piastrelle). Per gli altri settori, tra cui spicca la meccanica, i consumi sono stati correlati al valore aggiunto. In particolare, viste le incertezze notevoli di questo momento storico in Italia, si è operato come segue:

- si è cercato di determinare con la massima precisione possibile la situazione a inizio 2013, e la si è utilizzata come secondo anno base per il modello;

- basandosi sui dati di crescita del PIL e del VA industriale dei due scenari Primes per l'Italia recentemente diffusi in ambito EU, sono stati determinati due trend di crescita, uno tendenziale ed uno con un recupero della produzione industriale, per ognuno dei sottosectori industriali, usando anche i valori storici degli ultimi 10-15 anni;

- a partire dal dato di preconsuntivo dei primi mesi del 2013 sono stati applicati i due scenari di crescita delle produzioni. La produzione è stata ipotizzata quasi costante tra il 2013 ed il 2015, con aumenti significativi nel periodo successivo. Maggiore enfasi è stata posta sulla crescita dei valori aggiunti dei settori che si sono ripresi più in fretta dalla crisi del 2009.

- lo scenario di produzione "alto" è stato ulteriormente rialzato quando si è constatato che nel 2020, o neanche nel 2030 in molti casi, si riusciva a ritornare ai valori di produzione del 2008. Questo escludendo quei settori in manifesto declino quali il tessile, la chimica (esclusi farmaceutici e chimica fine) ed i non ferrosi. Grosse incertezze ci sono nel siderurgico, non risolvibili nell'immediato: in questo settore si è ipotizzato nello scenario alto di tornare nel 2030 alle produzioni del 2008, con prevalenza dei forni elettrici. Nel caso dei materiali da costruzione (escluso vetro e ceramica) anche con aumenti della produzione doppi rispetto alla media del VA non si riesce comunque a recuperare all'orizzonte 2030 i valori produttivi del 2008, a meno di ipotizzare crescite mai verificatesi in anni recenti.

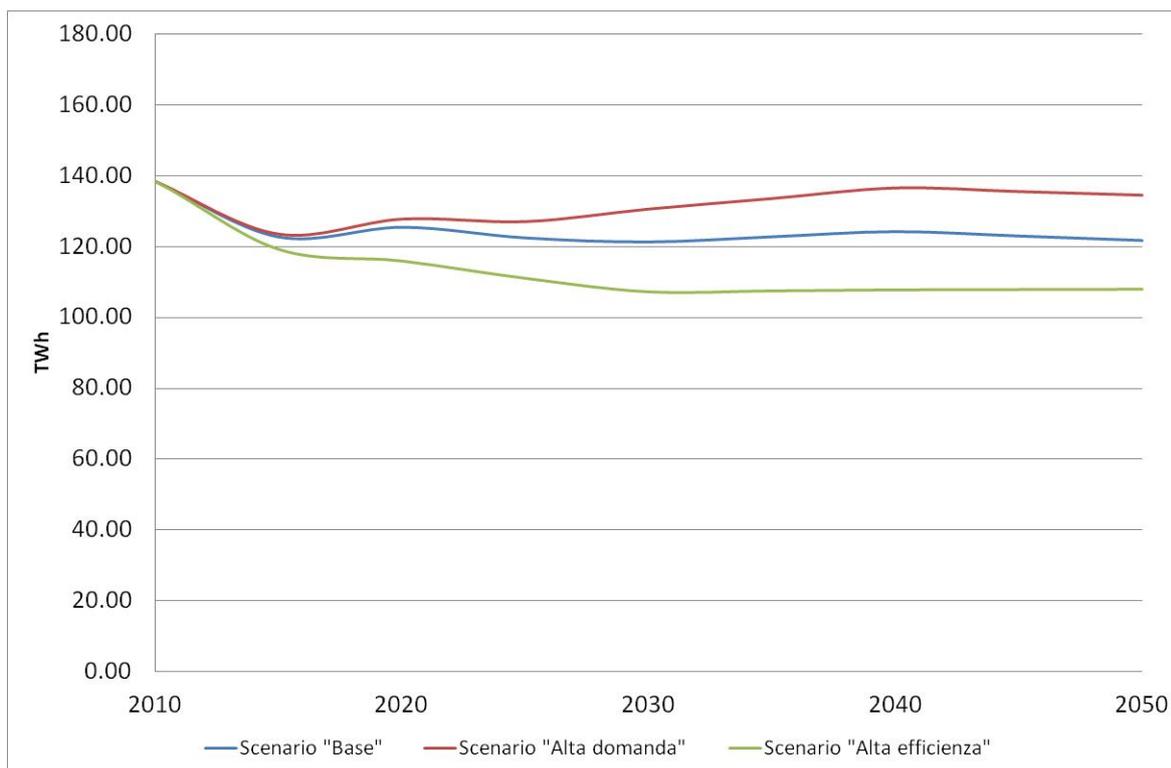


Figura 3.4 – Consumi di energia elettrica nel settore industriale (TWh)

Sulla base dei risultati dello scenario si evidenzia la riduzione dei consumi rispetto al 2010 anche nello scenario base. Questa riduzione è accentuata nello scenario “efficiente”, mentre lo scenario “alto” in sostanza recupera i consumi del 2010, dopo la riduzione nel 2015-2020. Il risultato è dovuto principalmente alla profondità della crisi economica in corso, tuttavia segnala anche tendenze più strutturali, come di seguito illustrato. La differenza di consumi di circa 10 TWh tra base ed alto è più che bilanciata da possibili riduzioni ottenibili con aumenti di efficienza che partono da circa 8 TWh nel 2020 e salgono fino a circa 14TWh nel 2030 per poi restare costanti. Gli aumenti di efficienza sono dovuti all’evoluzione dei motori elettrici, degli apparecchi per l’illuminazione e degli “altri usi elettrici”, processi inclusi.

Nel settore industriale la diffusione delle tecnologie più efficienti è più lenta, essendo legata al rinnovo degli impianti, tuttavia avviene comunque, secondo il modello, anche perché influisce molto l’aumento dei prezzi delle fonti energetiche avvenuto tra il 1999 ed il 2010 e l’aumento dei prezzi dell’energia elettrica negli anni più recenti. Il passaggio del prezzo del petrolio da circa 20 \$/bbl a circa 100 \$ si è riversato tutto sui conti economici dato che le tasse sull’energia, basse o nulle per il settore, non hanno operato per attenuare l’aumento dei costi percepito dal consumatore finale. Il mutato contesto economico influisce ed influirà negli anni a venire sulle scelte progettuali al momento del rinnovo degli impianti.

Come si può vedere dal grafico in Figura 3.4, l’introduzione di tecnologie ad alta efficienza può portare nel medio periodo a riduzioni significative dei consumi elettrici. Man mano che l’orizzonte temporale viene spostato in avanti la differenza tra gli scenari ad alta efficienza e gli altri tende a ridursi sia perché col tempo si ha una sostituzione spontanea di tecnologie obsolete meno efficienti verso tecnologie che consentono minori consumi, sia perché al momento non è possibile prevedere e quantificare gli effetti di quelle tecnologie al momento non disponibili sul mercato ma che verosimilmente verranno introdotte negli anni futuri.

Non sarebbe pertanto del tutto corretto desumere da tali andamenti che l’effetto di misure di sostegno all’introduzione di tecnologie efficienti si esaurirà entro un determinato periodo di tempo.

3.2.1 Materiali da costruzione

Per il settore dei materiali da costruzione si prevede una generale riduzione dei consumi rispetto all'anno 2010, non soltanto nello scenario ad alta efficienza, ma anche nello scenario base per quasi tutti i comparti produttivi considerati, ad eccezione dell'industria del vetro e della calce (Figura 3.5 e Figura 3.6) per i quali si evince, dai risultati della simulazione modellistica, una stabilizzazione dei consumi negli anni di scenario.

In particolare, si sottolinea per il vetro, a differenza di tutti gli altri settori, un aumento dei consumi di energia elettrica tra il 2015 ed il 2020 (negli scenari base ed alta domanda) in netta controtendenza con tutti gli altri *trend* risultanti che presentano invece una riduzione nello stesso periodo temporale.

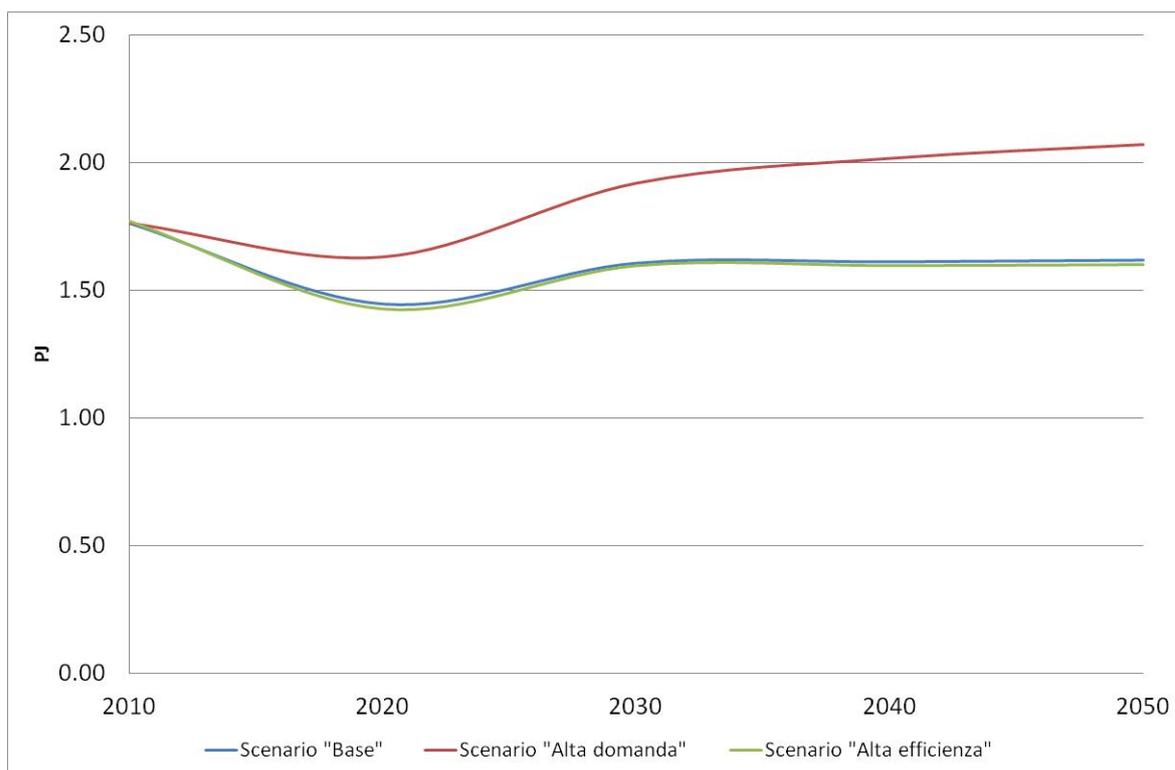


Figura 3.5 – Consumi finali di energia elettrica per la produzione di calce (PJ)

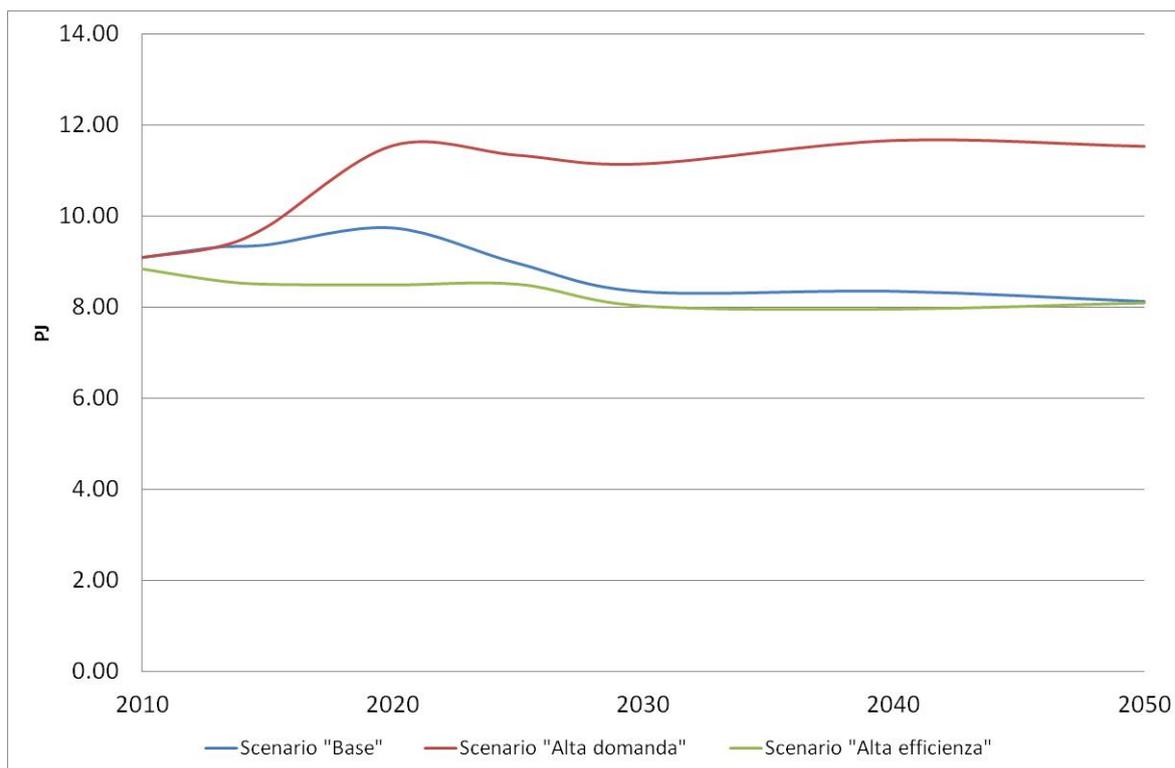


Figura 3.6 – Consumi finali di energia elettrica per la produzione di vetro (PJ)

In molti casi si è inoltre riscontrata, in relazione allo scenario ad alta efficienza, una pressoché conferma dei consumi risultanti per quello base, forse dovuto al fatto che nel settore industriale la diffusione delle tecnologie più efficienti è più lenta, essendo legata al rinnovo degli impianti, tranne che per l'industria del vetro che si discosta quindi ulteriormente, come previsione, rispetto a quelle fatte per gli altri settori produttivi.

Si riporta infine in Figura 3.7 l'andamento complessivo dei consumi finali di energia elettrica per la produzione di materiali da costruzioni, dalla quale emerge che, a causa dei cambiamenti nella struttura della produzione, questo settore non torna, all'orizzonte 2050, ai livelli di consumo energetico relativo all'anno base, anche nelle ipotesi più favorevoli di scenario ad Alta domanda.

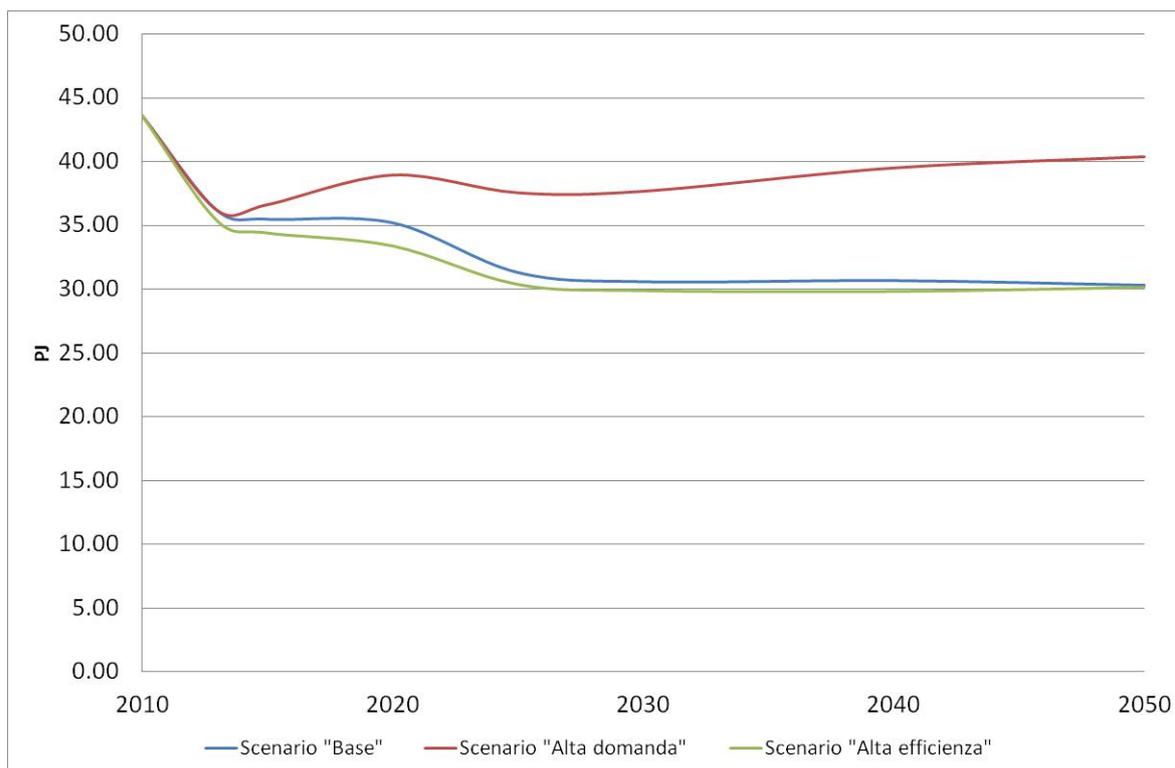


Figura 3.7 – Consumi totali di energia elettrica per la produzione di materiali da costruzione (PJ)

3.2.2 Produzione di carta

I consumi elettrici complessivi per l'industria cartaria sono riportati in Figura 3.8 per ciascuno dei diversi scenari ipotizzati.

Come si può notare, dai risultati del modello, per gli scenari base e ad alta efficienza, si evince un trend negativo dell'andamento dei consumi totali di energia elettrica per la produzione di carta, tendendo al massimo ad una stabilizzazione dei consumi stessi nelle ipotesi di alta domanda. Tale risultato, può essere imputabile al fatto che questo settore stia investendo molto in tecnologie sempre più sofisticate ed efficienti per quanto riguarda il processo di fabbricazione delle diverse tipologie di carta in combinazione, come già accennato precedentemente nel capitolo di descrizione del settore, ad una maggiore concorrenza nel mercato dei prodotti finiti dei paesi che producono la pasta di carta.

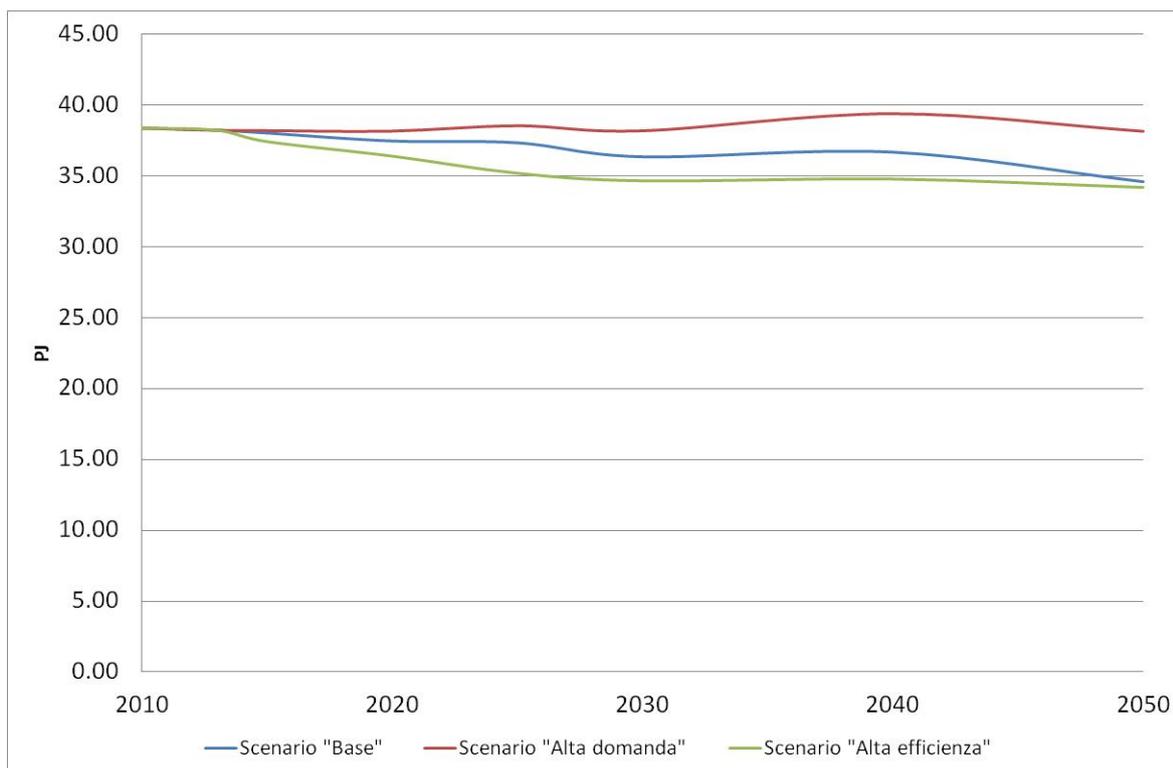


Figura 3.8 – Consumi totali di energia elettrica per la produzione carta (PJ)

3.2.3 Acciaio

Si riportano di seguito i consumi totali di elettricità per la produzione di acciaio per gli anni dal 2010 al 2050 per gli scenari presi in considerazione per l'industria.

Come risulta evidente dalla Figura 3.9, l'introduzione di tecnologie più efficienti in questo settore può portare a risparmi significativi di energia, in particolare nel ciclo di produzione elettrico.

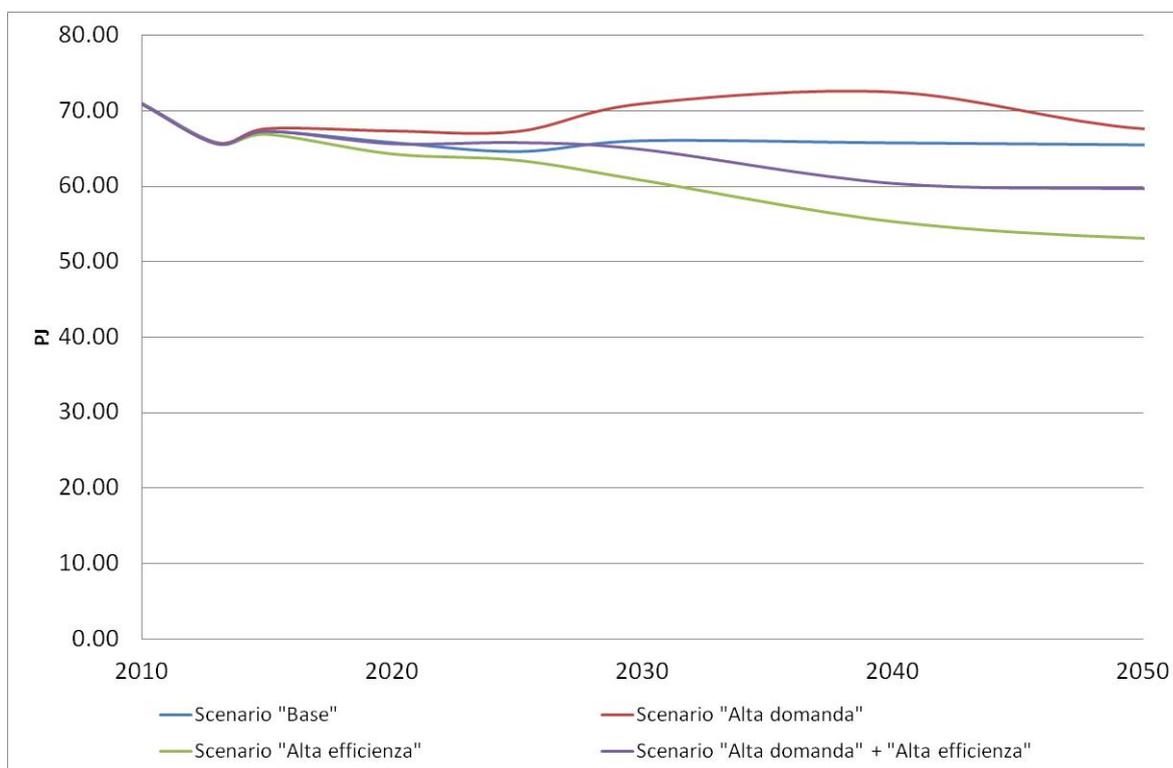


Figura 3.9 – Consumi totali di energia elettrica per la produzione di acciaio (PJ)

Alla luce dei risultati del modello, considerando gli investimenti necessari in questo tipo di attività, lo scenario di alta domanda, se si guarda ai soli forni elettrici, porta con sé una riduzione dei consumi elettrici rispetto allo scenario base, poiché la relativamente alta richiesta di acciaio rende conveniente l'investimento in tecnologie più efficienti. Le attività diverse dalla produzione elettrica di acciaio, invece, beneficiano meno dell'aumento di efficienza delle tecnologie, ma su questo punto è più arduo spendersi in osservazioni più approfondite poiché non si tratta di un unico settore omogeneo, ma di un consumo totale risultante dalla somma di molte attività diverse sulle quali non sempre si dispone di adeguate informazioni.

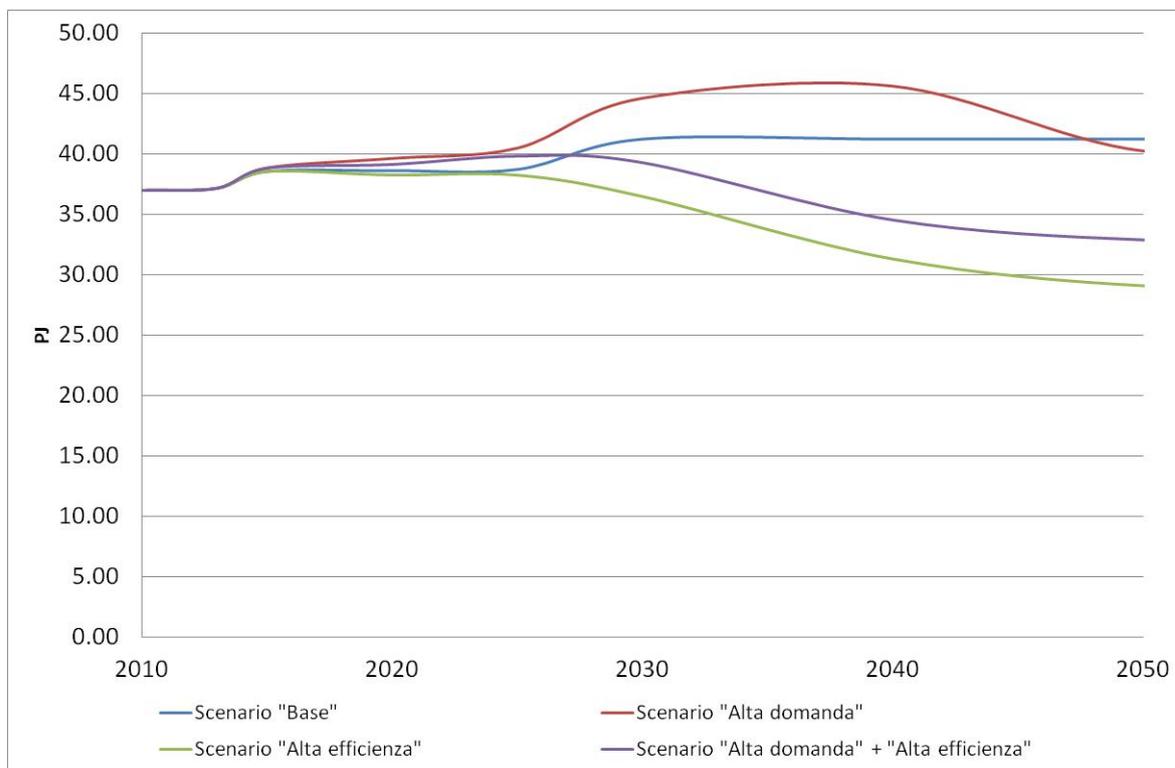


Figura 3.10 – Consumi di elettricità dei forni elettrici per la produzione di acciaio (PJ)

3.2.4 Metalli non ferrosi

Il settore dei metalli non ferrosi è dominato dai consumi elettrici necessari per la produzione di alluminio, la quale è andata incontro negli ultimi anni a una drastica riduzione. Alla luce delle informazioni attuali, la domanda interna di questo materiale sarà sostenuta sostanzialmente dalle importazioni e non si prevede una ripresa della produzione nazionale. Questo fa sì che i consumi elettrici in questo settore si manterranno molto contenuti e con differenze poco significative tra i diversi scenari ipotizzati, rappresentati in Figura 3.11

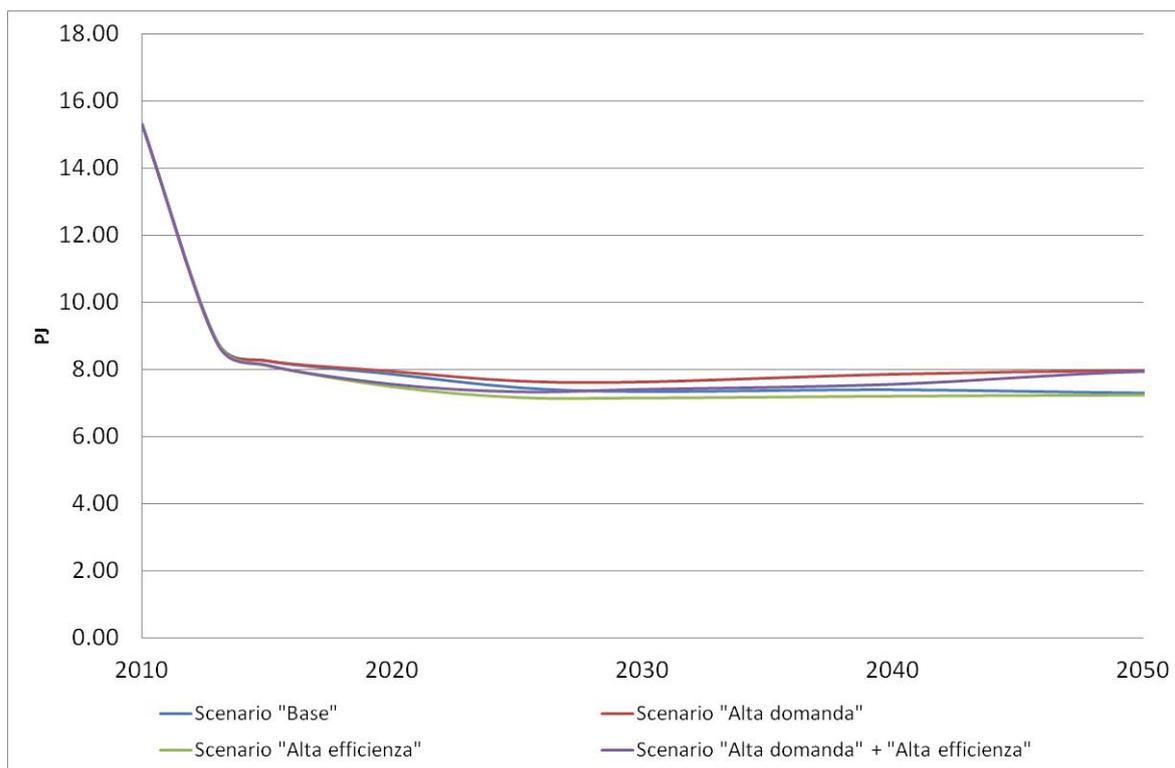


Figura 3.11 - Consumi totali di energia elettrica per la produzione di metalli non ferrosi (PJ)

3.2.5 Chimica

Come già ricordato nel paragrafo relativo agli input, il settore dell'industria chimica è estremamente frammentato e rende particolarmente complessa un'analisi dettagliata dell'evoluzione dei consumi dei singoli settori che compongono questo comparto industriale.

I consumi elettrici complessivi dell'industria chimica sono rappresentati nel grafico di Figura 3.12 per ciascuno dei diversi scenari ipotizzati.

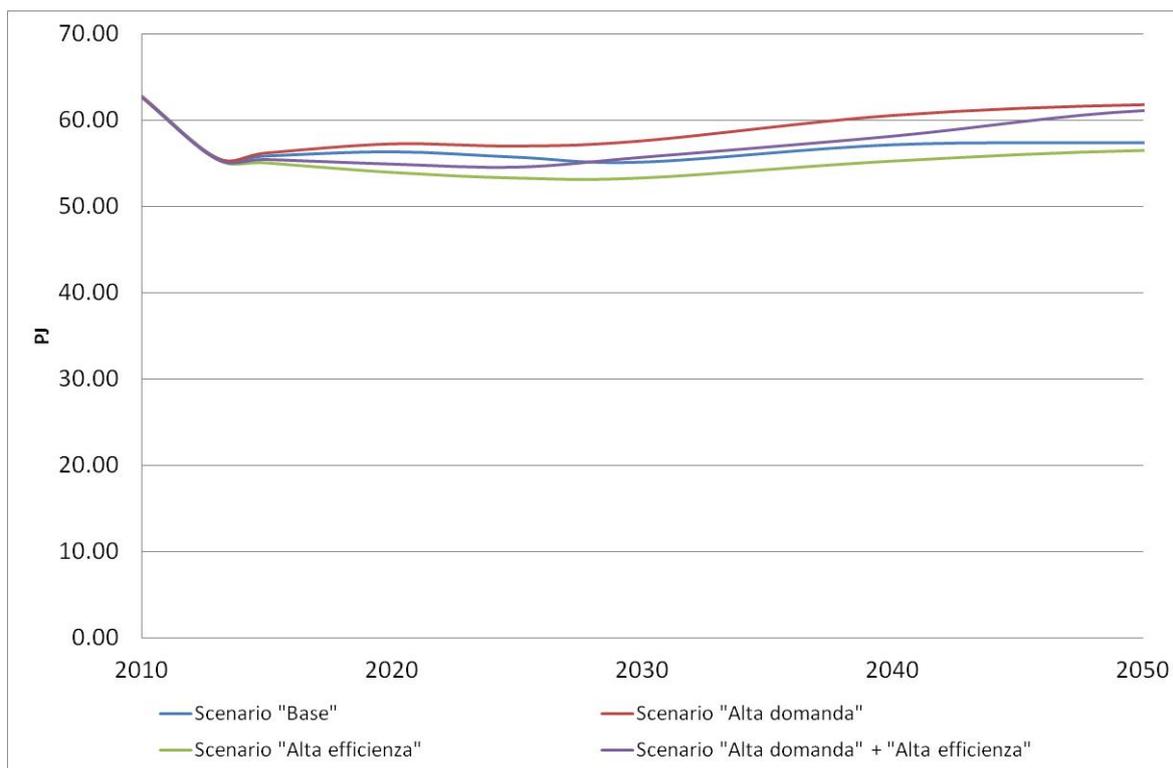


Figura 3.12 – Consumi totali di energia elettrica dell'industria chimica (PJ)

Come si può notare, le differenze tra i vari scenari sono abbastanza contenute. Da un lato questo è dovuto al fatto che anche nello scenario “alta domanda” non s’ipotizza una crescita molto importante della produzione, dal momento che questo settore industriale sta attraversando una profonda ristrutturazione che dura ormai da molti anni e che precede l’attuale periodo di crisi economica. D’altro canto anche il progressivo incremento dell’efficienza elettrica delle tecnologie utilizzate non è in grado di incidere in modo significativo.

Non si può però escludere che la rappresentazione modellistica di un settore così complesso non consenta di valutare appieno le potenzialità di riduzione dei consumi elettrici connesse alla crescita dell’efficienza.

Un ruolo importante in termini di consumi elettrici è ricoperto dalla produzione dei gas tecnici (oltre il 10% dei consumi dell’industria chimica). Tale produzione è stata simulata interamente attraverso l’utilizzo delle tecnologie orizzontali e non attraverso processi specificamente definiti, pertanto i consumi calcolati per questo settore dipendono direttamente dalle ipotesi fatte sull’aumento dell’efficienza di tali tecnologie. I consumi specifici medi per tale settore risultanti dall’andamento dell’efficienze delle tecnologie orizzontali sono rappresentati nel grafico di Figura 3.13 per ciascuno scenario.

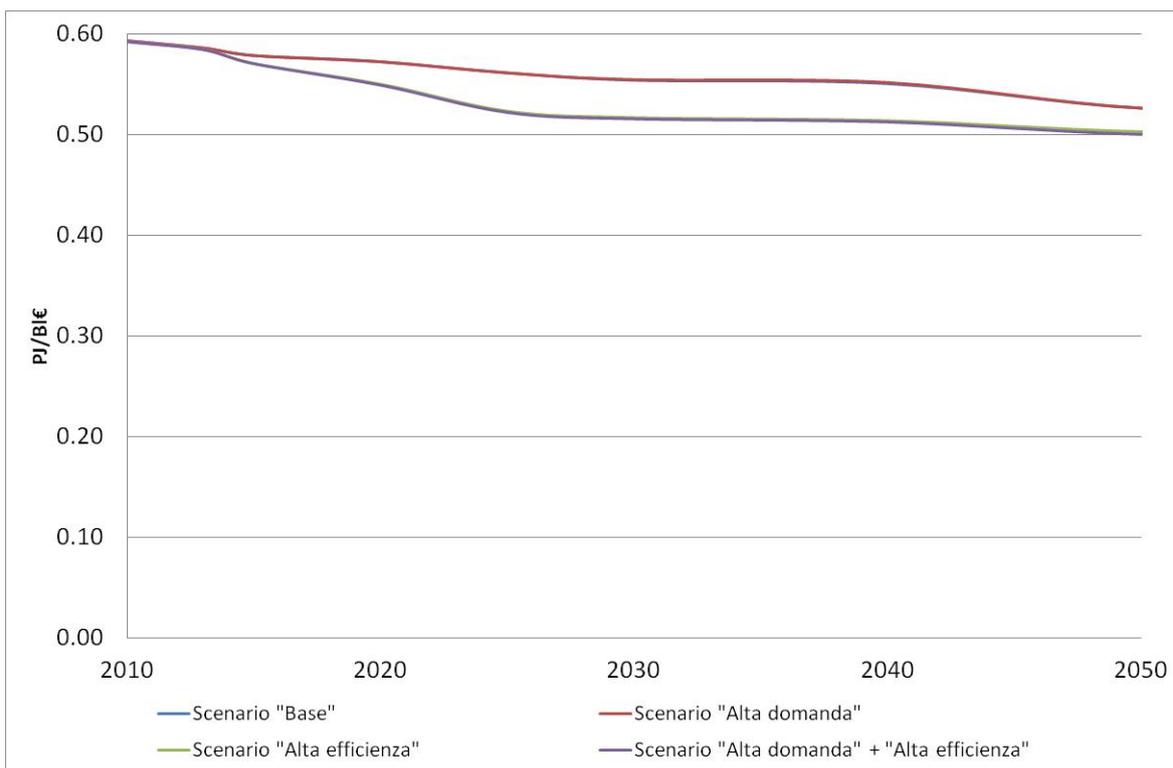


Figura 3.13 – Consumi specifici di energia elettrica per la produzione di gas tecnici(PJ/Bl€)

3.2.6 Altre industrie

Come evidenziato al paragrafo 2.3.7 i comparti dell'industria meccanica, alimentare, tessile, edile e l'insieme delle altre industrie forniscono un contributo molto importante alla produzione industriale italiana, e conseguentemente ai consumi elettrici nazionali, ma sono estremamente frammentati e difficilmente rappresentabili, in un esercizio modellistico, come singole catene tecnologiche specifiche per ogni attività produttiva.

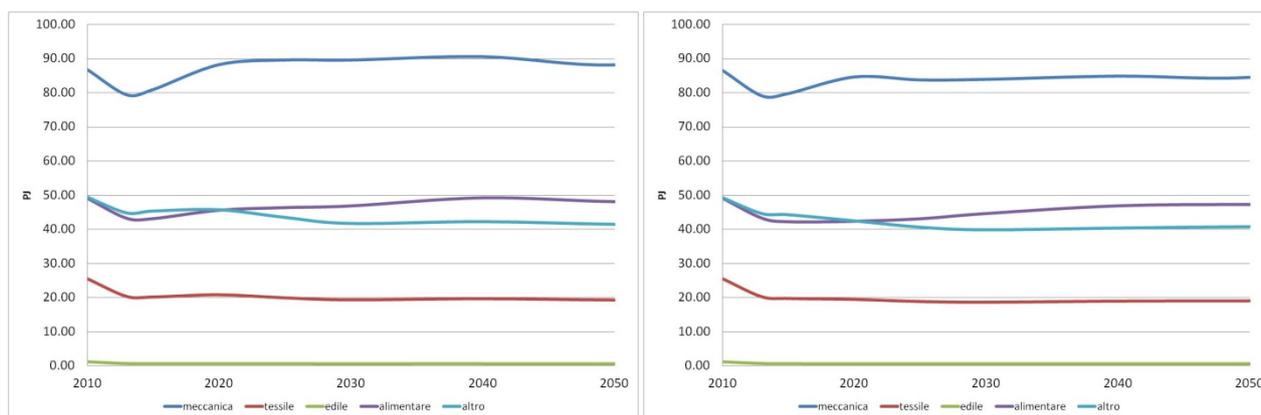


Figura 3.14 – Consumi di energia elettrica "altre industrie": scenario base, bassa ed alta efficienza

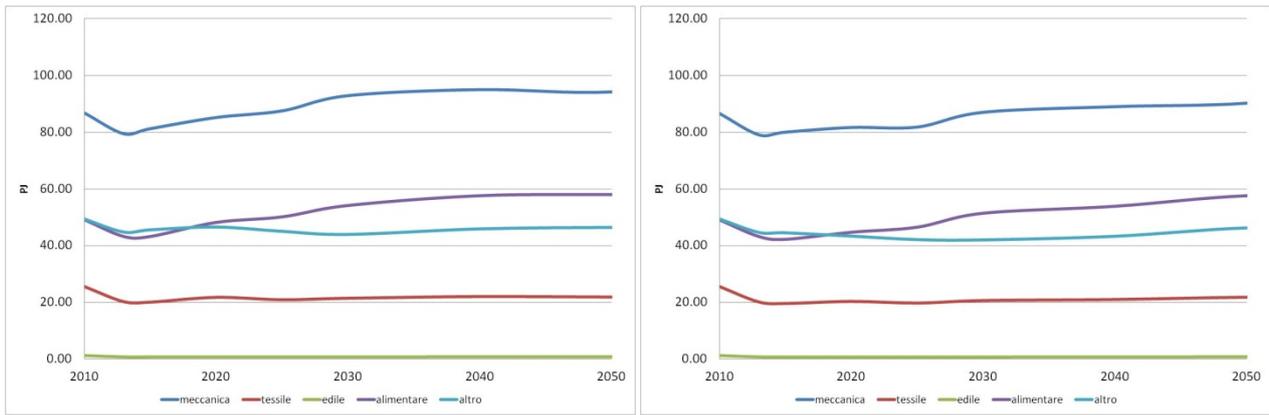


Figura 3.15 – Consumi di energia elettrica “altre industrie”: scenario alta domanda, alta domanda ed alta efficienza

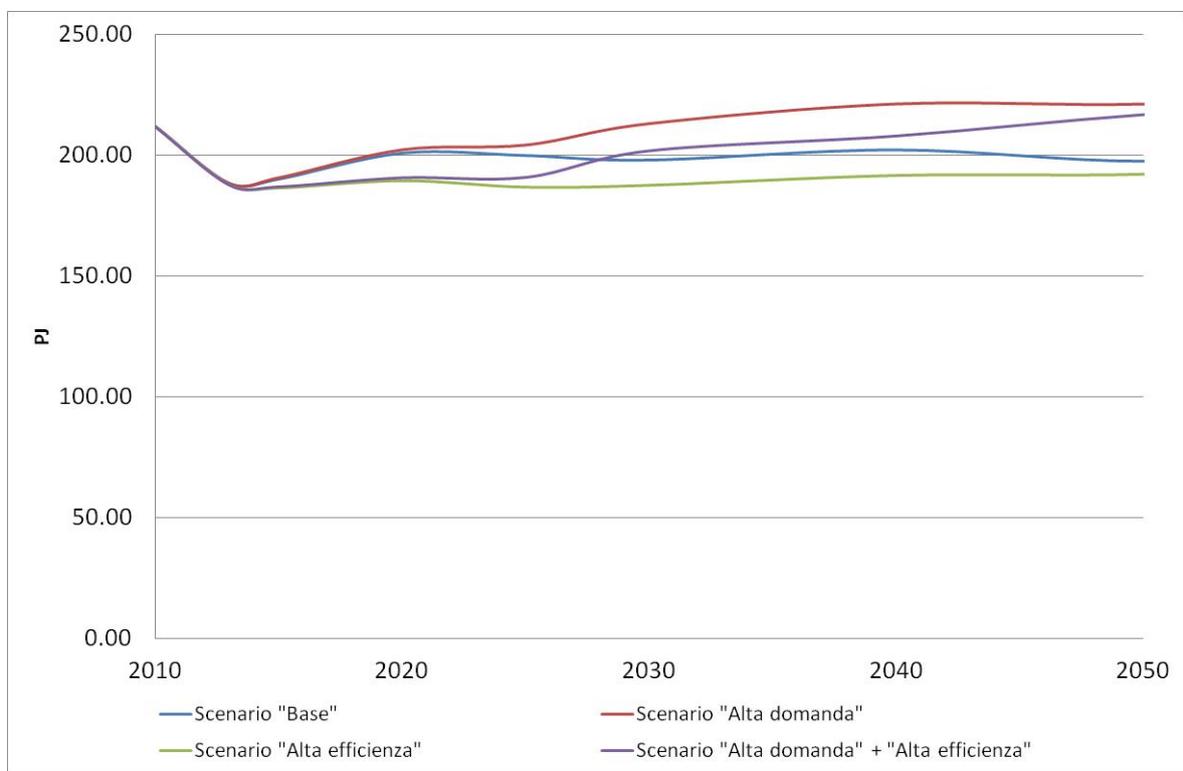


Figura 3.16 – Consumi totali di energia elettrica “altre industrie”

3.2.7 Raffinerie

Si riporta nella Figura 3.17 l'andamento dei consumi calcolati dal modello per il settore della raffinazione per ciascuno degli scenari ipotizzati.

L'andamento indica altresì che l'incremento dell'efficienza elettrica delle tecnologie impiegate può portare a una significativa riduzione dei consumi di questo settore.

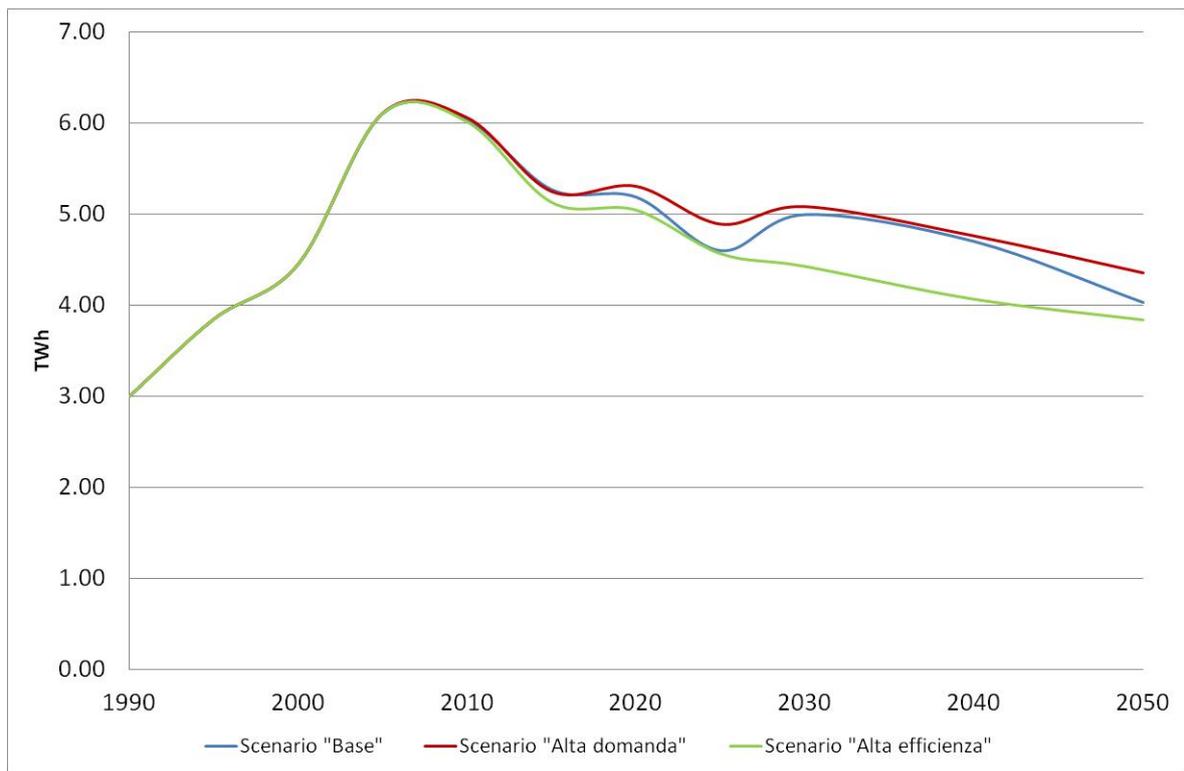


Figura 3.17– Consumi totali di energia elettrica delle raffinerie (TWh)

3.3 Settore residenziale

I risultati dei due scenari sono riportati nella parte finale del paragrafo mentre di seguito si descrivono le principali ipotesi fatte per i diversi apparecchi e relative tecnologie.

Il modello è stato implementato in modo da riprodurre il 2010 come da consuntivo TERNA.

La figura seguente fa riferimento a tutti i consumi del settore domestico tranne che al comparto “Servizi per Edifici”; le tecnologie utilizzate in questo comparto sono analoghe a quello del settore terziario e verranno trattate insieme a quest’ultimo settore.

I consumi ottenuti per l’anno 2010 sono stati confrontati con i consumi dello scenario RSE e riportati nel documento (CESI Febbraio2009). Nella Figura 3.18 si riporta il confronto per il solo anno 2010, tra i consumi dello scenario *Alta efficienza* di IPSRA e lo scenario RSE.

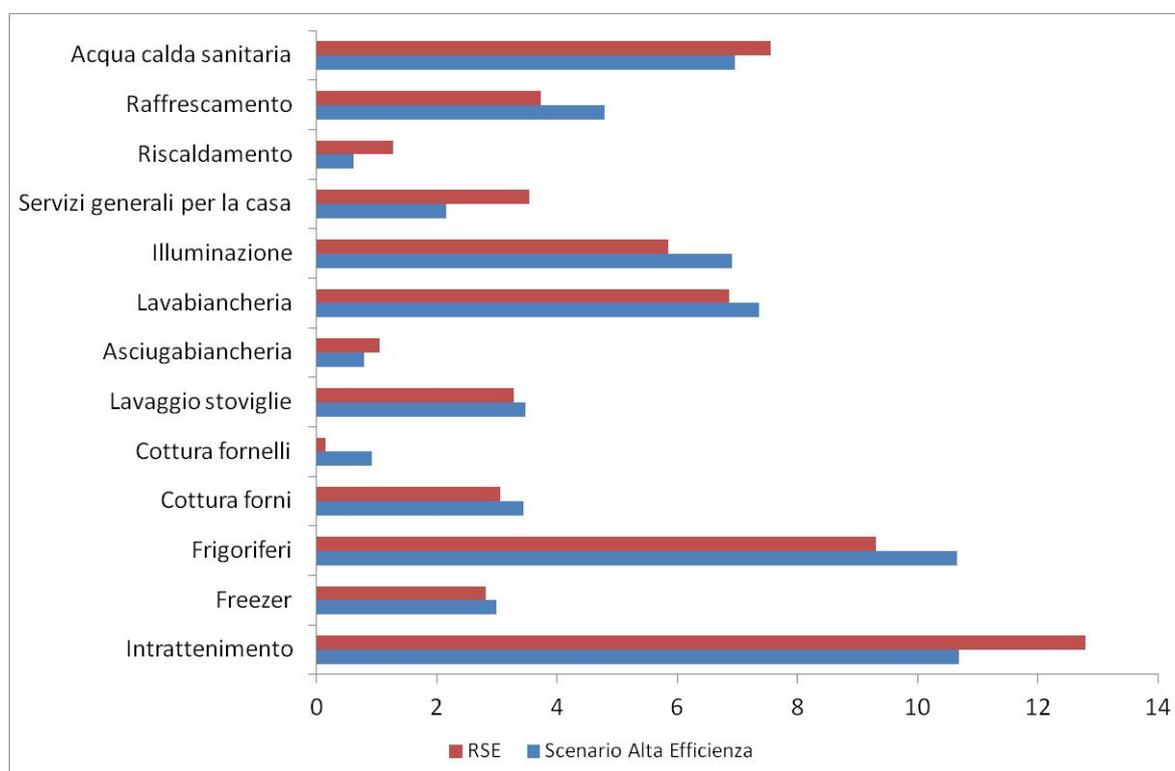


Figura 3.18 – Taratura modello per anno base 2010

Per quanto molto simili i risultati non sono coincidenti, parte delle differenze è dovuta a differenti valutazioni dell’impatto degli elettrodomestici più efficienti.

Di seguito si riportano i consumi complessivi e per elettrodomestico per i due scenari alta domanda ed alta efficienza.

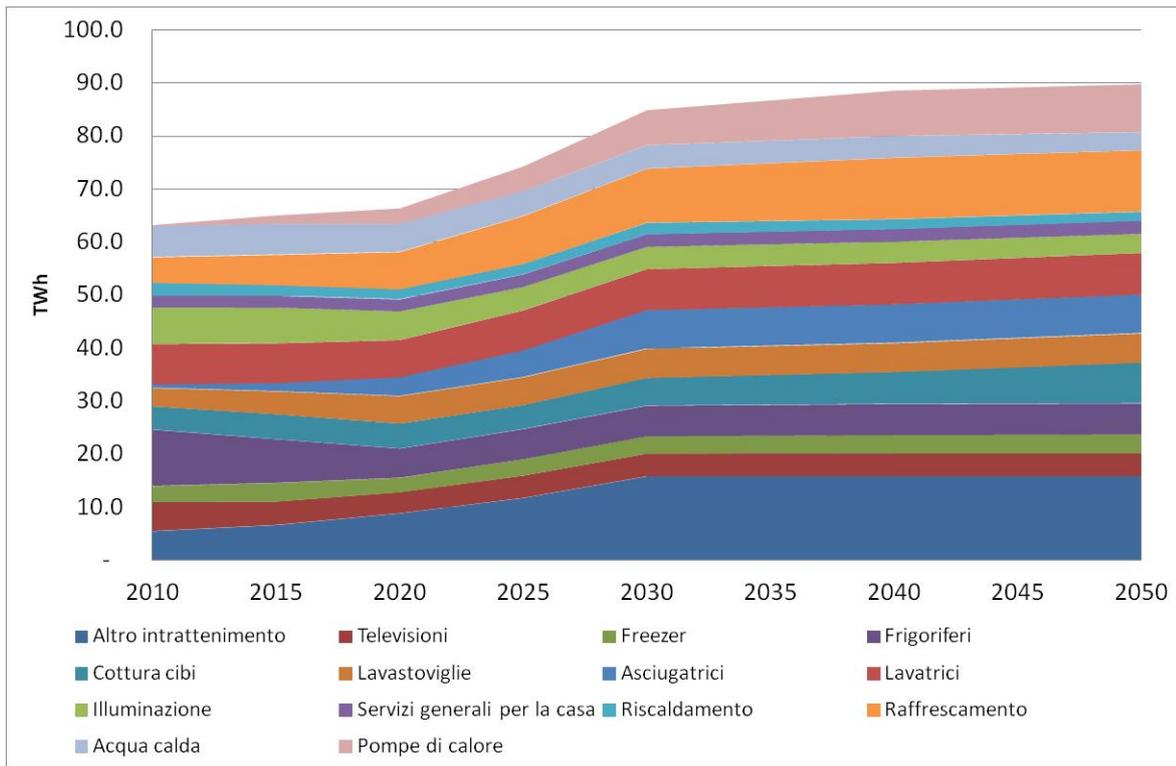


Figura 3.19 – Andamento domanda per tipologia di apparecchi nello Scenario – Alta Domanda

Si può notare l'aumento della domanda di energia elettrica nello Scenario Alti Consumi sia guidato principalmente dall'aumento dei settori dell'intrattenimento, condizionamento e pompe di calore.

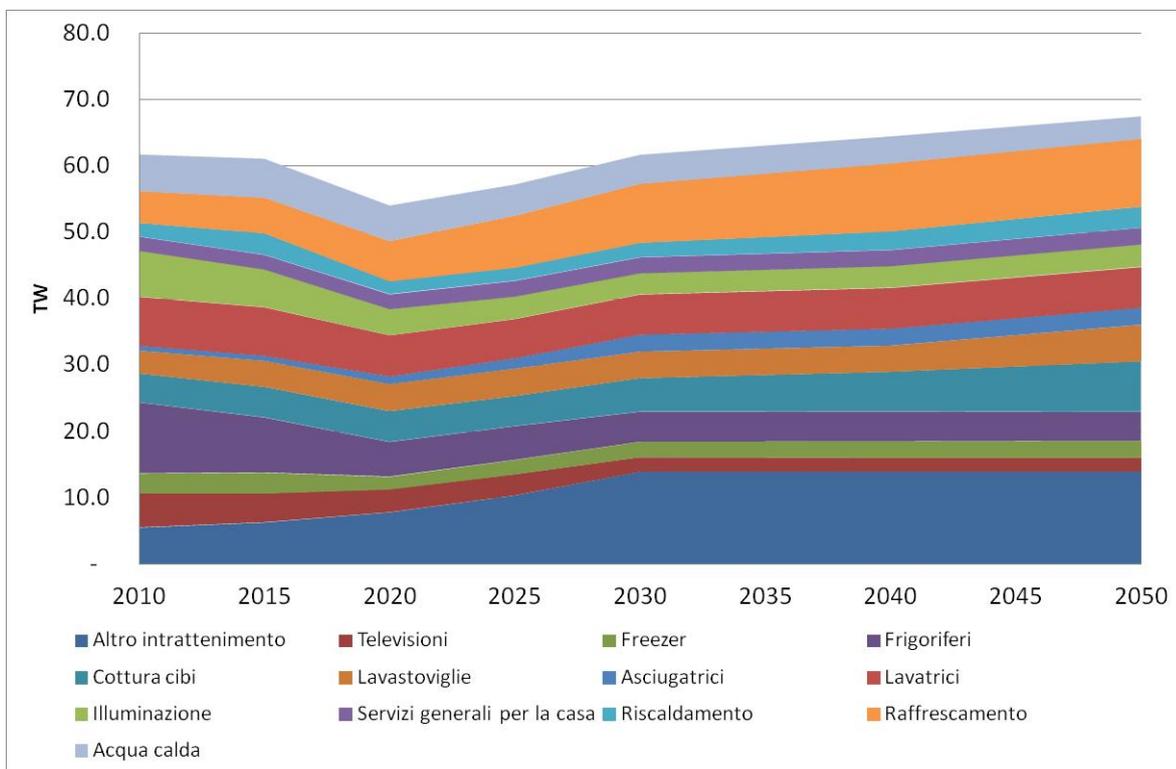


Figura 3.20 – Andamento domanda per tipologia di apparecchi nello Scenario – Alta Efficienza

Anche in questo caso l'aumento della domanda è guidato dal settore dell'intrattenimento seguito dall'aria condizionata, che bilanciano, all'orizzonte 2030 e successivi, l'effetto del miglioramento tecnologico atteso in tutte le tecnologie ed in particolare nei frigoriferi e nell'illuminazione.

Di seguito si riporta un grafico che mette a confronto gli andamenti degli scenari analizzati. Si sottolinea che nel grafico è presente un terzo scenario definito *Base* calcolato con una crescita di domanda di servizi energetici crescente e pari a quella considerata con lo Scenario *Alta Efficienza* ed una sostituzione del parco elettrodomestici in linea con le principali direttive adottate a livello UE.

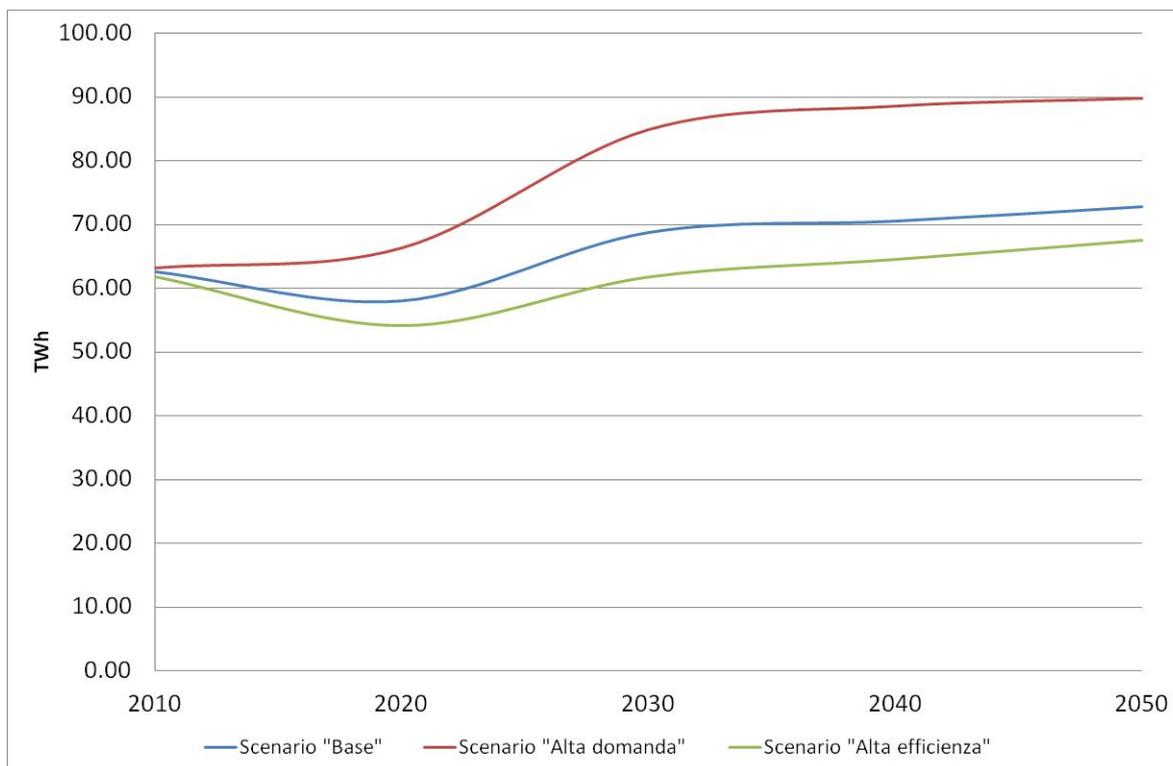


Figura 3.21– Confronto Scenari – Domanda di energia elettrica al 2050

L'andamento dei tre scenari a confronto mostra una certa stabilità dei consumi fino al 2015, sicuramente dovuto al periodo di crisi. Nel periodo 2015-2020 si nota una contrazione della domanda per gli scenari *Base* ed *Alta Efficienza* dettata principalmente dall'entrata sul mercato di apparecchi elettrici ad alta efficienza e poi negli anni a seguire un lento ma costante aumento dettato principalmente dall'aumento del numero delle famiglie che come detto all'inizio sono il driver principale del settore residenziale. Analisi diversa invece va fatta per lo scenario *Alti Consumi* dove si può notare una crescita costante con un picco nel periodo 2020-2030. In questo scenario il risultato è legato ad un aumento di domanda nei settore dell'intrattenimento, aria condizionata e pompe di calore.

3.4 Settore terziario

I consumi ottenuti per l'anno 2010 sono stati confrontati con i consumi dello scenario RSE riportati nel documento RSE “Domanda elettrica per il modello MATISSE – Attività 2011”. Nella Figura 3.22 si riporta il confronto per il solo anno 2010, tra i consumi dello scenario ISPRA e lo scenario RSE.

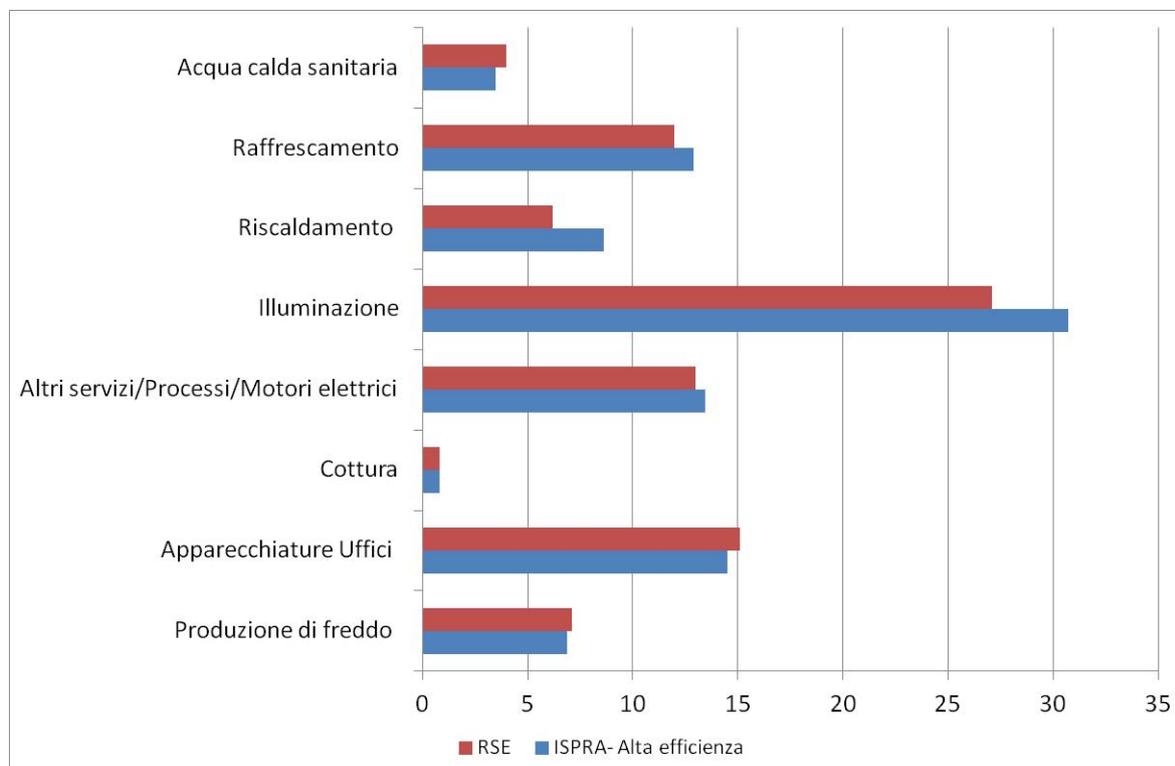


Figura 3.22 – Taratura modello per anno base 2010

Per quanto molto simili i risultati non sono coincidenti con i consuntivi ufficiali perché si è deciso di considerare nel settore terziario i consumi legati ai “Servizi generali per gli edifici” che vanno a modificare i consumi nei comparti “Other services and processes – electric motors” e “Commercial lighting”. Sono inoltre stati aggiunti i consumi del comparto “elettricità ed acqua” in quanto più correttamente assimilabili a degli uffici piuttosto che a delle installazioni industriali. Si ricorda inoltre il modello simula l’illuminazione pubblica nel contesto della luce industriale per affinità delle tecnologie utilizzate. Pertanto questi consumi sono esclusi dal totale del settore terziario.

Di seguito si riportano i risultati per i due scenari.

L’aumento della domanda di energia elettrica nello scenario Alti consumi è guidata principalmente dall’aumento della richiesta d’illuminazione anche se si registra un graduale e costante aumento di consumi di tutti i comparti, vedi seguente Figura 3.23. Un’analisi critica della domanda di illuminazione mostra come essa sia legata ad uno sviluppo del numero di edifici commerciali ed in particolare di centri commerciali, desunto da CESI 2005 e confermato in (Santi Vitale 2011)²³. Questo sviluppo è verosimilmente non più realistico alla luce del perdurare della crisi economica.

²³ Domanda elettrica per il modello MATISSE – Attività 2011– Santi Vitale, RSE

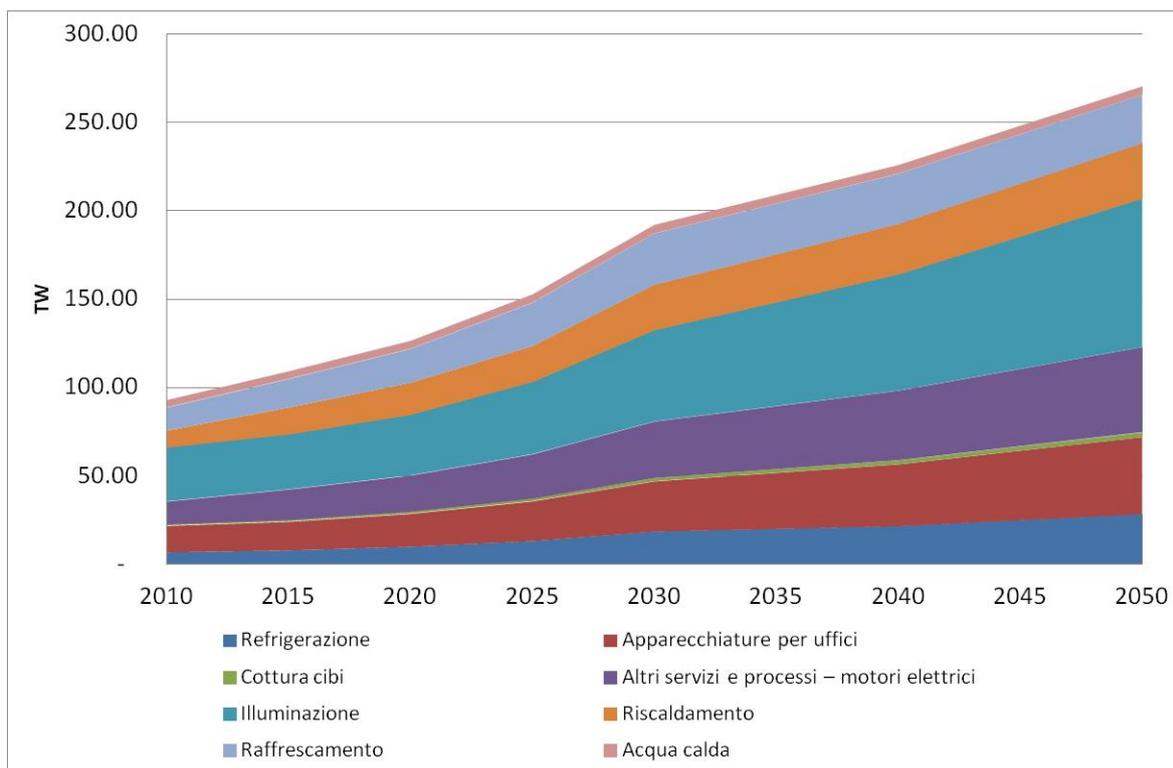


Figura 3.23 – Andamento domanda per comparto nello Scenario – Alta Domanda

Nello scenario Alta Efficienza l'aumento della domanda è guidato sempre dall'illuminazione, cui si applica il commento dello scenario Alti consumi, anche se tutti i comparti hanno un trend di crescita più moderato rispetto allo scenario precedente, vedi Figura 3.24.

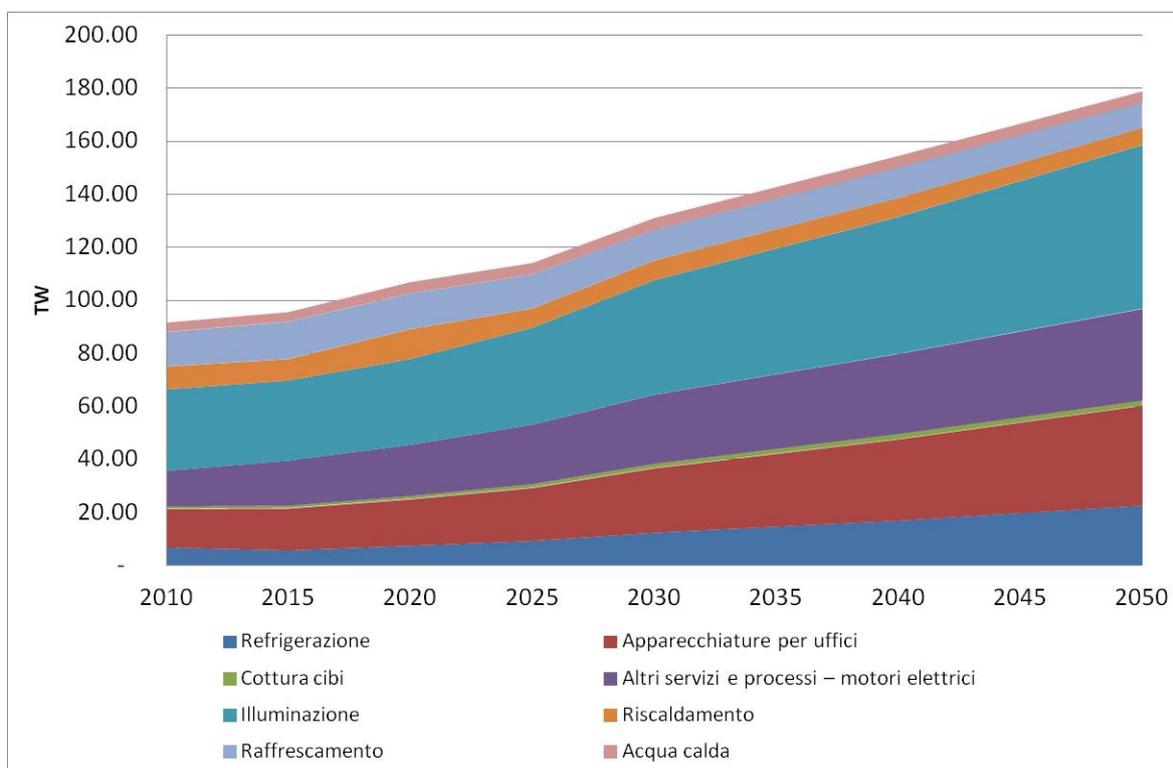


Figura 3.24 – Andamento domanda per comparto nello Scenario – Alta Efficienza

Si riporta di seguito il confronto dei trend dei due scenari. Anche in questo caso è stato inserito un terzo scenario definito *Base* che ha una domanda pari a quella dello scenario Alta Efficienza ma un rinnovo tecnologico più moderato.

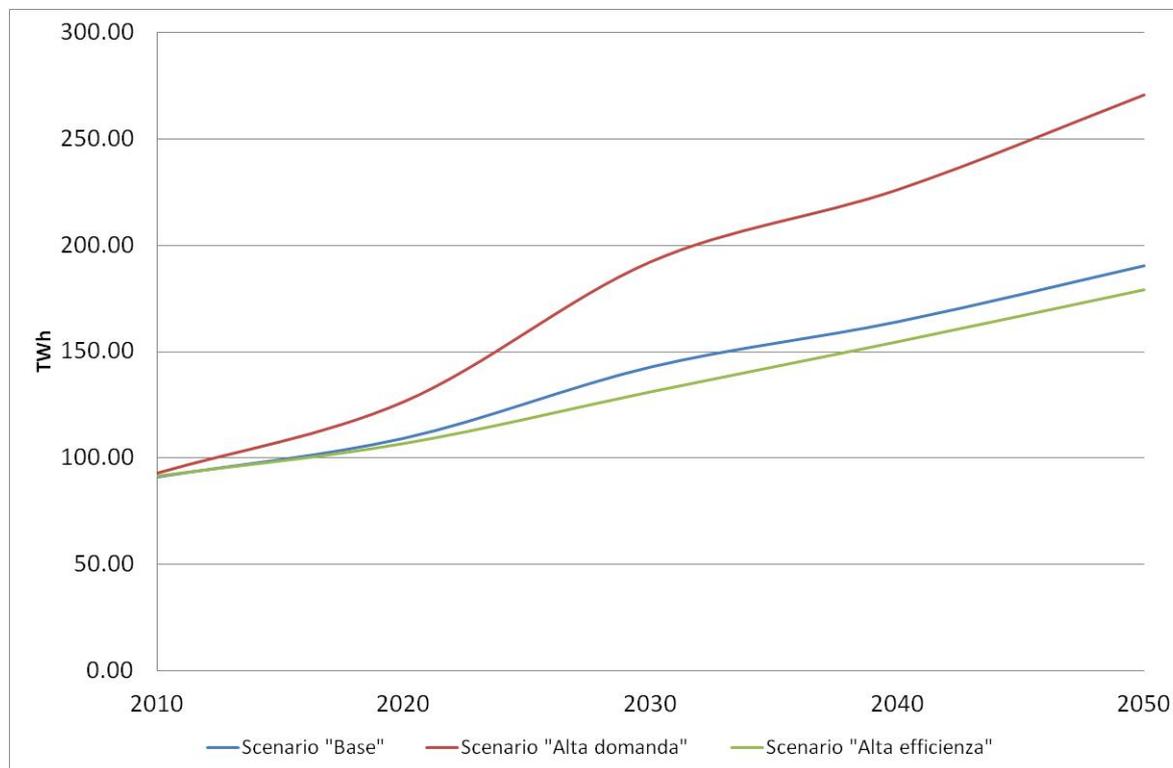


Figura 3.25 – Confronto Scenari – Domanda di energia elettrica al 2050

Dal grafico si può notare che per tutti gli scenari si prevede un aumento dei consumi, più marcato nello scenario Alti consumi. Questo risultato è legato principalmente ai significativi aumenti dell'indice di valore aggiunto per tutti gli scenari.

Da notare come l'aumento di efficienza non riesca a bilanciare l'aumento della domanda neanche nello scenario più basso, contrariamente a quanto registrato nel settore domestico. Questo risultato è in controtendenza rispetto ad altri risultati pubblicati in letteratura (SEN, PAEE) e potrebbe indicare che le tecnologie attualmente in uso nel settore Terziario sono già abbastanza efficienti o per lo meno efficienti a tal punto che una loro sostituzione con apparecchiature tecnologicamente più avanzate non da risultati significativi. Data la singolarità del risultato è comunque in programma da parte di ISPRA di approfondire l'analisi delle tecnologie attualmente in uso nel settore terziario ed un primo esame del settore con la crescita più elevata in valore assoluto, la domanda di illuminazione, fa già ritenere opportuna una revisione della domanda di questa tecnologia.

3.5 Settore trasporti

3.5.1 Consumi della flotta di auto elettriche ipotizzata

Con le ipotesi riportate nel paragrafo 2.6 e supponendo un uso analogo dei veicoli elettrici a quello dei veicoli convenzionali medio piccoli si ottengono i seguenti consumi di elettricità medi annui “alla colonnina di rifornimento”:

Tabella 3-2 – Consumi di energia elettrica delle automobili, TWh

2015	2020	2025	2030
1.4	5.7	10.4	15.7

Altri mezzi elettrici “convenzionali”; treni – tram - metropolitane

Pur non essendo attualmente oggetto di una simulazione specifica si sottolinea che i consumi di energia elettrica dei mezzi di trasporto in sede fissa sono previsti in aumento. L’aumento di efficienza dei veicoli è più che compensato da un’ espansione dell’uso.

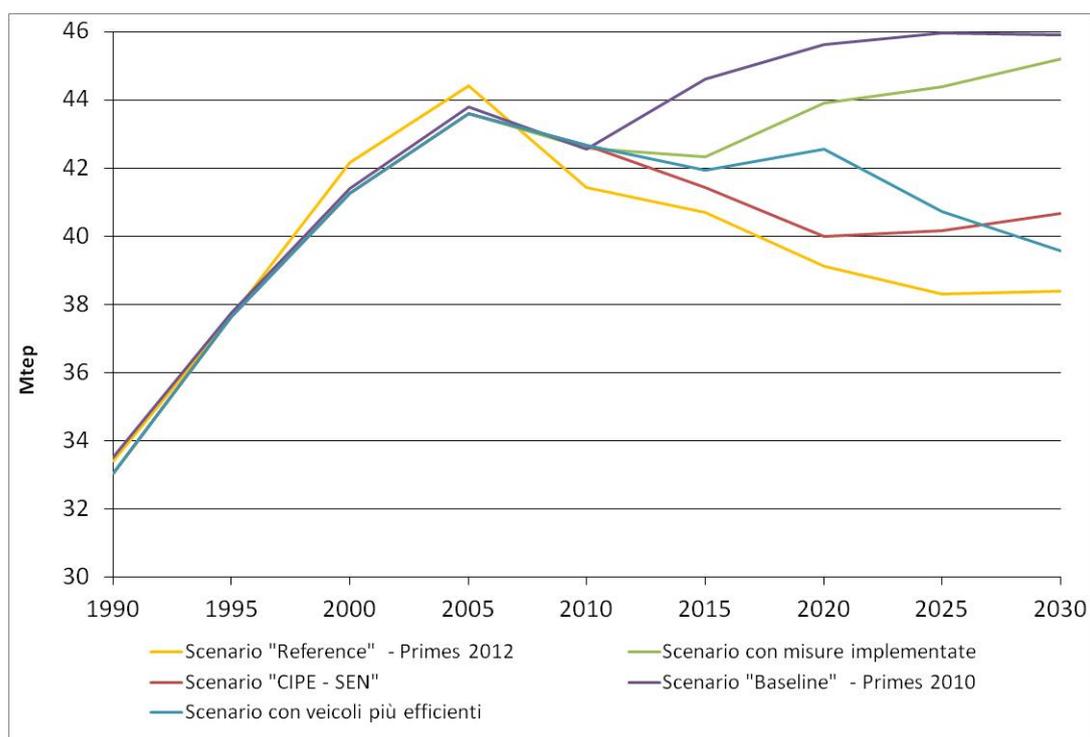


Figura 3.26 – Confronto Scenari – consumi finali di energia nei trasporti, Mtep. Lo scenario utilizzato per questo documento corrisponde a quello definito come “con veicoli più efficienti”

4 CONCLUSIONI

4.1 Consumi elettrici totali

Riepilogando sono stati simulati uno scenario base, che è uno scenario tendenziale a legislazione vigente, uno scenario con il massimo utilizzo delle tecnologie di efficienza energetica a parità di domanda di servizi energetici ed infine uno scenario di alta domanda di questi servizi. I consumi finali di energia elettrica risultanti sono riportati in Tabella 4-1 e Figura 4.1.

Si segnala che lo scenario alta domanda incorpora anche i consumi risultanti da ipotesi di diffusione di auto elettriche e di pompe di calore per riscaldamento, sia nel residenziale che nel terziario. Si tratta di tre nuovi “mercati” per l’energia elettrica con consumi complessivi aggiuntivi rispetto al solo aumento della produzione industriale e domanda di servizi pari a 15, 40 e 60 TWh rispettivamente nel 2020, 2030 e 2050.

Si ricorda inoltre che lo scenario “alta efficienza” non riguarda solo le tecnologie di consumo elettrico ma anche quelle termiche, nell’ottica di una riduzione dei consumi energetici complessivi e delle emissioni di gas serra ed inquinanti. Nel settore residenziale, nel terziario ed in parte anche nell’industria una possibile strategia per la riduzione del consumo di fonti fossili consiste nella sostituzione di queste ultime con energia elettrica. L’aumento di domanda elettrica che si nota anche nello scenario “alta efficienza” è dovuto all’implementazione di questo tipo di strategia. La riduzione delle emissioni complessive avviene grazie alla produzione mediante fonti rinnovabili ed alla CCS.

Si rimanda ai successivi paragrafi settoriali per approfondimenti.

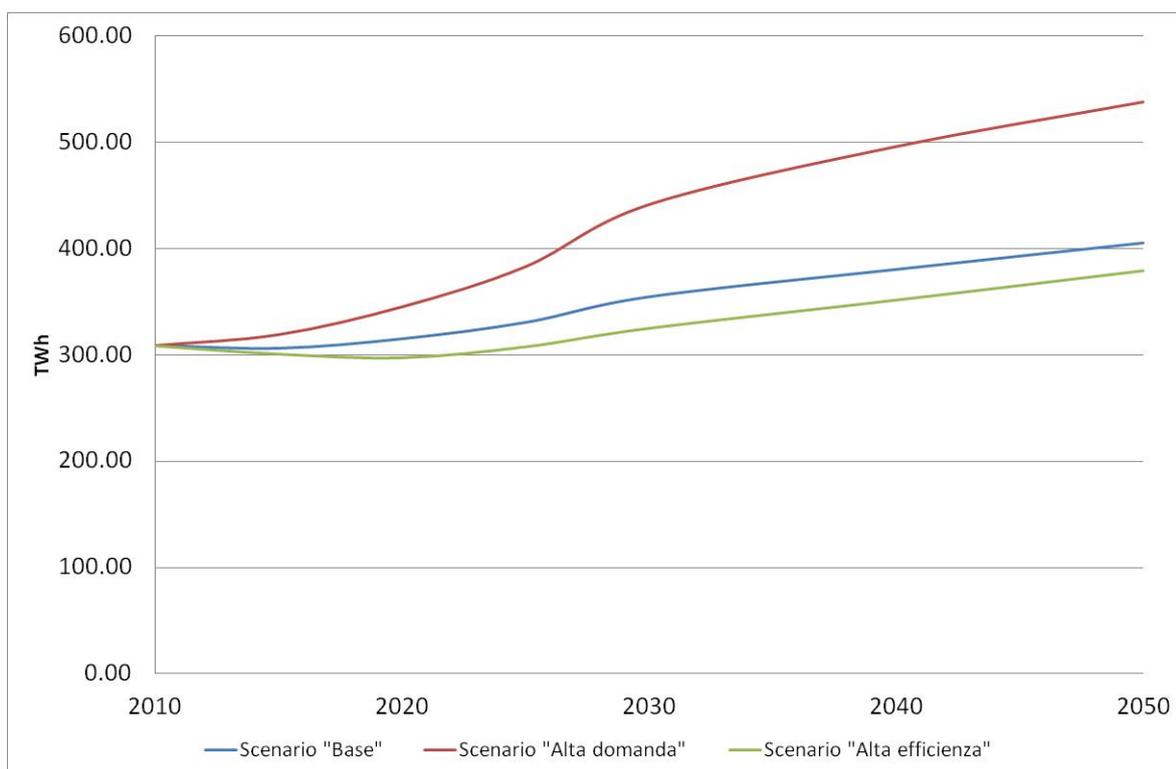


Figura 4.1 – Consumi finali di energia elettrica

Tabella 4-1 – Consumi totali nazionali, TWh

	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Scenario base	309.2	306.5	315.4	330.7	354.6	380.2	404.9
Scenario alta domanda	308.7	319.0	345.2	383.1	441.6	496.2	538.2
Scenario alta efficienza	308.0	300.3	296.9	307.2	324.6	351.2	378.8

Fonte: elaborazioni ISPRA

4.2 Aggiornamento dei dati di input effettuato nel 2014

Si segnala che, nel giugno 2014, in seguito ai significativi cambiamenti intercorsi, ISPRA ha modificato i dati di input dello scenario base. In particolare essi sono stati aggiornati in base a:

- c) Aggiornamento degli scenari di sviluppo del PIL, del VA del settore industriale ed altri parametri, sulla base dei consuntivi più recenti relativi al 2013 e, per le proiezioni, dei parametri comunicati dalla Commissione EU nel febbraio 2014. (EC recommendations parameters projections 2015 FINAL, 17 giugno 2014). Questi parametri sono analoghi a quanto implementato nello scenario Primes per l'Italia, pubblicato nel dicembre 2013.
- d) Modifiche apportate alla rappresentazione del settore civile del modello, che ora presenta un'articolazione sulla base delle principali zone climatiche nazionali. Le modifiche hanno influenzato i consumi elettrici per riscaldamento (pompe di calore) e raffrescamento.
- e) Aggiornamento degli anni base del modello sulla base dei preconsuntivi dei consumi finali di elettricità (e delle altre fonti di energia) del 2013, che scontano il perdurare della crisi economica.
- f) Pubblicazione del PAEE 2014 che definisce gli obiettivi di politica energetica fino al 2020.

Le modifiche apportate hanno prodotto una sostanziale revisione delle stime dei consumi di energia elettrica dello scenario base, vedi Tabella 4-2. Con riferimento ai dati riportati in tabella, si rileva che il risultato per il 2010 deriva da una diversa taratura del modello, mentre la previsione 2015-2020 è più bassa a causa del perdurare della crisi economica, dei cambiamenti che interessano la struttura dei consumi industriali e degli effetti delle misure di risparmio energetico messe in atto nel 2013 e confermate per i prossimi anni. L'aumento progressivo delle differenze tra il vecchio ed il nuovo scenario base agli orizzonti 2030-2040 somma ad una maggiore incisività delle misure di risparmio energetico una prospettiva di crescita del PIL e del VA industriale molto più basse del precedente scenario. Si ricorda infine che esistono differenze metodologiche tra la stima dei consumi finali fatta da Eurostat e quella fatta da Terna, da cui la differenza nei dati di consuntivo al 2010 dei consumi finali di energia elettrica, pari a 309,9 TWh secondo la metodologia Terna.

Tabella 4-2 – Consumi totali nazionali aggiornati nel 2014, TWh

	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Scenario base aggiornato (metodologia Terna)	302.7	288.0	294.7	301.4	312.6	324.5	338.7
Differenze con scenario 2013	-6.5	- 18.4	- 20.7	- 29.4	- 42.0	- 55.7	- 53.9
Primes 2013 (metodologia Eurostat)	298.5	315.4	327.4	334.1	349.1	399.0	435.6

Fonte: elaborazioni ISPRA

Le differenze dei consumi tra lo scenario base e gli altri due scenari (“alta Domanda e Alta efficienza) restano valide. Pertanto è possibile ricalcolare i consumi di questi due scenari a partire dall’aggiornamento dello scenario base. Si segnala che non sono state ancora implementate nel modello le nuove misure del PAEE 2014. Con queste premesse comunque il risultato dello scenario base prevede un ritorno nel 2020 a consumi elettrici leggermente inferiori a quelli del 2010. Questo risultato è analogo a quanto previsto dalla SEN, mentre il PAEE 2014 non riporta dati sui consumi finali di elettricità al 2020, ma conferma i consumi complessivi (termici ed elettrici) della SEN. Il dato è comunque inferiore a quanto previsto dal modello Primes nell’ultima versione disponibile (dicembre 2013) . I risultati di Primes sono molto più simili a quelli di tabella 3.1 stimati con la precedente versione del modello e, verosimilmente, sarebbero diversi se incorporassero i dati di consuntivo 2013 oggi disponibili.

Le sensibili differenze sopra descritte sono anche prodotte dai profondi cambiamenti nella struttura dei consumi energetici in atto, e si sottolinea che, con i dati a disposizione, separare gli effetti della crisi economica da quelli del risparmio energetico è molto difficoltoso e soggetto a notevole incertezza. Una parte dell’incertezza deriva dalla notevole variazione climatica degli ultimi anni, sia per il clima invernale (in generale più caldo dal 2011 in poi) che estivo (con anni più caldi, 2012, o più freschi, 2013), che rende difficoltosa la quantificazione del contributo degli aumenti di efficienza energetica ai più bassi consuntivi registrati negli ultimi anni. Inoltre, per quanto riguarda i consumi elettrici, i dati di risparmio attesi riportati nei PAEE sono stimati, correttamente, utilizzando un metodo standardizzato che però probabilmente ne sovrastima gli effetti. Infine un aumento di efficienza normalmente produce un aumento dei consumi per effetto “rebound” dovuto alla riduzione dei costi. Questo effetto “rebound” attualmente non sembra manifestarsi, vista la ridotta capacità di spesa delle famiglie, ma potrebbe emergere nei prossimi anni.

Pertanto il risultato attuale del modello sul valore dei consumi elettrici nei prossimi anni è incerto. Un risultato affidabile del modello è invece quello che evidenzia che l’aumento di efficienza energetica resta la strategia più efficace e meno costosa per raggiungere obiettivi energetico – climatici.

BIBLIOGRAFIA

- Alabiso, Croci, Ravasio, Febbraio 2009 -N. 08002999 – *Osservatorio della Domanda: ricerche di mercato, sondaggi, rilevamenti statistici vari* CESI Ricerca
- CE (Commissione Europea), 2013. *EU energy, transport and GHG emissions trends to 2050. Reference scenario 2013*. UE
- CE (Commissione Europea), 2014a. *Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2015*. UE
- Ciarnello, Curcio, D’Ermo, Santi, 2005, N. A4521509 – *Caratterizzazione delle tecnologie di uso finale dell’energia elettrica presenti e future*, CESI RICERCA
- Commissione EU 2014b, le stime della Commissione e scenari europei sono disponibili sui siti:
- http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/cafe_baseline/library?l=/
- www.iiasa.ac.at/web-apps/tap/RainsWeb/
- Commissione EU, Monitoring mechanism , L’ultimo scenario inviato ufficialmente alla Commissione EUROPEA è sul sito:
http://groupware.sinanet.isprambiente.it/reportnet/library/projected_emissions/delivery-2013
http://nfp-it.eionet.europa.eu:8980/Public/irc/circa-t/reportnet/library?l=/projected_emissions/delivery_2011
- DECC (Department of Energy & Climate Change), 2011. *Electricity generation cost model – 2011 Update revision 1*. UK.
- DECC (Department of Energy & Climate Change), 2012. *Electricity generation cost model – 2012 Update of non renewable technologies*. UK.
- DECC (Department of Energy & Climate Change), 2013. *Electricity generation costs (December 2013)*. UK.
- EIA (U.S. Energy Information Administration, 2013. *updated capital cost estimates for utility scale electricity generating plants*. USA.
- Gracceva F., Contaldi M., 2003. *Scenari energetici per l’Italia da un modello di equilibrio generale (MARKAL-MACRO)*. ENEA, RT/2003/7/UDA.
- GSE (Gestore Servizi Elettrici). *Rapporto attività 2012*.
- GSE (Gestore Servizi Elettrici). *Incentivazione degli impianti fotovoltaici. Relazione delle attività 2012*.
- GSE (Gestore Servizi Elettrici). *Rapporto statistico 2012. Impianti a fonti rinnovabili. Settore elettrico*.
- IEA (International Energy Agency), 2007. *Fossil fuel-fired power generation. Case studies of recently constructed coal – and gas-fired power plants*. IEA.
- IEA (International Energy Agency), 2010. *Power generation from coal measuring and reporting efficiency performance and CO₂ emissions*. IEA.
- IEA (International Energy Agency), 2012. “Fuel Economy of Road Vehicles”.
- Loulou, R., Goldstein, G., Noble, K., 2004. *Documentation for the MARKAL Family of Models*. ETSAP.
- Loulou, R., Remne, U., Kanudia, A., Lehtila, A., Goldstein, G., 2005. *Documentation for the TIMES Model – PART I*. ETSAP.
- MSE. *Bilancio Energetico Nazionale*, vari anni.
- “CE Delft” “Impacts of Electric Vehicles – Summary report”, 2011, available on www.cedelft.eu
- TERNA. *Dati statistici sull’energia elettrica in Italia*, vari anni.
- Tidball R., Bluestein J., Rodriguez N., Knoke S., 2010. *Cost and performance assumptions for modeling electricity generation technologies*. NREL, National Renewable Energy Laboratory, USA.

Vitale S., Marzo 2011, *Domanda elettrica per il modello MATISSE – Aggiornamento del modello di riferimento ed estensione al 2050*, RSE

Vitale S., Marzo 2012, *Domanda elettrica per il modello MATISSE – Attività 2011*, RSE