



Dipartimento di Impresa e Management

Cattedra di Dinamiche Industriali

Il mercato italiano della produzione di
energia elettrica.
La liberalizzazione del settore e gli
effetti sull'innovazione

Prof. Francesca Lotti

RELATORE

Prof. Valentina Meliciani

CORRELATORE

Daniele Pavoncello
Matr. 709981

CANDIDATO

Anno Accademico 2019/2020

Sommario

<i>Introduzione</i>	4
<i>1. L'energia elettrica</i>	7
1.1 Che cosa è l'energia elettrica	7
1.2 L'elettricità come Monopolio Naturale	10
<i>2. Rassegna della Letteratura</i>	16
2.1 I modelli di liberalizzazione del settore elettrico	16
2.2 L'innovazione: i pattern schumpeteriani e i regimi tecnologici	25
2.3 L'innovazione: le peculiarità del settore energetico	32
<i>3. L'evoluzione della normativa comunitaria e nazionale del settore elettrico in Italia</i>	46
3.1 Il processo di liberalizzazione.....	46
3.2 Il pacchetto 20-20-20 e gli obiettivi climatici europei per il futuro	56
<i>4. Metodologia di analisi</i>	62
<i>5. I risultati</i>	69
5.1 La struttura del mercato	69
5.2 L'innovazione settoriale.....	76
<i>Conclusione</i>	84
<i>Bibliografia</i>	86
<i>Sitografia</i>	92
<i>Riassunto</i>	94

Introduzione

Nel presente elaborato sono state analizzate le dinamiche industriali del settore della produzione di energia elettrica italiano. In particolare, l'analisi svolta si è concentrata sull'evoluzione del settore e su come è cambiato il modello di organizzazione del mercato in seguito al processo di liberalizzazione iniziato negli anni Novanta dello scorso secolo e proseguito nei due decenni successivi.

L'analisi, coprendo un ventennio dal 1997 al 2019, ha poi analizzato i cambiamenti tecnologici avvenuti e il livello di innovazione registrato negli anni considerati.

L'obiettivo di questa tesi, dunque, è stato quello di indagare la relazione che intercorre tra l'evoluzione del settore e il grado di innovazione nel periodo preso in esame.

Nel primo capitolo, è stato introdotto e spiegato il significato di energia e di elettricità, illustrando l'importanza che quest'ultima ha ricoperto per lo sviluppo delle società umane negli ultimi 150 anni e come è stata applicata per soddisfare i molteplici bisogni delle persone. È stato poi approfondito come i vari stati, compreso il fondamentale ruolo assunto dall'elettricità per il benessere sociale e per le economie nazionali, hanno intrapreso un processo di regolamentazione stringente del mercato elettrico, fino a giungere ad una organizzazione della produzione di energia elettrica come un monopolio naturale.

Il secondo capitolo è stato dedicato alla rassegna della letteratura. È stato mostrato come il ruolo eccessivamente intrusivo dello stato nella gestione del settore elettrico non sia meno problematico di un mercato deregolamentato. Emersi dunque i possibili fallimenti del mercato e dell'azione governativa, sono stati presentati i distinti modelli di liberalizzazione del settore energetico, partendo dal monopolio fino a giungere ad un mercato completamente liberalizzato. È stato poi affrontato il tema dello sviluppo tecnologico e delle modalità con cui possono essere organizzate le attività innovative in un settore. Sono stati quindi illustrati i principali contributi teorici alla materia, riportando il lavoro di J. Schumpeter e dei suoi successori, con la presentazione dei pattern schumpeteriani dell'innovazione

e delle loro principali caratteristiche, e i regimi tecnologici i quali, secondo la combinazione di specifiche condizioni, forniscono una descrizione dell'ambiente in cui operano le imprese, influenzando anche il grado di innovazione settoriale. Tali concetti generali, sono stati poi affrontati e indagati specificatamente per l'energia elettrica, andando a comprendere quali forze influiscono sullo sviluppo tecnologico e come l'innovazione del settore energetico sia stata catalogata e sintetizzata in tre fasi distinte. Sono state quindi individuate le relative metriche di *input*, *output* e *risultati*.

Nel terzo capitolo, invece, sono state ripercorse le principali tappe dell'evoluzione della normativa nazionale e comunitaria del settore energetico, con particolare attenzione ai *Pacchetti Energia* previsti dalle direttive europee tra il 1996 e il 2009 e l'attuazione delle stesse nell'ordinamento italiano tramite distinti atti normativi. Tra i più importanti, è stato analizzato il Decreto Bersani, il quale ha determinato il superamento del monopolio statale di ENEL, l'ente statale preposto alla produzione, alla distribuzione e alla vendita dell'elettricità in Italia. Parallelamente agli sforzi compiuti dalle istituzioni italiane ed europee per creare un mercato energetico libero e comune tra i vari stati membri, è stata poi illustrata la progressiva e crescente attenzione verso le fonti di energia rinnovabile, esponendo le principali azioni intraprese per la promozione di energie volte a ridurre le emissioni inquinanti e quindi accrescere la protezione dell'ambiente, fino ad arrivare agli ambiziosi obiettivi posti dall'Unione Europea per i prossimi decenni.

Nel quarto capitolo, invece, sono stati illustrati gli aspetti relativi ai metodi utilizzati per la domanda di ricerca di questa tesi. Sono state riportate quindi le considerazioni per il processo di raccolta e selezione dei dati, fornendo tutte le informazioni necessarie sulla misurazione delle variabili analizzate e le procedure analitiche applicate per l'indagine condotta.

Il quinto capitolo, quindi, ha riportato i risultati ottenuti dall'analisi svolta, presentando le principali dinamiche avvenute nella struttura del settore. In seguito, sono stati riportati gli esiti inerenti l'innovazione settoriale, secondo le distinte

metriche individuate in precedenza ed è stata illustrata la relazione tra quest'ultime e il cambiamento della struttura industriale del settore, commentando e valutando i risultati ottenuti.

Infine, sono state presentate le conclusioni del lavoro svolto.

1. L'energia elettrica

1.1 Che cosa è l'energia elettrica

L'elettricità è una forma di energia¹ esistente in natura che, nel corso degli ultimi 150 anni, è stata sviluppata ed adatta dall'uomo per soddisfare i propri bisogni.

Da allora, il processo di miglioramento delle tecnologie per sfruttare l'energia elettrica non si è mai fermato ed è in continua evoluzione, permettendo di avvalersi nel corso degli anni di una moltitudine di fonti primarie di energia².

L'uso dell'elettricità a fini commerciali iniziò a svilupparsi nel XIX secolo e mutò profondamente le società ottocentesche, facendole approdare in una nuova era, grazie all'applicazione di questa energia innovativa in tre distinti ambiti dirompenti: 1) l'illuminazione elettrica; 2) il motore elettrico; 3) i trasporti e le telecomunicazioni³.

1) *L'illuminazione elettrica*: con l'introduzione della lampadina ad incandescenza, la vita delle classi lavoratrici venne rivoluzionata, in quanto i ritmi della giornata lavorativa non erano più vincolati dalla disponibilità della luce solare e, rispetto alle precedenti fonti di illuminazione artificiale, come ad esempio petrolio o grassi animali, erano ridotte quelle esternalità negative frutto della combustione, come i fumi o il pericolo di incendi. Ciò comportò un aumento della produttività e delle condizioni di sicurezza e salute dei lavoratori.

¹ Con energia si intende la capacità di svolgere un lavoro. In fisica, è la forza compiuta da uno spostamento contro una resistenza e si misura in joule. L'energia segue le leggi della termodinamica. La prima legge afferma che l'energia non può essere né creata né distrutta, solo trasformata, mentre la seconda afferma che nel processo di conversione dell'energia, parte di essa viene necessariamente trasferita al sistema nel quale il lavoro viene svolto, sotto forma di calore, e non può essere recuperata. (FUNDAMENTALS HANDBOOK THERMODYNAMICS, HEAT TRANSFER, AND FLUID FLOW Volume 1 of 3, U.S. Department of Energy)
<https://energy.gov/sites/prod/files/2013/06/f2/h1012v1.pdf>

² Vi sono differenti forme e fonti di energia. A seconda dell'impiego che se ne fa, si distinguono:

- le fonti primarie di energia, cioè quelle usate direttamente nei sistemi energetici, come ad esempio il petrolio grezzo, il gas naturale, il carbone, l'energia solare, eolica o idroelettrica;
- i vettori energetici, o fonti secondarie di energia, che derivano da una trasformazione delle fonti primarie, come ad esempio la benzina, l'energia elettrica o l'idrogeno.

³ Cretì, Fontini. (2019)

Da questo enorme successo, si vennero a costituire enormi economie di scala⁴.

- 2) *Il motore elettrico*: se inizialmente i generatori di energia venivano impiegati per convertire l'energia cinetica in energia elettrica, il motore elettrico capovolse lo schema di applicazione. Venne impiegato nel trasformare l'energia elettrica in una forza rotante, trovando un'ampia applicazione nelle grandi industrie manifatturiere, come ad esempio quella tessile. Di particolare importanza per il successo industriale del motore elettrico fu l'alta efficienza⁵ che, grazie al motore trifase a corrente alternata (AC)⁶ poteva raggiungere anche picchi del 90%⁷ di efficienza.

Il motore elettrico pose quindi le basi della futura diffusione degli elettrodomestici per le applicazioni di uso quotidiano che conosciamo oggi.

- 3) *i trasporti e le telecomunicazioni*: grazie allo sviluppo e all'impiego dei circuiti e delle batterie, si è potuto conservare, trasportare e impiegare l'elettricità ovunque ve ne fosse il bisogno.⁸ Ciò diede un enorme impulso nello sviluppo dell'industria delle comunicazioni con la nascita del telegrafo elettrico, tramite il quale, grazie a segnali elettrici di diversa durata, fu permesso l'invio di messaggi e missive in tempo reale.

⁴ Cretì, Fontini. (2019)

⁵ In ingegneria, l'efficienza energetica di un sistema fisico rappresenta la sua capacità di ottenere un risultato utilizzando meno energia e aumentando il rendimento generale. Questa caratteristica comporta due importanti risultati: più è alta l'efficienza energetica, più è alto il risparmio energetico. Di conseguenza, si riducono i costi di esercizio. In parole povere, la definizione di efficienza energetica esprime la capacità di un sistema di ottimizzare i risultati. (<https://www.acea.it/guide/efficienza-energetica>).

Secondo le leggi della termodinamica, l'energia che viene dissipata durante la conversione, viene trasformata in calore.

⁶ La corrente alternata (AC) è una tipologia di corrente elettrica dove viene invertita la normale direzione del flusso di elettroni, facendoli muovere vicendevolmente tra il polo negativo e quello positivo nel tempo. Tale variazione avviene con una periodicità fissa, chiamata Frequenza, ed in Europa è impostata a 50 Hz. La corrente alternata, rispetto alla corrente continua (DC), nonostante non permettesse la possibilità di accumulare l'elettricità nelle batterie, riuscì ad imporsi sulla DC agli albori dell'era elettrica grazie ai vantaggi derivanti dall'impiego di trasformatori e alternatori, i quali comportavano una maggiore convenienza economica nel trasporto dell'energia su grandi distanze e una minore dissipazione di energia durante il trasporto.

⁷ Cretì, Fontini. (2019)

⁸ Per queste applicazioni, venne impiegata anche la corrente continua (DC).

Le batterie, in particolare, vennero sfruttate per sostituire gli animali da traino negli spostamenti, convertendo così l'energia elettrica accumulata in energia cinetica per muovere i veicoli. Per i veicoli più piccoli, però, come le automobili dove lo spazio per conservare l'energia era ed è un fattore critico, il motore elettrico cedette il passo ai motori a combustione interna, i quali permettevano, a parità di volume e di peso, di immagazzinare nei serbatoi più energia. Invece, per i veicoli più grandi, come le tramvie e le ferrovie destinate ai trasporti pubblici, non vi fu tale vincolo, e i motori elettrici vennero impiegati in quanto avevano meno esternalità negative come l'inquinamento e i detriti della combustione, erano più flessibili (meno tempo per essere riscaldati e utilizzati), avevano costi di manutenzione inferiori ed erano più sicuri rispetto a quelli gestiti da animali o da motori a combustione esterna.

Telecomunicazioni e trasporti, grazie all'elettricità, contribuirono ad accorciare le distanze globali e a rendere il mondo sempre più interconnesso⁹.

Oggi, la produzione di elettricità avviene principalmente in centrali elettriche. Esse sono siti industriali dove le fonti di energia primaria vengono trasformate in elettricità. Tali centrali possono essere classificate in base alle dimensioni, cioè a seconda dei kilowattora¹⁰ generati e in base alla fonte primaria impiegata.

Tra queste ultime si distinguono le fonti di energia esauribili, come gli idrocarburi estratti dal sottosuolo, e le fonti di energia rinnovabile (RES). Le RES sono definite come una fonte di energia il cui tasso di riproduzione è istantaneo o temporalmente comparabile al suo tasso di esaurimento. Le RES verranno approfondite

⁹ Cretì, Fontini. (2019)

¹⁰ Il watt (W) equivale a 1 joule (J) su 1 secondo. Il kilowattora (kWh), che costituisce l'unità di misura di base per il consumo di elettricità domestico, rappresenta l'energia fornita da 1000 W in un'ora.

successivamente, vista la loro importanza per la sostenibilità ambientale e sociale per le società industrializzate e sulla via dell'industrializzazione.

Le centrali elettriche dunque, a prescindere dalla fonte utilizzata, si avvalgono di infrastrutture come i tralicci ad alto voltaggio che sono connessi alle reti di distribuzione locale, le quali poi si occupano di portare l'elettricità ai consumatori finali.

1.2 L'elettricità come Monopolio Naturale

Il settore della produzione di energia elettrica si è dimostrato essere un'industria ad alta intensità di capitale. Le centrali elettriche, in particolar modo quelle più grandi, richiedono infrastrutture per portare ad esse i carburanti da utilizzare e tralicci per trasmettere l'elettricità prodotta. Tutto ciò richiede ingenti investimenti che presentano un elevato costo fisso, non ammortizzabile nel breve periodo.

Si può supporre che l'equazione rappresentante i costi per la produzione di energia elettrica sia:

$$TC = FC + VC(Q)$$

dove

TC: Costi Totali

FC: Costi Fissi

VC(Q): Costi Variabili in funzione della quantità di energia prodotta

Dall'equazione dei TC, posso ricavare i costi medi, dividendo tutti i costi per le quantità:

$$\frac{TC}{Q} = \frac{FC}{Q} + \frac{VC(Q)}{Q}$$

Da quest'ultima si evince che i costi medi¹¹ tendono a ridursi all'aumentare di Q. I FC avrebbero un grosso peso nella ripartizione dei costi. Ecco perché i VC diverrebbero rilevanti solamente raggiungendo delle economie di scala. Tali

¹¹ I costi medi totali (ATC) sono pari ai costi medi fissi (AFC) più i costi medi variabili (AVC)

volumi elevati di produzione, permetterebbero anche di sviluppare delle economie di apprendimento e un alto livello di specializzazione.

Se i costi medi risultano utili nel determinare le risorse medie necessarie nella generazione dell'output, un'altra unità importante da considerare per l'assunzione di decisioni e pianificazioni economiche e industriali è quella dei costi marginali (MC). Essi rappresentano il costo che l'impresa sostiene a fronte di una aggiuntiva quantità prodotta, permettendo di capire se è economicamente vantaggioso continuare a produrre oppure no.

Ciò, storicamente, ha implicato, per la produzione di elettricità, una struttura dei costi decrescente e la costituzione di monopoli. In particolare, questi ultimi, sono stati definiti un Monopolio Naturale in quanto è emerso che una singola impresa, per via dei costi sub-additivi, poteva produrre una quantità Q ad un costo inferiore rispetto ad un mercato costituito da due o più imprese¹².

Da un punto di vista teorico, l'impresa monopolista avrà un profitto pari a:

$$\pi = P(Q)Q^{13} - TC(Q)$$

Per massimizzare i profitti, si farà la derivata prima rispetto a Q e si porrà il risultato pari a zero:

$$\frac{d\pi}{dQ} = P + \frac{dP}{dQ} \times Q - \frac{dTC}{dQ} = 0$$

$P + \frac{dP}{dQ} \times Q$ rappresenta i ricavi marginali (MR), cioè l'incremento dei ricavi ottenuto vendendo una unità Q aggiuntiva, mentre $\frac{dTC}{dQ}$ rappresenta i costi marginali (MC).

La precedente equazione, dunque, può essere riscritta come:

$$MR - MC = 0$$

¹² I costi sub-additivi si manifestano in mercati nei quali, ipotizzando solo due imprese che producono Q_1 e Q_2 , i costi di produzione totali sono pari a $C(Q) = C(Q_1 + Q_2) < C(Q_1) + C(Q_2)$

Nel caso della produzione di energia elettrica, la duplicazione di infrastrutture e tralicci, considerando gli alti costi fissi, non sarebbero economicamente sostenibili e comporterebbero un prezzo finale per il consumatore più alto.

¹³ $P(Q)Q$ rappresenta i ricavi totali. In regime di monopolio, l'impresa è price-maker e il prezzo di vendita sarà funzione della quantità prodotta.

Questo significa che il monopolista, per massimizzare il proprio profitto, produrrà una quantità Q di elettricità tale per cui $MR = MC$.

Graficamente, tale punto sarà individuato dall'incontro delle due rette. Perché ciò avvenga, è necessario anche che la pendenza di MR sia inferiore a quella di MC ¹⁴.

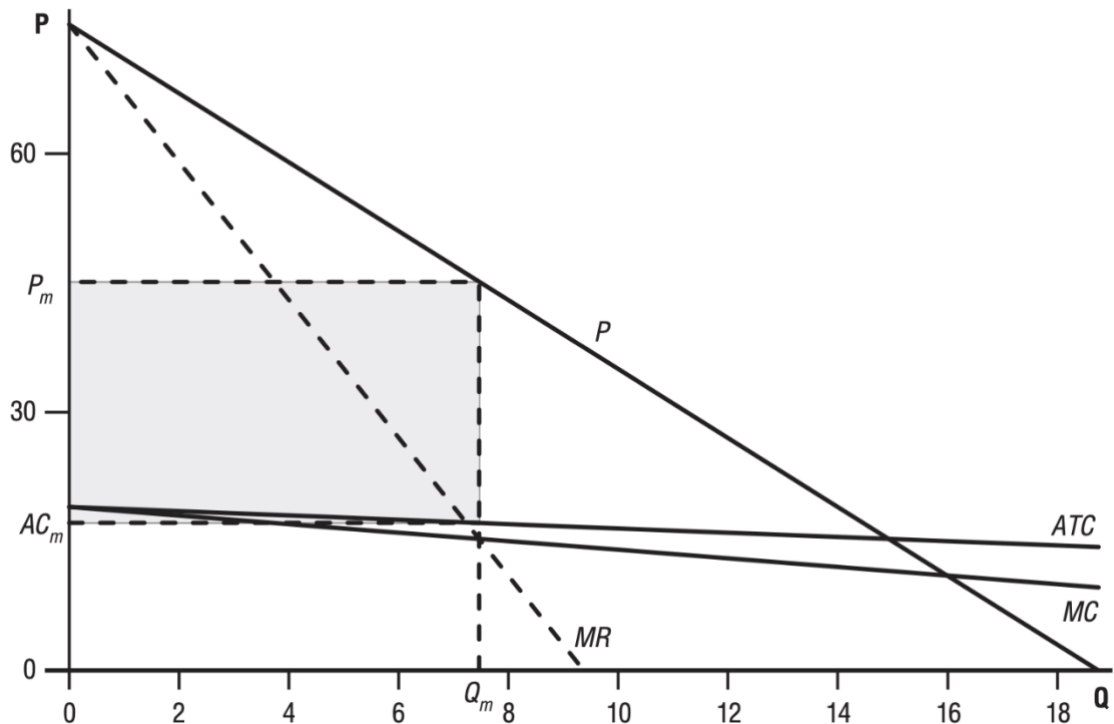


Fig. 1.1 Monopoly production, price, and profit¹⁵

Ipotizzando poi una curva di domanda lineare, la funzione di domanda inversa sarà $P = a - bQ$ dove a e b sono due numeri positivi.

I ricavi totali, quindi, saranno:

$$TR = PQ = (a - bQ)Q = aQ - bQ^2$$

Derivando rispetto a Q , otterrò l'equazione per la curva dei MR :

$$MR = \frac{dTR}{dQ} = a - 2bQ$$

¹⁴ Analiticamente, significa che la derivata parziale rispetto a Q di $MR - MC = 0$ risulti essere:

$$\frac{dMR}{dQ} - \frac{dMC}{dQ} < 0$$

¹⁵ Dahl. (2015) pag.109

MR, rispetto a TR, avrà una pendenza doppia rispetto alla curva della domanda inversa.

Il monopolista, dunque, per massimizzare il proprio profitto π , produrrà la quantità Q_m , cosicché $MR=MC$ e venderà ad un prezzo P_m .

L'area evidenziata in grigio nella figura 1.1 rappresenterà in conclusione l'area del profitto del monopolista.

Poiché i consumatori andranno a pagare un prezzo superiore al costo marginale sostenuto dal monopolista, ciò implicherebbe una perdita di benessere sociale¹⁶.

Considerata l'importanza che la produzione e il consumo di energia elettrica hanno comportato per la società del secolo scorso e considerata la struttura di mercato in cui le imprese energetiche si trovarono ad operare, sin dagli inizi del Novecento, a causa di possibili fallimenti del mercato e inefficienze allocative con conseguenti perdite di benessere sociale, i governi nazionali intervennero attraverso vari strumenti, come la nazionalizzazione o l'imposizione di una regolamentazione sui prezzi.

L'obiettivo della regolamentazione, quindi, è quello di simulare i meccanismi di efficienza di una struttura di mercato competitiva. In ogni caso, la regolamentazione dovrebbe richiedere all'impresa alcuni impegni contrattuali al fine di ridurre al minimo i costi. Questo si traduce nella creazione di giusti incentivi per l'impresa monopolista¹⁷.

Si può ipotizzare che il conferimento pattuito (t) con l'impresa sia uguale a:

$$t = a + b \cdot Costs$$

I principali approcci regolatori per la determinazione dei prezzi sono: 1) tasso di rendimento (*rate of return*), 2) limite di prezzo (*price cap*)¹⁸.

- 1) *rate of return (RoR)*: il RoR è una tipologia di regolamentazione dove l'impresa deve giustificare il prezzo esercitato dimostrando che il suo tasso

¹⁶ Dahl. (2015)

¹⁷ Creti, Fontini. (2019)

¹⁸ Creti, Fontini. (2019)

di rendimento sul capitale investito non eccede uno specifico tasso target predeterminato.

La precedente equazione, in questo caso, viene riscritta come:

$$TR = E + s \cdot RB$$

dove TR sono i ricavi totali dell'impresa, E sono i costi complessivi di varia natura, s è il tasso di rendimento "equo" contrattato ex-ante con il regolatore¹⁹ e RB il tasso base (*rate base*), cioè l'ammontare di capitale investito dall'impresa per garantire il servizio offerto al mercato.

Tale regolamentazione, però, può comportare un disallineamento tra interesse particolare dell'impresa e quello generale, in quanto il RoR crea un incentivo a sovrainvestire e a sostenere più costi di quanto necessario, trascurando l'efficienza delle risorse investite e remunerate dalla collettività²⁰.

- 2) *price cap*: il price cap consiste nella determinazione ex ante del prezzo massimo che l'impresa può applicare ai propri clienti. Tale regolamentazione, ideata dall'economista britannico S. Littlechild²¹, rispetto al RoR, comporta un incentivo per l'impresa a minimizzare i propri costi per aumentare la propria redditività e, da un punto di vista del mercato, a produrre una quantità corrispondente alla curva di domanda tale che eguagli il prezzo massimo applicabile.

Con questo meccanismo, il regolatore definisce un prezzo iniziale P_0 . Tale prezzo, poi, è modificato di anno in anno tenendo in considerazione il tasso di inflazione atteso (come ad esempio, nel caso ipotizzato da Littlechild, l'indice dei prezzi al consumo, RPI), a cui va poi sottratto un fattore di cambiamento X che rappresenterebbe l'efficienza e la produttività target ipotizzata dal regolatore che dovrebbe passare ai consumatori.

In t_1 , il prezzo P_1 massimo applicabile dall'impresa monopolista sarà:

¹⁹ Generalmente $s = 10,5\%$ (Cretì, Fontini, 2019)

²⁰ Tale fenomeno è chiamato effetto Averch-Johnson

²¹ Littlechild (1983), Regulation of British Telecommunications' Profitability, Secretary of State for Industry

$$P_1 = P_0(1 + RPI - X)$$

La presenza del price cap costringerebbe l'impresa monopolista a trovare modi per ridurre i propri costi al fine di migliorare i margini di profitto. La regolamentazione sul prezzo significa che l'impresa deve concentrarsi sulla gestione delle sue operazioni al prezzo più basso possibile per ottenere il massimo profitto.

Se vi fosse, per ipotesi, una regolamentazione del profitto, qualsiasi vantaggio derivante dalla riduzione dei costi verrebbe trasferito immediatamente ai consumatori, compromettendo però gli incentivi per l'impresa gestoria a cercare modi per ridurre al minimo i costi, e quindi a operare in modo efficiente e ad impegnarsi nella produzione a costi minimi. In base alla regolamentazione del price cap, invece, qualsiasi riduzione dei costi ottenuta dall'azienda sarà mantenuta nell'azienda. Se gli amministratori della società sono in grado di ridurre i costi, l'intera riduzione si tradurrà in maggiori profitti²².

È evidente, dunque, che vi siano forti incentivi per l'impresa ad operare in modo efficiente e a cercare modalità produttive che riducano i costi con questa regolamentazione.

C'è da aggiungere, però, quando la qualità di un servizio è positivamente correlata ai costi sostenuti dall'impresa, un incentivo a ridurre questi ultimi può comportare una riduzione della qualità del servizio stesso. Inoltre, il price cap non tiene conto delle fluttuazioni dei costi e, nel caso X fosse posta troppo elevata, ciò potrebbe comportare il fallimento dell'impresa regolamentata.

²² King. (2002)

2. Rassegna della Letteratura

2.1 I modelli di liberalizzazione del settore elettrico

La regolamentazione dei monopoli naturali come il settore dell'energia elettrica, come visto nello scorso capitolo, è stata implementata per ragioni di benessere sociale della collettività ed evitare possibili fallimenti del mercato.

Tuttavia, tali fallimenti non sono esclusivi del mercato. A causa delle elevate competenze tecniche richieste, anche l'azione diretta dei governi e delle autorità di regolazione può condurre a dei fallimenti. In particolare, la stretta relazione tra regolatori di nomina governativa, governo e impresa regolamentata, può portare all'assunzione di decisioni sbilanciate a favore di quest'ultima e alla manifestazione di quel fenomeno noto come *porte girevoli*, dove si verifica un transito continuo di persone, al termine del proprio mandato, tra controllori e controllati²³. In alcuni casi è persino possibile che le regolamentazioni possono venire richieste dalle imprese soggette a vigilanza con l'intento di essere loro stesse tutelate dall'autorità, a discapito del consumatore²⁴.

Inoltre, nel caso di monopoli di proprietà diretta del governo, come ad esempio il monopolio dell'energia elettrica in Nuova Zelanda prima della privatizzazione, è possibile che il servizio sia prodotto sostenendo costi più elevati rispetto a quelli che sarebbero stati sostenuti in un mercato competitivo, in quanto i governi spesso non operano secondo un criterio di minimizzazione dei costi ma potrebbero perseguire politiche di assunzioni pubbliche. Ulteriori evidenze empiriche hanno evidenziato la significativa minore efficienza economica dei distributori di elettricità controllati da aziende municipalizzate rispetto a distributori privati per una moltitudine di motivi, tra cui, oltre i già citati conflitti d'interessi e assunzioni pubbliche, la protezione governativa sul debito municipale per ripianare i fallimenti e le decisioni errate dei distributori pubblici e la

²³ Dahl. (2015)

²⁴ Stigler. (1971)

conseguente mancanza di disciplina di bilancio dovuta alla assente pressione di azionisti e mercati finanziari²⁵.

Ma il mercato dell'energia elettrica non può essere analizzato come un'entità unica e indivisibile. La sua catena del valore è composta da diversi segmenti, tutti interconnessi tra loro, ognuno con le proprie curve di costo e con una differente evoluzione nel tempo. Tali segmenti sono: la *produzione*, la *trasmissione*, la *distribuzione* e la *commercializzazione* agli utenti finali.

Se vi sono pochi dubbi che la trasmissione di energia elettrica sia un monopolio naturale per via delle economie di scala, l'innovazione tecnologica ha messo in discussione la teoria economica che vedeva l'intero mercato dell'elettricità come un monopolio naturale, in particolar modo nel segmento della produzione di energia elettrica.

Questi cambiamenti e la presa di coscienza dei possibili fallimenti della regolamentazione governativa hanno permesso la trasformazione del settore dell'energia elettrica, riducendo le regole e aumentando la competizione.

La letteratura ha individuato, così, quattro distinti modelli per il settore elettrico in base al livello di apertura alla competizione, dal meno al più aperto, in ognuno dei segmenti della catena del valore: 1) l'*Industria Verticalmente Integrata*; 2) il *Modello Single Buyer*; 3) il *Modello del Mercato all'Ingrosso (Wholesale Market)*; 4) il *Modello Completamente Liberalizzato (Fully Liberalized Model)*.

1. L'*Industria Verticalmente Integrata*: questo primo modello è caratterizzato dall'assenza di competizione in ciascun segmento della catena del valore, di fatto stabilendo un monopolio sull'intera industria, dalla generazione alla vendita al dettaglio dell'energia elettrica.²⁶ Ciò, comunque, non significa che vi sia obbligatoriamente una singola impresa ad operare nel mercato, ma che tutte le imprese operanti lungo la catena del valore abbiano sottoscritto

²⁵ Kumbhakar, Hjalmarsson. (1998)

²⁶ Dahl. (2015)

Tale modello è solitamente adottato come passaggio intermedio per passare da una industria verticalmente integrata ad una progressiva liberalizzazione del mercato.²⁹ Quando viene adottato tale modello, viene creato un mercato per lo scambio di energia tra gli IPP e il Single Buyer. Quest'ultimo deve remunerare gli IPP per il loro impegno a generare elettricità ogniqualvolta che il *System Operator*³⁰ lo richiede (in questo modello, il Single Buyer stesso)³¹. Le disposizioni contrattuali stabilite tra le parti sono denominate Accordi per l'acquisto di energia (PPA).

Se, nel passaggio da industria verticalmente integrata a Single Buyer, l'impresa monopolista mantiene una capacità produttiva di energia elettrica, mentre altre centrali vengono cedute al mercato, verrà definita come l'*ex incumbent*.

La cessione di capacità produttiva al mercato può avvenire in diverse modalità. Le tre principali sono:

- i) *Unbundling della proprietà*, cioè alcuni impianti vengono venduti e ceduti ai nuovi competitor entranti nel mercato, tramite accordi di varia natura come contratti tra privati ma anche aste competitive. Particolarmente rilevante, in questa modalità, è che dopo la cessione queste centrali elettriche si troveranno a competere tra loro e con l'Incumbent/Single Buyer;
- ii) *Tolling Agreements* (accordi di pedaggio), cioè una tipologia di accordi di affitto dove il proprietario della centrale elettrica stipula un contratto con il proprietario di alcune fonti primarie di energia, chiamato *toller*, nel quale

²⁹ Creti, Fontini. (2019)

³⁰ L'energia elettrica non si può immagazzinare. È quindi necessario produrre, istante per istante, la quantità di energia richiesta dall'insieme dei consumatori (famiglie e aziende) e gestirne la trasmissione in modo che l'offerta e la domanda siano sempre in equilibrio, garantendo così la continuità e la sicurezza della fornitura del servizio. La gestione di questi flussi di energia sulla rete si chiama *dispacciamento* e viene svolta dal System Operator (Terna, <https://www.terna.it/it/chi-siamo/terna-breve>; <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/dispacciamento>)

³¹ Vi sono scambi monetari che vanno nella direzione opposta rispetto al flusso dell'energia: l'energia va dai produttori al carico; il carico paga una tariffa al Single Buyer che remunera tutte le sue attività, cioè gli IPP e la sua trasmissione / distribuzione. Con carico (load) si intende quella parte di un circuito che consuma energia elettrica, cioè le utenze finali come famiglie e imprese.

viene stabilito che il primo accetta di trasformare il combustibile in elettricità ad un canone predeterminato contrattualmente. Questi accordi risultano essere vantaggiosi nel momento in cui il *toller* riesce ad acquisire la fonte primaria di energia ad un prezzo migliore rispetto al proprietario dell'impianto, ma non ha la possibilità o la volontà di convertirla in elettricità;

iii) *Centrali elettriche virtuali (VPP)*, cioè dei contratti in cui il proprietario della centrale elettrica mantiene la sua proprietà, ma vende all'acquirente l'usufrutto per produrre energia elettrica. I contratti VPP devono specificare due componenti principali: il prezzo di vendita dell'usufrutto, chiamato premio VPP, e il prezzo al quale verrà pagata l'energia prodotta dall'impianto. I contratti VPP, inoltre, poiché la gestione e il funzionamento degli impianti rimangono responsabilità in capo al proprietario, devono specificare gli obblighi delle parti contraenti e le sanzioni applicabili in caso di mancato pagamento dell'energia o di indisponibilità dell'impianto.³²

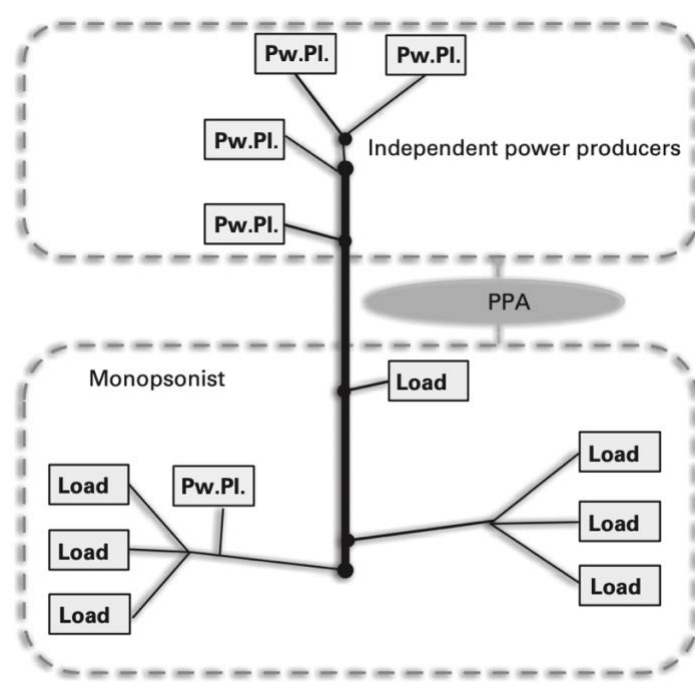


Fig. 2.2 Il Modello Single Buyer

³² Creti, Fontini. (2019)

3. Il *Modello del Mercato all'Ingrosso (Wholesale Market)*: tale modello, oltre alla competizione a livello di produzione, prevede la costituzione di un mercato comune nel quale effettuare operazioni di compravendita dell'energia elettrica all'ingrosso. Per rendere possibile ciò, si procederà ad una operazione di unbundling del Single Buyer, cioè l'ex incumbent, che oltre alla cessione della capacità produttiva prevista nel precedente modello, dovrà procedere ad una separazione funzionale dei restanti segmenti della catena ancora presieduti. Questo comporterà una separazione aziendale e la creazione di entità distinte, tra cui il TSO (Transmission System Operator), un'impresa che dovrà gestire la rete elettrica e le attività di dispacciamento e di trasmissione di elettricità ad alto voltaggio, e i DSO (Distribution System Operator), imprese ripartite nel territorio nazionale con il compito di svolgere le attività di distribuzione, monitoraggio e vendita al dettaglio dell'elettricità.

La vendita, all'interno del mercato all'ingrosso, può essere organizzata seguendo vari modelli, i due principali sono il *pool* e il *power exchange*.

Il *pool* è un mercato dell'energia all'ingrosso in cui tutti coloro che vendono energia sono invitati a partecipare. Pertanto, il pool prevede la partecipazione obbligatoria degli IPP.

Il *power exchange* è definito come un mercato dell'energia all'ingrosso in cui gli impianti possono scambiare energia prima della sua effettiva consegna. Pertanto, il commercio di energia è di natura volontaria.

Sia i pool che i power exchange sono mercati centralizzati, in quanto esiste un organismo che organizza, stabilisce le regole degli scambi di energia elettrica, le caratteristiche che gli agenti devono rispettare per poter partecipare e come vengono stipulati gli accordi tra le parti. Tale organismo è chiamato *Energy Market Operator (EMO)*. Il ruolo dell'EMO può anche essere svolto dal TSO, ma solitamente è un operatore distinto.

È da notare che i DSO partecipano al mercato all'ingrosso. Questa è una caratteristica distinta del modello: nessun consumatore può partecipare direttamente al mercato dell'energia ma soltanto le società di distribuzione possono acquistare elettricità per conto dei propri clienti (e distribuire loro l'energia). Tuttavia, tale restrizione nella realtà non è così stringente e può accadere che qualche consumatore, come ad esempio un'impresa o un distretto industriale, sia autorizzato ad acquistare energia senza dover fare affidamento sul proprio DSO.

Il mercato non è tuttavia l'unica modalità di effettuare compravendite di energia. Gli IPP e gli acquirenti possono effettuare transazioni dirette tra le parti over-the-counter (OTC). In tal caso, vengono chiamati contratti bilaterali e le parti scelgono autonomamente le condizioni commerciali da applicare al contratto. Tali contratti, però, dovranno essere comunicati al DSO.

In ogni caso, comunque, poiché il flusso di energia elettrica raggiunge una velocità prossima a quella della luce, non sarebbe possibile effettuare una compravendita simultanea tra accordi economici e scambi di energia. Per questo motivo, gli scambi economici dovranno avvenire prima della consegna in tempo reale. Per lo stesso motivo, si dovranno regolare ruoli e le responsabilità delle parti coinvolte tutte le volte che l'accordo economico previsto non potrà essere rispettato dal flusso fisico dell'energia elettrica. Questi bilanciamenti avverranno ex post nella fase di aggiustamento³³.

³³ Creti, Fontini. (2019)

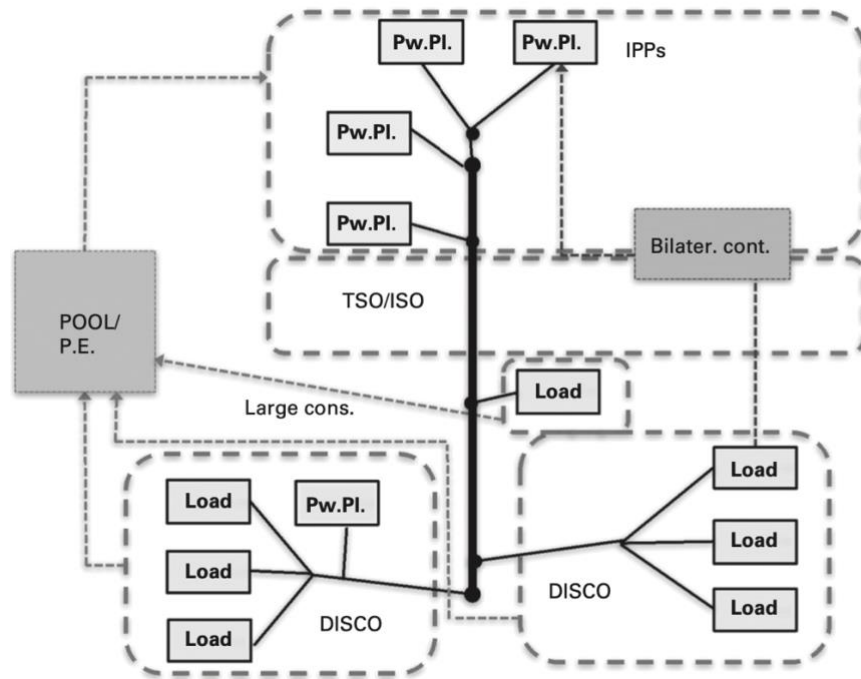


Fig. 2.3 Il Modello del Mercato all'Ingresso

4. Il *Modello Completamente Liberalizzato (Fully Liberalized Model)*: Una caratteristica distintiva di questo modello è la separazione funzionale (*unbundling*) per ogni segmento della catena del valore e per ogni agente che opera nel mercato. Vi sono agenti distinti, non solo per la generazione e la trasmissione, ma anche per la distribuzione e il commercio di energia elettrica. Pertanto, i DSO si occuperanno esclusivamente della distribuzione dell'elettricità, e uno o più fornitori in concorrenza tra loro si occuperanno della vendita dell'energia al dettaglio per i clienti finali.

Oltre agli accordi e al mercato all'ingrosso visti nel precedente modello, sono possibili diversi accordi di mercato che possono verificarsi a livello di distribuzione. I fornitori possono acquisire energia in tutti i modi consentiti dal mercato per servire i propri clienti (anche acquistandola loro stessi per poi rivenderla). I consumatori, a loro volta, indipendentemente dal voltaggio massimo consentito dalla propria linea o dal livello di consumo, possono acquisire direttamente l'energia, sia nel mercato all'ingrosso che in quello al dettaglio. Nel mercato all'ingrosso, i consumatori potranno

operare sia in modo diretto sia avvalendosi di intermediari. Questi ultimi, denominati *retailers*, ricoprono il ruolo di grossisti dell'energia elettrica per poi rivenderla al dettaglio. Tra le imprese retailer vi sono le *Energy Saving Companies* (ESCO) che, vendendo servizi di risparmio energetico ai propri clienti, condividono con loro i benefici dell'energia risparmiata attraverso accordi contrattuali³⁴.

Questo modello è considerato il più economicamente efficiente se sussistono le seguenti condizioni³⁵: *a)* un ben consolidato sistema di vendita al dettaglio dell'elettricità; *b)* istituzioni di mercato mature; *c)* una costante vigilanza contro il potere di mercato; *d)* adeguati metodi di dispacciamento. Inoltre, il modello liberalizzato è l'obiettivo ultimo individuato dall'Unione Europea nella Direttiva 96/92/CE del 1996 che ha portato alla progressiva integrazione e liberalizzazione dei mercati energetici degli Stati Membri.

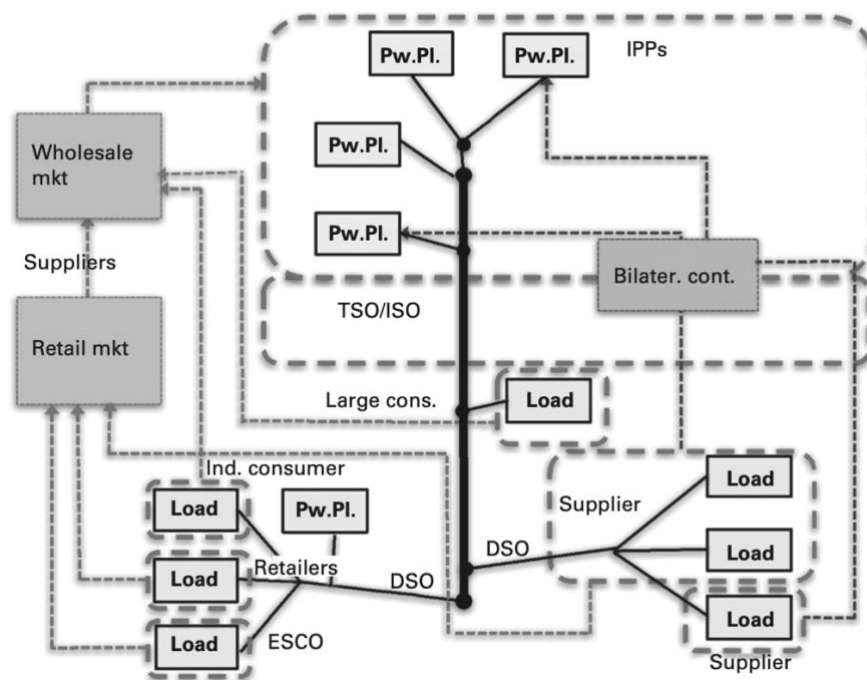


Fig. 2.4 Il Modello Completamente Liberalizzato

³⁴ Cretì, Fontini. (2019)

³⁵ Hunt, Shuttleworth. (1996)

2.2 L'innovazione: i pattern schumpeteriani e i regimi tecnologici

Il progresso tecnologico, come affermato nel precedente paragrafo, ha permesso lo sviluppo di differenti modelli per il mercato del settore elettrico. Tale progresso, già a partire dall'inizio dello scorso secolo, ha ricevuto l'interessamento del mondo accademico, il quale dedicò ai sottostanti teorici dell'innovazione numerosi studi, per analizzarne e comprenderne i meccanismi e per identificarne le caratteristiche principali.

È stato osservato che l'organizzazione dell'attività innovativa può avvenire secondo distinte modalità. È possibile che, entro un perimetro industriale e/o tecnologico, le attività innovative siano concentrate tra le più grandi e importanti imprese del settore, oppure che siano distribuite tra un numero più ampio di imprese concorrenti, dove anche le più piccole sono molto attive.

Queste ed altre differenze all'interno della struttura delle attività innovative, partendo dagli studi condotti da J. Schumpeter, sono state osservate empiricamente per giungere a due diversi strutture industriali ideali attraverso cui spiegare l'evoluzione e l'organizzazione dei vari settori.³⁶ Schumpeter, nei suoi lavori, identificò due principali pattern per le attività innovative, che successivamente furono chiamate³⁷ *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*.

- 1) *Mark I*: proposto per la prima volta in *The Theory of Economic Development* (1912), questa struttura ideale è caratterizzata per la *distruzione creatrice*, dove la facilità di ingresso di nuove imprese innovatrici comporta una sfida per le imprese incumbent, interferendo con gli equilibri settoriali, sul piano produttivo, organizzativo e distributivo, andando così ad annullare le rendite di posizione degli attori già presenti nel mercato³⁸.

Il modello Schumpeter Mark I può venire anche denominato *widening*, cioè allargamento, in quanto le attività innovative sono correlate con la crescita

³⁶ Nelson, Winter (1982)

³⁷ Nelson, Winter (1982) e Kamien, Schwartz (1982)

³⁸ Malerba, Orsenigo (1997)

della base innovativa data dal continuo ingresso di nuove imprese che portano con loro nuove idee con la conseguente erosione del vantaggio tecnologico delle imprese già presenti stabilmente nel mercato³⁹.

2) *Mark II*: proposto in *Capitalism, Socialism and Democracy* (1942), Schumpeter in questo trattato evidenziò l'importanza dell'innovazione tecnologica proveniente dai laboratori di ricerca e sviluppo delle grandi imprese. In *Mark II*, la struttura ideale è caratterizzata da una *accumulazione creativa*, con settori contraddistinti dalla presenza di grandi imprese e di barriere di ingresso per nuove imprese innovatrici. Gli incumbent, grazie alla conoscenza pregressa accumulata nel tempo in specifiche aree tecnologiche e alle competenze maturate nel campo della ricerca, produzione e distribuzione, possono alzare importanti barriere di entrata per le nuove e piccole imprese che si affacciano sul mercato⁴⁰.

Il modello Schumpeter Mark II, invece, può anche essere chiamato *deepening*, cioè approfondimento, poiché le attività innovative sono correlate alla presenza di poche imprese che dominano il mercato, le quali, grazie all'accumulazione del *know-how* nel corso del tempo, riescono ad innovare in modo continuativo.⁴¹

I due schemi, tuttavia, non escludono mutamenti nella struttura competitiva e innovativa delle industrie. Studi empirici hanno dimostrato che durante l'evoluzione dei settori, si potrebbero verificare cambiamenti nei pattern schumpeteriani dell'innovazione⁴². È possibile, infatti, che modelli Mark I possano diventare Mark II nell'approdo alla fase di maturità durante il ciclo di vita del settore, con l'identificazione di traiettorie tecnologiche ben definite, economie di scala, curve di apprendimento e l'emergere di barriere di entrata e di grandi imprese, anche monopolistiche, che andrebbero a modificare inevitabilmente la struttura competitiva del settore. È possibile però anche il contrario, con un

³⁹ Malerba, Orsenigo (1995)

⁴⁰ Malerba, Orsenigo (1997)

⁴¹ Malerba, Orsenigo (1995)

⁴² Klepper (1997)

passaggio dal pattern Mark II a Mark I. Tale scenario è caratterizzato dalla presenza di importanti discontinuità tecnologiche e di mercato, generando turbolenze tali da sostituire le posizioni dominanti degli incumbent grazie alle tecnologie innovative delle nuove imprese, le quali andrebbero a soddisfare una nuova domanda⁴³.

Evidenze empiriche hanno rilevato che i pattern dell'innovazione presentano differenze tra i vari settori analizzati e similarità tra i vari paesi negli schemi innovativi per una data tecnologia. È emerso come il pattern Schumpeter Mark I sia caratterizzato da una bassa concentrazione e una bassa asimmetria nelle attività innovative, da una scarsa stabilità nel ranking degli innovatori e da un alto tasso di entrata e da piccole dimensioni dei nuovi innovatori⁴⁴. Contrariamente invece, il modello Schumpeter Mark II è risultato essere descritto per una elevata concentrazione e un'alta asimmetria delle attività innovative, una elevata stabilità nel ranking degli innovatori, da un basso ingresso di nuove imprese sul mercato e infine per le grandi dimensioni aziendali dei nuovi innovatori⁴⁵. Dai risultati, si è riscontrato come lo Schumpeter Mark I sia il modello tecnologico soprattutto dei settori più "tradizionali" come l'industria meccanica e la produzione di elettrodomestici, mentre lo Schumpeter Mark II è stato rilevato nei settori che impiegano tecnologie chimiche ed elettroniche⁴⁶. Questi risultati, condotti in più paesi, hanno riportato alcune similarità, evidenziando come alcuni aspetti degli ambienti tecnologici sono comuni agli stessi settori industriali e che tali aspetti sono in una certa misura delle invarianti rispetto all'ambiente istituzionale⁴⁷.

⁴³ Henderson, Clark (1990) e Christensen, Rosenbloom (1995)

⁴⁴ Malerba, Orsenigo (1997)

⁴⁵ Malerba, Orsenigo (1997)

⁴⁶ Nella lista delle classi tecnologiche non risulta essere presente esplicitamente la produzione e la trasmissione di energia elettrica, la quale richiede una moltitudine di tecnologie differenti per portare l'elettricità dove richiesto. Le classi "Chemicals, Machine tools, Industrial automation, Mechanical engineering, Mechanical and electric technologies, Lighting systems" sono state categorizzate come Schumpeter Mark I, mentre le classi "Gas and hydrocarbon, Organic chemicals, Engines, turbines and pumps, Electronic components, Nuclear technology" sono state catalogate come Schumpeter Mark II. Malerba, Orsenigo (1997)

⁴⁷ Malerba, Orsenigo (1997)

I pattern schumpeteriani sono stati poi messi in relazione con i regimi tecnologici⁴⁸. Questi ultimi forniscono una descrizione dell'ambiente tecnologico in cui operano le imprese⁴⁹, ed è stato dimostrato di avere un impatto molto importante sul modo in cui le attività innovative sono strutturate nei diversi settori⁵⁰. In tale analisi, il regime tecnologico risulta essere dato da una specifica combinazione di alcune proprietà fondamentali delle tecnologie⁵¹: 1) *condizioni di opportunità*; 2) *condizioni di appropriabilità*; 3) *condizioni di cumulatività*; 4) *base della conoscenza*.

- 1) *Condizioni di opportunità*: riflettono la facilità di innovare per una data quantità di risorse investite nella ricerca. Si possono identificare quattro dimensioni fondamentali dell'opportunità: il *livello*, la *pervasività*, le *fonti* e la *varietà*.

Livello: Un alto livello di opportunità fornisce grandi incentivi nello svolgimento di attività innovative, in quanto determina un'alta probabilità di innovare per una data quantità di risorse investite nella ricerca.

Varietà: In alcuni casi, ad elevati livelli di opportunità sono associati una varietà potenzialmente ricca di soluzioni, approcci e attività tecnologiche. Ciò è particolarmente vero prima dell'affermarsi di un disegno dominante nell'industria, in genere durante le fasi iniziali del ciclo di vita del settore. In questa fase, le aziende possono cercare in varie direzioni e trovare diverse soluzioni tecnologiche. Successivamente, quando è emerso un *dominant design*, il cambiamento tecnico può procedere lungo traiettorie specifiche in modo da ridurre la varietà di soluzioni tecnologiche radicalmente diverse⁵².

Pervasività: definisce come la nuova conoscenza può essere applicata a diversi prodotti e mercati. In caso di alta pervasività, la conoscenza si potrà

⁴⁸ Malerba, Orsenigo (1997)

⁴⁹ Nelson, Winter (1982)

⁵⁰ Malerba, Orsenigo (1997)

⁵¹ Malerba, Orsenigo (1990, 1993)

⁵² Utterback, Abernathy (1975); Dosi (1982) e Abernathy, Clark (1985)

applicare ad una moltitudine di prodotti e mercati, mentre in caso di bassa pervasività solamente a pochi (eventualmente uno) prodotti e mercati.

Fonte: Le fonti delle opportunità tecnologiche differiscono considerevolmente tra le tecnologie e i settori. In alcuni, le condizioni di opportunità sono legate a importanti scoperte scientifiche nelle università. In altri settori, invece, le condizioni di opportunità per innovare possono derivare dai progressi nella ricerca e sviluppo, nelle attrezzature o nella strumentazione all'interno delle imprese. In altri settori ancora, le fonti esterne di conoscenza come ad esempio fornitori o clienti possono svolgere un ruolo cruciale per l'innovazione⁵³.

- 2) *Condizioni di appropriabilità:* riassumono le possibilità di proteggere le innovazioni dall'imitazione e di trarre profitto dalle attività innovative. Si identificano due dimensioni fondamentali: il *livello* e le *modalità di appropriabilità*.

Livello: I settori industriali possono essere classificati in base a condizioni di alta o bassa appropriabilità⁵⁴. Un'alta appropriabilità rappresenta l'esistenza di modi per proteggere con successo l'innovazione dall'imitazione. Condizioni di bassa appropriabilità denotano invece un ambiente economico caratterizzato da una debole protezione dell'innovazione, che come esternalità può comportare la diffusione della conoscenza prodotta (*spillover*).

Mezzi di appropriabilità: Le aziende hanno a disposizione una varietà di mezzi per proteggere le proprie innovazioni, come i brevetti, la segretezza, le innovazioni continue e il controllo dei beni complementari⁵⁵. L'efficacia di questi mezzi differisce ampiamente da settore a settore, influenzando così il livello e la natura delle esternalità della conoscenza.

⁵³ Freeman (1982), Rosenberg (1982) e Nelson (1986)

⁵⁴ Levin et al. (1987)

⁵⁵ Teece (1986) e Levin et al. (1987)

3) *Condizioni di cumulatività*: identificano le proprietà che le innovazioni attuali e le attività innovative devono avere per costituire il punto di partenza per le innovazioni di domani. Tale condizione permette di stabilire se le aziende innovative di oggi hanno maggiori probabilità di innovare in futuro e rispetto alle aziende non innovative.

Da queste definizioni, si possono identificare tre diverse fonti: *processi di apprendimento; fonti organizzative; il successo genera successo*.

La prima fonte trova fondamento nel fatto che generazione di nuova conoscenza tecnologica si basa su ciò che è stato fatto in precedenza. I processi di apprendimento passati possono limitare la ricerca attuale, ma anche generare nuove domande e nuove conoscenze. Per la seconda fonte, invece, la cumulatività potrebbe essere generata da capacità tecnologiche e organizzative specifiche dell'azienda, come ad esempio una struttura dedicata alla ricerca e sviluppo, che possono essere migliorate solo gradualmente nel tempo definendo quindi ciò che un'azienda può fare ora e ciò che può sperare di ottenere in futuro. Per la terza fonte, infine, la cumulatività può essere messa in relazione con l'idea schumpeteriana che i feedback critici del mercato sono collegati a loro volta agli investimenti in R&S, alle performance tecnologiche e alla redditività⁵⁶. Ad esempio, la persistenza del successo innovativo di un'impresa può essere spiegata come il profitto reinvestito in R&S, aumentando così la probabilità di innovare di nuovo⁵⁷.

La cumulatività, comunque, può essere osservata sia ad un livello tecnologico che ad un livello aziendale. Un'elevata cumulatività a livello di impresa implica un implicito meccanismo di appropriabilità delle innovazioni⁵⁸.

⁵⁶ Schumpeter (1942)

⁵⁷ Nelson e Winter (1982)

⁵⁸ Malerba, Orsenigo (1997)

Tuttavia, in caso di condizioni di bassa appropriabilità e *spillover*, è anche possibile osservare la cumulatività a un livello più aggregato, come ad esempio a livello locale e a livello settoriale. In quest'ultimo caso, la base di conoscenza pertinente per l'innovazione è ampiamente diffusa tra le aziende di un settore.

- 4) *Base della conoscenza*: si riferisce alle proprietà della conoscenza su cui si basano le attività innovative delle imprese. Si possono identificare due caratteristiche principali: la *natura della conoscenza* e i *mezzi di trasmissione* della conoscenza.

Natura della conoscenza: La conoscenza tecnologica implica vari gradi di specificità, implicitezza, complessità e indipendenza⁵⁹. In un settore la base di conoscenza potrà essere di natura generica o specifica per domini applicativi ben definiti (*Generico vs specifico*); la base delle attività innovative, poi, potrà essere formalizzata in maniera più o meno esplicita (*Tacito vs codificato*); analogamente, la base di conoscenza pertinente può mostrare gradi di complessità alti o bassi in termini di integrazione tra le diverse discipline tecnico-scientifiche necessarie per lo svolgimento delle attività innovative (*Complesso vs semplice*); infine, la conoscenza necessaria per le attività innovative può essere facilmente identificabile e circoscrivibile oppure può essere incorporata all'interno di un sistema più ampio, e quindi più difficile da isolare (*Indipendente vs sistemico*).

Alcune di queste caratteristiche della conoscenza possono cambiare durante l'evoluzione di uno specifico settore o tecnologia.

Mezzi di trasmissione della conoscenza: La natura della conoscenza influisce fortemente sui modi in cui le aziende possono effettivamente accedervi. Si può sostenere che più la conoscenza è dinamica e complessa, più rilevanti sono i mezzi informali di trasmissione della stessa. Inoltre, va anche sottolineato che tali mezzi sono estremamente sensibili alla distanza

⁵⁹ Winter (1984)

tra gli agenti. Di contro, più la conoscenza è standardizzata, codificata e semplice, più rilevanti sono i mezzi formali di comunicazione, come pubblicazioni, licenze, brevetti e così via. In tali circostanze, la vicinanza geografica non è fattore critico nella trasmissione della conoscenza tra gli agenti. Dunque, un'implicazione fondamentale che ne segue è che la natura della conoscenza influenza fortemente il modo in cui le opportunità tecnologiche e le informazioni circolano tra imprese lontane⁶⁰.

Dalle analisi empiriche⁶¹, si osserva che le caratteristiche del regime tecnologico quali la bassa appropriabilità, la bassa cumulatività e le scienze applicate sono positivamente correlate con il pattern Schumpeter Mark I, mentre una appropriabilità elevata, un'alta cumulatività e le scienze di base sono positivamente correlate con il pattern Schumpeter Mark II. Alte opportunità, invece, possono essere correlate a entrambe le caratteristiche della dinamica industriale, poiché potrebbero incentivare sia l'entrata continua nel mercato di nuovi innovatori, generando poi turbolenze e una instabilità nel ranking degli innovatori. Tuttavia, le imprese di successo possono consolidare la propria posizione grazie alla loro competitività relativa, riuscendo a spingere fuori dal mercato le imprese meno innovative. In caso di scarse opportunità viene meno quell'incentivo ad entrare nel mercato, limitando così la competizione e la presenza di innovatori, andando a vantaggio degli incumbent.

2.3 L'innovazione: le peculiarità del settore energetico

Compresi i meccanismi teorici dell'innovazione e il loro legame con i regimi tecnologici, in questo paragrafo si evidenzia come tali concetti generali di innovazione sono stati applicati al caso particolare dell'energia.

Nel settore della produzione di energia elettrica, esistono relativamente poche tecnologie, e ciascuna di esse utilizza processi fisici molto specifici (ad esempio fotovoltaico, turbine eoliche), ognuno dei quali sta subendo una graduale

⁶⁰ Breschi, Malerba (1996)

⁶¹ Malerba, Orsenigo (1997)

innovazione incrementale che ne ha incrementato l'efficienza e ha permesso, anche alle fonti di energia rinnovabile, di essere sempre più competitive sui mercati della generazione di energia. Inoltre, considerando un orizzonte di breve-medio termine, si ritiene che poche innovazioni radicali possano trovare spazio nel mercato attuale dell'offerta (ad esempio la fusione)⁶².

Con la riduzione dei costi di produzione e la commercializzazione di nuovi prodotti, l'innovazione consente alle aziende di ottenere vantaggi competitivi (monopolistici temporanei) e aumentare i loro profitti, un motore potenzialmente potente per l'innovazione, che però viene sfruttato poco. Infatti, alcune ricerche hanno evidenziato che le imprese nel settore energetico investono poco in innovazione⁶³, nonostante l'energia sia l'emblema delle industrie con ricadute e impatti su altri settori e sulla società tutta. Per via di tali ricadute, il progresso tecnologico del settore ha sempre ricevuto l'attenzione e l'interesse dei decisori pubblici.

Le politiche per supportare l'innovazione di successo sono state classificate in due tipi:

- *Technology push (Spinta tecnologica)*: politiche pubbliche a sostegno dello sviluppo di idee in prodotti;
- *Market pull (Spinta di mercato)*: politiche pubbliche con il fine di introdurre sul mercato e far crescere le nuove tecnologie.

Affinché l'innovazione abbia successo, però, la *spinta tecnologica* deve incontrare la *spinta del mercato*. Nella produzione di energia, ciò si rivela difficile a causa delle molte barriere presenti nel settore, le quali lasciano un considerevole divario tra idee promettenti e successo economico, cosicché molte potenziali innovazioni non raggiungono mai il mercato⁶⁴.

Lungo quel percorso difficile e rischioso che prende il nome di catena dell'innovazione, viene a costituirsi un sentiero non lineare dove le singole fasi

⁶² Mercure et al. (2016)

⁶³ Grubb. 2014

⁶⁴ Mercure et al. (2016)

sono distinte ma interconnesse e correlate tra di loro⁶⁵. Può dunque verificarsi che vi sia una riduzione nella *domanda di mercato*, comportando così l'innalzamento di una barriera per la diffusione della tecnologia target, riducendo direttamente l'incentivo per le imprese ad investire nello sviluppo del nuovo prodotto, compromettendo ogni fase della catena fino alla commercializzazione. Ma può verificarsi anche il caso in cui venga meno la *spinta tecnologica*, decretando così il mancato sviluppo di una tecnologia, nonostante vi sia un gradimento da parte del mercato⁶⁶.

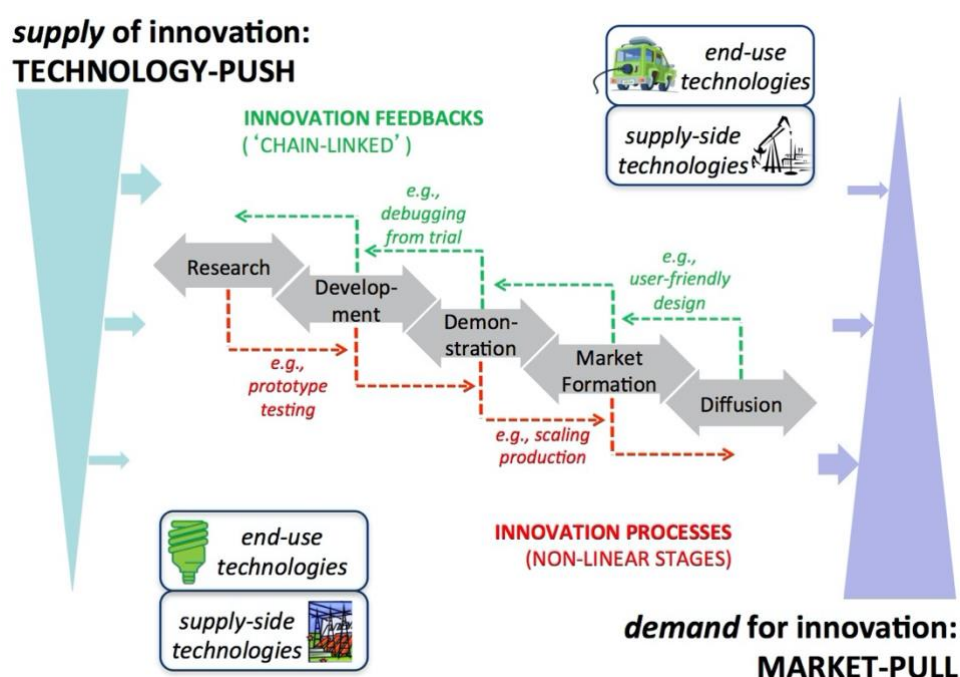


Fig. 2.5 La catena dell'innovazione⁶⁷

Drivers e barriere in questi processi possono verificarsi in tutte le fasi dell'innovazione ma differiscono in modo significativo tra loro. Schumpeter già nel 1939 stabilì per primo una differenziazione tra le fasi di *invenzione*, *innovazione* e *diffusione* di nuove tecnologie.

Verranno qui ora considerate le fasi di 1) R&S; 2) Innovazione e 3) Diffusione.

⁶⁵ Grubb. (2014)

⁶⁶ Popp et al. (2010); Grübler, Wilson. (2014)

⁶⁷ The Energy Technology Innovation System (ETIS, Grübler; Wilson 2014)

1. *R&S nel settore energetico*: Gli investimenti delle imprese private in R&S sono motivati da tre driver ritenuti determinanti per la fase dell'invenzione⁶⁸:
 - a) il *grado di appropriabilità* dei benefici della R&S⁶⁹;
 - b) l'*estensione del mercato*⁷⁰;
 - c) l'esistenza di *opportunità di innovazione*⁷¹.

Tali driver, dunque, comporteranno degli investimenti nella ricerca di base e potranno risultare in un brevetto⁷².

Pertanto, in presenza di vincoli e opportunità tecnologiche (*opportunità di innovazione*), gli incentivi delle imprese per gli investimenti in R&S aumenteranno con i benefici attesi (*estensione del mercato*), limitati però da potenziali spillover di tali benefici sui concorrenti e sulla società nel suo complesso (*grado di appropriabilità*). Nel contesto della tecnologia energetica, gli investimenti in R&S hanno come conseguenza una duplice esternalità, della conoscenza e ambientale⁷³. Con *esternalità della conoscenza* ci si riferisce al carattere di bene pubblico della conoscenza. Questo comporta che, una volta che una nuova scoperta è di dominio pubblico, le imprese rivali ne potranno potenzialmente usufruire con pochi costi aggiuntivi, estendendo così i vantaggi della R&S a terzi, sia imprese concorrenti dirette sia imprese operanti in settori completamente diversi dell'economia. Ciò implica che le imprese innovative godranno di un basso livello di appropriabilità della propria ricerca. I profitti delle attività di ricerca e sviluppo, dunque, saranno inferiori ai benefici sociali nel loro complesso. Questo carattere di bene pubblico costituisce sia un'importante motivazione per il coinvolgimento attivo del governo nel finanziamento della ricerca sia un limite per le imprese private nel decidere quanto investire del proprio budget in R&S⁷⁴.

⁶⁸ Dasgupta. (1987)

⁶⁹ Arrow. (1962)

⁷⁰ Schmookler. (1966)

⁷¹ Rosenberg. (1976)

⁷² Mercure et al. (2016)

⁷³ Per l'analisi neoclassica della R&S, le esternalità della conoscenza e ambientale sono descritti come "fallimenti del mercato" (Jaffe et al. 2005)

⁷⁴ Arrow. (1962)

Le *esternalità ambientali*, invece, si riferiscono all'impatto ambientale causato dalle tecnologie energetiche, come l'inquinamento derivante dall'utilizzo di combustibili fossili. Tali esternalità negative dovrebbero essere considerate nella determinazione del prezzo dell'energia, in quanto costituiscono un fallimento del mercato. Di conseguenza, il mancato computo del costo sociale dell'inquinamento nel prezzo finale costituirebbe uno svantaggio per le imprese che investono, ad esempio, nella R&S per ridurre le emissioni di gas serra, compromettendo così il vantaggio competitivo di tali tecnologie, determinando così una perdita di benessere per la collettività⁷⁵.

2. *Innovazione*: La strada per l'innovazione richiede tempo e denaro⁷⁶. Data la sua difficoltà, essa potrebbe risultare più costosa e rischiosa dell'invenzione stessa. Affinché l'innovazione abbia successo, tutte le fasi della catena devono essere connesse⁷⁷. I ritorni attesi dovranno essere sufficienti a collegare la *spinta tecnologica* con la *spinta di mercato*. Poiché, però, il settore energetico è caratterizzato da bassi profitti attesi, la catena può presentare anelli mancanti, decretando il mancato arrivo sul mercato di tecnologie potenzialmente promettenti. Ciò comporta la presenza di molti prodotti omogenei sul mercato con pochi margini di guadagno⁷⁸.

Nelle tecnologie per la produzione di energia elettrica, le costanti mancanze di investimenti finanziari lungo tutte le fasi della catena dell'innovazione hanno generato un gap profondo tra i finanziamenti pubblici in R&S delle fasi iniziali, prevalentemente svolte da laboratori pubblici o università, e i finanziamenti privati delle fasi successive, attratti dai ritorni provenienti da una futura commercializzazione. Tale divario, che prende il nome di *valle della morte tecnologica*⁷⁹, è anche dovuto al fatto che gli investimenti in energia pulita ancora

⁷⁵ Jaffe et al. (2005)

⁷⁶ Grubb. (2014)

⁷⁷ Mercure et al. (2016)

⁷⁸ Grubb. (2014)

⁷⁹ Murphy e Edwards. (2003)

sono percepiti ad alto rischio e ad alta intensità di capitale, nonostante possano essere molto redditizi⁸⁰.

Le barriere al finanziamento dell'innovazione, che hanno decretato l'insuccesso per molte tecnologie⁸¹, possono provenire sia dal lato della *spinta tecnologica* che della *spinta di mercato*. Per quanto riguarda la tecnologia, tra esse vi sono⁸²:

- *Incertezze e mancanza di consenso generale circa i rischi e i benefici.* Potenziali investitori potrebbero preferire aspettare e vedere quale tecnologia emerge a causa dell'incertezza.
- *Transizione dalle competenze tecniche a quelle gestionali e commerciali.* Gli investitori potrebbero non credere nel successo del team di ricerca a causa delle loro limitate competenze aziendali, preferendo ad essi aziende con tecnologie inferiori ma con un business plan più convincente.
- *Elevato costo del capitale e tempi lunghi.* Investimenti in fasi iniziali comportano lunghi tempi di attesa prima di poter osservare un ritorno economico, generando forti incertezze (anche per i governi) e aumentando il rischio, che potrebbero scoraggiare gli investitori.

Per quanto concerne invece il mercato, le barriere sono:

- *Economie di scala e di esperienza.* Le dimensioni del mercato attualmente sono troppo contenute per dare risultati significativi alle economie di apprendimento. Aumentare le dimensioni del mercato, nonostante i benefici delle economie di scala, amplificherebbe troppo il rischio corso dagli investitori.
- *Disallineamento tra gli obiettivi privati e pubblici.* Gli investitori possono considerare più rischiose le tecnologie sostenute dai governi in quanto motivati da ragioni non allineate con gli interessi commerciali.

⁸⁰ Murphy e Edwards. (2003)

⁸¹ Tra le varie tecnologie energetiche avanzate che sono state intrappolate nella *valle della morte* vi sono: impianti di cattura e sequestro del carbonio, piccoli reattori nucleari modulari, impianti di produzione solare avanzati, geotermia ingegnerizzata/potenziata, accumulatori vari di energia su scala industriale, impianti di produzione di biocarburanti avanzati e nuova produzione per batterie avanzate. Jenkins, Mansur. (2011)

⁸² Grubb. (2014)

- *Politiche pubbliche incompatibili e incomprensione dell'intera catena dell'innovazione.* La costituzione e il finanziamento di nuove industrie richiede il coordinamento di molti elementi, comprese le relative infrastrutture e i quadri normativi.

3. *Diffusione:* In questa fase, l'innovazione tecnologica cercherà di diffondersi il più possibile in tutto il mercato dei potenziali consumatori. Nonostante il fatto che le innovazioni nel campo della produzione di energia elettrica, oltre che essere redditizie, possono considerevolmente mitigare gli effetti del cambiamento climatico riducendo le emissioni di CO₂⁸³, non sempre vengono adottate dagli utenti, benché ciò sia nel loro interesse. Infatti, studi empirici rilevano come famiglie e imprese spesso non adottino tecnologie oggettivamente vantaggiose per loro, svelando come il processo decisionale del consumatore non sia perfettamente razionale⁸⁴. Le assunzioni standard dell'economia neoclassica non vengono osservate nel comportamento del consumatore⁸⁵. Precisamente, vi è una differenza tra l'utilità decisionale (*decision utility*), che è l'utilità massimizzata dai consumatori al momento della scelta, e l'utilità sperimentata (*experienced utility*), che è l'utilità che i consumatori sperimentano successivamente a causa della decisione precedente, mostrando così una incoerenza temporale tra le preferenze. È emerso come i consumatori in molti casi mostrino un'avversione alle perdite⁸⁶, e quindi, ad esempio, nel momento di assumere la decisione di acquistare o meno un veicolo più efficiente dal punto di vista energetico, è probabile che essi siano incerti sui prezzi futuri del carburante, sull'effettivo miglioramento dell'efficienza energetica e su quanto sarà guidato il veicolo. Data l'avversione

⁸³ McKinsey and Company (2009)

⁸⁴ Gillingham, Palmer. (2014)

⁸⁵ Per l'economia neoclassica, i consumatori si comportano come se massimizassero una funzione di utilità egoistica costante nel tempo, sono pienamente informati, usano tutte le informazioni a loro disposizione per elaborarle e processarle in modo appropriato.

⁸⁶ Ciò significa che la riduzione dell'utilità per via di una perdita relativa è molto maggiore dell'aumento dell'utilità dovuta ad un guadagno relativo equivalente.

dei consumatori alla perdita, essi soppeseranno i potenziali guadagni negativi in modo così pesante che potrebbero non acquistare il veicolo più costoso a efficienza energetica anche se molto probabilmente avrebbe benefici netti positivi. Inoltre, è riportato come i consumatori abbiano un'attenzione limitata, che li porta a sottovalutare sistematicamente determinate informazioni, semplifichino decisioni complesse elaborando solo un sottoinsieme delle informazioni disponibili e ignorino selettivamente i messaggi quando viene chiesto loro di concentrarsi su un altro messaggio allo stesso tempo. Questo, nel contesto energetico, può indurre i consumatori a sottovalutare sistematicamente i futuri risparmi di un prodotto più efficiente dal punto di vista energetico, come ad esempio un elettrodomestico di una classe energetica superiore⁸⁷.

Negli investimenti in efficienza energetica, le barriere alla diffusione sono postulate come “un meccanismo che inibisce una decisione o un comportamento che sembra essere efficiente sia dal punto di vista energetico sia dal punto di vista economico”⁸⁸.

In ogni caso, la mancata adozione di una nuova tecnologia non indica necessariamente la presenza di un gap o di una barriera. La diffusione è un processo graduale, che può essere spiegato da una combinazione di disponibilità di informazioni, utenti eterogenei per preferenze individuali e per reddito, e riduzione dei costi nel tempo⁸⁹. Inoltre, i vari processi che avvengono nella società possono modificare nel tempo la percezione dei costi e benefici, facendo sì che l'adozione della tecnologia diventi sempre più attraente⁹⁰.

La diffusione è guidata da tre meccanismi principali⁹¹:

⁸⁷ Gillingham, Palmer. (2014)

⁸⁸ Sorrell et al. (2004)

⁸⁹ Allan et al. (2014); Rogers. (2010)

⁹⁰ Rogers. (2010)

⁹¹ Young (2009)

- *Contagio*. Le innovazioni si propagano in maniera molto simile alle epidemie. Le persone adottano una tecnologia quando incontrano altri individui che l'hanno adottata prima di loro.
- *Influenza sociale*. Le innovazioni si propagano per motivi di conformità. Una persona adotta una tecnologia quando un numero sufficiente di altre persone nel proprio gruppo sociale l'ha già adottata.
- *Apprendimento sociale*. Le innovazioni si propagano a seguito dell'osservazione di prove empiriche. Una persona adotta una tecnologia dopo essersi convinto dell'utilità della stessa grazie alle evidenze generate dai risultati tra gli utilizzatori precedenti.

In tutti e tre i meccanismi si evince come gli agenti in parte basino le loro decisioni sulla scelta di adozione osservata negli altri. È possibile, dunque, che il successo della diffusione di una tecnologia sia legato all'adozione da parte di quegli agenti nel mercato i quali, trovandosi in una posizione privilegiata, diffondono facilmente le informazioni in loro possesso alle altre persone. Questo potrebbe indurre gli altri agenti che non si trovano in tale posizione a ignorare coscientemente le proprie informazioni per preferire quelle degli altri e, quindi, compiere scelte che determineranno l'esito della diffusione dell'innovazione⁹².

A frenare la diffusione, però, vi sono anche dei fattori economici, i quali spiegano perché gli agenti possono rifiutare razionalmente tecnologie potenzialmente promettenti, alzando così ulteriori barriere di mercato. Tra esse vi sono⁹³:

- *Risparmi sovrastimati*: le stime dei benefici tecnici come il risparmio energetico potrebbero essere imprecise e quindi sovrastimare l'attrattività economica dell'adozione della tecnologia.
- *Rischio ed incertezza*: i benefici futuri della tecnologia non sono garantiti, ma soggetti a rischio e incertezza. Affidabilità tecnica sovrastimata e prezzi

⁹² Bikhchandani et al. (1992); Banerjee. (1992)

⁹³ Mercure et al. (2016)

dell'energia sono variabili che possono comportare costi futuri non preventivati⁹⁴.

- *Informazioni imperfette*: le informazioni alla base dell'assunzione delle decisioni da parte degli agenti possono essere assenti, inaffidabili o non disponibili a tutte le parti in causa. Questa asimmetria informativa tra domanda e offerta genera una selezione avversa che spingerebbe fuori dal mercato molti agenti⁹⁵. In parte, è possibile mitigare tale barriera se i vantaggi di una tecnologia sono comprovati, certificati e direttamente osservabili⁹⁶.
- *Accesso al capitale*: famiglie e imprese presentano una eterogeneità per quanto riguarda il reddito e la facilità con cui possono accedere al capitale necessario per l'adozione della tecnologia. Una scarsa affidabilità creditizia, anche per gli investimenti in tecnologie di risparmio energetico a basso rischio e ad alto rendimento, può precludere l'accesso al credito⁹⁷.
- *Incentivi frazionati*: le tecnologie redditizie potrebbero non diffondersi se il beneficio prodotto non va agli agenti che hanno sostenuto l'investimento. Gli incentivi frazionati per l'adozione possono derivare da un'appropriabilità limitata dei potenziali guadagni⁹⁸.

Per analizzare le innovazioni nel settore energetico e valutare le relative policy, risulta utile condensare in degli indicatori di sintesi le informazioni contenute nelle fasi di *invenzione*, *innovazione* e *diffusione*. La letteratura fornisce un'ampia rassegna degli indicatori per misurare l'innovazione. Gli indicatori per l'innovazione energetica possono essere classificati secondo le metriche di *input*, *output* e *risultati*.

⁹⁴ Sutherland. (1991)

⁹⁵ Akerlof. (1970)

⁹⁶ Mercure et al. (2016)

⁹⁷ Palmer et al. (2012)

⁹⁸ Ad esempio, negli investimenti per l'efficientamento energetico nel settore edile, il proprietario paga (e sceglie il livello di efficienza energetica), mentre il risparmio va a vantaggio dell'inquilino (che pagherà solamente per l'uso dell'energia). Davis (2011); Gillingham et al. (2012)

Le *metriche di input* descrivono gli input finanziari e lavorativi. Le *metriche di output*, invece, descrivono i prodotti definiti del processo di innovazione. Infine, le *metriche dei risultati* descrivono più ampiamente il settore energetico e gli impatti economici della diffusione delle innovazioni nel mercato⁹⁹.

Tra gli indicatori più comuni per le metriche di *input* vi sono¹⁰⁰: a) le spese in R&S; b) gli investimenti; c) le Risorse Umane.

a) Le spese in R&S vanno a mostrare l'*Intensità di R&S* del settore. Tipicamente, sono un indicatore facilmente disponibile, con il grande vantaggio di avere a disposizione ampie serie storiche di dati e una coerenza e una standardizzazione tra i vari paesi nelle modalità di raccolta. I dati sulla spesa in R&S a livello di impresa, però, possono essere difficili da ottenere e, nel campo energetico, tali spese risultano difficili da isolare¹⁰¹. Tuttavia, tale indicatore non tiene in considerazione i metodi di innovazione distinti dalla R&S,¹⁰² comportando così una sistematica sottostima delle industrie che svolgono differenti attività innovative, come nel caso delle piccole imprese¹⁰³.

b) Gli investimenti in innovazione, nonostante si concentrino principalmente sulle attività di ricerca iniziale in quanto tali, includono la ricerca e sviluppo ma anche le spese per la dimostrazione, implementazione anticipata e diffusione dell'investimento sostenuto. Come indice, presenta vantaggi come la possibilità di normalizzare i dati (ad es. la percentuale del capitale di rischio nella fase iniziale sul totale del capitale di rischio investito) e un'ampia categorizzazione degli investimenti, la quale può evitare problemi di disaggregazione. Al contempo, però, guardare solo agli investimenti potrebbe portare ad una sotto-rappresentazione delle attività di innovazione della fase successiva (ad esempio R&S contro dimostrazione).

⁹⁹ Wilson. (2014)

¹⁰⁰ Wilson. (2014)

¹⁰¹ I principali attori privati dell'innovazione tecnologia energetica sono le grandi imprese industriali diversificate (come ad es. GE e Siemens), i cui budget di R&S sono particolarmente difficili da allocare a livello nazionale. Sagar, Holgren (2002)

¹⁰² Hirsch-Kreinsen et al. (2003)

¹⁰³ Kleinknecht et al. (2002)

c) Con Risorse umane si intende il numero di scienziati e ingegneri impegnati nella fase di ricerca e sviluppo. Costituisce un valido proxy per la conoscenza *tacita* incorporata nel lavoro sottostante al processo di innovazione, risultante dall'istruzione, dalla formazione e dall'apprendimento di sforzi innovativi passati¹⁰⁴. Di contro, però, non tiene conto della qualità, dell'efficienza o delle differenze nell'organizzazione della ricerca. Inoltre, risulta difficoltoso distinguere quali scienziati e ingegneri dovrebbero essere considerati per un campo di ricerca specifico, come l'innovazione energetica.

Tra gli indicatori più diffusi per le metriche di *output* vi sono invece¹⁰⁵: a) il numero di brevetti e pubblicazioni; b) le tecnologie; c) le caratteristiche della tecnologia.

a) Il numero di brevetti, depositati o concessi, viene utilizzato come proxy per la codificazione della conoscenza nel settore. Particolarmente popolari per gli studi empirici sui sistemi di innovazione, una delle ragioni del successo di tale indicatore risiede nella discreta disponibilità dei dati sui brevetti¹⁰⁶, i quali, come nel caso della R&S, coprono ampi periodi temporali. Le principali fonti sono l'Ufficio europeo dei brevetti e l'Ufficio brevetti degli Stati Uniti. Tuttavia, tale indicatore non riesce a catturare il cambiamento tecnologico non brevettato¹⁰⁷ ed è inficiato dalle differenti preferenze dei singoli paesi per la brevettazione di una innovazione, influenzate da incentivi economici e fattori culturali e istituzionali¹⁰⁸. I brevetti, inoltre, grazie alle citazioni contenute, permettono di essere collegati tra loro, nonché alle pubblicazioni accademiche. Insieme a queste ultime, permettono l'analisi bibliometrica¹⁰⁹. Così, sulla base di articoli, brevetti e citazioni, è possibile

¹⁰⁴ Gallagher et al. (2006)

¹⁰⁵ Wilson. (2014)

¹⁰⁶ Le informazioni sulle invenzioni sono continuamente archiviate in registri pubblici e liberamente disponibili, utilizzando un sistema di classificazione dettagliato e di scarso cambiamento nel tempo. Smith. (2005)

¹⁰⁷ Nagaoka et al. (2010)

¹⁰⁸ Gallagher et al. (2006)

¹⁰⁹ La bibliometria è «la branca delle scienze librarie che riguarda le applicazioni matematiche e statistiche dell'analisi bibliografica; l'analisi statistica di libri, articoli o altre pubblicazioni.» Oxford English Dictionary. <https://www.oxforddictionaries.com/definition/english/bibliometrics>

valutare l'output per singoli ricercatori, gruppi di ricerca, istituzioni e paesi. In particolare, l'analisi delle citazioni può fornire informazioni sullo sviluppo e sui collegamenti tra distinti campi di ricerca.

b) Le tecnologie sono la metrica sicuramente più visibile del successo finale del processo d'innovazione. L'obiettivo in questo caso è quantificare il numero di tecnologie che sono state commercializzate, andando ad analizzare così il numero di stabilimenti, linee di produzione, varianti di prodotto, miglioramenti di processo, aziende, fatturato, ecc. Tuttavia, poiché le nuove tecnologie non sempre possiedono confini ben definiti o separabili da altre pregresse, l'implementazione di tale indicatore risulta non sempre agevole. Inoltre, non riesce a catturare l'incremento del know-how per le tecnologie basate sulla conoscenza tacita o non codificata.

c) Le caratteristiche della tecnologia possono essere un indicatore utile per valutare i cambiamenti in particolari funzioni che vengono svolte da una specifica tecnologia. Ad esempio, l'efficienza energetica può essere un buon indicatore per valutare l'innovazione di diverse versioni di un motore.

Infine, tra gli indicatori più diffusi per le metriche riguardanti i *risultati* vi sono¹¹⁰:

a) la penetrazione del mercato; *b)* il tasso di apprendimento; *c)* i benefici economici; *d)* l'intensità di energia su emissioni.

a) La penetrazione del mercato quantifica la quota di mercato o tasso di penetrazione della tecnologia venduta o utilizzata. Sono dati generalmente disponibili.

b) Il tasso di apprendimento rappresenta il tasso di riduzione dei costi di una tecnologia e solitamente è espresso come la riduzione percentuale dei costi unitari per il raddoppio della produzione cumulativa. Esso cambia nelle fasi della catena dell'innovazione. Come visto precedentemente per R&S e brevetti, la popolarità dell'indicatore è in parte dovuta alla fruibilità dei dati: le informazioni sulla produzione e sui costi sono generalmente disponibili e sono state ampiamente

¹¹⁰ Wilson. (2014)

utilizzate per la costruzione di curve di apprendimento per le varie tecnologie energetiche¹¹¹.

c) Se la penetrazione del mercato e i tassi di apprendimento studiano il modo in cui l'adozione di un'innovazione all'interno del sistema energetico, i benefici economici cercano di effettuare un'analisi costi benefici della stessa. I vantaggi economici sono di grande interesse per l'analisi politica, ma in molti casi risultano di difficile misurazione. In particolare, se i costi sono generalmente più facili da quantificare, la determinazione dei benefici si basa in gran parte su stime indirette. I benefici, oltre agli effetti economici diretti, possono includere esternalità come la conoscenza e le sue ricadute su altri settori, la sicurezza nazionale e l'ambiente.

d) L'intensità di energia su emissioni e i benefici economici sono tentativi di quantificare come la diffusione di un'innovazione può avere un impatto sull'economia in un senso più ampio (ad esempio, riduzioni delle emissioni di anidride carbonica o creazione di posti di lavoro), mettendoli in relazione a diversi tipi di dati economici (come il consumo di energia / PIL o cambiamento degli indicatori ambientali). L'intensità di energia su emissioni può essere una metrica utile per stimare l'impatto aggregato delle tecnologie di efficienza energetica o delle tecnologie di approvvigionamento energetico a basse emissioni di carbonio. Nonostante l'ampia disponibilità di dati, metriche di questo tipo possono solo fornire stime approssimative sugli effetti delle innovazioni. In questo caso, fattori esterni alla tecnologia stessa, come cambiamenti strutturali nell'economia, possono essere altrettanto influenti nella comprensione degli effetti, non consentendo una chiara identificazione degli impatti delle tecnologie stesse¹¹².

¹¹¹ Grubler et al. (1999)

¹¹² Gallagher et al. (2006)

3. L'evoluzione della normativa comunitaria e nazionale del settore elettrico in Italia

3.1 Il processo di liberalizzazione

Il settore energetico, come appreso nei capitoli precedenti, è stato oggetto di regolamentazioni e gestioni dirette da parte dei pubblici amministratori, con considerevoli ripercussioni sulle società contemporanee.

Nel corso dei decenni del secolo scorso, il quadro normativo di riferimento e gli obiettivi politici dei decisori pubblici sono mutati profondamente. In Italia, dal dopoguerra fino al 1962, il mercato energetico era ripartito tra svariate società che costituivano di fatto un regime oligopolistico¹¹³. A seguito della legge n. 1643 del 1962, detta anche “Legge di Nazionalizzazione”, il settore subì un profondo mutamento, con l’istituzione dell’Ente Nazionale per l’Energia Elettrica (ENEL) al quale vennero affidate in regime di monopolio le attività concernenti la produzione, l’importazione ed esportazione, il trasporto, la trasformazione, la distribuzione e la vendita dell'energia elettrica.

Nel corso dei decenni successivi, però, lo stravolgimento dello scenario politico ed economico internazionale, tra crisi petrolifere, maggiore integrazione europea, fine della guerra fredda e una maggiore consapevolezza ambientale, hanno avuto ripercussioni anche sull’organizzazione del settore energetico. La volontà dei paesi europei di costituire un mercato interno dell’energia dell’UE portò, a partire dagli anni Novanta, alla rimozione di numerosi ostacoli e barriere commerciali, dando inizio ad un processo di liberalizzazione del mercato e armonizzazione delle varie normative nazionali¹¹⁴.

Uno dei primi interventi normativi del processo di liberalizzazione del settore energetico in Italia fu la Legge n.9/1991, la quale andava a ridurre le limitazioni che gravavano sugli auto-produttori, rimuovendo il vincolo di autoconsumo per i produttori terzi e introducendo l’autoconsumo dei gruppi industriali, a definire il “programma CIP6”, con l’obiettivo di incentivare la

¹¹³ Cringoli. (2017)

¹¹⁴ Ciucci. (2020)

produzione di energia elettrica derivante da fonti energia rinnovabile¹¹⁵ e a permettere, dopo decenni di monopolio pubblico, il timido ingresso nel mercato di produttori privati di elettricità¹¹⁶. L'anno seguente, anche a causa delle incombenti necessità finanziarie a causa della crisi che stava attraversando il Paese, il governo italiano decretò la privatizzazione di ENEL, trasformando l'ente pubblico in una società per azioni, mantenendo però l'intero pacchetto azionario in capo al Ministero del Tesoro¹¹⁷. Se il processo di liberalizzazione sembrava essere avviato, con ulteriori passi compiuti come l'istituzione dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG), autorità indipendente di regolamentazione dotata di competenze tecniche avente l'obiettivo di tutelare consumatori e promuovere la concorrenza¹¹⁸, la svolta si ebbe nel 1996 quando la Comunità Europea approvò la direttiva 96/92/CE. Tale direttiva si poneva come prima pietra miliare per la costituzione di un mercato unico europeo dell'energia. L'obiettivo dei decisori europei era quello di “garantire un mercato funzionante che assicurasse equità d'accesso e un elevato livello di tutela dei consumatori, nonché livelli adeguati di interconnessione e capacità di generazione”¹¹⁹. La direttiva 96/92/CE, insieme alla direttiva 98/30/CE inerente all'apertura del mercato del gas, costituivano il *Primo Pacchetto Energia (First Energy Package)* dell'Unione Europea¹²⁰. Il pacchetto legislativo si

¹¹⁵ Il Provvedimento del Comitato Interministeriale Prezzi 6 fu un meccanismo di incentivazione per la produzione di energia da fonti rinnovabili e assimilate, il quale consisteva in una forma di remunerazione attraverso una tariffa periodicamente aggiornata. Questo sistema appartiene al modello di incentivazione denominato *Feed-in Tariffs, FiT*, nel quale il produttore di elettricità da impianti rinnovabili percepisce una remunerazione predeterminata, che include sia l'incentivo che il prezzo dell'energia, per ogni KWh generato per un certo numero di anni in un orizzonte temporale medio-lungo (15-25 anni). Le *FiT* hanno il vantaggio per il produttore di garantire un flusso di cassa certo e fisso nel periodo di riferimento, a prescindere dalle fluttuazioni dei prezzi dell'elettricità. Inoltre, riducono le barriere d'ingresso poiché gli investitori non necessitano di trovare un acquirente sul mercato. Ma vi sono anche dei problemi. È difficile infatti per il regolatore determinare correttamente la giusta tariffa e il giusto orizzonte temporale, a causa delle informazioni imperfette circa l'evoluzione tecnologica e i costi della fonte di energia rinnovabile che si sta sovvenzionando. Inoltre, le *FiT* non sono collegate ai segnali di prezzo (*price signals*). (Creti, Fontini. 2019)

¹¹⁶ L. n. 9/1991

¹¹⁷ D.L. n. 333/1992

¹¹⁸ L. n. 481/1995

¹¹⁹ Ciucci. (2020)

¹²⁰ “A livello europeo, per armonizzare e liberalizzare il mercato interno dell'energia dell'UE, tra il 1996 e il 2009 sono stati adottati, in successiva scansione temporale, tre pacchetti legislativi di misure finalizzate alla liberalizzazione del settore, ed in particolare, l'accesso al mercato e la sua trasparenza e regolamentazione, la tutela dei consumatori, il sostegno all'interconnessione e livelli adeguati di approvvigionamento.” (https://www.camera.it/leg17/522?tema=mercati_energetici)

focalizzò sul processo di progressiva liberalizzazione delle attività di generazione e produzione dell'energia, avviando una prima fase di *unbundling* dei vari monopoli statali, in particolare dal punto di vista contabile, offrendo agli stati membri un insieme di alternative per raggiungere l'obiettivo stabilito.

Poiché “una direttiva è un atto legislativo che stabilisce un obiettivo che tutti i paesi dell'UE devono realizzare ma spetta ai singoli paesi definire attraverso disposizioni nazionali come tali obiettivi vadano raggiunti”¹²¹, nel 1999 venne approvato il decreto legislativo 79/1999, meglio noto come “Decreto Bersani”, il quale attuò la direttiva 96/92/CE. Il decreto mutò profondamente la struttura del mercato dell'elettricità italiano. Esso coinvolse distinti segmenti della catena del valore dell'elettricità.

Nell'ambito della generazione di energia elettrica, il decreto portò alla creazione di un mercato competitivo. Nello specifico, si procedette alla liberalizzazione delle attività di produzione, vendita finale e interscambio con l'estero e la normativa fu semplificata per le procedure di autorizzazione volte a realizzare nuovi impianti. Fu poi imposto il divieto di detenere più del 50% della capacità di generazione e importazione ad un singolo operatore. A tale scopo ENEL, il vecchio monopolista statale, dovette cedere non meno di 15 GW della propria capacità produttiva predisponendo un piano per le cessioni degli impianti di produzione¹²². Tale piano fu approvato con il DPCM del 4 Agosto 1999 tramite la creazione preliminare di tre nuove compagnie, Eurogen, Elettrogen e Interpower, le quali acquisirono dagli impianti di ENEL rispettivamente 7008 MW, 5438 MW e 2611 MW di capacità produttiva per essere successivamente vendute ad investitori privati.

Il decreto Bersani, inoltre, dispose la separazione tra le operazioni e la proprietà della rete di trasmissione dell'energia. Ai sensi del decreto, le attività di trasmissione e di dispacciamento furono riservate allo Stato. Fu quindi decretata la disaggregazione proprietaria (*ownership unbundling*) di ENEL, la quale restò

¹²¹ https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_it

¹²² D.Lgs. 79/1999

momentaneamente proprietaria della rete ma la gestione della stessa fu attribuita ad un nuovo soggetto pubblico appositamente costituito, il Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (GRTN), gettando le basi per la nascita di un *Transmission System Operator* (TSO) italiano indipendente. In seguito, all'interno del gruppo ENEL fu costituita TERNA, che divenne l'azienda proprietaria delle reti di trasmissione. L'accesso alle reti venne regolamentato tramite la creazione di opportune tariffe prefissate dall'AEEG.

Ma l'*ownership unbundling* non riguardò solamente le reti di trasmissione. Il decreto prevede per ENEL l'obbligo di separazione societaria anche per le restanti attività della catena del valore, dovendo quindi costituire specifiche società per le attività di produzione, trasmissione, distribuzione e vendita.

Per queste due ultime attività della catena, il decreto introdusse importanti novità. Per quanto concerne la distribuzione, essa fu affidata in concessione territoriale unica per ogni comune¹²³. Nella vendita ai consumatori, fu prevista una distinzione tra due categorie, i clienti idonei e i clienti vincolati. “Cliente idoneo è la persona fisica o giuridica che ha la capacità di stipulare contratti di fornitura con qualsiasi produttore, distributore o grossista, sia in Italia che all'estero¹²⁴”. Il decreto individuò tra i rientranti in tale qualifica: a) i distributori, limitatamente all'energia elettrica destinata a clienti idonei connessi alla propria rete; b) gli acquirenti grossisti, limitatamente all'energia consumata da clienti idonei con cui hanno stipulato contratti di vendita; c) i soggetti cui è conferita da altri Stati la capacità giuridica di concludere contratti di acquisto o fornitura di energia elettrica; d) le imprese o i gruppi di imprese il cui consumo sia risultato nell'anno precedente superiore a 30 GWh¹²⁵. Ai clienti idonei fu concessa la facoltà di scegliere il proprio fornitore di elettricità liberamente sul mercato. Invece, “Cliente

¹²³ La legge di Nazionalizzazione n. 1643/1962 prevedeva che le aziende municipalizzate potessero operare in deroga al monopolio di Enel previa autorizzazione rilasciata dal Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. La nuova normativa, tuttavia, impose una razionalizzazione delle concessioni per quei comuni che si trovavano ad avere più di una unica società di distribuzione, decretando la loro aggregazione secondo “le normali regole di mercato”.

¹²⁴ D.Lgs. 79/1999

¹²⁵ Già nel decreto fu prevista la riduzione progressiva negli anni successivi del limite di 30 GWh, prima a 20 e poi a 9 GWh per aumentare la platea dei soggetti eleggibili a clienti idonei

vincolato è il cliente finale che, non rientrando nella categoria dei clienti idonei, è legittimato a stipulare contratti di fornitura esclusivamente con il distributore che esercita il servizio nell'area territoriale dove è localizzata l'utenza¹²⁶". Inoltre, il decreto prevede l'istituzione del Gestore del Mercato Elettrico (GME), al quale fu affidato il ruolo di regolatore e gestore del mercato appena costituito¹²⁷, organizzando quest'ultimo secondo i criteri di neutralità, trasparenza, obiettività, nonché di concorrenza tra produttori, al contempo assicurando la "gestione economica di un'adeguata disponibilità della riserva di potenza¹²⁸". Il decreto, tuttavia, oltre alla creazione di un mercato libero, ammise la possibilità di effettuare negoziazioni bilaterali tra clienti idonei e produttori, previa autorizzazione dell'Autorità.

Al Gestore della Rete (GRTN), inoltre, fu affidato il compito di costituire la società Acquirente Unico (AU) con il fine di negoziare e acquistare all'ingrosso sul mercato energetico contratti di fornitura per conto dei clienti vincolati, secondo procedure di acquisto trasparenti e non discriminatorie.

Infine, il decreto Bersani introdusse, con l'obiettivo di incentivare la produzione di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni di anidride carbonica, il sistema dei *certificati verdi*. Tale sistema, il quale andò a sostituire le *Feed-in Tariffs* del CIP6, prevedeva l'obbligo per i produttori o gli importatori di energia elettrica da fonti non rinnovabili eccedenti i 100 GWh annui, di immettere nel sistema elettrico nazionale, nell'anno successivo, una quota prodotta da impianti da fonti rinnovabili, da produrre in-house o da acquistare sul mercato. Tale quota fu inizialmente stabilita come il 2% della quantità eccedente i 100 GWh di energia prodotta/importata. La presenza di quote incentiverebbe gli impianti di produzione

¹²⁶ D.Lgs. 79/1999

¹²⁷ Il mercato di compravendita dell'energia elettrica (*Italian Power Exchange, IPEX*) divenne operativo nell'Aprile 2004

¹²⁸ La riserva di potenza è la quota di potenza non utilizzata a programma per poter soddisfare eventuali squilibri tra produzione e carico dovuto a variazioni aleatorie del fabbisogno, errori di previsione del fabbisogno, indisponibilità imprevista di generazione (ad esempio per avarie) e variazioni impreviste nei programmi di scambio con l'estero. (<https://www.sgenergia.it/glossario/riserva-di-potenza/>)

convenzionali ad includere nel proprio portafoglio fonti rinnovabili. Oltre a ciò, la predeterminazione della quota permetterebbe di stabilire eque condizioni di concorrenza tra le tecnologie rinnovabili e i combustibili fossili. D'altro canto, però, i *certificati verdi* non prevengono il rischio di fluttuazioni del prezzo dell'elettricità. Inoltre, la presenza di un mercato può portare ad un eccesso di investimenti e di certificati circolanti, determinando la riduzione del valore degli stessi¹²⁹.

In seguito, tra il 2003 e il 2005 la normativa inerente alla separazione tra le operazioni e la proprietà della rete di trasmissione dell'energia venne ulteriormente aggiornata, attribuendo entrambe a TERNA. Al contempo venne imposto il divieto di controllo della società alle imprese produttrici di elettricità¹³⁰. Venne quindi prevista la cessione della proprietà azionaria di TERNA e la quotazione della stessa in borsa, vedendo emergere come azionista di maggioranza Cassa Depositi e Prestiti, mentre ai produttori di energia elettrica fu imposto di non poter detenere più del 5% del capitale. GRTN, che vedeva trasferire le sue prerogative in capo a TERNA, cambiò denominazione in GSE (Gestore dei Servizi Energetici), e andò ad occuparsi in via principale della promozione della sostenibilità ambientale in Italia¹³¹.

Il 2003, inoltre, vide l'evoluzione normativa anche a livello comunitario. L'approvazione della direttiva 2003/54/CE introdusse il *Secondo Pacchetto Energia*, il quale andava ad abrogare la precedente direttiva europea. Questo ulteriore passo in avanti nella liberazione del settore andò ad integrare le misure prese in precedenza.

La direttiva determinava una ulteriore scomposizione dei monopoli verticalmente integrati, attraverso la separazione giuridica dei gestori del sistema di trasmissione, ora previsto obbligatoriamente per tutti i paesi membri. Ma oltre

¹²⁹ Cretì, Fontini. (2019)

¹³⁰ L. n. 290/2003; D.P.C.M. 11 Maggio 2004; D.M. 20 Aprile 2005 del Ministero delle Attività produttive

¹³¹ Il gruppo GSE è composto inoltre da Acquirente Unico (AU), Gestore dei Mercati Energetici (GME) e Ricerca sul Sistema Energetico (RSE). GSE, in qualità di capogruppo, esercita le funzioni di indirizzo e coordinamento per le sopracitate società. (<https://www.gse.it/chi-siamo/identita-e-valori#Gruppo>)

alla trasmissione e il dispacciamento, la direttiva prevede riforme analoghe anche per il sistema di distribuzione. L'*unbundling* giuridico del sistema di trasmissione e distribuzione, a cui l'Italia aveva già iniziato a provvedere negli anni precedenti e in accordo con la direzione intrapresa con i partner europei, mirava alla creazione di TSO e DSO indipendenti in tutta l'Unione.

Al fine di garantire indipendenza e neutralità, la direttiva riprese quanto stabilito nella precedente in merito al diritto di accedere alla contabilità delle imprese elettriche nella misura necessaria per lo svolgimento delle loro funzioni da parte degli stati, includendo ora anche le autorità di vigilanza e regolamentazione. Oltre il diritto di accesso, sempre per garantire la trasparenza delle società elettriche, fu confermata e rafforzata la separazione della contabilità interna per le imprese elettriche¹³².

Ma la vera novità del secondo pacchetto legislativo interessò le regole di accesso ai mercati degli stati membri. La direttiva estese la categoria di clienti idonei. In particolare, dal 1° luglio 2004, tutti i clienti industriali vennero considerati idonei, mentre i clienti domestici poterono scegliere liberamente i propri fornitori di elettricità e gas dal 1° luglio 2007. L'estensione dell'idoneità permise, in caso di riconoscimento in più stati membri, di poter stipulare liberamente contratti di fornitura transnazionali, consentendo così a nuovi fornitori di poter accedere a nuovi mercati all'interno dell'UE.

La direttiva 2003/54/CE venne recepita in Italia tramite l'approvazione della legge n. 239/2004, denominata anche "Legge Marzano". Rispetto a quanto previsto dalla direttiva, la legge italiana prevede anche la possibilità, per i clienti che non erano intenzionati di avvalersi del libero mercato, di continuare a rifornirsi tramite AU, tramite il servizio denominato Maggior Tutela per i clienti domestici

¹³² Ciò interessava in particolare quelle società che avevano ancora nel proprio gruppo imprese dedicate alle attività di trasmissione e distribuzione. La direttiva impose loro una condotta che segregava la contabilità aziendale, come se le varie attività fossero state svolte da imprese separate al fine di "evitare discriminazioni, trasferimenti incrociati di risorse tra settori e distorsioni della concorrenza" (Dir. 2003/54/CE).

e, per i non aventi diritto a quest'ultimo, come ad esempio le imprese di medie o grandi dimensioni, al servizio Salvaguardia.

In quegli anni la legislazione nazionale ed europea, oltre che favorire una maggiore liberalizzazione e dinamicità dei mercati energetici, attuò misure volte a promuovere la produzione di energia elettrica tramite fonti rinnovabili. Venne così approvato il D. Lgs 387/2003, il quale attuava le indicazioni contenute nella direttiva 2001/77/CE. Quest'ultima istituì il *Conto Energia*, un meccanismo di incentivazione per la produzione di energia da impianti fotovoltaici connessi alla rete di trasmissione nazionale, andando così ad affiancare i *certificati verdi*. Tale meccanismo, diventato operativo soltanto dal 2005¹³³, introdusse il sistema di finanziamento in conto esercizio della produzione elettrica. Con questo sistema, (in inglese *Feed-in Premium, FiP*), l'energia è venduta sul mercato ma il produttore ha diritto ad un pagamento premio, fisso o variabile a seconda di come è stato previsto dal legislatore, per un periodo di tempo sempre predeterminato da quest'ultimo. I *FiP* costituiscono un incentivo vantaggioso in quanto permettono ai produttori di energia di adeguare la generazione di elettricità in linea con i segnali di prezzo (*price signals*). Tuttavia, i *FiP* non riescono ad evitare i rischi di mercato connessi alle fluttuazioni del prezzo dell'elettricità. Inoltre, i *FiP* potrebbero avere effetti distorsivi sul mercato in caso di una non corretta programmazione del premio (troppo alto o troppo basso), e se l'evoluzione della sovvenzione risulta inadeguata alle variazioni di costo della tecnologia¹³⁴. Per tale motivo i legislatori italiani negli anni vararono molteplici *Conti Energia (C.E.)*.

Nel 2006 vi fu il *I C.E.*, l'anno successivo fu varato il *II C.E.*¹³⁵, il quale prevede “un premio per gli impianti fotovoltaici abbinati all'uso efficiente dell'energia”¹³⁶. Il *III C.E.* fu approvato nel 2010¹³⁷, introducendo tariffe specifiche per quegli impianti fotovoltaici dotati di caratteristiche innovative,

¹³³ D. Interm. 28/07/2005 e D. Interm. 06/02/2006

¹³⁴ Cretì, Fontini. (2019)

¹³⁵ D.M. 19/02/2007

¹³⁶ <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>

¹³⁷ D.M. 06/08/2010

come gli impianti fotovoltaici a concentrazione. Nel 2011 il *IV C.E.* ridefinì i meccanismi incentivanti con lo scopo di riallineare le tariffe con l'evoluzione dei costi della tecnologia, introducendo anche un limite di costo cumulato annuo degli incentivi, pari a 6 miliardi di euro¹³⁸. Il D.M. 05/07/2012, infine, introdusse il quinto e ultimo *C.E.* confermando in parte le misure previste nel precedente D.M. e ponendo il costo cumulato degli incentivi pari a 6,7 miliardi di euro. Una volta raggiunto tale tetto, dal 6 luglio 2013 le disposizioni di incentivazione del Conto Energia non furono più applicate¹³⁹.

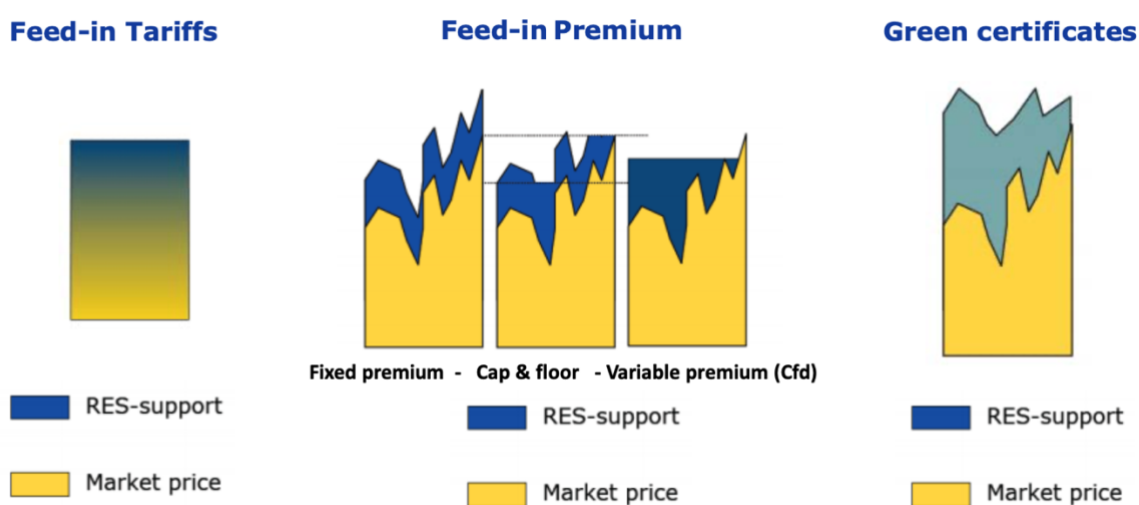


Fig. 3.1 Le differenti tipologie di incentivi

Nel 2009 l'Unione Europea introdusse il *Terzo Pacchetto Energia*, andando a liberalizzare ulteriormente i mercati energetici comunitari. La direttiva 2009/72/CE, tutt'ora in vigore, abrogò e sostituì la direttiva 2003/54/CE. L'aggiornamento della normativa mirava a consolidare ulteriormente la separazione operativa e societaria tra le imprese produttrici e i gestori delle reti. Fu rafforzato il ruolo delle autorità di regolamentazione e la loro indipendenza, al fine di armonizzare le competenze tra le varie nazioni e consentire così un accesso non discriminatorio alle reti di trasmissione. Venne rafforzata anche la tutela dei consumatori e la protezione specialmente per quelli più vulnerabili. Il terzo

¹³⁸ D.M. 05/05/2011; <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>

¹³⁹ <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>

pacchetto energia, oltre alle direttive su energia e gas (2009/73/CE), era costituito da un insieme di atti legislativi volti ad implementare il funzionamento del mercato interno dell'energia. Con il regolamento 2009/713 fu istituita l'Agenzia per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia (ACER), in un'ottica di promozione della solidarietà e della cooperazione trans-frontaliera, dovuta anche alla natura del mercato energetico europeo, sempre più integrato e meno confinato alle logiche nazionali. Per tale ragione, fu previsto anche il regolamento 2009/714 riguardante gli scambi transfrontalieri di energia elettrica.

In Italia il terzo pacchetto energia venne recepito tramite il D. Lgs. 93/2011, il quale aggiornò ulteriormente la legislazione nazionale¹⁴⁰. L'Autorità di regolamentazione divenne responsabile anche per le attività inerenti il settore idrico (con il nome di Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Settore Idrico, AEEGSI). Ma, in questo caso, la ricezione nell'ordinamento italiano del terzo pacchetto non fu giudicata in modo completamente positivo. La Commissione Europea in particolare mosse rilievi circa la non corretta attuazione della normativa comunitaria in merito all'Autorità di regolamentazione del mercato, ai poteri a lei spettanti e all'indipendenza della stessa dal Ministero dello sviluppo economico¹⁴¹, venendo poi aggiornata successivamente con provvedimenti normativi mirati¹⁴².

AEEGSI infatti, ai sensi della direttiva, doveva essere “giuridicamente distinta e funzionalmente indipendente da qualsiasi altro soggetto pubblico o privato”, senza essere soggetta ad interessi commerciali né a influenze di alcun governo o altro soggetto pubblico. In seguito agli aggiornamenti normativi, i poteri spettanti ad AEEGSI vennero ulteriormente ampliati con la legge di bilancio per il 2018, attribuendo all'Autorità funzioni di regolazione e controllo anche per quanto concerne il ciclo dei rifiuti. Venne così rinominata in ARERA, Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente, rendendo il ruolo svolto dalla stessa

¹⁴⁰ Il D.Lgs. 93/2011, così come la direttiva 2009/73/CE, hanno innovato specialmente la legislazione italiana inerente al settore del gas, portando una distinzione chiara tra i diversi ruoli operanti nella catena del valore del gas, dalla produzione fino alla commercializzazione ai consumatori al dettaglio

¹⁴¹ Procedura di infrazione 2014/2286

¹⁴² L. n. 115/2015 e L. n. 122/2016

ancora più ampio e completo. È stato posto così un garante unico per la concorrenza e l'efficienza in tutti quei servizi strategici nazionali dove è necessario far conciliare gli interessi economico-finanziari di utenti, consumatori ed imprese dei settori coinvolti con gli interessi di carattere pubblico come la tutela dell'ambiente e un efficiente impiego e sfruttamento delle risorse dello Stato.

A partire dal 1° luglio 2019, invece, è stata prevista la cessazione del regime di Maggior Tutela, incluso il ruolo riservato ad ARERA nella determinazione delle tariffe per i consumatori che non si erano avvalsi del mercato libero¹⁴³. In questa ultima fase di transizione verso l'adozione completa del regime di libero mercato in Italia, anche nel comparto retail, ARERA ha avuto il ruolo di consentire un ingresso consapevole dei consumatori nel mercato secondo meccanismi che assicurino la concorrenza¹⁴⁴. Per tale scopo, a tutela dei consumatori, in particolare di quelle famiglie che versano in condizioni di disagio economico, ARERA ha infine rafforzato le informazioni a loro disposizione. La Legge n. 124/2017, infine, ha previsto varie misure volte ad assicurare la trasparenza dei mercati e la confrontabilità delle offerte dei *retailers*, istituendo così un portale informatico per la raccolta e la pubblicazione delle offerte presenti sul mercato (www.ilportaleofferte.it).

3.2 Il pacchetto 20-20-20 e gli obiettivi climatici europei per il futuro

Parallelamente agli sforzi sostenuti per costituire un mercato energetico comune, i paesi europei sono anche stati interessati a promuovere la protezione dell'ambiente tramite l'adozione di tecnologie *green* e provvedimenti legislativi atti a ridurre le emissioni inquinanti. In seguito all'adozione del Protocollo di Kyoto nel 1997, che ha visto la quasi totalità dei paesi europei partecipare, gli

¹⁴³ Legge annuale sulla concorrenza, L. n. 124/2017

¹⁴⁴

https://www.camera.it/leg17/522?tema=mercati_energetici#l_arera_nel_contesto_europeo_e_nazionale

impegni e la consapevolezza delle istituzioni comunitarie e degli stati membri si fecero sempre più concreti¹⁴⁵.

Il settore energetico, secondo la Commissione Europea, è responsabile per oltre il 75% delle emissioni di gas a effetto serra (*greenhouse gases, GHG*) dell'UE. Per tale ragione, l'aumento della quota di energia rinnovabile ha costituito un elemento fondamentale per realizzare l'obiettivo di ridurre drasticamente l'impatto ecologico dell'Unione¹⁴⁶.

Dagli anni 2000, sia in Italia sia in Europa, il focus dei legislatori si è spostato sempre più sulle implicazioni ambientali del settore energetico. Se con il terzo pacchetto energia i risultati circa l'integrazione e la liberalizzazione dei mercati energetici europei potevano essere ritenuti soddisfacenti, la Commissione Europea voleva affiancare agli sforzi compiuti in merito la creazione di un mercato energetico comune una strategia europea al fine di fornire ai consumatori energia sicura, sostenibile, competitiva e a prezzi accessibili¹⁴⁷.

Tra le azioni più significative intraprese dall'Unione Europea nel 2009 è stato approvato, dopo alcuni anni di negoziazioni, la direttiva 2009/28/CE circa la promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili nell'Unione. La direttiva ha risposto all'esigenza emersa tra le istituzioni europee di aumentare l'uso di energia rinnovabile, andando così a stabilire una politica comune per la produzione. Rispetto alle precedenti azioni volte alla promozione di energia pulita, ha posto l'obiettivo ambizioso, entro il 2020, di ridurre le emissioni di gas ad effetto serra del 20%, di incrementare la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili fino al 20% del totale e di ridurre il consumo di energia del 20%. Per tale ragione, la direttiva è diventata nota anche come Pacchetto 20-20-20. Come anno base a cui fare riferimento, è stato scelto come per il protocollo di Kyoto il

¹⁴⁵ Il Protocollo di Kyoto fu un accordo internazionale che pose l'obiettivo, in particolare per i paesi industrializzati che vi aderirono, di tagliare le emissioni di gas ad effetto serra di almeno il 5% nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990.

¹⁴⁶ https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_en#timeline-for-renewable-energy-in-the-eu

¹⁴⁷ Ciucci. (2020)

1990¹⁴⁸. Inoltre, la direttiva ha previsto anche l'obiettivo per i paesi membri di raggiungere almeno il 10% di carburanti impiegati per i trasporti provenienti da fonti rinnovabili. Il Pacchetto 20-20-20 è stato recepito nell'ordinamento italiano grazie al D. Lgs. n. 28/2011, nel quale si poneva l'obiettivo di raggiungere la quota del 17% di produzione di elettricità derivante da fonti di energia rinnovabile e, con riferimento a tutte le forme di trasporto, la quota di energia derivante da fonti rinnovabili pari almeno al 10% del consumo totale entro il 2020. Il decreto ha previsto in particolare misure atte a razionalizzare ed adeguare i pre-esistenti sistemi di incentivazione, in particolare portando progressivamente a termine l'esperienza dei certificati verdi e imponendo dei limiti per l'edificabilità dei pannelli fotovoltaici sui terreni agricoli, ma al contempo sostenendo l'efficientamento energetico, imponendo provvedimenti come l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione o in ristrutturazione, e semplificando le procedure burocratiche necessarie per lo sviluppo di ulteriori reti elettriche.

Nel 2018, però, anche in seguito agli accordi sul clima di Parigi del 2015 sottoscritti e ratificati dall'Unione Europea¹⁴⁹, gli obiettivi europei diventano più ambiziosi. Visti i positivi risultati delle misure adottate in molti paesi per attenersi alle prescrizioni del pacchetto 20-20-20, sono state varate una serie di proposte legislative al fine di determinare un nuovo assetto del mercato dell'energia dell'UE per il post 2020. È stato presentato il pacchetto *“Energia pulita per tutti i cittadini europei”*, con l'obiettivo di realizzare l'Unione energetica, ponendo l'attenzione su 5 pilastri su cui costruire il futuro dell'energia del Vecchio Continente.

¹⁴⁸ Il 1990 fu l'anno base scelto dal Pannello Intergovernativo per il Cambiamento Climatico (IPCC) nel summit di Rio del 1992 per le analisi presenti nello *Scientific Assessment (SA90)*. Nel documento vennero elaborati i primi modelli rudimentali di analisi, i quali, data la loro semplicità, incoraggiavano o suscitavano risposte ad ampio raggio o su larga scala, i cui impatti potevano essere valutati più facilmente, anche dai decisori politici, e fu poi mantenuto dai vari paesi e organismi internazionali come anno base di riferimento per gli IPCC e accordi sul clima futuri (McLaren, Markusson. 2020)

¹⁴⁹ “L'accordo di Parigi stabilisce un quadro globale per evitare pericolosi cambiamenti climatici limitando il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2°C e proseguendo con gli sforzi per limitarlo a 1,5°C. Inoltre punta a rafforzare la capacità dei paesi di affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici e a sostenerli nei loro sforzi.”

(https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it)

“Un’Unione dell’energia resiliente, articolata intorno a una politica ambiziosa per il clima, consentirebbe di fornire ai consumatori dell’UE - famiglie e imprese - energia sicura, sostenibile e competitiva a prezzi accessibili. Per raggiungere quest’obiettivo occorrerà operare una drastica trasformazione del sistema energetico europeo”¹⁵⁰. Il nuovo quadro strategico europeo, dunque, si basa su 1) efficienza energetica, 2) energie rinnovabili e decarbonizzazione, 3) assetto del mercato interno dell’energia, 4) sicurezza dell’approvvigionamento di energia elettrica e 5) innovazione, tutto ciò coadiuvato tramite l’implementazione di nuove norme di governance per l’Unione dell’energia¹⁵¹.

All’interno del nuovo framework strategico, la Commissione Europea ha introdotto la direttiva 2018/2001/CE, con il fine di rendere l’UE uno dei leader mondiali nella produzione di energia da fonti sostenibili, soddisfare gli impegni sottoscritti con l’Accordo di Parigi e raggiungere entro il 2030 la quota di almeno il 30% di energia prodotta grazie al rinnovabile¹⁵².

Ma l’ambizione degli obiettivi climatici europei per il 2030 non si limita ad un incremento della quota di energia rinnovabile prodotta. La Commissione Europea ha proposto, sempre nel contesto del pacchetto “*Energia pulita per tutti i cittadini europei*”, un incremento di almeno il 32,5% dell’efficientamento energetico e la riduzione dei GHG almeno del 55% rispetto ai livelli del 1990. Quest’ultimo imponente obiettivo è stato aumentato rispetto all’iniziale riduzione del 40% da raggiungere sempre entro il 2030. L’incremento delle aspirazioni europee, secondo la Commissione, è funzionale ad allineare le decisioni intraprese da decisori politici e investitori privati a pianificare correttamente le strategie dei prossimi decenni in coerenza con gli obiettivi climatici dell’Unione¹⁵³. Affinché il target sia raggiunto, è stata posta l’attenzione in particolare su uno strumento di

¹⁵⁰ COM(2015) 80 final, “A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy”

¹⁵¹ Ciucci. (2020)

¹⁵² https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_en#timeline-for-renewable-energy-in-the-eu. La direttiva dovrà essere recepita dagli stati membri entro il 30/06/2021.

¹⁵³ https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_it

mercato per contenere e prezzare correttamente le esternalità negative derivanti dalle emissioni ad effetto serra, l'*Emission Trading System* (ETS). Questo strumento, già introdotto a partire dal 2005, è ora considerato come una delle “pietre angolari su cui si fonda la politica dell'UE per contrastare i cambiamenti climatici e uno strumento essenziale per ridurre in maniera economicamente efficiente le emissioni di gas a effetto serra”. Primo nel suo genere in tutto il mondo, esso consiste in un mercato della CO₂ e tutt'oggi si conferma il più esteso¹⁵⁴. L'ETS, dal punto di vista operativo, prevede due strumenti: 1) un tetto massimo di emissioni consentite per determinati gas, il quale si riduce progressivamente nel tempo al fine di ridurre con sé le emissioni totali; 2) quote di emissione per le imprese da poter acquistare e vendere sul mercato. In caso di emissioni superiori alla quota detenuta, l'impresa incorrerà in pesanti sanzioni. Tale sistema, dunque, garantisce flessibilità e favorisce investimenti in tecnologie pulite e a basso rilascio di CO₂¹⁵⁵.

Infine, il 28 novembre 2018 la Commissione Europea ha presentato il c.d. *Green Deal Europeo*, nel quale ha esposto la sua visione strategica a lungo termine dell'UE. Sempre nel rispetto dei 5 pilastri a fondamento dell'Unione energetica, è stato delineato l'ambiziosissimo obiettivo di rendere l'intero continente europeo climaticamente neutro entro il 2050, mantenendo al contempo un'economia prospera, moderna e competitiva¹⁵⁶. Per raggiungere tale obiettivo, sarà necessario agire in tutti i settori dell'economia del Continente. Si dovrà, dunque, investire in nuove tecnologie che rispettino l'ambiente e sostenere le imprese che investono in innovazione. Cruciale sarà decarbonizzare il settore energetico e avviare un processo di rinnovamento del settore dei trasporti, pubblici e privati. Bisognerà anche continuare il percorso di efficientamento energetico degli edifici ma soprattutto, al fine di assicurare un *Pianeta pulito per tutti*, sarà necessario

¹⁵⁴ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_it

¹⁵⁵ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_it

¹⁵⁶ COM(2018) 773 final, “A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”

coinvolgere e collaborare con i partner internazionali al fine di migliorare gli standard ambientali di tutto il mondo¹⁵⁷.

¹⁵⁷ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

4. Metodologia di analisi

Dopo aver determinato le distinte modalità con cui poter organizzare il mercato dell'elettricità, come valutare l'innovazione in tale settore e quali sono stati i cambiamenti apportati dai decisori pubblici che si sono susseguiti nel corso degli anni, in questo capitolo si presenterà la metodologia impiegata e si illustreranno il processo di raccolta dei dati e le considerazioni fatte per la selezione degli stessi. Si cercherà dunque di fornire tutti gli aspetti rilevanti relativi ai metodi utilizzati.

Per fare ciò, sono stati raccolti ed elaborati alcuni indicatori che coprono un arco temporale che va dal 1997 al 2019¹⁵⁸. Per questo scopo, è stato utilizzato il programma Excel al fine di costruire un database.

Per quanto concerne l'evoluzione della struttura, l'analisi ha trattato le imprese che costituiscono il mercato della produzione dell'elettricità. Gli indicatori coinvolti sono stati il numero totale delle imprese annue, il numero di nuove imprese annue che sono entrate ed uscite nel mercato con i relativi tassi, la quota di mercato delle principali imprese con il relativo indice di distribuzione dimensionale e soprattutto l'Indice Herfindahl–Hirschman (HHI). Quest'ultimo rappresenta la misura della concentrazione di un mercato ed è utilizzato per determinare il livello di competizione all'interno dello stesso. L'HHI viene calcolato sommando la quota di mercato di ogni impresa elevata al quadrato. Formalmente:

$$HHI = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots + s_n^2 = \sum_{i=1}^N s_i^2$$

dove s_i è la quota di mercato dell'impresa i -esima e N è il numero di imprese presenti sul mercato.

L'HHI può assumere valori compresi tra 0 e 10.000. In caso di valori vicini allo zero, vorrà dire che il mercato è costituito da un elevato numero di imprese di dimensioni omogenee, mentre avvicinandosi al suo valore massimo, si avrà uno

¹⁵⁸ Per alcuni indicatori non sono stati trovati dati disponibili per ogni anno dell'analisi

scenario tale per cui un'unica grande impresa domina il mercato (se vi è un'unica impresa, la sua quota di mercato sarà il 100%, dunque l'HHI sarà $100^2=10.000$)¹⁵⁹. A seconda del valore, si possono distinguere 3 diversi gradi di concentrazione di un mercato¹⁶⁰:

- *Non concentrato* (0 – 1500 HHI);
- *Moderatamente concentrato* (1501 – 2500 HHI);
- *Altamente concentrato* (2501 – 10.000 HHI).

L'indice di distribuzione dimensionale γ , invece, rappresenta il grado di asimmetria (*skewness*) della distribuzione della dimensione delle imprese. In questo caso specifico, la dimensione delle imprese è stata misurata come la quantità di energia elettrica lorda prodotta da ciascuna di essa in un anno, espressa in TWh. La formula utilizzata per calcolare l'asimmetria è stata:

$$\gamma = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\sigma^3}$$

dove N è il numero complessivo di imprese, μ è la media della popolazione e σ è la deviazione standard della popolazione.

L'indice di distribuzione dimensionale, dunque, ha consentito il confronto della situazione del mercato italiano del 1998 con quella del 2019. Gli indicatori sono stati ottenuti dalle relazioni annuali pubblicate da ARERA dal 1998 al 2020 disponibili sul suo sito¹⁶¹. Per i dati assenti nelle relazioni, in particolare per quanto riguarda il numero annuo delle imprese che sono entrate nel mercato e il numero totale annuo, è stato preso come valore indicativo il numero di imprese registrate sul portale “Anagrafica Operatori” di ARERA contenente l'elenco di tutte le imprese di produzione di energia elettrica operanti in Italia soggette a iscrizione¹⁶².

¹⁵⁹ US Department of Justice <https://www.justice.gov/atr/herfindahl-hirschman-index>

¹⁶⁰ US Department of Justice <https://www.justice.gov/atr/horizontal-merger-guidelines-08192010#5c>

¹⁶¹ Per la distribuzione dimensionale non è stato possibile elaborare una serie temporale completa come per gli altri indici in quanto per molti anni (dal 1999 al 2014) le relazioni non hanno riportato il dato puntuale inerente alle imprese presenti sul mercato, divise per quantità prodotta o per capacità di produzione. Inoltre, il dato inerente all'uscita delle imprese non era presente nelle varie relazioni annuali.

¹⁶² “Tutti i soggetti che svolgono attività nei settori elettrico, gas, idrico, teleriscaldamento e teleraffrescamento e rifiuti, anche differenziati, urbani e assimilati, eccetto i piccoli produttori di energia elettrica individuati con delibera 443/2012/A, devono accreditarsi presso l'Anagrafica operatori per potere

Per quanto concerne invece il numero delle imprese uscite dal mercato, è stato utilizzato il dato fornito da InfoCamere, società delle Camere di Commercio italiane per l'innovazione digitale, nel suo database Movimprese¹⁶³ dal quale sono state ottenute informazioni circa il numero annuo di imprese iscritte e cessate in Italia dal 1997 al 2019 suddivise per codice ATECO. È da segnalare, però, che il settore presente nel database non coincide esattamente con quello fornito ed analizzato dalle relazioni di ARERA, in quanto include tutte le aziende rientranti sotto il codice E40 “Produzione di energia elettrica, gas e acqua calda”¹⁶⁴. Per una questione di coerenza e significatività dell'analisi, quindi, i dati inerenti all'uscita delle imprese dal settore sono stati confrontati con il dato degli ingressi ottenuti sempre da Movimprese. Dal dato dell'entrata e dell'uscita, dunque, è stato elaborato il tasso di entrata e il tasso di uscita delle imprese, ottenuto come:

$$ingresso = \frac{imprese\ iscritte_{t1}}{imprese\ registrate\ totali_{t1}}; uscita = \frac{imprese\ cessate_{t1}}{imprese\ registrate\ totali_{t1}}$$

Per quanto concerne l'indice HHI, per gli anni in cui non è stato riportato direttamente nelle relazioni annuali (quelle dal 1998 al 2004), esso è stato calcolato in base alle quote di mercato dei vari anni disponibili nei rapporti dell'Autorità applicando la formula citata in precedenza.

Per quanto riguarda invece l'innovazione, sono stati individuati 11 indicatori, classificati secondo le tre categorie di *input*, *output* e *risultati* come visto nel paragrafo 2.3.

Gli indicatori di *input* individuati sono stati la spesa in Ricerca e Sviluppo italiana nel settore energetico, sia quella complessiva di tutti gli agenti economici sia quella relativa alla spesa pubblica governativa. I dati sono stati ottenuti dal Data Service dell'IEA, l'Agenzia Internazionale dell'Energia, dal report “Detailed Country RD&D Budgets” relativo all'Italia.

accedere alle singole raccolte dati dell'Autorità, in base alle delibere GOP 35/08, 347/2012/R/idr, 574/2018/R/tlr e 715/2018/R/rif.” <https://www.arera.it/it/anagrafica.htm>

¹⁶³ “Movimprese è l'analisi statistica trimestrale della nati-mortalità delle imprese condotta da InfoCamere, per conto dell'Unioncamere, sugli archivi di tutte le Camere di Commercio italiane.” <https://www.infocamere.it/movimprese>

¹⁶⁴ La codifica ATECO nel 2007 ha subito una variazione, cosicché il codice E40 è diventato il codice D35 “Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata”.

Gli indicatori di *output* scelti sono stati i brevetti, le tecnologie con cui produrre elettricità disponibili sul mercato e gli incrementi di efficienza delle tecnologie. Per i brevetti, è stato analizzato il numero di domande depositate. Seguendo la classificazione IPC, *International Patent Classification*, del World Intellectual Property Organization (WIPO), sono stati elaborati 2 indicatori, uno inerente al numero di brevetti relativi al codice IPC H02, cioè la Generazione, conversione o distribuzione della potenza elettrica, e un altro relativo alle tecnologie per la generazione di energia da fonti rinnovabili¹⁶⁵. Il numero dei brevetti depositati è stato ottenuto dalla Banca Dati dell'UIBM, l'Ufficio Italiano Brevetti e Marchi, la quale “fornisce il numero di Brevetti depositati per classificazione IPC (sezione, classe, sottoclasse), relativi agli anni/mesi di deposito ed alla tipologia di domanda selezionata”¹⁶⁶. Inoltre, per quanto riguarda il numero di brevetti inerenti alle fonti di energia rinnovabile, è stato preso in considerazione anche il dato fornito dall'IRENA, l'*International Renewable Energy Agency*, la quale dispone della INSPIRE (*International Standards and Patents in Renewable Energy*), una piattaforma designata a fornire dati e informazioni circa gli standard e i brevetti che ruotano intorno al mondo del rinnovabile¹⁶⁷. Tuttavia, i dati disponibili dell'IRENA coprono solamente gli anni dal 2000 al 2017. Per le tecnologie con cui produrre elettricità, invece, è stato calcolato il numero annuo delle differenti tecnologie che contribuiscono alla produzione di energia elettrica in Italia. Nell'indicatore, per questioni di significatività dei dati, sono state conteggiate esclusivamente quelle che costituiscono almeno il 5% della produzione lorda nazionale. I dati sono stati ottenuti dal file “Produzione lorda di energia elettrica per fonte” dal database di ARERA. Per gli incrementi di efficienza, è stato preso in considerazione l'LCOE (*Levelized Cost of Electricity*), cioè il costo livellato dell'elettricità. Tale indicatore misura il costo della

¹⁶⁵ I codici dei brevetti considerati sono stati F03D per l'energia eolica; F03G, F24J, E04D, H01L e H02N per l'energia solare e geotermica; E02B e F03B per l'energia idroelettrica e C10L, F01K, F02B, F23G e F25B per l'energia derivante da biomassa e rifiuti. (Johnstone, Hašič e Popp. 2009).

¹⁶⁶ <https://statistiche.uibm.gov.it>

¹⁶⁷ I dati ottenuti da INSPIRE sono basati sui dati dell'EPO PATSTAT e utilizzano anche la classificazione Climate Change Mitigation Technologies (Y02) dell'EPO, l'*European Patent Office*.

produzione dell'elettricità ed è utilizzato per confrontare la competitività di una tecnologia rispetto alle altre, ed è solitamente impiegato per confrontare l'energia prodotta da fonti rinnovabili rispetto a quella prodotta da combustibili fossili. Rappresenta il rapporto attualizzato tra tutti i costi che un impianto di produzione di elettricità dovrebbe sostenere nel suo ciclo di vita e tutta l'elettricità prodotta nel tempo¹⁶⁸.

$$LCOE = \frac{\text{somma dei costi nel ciclo di vita}}{\text{somma dell'elettricità prodotta nel ciclo di vita}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

dove n sono gli anni di vita attesi dell'impianto, I_t sono gli investimenti effettuati nell'anno t , M_t sono i costi operativi e di mantenimento dell'impianto nell'anno t , F_t sono i costi per il combustibile utilizzato nell'anno t , E_t è l'elettricità prodotta nell'anno t , mentre r è il tasso di sconto. È stato considerato l'LCOE delle due tecnologie rinnovabili che, come si vedrà nel prossimo capitolo, hanno registrato la maggiore crescita per la quota di contribuzione alla generazione lorda di energia elettrica in Italia: l'eolico e il fotovoltaico¹⁶⁹. I dati sono stati ottenuti dall'IRENA Renewable Cost Database¹⁷⁰.

Per gli indicatori inerenti ai *risultati*, invece, sono stati scelti la penetrazione del mercato e l'intensità di energia su emissioni. Per la penetrazione, è stata considerata la percentuale di energia rinnovabile sul totale della produzione lorda nazionale. I dati sono sempre stati ottenuti dal file "Produzione lorda di energia elettrica per fonte" dal database di ARERA. Per l'intensità, invece, sono stati individuati due indicatori. Il primo è l'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dell'energia elettrica, calcolata come il rapporto tra le emissioni di CO₂e derivanti dalla produzione di elettricità e la produzione lorda di quest'ultima (CO₂e/kWh). I dati sono stati ottenuti dall'*European Environment Agency*, "agenzia dell'Unione europea il cui compito è fornire informazioni indipendenti e

¹⁶⁸ IRENA (2020), Renewable Power Generation Costs in 2019.

¹⁶⁹ Per il fotovoltaico sono stati trovati i dati solamente dal 2010 al 2019.

¹⁷⁰ L'LCOE dei paesi OCSE (inclusa l'Italia) è stato calcolato ipotizzando un costo medio ponderato del capitale del 7.5%, una vita utile degli impianti eolici e fotovoltaici di 25 anni ed escludendo l'impatto di qualsiasi incentivo finanziario.

qualificate sull'ambiente"¹⁷¹. Il secondo è l'intensità energetica, la quale è espressa come il rapporto tra la produzione lorda di energia elettrica e il Prodotto Interno Lordo di un paese (kWh/€). Quest'ultimo è un indicatore fortemente legato allo sviluppo economico di un paese, influenzato da fattori come l'efficienza energetica, la struttura economica e industriale e le condizioni climatiche¹⁷². L'indice è stato elaborato sulla base dei dati ottenuti dal file "Produzione lorda di energia elettrica per fonte" dal database di ARERA e dal database StatBase dell'Istat, l'Istituto Nazionale di Statistica.

I dati ottenuti, infine, sono stati commentati e, sulla base di essi, sono state elaborate delle analisi volte a verificare l'esistenza di una relazione tra l'evoluzione della struttura del mercato della produzione di energia elettrica e le tre componenti dell'innovazione settoriale.

Per tale scopo, utilizzando il programma Excel e il suo componente aggiuntivo *analisi dati*, partendo dai dati raccolti e catalogati nel database è stata costruita una serie di regressioni grazie alle quali si è cercato di rispondere alla domanda di ricerca esposta.

Il modello utilizzato è stato quello delle regressioni lineari semplici, dove ad una variabile indipendente (l'indice HHI) è stata associata una variabile dipendente (uno degli indici dell'innovazione) secondo l'equazione della retta:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

dove y è la variabile dipendente, cioè quella che deve essere spiegata dal modello, x è la variabile indipendente, cioè la variabile usata per predire la variabile dipendente, β_0 è l'intercetta, β_1 è il coefficiente angolare della funzione ed infine ε è il termine di errore.

Per poter valutare i dati analizzati dei vari indici, dalle serie temporali sono state elaborate due regressioni, una che include tutti gli anni disponibili ed una seconda che esclude i primi tre anni individuati. Tale distinzione è stata condotta per

¹⁷¹<https://www.eea.europa.eu/it/about-us>

¹⁷²<https://www.enea.it/it/seguici/le-parole-dellenergia/fonti-rinnovabili-scenari-e-politiche/intensita-energetica>

evidenziare il cambiamento legislativo apportato nel settore e dunque per poter confrontare le differenze registrate durante l'evoluzione dello stesso nel corso degli anni presi in esame. Ai fini dell'analisi, sono state formulate due ipotesi, l'ipotesi nulla H_0 = non esiste relazione tra le variabili oggetto della regressione e H_1 = esiste una relazione tra le variabili oggetto della regressione. Per scegliere quale ipotesi accettare e quale non accettare, è stato effettuato il test del livello di significatività α , stabilendo che il p -value debba essere maggiore di 0,05. Dunque, affinché l'ipotesi H_0 sia rifiutata, e quindi che il risultato sia statisticamente rilevante, si dovrà ottenere che $p < \alpha$. In caso contrario, si accetterà il risultato dell'ipotesi nulla.

Nel prossimo capitolo sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi svolta.

5. I risultati

Dopo aver illustrato i metodi impiegati per la raccolta e l'analisi dei dati, in questo capitolo si analizzeranno le principali dinamiche avvenute nel settore nel corso dell'ultimo ventennio. Si cercherà di osservare il cambiamento della struttura industriale del settore e verificare l'esistenza di una relazione tra l'evoluzione di quest'ultima e le innovazioni apportate nel mercato italiano della produzione di energia elettrica.

5.1 La struttura del mercato

Dai dati raccolti, si è potuto evincere come la struttura, in seguito al processo di liberalizzazione avviato negli anni Novanta, sia profondamente mutata. L'*unbundling* del vecchio monopolista statale, Enel, e la contestuale apertura del mercato ai privati, ha determinato l'ingresso di nuove imprese che nel corso degli anni sono andate a costituire un mercato dinamico e competitivo.

Negli anni presi in esame, emergono in particolare due trend: 1) la quota di Enel, in contrazione ogni anno, ha ridotto notevolmente il potere di mercato dell'*incumbent*, a favore delle altre imprese che sono accorse nel settore; 2) la quota di mercato degli *altri produttori* è stata in continua crescita dall'introduzione del decreto Bersani ad oggi. Con *altri produttori* ci si riferisce a quelle imprese che hanno una capacità di generazione contenuta rispetto ai grandi gruppi che operano sul mercato, e producono da 5 TWh a 0,1 TWh annui ma, se considerati in aggregato, sono molto rilevanti ai fini della produzione lorda nazionale, attestandosi come il più grande produttore energetico italiano.

Dall'analisi è emerso come l'ingresso continuo di imprese, in particolare molto piccole, ha determinato questo cambiamento radicale nella struttura settoriale. Tuttavia, i principali gruppi del mercato risultano avere una elevata stabilità nel tempo e, con l'eccezione di Enel, essere poco influenzati dall'entrata di altre imprese nel settore. Infatti, la quasi totalità dei principali gruppi presenti dagli anni

2002-2003 ha detenuto quote di mercato rilevanti fino al 2019¹⁷³, mostrando l'elevata sopravvivenza nel settore per le grandi imprese.

Inoltre, come si vedrà meglio nel prossimo paragrafo, è da notare che i nuovi entranti medio-piccoli hanno comportato anche un cambiamento nelle modalità di produzione dell'elettricità, generando quasi esclusivamente da fonti di energia rinnovabile (principalmente fotovoltaico), risultando così un veicolo per introdurre un'innovazione di prodotto nel settore.

Di conseguenza, insieme alla quota di mercato è mutata anche la distribuzione dimensionale delle imprese attive operanti nel settore. Infatti, se nel 1998 Enel

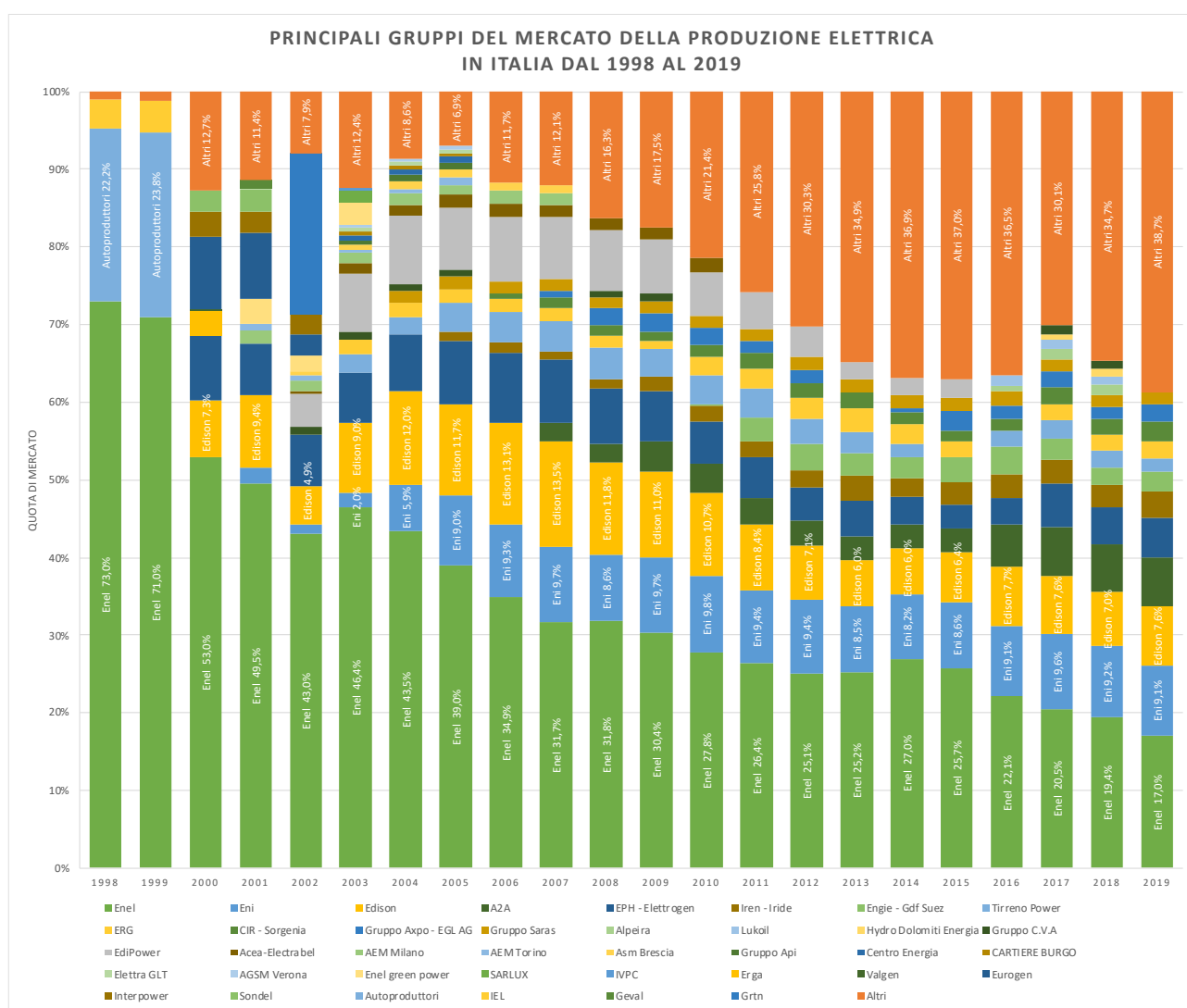


Fig. 5.1 Principali gruppi del mercato della produzione elettrica in Italia dal 1998 al 2019. Elaborazione su dati ARERA.

¹⁷³ Ai fini dell'analisi è stato tenuto conto anche dei gruppi che hanno cambiato proprietà e denominazione o sono passati attraverso un processo di fusione e acquisizione.

deteneva da sola quasi totalità dell'elettricità prodotta con 188,86 TWh, lo scenario del 2019 si presenta profondamente differente.

L'impresa che ha generato di più è sempre stata Enel con 49,5 TWh, circa il 74% in meno rispetto al 1998. A seguire vi sono gli altri gruppi principali del settore per capacità di generazione, per un totale di 89,8 TWh prodotti, pari a circa il 30% della produzione lorda nazionale. Risultano poi altri gruppi minori, in particolare quello delle imprese *senza vendite*, che corrisponde alla classe di quelle imprese che “producono energia elettrica, ma non svolgono l'attività di vendita al mercato finale. La maggior parte degli autoconsumi [...] è da attribuire proprio a questa categoria, tradizionalmente popolata da soggetti autoproduttori e dai soggetti che cedono l'energia al Gestore dei servizi energetici (GSE)”¹⁷⁴, l'ente predisposto della promozione della sostenibilità ambientale in Italia, come visto nel capitolo precedente.

Nel 1998, l'indice di distribuzione dimensionale γ aveva un valore di 37,81 mentre nel 2019 di 72,24. Nel ventennio preso in considerazione, dunque, la distribuzione delle imprese del mercato, già con una asimmetria positiva elevata, ha incrementato ancora di più il proprio valore. Rispetto al 1998, però, un certo numero di grandi imprese, con una buona fetta di mercato, coesiste con una serie di piccole imprese. Dalla forma della distribuzione, è evidente come il mercato presenti la c.d. coda lunga, dove la somma delle piccole imprese contribuisce alla generazione tanto quanto facciano i grandi gruppi industriali.

	<i>Imprese 1998</i>	<i>Imprese 2019</i>
Media	0,163037	0,020526
Errore standard	0,132054	0,00455
Mediana	0,009571	0,007755
Moda	2,41E-05	0,007755
Deviazione standard	4,993681	0,527483
Varianza campionaria	24,93685	0,278238
Curtosi	1429,869	6134,82
Asimmetria	37,81274	72,24557
Intervallo	188,8644	49,49225
Minimo	2,41E-05	0,007755
Massimo	188,8644	49,5
Somma	233,1429	275,9064
Conteggio	1430	14297

Tab. 5.1. Statistica descrittiva della popolazione delle imprese di produzione dell'energia elettrica nel 1998 e nel 2019. Elaborazione su dati ARERA.

¹⁷⁴ ARERA, Relazione annuale 2020.

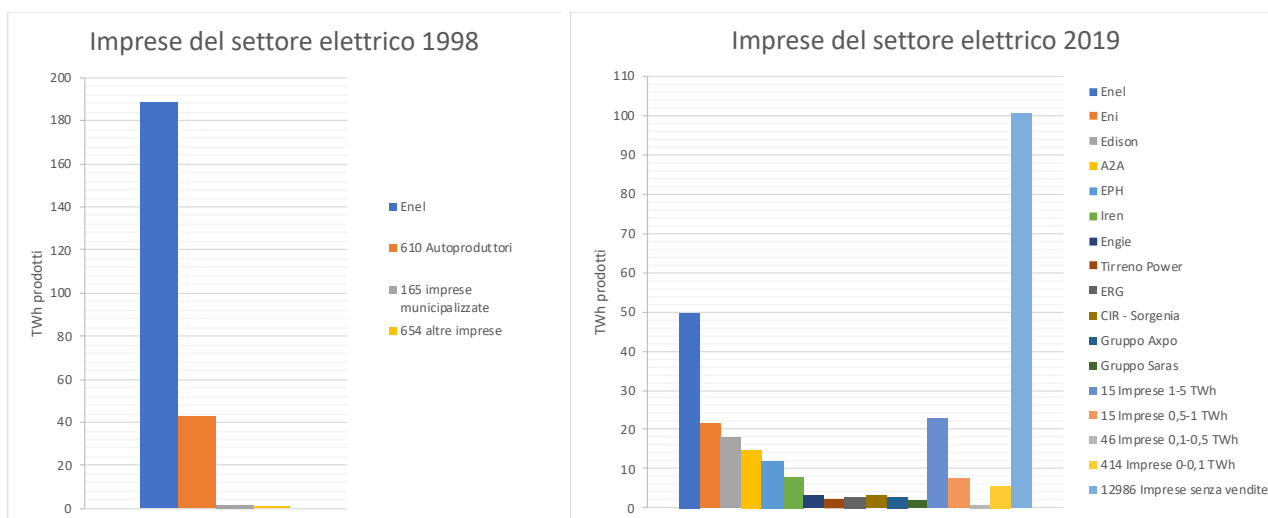


Fig. 5.2 e 5.3 La distribuzione delle imprese operanti nel settore elettrico nel 1998 e nel 2019, ordinate per TWh prodotti. Elaborazione su dati ARERA.

I mutamenti nella struttura produttiva e nella ripartizione delle quote di mercato, quindi, si sono ripercossi anche nella concentrazione e nel potere di mercato delle imprese. Nell'arco di un ventennio, il mercato della produzione dell'energia elettrica è passato dall'essere un settore altamente concentrato (HHI pari a 6.736 nel 1997) con un'unica impresa dominante sul mercato, ad un settore con un basso indice di concentrazione (HHI pari a 546 nel 2019).

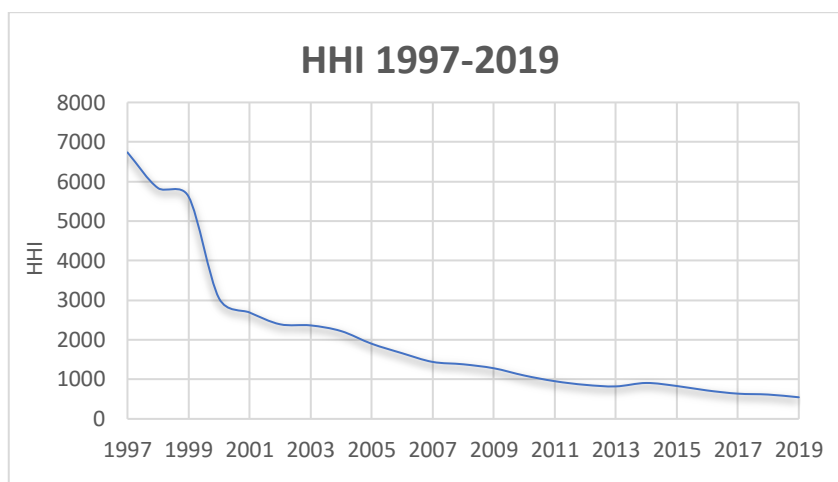


Fig. 5.4 L'andamento dell'Indice Herfindahl-Hirschman dal 1997 al 2019. Elaborazione su dati ARERA.

È da notare, inoltre, come il numero totale di imprese non abbia mai registrato una flessione nel periodo preso in esame. Infatti, il numero degli entranti è cresciuto

nel tempo, registrando negli anni 2011-2013 un picco, per poi ritornare a valori più contenuti ma sempre positivi. Un picco che è avvenuto in concomitanza degli ultimi *Conti Energia* approvati dal governo, come visto nel capitolo 3. Ciò risulta coerente con quanto affermato nei capitoli precedenti sul ruolo di primo piano dei pubblici decisori nell'influenzare le dinamiche settoriali del mercato dell'energia elettrica. Ma il termine degli ecoincentivi per l'apertura di impianti fotovoltaici non ha determinato uno stop all'ingresso di nuove imprese, segno dell'evoluzione del ciclo di vita del settore ma soprattutto della tecnologia fotovoltaica che, come vedremo nel prossimo paragrafo, ha migliorato la propria competitività rispetto alle tecnologie tradizionali al netto degli incentivi stanziati, risultando abbastanza matura da continuare a determinare l'ingresso di nuovi produttori. È evidente, dunque, come le decisioni politiche, sia con l'attiva cessione di capacità produttiva di Enel, sia con l'apertura del mercato, ma anche grazie ai cospicui ecoincentivi che sono stati stanziati nel corso degli anni, abbiano partecipato alla trasformazione del settore.

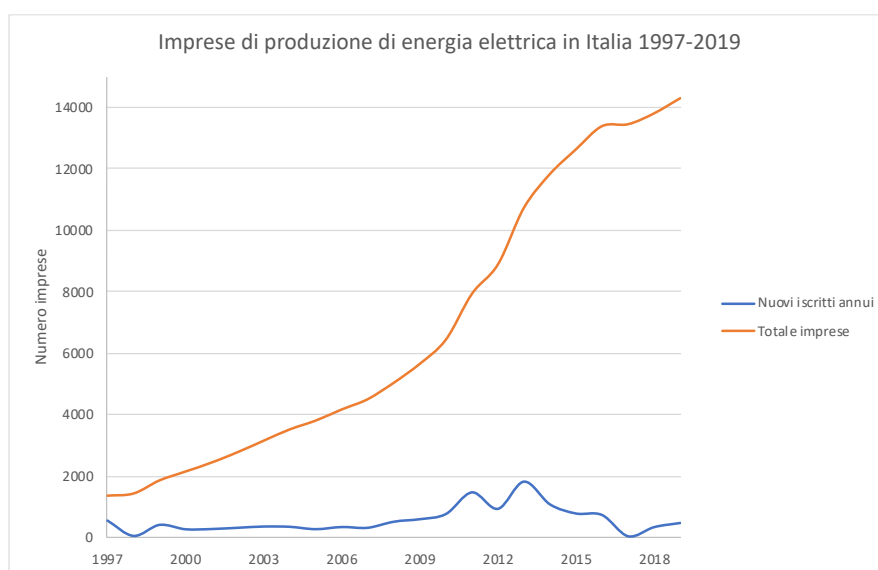


Fig. 5.5 Imprese di produzione di energia elettrica in Italia 1997-2019. Elaborazione su dati ARERA.

Confrontando il dato dell'uscita con quello dell'entrata, invece, si può osservare come il tasso di ingresso si è discostato in modo evidente rispetto all'andamento del tasso di uscita in due occasioni, risultando più basso tra il 2004 e il 2006 e più alto tra il 2009 e il 2012. Ciò è coerente con quanto riportato finora, in quanto nel

primo caso, la riduzione degli ingressi è avvenuta in concomitanza dell'ingresso dei grandi produttori e la conseguente stabilizzazione di grandi quote del mercato. Nel secondo caso, invece, l'andamento risulta congruo con il picco concorso con il termine dei *Conti Energia*. È plausibile ipotizzare, quindi, che dopo il picco del 2011 l'ingresso e l'uscita riguardino principalmente le piccole imprese che costituiscono la coda destra della distribuzione, tralasciando il gruppo delle grandi imprese, più stabili. Si, nota, poi, come il tasso d'ingresso si riduca drasticamente da dopo il 2012, mantenendosi costantemente inferiore al tasso d'uscita. Nonostante ciò, gli ingressi netti sono sempre stati positivi. Tuttavia, si è notato che essi negli ultimi anni dell'analisi svolta sono stati sempre più contenuti, segno di un settore che sta maturando, giungendo ad una nuova fase del proprio ciclo di vita.

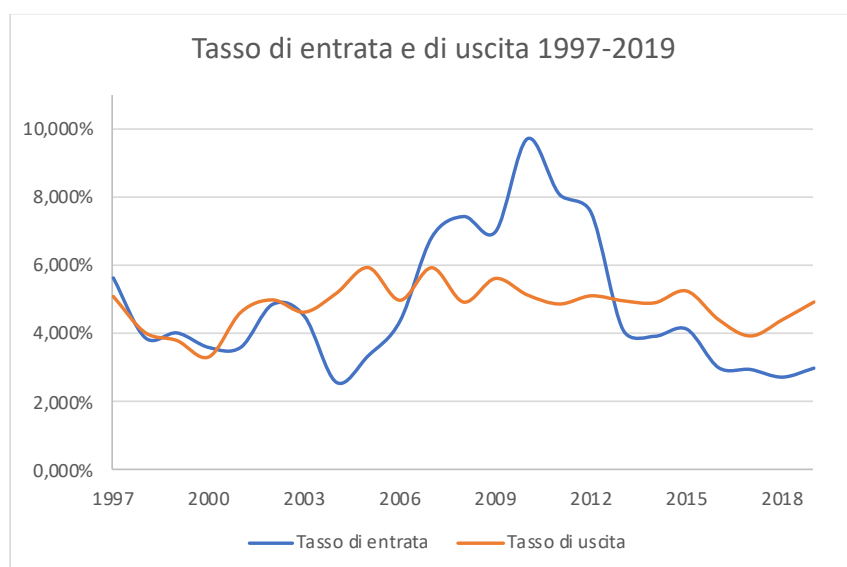


Fig. 5.6 Tasso di entrata e di uscita delle imprese produttrici di energia elettrica, gas e acqua calda in Italia 1997-1999. Elaborazione su dati Movimprese.

L'ingresso di nuovi produttori e il cambiamento delle imprese operanti sul mercato, comunque, non ha impattato sulla quantità complessiva di energia elettrica, mostrando come i fabbisogni di stato, famiglie e imprese hanno potuto essere soddisfatti anche grazie ad operatori medio-piccoli. Anzi, tali ingressi hanno permesso nel tempo di aumentare la quota di energia rinnovabile prodotta, visto che le piccolissime imprese generalmente sono costituite da impianti

fotovoltaici¹⁷⁵. Tali ingressi, infine, mostrano come grazie al rinnovabile, con impianti di modeste dimensioni, si siano sostanzialmente ridotte le barriere d'ingresso nel mercato, per cui è possibile entrare e contribuire alla generazione per la rete nazionale con pochi MWh, senza dover raggiungere la scala di produzione di un grande gruppo.

Dunque, la maturità raggiunta dal mercato e i cambiamenti sino ad oggi riscontrati, potrebbero essere i prodromi di una nuova fase per il settore della produzione di energia elettrica, dove gli incrementi annui degli operatori tenderanno ad essere più modesti rispetto a quanto visto finora. Il cambiamento tecnologico in atto, tuttavia, con le barriere d'ingresso ridotte e la grande decentralizzazione della produzione, molto probabilmente continuerà a costituire un valido incentivo per mantenere nel settore un'elevata quantità di imprese piccole e piccolissime anche nel prossimo futuro.

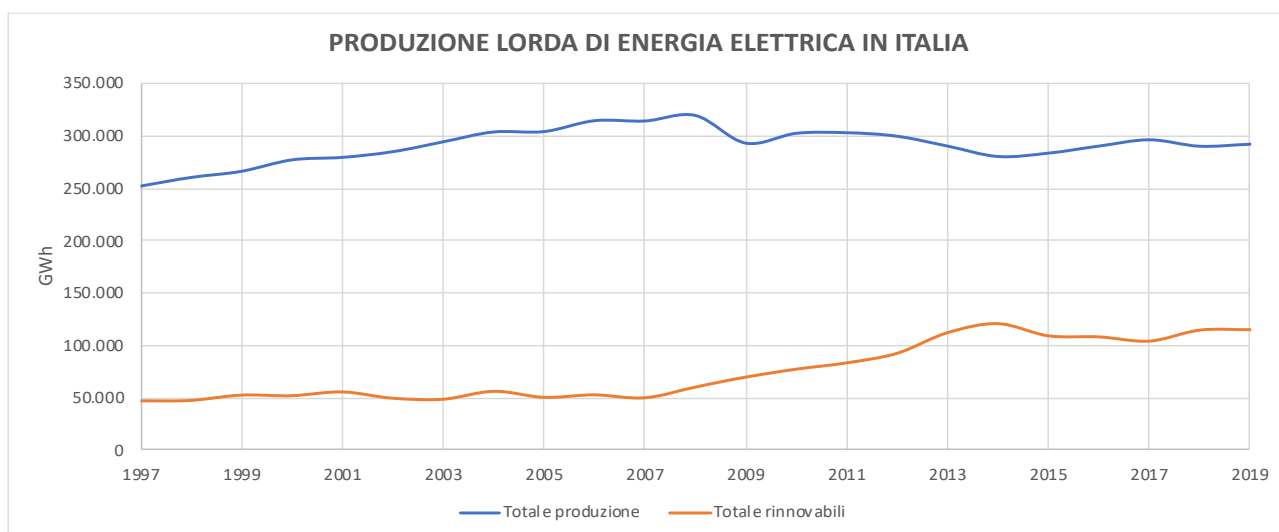


Fig. 5.7 Produzione Lorda di energia elettrica in Italia 1997-2019. Elaborazione su dati GRTN/TERNA.

¹⁷⁵ Tale dato, riportato anche nella Fig. 5.7, è anche una delle metriche dei risultati dell'analisi inerente all'innovazione settoriale.

Anno	Nuovi iscritti annui netti	Totale imprese	HHI
1997	n.a.	1.361	6.736
1998	69	1.430	5.836
1999	429	1.499	5.623
2000	286	1.928	3.049
2001	292	2.214	2.689
2002	337	2.506	2.391
2003	375	2.843	2.363
2004	367	3.218	2.220
2005	289	3.585	1.900
2006	360	3.874	1.660
2007	337	4.234	1.440
2008	535	4.571	1.380
2009	617	5.106	1.280
2010	784	5.723	1.097
2011	1.492	6.507	953
2012	956	7.999	860
2013	1.844	10.730	821
2014	1.100	11.830	908
2015	803	12.633	831
2016	753	13.386	718
2017	60	13.446	638
2018	357	13.803	615
2019	494	14.297	546

Tab. 5.2 I principali risultati ottenuti. Elaborazione su dati ARERA.

5.2 L'innovazione settoriale

Dall'analisi svolta, si è potuto osservare come tutte le metriche inerenti a ciascuna delle tre le dimensioni dell'innovazione del settore, *input*, *output* e *risultati*, si siano modificate nel periodo preso in esame.

Per quanto concerne le metriche di *input*, dal 2000 si è assistito ad un incremento degli investimenti in Ricerca e Sviluppo nel settore energetico italiano. Dalla serie storica presa in esame, si nota la presenza di un picco di investimenti tra il 2011 e il 2014, con ben 4 anni con un investimento superiore ai 580 Milioni di euro. L'incremento risulta essere concorrente a quanto osservato nel precedente paragrafo, che vede sempre in tale finestra temporale un incremento dell'entrata delle imprese e l'evoluzione della normativa del settore. Osservando anche il dato degli investimenti pubblici nel settore, si nota come quest'ultimi siano rimasti stabili nel tempo, con un picco tra il 2005 e il 2007. In tale picco, l'investimento governativo risulta essere pari all'80% circa degli investimenti annui, evidenza di

come per svariati anni la ricerca e sviluppo settoriale sia stata trainata dal comparto pubblico. Però, nel picco tra il 2011 e il 2014, dai dati emerge come in quegli anni l'investimento pubblico apporti solamente tra il 40% e il 50% degli investimenti complessivi, a dimostrazione di come, grazie al cambiamento registrato nella struttura, sia aumentata la ricerca al di fuori del perimetro pubblico.

	Input		Output						Risultati		
	R&S totale (Millioni di Euro (2019 prices and exch. rates))	R&S governativa in Millioni di Euro (nominale)	Brevetti H02	Brevetti rinnovabile	Brevetti IRENA	LCOE Eolico (2019 USD/kWh)	LCOE Fotovoltaico (2019 USD/kWh)	Num tecnologie >5% PLN	Percentuale rinnovabile	Intensità energetica (kWh/€)	Intensità emissioni dell'elettricità (g CO2e/kWh)
1997	n.a.	n.a.	149	219	n.a.	0,17	n.a.	4	18,5%	0,230	512
1998	n.a.	n.a.	196	269	n.a.	0,158	n.a.	4	18,1%	0,228	512
1999	n.a.	n.a.	176	262	n.a.	0,151	n.a.	4	19,6%	0,226	494
2000	364,2	262,7	166	281	22	0,145	n.a.	4	18,6%	0,223	396
2001	381,1	283,0	160	288	35	0,125	n.a.	5	19,7%	0,214	383
2002	391,0	300,1	145	254	39	0,135	n.a.	5	17,2%	0,211	406
2003	367,9	291,3	142	297	37	0,126	n.a.	5	16,3%	0,211	443
2004	350,6	285,0	149	285	45	0,112	n.a.	5	18,4%	0,209	455
2005	311,1	258,0	121	277	57	0,123	n.a.	5	16,4%	0,203	397
2006	428,5	362,8	148	358	92	0,121	n.a.	5	16,6%	0,202	389
2007	408,5	280,5	157	392	164	0,122	n.a.	5	15,7%	0,194	381
2008	426,7	277,0	185	538	281	0,11	n.a.	5	18,7%	0,195	371
2009	387,4	292,0	261	642	426	0,122	n.a.	5	23,7%	0,186	353
2010	515,4	204,5	214	659	404	0,113	0,383	4	25,5%	0,187	338
2011	582,8	234,5	252	716	448	0,137	0,364	4	27,4%	0,184	327
2012	598,5	272,1	236	577	346	0,128	0,191	5	30,8%	0,184	312
2013	558,7	279,6	196	397	254	0,092	0,174	7	38,6%	0,180	272
2014	582,8	263,4	192	339	9	0,091	0,148	7	43,1%	0,172	257
2015	504,6	269,0	262	392	88	0,094	0,126	6	38,5%	0,171	283
2016	436,5	251,5	260	365	74	0,074	0,103	6	37,3%	0,171	262
2017	440,9	256,0	247	364	29	0,097	0,080	6	35,1%	0,170	263
2018	456,7	270,3	297	356	n.a.	0,065	0,072	6	39,5%	0,164	248
2019	n.a.	n.a.	236	300	n.a.	0,062	0,068	6	39,4%	0,163	233

Tab. 5.3 Le metriche dell'innovazione ottenute.

Però, in assenza di una maggiore specificazione, con i dati disponibili non è dato sapere se si tratta interamente di un maggiore investimento da parte delle imprese o di altri istituti privati. Certo è che, come osservato, con una estensione del mercato, sono incrementati gli investimenti complessivi.

INPUT	HHI - R&S Totale		HHI - R&S Governativa	
	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>
<i>Statistica della regressione</i>				
Periodo di riferimento	2000-2018	2003-2018	2000-2018	2003-2018
Correlazione	0,696	0,692	0,319	0,398066
R al quadrato	0,484	0,479	0,102	0,158457
Errore standard	63,934	66,195	30,172	31,270945
Significatività	0,000937	0,003	0,183	0,126753
Coefficiente β_1	-0,0793	-0,111	0,0130	0,023623
Osservazioni	19	16	19	16

Dall'analisi di regressione, si evince come le due variabili di *input* abbiano mantenuto valori molto simili tra i due periodi osservati. Ciò probabilmente è anche dovuto al fatto che i dati disponibili partivano da dopo l'introduzione del decreto Bersani. Per quanto riguarda la Ricerca e Sviluppo Totale, entrambi i periodi presentano un più che positivo grado di correlazione e una elevata significatività, permettendo così di rifiutare l'ipotesi H_0 . Invece, guardando ai risultati inerenti alla Ricerca e Sviluppo Governativa, l'andamento dell'indice della competizione nel mercato della produzione dell'energia elettrica non sembra essere in grado di spiegare il livello di investimenti pubblici nel settore, pertanto l'ipotesi H_0 non è rifiutata.

Guardando alle metriche di *output*, invece, si nota come il numero di brevetti annui sia aumentato nel corso del tempo. L'andamento dei brevetti relativi alla generazione, conversione o distribuzione della potenza elettrica (cod. IPC H02) è stato contenuto e costante nel tempo, senza la registrazione di particolari picchi e crescite stabili e repentine, con una oscillazione tale per cui si sono registrati anche 5 anni (2002-2006) con un numero di brevetti inferiori a quelli registrati nel 1997. Per i brevetti inerenti alle fonti di energia rinnovabile, al

contrario, il numero di brevetti registrati è stato superiore rispetto a quelli per la generazione (dal database UIBM i brevetti riguardanti le energie rinnovabili dal 1997 al 2019 sono stati quasi il doppio, 8827 contro 4547), registrando un picco tra gli anni 2008 e 2012. Tale picco è stato registrato anche nei dati forniti dall'IRENA, nonostante il numero di brevetti contati sia stato inferiore, probabilmente per una questione di differenti criteri di calcolo. C'è da aggiungere, però, che il trend registrato, specialmente per quanto concerne le rinnovabili, segue quanto osservato a livello globale nel settore, con un'accelerazione per la registrazione di brevetti tra il 2011 e il 2012, seguita poi da una notevole frenata che persiste tutt'oggi. Secondo alcuni ciò è una conseguenza in parte spiegabile

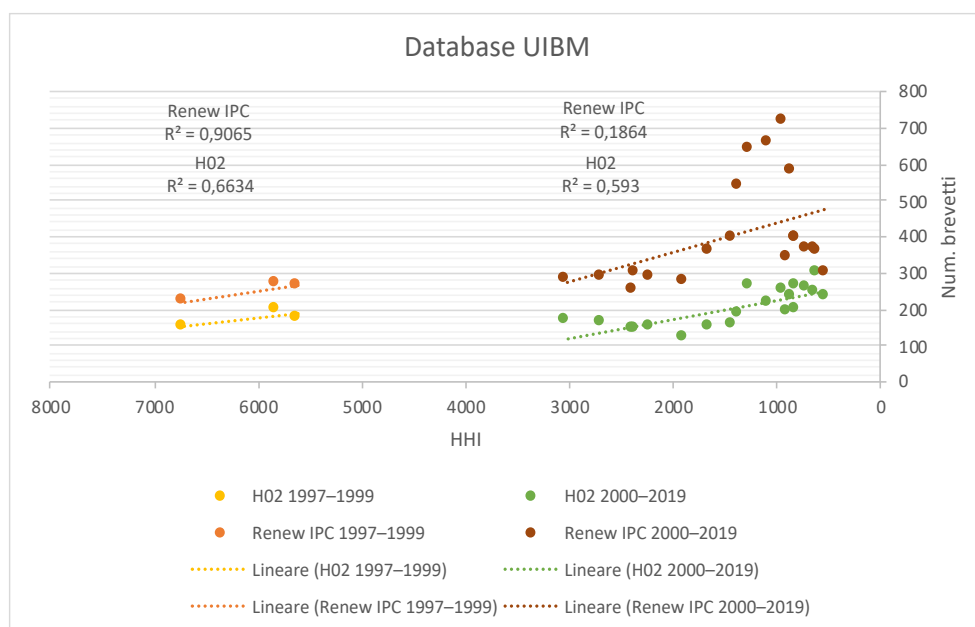


Fig. 5.8 Numero dei brevetti H02 e delle energie rinnovabili in funzione dell'andamento dell'HHI. Elaborazione su dati ARERA/UIBM.

dalla maturità raggiunta da tali tecnologie, determinando una propensione ridotta da parte degli agenti del settore a ricorrere alla protezione della proprietà intellettuale ad esse collegata¹⁷⁶. Tuttavia, nonostante dal 2012 si è registrata una maggiore collaborazione tra paesi OCSE e in via di sviluppo per lo sviluppo delle tecnologie per consentire una efficace transazione energetica e quindi una maggiore circolazione della conoscenza, il mancato ricorso ai brevetti è

¹⁷⁶ IEA (2019).

considerato un campanello d'allarme in quanto potrebbe determinare un ritardo tra l'innovazione e la riduzione dei costi della stessa¹⁷⁷.

OUTPUT	HHI - Brevetti H02		HHI - Brevetti rinnovabile		HHI - Brevetti IRENA	
	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>
Periodo di riferimento	1997-2019	2000-2019	1997-2019	2000-2019	2000-2017	2003-2017
Correlazione	0,489	0,770	0,506	0,432	0,452	0,288
R al quadrato	0,239	0,593	0,256	0,186	0,205	0,083
Errore standard	44,322	33,989	125,711	131,508	143,919	159,160
Significatività	0,018	7,1556E-05	0,014	0,057	0,059	0,298
Coefficiente β_1	-0,014	-0,052	-0,041	-0,080	-0,094	-0,084
Osservazioni	23	20	23	20	18	15

Confrontando il gruppo dei brevetti H02 con quelli inerenti al rinnovabile, si può notare come il primo presenti un consistente livello di correlazione con l'HHI, mentre per i secondi il modello individuato non sembra essere in grado di spiegare sufficientemente il loro andamento. In particolare, per i brevetti relativi alla generazione, conversione o distribuzione della potenza elettrica è evidente come circoscrivendo l'analisi di regressione agli anni successivi al 1999, quest'ultima spieghi molto meglio la relazione con la variabile indipendente HHI. Per quanto riguarda invece le rinnovabili, si può notare come, tra il primo e il secondo periodo dell'analisi, l'andamento dei dati cambi in maniera molto meno marcata, anzi presentando una riduzione dei coefficienti di correlazione e di determinazione R^2 . Inoltre, sempre per i brevetti inerenti al rinnovabile, emerge come tra i due periodi osservati aumenti il *p-value*, determinando l'accettazione dell'ipotesi H_0 per le due variabili. I brevetti H02, dunque, risultano essere l'unica delle tre metriche presentare un grado di correlazione elevato e una significatività tale per cui è possibile rifiutare l'ipotesi H_0 e poter affermare che esiste una relazione tra l'andamento dell'HHI e dei brevetti H02.

¹⁷⁷ IEA (2019).

Per quanto riguarda invece le altre metriche di *output*, nel ventennio analizzato sono cambiate profondamente le fonti di produzione dell'energia elettrica. Sinteticamente, l'Italia è passata da avere quattro tecnologie che producono almeno il 5% della produzione lorda nazionale del 1997 con le sei del 2019. Dal file "Produzione lorda di energia elettrica per fonte" sono emersi due dati fondamentali nella composizione del portafoglio energetico nazionale. Per quanto riguarda la produzione di elettricità dalle tecnologie termoelettriche (non rinnovabili), l'Italia ha praticamente azzerato l'impiego di prodotti petroliferi, passando dal 44,23% del 1997 all'1,15% del 2019. Questa drastica riduzione è stata compensata in parte dal maggiore impiego degli impianti che utilizzano gas naturale, ma soprattutto dalle fonti di energia rinnovabile. Il numero di tecnologie rinnovabili è passato da essere uno soltanto, l'idroelettrico che come apporto è rimasta stabile per tutto il periodo considerato, a quattro, l'idroelettrico, le biomasse e i rifiuti, l'eolico e il fotovoltaico che hanno contribuito rispettivamente nel 2019 al 15,69%, 6,55%, 6,94% e 8,12%. In particolare, quest'ultime due hanno registrato un exploit a partire dal 2011 (il fotovoltaico è passato dallo 0,63% del 2010 al 3,57% l'anno successivo). Si noti, inoltre, come poi dal 2012 l'LCOE del fotovoltaico abbia registrato una sensibile riduzione, passando dai 0,364 USD/kWh del 2011 a ben 0,191 USD/kWh, incrementando drasticamente la competitività degli impianti ad energia solare rispetto alle fonti convenzionale¹⁷⁸. La continua riduzione dell'LCOE degli impianti eolici e fotovoltaici ha permesso una sempre maggiore adozione delle due tecnologie da parte dei produttori di elettricità, contribuendo alla trasformazione del parco energetico nazionale e alla riduzione di emissioni di gas a effetto serra.

¹⁷⁸ Secondo IRENA, il range di costo dei combustibili fossili è tra gli 0,05 e gli 0,19 USD/kWh (IRENA, 2020).

OUTPUT	HHI - Num. Tecnologie		HHI - LCOE Eolico		HHI - LCOE Fotovoltaico	
<i>Statistica della regressione</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>
Periodo di riferimento	1997-2019	2000-2019	1997-2019	2000-2019	2009-2019	2012-2019
Correlazione	0,633	0,540	0,790	0,707	0,881	0,898
R al quadrato	0,401	0,292	0,625	0,499	0,776	0,807
Errore standard	0,729	0,748	0,018	0,017	0,058	0,020
Significatività	0,0012	0,014	7,18967E-06	0,0005	0,001	0,006
Coefficiente $\beta 1$	-0,0003	-0,001	0,000013	0,00002	0,001	0,0003
Osservazioni	23	20	23	20	10	7

Dall'analisi di regressione, emerge come vi sia una correlazione positiva tra le tre metriche di *output* inerenti alle tecnologie e l'andamento dell'Indice Herfindahl–Hirschman. È da notare, inoltre, come i risultati del secondo periodo del numero delle tecnologie e dell'LCOE per la tecnologia eolica presentino una lieve contrazione rispetto al dato del primo periodo. I risultati ottenuti, comunque, riportano valori che permettono di accettare l'ipotesi H_1 , mostrando una fortissima correlazione tra l'andamento dell'LCOE di entrambe le tecnologie analizzate e il grado di competizione del mercato.

Infine, per quanto concerne le metriche inerenti ai *risultati*, si è potuto osservare come gli anni analizzati abbiano visto un'autentica rivoluzione del settore della produzione di energia elettrica. Come già visto nel precedente paragrafo, la quota di elettricità prodotta da fonti rinnovabili è aumentata drasticamente, raddoppiando la propria percentuale di contribuzione sul totale generato nell'arco di 22 anni (dal 18,5% al 39,4%), passando da essere quasi esclusivamente prodotta da grandi centrali idroelettriche a nuovi e distribuiti impianti eolici e soprattutto fotovoltaici. L'Italia così ha dunque raggiunto, con quasi un decennio di anticipo, il proprio obiettivo, posto dalla Commissione Europea, di produrre almeno il 30% dell'energia dei singoli stati membri da fonti rinnovabili entro il 2030¹⁷⁹. Questa importantissima crescita dell'energia prodotta senza combustibili fossili ha inoltre permesso al nostro paese, storicamente

¹⁷⁹ Si veda il paragrafo 3.2

importatore di petrolio, di disporre di nuove tecnologie economicamente competitive che non scontano i problemi di scarsità e approvvigionamento tipici del gas naturale e del petrolio. Ma oltre a ciò, ha determinato ricadute sulla società in senso più ampio. Infatti, l'evoluzione del settore e l'adozione di tecnologie meno inquinanti mostrano come l'Italia sia impegnata a sostenere lo sforzo per la decarbonizzazione del paese, registrando una riduzione dell'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dell'energia elettrica e dell'intensità energetica, seguendo un trend costante per tutto il periodo analizzato.

RISULTATI	HHI - % Rinnovabile		HHI - Intensità emissioni dell'energia		HHI - Intensità energetica	
	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>	<i>Primo periodo</i>	<i>Secondo periodo</i>
Periodo di riferimento	1997-2019	2000-2019	1997-2019	2000-2019	1997-2019	2000-2019
Correlazione	0,574	0,796	0,870	0,859	0,870	0,964
R al quadrato	0,330	0,634	0,756	0,738	0,756	0,929
Errore standard	0,081	0,061	43,453	36,039	0,011	0,005
Significatività	0,004	0,00003	7,128E-08	9,125E-12	7,098E-08	1,235E-06
Coefficiente β_1	-0,00003	-0,0001	0,042	0,00002	0,000011	0,077
Osservazioni	23	20	23	20	23	20

Dall'analisi di regressione condotta per le metriche inerenti ai *risultati*, si registra come la correlazione sia molto elevata per tutte e tre le variabili, e in particolare come sia aumentata tra il primo e il secondo periodo sensibilmente per la quota del rinnovabile e in modo lieve per l'intensità energetica. L'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dell'energia elettrica, invece, ha mostrato una fievole contrazione del grado di correlazione tra i due periodi. È evidente, dunque, come il modello di regressione, in particolare per le due intensità, riesca a spiegare molto bene la relazione che intercorre con l'Indice Herfindahl–Hirschman. Le variabili dipendenti analizzate risultano statisticamente significative, pertanto l'ipotesi H_0 è rigettata ed è possibile affermare che esiste una relazione tra l'evoluzione dell'HHI e delle tre metriche dei *risultati*.

Conclusione

In questa tesi sono state affrontate le tematiche concernenti le dinamiche industriali del settore della produzione di energia elettrica italiano.

Dall'analisi svolta, è stato possibile comprendere i principali trend e cambiamenti avvenuti nella normativa vigente, nella struttura industriale e nelle componenti dell'innovazione, indagando sulle loro relazioni nel periodo preso in esame.

È emerso come le profonde modifiche attuate dai legislatori nella normativa di settore abbiano comportato un mutamento nell'organizzazione del mercato. Tale mutamento, complice anche il progresso tecnologico, ha determinato un'alterazione nel *dominant design* che si era affermato finora, modificando le condizioni di opportunità, riducendo le barriere d'ingresso nel settore ed incentivando così l'installazione di nuovi impianti medio-piccoli, i quali hanno comportato un maggiore sfruttamento di fonti di energia rinnovabile su larga scala, arrivando nel 2019 a costituire poco meno del 40% della produzione lorda nazionale. Tale incremento, però, è stato sostenuto e favorito dai pubblici decisori, i quali hanno incoraggiato l'adozione di nuove tecnologie tramite differenti tipologie di incentivi per motivi di natura politica, dovuti alla maggiore sensibilità dei cittadini italiani ed europei sulle tematiche ambientali e di salute pubblica, ma anche per questioni di sicurezza degli approvvigionamenti energetici. È evidente, dunque, come la regolamentazione, oltre a influenzare lo sviluppo tecnologico, possa anche incidere sul ciclo di vita di un settore, portando tecnologie mature ma con molte esternalità negative ad uscire dal mercato e favorendo al contempo l'ingresso di nuove tecnologie ma con un ridotto impatto ambientale.

Per quanto concerne l'innovazione, invece, dalle metriche ottenute ed analizzate è stato possibile riscontrare un progresso in tutte e tre le componenti individuate. Tra le più evidenti vi sono state la riduzione dell'LCOE delle tecnologie eolico e fotovoltaico, ora con un range di costo paragonabile a quello degli impianti impieganti combustibili fossili, e tutte e tre le metriche dei *risultati* hanno mostrato il grandissimo cambiamento avvenuto nel settore. Dai risultati

conseguiti, infine, è emerso come il cambiamento registrato nella struttura competitiva del mercato della produzione sia positivamente correlato: per le metriche di *input*, con la spesa in Ricerca e Sviluppo Totale del settore; per le metriche di *output*, con il numero di brevetti relativi alla generazione, conversione o distribuzione della potenza elettrica; con il numero di tecnologie presenti sul mercato; con l'LCOE dell'eolico e del fotovoltaico; per le metriche di *risultati*, con la quota di elettricità prodotta da fonti rinnovabili; con l'intensità energetica e con l'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dell'energia elettrica.

Pertanto, è possibile affermare che il passaggio da un mercato altamente concentrato ad un mercato non concentrato è positivamente correlato con l'innovazione occorsa nel settore della produzione di energia elettrica. Il cambiamento della normativa del settore ha permesso di comprendere l'importanza del ruolo dello stato, sia grazie ai provvedimenti di liberalizzazione e privatizzazione, sia grazie agli ecoincentivi a sostegno delle nuove tecnologie *green*. Tuttavia, tra le due dimensioni della regressione, non è possibile sostenere che vi sia un nesso di causalità alla luce delle evidenze presentate in questa tesi, e la regolamentazione analizzata potrebbe non essere sufficiente a spiegare completamente l'andamento delle dinamiche competitive osservate. È pertanto raccomandato, per future ricerche sulle dinamiche industriali del settore elettrico, indagare quali siano le cause dirette o le cause comuni delle variabili esposte nelle regressioni presentate in questa tesi.

Bibliografia

Abernathy, William J. & Clark, Kim B. (1985). *Innovation: Mapping the winds of creative destruction*, Research Policy, Volume 14, Issue 1, Pag. 3-22.

Akerlof, G. A. (1970). *The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism*. The Quarterly Journal of Economics. 84(3). Pag. 488-500.

Allan, C., Jaffe, A.B. & Sin, I. (2014). *Diffusion of Green Technology: A Survey*. International Review of Environmental and Resource Economics, 14(4). Pag. 1-33.

ARERA (2020). *Relazione annuale, Stato dei servizi 2019*. Vol. 1.

Arrow, K. (1962). *Economic welfare and the allocation of resources for invention*. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*. Princeton University Press. Pag. 609–626.

Banerjee, A. V. (1992). *A simple model of herd behavior*. The Quarterly Journal of Economics. Pag. 797-817.

Bikhchandani, S., Hirshleifer, D. & Welch, I. (1992). *A Theory of Fads, Fashion, Custom, and Cultural Change as Informational Cascades*. Journal of Political Economy. 100(5).

Breschi, S. & Malerba, Franco (1996). *Sectoral Systems of Innovation*, in C Edquise (ed.), *Systems of Innovation*. Pinter London.

Christensen, Clayton M. & Rosenbloom, Richard S. (1995). *Explaining the attacker's advantage: Technological paradigms, organizational dynamics, and the value network*, Research Policy, Volume 24, Issue 2, Pag. 233-257.

Ciucci, Matteo (2020). *Mercato Interno dell'Energia*. Note sintetiche sull'Unione europea – 2020, Parlamento Europeo.

Cretì, Anna & Fontini, Fulvio (2019). *Economics of Electricity: Markets, Competition and Rules*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cringoli, Gerardo (2017). *L'integrazione competitiva. L'industria elettrica italiana prima della nazionalizzazione*.

Dahl, Carol A. (2015). *International energy markets: understanding pricing, policies, and profits*. Seconda edizione. PennWell Corporation.

Dasgupta, P. (1987). *The Economic Theory of Technology Policy: an Introduction*. In P. Dasgupta & P. Stoneman, eds. *Economic Policy and Technological Performance*. Cambridge University Press.

Davis, L.W. (2011). *Evaluating the slow adoption of energy efficient investments: are renters less likely to have energy efficient appliances?* In *The design and implementation of US climate policy*. University of Chicago Press. Pag. 301-316.

Dosi, G. (1982). *Technological Paradigms and Technological Trajectories. A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change*, *Research Policy*, 11, Pag. 147-162.

Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. 2nd Edition, Francis Pinter, London.

Fundamentals Handbook Thermodynamics, Heat Transfer, and Fluid flow Volume 1 of 3, U.S. Department of Energy.

Gallagher, K.S., Holdren, J.P. & Sagar, A.D. (2006). *Energy-Technology Innovation*. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1). Pag. 193–237.

Gillingham, K. et al. (2012). *Split incentives in residential energy consumption*. *Energy Journal*. 33(2). Pag. 37-62.

Gillingham, K. & Palmer, K. (2014). *Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence*. *Review of Environmental Economics and Policy*. Pag. 1-21.

Grubb, M. (2014). *Planetary economics: energy, climate change and the three domains of sustainable development*, Routledge.

Grübler, A., Nakićenović, N. & Victor, D.G. (1999). *Dynamics of energy technologies and global change*. Energy policy, 27(5). Pag. 247-280.

Grübler, A. & Wilson, C. (2014). *Energy Technology Innovation*, Cambridge University Press.

Henderson, R. & Clark, K. (1990). *Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms*, Administrative Science Quarterly, 35, Pag. 9-30.

Hirsch-Kreinsen, H. et al. (2003). *Low-tech industries and the knowledge economy: state of the art and research challenges*.

Hunt, S. & Shuttleworth, G. (1996). *Competition and Choice in Electricity*. New York: John Wiley & Sons.

Levin, R, Klevorick, A., Nelson R. R. & Winter S. (1987). *Appropriating the Returns from Industrial Research and Development*. Brookings Papers on Economic Activity, 3, Pag. 147–163.

Littlechild, Stephen C. (1983). *Regulation of British Telecommunications' Profitability: Report to the Secretary of State, February 1983*. Great Britain Department of Industry.

IEA (2019). *Global patent applications for climate change mitigation technologies - a key measure of innovation - are trending down*. IEA, Paris.

IRENA (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Jaffe, A.B., Newell, R.G. & Stavins, R.N. (2005). *A tale of two market failures: Technology and environmental policy*. Ecological economics, 54(2). Pag. 164–174.

Jenkins, J. & Mansur, S. (2011). *Bridging the clean energy valleys of death*. Breakthrough Institute.

King, Stephen P. (2002). *Principles of price cap regulation*. Department of Economics, The University of Melbourne, Australia.

Kleinknecht, A., Van Montfort, K. & Brouwer, E. (2002). *The non-trivial choice between innovation indicators*. Economics of Innovation and new technology, 11(2). Pag.109-121.

Klepper, S. (1997). *Industry life Cycles*, Industrial and Corporate Change, Volume 6, Pag. 145-181.

Kumbhakar, Subal C. & Hjalmarrsson, Lennart (1998). *Relative Performance of Public and Private Ownership Under Yardstick Competition: Electricity Retail Distribution*. European Economic Review 42.

Nelson, R. R. & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. The Belknap Press of Harvard. University Press: Cambridge, MA.

Kamien, M. & Schwartz N. (1982). *Market Structure and Innovation*. Cambridge University Press: Cambridge.

Malerba, Franco & Orsenigo, Luigi (1993). *Technological Regimes and Firm Behaviour*, Industrial and Corporate Change, 2, Pag. 41-11.

Malerba, Franco & Orsenigo, Luigi (1995). *Schumpeterian Patterns of Innovation*, Cambridge Journal of Economics, 19, Pag. 47-65.

Malerba, Franco & Orsenigo, Luigi (1997). *Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities*, Industrial and Corporate Change, Volume 6, Issue 1, 1997, Pag. 83-118.

McLaren, Duncan & Markusson, Nils (2020). *The co-evolution of technological promises, modelling, policies and climate change targets*. Nature Climate Change, vol. 10, Maggio 2020. Pag. 392-397.

McKinsey & Company (2009). *Pathways to a low-carbon economy: Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve*.

Mercure, J.-F. et al. (2016). *Policy-induced energy technological innovation and finance for low-carbon economic growth: Deliverable D2, Study on the Macroeconomics of Energy and Climate Policies*. Commissionato dalla Commissione Europea, Direzione generale per l'Energia.

Murphy, L.M. & Edwards, P.L. (2003). *Bridging the valley of death: Transitioning from public to private sector financing*, National Renewable Energy Laboratory.

Nagaoka, S., Motohashi, K. & Goto, A. (2010). *Patent Statistics as an Innovation Indicator*. In B. H. Hall & N. Rosenberg, eds. *Handbook of the Economics of Innovation*. Elsevier. Pag. 1083-1127.

Palmer, K., Walls, M. & Gerarden, T. (2012). *Borrowing to save energy: An assessment of energy-efficiency financing programs*. Resources for the Future.

Popp, D., Newell, R.G. & Jaffe, A.B. (2010). *Energy, the environment, and technological change*. In *Handbook of the Economics of Innovation*. Elsevier B.V., Pag. 873-937.

Rogers, E.M. (2010). *Diffusion of Innovations*, Simon and Schuster.

Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on technology*, Cambridge University Press.

Rosenberg, N. (1983). *Learning by using*. In *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press. Pag. 120-140.

Sagar, A.D. & Holdren, J.P. (2002). *Assessing the global energy innovation system: some key issues*. *Energy Policy*, 30(6). Pag. 465-469.

Schmookler, J. (1966). *Invention and economic growth*.

Schumpeter, J. A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper: New York.

Sorrell, S. et al. (2004). *The Economics of Energy Efficiency: Barriers to Cost-Effective Investment*. Edward Elgar Publishing.

Smith, K. (2005). *Measuring Innovation*. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson, eds. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press. Pag. 148-179.

Stigler, George J. (1971). *The Theory of Economic Regulation*. *The Bell Journal of Economics and Management Science* 2.

Sutherland, R. J. (1991). *Market Barriers to Energy-Efficiency Investments*. *The Energy Journal*. 12(3). Pag. 15-34.

Teece, D. (1986). *Profiting from Technological Innovation*, *Research Policy*, 15, Pag. 285-306.

Utterback, J. M. & Abernathy, W. J. (1975), *A Dynamic Model of Product and Process Innovation*, *Omega*, 3, Pag. 639-656.

Wilson, C. (2014). *Input, Output and Outcome Metrics for Assessing Energy Technology Innovation*. In A. Grübler & C. Wilson, eds. *Energy Technology Innovation*. Cambridge University Press.

Winter, S. (1984). *Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes*, *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, 5, Pag. 287-320.

Young, P.H. (2009). *Innovation Diffusion in Heterogeneous Populations: Contagion, Social Influence, and Social Learning*. *American Economic Review*, 99(5), Pag.1899-1924.

Sitografia

<https://www.acea.it/guide/efficienza-energetica>

<https://www.arera.it/it/anagrafica.htm>

[https://www.camera.it/leg17/522?tema=mercati_energetici\)](https://www.camera.it/leg17/522?tema=mercati_energetici)

https://www.camera.it/leg17/522?tema=mercati_energetici#l_arera_nel_contesto_europeo_e_nazionale

<https://www.eea.europa.eu/it/about-us>

<https://www.enea.it/it/seguici/le-parole-dellenergia/fonti-rinnovabili-scenari-e-politiche/intensita-energetica>

https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_it

https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_it

https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it

https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_en#timeline-for-renewable-energy-in-the-eu

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

<https://energy.gov/sites/prod/files/2013/06/f2/h1012v1.pdf>

https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_it

https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/it/FTU_2.1.9.pdf

<https://www.gse.it/chi-siamo/identita-e-valori#Gruppo>

<https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>

<https://www.iea.org/commentaries/global-patent-applications-for-climate-change-mitigation-technologies-a-key-measure-of-innovation-are-trending-down>

<https://www.ilportaleofferte.it/portaleOfferte/>

<https://www.infocamere.it/movimprese>

<https://www.justice.gov/atr/herfindahl-hirschman-index>

<https://www.justice.gov/atr/horizontal-merger-guidelines-08192010#5c>

<https://www.oxforddictionaries.com/definition/english/bibliometrics>

<https://www.sgenergia.it/glossario/riserva-di-potenza/>

<https://statistiche.uibm.gov.it>

<https://www.terna.it/it/chi-siamo/terna-breve>

<https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/dispacciamento>

Riassunto

Nel presente elaborato sono state analizzate le dinamiche industriali del settore della produzione di energia elettrica italiano. In particolare, l'analisi svolta si è concentrata sull'evoluzione del settore e su come è cambiato il modello di organizzazione del mercato in seguito al processo di liberalizzazione iniziato negli anni Novanta dello scorso secolo e proseguito nei due decenni successivi.

L'analisi, coprendo un ventennio dal 1997 al 2019, ha poi analizzato i cambiamenti tecnologici avvenuti e il livello di innovazione registrato negli anni considerati.

L'obiettivo di questa tesi, dunque, è stato quello di indagare la relazione che intercorre tra l'evoluzione del settore e il grado di innovazione nel periodo preso in esame.

È stato spiegato che l'elettricità è una forma di energia esistente in natura che, nel corso degli ultimi 150 anni, è stata sviluppata ed adatta dall'uomo per soddisfare i propri bisogni. Da allora, il processo di miglioramento delle tecnologie per sfruttare l'energia elettrica non si è mai fermato ed è in continua evoluzione, permettendo di avvalersi nel corso degli anni di una moltitudine di fonti primarie di energia. L'uso dell'elettricità a fini commerciali iniziò a svilupparsi nel XIX secolo e mutò profondamente le società ottocentesche, facendole approdare in una nuova era, grazie all'applicazione di questa energia innovativa in tre distinti ambiti dirompenti: 1) l'illuminazione elettrica; 2) il motore elettrico; 3) i trasporti e le telecomunicazioni. Queste nuove tecnologie rivoluzionarono la vita delle persone, in particolare quella delle classi lavoratrici, in quanto i ritmi della giornata lavorativa non erano più vincolati dalla disponibilità della luce solare, dalla forza fisica o dalla distanza dal luogo di lavoro.

Oggi, la produzione di elettricità avviene principalmente in centrali elettriche. Esse sono siti industriali dove le fonti di energia primaria vengono trasformate in elettricità. Tali centrali possono essere classificate in base alle dimensioni, cioè a seconda dei kilowattora generati e in base alla fonte primaria impiegata. Le centrali elettriche dunque, a prescindere dalla fonte utilizzata, si avvalgono di infrastrutture

come i tralicci ad alto voltaggio che sono connessi alle reti di distribuzione locale, le quali poi si occupano di portare l'elettricità ai consumatori finali.

Infatti, poiché le centrali elettriche, in particolar modo quelle più grandi, richiedono infrastrutture per portare ad esse i carburanti da utilizzare e tralicci per trasmettere l'elettricità prodotta, è stato osservato come il settore della produzione di energia elettrica sia un'industria ad alta intensità di capitale, con ingenti investimenti richiesti che presentano un elevato costo fisso, non ammortizzabile nel breve periodo. Ciò, storicamente ha implicato, per la produzione di elettricità, una struttura dei costi decrescente e la costituzione di monopoli. In particolare, questi ultimi, sono stati definiti un Monopolio Naturale in quanto è emerso che una singola impresa, per via dei costi sub-additivi, poteva produrre una quantità Q ad un costo inferiore rispetto ad un mercato costituito da due o più imprese. Questo significa che l'impresa monopolista, per massimizzare il proprio profitto, produrrà una quantità Q di elettricità tale per cui i costi marginali eguagliano i ricavi marginali. Poiché i consumatori andranno a pagare un prezzo superiore al costo marginale sostenuto dal monopolista, ciò implicherebbe una perdita di benessere sociale. Per questo motivo, sin dagli inizi del Novecento, i governi nazionali intervennero attraverso vari strumenti, come la nazionalizzazione o l'imposizione di una regolamentazione sui prezzi. L'obiettivo della regolamentazione, quindi, è quello di simulare i meccanismi di efficienza di una struttura di mercato competitiva. In ogni caso, la regolamentazione dovrebbe richiedere all'impresa alcuni impegni contrattuali al fine di ridurre al minimo i costi. Questo si traduce nella creazione di giusti incentivi per l'impresa monopolista. Si può ipotizzare che il conferimento pattuito (t) con l'impresa sia uguale a $t = a + b \cdot Costs$. I principali approcci regolatori individuati per la determinazione dei prezzi sono stati il tasso di rendimento (*rate of return*) e il limite di prezzo (*price cap*).

È stato poi osservato come i fallimenti non sono esclusivi del mercato. A causa delle elevate competenze tecniche richieste, anche l'azione diretta dei governi e delle autorità di regolazione può condurre a dei fallimenti. In particolare, la stretta relazione tra regolatori di nomina governativa, governo e impresa

regolamentata, può portare all'assunzione di decisioni che possono compromettere la libertà d'impresa, l'interesse dei consumatori e determinare conflitti d'interessi.

La presa di coscienza dei possibili fallimenti della regolamentazione governativa ha permesso la trasformazione del settore dell'energia elettrica, riducendo le regole e aumentando la competizione. Ma il mercato dell'energia elettrica non può essere analizzato come un'entità unica e indivisibile. Se vi sono pochi dubbi che la trasmissione di energia elettrica sia un monopolio naturale per via delle economie di scala, l'innovazione tecnologica ha messo in discussione la teoria economica che vedeva l'intero mercato dell'elettricità come un monopolio naturale, in particolar modo nel segmento della produzione di energia elettrica.

La sua catena del valore è composta da diversi segmenti, tutti interconnessi tra loro, ognuno con le proprie curve di costo e con una differente evoluzione nel tempo. Tali segmenti sono: la *produzione*, la *trasmissione*, la *distribuzione* e la *commercializzazione* agli utenti finali.

La letteratura ha individuato, così, quattro distinti modelli per il settore elettrico in base al livello di apertura alla competizione, dal meno al più aperto. Il modello dell'*Industria Verticalmente Integrata* è caratterizzato dall'assenza di competizione in ciascun segmento della catena del valore, di fatto stabilendo un monopolio sull'intera industria, dalla generazione alla vendita al dettaglio dell'energia elettrica. Il *Modello Single Buyer* è invece caratterizzato dalla presenza della competizione esclusivamente nella fase di *produzione* di elettricità. Nel *Modello del Mercato all'Ingrosso (Wholesale Market)*, invece, oltre alla competizione a livello di produzione, è prevista la costituzione di un mercato comune nel quale effettuare operazioni di compravendita dell'energia elettrica all'ingrosso. Il *Modello Completamente Liberalizzato (Fully Liberalized Model)*, infine, è caratterizzato dalla distintiva separazione funzionale (*unbundling*) per ogni segmento della catena del valore e per ogni agente che opera nel mercato. Vi sono agenti distinti, non solo per la generazione e la trasmissione, ma anche per la distribuzione e il commercio di energia elettrica.

Il progresso tecnologico ha ricoperto un ruolo cruciale per lo sviluppo di differenti modelli per il mercato del settore elettrico. Nella letteratura, è stato osservato che l'organizzazione dell'attività innovativa in un settore può avvenire secondo distinte modalità. È possibile che, entro un perimetro industriale e/o tecnologico, le attività innovative siano concentrate tra le più grandi e importanti imprese del settore, oppure che siano distribuite tra un numero più ampio di imprese concorrenti, dove anche le più piccole sono molto attive. Queste ed altre differenze all'interno della struttura delle attività innovative furono sintetizzate in due diversi pattern industriali ideali attraverso cui spiegare l'evoluzione e l'organizzazione dei vari settori e furono chiamati *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*. Evidenze empiriche hanno in seguito rilevato che i pattern dell'innovazione presentano differenze tra i vari settori analizzati e similarità tra i vari paesi negli schemi innovativi per una data tecnologia. I pattern schumpeteriani sono stati poi messi in relazione con i regimi tecnologici. Questi ultimi forniscono una descrizione dell'ambiente tecnologico in cui operano le imprese, ed è stato dimostrato di avere un impatto molto importante sul modo in cui le attività innovative sono strutturate nei diversi settori. In tale analisi, il regime tecnologico risulta essere dato da una specifica combinazione di alcune proprietà fondamentali delle tecnologie: 1) *condizioni di opportunità*; 2) *condizioni di appropriabilità*; 3) *condizioni di cumulatività*; 4) *base della conoscenza*.

Tali meccanismi teorici sono stati poi applicati al caso particolare dell'energia. Con la riduzione dei costi di produzione e la commercializzazione di nuovi prodotti, l'innovazione consente alle aziende di ottenere vantaggi competitivi (monopolistici temporanei) e aumentare i loro profitti, un motore potente per l'innovazione, che però viene sfruttato poco. Infatti, alcune ricerche hanno evidenziato che le imprese nel settore energetico investono poco in innovazione, nonostante l'energia sia l'emblema delle industrie con ricadute e impatti su altri settori e sulla società tutta. Per via di tali ricadute, il progresso tecnologico del settore ha sempre ricevuto l'attenzione e l'interesse dei decisori pubblici. Le politiche per supportare l'innovazione di successo sono state

classificate in due tipi: *Technology push (Spinta tecnologica)*, politiche pubbliche a sostegno dello sviluppo di idee in prodotti; *Market pull (Spinta di mercato)*, politiche pubbliche con il fine di introdurre sul mercato e far crescere le nuove tecnologie. Affinché l'innovazione abbia successo, però, la *spinta tecnologica* deve incontrare la *spinta del mercato*.

La letteratura ha mostrato come il processo innovativo può essere suddiviso nelle fasi di *invenzione, innovazione e diffusione*. Per analizzare le innovazioni nel settore energetico e valutare le relative policy, è risultato utile condensare in degli indicatori di sintesi le informazioni contenute nelle tre fasi. Per gli indicatori per l'innovazione energetica è stato visto che possono essere classificati secondo tre metriche: di *input, output e risultati*.

Le *metriche di input* descrivono gli input finanziari e lavorativi. Tra gli indicatori più comuni vi sono: *a) le spese in R&S; b) gli investimenti; c) le Risorse Umane*. Le *metriche di output*, invece, descrivono i prodotti definiti del processo di innovazione. Tra gli indicatori più diffusi vi sono invece: *a) il numero di brevetti e pubblicazioni; b) le tecnologie; c) le caratteristiche della tecnologia*.

Infine, le *metriche dei risultati* descrivono più ampiamente il settore energetico e gli impatti economici della diffusione delle innovazioni nel mercato. Tra gli indicatori più diffusi vi sono: *a) la penetrazione del mercato; b) il tasso di apprendimento; c) i benefici economici; d) l'intensità di energia su emissioni*.

Dunque, è stata poi affrontata la tematica dell'evoluzione della normativa comunitaria e nazionale del settore elettrico in Italia. Nel corso dei decenni del secolo scorso, il quadro normativo di riferimento e gli obiettivi politici dei decisori pubblici sono mutati profondamente. In Italia, dal 1962 al 1999, il mercato energetico era organizzato secondo un regime monopolistico, in cui l'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) gestiva le attività concernenti la produzione, l'importazione ed esportazione, il trasporto, la trasformazione, la distribuzione e la vendita dell'energia elettrica. Nel corso dei decenni successivi, però, i cambiamenti economici e geopolitici e una maggiore consapevolezza ambientale, comportarono ripercussioni anche sull'organizzazione del settore

energetico. Fu così che, a partire dall'inizio degli anni Novanta, furono implementate alcune riforme, in accordo con la Comunità Europea, per riformare il settore. Furono implementati programmi per incentivare la produzione di energia da fonti rinnovabili e fu istituita l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG), autorità indipendente di regolamentazione dotata di competenze tecniche avente l'obiettivo di tutelare consumatori e promuovere la concorrenza. Ma la svolta in Italia si ebbe con il decreto legislativo 79/1999, meglio noto come "Decreto Bersani". Il decreto recepiva quanto previsto dalla direttiva europea 96/92/CE. Nell'ambito della generazione di energia elettrica, il decreto portò alla creazione di un mercato competitivo, liberalizzando le attività di produzione, vendita finale e interscambio con l'estero e semplificando la normativa per le procedure di autorizzazione volte a realizzare nuovi impianti. Fu poi imposto il divieto di detenere più del 50% della capacità di generazione e importazione ad un singolo operatore. Il decreto, inoltre, dispose la separazione tra le operazioni e la proprietà della rete di trasmissione dell'energia, prevedendo la costituzione di TERNA, l'azienda proprietaria delle reti.

Il processo di liberalizzazione proseguì anche negli anni successivi, con le direttive 2003/54/CE e 2009/72/CE, le quali furono attuate nell'ordinamento italiano rispettivamente dalla legge n. 239/2004 e dal D. Lgs. 93/2011. Questi provvedimenti, insieme ad altri atti normativi minori, permisero il passaggio della struttura del settore dal modello verticalmente integrato al modello completamente liberalizzato.

In quegli anni la legislazione nazionale ed europea, però, oltre che favorire una maggiore liberalizzazione e dinamicità dei mercati energetici, attuò misure volte a promuovere la produzione di energia elettrica tramite fonti rinnovabili. In Italia, tra il 2006 e il 2012, invece, vennero varati degli ecoincentivi denominati *Conto Energia* al fine di sviluppare ulteriormente la diffusione degli impianti fotovoltaici nella penisola. A livello europeo, poi, furono approvate molteplici direttive riguardanti la tutela ambientale l'energia pulita. Tra le principali, vi sono: 1) il Pacchetto 20-20-20, il quale ha posto l'obiettivo ambizioso, entro il 2020, di

ridurre le emissioni di gas ad effetto serra del 20%, di incrementare la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili fino al 20% del totale e di ridurre il consumo di energia del 20%; 2) la direttiva 2018/2001/CE, la quale ha l'obiettivo raggiungere entro il 2030 la quota di almeno il 30% di energia prodotta grazie al rinnovabile e la riduzione dei GHG almeno del 55% rispetto ai livelli del 1990; 3) il *Green Deal Europeo*, nel quale la Commissione Europea ha delineato l'ambiziosissimo obiettivo di rendere l'intero continente europeo climaticamente neutro entro il 2050, mantenendo al contempo un'economia prospera, moderna e competitiva.

Dopo aver determinato le distinte modalità con cui poter organizzare il mercato dell'elettricità, come valutare l'innovazione in tale settore e quali sono stati i cambiamenti apportati dai decisori pubblici che si sono susseguiti nel corso degli anni, è stata illustrata la metodologia di analisi utilizzata. Per l'evoluzione della struttura, l'analisi ha trattato le imprese che costituiscono il mercato della produzione dell'elettricità. Gli indicatori coinvolti sono stati il numero totale delle imprese annue, il numero di nuove imprese annue che sono entrate ed uscite nel mercato con i relativi tassi, la quota di mercato delle principali imprese con il relativo indice di distribuzione dimensionale e soprattutto l'Indice Herfindahl–Hirschman (HHI). Quest'ultimo rappresenta la misura della concentrazione di un mercato ed è utilizzato per determinare il livello di competizione all'interno dello stesso. Per quanto riguarda invece l'innovazione, sono stati individuati 11 indicatori, classificati secondo le tre categorie di *input*, *output* e *risultati*. Gli indicatori di *input* individuati sono stati la spesa in Ricerca e Sviluppo italiana nel settore energetico, sia quella complessiva di tutti gli agenti economici sia quella relativa alla spesa pubblica governativa. Gli indicatori di *output* scelti sono stati: il numero di domande depositate di brevetti, sia relativi al codice IPC H02, cioè la generazione, conversione o distribuzione della potenza elettrica, sia relativi alle tecnologie per la generazione di energia da fonti rinnovabili; le tecnologie con cui produrre elettricità disponibili sul mercato e gli incrementi di efficienza delle tecnologie. Per gli incrementi di efficienza, è stato preso in considerazione l'LCOE

(*Levelized Cost of Electricity*), cioè il costo livellato dell'elettricità. Tale indicatore misura il costo della produzione dell'elettricità ed è utilizzato per confrontare la competitività di una tecnologia rispetto alle altre, ed è solitamente impiegato per confrontare l'energia prodotta da fonti rinnovabili rispetto a quella prodotta da combustibili fossili. Per gli indicatori inerenti ai *risultati*, invece, sono stati scelti la penetrazione del mercato e l'intensità di energia su emissioni. Per quest'ultima, sono stati individuati due indicatori: l'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dell'energia elettrica e l'intensità energetica, la quale è espressa come il rapporto tra la produzione lorda di energia elettrica e il Prodotto Interno Lordo di un paese. I dati ottenuti, infine, sono stati commentati e, sulla base di essi, sono state elaborate delle analisi volte a verificare l'esistenza di una relazione tra l'evoluzione della struttura del mercato della produzione di energia elettrica e le tre componenti dell'innovazione settoriale. Il modello utilizzato è stato quello delle regressioni lineari semplici, dove ad una variabile indipendente (l'indice HHI) è stata associata una variabile dipendente (uno degli indici dell'innovazione). Per poter valutare i dati analizzati dei vari indici, dalle serie temporali sono state elaborate due regressioni, una che include tutti gli anni disponibili ed una seconda che esclude i primi tre anni individuati. Tale distinzione è stata condotta per evidenziare il cambiamento legislativo apportato nel settore e dunque per poter confrontare le differenze registrate durante l'evoluzione dello stesso nel corso degli anni presi in esame. Ai fini dell'analisi, sono state formulate due ipotesi, l'ipotesi nulla H_0 = non esiste relazione tra le variabili oggetto della regressione e H_1 = esiste una relazione tra le variabili oggetto della regressione. Per scegliere quale ipotesi accettare e quale non accettare, è stato effettuato il test del livello di significatività α , stabilendo che il p -value debba essere maggiore di 0,05.

Dai dati raccolti, si è potuto evincere come la struttura, in seguito al processo di liberalizzazione avviato negli anni Novanta, sia profondamente mutata. L'*unbundling* del vecchio monopolista statale, Enel, e la contestuale apertura del mercato ai privati, ha determinato l'ingresso di nuove imprese che nel corso degli anni sono andate a costituire un mercato dinamico e competitivo. Sono stati

osservati due particolari trend: la quota di Enel, in contrazione ogni anno, ha ridotto notevolmente il potere di mercato dell'*incumbent*, a favore delle altre imprese che sono accorse nel settore e la quota di mercato degli *altri produttori* è stata in continua crescita dall'introduzione del decreto Bersani ad oggi. Dall'analisi è emerso come l'ingresso continuo di imprese, in particolare molto piccole, ha determinato questo cambiamento radicale nella struttura settoriale. Tuttavia, i principali gruppi del mercato risultano avere una elevata stabilità nel tempo e, con l'eccezione di Enel, essere poco influenzati dall'entrata di altre imprese nel settore. Inoltre, è da notare che i nuovi entranti medio-piccoli hanno comportato anche un cambiamento nelle modalità di produzione dell'elettricità, generando quasi esclusivamente da fonti di energia rinnovabile (principalmente fotovoltaico), risultando così un veicolo per introdurre un'innovazione di prodotto nel settore. Ciò ha determinato anche un mutamento nella distribuzione dimensionale delle imprese attive operanti nel settore, incrementando in un ventennio ancora di più l'asimmetria positiva registrata nel 1998. Dalla forma della distribuzione, è evidente come il mercato presenti la c.d. coda lunga, dove la somma delle piccole imprese contribuisce alla generazione tanto quanto facciano i grandi gruppi industriali. I mutamenti nella struttura produttiva e nella ripartizione delle quote di mercato, quindi, si sono ripercossi anche nella concentrazione e nel potere di mercato delle imprese. Nell'arco di un ventennio, il mercato della produzione dell'energia elettrica è passato dall'essere un settore altamente concentrato (HHI pari a 6.736 nel 1997) con un'unica impresa dominante sul mercato, ad un settore con un basso indice di concentrazione (HHI pari a 546 nel 2019). È da notare, inoltre, come il numero totale di imprese non abbia mai registrato una flessione nel periodo preso in esame. Infatti, il numero degli entranti è cresciuto nel tempo, registrando negli anni 2011-2013 un picco, per poi ritornare a valori più contenuti ma sempre positivi. Un picco che è avvenuto in concomitanza degli ultimi *Conti Energia* approvati dal governo. L'ingresso di nuovi produttori e il cambiamento delle imprese operanti sul mercato, comunque, non ha impattato sulla quantità complessiva di energia elettrica, mostrando come

i fabbisogni di stato, famiglie e imprese hanno potuto essere soddisfatti anche grazie ad operatori medio-piccoli.

Per quanto concerne l'innovazione, invece, dalle metriche ottenute ed analizzate è stato possibile riscontrare un progresso in tutte e tre le componenti individuate. Tra le più evidenti vi sono state la riduzione dell'LCOE delle tecnologie eolico e fotovoltaico, ora con un range di costo paragonabile a quello degli impianti impieganti combustibili fossili, e tutte e tre le metriche dei *risultati* hanno mostrato il grandissimo cambiamento avvenuto nel settore. Dai risultati conseguiti, infine, è emerso come il cambiamento registrato nella struttura competitiva del mercato della produzione sia positivamente correlato: per le metriche di *input*, con la spesa in Ricerca e Sviluppo Totale del settore; per le metriche di *output*, con il numero di brevetti relativi alla generazione, conversione o distribuzione della potenza elettrica; con il numero di tecnologie presenti sul mercato; con l'LCOE dell'eolico e del fotovoltaico; per le metriche di *risultati*, con la quota di elettricità prodotta da fonti rinnovabili; con l'intensità energetica e con l'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dell'energia elettrica.

Pertanto, è possibile affermare che il passaggio da un mercato altamente concentrato ad un mercato non concentrato è positivamente correlato con l'innovazione occorsa nel settore della produzione di energia elettrica. Il cambiamento della normativa del settore ha permesso di comprendere l'importanza del ruolo dello stato, sia grazie ai provvedimenti di liberalizzazione e privatizzazione, sia grazie agli ecoincentivi a sostegno delle nuove tecnologie *green*. Tuttavia, tra le due dimensioni della regressione, non è possibile sostenere che vi sia un nesso di causalità alla luce delle evidenze presentate in questa tesi, e la regolamentazione analizzata potrebbe non essere sufficiente a spiegare completamente l'andamento delle dinamiche competitive osservate. È pertanto raccomandato, per future ricerche sulle dinamiche industriali del settore elettrico, indagare quali siano le cause dirette o le cause comuni delle variabili esposte nelle regressioni presentate in questa tesi.