

BIBLIOTECA DELLA SOCIETÀ APERTA

STUDI E RICERCHE **5**



BIBLIOTECA DELLA SOCIETÀ APERTA

Studi e ricerche

DIREZIONE EDITORIALE / EDITORS

Diego Abenante, Serena Baldin, Giuseppe Ieraci, Luigi Pellizzoni

COMITATO SCIENTIFICO / SCIENTIFIC BOARD

Matthijs Bogaards (Jacobs University Bremen), Bernardo Cardinale (Università di Teramo), Danica Fink-Hafner (University of Ljubljana), Damian Lajh (University of Ljubljana), Luca Lanzalaco (Università di Macerata), Liborio Mattina (già Università di Trieste), Leonardo Morlino (Luiss Guido Carli Roma), Lucio Pegoraro (Università di Bologna), Guido Samarani (Università Ca' Foscari Venezia), Michelguglielmo Torri (Università di Torino), Luca Verzichelli (Università di Siena)

LOGO DESIGN: Pierax

*Il presente volume è stato pubblicato con il contributo del
Dipartimento di Scienze politiche e sociali dell'Università degli Studi di Trieste.*



Opera sottoposta a *peer review* secondo
il protocollo UPI - University Press Italiane

impaginazione
Gabiella Clabot

© copyright Edizioni Università di Trieste, Trieste 2018.

Proprietà letteraria riservata.
I diritti di traduzione, memorizzazione elettronica, di
riproduzione e di adattamento totale e parziale di questa
pubblicazione, con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm,
le fotocopie e altro) sono riservati per tutti i paesi.

ISBN 978-88-8303-945-4 (print)
ISBN 978-88-8303-946-1 (online)

EUT Edizioni Università di Trieste
via Weiss 21, 34128 Trieste
<http://eut.units.it>
<https://www.facebook.com/EUTEdizioniUniversitaTrieste>

Energia e innovazione tra flussi globali e circuiti locali

a cura di

Giorgio Osti

Luigi Pellizzoni

Indice

LUIGI PELLIZZONI, GIORGIO OSTI

7 Introduzione

I. *L'impostazione della questione energetica*

LUIGI PELLIZZONI

17 Energia di comunità. Una ricognizione critica della letteratura

JACOPO ZOTTI

43 Economia circolare e fabbisogno energetico. Quale correlazione?

TULLIO GREGORI

73 Domanda di energia, commercio internazionale e crescita in Italia
prima e dopo l'unificazione monetaria

MARIANGELA SCORRANO, ROMEO DANIELIS

103 Scenari futuri del mix elettrico in Europa e in Italia:
un'applicazione del modello ARIMA per l'analisi delle serie storiche

2. *Casi di studio*

DOMENICO DE STEFANO, ROBERTO MARCHIORO, SARA JOVANOVIC

123 Povertà energetica, un'analisi statistica nelle aree ricche.
La distribuzione del gas nella città di Trieste

ILARIA BERETTA

153 La rete contro la povertà energetica in Lombardia

GIORGIO OSTI

163 Più autonomia e sviluppo.

Le incerte promesse della transizione energetica in Sardegna

NATALIA MAGNANI, DANIELA PATRUCCO

187 Le cooperative energetiche rinnovabili in Italia:

tensioni e opportunità in un contesto in trasformazione

3. Nuovi profili istituzionali

ROBERTO SCARCIGLIA

211 Brevi riflessioni in materia di diritto amministrativo dell'energia
in Francia e Regno Unito

ANDREA CRISMANI

225 Quali modelli di giustizia per l'ambiente e l'energia?

MATTEO CERUTI

245 Regolazione e semplificazione nel settore energetico-ambientale:
luci e ombre dell'autorizzazione unica

GIOVANNI CARROSIO, IVANO SCOTTI

257 Istituzioni e politiche per la transizione energetica fra locale e globale

Scenari futuri del mix elettrico in Europa e in Italia: un'applicazione del modello ARIMA per l'analisi delle serie storiche

MARIANGELA SCORRANO, ROMEO DANIELIS

1. INTRODUZIONE

La questione della decarbonizzazione e della promozione delle fonti energetiche rinnovabili non è nuova per la politica europea, ma soprattutto negli ultimi anni coglie motivazioni forti a livello economico e geopolitico. Se da un lato gli impegni internazionali contenuti nel protocollo di Kyoto rimandano alla questione ambientale, un altro importante elemento economico-politico riguarda la sicurezza e l'indipendenza energetica dei Paesi sviluppati. Queste sono le principali motivazioni alla base degli ultimi provvedimenti europei in tema di energie rinnovabili che mirano ad una riduzione della domanda di energia e ad una diversificazione delle fonti. Il raggiungimento dei macro-obiettivi contenuti nel "Pacchetto Clima-Energia" fissati dalla Commissione Europea per il 2020 (ridurre del 20% le emissioni di gas serra, raggiungere l'obiettivo del 20% del consumo energetico europeo da fonti rinnovabili e aumentare del 20% l'efficienza energetica rispetto ai livelli del 1990) è affidato agli effetti sinergici di una serie di provvedimenti volti ad armonizzare gli impegni assegnati ai singoli Stati membri (Commissione Europea, 2010).

Il processo di decarbonizzazione e diversificazione delle fonti è una strategia su cui stanno puntando soprattutto i paesi occidentali, ma non va trascurato il fatto che la Cina, maggior “inquinatore” mondiale, sia anche il paese che investe di più in rinnovabili. Gli obiettivi di copertura obbligatoria con fonti rinnovabili dei singoli Stati europei sono stati fissati tra il 10% e il 49% del consumo finale al 2020 (Commissione Europea, 2014). Per l’Italia, la percentuale obbligatoria è posta pari al 17%, quota già raggiunta nel 2014, con diversi anni d’anticipo, con una penetrazione delle rinnovabili sui consumi finali lordi (usi elettrici, termici e per il trasporto) pari al 17,1%. Ma come l’Italia, sono ormai tanti i Paesi europei a poter vantare nel mix nazionale più energia pulita rispetto a quella richiesta da Bruxelles, come Svezia, Finlandia, Danimarca, Estonia, Croazia, Lituania, Romania, Bulgaria, Repubblica Ceca e Ungheria. Per alcuni di loro lo scarto è davvero notevole, come nel caso svedese, dove la metà (53,8%) dell’energia nazionale proviene da fonti rinnovabili. Guardando un po’ più a lungo termine, il Parlamento Europeo, nell’ottobre 2014, ha approvato obiettivi decisamente più ambiziosi all’orizzonte 2030: una riduzione almeno del 40% delle emissioni di gas a effetto serra (rispetto ai livelli del 1990), una quota almeno del 27% di energia rinnovabile ed un miglioramento almeno del 27% dell’efficienza energetica. A giugno 2018, inoltre, è stato fissato un nuovo obiettivo vincolante di energia rinnovabile per l’UE per il 2030 del 32%, compresa una clausola di revisione al rialzo entro il 2023. Tutto ciò a sottolineare l’urgenza e l’importanza di questi provvedimenti.

Questo contributo si focalizza, tra tutte le forme di energia secondaria, su quella elettrica, che è certamente quella più versatile e che permette un più facile trasporto e trasformazione in altre forme di energia anche a chilometri di distanza. Ed è una fonte di energia che ha registrato una domanda crescente negli anni, con un mix di produzione che ha subito e continua a subire modifiche importanti anche a livello socio-politico.

Lo scopo di questo contributo è:

- analizzare l’evoluzione del fabbisogno energetico e della produzione di energia elettrica dal 1990 al 2016 nei 28 Paesi membri dell’Unione Europea con un focus particolare sull’Italia;
- esaminare il cosiddetto mix elettrico ovvero il contributo delle diverse fonti alla produzione di energia elettrica sempre a livello europeo e nazionale;
- elaborare una previsione dell’evoluzione della produzione di energia elettrica e del mix elettrico in Europa e in Italia al 2030 attraverso una metodologia di stima basata sull’analisi delle serie storiche attraverso i modelli ARIMA;

- confrontare le stime così ottenute con i principali scenari elaborati per l'Italia dal Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e per l'Europa dalla Commissione Europea.

Le previsioni da noi proposte, basandosi sulle serie storiche, rappresentano degli scenari tendenziali generati dal processo stocastico stimato sulla base dei dati storici. In quanto tali possono essere pensati come dei benchmark rispetto ai quali verificare il potenziale raggiungimento degli obiettivi politici su esposti.

2. DOMANDA E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA IN EUROPA ED IN ITALIA

Secondo le statistiche di Terna, società che dal 2005 gestisce la rete di trasmissione nazionale, l'Italia nel 2016 ha avuto consumi per 314.261 GWh di energia elettrica (Terna, 2018). Tale dato è il cosiddetto “consumo o fabbisogno nazionale lordo” e indica l'energia elettrica di cui ha bisogno il Paese per far funzionare qualsiasi impianto o mezzo che necessiti di energia elettrica. Esso è ottenuto sommando l'energia autoprodotta dal Paese e quella ricevuta da fornitori esteri, al netto dell'energia utilizzata per alimentare le stazioni di pompaggio e non considerando gli autoconsumi delle centrali. Sottraendo le perdite di rete si ottiene un valore netto di 295.508 GWh.

La Figura 1 riporta l'evoluzione del fabbisogno netto di energia elettrica in Italia dal 1997 al 2016 (Terna, 2018). Da essa emerge come i consumi netti siano cresciuti notevolmente fino al 2007, ad un tasso annuo medio del 2,11%, per poi crollare a partire dal 2008 (-5,99% rispetto al 2007) e stabilizzarsi fino al 2016, probabilmente per effetto congiunto della recessione economica e dei miglioramenti in tema di efficienza energetica. Anche a livello europeo, l'Agenzia Europea dell'Ambiente calcola che, tra il 2005 e il 2015, il consumo energetico complessivo sia sceso di più del 10% e nel 2015 sia stato pari a quasi 1630 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (EEA, 2017).

Dal lato della produzione di energia elettrica si registra un andamento analogo. La Figura 2 evidenzia, tra il 1990 e il 2016, un incremento del 25,4% in termini assoluti nei 28 Paesi dell'Unione Europea, passando dai 2595 TWh del 1990 ai 3255 TWh del 2016, con un tasso di crescita media annuale dello 0,89% (Eurostat, 2018). Anche in questo caso la crescita avviene a ritmi elevati fino al 2007 (in media +1,58%) per poi ridursi e stabilizzarsi fino al 2016. Stesse considerazioni valgono a livello nazionale. La produzione lorda

di energia elettrica aumenta complessivamente in Italia, passando dai 216,6 TWh del 1990 ai 289,8 TWh del 2016, crescendo ad una media del 2,2% fino al 2008, per poi contrarsi dell'1,1% in media all'anno fino al 2016.

Figura 1 – Consumi netti di energia elettrica in Italia dal 1997 al 2016
(Fonte: Elaborazione Autorità per l'energia elettrica e il gas su dati GRTN – TERNA)

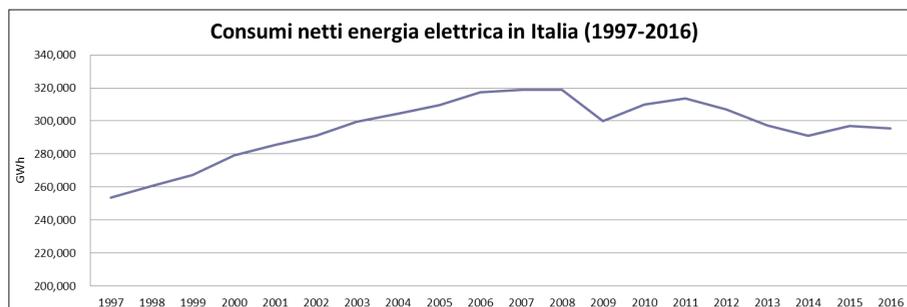
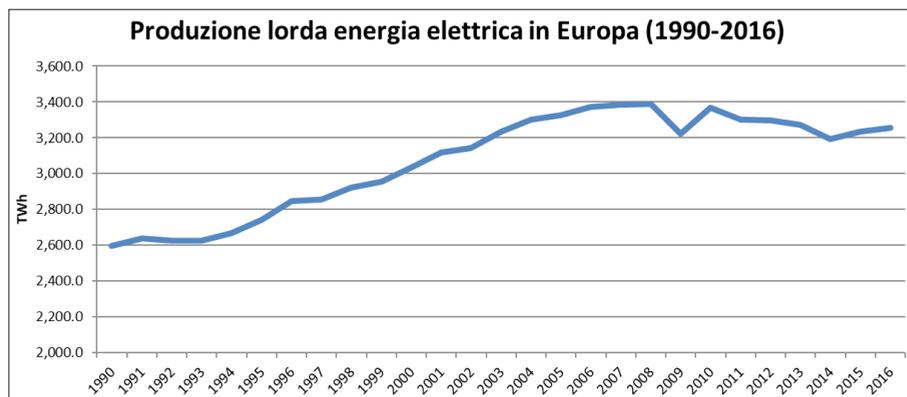


Figura 2 – Produzione lorda di energia elettrica in Europa dal 1990 al 2016
(nostre elaborazioni su dati fonte Eurostat)



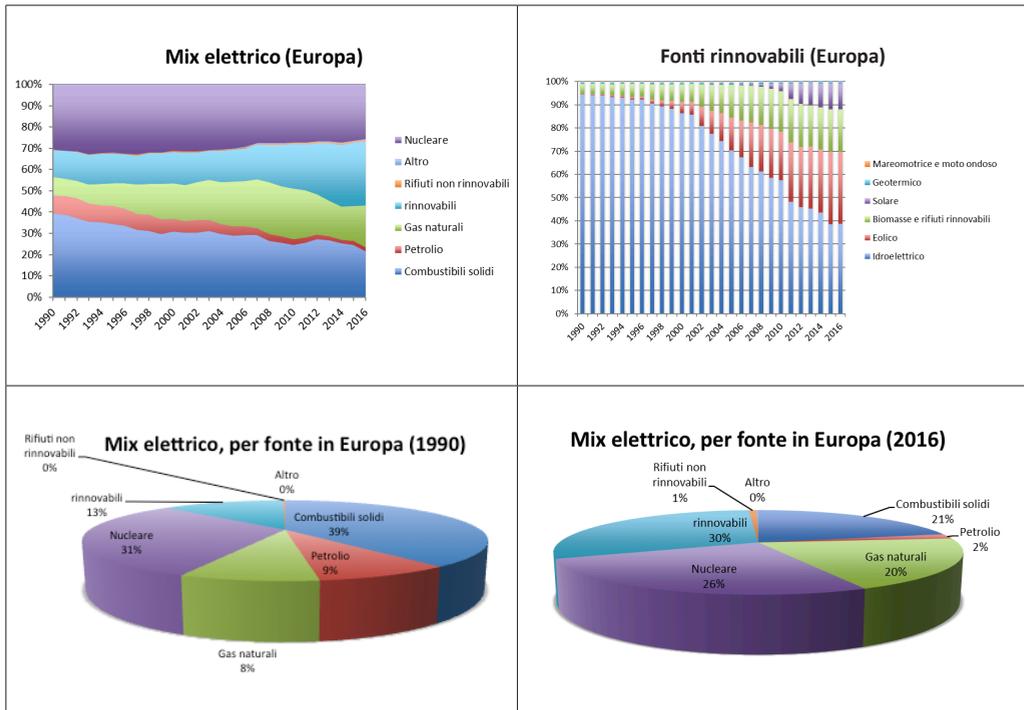
3. IL MIX ELETTRICO IN EUROPA ED IN ITALIA DAL 1990 AL 2016

Il modo in cui il fabbisogno energetico viene soddisfatto cambia radicalmente rispetto a quanto osservato negli ultimi venticinque anni, sia a livello europeo che nazionale: storicamente la produzione di energia elettrica è stata garantita dai combustibili fossili come carbone e petrolio, ma ora a tenere le redini del gioco sono il gas naturale, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica. I miglioramenti nei livelli di efficienza energetica svolgono un ruolo di fondamentale importanza nel ridurre la pressione sulla produzione di energia; in assenza di tali misure, l'aumento dei consumi energetici finali sarebbe più che doppio rispetto a quello previsto (IEA, 2017). Gran parte dell'energia prodotta nell'UE proviene ancora dai combustibili fossili, ma la loro quota nel mix elettrico si sta costantemente riducendo. La diminuzione più consistente tra il 1990 e il 2016 è stata riscontrata nella generazione di energia elettrica dal petrolio e suoi derivati (-78,8% in termini assoluti nei 27 anni considerati con un tasso medio annuo del 1,32%), seguita dal carbone e dalla lignite (-31,2% con un tasso medio annuo del 4,7%). Il progressivo abbandono di tali fonti è stato guidato dalle variazioni dei loro prezzi rispetto al gas naturale, nonché dalle politiche di sostegno a favore delle energie rinnovabili e da normative ambientali più severe. Per contro, l'elettricità prodotta dal gas naturale è aumentata del 187,5% tra il 1990 e il 2016, ad un tasso medio del 4,56% all'anno. L'uso di questi carburanti è aumentato rapidamente tra il 1990 e il 2008 (+7,7% annuo), per lo più in seguito al calo costante dei prezzi del gas alla fine degli anni '80 e '90. In tempi più recenti, però, ha perso terreno (riduzione media annuale del 2,4%) a causa di una combinazione di fattori, tra cui si annoverano la rapida adozione delle fonti rinnovabili nella generazione di energia e la recessione economica del 2008, con la conseguente riduzione del fabbisogno complessivo di energia elettrica. Anche l'aumento dei prezzi del gas (trainato dalla loro indicizzazione alle quotazioni del petrolio) e i bassi livelli di costo delle quote di emissione, dovuti alla loro eccedenza sul mercato, hanno fatto la loro parte.

Tale cambiamento a favore di alternative più pulite contribuisce a ridurre considerevolmente le emissioni di gas a effetto serra, quindi favorisce l'attuale transizione energetica europea verso un sistema basato su fonti rinnovabili e non inquinanti che registrano, infatti, un netto incremento, passando dai 327,8 TWh prodotti nel 1990 ai 981,5 TWh nel 2016 (+199,4%), ad un tasso medio annuo del 4,4%.

La Figura 3 mostra la composizione percentuale del mix elettrico in Europa (quote relative) e la sua evoluzione dal 1990 al 2016. Da essa emerge chiaramente la sostituzione del carbone e del petrolio con alternative più pulite.

Figura 3 – Evoluzione del mix elettrico in Europa tra il 1990 e il 2016
(nostre elaborazioni su dati di fonte Eurostat)



Nel 2016 più di un quarto della produzione complessiva di energia elettrica (il 30%) proviene da fonti rinnovabili, più del doppio rispetto al 1990 (13%), seguita dal nucleare (25,8%) e dai combustibili fossili (ridotti di quasi il 50%, passando dal 39,3% del 1990 al 21,5% del 2016). L'energia nucleare rimane quindi una delle maggiori fonti produttrici, pur subendo una lieve flessione negli ultimi anni. Dopo l'incidente di Fukushima nel 2011, infatti, i costi di produzione dell'energia nucleare sono aumentati per via degli investimenti supplementari nelle misure di manutenzione e di sicurezza rendendo l'energia elettrica proveniente da queste fonti più cara e, di conseguenza, meno competitiva rispetto a quella ricavata da altre. Non si trascuri poi l'effetto che questi incidenti nucleari hanno sull'opinione pubblica, i cui mutamenti, insieme agli aspetti relativi all'aumento dei costi, inducono alcuni governi a smantellare le centrali nucleari e/o ad investire in altre fonti energetiche.

La crescita delle fonti energetiche rinnovabili è attribuibile, oltre che alle politiche di sostegno adottate, anche alle consistenti riduzioni, negli ultimi anni, dei costi delle tecnologie energetiche rinnovabili. La spinta maggiore, in

Europa, è stata data dalla crescita dell'eolico, che nel 1990 rappresentava solo lo 0,24% del totale delle fonti rinnovabili, e nel 2016 ha raggiunto addirittura quota 30,86%. Anche il fotovoltaico ha contribuito, passando dallo 0,03% nel 1997 all'11,29% nel 2016.

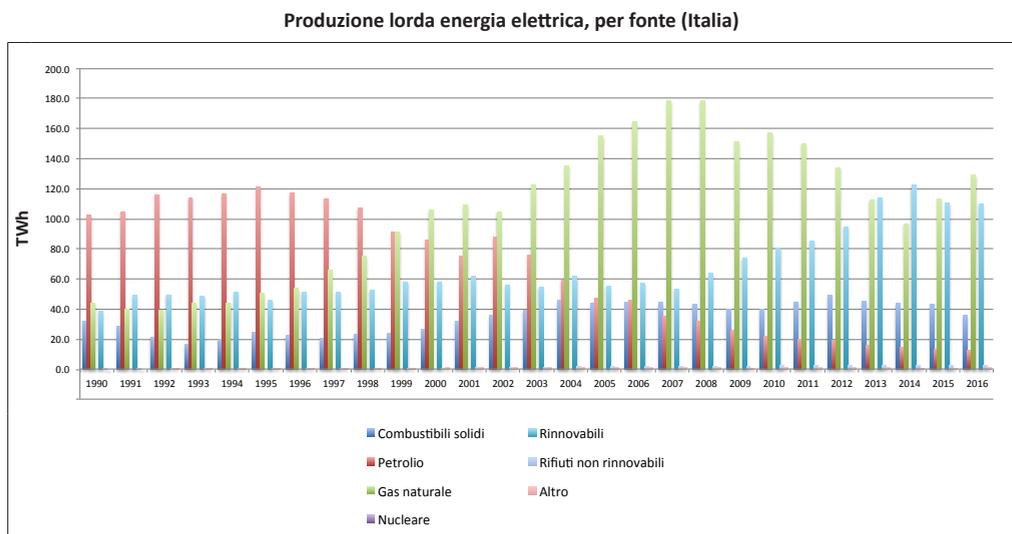
Si registra invece una forte riduzione nel contributo alla produzione di energia elettrica rinnovabile dalle centrali idroelettriche (dal 94,2% delle fonti rinnovabili nel 1990 al 38,74% nel 2016).

Anche in Italia, negli ultimi anni si sta assistendo ad una significativa variazione del mix elettrico, dovuta principalmente alla forte diffusione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili (in particolare quelle non programmabili), all'utilizzo di un diverso mix di combustibili negli impianti termoelettrici (sostituzione del petrolio con il gas naturale) e al ruolo crescente della generazione distribuita.

La composizione delle fonti di generazione elettrica in Italia mostra comunque due peculiarità rispetto alla situazione europea: la totale mancanza della fonte nucleare e la predominanza del gas.

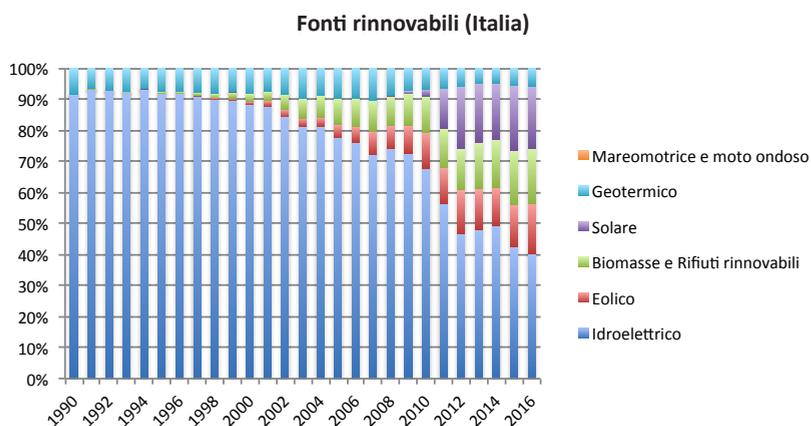
Il gas, principalmente consumato in impianti a ciclo combinato (CCGT) con efficienza intorno al 55% ed oltre, ha continuato la sua corsa fino al 2007 raggiungendo quasi il 57% della produzione lorda, per poi arrestarsi a partire dal 2009 e crollare progressivamente fino al 34% nel 2014 (Figura 4).

Figura 4 – Evoluzione del mix elettrico in Italia tra il 1990 e il 2016 (nostre elaborazioni su dati di fonte Eurostat)



La causa di questo crollo è da imputarsi all'effetto combinato della riduzione di domanda elettrica interna e della massiccia penetrazione delle fonti rinnovabili che ha rivoluzionato lo scenario energetico, anche grazie alla politica di incentivazione messa in atto dal governo italiano prima per raggiungere l'obiettivo previsto nel protocollo di Kyoto, poi il target europeo 20-20-20. In seguito a questa politica, nel 2014 le fonti rinnovabili hanno raggiunto il 43,7% dell'energia elettrica prodotta in Italia. Tra queste, la crescita più rilevante si registra a favore del fotovoltaico che nell'arco di soli 6 anni è più che decuplicato (da 1,9 TWh del 2010 a 22,1 TWh nel 2016). Dalla Figura 5 emerge come tale crescita abbia registrato un andamento tumultuoso negli anni, certamente influenzato dai generosi strumenti incentivanti (anche se appare molto meno rilevante nel 2013 rispetto al 2012 per effetto della revisione di tali strumenti); invece la crescita (pur rilevante) degli impianti eolici è stata molto più lineare nel tempo. Anche in Italia l'idroelettrico ha subito una forte battuta d'arresto (dal 91,4% tra le fonti rinnovabili nel 1990 al 40,3% nel 2016) insieme all'energia geotermica, passata dall'8,40% nel 1990 al 5,73% nel 2016.

Figura 5 – Evoluzione delle fonti rinnovabili in Italia tra il 1990 e il 2016
(nostre elaborazioni su dati di fonte Eurostat)



4. IL MIX ELETTRICO IN EUROPA E IN ITALIA: SCENARI FUTURI

Come si evolverà il mix elettrico nei prossimi anni? Gli scenari di riferimento, generalmente impiegati a tale scopo, proiettano in una evoluzione tendenziale l'andamento delle grandezze esaminate "congelando" le decisioni politiche a una certa data. Possono quindi essere considerati come un *benchmark* per valutare gli effetti di uno scenario "di policy" e rispetto ad esso vengono stimati costi, impatti e benefici degli interventi di politica energetica. Gli scenari di policy o obiettivo, invece, descrivono l'evoluzione del sistema energetico considerando politiche aggiuntive rispetto a quelle già in vigore, introdotte per raggiungere specifici obiettivi. In ogni caso, gli scenari sono strumenti di supporto alle decisioni, non sono vere previsioni, ma forniscono possibili traiettorie del sistema energetico in un certo orizzonte temporale coerente con vincoli e ipotesi date (SEN, 2017). Pertanto, soprattutto per orizzonti di lungo termine, è opportuno che la strategia sia resiliente ai cambiamenti delle variabili di scenario e che le proiezioni siano aggiornate di continuo.

4.1 METODO DI STIMA

In questo contributo, si è proceduto ad un'analisi delle serie storiche per prevedere il mix elettrico. Il metodo consiste nel costruire un modello che riesca a cogliere l'andamento nel tempo dei dati osservati e che possa essere considerato il processo generatore della serie stessa (Enders, 2014). Il modello impiegato a tal fine è un processo autoregressivo a media mobile (ARMA), che combina un processo AR (AutoRegressive) a quello MA (Moving Average). Nel processo autoregressivo, il valore assunto al tempo i -esimo dalla variabile in oggetto è esprimibile come combinazione lineare dei valori assunti in un numero finito di intervalli precedenti e di un rumore additivo; in un processo autoregressivo di ordine p , in particolare, la variabile è espressa come combinazione dei valori assunti in p intervalli precedenti.

Tuttavia, per poter essere adoperato, esso presuppone che la serie temporale da modellizzare sia stazionaria, mentre tipicamente la produzione di energia elettrica, presentando trend e stagionalità, non lo è. Si ovvia a questo problema utilizzando la procedura iterativa proposta da Box e Jenkins (1976), che permette di risalire al processo generatore dei dati mediante la costruzione di un modello di tipo ARIMA (p, d, q), da utilizzare poi per fare previsioni. Il modello può essere espresso come segue:

$$y_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}$$

dove p è l'ordine del polinomio autoregressivo regolare, d è il grado delle differenze regolari, q è l'ordine del polinomio media mobile regolare.

Il primo passo è consistito nello stimare l'evoluzione della produzione totale di energia elettrica in Europa e in Italia, proiettando i dati storici al 2030. A tale scopo, abbiamo provveduto dapprima ad un'analisi preliminare della serie storica mediante l'esame grafico e ad un'analisi esplorativa per poter valutare la stazionarietà (il tipo e il grado) della serie storica osservata. La stazionarietà in senso debole della serie è stata verificata attraverso il test Augmented Dickey Fuller (ADF). Dato il fallimento di tale test, si è riscontrato che la serie sotto indagine non è stazionaria ed è stato necessario apportare una trasformazione per ricondurla alla stazionarietà, ricorrendo alle sue differenze. Abbiamo quindi proceduto all'identificazione di un modello ARIMA (p, d, q) e alla scelta dei suoi parametri mediante l'analisi delle funzioni di autocorrelazione globale (ACF) e parziale (PACF) della serie resa stazionaria e mediante opportuni indici (es: AIC, BIC). Il modello scelto è stato quindi stimato mediante un metodo iterativo per le stime (esatte e/o condizionate) di massima verosimiglianza e poi utilizzato per finalità previsive. Al fine di migliorare le stime sono state

Tabella 1 – Stime andamento produzione totale energia elettrica in Italia e in Europa al 2030

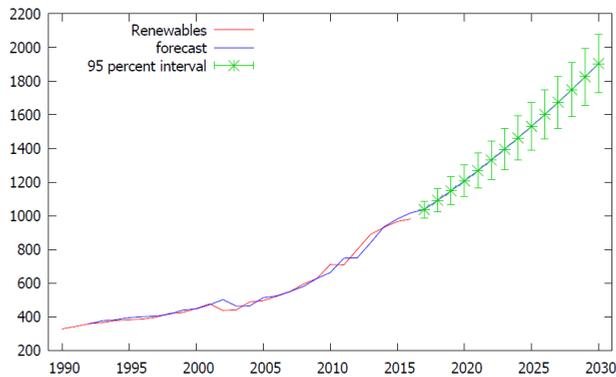
Produzione totale energia elettrica (Europa) – ARIMA (0, 2, 1)	Coeff.	Std. Err.	z	p-value
Constant	-1.8217	3.0869	-0.5901	0.5551
Theta_1	-0.7758	0.2336	-3.321	0.0009 ***
PIL	0.0187	0.0042	4.420	9.85e-06 ***
<i>Log likelihood</i>	-127.91122			
<i>Akaike criterion</i>	263.8224			

Produzione totale energia elettrica (Italia) – ARIMA (1,1,1)	Coeff.	Std. Err.	z	p-value
Constant	4.3352	2.4641	1.759	0.0785 *
Phi_1	0.7919	0.2507	3.159	0.0016 ***
Theta_1	-0.6277	0.3021	-2.078	0.0377 **
PIL	105.752	43.2796	2.443	0.0145 ***
<i>Log likelihood</i>	-88.32666			
<i>Akaike criterion</i>	186.6533			

introdotte delle variabili esogene che si ipotizza possano contribuire a spiegare l'andamento della serie storica. In particolare, abbiamo considerato l'effetto del PIL, introducendo come variabile esplicativa la sua previsione al 2030. I risultati ottenuti sono riportati nella Tabella 1. Nella prima parte essa mostra le stime dei parametri del modello a livello europeo, dalle quali emerge come la produzione totale di energia elettrica, tenuto conto delle previsioni del PIL al 2030, possa essere descritta da un processo integrato due volte a media mobile del primo ordine. Passando all'Italia, la seconda parte della tabella mostra stime significative per tutti i parametri del modello, per cui si può assumere che il processo generatore della serie storica sia autoregressivo del primo ordine, integrato una volta, e a media mobile di ordine 1.

Lo stesso procedimento è stato poi ripetuto per tutte le macro-componenti del mix elettrico, sia a livello europeo che italiano. Ad esempio, nella Figura 6 è riportata la previsione al 2030 del totale delle fonti rinnovabili nel mix elettrico in Europa. Nel grafico sono riportate le stime dei parametri del modello e, nella tabella sottostante, le previsioni ottenute con un intervallo di confidenza al 95%.

Figura 6 – Previsioni al 2030 delle fonti rinnovabili nel mix elettrico in Europa



	Coefficient	Std. Err.	z	p-value
const	1.96211	0.626976	3.129	0.0018 ***
phi_1	-0.0664516	0.20907	-0.3178	0.7506
theta_1	-1	0.135624	-7.373	1.66E-13 ***
Log-likelihood	-117.8132			
Schwarz criterion	248.5019			
Akaike criterion	243.6264			
Hannan-Quinn	244.9787			
	Real	Imaginary	Modulus	Frequency
AR Root 1	-15.049	0.000	15.049	0.500
MA Root 1	1.000	0.000	1.000	0.000

Abbiamo poi riproporzionato i valori assoluti così ottenuti vincolandoli al totale della produzione ottenuto precedentemente. I risultati ottenuti sono rappresentati nella Figura 7 e Figura 8.

Infine, lo stesso procedimento è stato ripetuto per ciascuna fonte rinnovabile, stimandone l'evoluzione al 2030 e riproporzionandole al totale delle fonti rinnovabili ottenuto nel passo precedente. I risultati sono illustrati nella Figura 9 e Figura 10.

L'insieme dei modelli ARIMA stimati e la loro migliore specificazione sono illustrati nella Tabella 2.

Tabella 2 – Modelli ARIMA impiegati e loro specificazioni

EUROPA	ITALIA
Totale produzione energia elettrica: AR(0)I(2)MA(1) + PIL	Totale produzione energia elettrica: AR(1)I(1)MA(1) + PIL
Fonti:	Fonti:
Combustibili solidi: AR(0)I(2)MA(1)	Combustibili solidi: AR(2)I(1)MA(2)
Petrolio: AR(2)I(2)MA(1)	Petrolio: AR(2)I(2)MA(2)
Gas naturale: AR(3)I(2)MA(2)	Gas naturale: AR(1)I(2)MA(1)
Nucleare: AR(2)I(2)MA(1)	Rifiuti: AR(1)I(1)MA(1)
Rifiuti: AR(2)I(1)MA(0)	
Totale fonti rinnovabili: AR(1)I(1)MA(1)	Totale fonti rinnovabili: AR(2)I(1)MA(2)
Idroelettrico: AR(2)I(2)MA(1)	Idroelettrico: AR(2)I(2)MA(1)
Eolico: AR(2)I(0)MA(2)	Eolico: AR(1)I(2)MA(2)
Biomasse: AR(2)I(2)MA(1)	Biomasse: AR(2)I(2)MA(2)
Fotovoltaico: AR(1)I(2)MA(2)	Fotovoltaico: AR(1)I(2)MA(2)
Geotermica: AR(2)I(1)MA(2)	Geotermica: AR(1)I(1)MA(1)
Mareomotrice e moto ondoso: AR(2)I(0)MA(2)	

4.2 RISULTATI

L'applicazione della suesposta metodologia conduce ai seguenti risultati che esponiamo separatamente per l'Europa e per l'Italia.

Per l'Europa, come emerge dalle Figura 7 e Figura 8, i cambiamenti più significativi previsti dal nostro modello riguardano: un aumento del gas naturale dall'attuale 21% al 47% nel 2030, in sostituzione del nucleare (dal 25% all'8%); una drastica riduzione dei combustibili solidi che passano dall'attuale 20% al 6%, a favore delle fonti rinnovabili che incrementano la loro quota dal 31% al 38%.

Tra le fonti rinnovabili, il nostro modello prevede che: la fonte eolica si rafforzi ulteriormente dall'attuale 34% al 50%; una crescita contenuta della fonte solare (dall'11% al 15%); le biomasse rimangano pressoché costanti; l'idroelettrico si riduca proporzionalmente passando dall'attuale 36% al 18%.

Figura 7 – Mix elettrico in Europa: previsioni al 2030 (nostre elaborazioni)

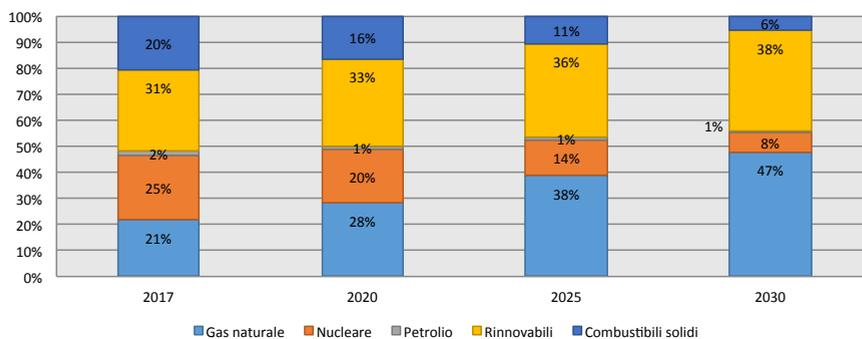
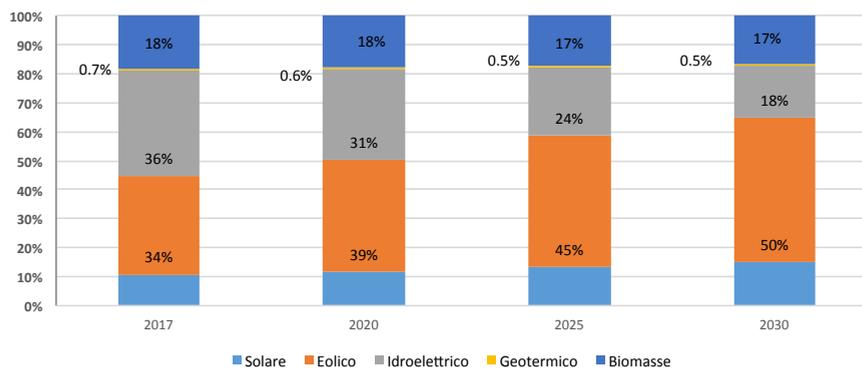


Figura 8 – Fonti rinnovabili nel mix elettrico in Europa: previsioni al 2030 (nostre elaborazioni)



4.2.1. Italia

Dall'analisi delle Figura 9 e Figura 10, per l'Italia il modello elaborato ci porta a prevedere per il 2030 una sostituzione tra gas naturale e fonti rinnovabili: il primo dovrebbe ridursi dal 46% al 41%, le seconde aumentare dal 39% al 47%. I combustibili solidi si prevede rimangano pressoché costanti mentre il petrolio diventerà pressoché inutilizzato.

In entrambe le figure non abbiamo rappresentato, in quanto minimali, i valori corrispondenti ad altre fonti (rifiuti non rinnovabili, energia mareomotrice e del moto ondoso).

Figura 9 – Mix elettrico in Italia: previsioni al 2030 (nostre elaborazioni)

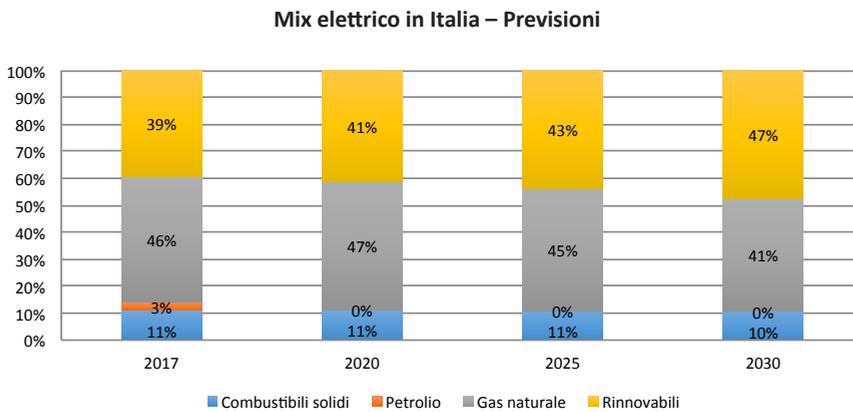
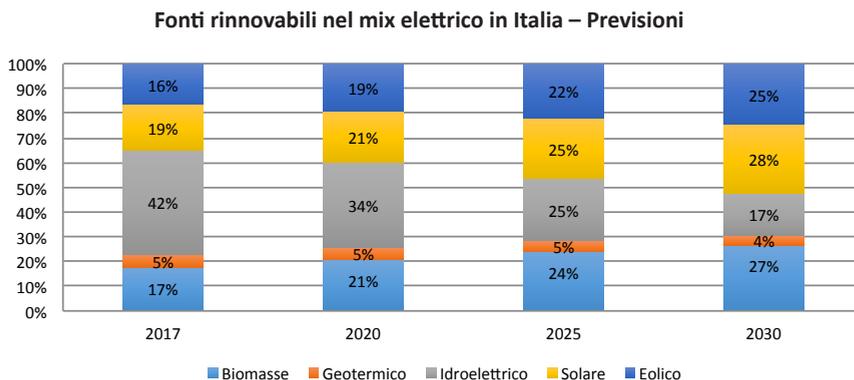


Figura 10 – Fonti rinnovabili nel mix elettrico in Italia: previsioni al 2030 (nostre elaborazioni)



5. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Confrontiamo ora le stime ottenute utilizzando il nostro modello con le principali proiezioni elaborate a livello europeo e nazionale. Per quanto riguarda l'Italia, la principale comparazione avviene con le stime realizzate dal Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare, che si basano su due scenari: uno scenario di riferimento nazionale ("BASE") e uno di policy ("SEN"), coerente con gli obiettivi perseguiti dalla Strategia Energetica Nazionale¹.

Il confronto è illustrato nella Tabella 3 e Tabella 4.

Tabella 3 – Confronto nostre stime su mix elettrico con scenari in SEN 2017 (i valori sono espressi in TWh)

	2025			2030		
	BASE	SEN	Nostro modello	BASE	SEN	Nostro modello
Rinnovabili	124	138	135	129	184	152
Gas naturale	137	150	139	147	118	134
Petrolio	3	4	0	2	2	0
Carbone	33	0	33	31	0	34
Altro			3			4
TOTALE	297	292	310	309	304	323

Tabella 4 – Confronto nostre stime su mix rinnovabile con scenari in SEN 2017 (i valori sono espressi in TWh)

	2025			2030		
	BASE	SEN	Nostro modello	BASE	SEN	Nostro modello
Geotermico	6	7	6	7	7	6
Bioenergie	19	16	33	14	15	40
Solare	26	27	33	33	72	42
Eolico	17	17	30	25	40	37
Idroelettrico	49	49	34	50	50	26
TOTALE	117	116	136	129	184	152

¹ Gli obiettivi prefissati sono: una riduzione dei consumi finali di energia nel periodo 2021-30 pari all'1,5% annuo dell'energia media consumata nel triennio 2016-2018; fonti energetiche rinnovabili, pari al 28% dei consumi finali lordi al 2030 (FER elettriche pari al 55% del consumo interno lordo di elettricità); phase-out del carbone nella generazione elettrica al 2025 (SEN 2017).

Per quanto riguarda il mix elettrico, le stime prodotte con la nostra metodologia presentano le seguenti caratteristiche:

- la produzione totale di energia elettrica è più elevata in quanto utilizziamo dati di trend che sono più alti rispetto agli obiettivi di risparmio energetico dati dagli scenari ministeriali;
- le nostre stime sull'utilizzo del carbone come fonte per la produzione di energia elettrica sono in linea con lo scenario base, mentre lo scenario SEN assume il phasing-out del carbone come obiettivo di politica energetica;
- come dalle nostre stime, il ruolo giocato dal petrolio è minimale;
- per quanto riguarda il rapporto tra rinnovabili e gas naturale le nostre previsioni sono intermedie rispetto agli scenari ministeriali che oscillano tra uno scenario base conservativo e uno scenario di obiettivo politico che prevede un contenimento nell'utilizzo del gas naturale a favore di un maggiore sviluppo delle fonti rinnovabili.

Entrando nel dettaglio della composizione delle fonti rinnovabili, la cui evoluzione è illustrata nella Tabella 4, le nostre stime sulla produzione totale sono più ottimiste rispetto agli scenari ministeriali al 2025 e risultano intermedie per il 2030. La maggiore differenza sta nel fatto che il nostro metodo di calcolo ha previsto una riduzione dell'idroelettrico ed un incremento delle bioenergie, estrapolando al 2025 e 2030 i trend positivi registrati fino ad ora. Gli scenari ministeriali, forse più realisticamente, prevedono una produzione costante di energia idroelettrica ed un leggero contenimento delle bioenergie. Per quanto riguarda il solare e l'eolico, le nostre previsioni sono in linea con quelle ministeriali, salvo essere più ottimiste per il 2025.

Per quanto riguarda l'Europa, il confronto avviene con gli scenari elaborati a livello UE attraverso lo strumento modellistico denominato PRIMES (Commissione Europea, 2016). Il suo più recente aggiornamento risale al 2016 e fornisce le proiezioni (anche fino al 2050) per tutti i paesi europei, fissando l'andamento nel periodo di variabili macroeconomiche ed energetiche e assumendo come ipotesi il conseguimento dei target al 2020 in materia di gas serra, efficienza energetica e rinnovabili e l'implementazione effettiva delle politiche europee e dei singoli Stati definite entro il 2014.

Confrontando le nostre proiezioni con le analisi di scenario ufficiali dell'UE riportate nella Tabella 5 emergono delle differenze. La prima riguarda la produzione totale di energia elettrica, che noi stimiamo essere decrescente dal 2020 al 2030 in linea con il trend riscontrato finora, e in termini assoluti, più bassa rispetto ai valori risultanti dalle stime PRIMES in tutti e tre gli orizzonti

temporali. Per quanto riguarda, poi, l'utilizzo del nucleare come fonte per la produzione di energia elettrica, le proiezioni PRIMES sono, forse non molto realisticamente, notevolmente più alte di quelle da noi stimate. In termini relativi, le nostre stime prevedono una riduzione della fonte nucleare, mentre quelle elaborate attraverso PRIMES un andamento costante.

In linea con lo scenario PRIMES, petrolio e carbone sono destinati ad essere sempre meno utilizzati nel tempo, e si conferma il ruolo minimale giocato dal petrolio rispetto alle altre fonti fossili. Per quanto riguarda il rapporto tra rinnovabili e gas naturale, il modello da noi elaborato porta a prevedere una crescita molto più marcata rispetto a PRIMES del gas naturale. Tra le fonti rinnovabili, a differenza delle nostre stime, gli scenari PRIMES, forse più realisticamente, prevedono una produzione costante di energia idroelettrica ed un incremento delle biomasse.

Tabella 5 – Confronto nostre stime su mix elettrico con scenari in PRIMES (i valori sono espressi in TWh)

	2020		2025		2030	
	PRIMES	Nostro modello	PRIMES	Nostro modello	PRIMES	Nostro modello
Produzione elettrica lorda (TWh)	3358	3206	3431	3094	3528	2936
Nucleare	773	651	718	420	778	223
Carbone	767	527	655	328	563	166
Petrolio	22	44	21	30	19	20
Gas naturale	581	897	682	1186	655	1389
Biomasse-rifiuti	213	214	250	214	283	210
Idroelettrico	376	329	375	261	379	198
Eolico	463	411	527	498	608	556
Solare	155	121	193	147	232	166
Geotermico e altre rinnovabili	8	6	9	6	10	5
Altre fonti	0	5	0	4	0	3

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Box, G.E., & Jenkins, G.M. (1976), *Time series analysis: forecasting and control*, revised ed. Holden-Day, San Francisco, USA.
- Commissione Europea (2010), *Europa 2020. Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, Bruxelles, Belgio.
- Commissione Europea (2014), ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_it
- Commissione Europea (2016), *EU Reference Scenario 2016. Energy, transport and GHG emissions: Trends to 2050*, Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action and Directorate-General for Mobility and Transport, Bruxelles, Belgio.
- Enders, W. (2014), *Applied econometric time series*, 4th edition, John Wiley & Sons, New York, USA.
- European Environment Agency (EEA) (2017), *Energy in Europe – State of play*, Copenhagen, Danimarca.
- Eurostat (2018), ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/countrydatasheets_feb2018.xlsx
- International Energy Agency (IEA) (2017), *World Energy Outlook 2017*, Parigi, Francia.
- Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017), *SEN 2017 – Strategia Energetica Nazionale*, Roma, Italia.
- Terna (2018), www.terna.it/it-it/sistemaelettrico/statisticheeprevisioni/datistatistici.aspx