

Una Costituzione Energetica per l'Italia

P. Totaro, F. Pascoli, E. Brandmayr, M. Samengo



Una Costituzione Energetica per l'Italia

Autori:

Pierluigi Totaro
Francesco Pascoli
Enrico Brandmayr
Mirta Samengo

Si ringrazia Paolo Errani per il contributo alla revisione del testo.

Stampato nel mese ottobre 2012.

Stampa: Pixartprinting Srl
Via 1° Maggio, 8
30020 Quarto d'Altino VE
Italia

Quest'opera è stata rilasciata con licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale 3.0 Italia.

Per leggere una copia della licenza visita il sito web

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/it/>

o spedisci una lettera a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

Indice

1	Introduzione	3
1.1	La necessità di una Costituzione Energetica	3
2	Quadro legislativo	5
2.1	Cronologia sintetica del riferimento normativo nazionale ed europeo nel settore energetico	5
2.1.1	I piani energetici regionali e le competenze dello Stato	7
2.2	Il Conto Energia	8
2.3	Le altre tariffe incentivanti	9
2.4	I meccanismi incentivanti in Europa	10
3	Italia ed Europa a confronto	11
3.1	Fabbisogno energetico italiano	11
3.2	Il settore elettrico	16
3.2.1	Le fonti rinnovabili: dati 2011	20
3.2.2	Materie prime e vulnerabilità delle tecnologie a basse emissioni	25
3.2.3	La smart grid	26
3.3	Impatto ambientale delle fonti energetiche	27
4	Possibili scenari futuri	31
4.1	Accordi internazionali: protocollo di Kyoto ed obiettivi europei per il 2020	32
4.2	Obiettivi europei per il 2050	35
5	Proposta di una Conferenza sull’Energia	39
A	Glossario	47
A.1	Energia e Potenza	47
A.2	Multipli delle unità di misura	48
A.3	Unità di misura delle emissioni di CO ₂	49
A.4	Meccanismi di progetto del Protocollo di Kyoto	49

Prefazione

Nell'aprile del 2011 alcuni studenti di Fisica dell'Università di Trieste, dottorandi e giovani ricercatori attivi in diversi centri di ricerca italiani e stranieri, uniscono i propri sforzi per fornire alla popolazione un'informazione oggettiva e scientificamente corretta sui fatti riguardanti l'incidente all'impianto nucleare giapponese di Fukushima.

Dai frutti di questa prima esperienza di sensibilizzazione pubblica, i promotori decidono di estendere la propria attività e fondano il Comitato "Nucleare e Ragione". "Nucleare e Ragione" è un Comitato di natura apartitica e senza scopi di lucro, nato con l'intento di portare all'attenzione della società civile gli aspetti più delicati e controversi della questione energetica italiana, attraverso un'analisi il più possibile obiettiva, equidistante e rigorosa dei benefici e dei rischi legati ad ogni fonte energetica, con particolare attenzione all'impatto sull'ambiente e sulla salute, nonché ai diversi costi economici.

Il suo obiettivo fondante è quello di promuovere il raggiungimento di un'equilibrata strategia di approvvigionamento energetico della quale i cittadini siano resi partecipi e consapevoli, mediante la diffusione delle nozioni scientifiche e tecnologiche che stanno alla base delle tecniche di sfruttamento delle diverse fonti di energia. Il Comitato opera prevalentemente nel territorio del Friuli Venezia Giulia con incontri pubblici, seminari e conferenze e pubblica periodicamente articoli di divulgazione scientifica nel proprio sito web tramite i canali di informazione forniti dai *social networks*.

In seguito all'esito della consultazione referendaria sull'energia nucleare, preso atto del fatto che l'abbandono dell'energia elettronucleare da fissione lasciava aperti numerosi interrogativi sulle strategie di approvvigionamento energetico dell'Italia, il Comitato ha dato impulso alla redazione di questo documento ritenendo fondamentale che si giunga ad una rapida e decisiva soluzione della questione energetica italiana. A tal fine, con il presente documento, chiama a raccolta tutte le associazioni, le organizzazioni, i partiti politici ed i singoli cittadini che intendano appoggiare e sostenere presso le istituzioni la seguente iniziativa: la convocazione da parte del Governo Italiano di una Conferenza Nazionale sull'Energia che, attraverso il contributo di personalità accademiche, istituzioni scientifiche ed enti di ricerca riconosciuti e sulla base di valutazioni tecniche e di argomentazioni oggettive e scientificamente solide, possa elaborare una Costituzione Energetica che garantisca un futuro all'economia e alla società italiana.

Comitato Nucleare e Ragione
27 ottobre 2012

Capitolo 1

Introduzione

1.1 La necessità di una Costituzione Energetica

Lo sviluppo dell'uomo e il progresso della società sono da sempre stati legati alla capacità di saper sfruttare nuove e maggiori fonti energetiche, dal fuoco nella preistoria all'avvento dei combustibili fossili nel XVIII secolo. Nella moderna società industriale l'energia, al pari delle materie prime, costituisce elemento imprescindibile al successo di qualsivoglia processo produttivo. La globalizzazione del mercato inoltre espone l'apparato produttivo di una Nazione alla crescente competizione con altri Paesi, rendendo decisivo il controllo dei costi energetici, al pari di altri fattori, per il mantenimento del complesso produttivo.

Pertanto è necessario poter disporre di una fornitura energetica garantita nel tempo e a costi competitivi.

La produzione, l'approvvigionamento e la distribuzione di energia richiedono risorse, infrastrutture ed un apparato organizzativo che non possono essere demandati esclusivamente all'iniziativa individuale, ma necessitano di un ampio intervento istituzionale. Affinché questo intervento sia energeticamente efficiente, economicamente vantaggioso, sostenibile dal punto di vista ambientale e sociale e con prospettive di lungo periodo, esso deve essere adeguatamente pianificato secondo criteri dettati non da logiche politiche bensì da considerazioni di merito.

Come illustrato in questo documento, delineare il quadro energetico di una Nazione o di una comunità di stati come l'Europa non è affatto un'operazione semplice ed affrontabile con superficialità. Necessita al contrario di attente analisi che uniscono aspetti di carattere scientifico e tecnologico a considerazioni economiche e geopolitiche.

Per questa ragione la pianificazione energetica a livello nazionale o sovranazionale richiede una corretta sintesi delle citate competenze. Il raggiungimento di tale sintesi è stato ostacolato in Italia, oltre che dalla scarsa attitudine della classe politica ad affrontare problemi e ad operare scelte che incidano oltre i tempi ristretti di una legislatura, anche da un approccio molte volte superficiale della società e dei media al problema energetico, troppo spesso dettato da valutazioni parziali se non partigiane, o peggio da reazioni emotive suscitate da eventi di grande impatto.

Alla luce di queste considerazioni e dei dati riportati nei capitoli seguenti, risulta evidente la necessità di ricondurre la discussione energetica sul piano ad essa più consono, ovvero all'interno di un consesso multidisciplinare di esperti avulsi da logiche

partitiche ed estranei alla ricerca di facile consenso, i quali sulla base di argomentazioni trasparenti ed oggettive agiscano nell'esclusivo interesse della Nazione. La convocazione di una **Conferenza Nazionale sull'Energia**, composta di esperti e di rappresentanti istituzionali, fornirebbe gli strumenti al legislatore per l'adozione di una Costituzione Energetica, garantendo inoltre la trasparenza e l'autorevolezza necessarie all'accettazione delle misure proposte da parte della società. La soluzione del problema energetico tramite l'adozione di un Piano Energetico Nazionale lungimirante e di ampio respiro, costituisce a nostro avviso l'elemento indispensabile per condurre l'Italia fuori dalle secche della crisi.

Capitolo 2

Quadro legislativo

Il presente capitolo affronta l'evoluzione del quadro normativo nazionale in materia energetica, a partire dal 1988, anno in cui è stato redatto l'ultimo Piano Energetico Nazionale. Vengono inoltre analizzate le interconnessioni con le direttive europee ed i trattati sovranazionali di volta in volta recepiti, spesso con ritardo, dalla legislazione nazionale. Particolare attenzione è rivolta ai meccanismi incentivanti delle energie rinnovabili, evolutisi repentinamente anche in tempi recentissimi, e sui quali appare incentrata gran parte della politica energetica italiana degli ultimi anni.

Da questa breve disamina emerge positivamente lo sforzo, legislativo ed economico, sostenuto per lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabili, sebbene questo si inserisca in un contesto generale di approccio al problema dell'approvvigionamento energetico non chiaramente definito, fatto che a nostro avviso rappresenta il vero punto debole della situazione energetica italiana.

2.1 Cronologia sintetica del riferimento normativo nazionale ed europeo nel settore energetico

L'ultimo **Piano Energetico Nazionale** (PEN) risale al 1988, e fu redatto sull'onda emozionale dell'incidente nucleare di Chernobyl. La sua attuazione avvenne solo nel 1991, con l'emanazione della **Legge n° 10 del 9 gennaio 1991** recante "Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia". Essa, richiamandosi alla politica energetica della Comunità Europea, si pone come obiettivo lo sviluppo dell'energia da fonti rinnovabili, il miglioramento dei processi di trasformazione e la razionalizzazione e la riduzione dei consumi, in particolare nelle attività industriali (ovvero ad alta intensità energetica), "anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale".

La medesima legge, all'art. 3, specifica essere fonti di energia rinnovabile "il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali". Alle opere pubbliche necessarie alla loro produzione si applica una normativa di vantaggio, riservata alle opere indifferibili ed urgenti. Relativamente al settore della produzione di energia elettrica, la legge (art. 5) demanda alle Regioni e alle Province autonome, d'intesa con

l'ENEA¹, la definizione dei “bacini energetici” per il raggiungimento delle finalità del PEN, tenute in considerazione le infrastrutture energetiche esistenti e la disponibilità di fonti rinnovabili. La definizione del “bacino energetico” territoriale (regionale o provinciale) comprende l'individuazione delle caratteristiche tecnico–produttive degli impianti e delle risorse finanziarie ad essi dedicate.

Dall'impianto della legge si evince come in realtà il Piano Energetico Nazionale fosse solo la somma dei Piani Energetici Regionali. Se da un lato è chiaro l'intento del legislatore nel promuovere ed incentivare la produzione di energia rinnovabile e migliorare l'efficienza del comparto energetico con particolare riguardo alla riduzione del consumo di combustibili fossili (e quindi produzione di CO₂), dall'altro è completamente assente una strategia generale di approvvigionamento energetico di lungo periodo su scala nazionale.

La legge istituisce per la prima volta i contributi in conto capitale (nella misura massima dell'80%) per la produzione di energia da fonti rinnovabili e per la riduzione dei consumi energetici nell'edilizia, sia essa residenziale, agricola, industriale o terziaria. Lo stanziamento per la produzione di energia rinnovabile e per la razionalizzazione dei consumi previsto dalla stessa legge era pari a 261 mld di lire (circa 135 mln di €) per il triennio 91–93.

Mediante i decreti attuativi emanati nel 1993 e nel 1999 ed in seguito alle disposizioni correttive ed integrative introdotte con i Decreti Legislativi n°192 del 19 agosto 2005 e n°311 del 29 dicembre 2006, si pongono le basi per la classificazione e la regolamentazione del rendimento energetico degli edifici.

La produzione di energia rinnovabile gode anche di tariffe incentivanti nell'accesso al mercato elettrico, definite dal provvedimento CIP 6/92, che rimarrà in vigore per otto anni, in seguito sostituito dal sistema dei Certificati Verdi. Nella politica incentivante si inseriranno successivamente gli strumenti della tariffa onnicomprensiva e del “Conto Energia”, di cui riferiremo in dettaglio nel seguito.

Gli obiettivi di promozione delle energie rinnovabili e di riduzione dell'impatto emissivo di CO₂ verranno ribaditi a più riprese, a titolo d'esempio dalle Delibere CIPE del 28 dicembre 1993 (nell'ambito di Agenda 21) e del 19 novembre 1998 (quest'ultima fissa anche ambiziosi livelli di riduzione delle emissioni ad oggi disattesi). Il Patto per l'Energia e l'Ambiente del 1998 definisce tra i campi prioritari di intervento gli accordi internazionali con i Paesi produttori per la stabilizzazione del mercato, la diversificazione delle fonti e la sicurezza degli approvvigionamenti. Tali iniziative sono definite di “medio–lungo periodo”, benché la recente rapida evoluzione degli assetti geopolitici mondiali, e del Mediterraneo in particolare, renda la definizione di tale scala temporale facilmente contestabile.

Nel 2002 viene ratificato dal Parlamento Italiano (**Legge n° 120 del 1 giugno 2002**) il **Protocollo di Kyoto** [1], che fissa gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂, prevedendo tra l'altro per i Paesi inadempienti la disciplina d'acquisto di quote di produzione di CO₂ da Paesi meno sviluppati (maggiori dettagli nel paragrafo 4.1 ed in appendice). Nell'ambito del Protocollo, tenendo conto delle emissioni totali e delle emissioni pro–capite, all'Italia è stato assegnato l'obiettivo della riduzione del 6,5% dei gas serra entro l'arco temporale 2008–2012 rispetto alle emissioni del 1990.

L'attuazione delle direttive europee che regolamentano i meccanismi di progetto del Protocollo di Kyoto, in particolare quelli relativi allo scambio di quote all'interno della Comunità Europea, avviene con l'approvazione del Decreto Legislativo n°216

¹Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

del 4 aprile 2006 e le successive modifiche ed integrazioni apportate con il Decreto Legislativo n°51 del 7 aprile 2008.

Nel luglio del 2007 viene presentato dal Governo Italiano e trasmesso alla Commissione Europea il primo **Piano d’Azione per l’Efficienza Energetica** (PAEE), in attuazione della Direttiva Europea 2006/32/CE del 5 aprile 2006. In esso vengono individuati degli orientamenti per perseguire il raggiungimento entro il 2016 degli obiettivi di miglioramento dell’efficienza energetica, fissati al 9% dalla stessa Direttiva 2006/32/CE.

In seguito, la **Direttiva Europea 2009/28/CE** del 23 aprile 2009 (il cosiddetto “**Pacchetto Clima ed Energia 20–20–20**” [2]) assegna all’Italia ed agli altri Paesi membri dell’Unione ulteriori obiettivi da raggiungere entro il 2020: vengono fissate nuove quote di riduzione delle emissioni di gas serra e del risparmio energetico e si stabilisce un traguardo sul contributo delle fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia, parte del quale riferito in maniera specifica al singolo settore dei trasporti (paragrafo 4.1). Analogamente ai PAEE, la direttiva impone agli stati membri la redazione di un **Piano d’Azione Energetica** (PAN), secondo un modulo prestabilito e comune a tutti, al fine di garantire la completezza e la comparabilità delle informazioni in essi contenute.

Il PAN, redatto dall’Italia e trasmesso alla Commissione Europea il 28 luglio 2010 [3], illustra la strategia da attuare per lo sviluppo delle fonti rinnovabili, prevedendo le misure economiche, normative e di cooperazione internazionale necessarie al raggiungimento degli obiettivi, tra le quali lo snellimento dei procedimenti autorizzativi ed il potenziamento della rete di trasmissione.

Il **Decreto Legislativo n°28 del 3 marzo 2011** recepisce la direttiva 2009/28/CE, definendo un nuovo quadro istituzionale, finanziario e giuridico e gli strumenti per la promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili.

Il 27 luglio 2011 viene approvato in Conferenza Stato-Regioni il secondo PAEE, previsto anch’esso dalla già citata Direttiva 2006/32/CE. In esso è inclusa una valutazione sul raggiungimento degli obiettivi intermedi di risparmio energetico e vengono introdotte alcune innovazioni rispetto al documento precedente, tra cui l’inclusione di alcuni settori inizialmente esclusi come la generazione e la distribuzione dell’energia, ed il coinvolgimento di alcuni soggetti attivi, tra cui le Regioni ed i Comuni. Rimangono invariati gli obiettivi per il 2016, ma viene estesa la durata temporale del Piano al 2020, con lo scopo di uniformare e di mettere in relazione gli obiettivi di efficienza energetica con le politiche sulle fonti rinnovabili formulate nel PAN.

Il Decreto Legislativo “Burden Sharing”, emanato il 15 marzo 2012 in attuazione del Decreto Legislativo 28/2011, per la prima volta quantifica gli obiettivi intermedi e finali di cui ciascuna Regione e Provincia Autonoma deve farsi carico ai fini del raggiungimento degli obiettivi nazionali assegnati all’Italia per il 2020 dalla direttiva europea 2009/28/CE. Nel decreto, rispetto a quanto riportato nel PAN del 2010, sono considerati i soli settori dell’elettricità e dell’energia termica, in quanto le importazioni di energia rinnovabile da Stati membri e da Paesi terzi, nonché le strategie da adottare nel settore dei trasporti dipendono quasi esclusivamente da strumenti nella disponibilità dello Stato.

2.1.1 I piani energetici regionali e le competenze dello Stato

La centralità delle Regioni in materia di interventi di pianificazione energetica appariva già delineata nella Legge n° 10 del 9 gennaio 1991.

Tuttavia il loro ruolo è progressivamente mutato nel corso degli anni. Se da una parte la prima riforma Bassanini (**Legge n° 59 del 15 marzo 1997**) escludeva “la produzione, il trasporto e la distribuzione di energia” dai compiti che venivano conferiti alle Regioni ed agli enti locali, il quadro mutava radicalmente con la riforma del Titolo Quinto della Costituzione (**Legge costituzionale n° 3 del 18 ottobre 2001**). In essa tali voci venivano infatti inserite tra le materie di cosiddetta legislazione concorrente, ovvero quelle per le quali spetta alle Regioni la potestà legislativa, salvo che per la determinazione dei principi fondamentali, che rimane riservata allo Stato.

Alla luce di questo nuovo scenario, in cui le competenze energetiche venivano devolute in maniera significativa agli enti locali, tutte le amministrazioni regionali si sono rapidamente dotate di un piano energetico. Rimane tuttavia ancora inespressa la definizione, da parte dello Stato, dei principi fondamentali ai quali ciascun piano energetico regionale dovrebbe attenersi, nell’ottica di un’armonizzazione degli interventi su tutto il territorio nazionale, dell’interconnessione delle reti, dell’approvvigionamento delle materie prime dall’estero, della gestione congiunta dei problemi ambientali e di sicurezza, comprensiva della definizione dell’iter autorizzativo per la costruzione delle infrastrutture strategiche (es. rigassificatori, depositi di stoccaggio, ecc.).

È doveroso segnalare come solo recentemente, con il già citato Decreto Legislativo “Burden Sharing” del 15 marzo 2012, si siano chiarite le modalità con cui le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano debbano concorrere al raggiungimento dell’obiettivo nazionale del 2020 relativo alla quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia.

Di fatto gli unici significativi interventi legislativi adottati dallo Stato italiano in materia energetica negli ultimi anni sono quelli relativi alla regolamentazione dei meccanismi di incentivazione all’uso delle fonti rinnovabili, come riassunto nei paragrafi 2.2 e 2.3. Si tratta tuttavia di disposizioni di portata temporale limitata, solo parzialmente inquadrate nel contesto del PAEE e del PAN, emanati dall’Italia in attuazione di specifiche direttive europee. Risulta inoltre evidente l’assenza di un qualsiasi indirizzo sulle misure da adottare nei confronti delle altre fonti energetiche (prodotti petroliferi, gas, combustibili solidi, nucleare da importazione), in vista di una rimodulazione del *mix* di fonti impiegato per la produzione di energia elettrica.

2.2 Il Conto Energia

Il **Conto Energia** è il programma europeo di **incentivazione** in conto esercizio della produzione di **energia elettrica da fonte solare** mediante impianti fotovoltaici connessi alla rete elettrica. Questo sistema d’incentivazione è stato introdotto in Italia con il **Decreto Ministeriale del 28 luglio 2005** ed è attualmente regolato dal Decreto Ministeriale del 5 luglio 2012 [4] (**Quinto Conto Energia**).

L’incentivo è riconosciuto alla produzione di energia elettrica a partire dalla data di entrata in esercizio dell’impianto per un periodo di venti anni. La tariffa è costante per tutto il periodo di incentivazione. Le tariffe incentivanti del Conto Energia dipendono principalmente dalla classe di potenza e dalla tipologia di integrazione dell’impianto.

Il Conto Energia, gradualmente sostituitosi al meccanismo dei contributi in conto capitale, è stato uno strumento di largo successo in relazione agli obiettivi previsti, considerato l’enorme impulso alla produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica che ha permesso di conseguire, specie nelle sue emanazioni degli anni 2010 e 2011 (Terzo e Quarto Conto Energia).

A titolo d'esempio, nell'anno 2010 sono stati incentivati impianti fotovoltaici per una potenza pari a 3 459,1 MW. L'incentivo complessivo, al netto dei conguagli, è stato di 773 milioni di euro a fronte di una produzione pari a 1 899 GWh. Rispetto al 2009 l'incentivo medio per kWh si è ridotto da 0,435 a 0,407 €/kWh, poiché sono entrati in esercizio molti impianti di grandi dimensioni e non integrati che accedono alla tariffa più bassa. Tuttavia la produzione incentivata è passata dai circa 670 GWh del 2009 ai 1 899 del 2010, mentre l'incentivo erogato da circa 292 milioni di euro del 2009 ai 773 del 2010². Nel 2011, la produzione incentivata ha raggiunto i 10 730 GWh, portando l'incentivo complessivamente erogato a 5 600 136 081 €/anno. Infine, nel luglio 2012, viene emanato il Quinto Conto Energia, recante norme atte al riordino degli incentivi con lo scopo precipuo di calmarne l'entità e di concentrarne i benefici su alcune particolari tipologie di impianto, come gli impianti di piccole dimensioni (residenziali), quelli integrati a sostituzione di coperture in amianto e quelli innovativi di produzione europea. L'entrata in vigore del Quinto Conto Energia è prevista trascorsi 45 giorni dalla Delibera dell'Autorità dell'Energia Elettrica ed il Gas (AEEG) con la quale si certifica il raggiungimento di quota 6 000 000 000 €/anno di incentivi erogati.

2.3 Le altre tariffe incentivanti

I **Certificati Verdi**, introdotti dal Decreto Legislativo 79/99, sono riconosciuti alla produzione da impianti rinnovabili entrati in esercizio a partire dal 1 aprile 1999, previa apposita qualifica. Sono titoli annuali negoziabili che attestano la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. I Certificati Verdi possono essere venduti ai soggetti obbligati ad immettere nel sistema elettrico una quota di energia elettrica da fonte rinnovabile, mentre quelli invenduti sono ritirati dal Gestore Servizi Energetici (GSE). La produzione elettrica sottostante comporta un ulteriore introito derivante dalla vendita sul mercato dell'energia prodotta. La durata dell'incentivo è pari a 15 anni se l'impianto è entrato in esercizio in data successiva al 31/12/2007.

La **Tariffa Onnicomprensiva** è il sistema di incentivazione delle fonti rinnovabili (escluso il fotovoltaico) alternativo ai Certificati Verdi. La tariffa è detta "onnicomprensiva" in quanto il suo valore include sia la componente incentivante sia la componente relativa alla remunerazione derivante dalla vendita dell'energia immessa nella rete elettrica; essa è applicabile, su richiesta dell'operatore, agli impianti entrati in esercizio in data successiva al 31/12/2007 di potenza non superiore a 1 MW (200 kW per gli impianti eolici) ed ha una durata di 15 anni.

Il **Ritiro Dedicato** è un servizio che il GSE offre dal 1 gennaio 2008 agli operatori che ne fanno richiesta. Si tratta di una modalità semplificata per collocare sul mercato elettrico l'energia prodotta e immessa in rete attraverso l'intermediazione del GSE. I titolari di impianti a fonti rinnovabili possono accedere al Ritiro Dedicato stipulando una convenzione con GSE per il ritiro di tutta l'energia immessa in rete. Quest'ultimo riconosce al produttore il prezzo orario di mercato dell'energia elettrica della zona in cui è collocato l'impianto. Gli impianti con potenza nominale fino a 1 MW possono richiedere l'applicazione dei prezzi minimi garantiti, fissati dall'AEEG, limitatamente ai primi due milioni di kWh di energia elettrica immessa in rete nell'anno.

Lo **Scambio sul Posto** è un meccanismo gestito dal GSE dal 1 gennaio 2009 per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili con potenza fino a 200 kW (20 kW per quelli entrati in esercizio fino al 31 dicembre 2007). Lo Scambio sul Posto consente di

²Fonte: Gestore Servizi Energetici.

valorizzare l'energia immessa in rete secondo un criterio di compensazione economica con il valore dell'energia prelevata dalla rete.

Il **CIP6** è un'altra forma di incentivo gestita dal GSE, non più accessibile ai nuovi interventi. Il provvedimento CIP6/92 ha promosso la costruzione di impianti alimentati a fonti rinnovabili e assimilate attraverso la remunerazione dell'energia elettrica immessa in rete a tariffa incentivante prestabilita. Il GSE ritira l'energia elettrica immessa in rete da questi impianti e la vende in Borsa, scaricando sulla componente tariffaria A3 l'onere derivante dalla differenza tra i costi ed i ricavi della vendita dell'energia ed eventualmente dei Certificati Verdi ad essi associati.

2.4 I meccanismi incentivanti in Europa

Le forme più diffuse di incentivi alle fonti rinnovabili adottate in Europa si possono classificare in cinque grandi famiglie:

Feed in Tariff. La legge impone a determinati soggetti di ritirare l'energia immessa in rete da fonti energetiche rinnovabili (FER), tipicamente a prezzi fissi prestabiliti superiori a quelli di mercato. I soggetti obbligati (enti pubblici o gestori di rete privati) si fanno carico di rivendere sul mercato tale energia. Il prezzo dell'incentivo (differenza tra onere di ritiro e ricavo dalla vendita dell'energia) ricade sul consumatore finale che vedrà in bolletta un capitolo di spesa destinato allo sviluppo delle FER come la componente A3 in Italia o la componente EEG in Germania.

Feed in Premium. La produzione da FER è remunerata attraverso due componenti distinte: la prima proviene dalla vendita sul mercato dell'energia elettrica immessa in rete, esposto alle oscillazioni della domanda e dell'offerta, la seconda è rappresentata dal premio incentivante per l'energia prodotta (o immessa in rete), che è corrisposto dai gestori di rete o da altri enti preposti per legge. In genere la legge prevede un limite massimo e/o minimo cui deve sottostare la remunerazione totale, fino ad annullare il premio se necessario. In Italia il Conto Energia per il solare fotovoltaico prevede una tariffa sulla base dell'energia prodotta.

Certificati Verdi (CV). Analogamente al feed in premium la produzione da FER è remunerata attraverso due componenti distinte: la vendita dell'energia e il certificato verde che attesta la produzione di un determinato quantitativo di energia da fonte rinnovabile rilasciato da un ente (GSE in Italia, OfGem nel Regno Unito, SvK in Svezia ecc.) direttamente ai produttori. La legge impone quindi a determinati soggetti, impegnati nella filiera dell'energia elettrica, di possedere, entro una certa data, un corrispettivo di CV proporzionale al quantitativo di energia elettrica gestita (prodotta, venduta, importata o spacciata). I soggetti obbligati sono quindi tenuti a comprare i CV, garantendo ai produttori da FER una delle due componenti di remunerazione. Il prezzo dei CV è spesso compreso fra limiti di legge. L'Italia è l'unico Paese che abbia scelto come soggetti obbligati i produttori e gli importatori di energia da fonti non rinnovabili; negli altri Paesi generalmente l'obbligo è posto in capo ai venditori di energia o comunque a coloro che acquistano energia sul mercato libero.

Contributo in Conto Capitale. Aiuto economico all'investimento fornito dallo Stato ai produttori erogato con l'obiettivo di sostenere in parte la costruzione degli impianti.

Incentivo Fiscale. Diffuso, ma di limitata entità, consiste nell'esenzione totale o parziale da specificate imposte, di cui sono beneficiari i produttori o i consumatori di energia da FER.

Capitolo 3

Italia ed Europa a confronto

I dati relativi alla **produzione** ed al **consumo di energia** nei Paesi appartenenti all'Unione Europea vengono periodicamente forniti dalle singole agenzie nazionali e successivamente raccolti ed elaborati dalle istituzioni europee, tra cui l'Ufficio Statistico dell'Unione Europea, il Directorate Generale per gli Affari Economici e Finanziari e l'Agenzia Europea per l'Ambiente [5, 6, 7]. La redazione delle statistiche italiane è effettuata da Terna, in collaborazione con il GSE [8, 9].

L'ultima revisione dei dati risale a giugno 2012 [10] e consente di delineare un quadro chiaro e completo della situazione energetica del nostro Paese e di fare un utile raffronto con gli altri Paesi europei. Attraverso l'accesso alle informazioni relative al **periodo 1990–2010** è possibile infatti tracciare l'evoluzione temporale dei consumi di energia, suddivisi per tipologia delle fonti, ed indagare i principali parametri di riferimento al fine di evincere e contestualizzare gli aspetti caratteristici del sistema italiano, mediante un'analisi comparata a livello europeo. I dati salienti di tale analisi sono riportati nei paragrafi seguenti, corredati da tabelle e grafici esplicativi. In questo capitolo viene posta particolare enfasi sul **settore elettrico**, nel quale si è verificata l'evoluzione maggiormente dinamica negli ultimi anni, grazie al considerevole impulso delle fonti di energie rinnovabili. In conseguenza di questa dinamicità, esso rappresenta a nostro avviso il settore di intervento prioritario nell'ambito energetico, e abbiamo dunque inteso evidenziarne le criticità in termini di variabilità ed intermittenza delle fonti, adeguamento della rete distributiva e reperibilità delle materie prime. Viene infine sinteticamente delineato l'impatto ambientale delle fonti energetiche, evidenziando come esso vada attentamente considerato anche per le cosiddette fonti di energia pulita.

3.1 Fabbisogno energetico italiano

Il **consumo interno lordo** di energia italiano, nel 2010, è stato di 175,5 Mtoe (si veda [A.1](#)), pari al 10,0% del consumo complessivo dei 27 stati membri dell'Unione Europea (EU-27).

Come illustrato in [Figura 3.1](#) e riassunto in [Tabella 3.1](#), al fabbisogno energetico italiano hanno contribuito per l'87,1% i combustibili fossili¹, con il rimanente 12,9% ripartito tra fonti rinnovabili, energia elettronucleare da importazione e combustione di rifiuti solidi urbani.

¹Prodotti petroliferi, gas naturale, combustibili solidi (es. carbone).

ITALIA 2010	Consumo interno lordo Mtoe	Importazioni nette Mtoe	%
Totale	175,5	149,5	85,2
Combustibili solidi	14,2	14,3	100,7 ³
Prodotti petroliferi	70,5	68,1	96,6
Gas	68,1	61,6	90,5
Nucleare	–	–	–
Rinnovabili	18,0	1,7	9,4
Elettricità d'importazione	3,8	3,8	100,0
Rifiuti solidi urbani	0,9	–	–

EU-27 2010	Consumo interno lordo Mtoe	Importazioni nette Mtoe	%
Totale	1 759,0	952,3	54,1
Combustibili solidi	280,0	110,2	39,4
Prodotti petroliferi	617,1	561,0	90,9
Gas	441,8	275,5	62,4
Nucleare	236,6	–	–
Rinnovabili	172,1	5,2	3,0
Elettricità d'importazione	0,3	0,3	100,0
Rifiuti solidi urbani	11,2	–	–

Tabella 3.1: Fabbisogno energetico italiano ed europeo per l'anno 2010 suddiviso per fonti con indicazione delle rispettive quote di importazione [10].

L'Italia dispone nel proprio territorio di un numero limitato di giacimenti di materie prime destinate alla produzione di energia. Di conseguenza, l'importazione netta dai Paesi esteri è piuttosto elevata ed ammonta a circa l'85% del totale dei consumi. Tale valore risulta essere largamente superiore alla media europea, che si attesta invece al 54%, grazie soprattutto alle riserve di carbone e di gas naturale nelle regioni centro-settentrionali del continente ed alla produzione di una frazione consistente di energia mediante tecniche di fissione nucleare².

Da una prima analisi comparativa del contributo relativo delle diverse fonti al bilancio energetico, emergono alcuni aspetti atipici del nostro Paese rispetto ai valori europei (Figure 3.1(a) e 3.1(b)). In particolare risultano evidenti la minor incisività del carbone e l'assenza di energia prodotta mediante fissione nucleare, compensate da un maggior impiego del petrolio e del gas naturale e da una quota piuttosto elevata di energia elettrica importata dai Paesi confinanti.

Negli ultimi 20 anni il fabbisogno energetico complessivo italiano è cresciuto del 14%, passando da 153,9 a 175,5 Mtoe. L'andamento temporale del consumo per fonti

²Il materiale fissile, estratto da minerali di uranio, è di prevalente origine extra-europea, tuttavia è importante sottolineare come ad oggi il prezzo del combustibile incida solamente per il 5% sul costo complessivo dell'energia prodotta mediante fissione nucleare. Tale quota sale al 40% ed al 70% nel caso del carbone o del gas (o petrolio) [11]. Lo stesso documento europeo da cui i dati relativi ai consumi e alle importazioni sono tratti [10] non prende in considerazione le importazioni relative al nucleare.

³Le importazioni nette di una determinata materia prima possono talora essere superiori al consumo lordo della stessa. Ciò può avvenire quando un Paese destina una parte delle importazioni all'aumento delle riserve strategiche.

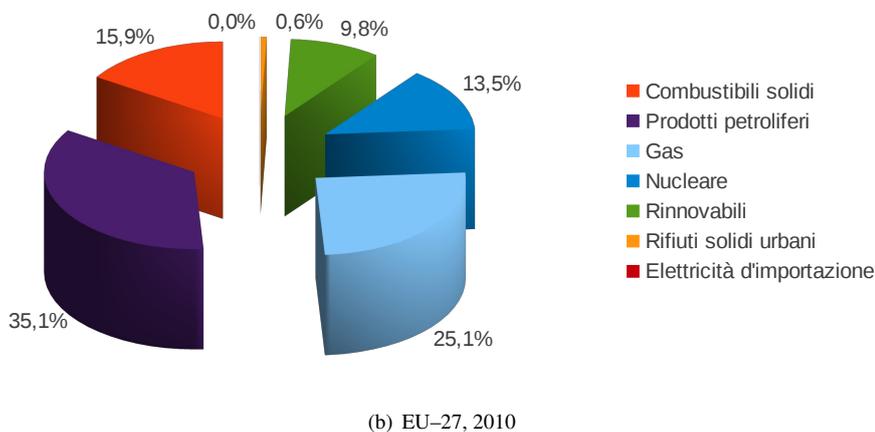
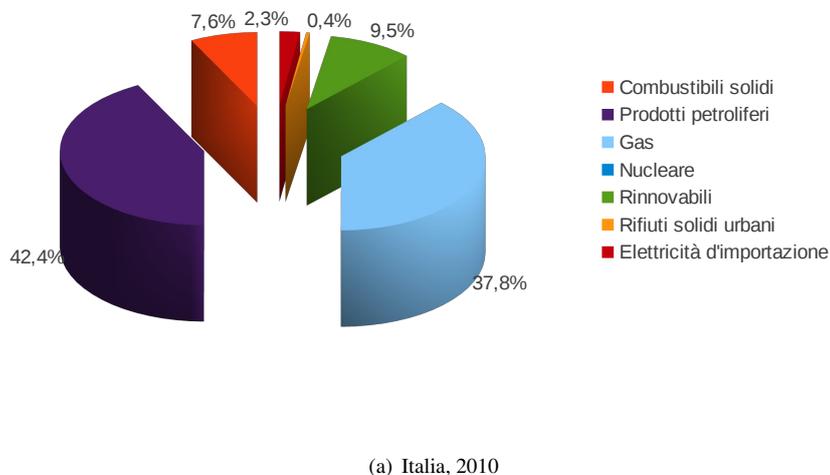
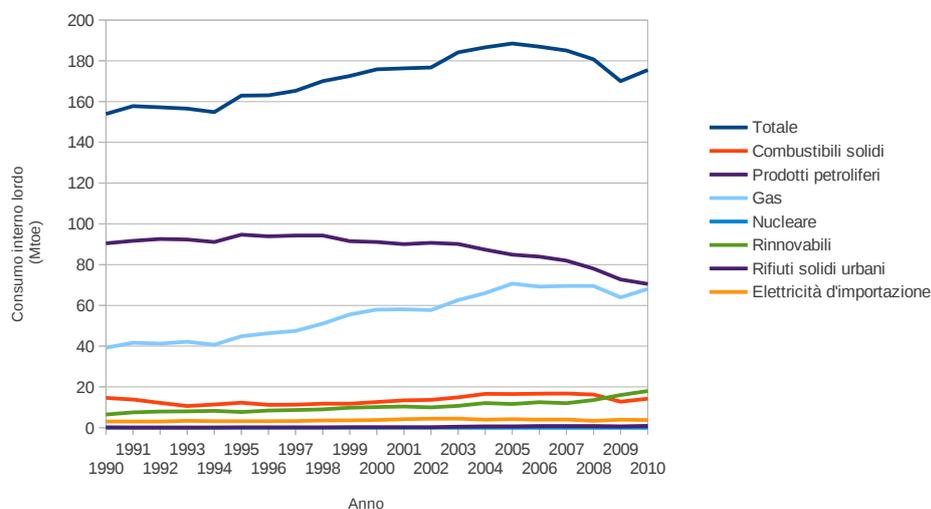


Figura 3.1: Consumo interno lordo per l'Italia e l'EU-27 riferito all'anno 2010 [10].

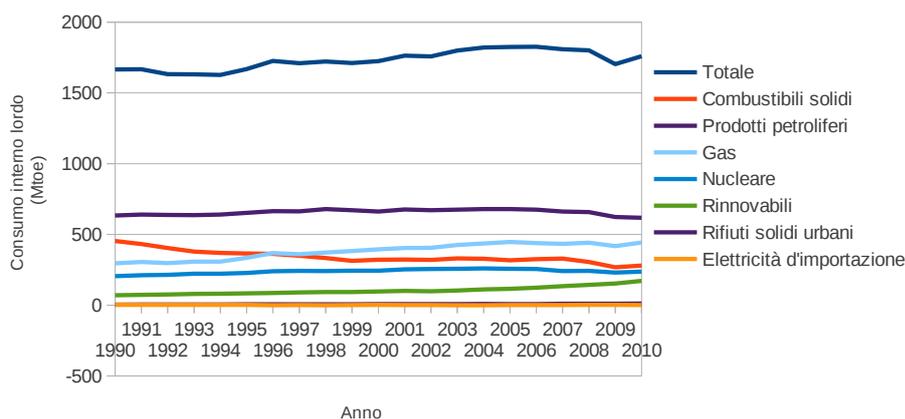
(Figura 3.2), evidenzia come nel nostro Paese l'incidenza dei prodotti petroliferi sia rapidamente diminuita negli ultimi 20 anni, con un calo del 22%, a favore di un maggior e deciso impiego del gas naturale, cresciuto del 74%. Si registra anche una crescita dell'energia elettrica importata dai Paesi confinanti (+27%). L'apporto di energia prodotta da fonti rinnovabili è aumentato in maniera considerevole, con un incremento di quasi il 280%. L'incidenza delle fonti rinnovabili sul bilancio complessivo risulta tuttavia ancora limitato, essendo il suo contributo prevalentemente concentrato nel comparto elettrico.

Nello stesso arco temporale di riferimento, nel panorama europeo il fabbisogno energetico è aumentato del 6% (da 1665,3 a 1759,0 Mtoe). La quota rinnovabile si è innalzata in misura analoga al nostro Paese (+243%). L'energia prodotta da fissione nucleare è aumentata del 15%. Il ricorso al gas naturale come fonte energetica è cresciuto, anche se in maniera più contenuta rispetto all'Italia (+49%) e prevalentemente a discapito dei combustibili solidi (-38%); il contributo dei prodotti petroliferi è rimasto infatti pressochè stabile (-2%).

Dal punto di vista globale i dati rimarcano una crescita continua dei consumi fino al



(a) Italia, 1990–2010



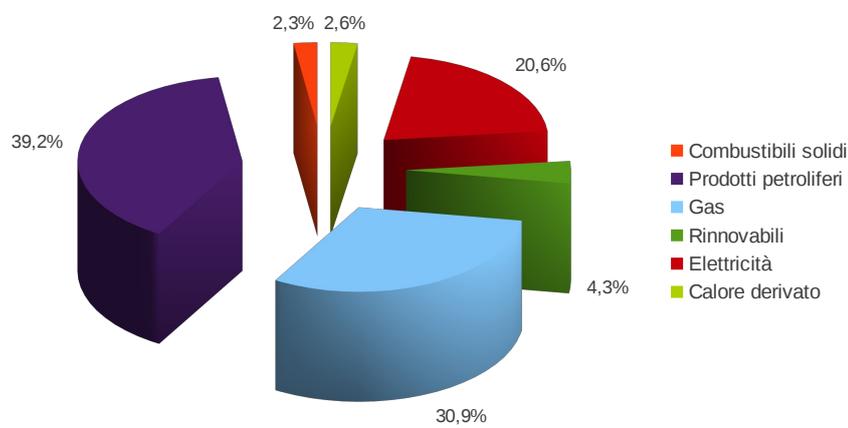
(b) EU-27, 1990–2010

Figura 3.2: Consumo interno lordo per l'Italia e l'EU-27 nel periodo 1990–2010 [10].

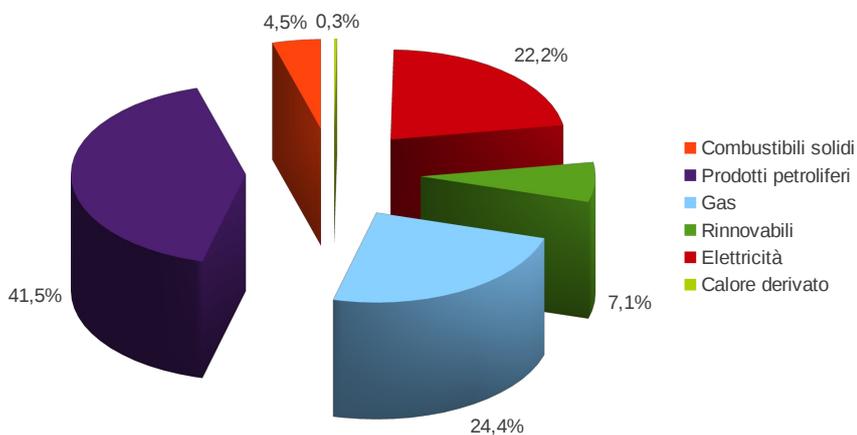
2005, cui ha fatto seguito una fase di relativa stabilità, conclusasi con un calo piuttosto marcato nel 2009, attribuibile principalmente alla contrazione economica continentale. Un parziale recupero dei consumi si è registrato nel 2010.

In Figura 3.3(a) è riportato il **consumo energetico finale** del nostro Paese, al netto delle perdite di trasformazione e di distribuzione. Il settore elettrico rappresenta il 20,6% dell'energia complessivamente erogata al consumatore, analogo al valore medio europeo (Figura 3.3(b)). Questa quota, come verrà illustrato nel paragrafo successivo (Figura 3.5(a)), risulta dalla somma dell'elettricità importata dall'estero e dell'energia elettrica ottenuta sfruttando le fonti rinnovabili ed i combustibili fossili. Il contributo residuo da fonti rinnovabili e da combustibili fossili riportato in Figura 3.3(a) rappresenta perciò la frazione “non elettrica” delle suddette fonti, ovvero quella destinata alla produzione di calore e ai carburanti per i mezzi di trasporto.

Dall'analisi dei grafici rappresentanti il **consumo finale netto per settore** (Figura 3.4), si nota una sostanziale uniformità tra la situazione italiana e quella europea. Ciò può rappresentare uno stimolo per intraprendere un'azione comune e coordinata a livello sovranazionale, per la riduzione dei consumi e delle emissioni. Essendo inoltre le quote sostanzialmente equipartite tra il settore residenziale, industriale e dei trasporti, che da soli costituiscono più dell'80% dell'ammontare totale, risulta evidente la necessità di agire efficacemente su tutti i settori sopraelencati per poter ottenere risultati apprezzabili.

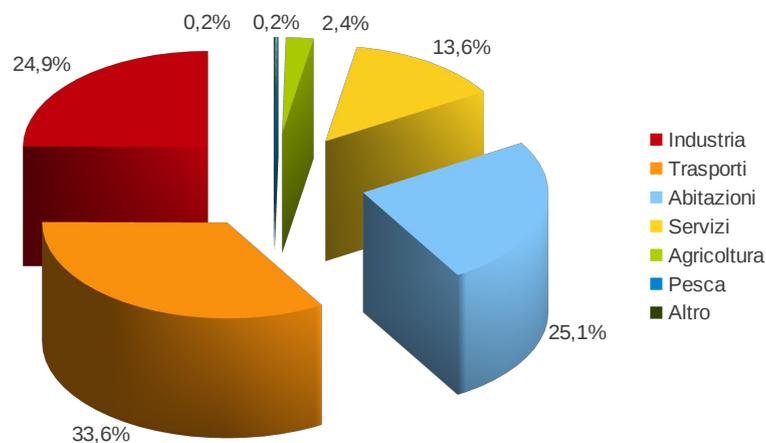


(a) Italia, 2010

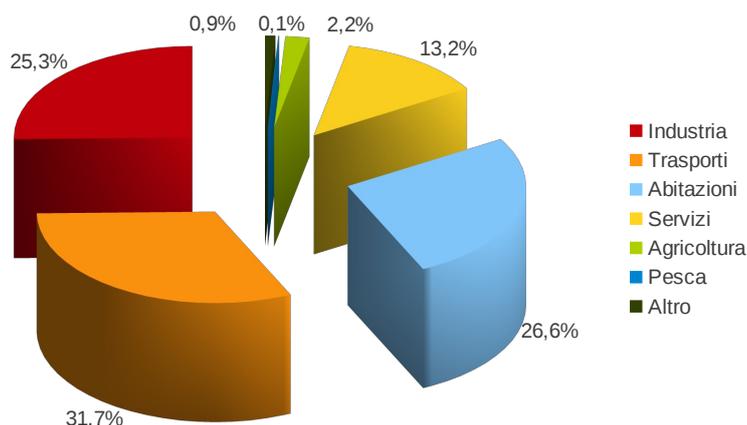


(b) EU-27, 2010

Figura 3.3: Consumo finale per combustibile/prodotto in Italia ed EU-27 al netto delle perdite di trasformazione e di distribuzione, anno 2010 [10].



(a) Italia, 2010



(b) EU-27, 2010

Figura 3.4: Consumo finale netto per settore in Italia ed EU-27, anno 2010 [10].

3.2 Il settore elettrico

Come illustrato in Tabella 3.2, nel 2010 il **fabbisogno di energia elettrica** in Italia (consumo interno netto) è stato di 309,9 TWh, pari a 26,6 Mtoe (si veda A.1 e A.2); la produzione lorda, ovvero la somma delle quantità di energia elettrica prodotte con le diverse fonti, è ammontata a 302,1 TWh. Le perdite di rete sono state pari a 20,6 TWh, il 6,2% del totale dell'energia richiesta sulla rete dal sistema elettrico; l'importazione netta dall'estero, di prevalente origine elettronucleare, è stata di 44,2 TWh, pari al 14,3% del fabbisogno complessivo, valore questo che fa dell'Italia il maggiore importatore in valore assoluto di energia elettrica al mondo [12].

ITALIA 2010	Bilancio consumi elettrici TWh
Produzione lorda	302,1
Produzione netta ⁴	290,7
Destinata ai pompaggi ⁵	4,5
Importazione netta	44,2
Richiesta sulla rete ⁶	330,5
Perdite di rete	20,6
Consumo interno lordo ⁷	346,2
Consumo interno netto	309,9

Tabella 3.2: Bilancio dei consumi elettrici italiani nel 2010 [8, 10].

Analizzando le diverse fonti di produzione (Figura 3.5(a)) e confrontando i valori del nostro Paese con i dati relativi a EU-27 (Figura 3.5(b)), si segnala il forte sbilanciamento dell'Italia verso l'utilizzo del gas naturale come combustibile per la produzione elettrica, con un contributo relativo che si attesta su valori superiori al 50%. La quota complessiva dei combustibili fossili ammonta al 72,4%, mentre il dato medio per l'EU-27 è 50,9%. Da sottolineare è il contributo significativo, a livello europeo, dell'energia elettrica prodotta mediante fissione nucleare, la cui quota si classifica al primo posto, costituendo il 27,4% del totale.

Come evidenziato dall'andamento temporale della produzione elettrica lorda (Figura 3.6(a)), la ridotta diversificazione delle fonti energetiche è un aspetto caratteristico dell'Italia degli ultimi due decenni. Nel 1990 la produzione elettrica risultava fortemente dominata dall'impiego del petrolio, con un contributo prossimo al 50%, aspetto questo anomalo nel contesto europeo, dove il dato medio risultava inferiore al 9%. Nel corso degli anni l'incidenza del petrolio è calata sensibilmente (-79%), ma senza che a questo corrispondesse una armonizzazione ed un riequilibrio tra le altre fonti energetiche: infatti, nonostante la crescita delle fonti rinnovabili sia risultata marcata (+209%) ed in linea con la tendenza europea, è solamente con il determinante incremento del ricorso al gas naturale (+363%) che si è potuto ridurre la quota petrolifera, stante la mancanza di investimenti nelle nuove centrali a carbone con sequestro di CO₂ e la ben nota assenza di produzione di energia da fissione nucleare. Il risultato finale è il permanere di un *mix energetico* sbilanciato e chiaramente esposto alle instabilità politiche dei Paesi fornitori, con l'unica differenza del cambio dell'attore principale (il gas al posto del petrolio).

Di contro, il processo di armonizzazione risulta ben visibile a livello continentale, con una progressiva riduzione del divario tra il contributo delle diverse fonti (carbone,

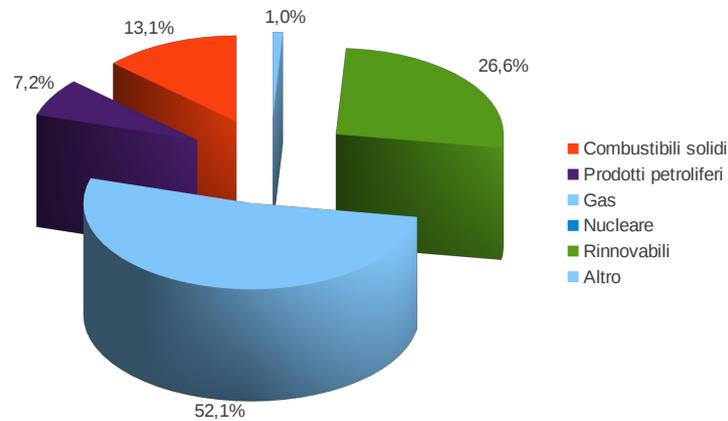
⁴La **produzione elettrica netta** non è altro che l'energia elettrica misurata in uscita dalle centrali: essa è data dalla somma delle quantità di energia prodotta (**produzione lorda**), al netto dei servizi ausiliari (consumi delle centrali elettriche stesse e perdite nei trasformatori)

⁵L'energia elettrica **destinata ai pompaggi** è quella impiegata per il sollevamento di acqua tramite pompe, allo scopo di essere successivamente utilizzata per la produzione di energia elettrica.

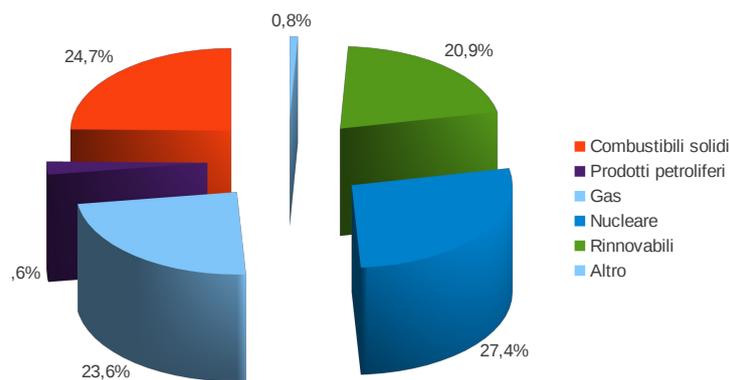
⁶La **richiesta di energia elettrica** sulla rete corrisponde alla somma della produzione netta e del saldo elettrico con i fornitori esteri, a cui va sottratto il quantitativo destinato ai pompaggi.

⁷Il **consumo interno lordo** è uguale alla produzione lorda più il saldo degli scambi con l'estero. Il **consumo interno netto** è pari alla differenza tra la richiesta di energia elettrica e le perdite di rete.

nucleare, gas e rinnovabili) che al giorno d'oggi si suddividono in maniera equilibrata l'intero mercato.



(a) Italia, 2010

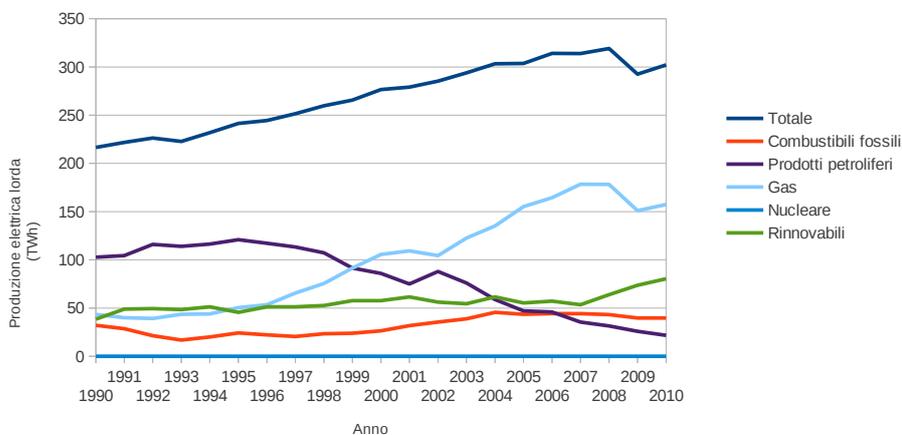


(b) EU-27, 2010

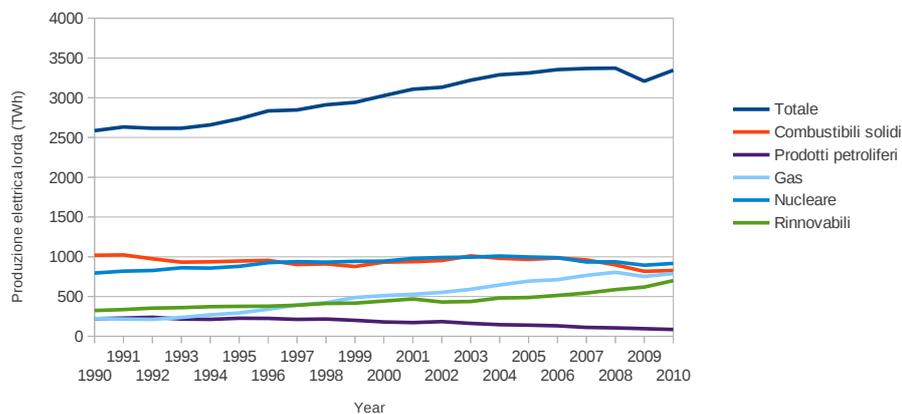
Figura 3.5: Produzione elettrica lorda per combustibile/prodotto, in Italia e nell'EU-27, riferita all'anno 2010 [10].

Considerando nel dettaglio le **fonti rinnovabili**, si può notare come esse in Italia incidano nel 2010 per il 26,6% sulla produzione elettrica totale, un dato superiore alla media continentale (20,9%).

Nell'ambito del fabbisogno elettrico, oltre ai dati complessivi riassunti in Tabella 3.2, risulta di fondamentale importanza considerare l'andamento temporale della richiesta energetica. Quest'ultima è caratterizzata infatti da marcate variabilità, evidenti non solo nell'arco dell'anno, ma anche relativamente ad una singola giornata, come illustrato in Figura 3.7: il grafico riporta le **curve di carico**, ovvero l'andamento della potenza (si veda A.1) richiesta al sistema elettrico nazionale, nei giorni di punta mas-



(a) Italia, 1990–2010



(b) EU-27, 1990–2010

Figura 3.6: Produzione elettrica lorda per l'Italia e l'EU-27 nel periodo 1990–2010 [10].

sima e minima registrati nel 2010 [13]. Come si può notare, la potenza richiesta può raggiungere, in una tipica giornata lavorativa estiva, valori di quasi 60 GW, mentre nelle ore notturne il carico richiesto non risulta comunque mai inferiore ai 20–25 GW.

Essendo al giorno d'oggi ancora impossibile immagazzinare efficacemente l'energia elettrica, risulta chiaro come la sua produzione debba essere sufficientemente flessibile da poter seguire le variazioni di carico richiesto, per minimizzare lo scostamento tra la richiesta e la potenza effettivamente erogabile. Le infrastrutture energetiche devono essere inoltre adeguatamente predisposte per essere in grado di gestire in maniera efficace sia eventuali eccessi di produzione, sia possibili deficit, anche attraverso lo scambio di energia elettrica con le reti di Paesi confinanti (maggiori dettagli al paragrafo 3.2.3).

Inoltre, qualsiasi intervento finalizzato alla modifica dell'attuale *mix* di fonti di approvvigionamento energetico deve necessariamente tenere conto dei suddetti andamen-

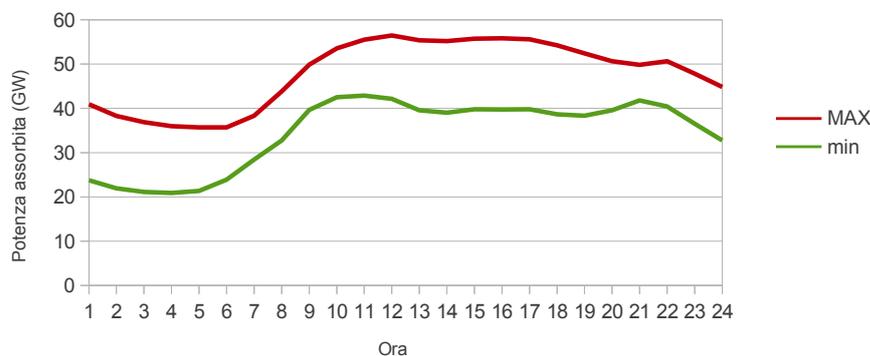


Figura 3.7: Andamento del consumo elettrico istantaneo giornaliero (potenza) nei giorni di punta minima e massima registrati in Italia nel 2010 [13].

ti temporali di carico. Le diverse modalità di produzione di energia elettrica possono infatti essere più o meno efficaci a seconda delle determinate esigenze.

Possiamo in particolare distinguere tre diverse categorie di produzione elettrica: **controllabile**, **pianificabile** ed **aleatoria**. Nel primo caso rientrano tutte le centrali che sono in grado di gestire rapide variazioni di carico (gas, idroelettrico); nel secondo caso vi sono quelle centrali che pur non adattandosi ad improvvise variazioni di carico, possono però coprire variazioni pianificabili (petrolio, carbone, nucleare, geotermico, biomasse); alla terza categoria appartengono quegli impianti totalmente inadatti a coprire variazioni di carico e che sono soggetti a variabilità non controllabili nè pianificabili (solare, eolico).

3.2.1 Le fonti rinnovabili: dati 2011

È interessante valutare separatamente i contributi delle diverse fonti di energia rinnovabile alla produzione elettrica italiana.

Dalla Figura 3.8(a), si osserva come quasi il 70% dell'energia elettrica da fonti rinnovabili in Italia, nel 2010, risulti di origine idrica. Negli ultimi anni il contributo del solare fotovoltaico, dell'eolico e delle bioenergie⁸ ha registrato tuttavia un considerevole aumento. Per apprezzarne compiutamente la portata, è utile prendere in esame le statistiche recentemente rese disponibili da Terna [8] ed aggiornate al 2011, anno in cui la quota rinnovabile è salita al 28%. In termini assoluti, la produzione da rinnovabili è cresciuta dal 2010 al 2011 del 6%, passando da 80,3 a 85,0 TWh. Questa crescita è attribuibile prevalentemente alle nuove installazioni fotovoltaiche, che hanno riportato un aumento di produzione pari al 568% (da 1,9 a 10,8 TWh), superando per la prima volta il contributo degli impianti eolici. Tale incremento è stato parzialmente vanificato dal marcato calo della produzione idroelettrica (-12%), quest'ultimo attribuibile quasi esclusivamente alle sfavorevoli condizioni climatiche. Come conseguenza, l'incidenza dell'idroelettrico sul totale della produzione da fonti rinnovabili è calata nel 2011 al 56% (Figura 3.8(b)).

⁸Le bioenergie sono le fonti di energia derivate dalla *biomassa*, che nel Decreto Legislativo 28/2011 viene definita come *la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.*

L'andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili nel periodo 2000–2011 è riportato in Figura 3.9: in tale arco temporale l'incremento di produzione è stato pari al 47,6%.

È opportuno commentare gli attuali valori di produzione di elettricità da fonti rinnovabili alla luce degli **obiettivi per il 2020** indicati nella direttiva europea 2009/28/CE [2]. L'obiettivo specifico, per l'Italia, è di raggiungere la quota del 26,4% nel rapporto tra la produzione da fonti rinnovabili e il consumo finale lordo di elettricità. È importante sottolineare come, secondo la direttiva, nel computo di questo rapporto non debba venir considerato il contributo idraulico da apporti di pompaggio (pari a 3,3 TWh nel 2010 e 1,9 TWh nel 2011 [8]). Inoltre, i valori della produzione idraulica e eolica devono essere sottoposti a normalizzazione, per tenere conto delle oscillazioni annuali dovute a fattori climatici. Alla luce di queste considerazioni, la quota rinnovabile italiana è risultata essere pari, nel 2011, al 23,5%, così come calcolato in [14]. Tale valore è largamente superiore all'obiettivo del 19,6% indicato nel Piano di Azione Nazionale [3] per lo stesso anno.

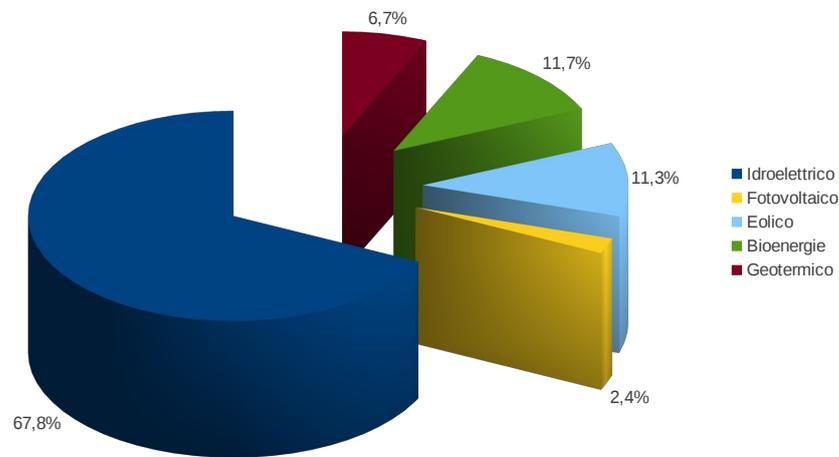
Riportiamo in Tabella 3.3 ed in Figura 3.10 i dati relativi alla **potenza installata** degli impianti a energia rinnovabile nel 2010 e 2011, ed il loro andamento temporale negli ultimi undici anni [14]. Gli aumenti più marcati si sono registrati, sulla spinta delle incentivazioni pubbliche, a partire dal 2007. L'incremento di potenza, rispetto al 2000, è stato pari al 226%, con un aumento, nel 2011 rispetto all'anno precedente, del 37%. In particolare la potenza delle sole installazioni fotovoltaiche è più che triplicata, passando in un anno da 3,5 a 12,8 GW.

ITALIA	Potenza installata fonti rinnovabili (GW)		
	2000	2010	2011
Idroelettrico	16,6	17,9	18,1
Eolico	0,6	5,8	6,9
Bioenergie	0,7	2,4	3,0
Geotermico	0,6	0,8	0,8
Fotovoltaico	0,0	3,5	12,8
Totale rinnovabili	18,3	30,3	41,4

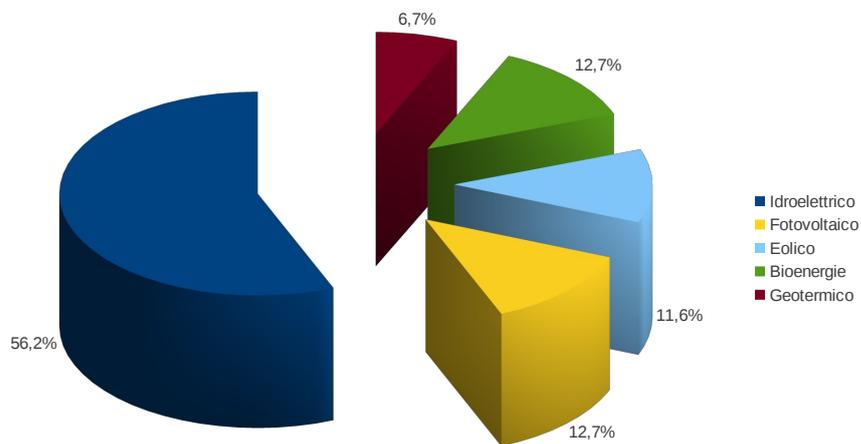
Tabella 3.3: Potenza installata per le fonti rinnovabili in Italia per gli anni 2000, 2010, 2011 [14].

È importante sottolineare come ad un dato aumento di potenza installata non corrisponda un pari incremento dell'energia realmente prodotta in un determinato intervallo temporale, essendo le fonti rinnovabili fortemente condizionate dalla discontinuità e dalla variabilità stagionale. È utile analizzare a tal proposito la variabilità annuale delle fonti energetiche rinnovabili.

In base alla classificazione illustrata nel paragrafo 3.2, le fonti rinnovabili rientrano prevalentemente nella categoria di produzione elettrica pianificabile o aleatoria, fatta salva qualche importante eccezione. L'idroelettrico a serbatoio e a bacino, ad esempio, risulta sia controllabile (facile adattamento a rapide variazioni di carico) sia pianificabile: nonostante l'approvvigionamento idrico dipenda dalle condizioni meteorologiche e climatiche stagionali ed annuali, il flusso uscente dallo sbarramento può essere infatti gestito, accumulando acqua in certi periodi e consumandola in altri, sia esso sulla scala



(a) Italia, 2010



(b) Italia, 2011

Figura 3.8: Produzione elettrica da fonti rinnovabili sul territorio italiano, per gli anni 2010 e 2011 [8, 10].

temporale delle stagioni o del giorno (si vedano le stazioni elettriche a pompaggio, che durante la notte ricaricano i bacini riportando a monte l'acqua consumata durante le ore diurne).

Il solare e l'eolico invece sono fonti aleatorie, in quanto non permettono un accumulo della materia prima e quindi una gestione temporale della stessa. Di conseguenza, tali fonti energetiche sono utilizzabili solamente durante le fasi di immediata disponibilità della materia prima (irraggiamento solare, vento). Questo aspetto condiziona nel complesso il sistema elettrico, che deve essere strutturato in modo tale che fonti alternative controllabili siano in grado di sopperire in maniera rapida e flessibile alla mancata produzione delle fonti aleatorie nelle giornate ad esse sfavorevoli.

Questo tipo di variabilità va tenuta conto in sede di pianificazione; il grafico in Figura 3.11 vuole mettere in evidenza la fragilità del complesso delle fonti rinnovabili

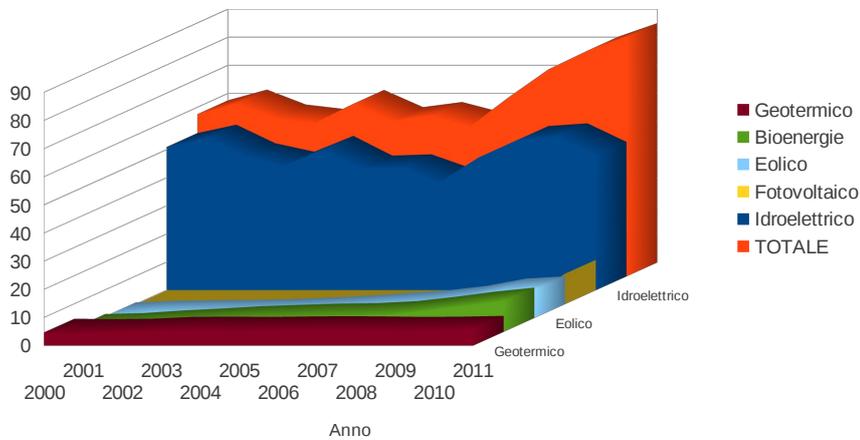


Figura 3.9: Andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000–2011 [8, 10].

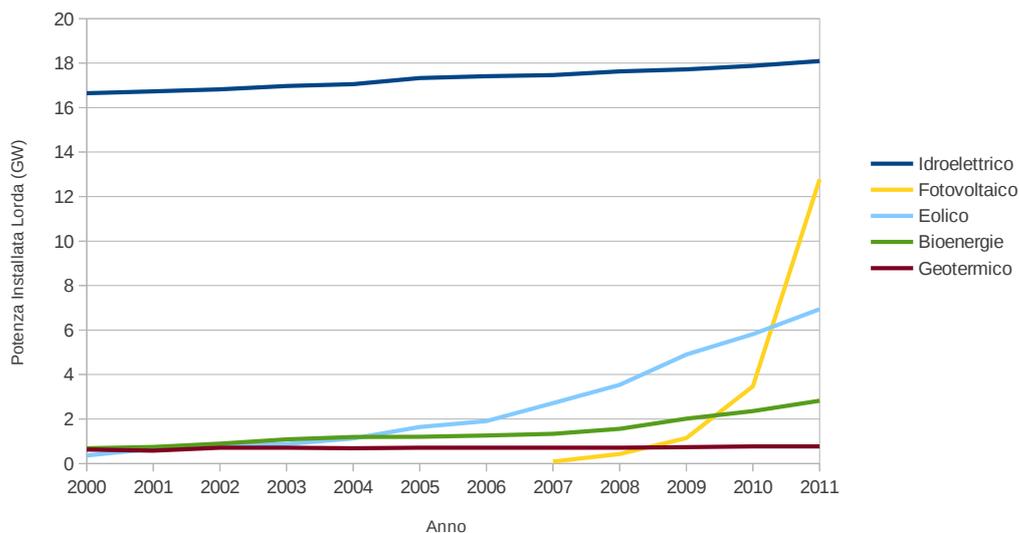


Figura 3.10: Andamento della potenza installata per le fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000–2011 [14].

italiane: da un'analisi delle serie temporali di energia prodotta, infatti, si vede come il contributo dell'idroelettrico sia prevalente sulle altre fonti, ma al contempo soggetto a marcate variazioni annuali: lo scarto, in termini assoluti, tra l'anno di produzione massima (2010) e minima (2007) è pari infatti a 15,9 TWh, un valore superiore, per fare un esempio, alla somma dell'intera produzione eolica e geotermica del 2011. Tale variabilità incide pesantemente sul bilancio totale dell'energia rinnovabile complessivamente prodotta, come già sottolineato precedentemente. Il grafico mostra inoltre come le fluttuazioni annue dell'idroelettrico rispetto alla media del periodo 2000–2011 siano sempre confrontabili con il totale dell'energia prodotta dalle altre fonti.

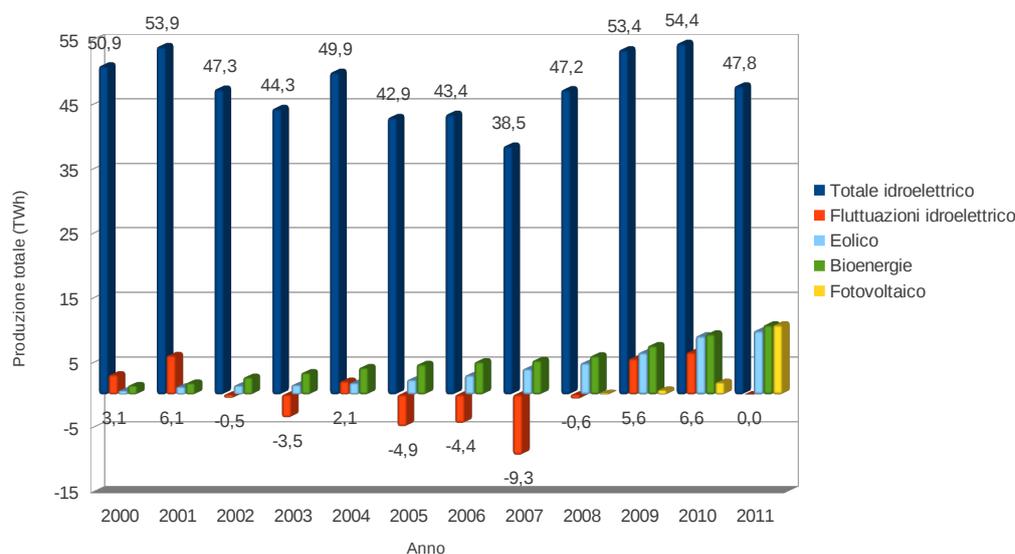


Figura 3.11: Andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000–2011. In arancione viene evidenziata la variabilità dell'idroelettrico, calcolato come scarto dalla media sul periodo [8, 10].

Un ulteriore parametro interessante da analizzare è il **fattore di capacità** delle diverse fonti energetiche, definito come il rapporto tra l'energia effettivamente erogata da un impianto in un determinato intervallo temporale e l'energia teorica che l'impianto avrebbe fornito operando costantemente alla potenza nominale (si veda A.1). Il grafico in Figura 3.12 mostra l'andamento annuo del fattore di capacità delle fonti rinnovabili tra il 2000 ed il 2011. Spicca su tutti il geotermico, con un valore compreso tra l'80% e il 90%, paragonabile a quello ottenibile dalle tradizionali centrali termoelettriche. Eolico ed idroelettrico si attestano su rendimenti più contenuti, circa 20% per il primo e tra il 21% e il 33% per il secondo, con una variabilità maggiore rispetto all'energia eolica, la quale invece mostra una sostanziale stabilità annuale. Le bioenergie registrano un raddoppio del fattore di capacità nei primi 5 anni del periodo considerato ed una successiva stabilizzazione su valori maggiori del 40%. Fanalino di coda è il fotovoltaico che, avendo un funzionamento vincolato alle ore di irraggiamento solare, risulta penalizzato sul totale del monte ore annuo: il fattore di capacità mediano si attesta sul 6%. Il 2011 ha fatto registrare un fattore di capacità del 9,6%, corrispondente ad un incremento del 63% rispetto alla media dei 4 anni precedenti. Non essendoci stati miglioramenti tecnici nella costruzione dei pannelli fotovoltaici, questo incremento è attribuibile alla realizzazione di impianti a maggiore efficienza (per esempio impianti a terra rispetto ad impianti integrati nelle coperture degli edifici, con il conseguente impatto ambientale) oppure grazie ad un anno particolarmente favorevole in termini di condizioni climatiche. Se così fosse, considerato il fattore di capacità medio degli anni precedenti e la potenza installata nel 2011, l'energia mediamente producibile ammonterebbe a 6,6 TWh, a fronte dei 10,8 TWh realmente prodotti in regime di condizioni favorevoli.

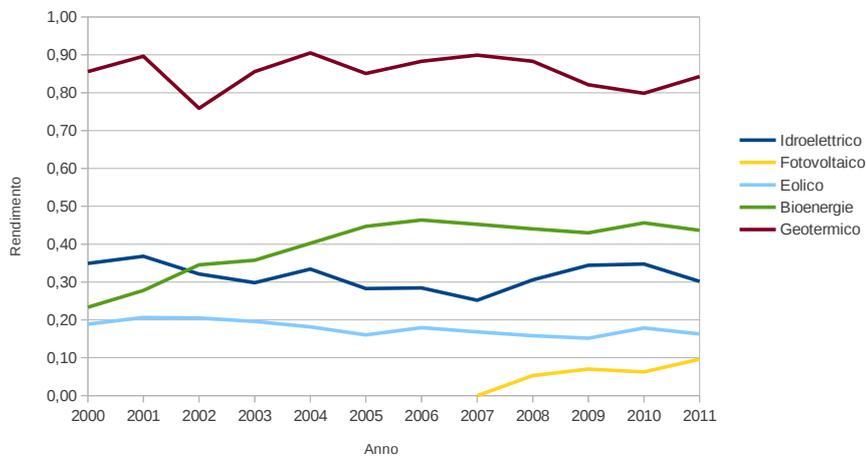


Figura 3.12: Andamento del fattore di capacità per le fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000–2011 [14].

3.2.2 Materie prime e vulnerabilità delle tecnologie a basse emissioni

Una adeguata pianificazione del *mix energetico* nazionale richiede la valutazione attenta delle proiezioni di disponibilità mondiale, nel medio e lungo periodo, delle materie prime, nonché un'analisi dell'incidenza del costo delle stesse sul prezzo finale dell'energia erogata al consumatore.

Se da un lato le possibili difficoltà di approvvigionamento legate a scenari di instabilità geopolitica e la paventata scarsità di alcune fonti fossili sono in larga misura note all'opinione pubblica, meno evidenti sono le possibili criticità nel **reperimento delle materie prime** necessarie all'installazione di impianti che sfruttano l'energia prodotta da fonti rinnovabili.

Se infatti queste ultime, per definizione, sono di fatto inesauribili, quelli che potrebbero venire a mancare sono i materiali necessari alla costruzione degli apparati di conversione dell'energia. La particolare fragilità dell'approvvigionamento di tali elementi è dovuta alla concomitanza della loro limitata disponibilità in natura e la distribuzione non uniforme sulla Terra, con la quasi completa concentrazione in alcune aree geografiche. Nell'ultimo decennio l'estrazione di **terre rare** è avvenuta per quasi il 90% in Cina, 5% in USA, il rimanente in India e Brasile. L'Europa ne risulta quasi completamente sprovvista.

Secondo uno studio europeo [15] i 5 metalli classificati ad alto rischio, in termini di reperibilità ed esauribilità sono le due terre rare neodimio e disprosio e tre metalli derivati: indio, tellurio e gallio. Gli altri metalli valutati come critici sono lo stagno, l'afnio, l'argento, il cadmio, il nickel, il molibdeno, il vanadio, il niobio ed il selenio. Molti di questi metalli costituiscono le risorse fondamentali per la realizzazione di numerose componenti di apparecchiature tecnologiche in uso nella nostra società. In campo energetico diventano di importanza vitale per fonti come il fotovoltaico e l'eolico, che basano il loro funzionamento su celle o magneti realizzati proprio con questi materiali. In particolare la tecnologia più a rischio è il solare a strato sottile, con una richiesta di materiale grezzo che ammonta al 50,4% della disponibilità mondiale annua (2010) per il tellurio, al 18,0% per l'indio e al 3,9% per il gallio (tutti materiali

classificati ad alto rischio). Una carenza di questi metalli andrebbe ad inficiare inoltre altri settori volti alla riduzione delle emissioni, quali i veicoli elettrici, l'illuminazione a basse emissioni di carbonio, l'immagazzinamento di energia, le celle a combustibile e il settore dell'idrogeno.

L'aumento della domanda dei materiali considerati ha visto, negli anni, un concomitante aumento della produzione. Non si può escludere a priori che ciò avverrà anche in futuro, tuttavia sussiste un potenziale collo di bottiglia nello sviluppo e nella produzione delle tecnologie sopra discusse, con particolare riferimento ad eolico e fotovoltaico, per eventuali aumenti di prezzo dei materiali o interruzioni nelle forniture, siano esse per ragioni tecniche, economiche o geopolitiche. Alcuni scenari [15] dimostrano come questa possibilità sia tutt'altro che remota, potendo precludere il raggiungimento degli obiettivi fissati per il 2020 ed il 2030 nello Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) europeo [16].

Una pianificazione energetica responsabile e lungimirante deve prendere in considerazione informazioni di questo tipo nelle scelte energetiche di un sistema come l'Italia o l'Europa, sia su una scala di tempo breve, con una disponibilità dei materiali facilmente valutabile, sia sul lungo periodo, tenendo conto della manutenzione e della sostituzione degli impianti installati. Risulta necessario inoltre avviare una politica di gestione dei materiali sopra elencati, monitorarne il rischio e favorirne il recupero all'interno del territorio nazionale o comunitario. Allo stesso tempo, l'investimento nella ricerca su nuovi materiali o su nuove tecnologie potrebbe fornire valide alternative allo scenario attuale.

3.2.3 La smart grid

Un approccio per migliorare la situazione energetica è quello di agire sull'efficienza dei processi di trasformazione dell'energia. In particolare per quanto riguarda il settore elettrico è possibile intervenire sulla distribuzione dell'energia disponibile in rete, variando l'energia immessa e il carico sulle linee conformandoli alla condizione istantanea di produzione, alla richiesta e al costo dell'energia: tale approccio prende il nome di *smart grid*, la **rete intelligente**. È possibile così valorizzare la produzione di energia da parte delle fonti rinnovabili intermittenti, distribuendone l'energia immessa in rete al momento della produzione ed andando a ridurre contemporaneamente l'entità di quella immessa dalle fonti gestibili ordinarie. Tale sistema permette di pianificare inoltre quando avviare processi ad elevato consumo energetico, sia industriali che domestici, facendoli coincidere con i momenti di minor costo dell'energia prodotta.

Un sistema di questo tipo richiede una sostanziale riprogettazione della rete elettrica tradizionale, in particolare rende necessario un adattamento della medesima, che preveda l'aggiunta di contatori in grado di comunicare con un sistema di gestione centrale, il quale, a sua volta, si interfacerà con strumenti automatici che gestiscano produzione e diffusione dell'energia elettrica. Questo va ad aggiungere costi (e sfide tecnologiche per la realizzazione) alla gestione convenzionale della rete elettrica ma, in prospettiva, permette un risparmio sia energetico che economico, aumentando l'efficienza della distribuzione.

L'Italia attualmente possiede una delle più vaste ed avanzate *smart grid* applicate presenti al mondo, realizzata tra il 2001 ed il 2005 in Puglia, Calabria, Campania e Sicilia ed accompagnata da un progetto firmato Enel in Corea del Sud [17].

Un'ulteriore opportunità di incremento dell'efficienza relativa all'erogazione ed al trasporto dell'energia viene dal miglioramento tecnico della rete elettrica. Questo può essere realizzato adattando gli elettrodotti a tensioni più elevate, facendo così diminuire

l'effetto di dispersione dell'energia elettrica sotto forma di calore. Tale procedimento è stato effettuato anche in Italia, abbassando le perdite di rete dal 7,6% nel periodo 1990–1995, al 6,6% nel periodo 2005–2009. La diminuzione di anche un solo punto percentuale è comunque significativa sul totale dell'energia prodotta: nel 2009 la produzione italiana elettrica lorda è stata di circa 300 TWh, l'1% equivale a 3 TWh, un valore corrispondente al triplo della produzione fotovoltaica dello stesso anno.

La media europea delle perdite di rete ammonta al 6,0% della produzione lorda complessiva, l'Italia si attesta su un 6,4%, compreso tra gli estremi, rappresentati da Spagna e Regno Unito con il 3,7% e il 7,2%, rispettivamente (dati 2008) [18].

3.3 Impatto ambientale delle fonti energetiche

Sebbene una trattazione completa ed esaustiva dell'impatto ambientale delle diverse fonti energetiche esuli dagli scopi di questo documento, riteniamo comunque doveroso sottolineare, seppure sinteticamente, come **non esistano tecnologie energetiche prive di impatto sull'ambiente o sulla società**, ma il prezzo da pagare insito nel loro sfruttamento va attentamente considerato in fase di pianificazione e progettazione e, laddove possibile, ridotto con l'adozione di opportuni provvedimenti normativi.

Esistono infatti aspetti poco noti relativi all'impatto ambientale provocato da alcune fonti energetiche, in particolare quelle rinnovabili che, se da un lato contribuiscono a ridurre significativamente le emissioni di alcuni inquinanti, pongono, al crescere della loro diffusione, altri interrogativi di tipo ambientale, paesaggistico ed economico ad oggi ancora non attentamente considerati nel loro insieme.

Le fonti rinnovabili sono entrate nell'immaginario collettivo come fonti di energia "pulita", in contrapposizione ai combustibili fossili che, durante il processo di combustione, rilasciano in atmosfera sostanze volatili incombuste ed additivi presenti nei carburanti, tra i quali monossido di carbonio, biossido di carbonio (anidride carbonica), ossidi di azoto e di zolfo, idrocarburi, gas fluorurati e piombo. Alcune di queste sostanze sono inquinanti tossici per gli organismi viventi, altre, come il biossido di carbonio, sono direttamente responsabili dell'effetto serra.

Il meccanismo di regolazione naturale a scala globale del biossido di carbonio è tutt'oggi un argomento scientificamente controverso [19]. Numerosi esperimenti dimostrano come i livelli di concentrazione attuali siano tra i più alti misurati nelle ultime centinaia di migliaia di anni [20]. I sistemi CCS⁹ per la cattura ed il sequestro di carbonio paiono essere una valida opportunità per una significativa riduzione delle emissioni, la cui riuscita permetterebbe di proseguire lo sfruttamento di tali combustibili, oggi oggetto, come abbiamo visto, di una progressiva riduzione nei Paesi sviluppati. Secondo uno studio del 2005 condotto da un gruppo di lavoro dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), un sistema CCS installato su una moderna centrale termoelettrica potrebbe ridurre le emissioni di CO₂ dell'80-90% [21].

Dal 1999 al 2003 le emissioni di gas serra derivanti da produzione di energia in Europa sono calate del 2,6% [22] grazie alla modifica del *mix energetico*. Tuttavia l'emissione complessiva è in lieve aumento. Per poter contrastare questo fenomeno e raggiungere gli obiettivi europei di riduzione delle emissioni è necessaria un'ulteriore sostanziale diminuzione delle emissioni nel settore energetico.

Alcuni scenari [23], ipotizzando politiche energetiche e di contrasto ai cambiamenti climatici più stringenti delle attuali, prevedono un rallentamento e successivamente

⁹CCS: Carbon dioxide Capture and Storage.

una diminuzione della produzione energetica tra il 2020 e il 2030, con una conseguente diminuzione delle emissioni compresa tra il 20% e il 30%, grazie anche al miglioramento del *mix energetico*. Tali scenari tengono conto anche dei possibili cambiamenti climatici sul lungo periodo, considerando fenomeni come l'aumento del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva degli ambienti nell'area mediterranea e la concomitante diminuzione, nei Paesi nordici, della richiesta di energia per la climatizzazione invernale, la diminuzione della disponibilità idrica nell'Europa meridionale e il prolungamento dei periodi di siccità, con conseguenze dirette sul settore idroelettrico e sui settori termoelettrico ed elettronucleare, che sfruttano spesso i bacini fluviali per il raffreddamento degli impianti.

Le piogge acide costituiscono un'altra grave minaccia ambientale, causata principalmente dal rilascio in atmosfera di ossidi di zolfo e azoto, prodotti di combustione di combustibili fossili. Esse danneggiano pesantemente gli ecosistemi ed il patrimonio artistico e architettonico depositando acidi solforici e nitrici nei terreni e nelle acque e causando la corrosione dei manufatti.

L'utilizzo di combustibili fossili infine porta alla generazione di un'ingente quantità di scorie di combustione e depurazione, per una parte tossiche, oltre che a inquinamento dovuto al rilascio di olii e di piccole quantità di metalli pesanti, soprattutto in ambiente marino.

La produzione di energia nucleare provoca la generazione di scorie radioattive, classificate in tre categorie in base al livello di radioattività e al tempo di dimezzamento (emivita). Le scorie a media radioattività e vita lunga rappresentano, allo stato attuale della produzione elettronucleare, il 9% del totale e derivano da resine di depurazione, concentrati e filtri o gusci che hanno contenuto l'uranio. I rifiuti a forte radioattività e vita lunga ammontano allo 0,5% del totale e sono costituiti principalmente da scarti della combustione dell'uranio. Vengono parzialmente riutilizzate per la generazione di altro combustibile mediante operazioni di riprocessamento. Il volume delle scorie ad alta radioattività prodotte in Europa nel 1998 ammonta a 150 m³ (per confronto il volume dei rifiuti industriali tossici è 10 000 000 m³) [24].

L'elettronucleare presenta il vantaggio di poter fornire grosse quantità di energia in maniera pianificabile, utilizzando spazi ristretti e con emissioni di gas serra notevolmente inferiori ai combustibili fossili.

L'energia elettronucleare non è la sola a causare scorie radioattive: una centrale a carbone da 1 000 MW consuma ogni anno circa 4 milioni di tonnellate di carbone, producendo 300 000 tonnellate di ceneri, 4 000 tonnellate di metalli pesanti tossici, delle quali 5 di uranio e 13 di torio [24, 25].

Nonostante il nucleare sia tristemente stato protagonista di due eventi catastrofici come l'incidente di Chernobyl e quello più recente di Fukushima, le statistiche mostrano come la radioattività media cui la popolazione mondiale è esposta derivi per una frazione trascurabile da ricadute radioattive, prodotti di consumo e industria nucleare. La maggior parte dell'esposizione alle radiazioni avviene a causa del gas radon (42%), delle analisi mediche (20%), radiazioni provenienti dal suolo o materiali da costruzione (16%), radiazione cosmica (10%) e cibo (13%) [26].

Le fonti energetiche rinnovabili, se da un lato sono di indubbio vantaggio per le ridotte emissioni e per l'inesauribilità della fonte energetica¹⁰, presentano a loro volta una serie di problematiche legate all'impatto ambientale, soprattutto nello scenario di un impiego massiccio di tali fonti.

¹⁰Questa considerazione non vale per le materie prime necessarie alla costruzione dei dispositivi per la conversione delle energie rinnovabili, si veda il paragrafo 3.2.2.

Le centrali idroelettriche a serbatoio e a bacino hanno un forte impatto ambientale, modificando non solo la morfologia e l'habitat della zona interessata dall'invaso, ma di tutto l'ecosistema a valle della diga, interrompendo il flusso di sedimenti verso il mare.

L'eolico dal canto suo provoca inquinamento acustico ed ha un rilevante impatto paesaggistico.

Il fotovoltaico, a causa della bassa resa degli impianti, necessita di superfici più ampie delle altre fonti, a parità di potenza erogata. L'alta remuneratività economica determinata dalle politiche incentivanti (ora ridimensionata da recenti interventi normativi) ha fatto sì che in Italia vaste aree agricole, anche di pregio paesaggistico, siano state dedicate alla installazione di impianti fotovoltaici.

Anche l'alta remuneratività delle centrali a biogas induce alla conversione delle coltivazioni da scopi alimentari ad industriali, determinando, in aggiunta, l'aumento dei prezzi dei prodotti agricoli¹¹, come il mais ed il foraggio, fondamentali per l'alimentazione umana ed animale.

In un quadro globale di gestione energetica, attuata in modo da poter soddisfare la richiesta di energia al costo minore ed allo stesso tempo mantenere i settori primari, vanno presi in considerazione anche queste tipologie di effetti collaterali, economici ed ambientali, al fine di garantire quell'equilibrio necessario alla buona condotta di un Paese.

Si possono avere, infine, conseguenze ambientali dipendenti dall'affidabilità degli approvvigionamenti di energia, dall'ammontare e dalla tipologia di importazione da Paesi esteri [23], dal *fuel mix* presente, dal livello e dalla velocità della domanda. Ad esempio, il ricorso al gas naturale in sostituzione del carbone agevola la diminuzione delle emissioni ma al contempo aumenta la dipendenza della Comunità Europea da altri Paesi; situazioni in cui l'importazione di materie prime viene limitata impongono automaticamente il ritorno a fonti energetiche più inquinanti, come si è visto in Italia nell'inverno 2012, con la riaccensione delle centrali a olio conseguentemente alla razionalizzazione del gas naturale da parte dei Paesi fornitori a causa di una particolare "ondata di freddo".

¹¹Settori quali agricoltura ed allevamento risentono negativamente della concorrenza dell'industria energetica a livello economico, ad esempio con un aumento del costo degli affitti dei terreni.

Capitolo 4

Possibili scenari futuri

Il settore elettrico, pur all'apparenza secondario¹, è quello che stante l'odierna ridotta diversificazione dell'approvvigionamento di fonti energetiche del nostro Paese, richiede un intervento maggiore, peraltro consentito dall'attuale livello tecnologico. Inoltre, i progressi tecnologici sembrano indicare, già nel breve periodo, un progressivo aumento dell'utilizzo dell'elettricità quale vettore energetico anche in settori tutt'ora marginali, ad esempio con la prevista commercializzazione dei primi modelli di automobili ad esclusiva trazione elettrica nel 2014.

Se da un lato è difficile quantificare con esattezza l'andamento dei consumi elettrici futuri, che sono soggetti alla congiuntura economica, all'andamento dei prezzi ed alla politica energetica dominante in un determinato arco temporale, dall'altro non è difficile stimare che tali consumi aumenteranno nei decenni a venire. Le stime più attendibili si attestano su un tasso di crescita annua compreso tra 0,5% [27, 11]. In tutti gli scenari analizzati in uno studio promosso dalla Commissione Europea, si prevede che la quota elettrica, rispetto al consumo energetico complessivo, possa raddoppiare entro il 2050, portandosi su valori pari al 36–39% [28].

Tali stime sono basate sull'analisi di fattori chiave come la crescita economica e demografica, il prezzo delle materie prime ed il prezzo delle quote di scambio di emissioni di CO₂, quest'ultimo con valenza di indicatore del "costo ambientale" dell'energia, che sostanzialmente si riflette sul prezzo per l'utenza finale. Tuttavia tali stime non tengono conto di altri fattori già citati sopra, che possono determinare una modificazione delle abitudini del consumatore e dunque uno spostamento significativo dei consumi all'interno del settore energetico. A titolo d'esempio è utile riprendere in maggior dettaglio il caso della diffusione di politiche incentivanti del fotovoltaico e dello sviluppo tecnologico e commerciale di vetture elettriche. L'incentivazione dell'autogenerazione energetica residenziale ha trovato ampia risposta tra i consumatori, tanto da accorciare significativamente i tempi di crescita previsti dal legislatore per il settore fotovoltaico (11 GW di potenza installata al settembre 2011 contro gli 8 GW di obiettivo al 2020) costringendolo ad una rimodulazione degli incentivi già nel IV Conto Energia, seguita dalla recentissima ulteriore rimodulazione apportata nel V Conto Energia. È naturale ipotizzare che quei cittadini dotatisi di impianti fotovoltaici, grazie ai quali vedono ridursi i costi della bolletta elettrica, tenderanno a spostare i propri consumi da altri settori energetici verso quello elettrico (ad esempio nel settore del riscaldamento do-

¹Come riportato nel paragrafo 3.1, nel 2010 l'energia elettrica in Italia ha rappresentato il 20,6% dell'energia complessivamente erogata ai cittadini.

mestico e della cottura dei cibi), anche avvalendosi di tecnologie e prodotti di nuova commercializzazione (ad esempio le autovetture elettriche).

Tale meccanismo di reazione positiva potrebbe dunque rendere il tasso di crescita dei consumi elettrici ben superiore a quello stimato.

Oltre al dato tendenziale, vanno tenuti in debito conto gli impegni internazionali assunti dall'Italia nell'ambito del settore energetico, comprendenti gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra, la diversificazione e l'integrazione delle fonti energetiche per un mercato europeo dell'energia, il raggiungimento di adeguati standard di efficienza energetica.

In particolare il primo di questi obiettivi comporterà in futuro una ulteriore riduzione, a tassi superiori a quelli attuali, della quota di energia elettrica prodotta da fonti fossili, onde evitare di incorrere nel pagamento di onerose sanzioni, sotto forma di quote di scambio di emissioni. È dunque evidente la necessità di individuare le fonti alternative atte a consentire tale riduzione mantenendo una produzione lorda sufficiente a garantire gli attuali livelli di consumo ed il loro prevedibile aumento, a costi competitivi, non solo per l'utente finale, ma anche per le finanze pubbliche.

La necessità di una diversificazione delle fonti energetiche non trova giustificazione solo in ambito economico (costi di produzione) o ambientale (riduzione delle emissioni di gas serra), ma si inserisce in un quadro più ampio di stabilità del Paese e degli stati confinanti. La stessa Unione Europea in un documento del 2006 [29] ribadisce l'importanza del *mix energetico* sotto tutti i sopra elencati punti di vista. La dipendenza prevalente di un Paese da una sola fonte energetica ne evidenzia la vulnerabilità dal punto di vista economico, strutturale e geopolitico: la fragilità del sistema può apparire evidente in occasione di una carenza non pianificata degli approvvigionamenti, causata per esempio da una crescita generalizzata della domanda dovuta a fattori meteorologici o da fenomeni di destabilizzazione politica dei Paesi fornitori. Nel caso dell'Italia tali criticità sono emerse numerose volte, anche in tempi recenti.

4.1 Accordi internazionali: protocollo di Kyoto ed obiettivi europei per il 2020

La pianificazione dei provvedimenti italiani in ambito energetico nel breve e medio periodo deve necessariamente considerare gli accordi internazionali in materia ambientale sottoscritti dal nostro Paese ed i vincoli che tali accordi impongono.

In base a quanto previsto dal **Protocollo di Kyoto**, sottoscritto nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC) ed in vigore dal 16 febbraio 2005 [1], l'Unione Europea a 15 Paesi (EU-15) è tenuta a ridurre le proprie **emissioni di gas serra** ritenuti potenzialmente responsabili del riscaldamento del pianeta² dell'8% nel periodo 2008–2012, rispetto ai livelli registrati nel 1990, con quote differenti per i singoli Paesi³. Come già riportato nel paragrafo 2.1, l'obiettivo per l'Italia è di ridurre le emissioni del 6,5%.

Il Protocollo prevede, oltre alle misure specifiche da attuare nei singoli stati nazionali, anche la possibilità di avvalersi di una serie di strumenti cosiddetti “flessibili”,

²Gas serra: biossido di carbonio, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo.

³Nel 1998 è stato siglato un accordo europeo, denominato *Burden Sharing Agreement* (BSA), che ha definito la ripartizione delle quote di riduzione delle emissioni nei Paesi dell'UE-15, secondo il principio di equità.

che permettono di ridurre il costo complessivo dell'abbattimento dei gas serra mediante l'utilizzo di meccanismi di mercato. Questi strumenti si dividono in tre categorie: meccanismi di sviluppo pulito, scambio di quote di emissione e attività di attuazione congiunta (vedi A.4).

Secondo quanto riportato dalla Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) [30], alla fine del 2010 l'EU-15 risulta essere, nel suo complesso, in linea per il raggiungimento degli obiettivi imposti dal Trattato, con una riduzione media di emissioni di gas serra, per anno, pari a 198 MtCO₂e (vedi A.3) rispetto al 1990, corrispondenti al 4,7%. In base alle proiezioni, ci si attende che per il 2012 gli obiettivi verranno superati per un valore compreso tra il 4,7% ed il 5,1%. Sei Paesi (tra cui Germania, Francia e Regno Unito) raggiungono addirittura i loro target specifici esclusivamente attraverso la riduzione effettiva delle emissioni nel proprio territorio, senza quindi dover ricorrere ai meccanismi flessibili. Di contraltare, alcuni stati (Austria, Italia e Lussemburgo) non stanno rispettando i propri impegni. Per quanto riguarda il nostro Paese, le emissioni medie nel triennio in questione sono risultate essere inferiori all'anno di riferimento soltanto dell'1,6%.

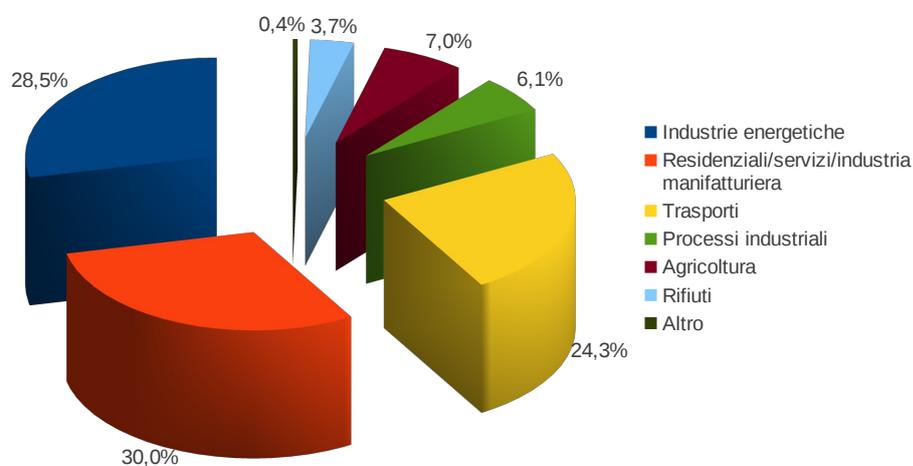
Risulta interessante analizzare il contributo delle differenti **sorgenti di emissione di gas serra** nazionali. Come indicato in Figura 4.1, la sorgente principale è costituita dal consumo energetico residenziale, dei servizi e dell'industria manifatturiera, che incide per il 30% del totale delle emissioni. I trasporti hanno un'incidenza pari al 24,3%. Il settore delle industrie energetiche, che comprende gli impianti termoelettrici, le raffinerie e le cokerie, contribuisce invece per il 28,5%.

Da questi dati si evince come una riduzione efficace delle emissioni di gas serra richieda interventi specifici su tutte e tre le principali tipologie di produzione sopra elencate. Nel primo caso risultati efficaci possono venire raggiunti puntando sul miglioramento dell'efficienza energetica. Il settore dei trasporti necessita invece di interventi strutturali, che permettano di privilegiare il trasporto su rotaia, rispetto a quello su gomma. Tuttavia, un intervento diretto sui meccanismi di produzione di corrente elettrica, ed in particolare una rimodulazione del *mix* di materie prime impiegate per ridurre la componente di combustibili fossili avrebbe un duplice vantaggio: permetterebbe non solo di ridurre immediatamente la quota di emissioni del settore delle industrie energetiche, ma consentirebbe nel medio e lungo periodo di avere benefici effetti indiretti anche sulle emissioni di gas serra derivanti dagli altri due settori. Infatti, come già commentato nel paragrafo precedente, nella ragionevole prospettiva di disporre di energia elettrica prodotta in maniera pulita ed economica, sarebbe possibile per esempio ridurre drasticamente l'impiego di combustibili fossili per il riscaldamento domestico e per i mezzi di trasporto. Questi ultimi potrebbero beneficiare dei motori a trazione elettrica di prossima commercializzazione.

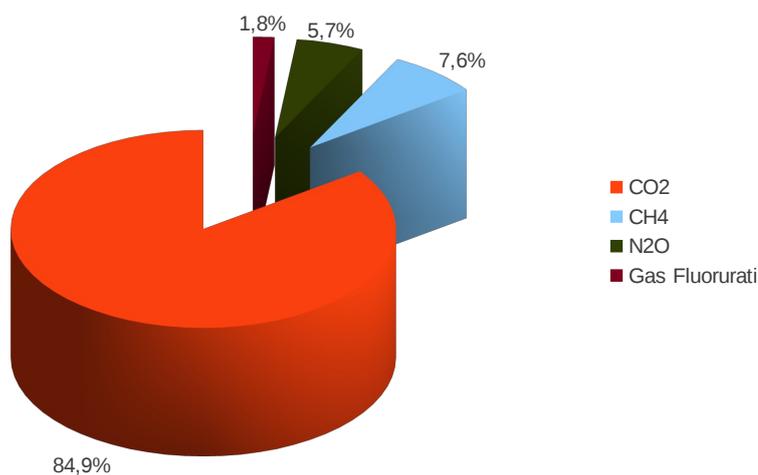
Sempre in ambito energetico l'Unione Europea ha stabilito degli **obiettivi strategici** da raggiungere entro il 2020 [16]. Tali obiettivi, inseriti nella direttiva europea 2009/28/CE del 23 aprile 2009 (il **Pacchetto Clima ed Energia 20-20-20** [2]) possono riassumersi nei punti seguenti:

- a. Aumento dell'**efficienza energetica** volto alla riduzione dei consumi del 20%;
- b. Raggiungimento della quota del 20% di energia prodotta da **fonti rinnovabili** (con una quota di almeno il 10% nel solo settore dei **trasporti**);
- c. Riduzione del 20% delle **emissioni di gas serra**.

Per quanto riguarda il punto b. per ciascuno stato membro è stata negoziata una specifica quota che nel caso dell'Italia corrisponde al 17%. Questi obiettivi rappre-



(a) Per settore



(b) Per gas

Figura 4.1: Totale delle emissioni di gas serra in Italia, divisi per settore e per gas, anno 2009.

sentano una sfida impegnativa per l'Europa ed in particolare per l'Italia, richiedendo un'opera sinergica ed incisiva di adeguamento normativo ed infrastrutturale. Con particolare riferimento al settore elettrico citiamo, dal punto di vista normativo, la necessità di calibrare la politica incentivante in modo da renderla funzionale al raggiungimento degli obiettivi stessi, nel contempo favorendo quanto più possibile la transizione a meccanismi di mercato competitivi nel settore delle tecnologie rinnovabili, al fine di ridurre il costo al netto degli incentivi onde diminuire il peso di questi ultimi sulle finanze pubbliche e sull'utente finale. Dal punto di vista infrastrutturale vi è la necessità di adeguare la rete di trasporto alle esigenze dell'autogenerazione da fonti intermittenti,

anche attraverso l'implementazione delle *smart grids*, al fine di valorizzare al massimo il contributo delle fonti rinnovabili e di ridurre al minimo i rischi di sovraccarico della rete.

4.2 Obiettivi europei per il 2050

La Commissione Europea ha recentemente avviato un dibattito in merito alla definizione degli obiettivi da raggiungere entro il 2050, nell'ottica di una progressiva "decarbonizzazione" dell'economia continentale [31]. In particolare, viene rimarcata la volontà di ridurre le emissioni di gas serra dell'80–95% rispetto ai livelli del 1990, nel contesto delle riduzioni che secondo l'IPCC i Paesi sviluppati devono realizzare collettivamente. A tal scopo, si prospettano interventi in numerosi settori economici, da quello industriale a quello agricolo, dall'edilizia al sistema dei trasporti. Viene rimarcata la centralità della produzione elettrica, in cui si prospetta che la quota di tecnologie a bassa emissione di carbonio dall'attuale 45% raggiunga nel 2050 valori prossimi al 100%; si prevede inoltre che l'elettricità possa sostituire parzialmente i combustibili fossili nei trasporti e nel riscaldamento domestico, contribuendo a sua volta a ridurre le emissioni di questi settori.

Per il raggiungimento degli obiettivi, si riconosce la necessità di delineare scenari strategici condivisi e coerenti a livello di Unione Europea, per consentire ed agevolare la pianificazione degli investimenti. In particolare viene sostenuta la creazione di un unico sistema di trasporti europeo, con l'obiettivo di ridurre del 60% le emissioni relative a questo specifico settore [32].

Nella comunicazione della Commissione del 15 dicembre 2011, denominata *Energy Roadmap 2050* [28], viene segnalata l'urgenza di elaborare in tempi brevi una **strategia energetica europea di lungo termine**, che pianifichi le ulteriori azioni da intraprendere, oltre a quelle già stabilite per il raggiungimento degli obiettivi del 2020. Tale strategia, si sottolinea, non deve pregiudicare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e la competitività del sistema. Si stima che le misure già adottate o in corso di adozione da oggi al 2020 avranno effetti benefici anche nei tre decenni successivi, permettendo però di ridurre solamente di un ulteriore 40% le emissioni entro il 2050.

Nel documento si riconosce la difficoltà di elaborare delle proiezioni sulla base di assunzioni che, riferendosi ad una scala temporale così ampia, sono affette da grandi incertezze. Tuttavia vengono presentati e studiati numerosi possibili scenari, dai quali è possibile individuare tendenze generali ed elementi comuni, sulla base dei quali impostare un percorso di modernizzazione del sistema energetico. L'obiettivo non è quindi quello di fornire ricette specifiche, ma di promuovere la realizzazione a lungo termine di una comune piattaforma europea, indipendente dalle singole soluzioni tecnologiche che potranno poi venire adottate. Gli **scenari di decarbonizzazione** considerati sono i seguenti (maggiori dettagli in [33]):

1. **Alta efficienza energetica:** impegno politico per un considerevole incremento del risparmio energetico, finalizzato ad una riduzione fino al 41% della domanda di energia rispetto al picco registrato nel biennio 2005-2006.
2. **Tecnologie di approvvigionamento diversificato:** tutte le risorse energetiche competono nel mercato libero, senza specifiche misure di sostegno da parte dei governi. Il processo di decarbonizzazione è guidato dai prezzi di mercato del carbonio, assumendo un consenso da parte dell'opinione pubblica riguardo sia all'energia nucleare, sia alla tecnologia di cattura e sequestro del carbonio (CCS).

3. **Elevato contributo da energie rinnovabili:** forti misure di promozione delle energie rinnovabili, il cui contributo sul consumo finale lordo di energia raggiunge valori pari al 75%.
4. **Tecnologia CCS differita:** simile allo scenario 2, ma assumendo un ritardo nell'adozione su larga scala dei sistemi CCS.
5. **Nucleare ridotto:** simile allo scenario 2, ma assumendo che nessun nuovo impianto nucleare verrà costruito, ad eccezione di quelli attualmente in fase di realizzazione.

Le conclusioni più rilevanti che emergono in [28] e [33], in base all'analisi comparata degli scenari sopra elencati, sono le seguenti:

- La decarbonizzazione del sistema energetico europeo è realizzabile, ed i costi di questa trasformazione non dovrebbero essere sostanzialmente diversi da quelli previsti, nel lungo periodo, con le attuali politiche energetiche. In particolare, calerà notevolmente l'esposizione alla volatilità dei prezzi dei combustibili fossili: l'incidenza delle importazioni sul fabbisogno di materie prime potrebbe infatti ridursi, negli scenari analizzati, fino al 35–45%.
- Da un sistema attuale, in cui i costi dei combustibili ed i costi di esercizio degli impianti contribuiscono entrambi in maniera significativa, si transiterà ad un sistema in cui le spese principali sono quelle in conto capitale. Questo avrà un impatto di vaste proporzioni sull'economia ed il sistema occupazionale europei e costituirà una grande opportunità di sviluppo per l'industria ed i servizi, che dovranno soddisfare una domanda sempre maggiore, puntando sulla ricerca, l'innovazione e lo sviluppo di tecnologie dai costi competitivi.
- Come già anticipato, il ruolo dell'elettricità come vettore energetico crescerà considerevolmente, portandosi ad una quota del consumo energetico complessivo pari al 36-39%. L'aumento riguarderà in particolare il settore del riscaldamento domestico e quello dei trasporti: l'elettricità potrebbe provvedere fino al 65% del fabbisogno per le automobili ed i veicoli commerciali leggeri. In tutti gli scenari, anche quello di alta efficienza energetica, si prevede un aumento della domanda finale di elettricità. Ciò richiederà una modifica strutturale della produzione di energia, con un tasso di decarbonizzazione pari al 57-65% nel 2030 e al 96-99% nel 2050.
- I prezzi dell'elettricità sono destinati a crescere fino al 2030 e solo successivamente si registrerà un calo. Solo nel caso dello scenario con elevato contributo da fonti rinnovabili i prezzi continueranno a salire anche dopo il 2030 (anche se ad un tasso inferiore), a causa degli elevati costi in conto capitale e degli investimenti necessari, in particolare sulla rete di trasporto dell'energia.
- Le spese familiari per l'energia ed i settori ad essa collegati (inclusi i trasporti) aumenteranno fino al 16% entro il 2030, per poi attestarsi attorno al 15% nel 2050. Questa tendenza risulterà essere significativa anche per le piccole e medie imprese.
- Il risparmio energetico risulta cruciale in tutti gli scenari considerati. La domanda primaria di energia dovrà ridursi del 16-20% entro il 2030 e del 32-41% entro il 2050, rispetto ai valori registrati nel 2005-2006.

- La frazione di energia ricavata da fonti rinnovabili crescerà fino a coprire almeno il 55% del consumo lordo. Nel settore elettrico le fonti rinnovabili potranno contribuire fino all'86% alla generazione di energia.
- I sistemi CCS, se commercializzati, giocheranno un ruolo fondamentale, contribuendo tra il 19 ed il 32% alla produzione di energia, ad esclusione dello scenario ad alto contributo da energie rinnovabili.
- L'energia nucleare continuerà a fornire un contributo importante, rimanendo una sorgente chiave per la produzione di elettricità con basse emissioni di CO₂. Il maggior apporto avrà luogo negli scenari 2 e 4, con valori relativi pari rispettivamente al 15 e al 18% del consumo energetico lordo. Inoltre, questi scenari rappresentano quelli in cui il costo finale dell'energia risulterà essere minore.
- In seguito all'accresciuto contributo delle fonti rinnovabili, la decentralizzazione della produzione di elettricità e calore aumenterà considerevolmente. Tuttavia, tali sistemi decentralizzati dovranno necessariamente operare in sinergia con sistemi centralizzati di larga scala, quali ad esempio gli impianti nucleari o a gas.

Capitolo 5

Proposta di una Conferenza sull'Energia

Il quadro sulla situazione energetica italiana ed europea fornito in questo documento e la breve disamina dei possibili scenari futuri prefigurati dalla Commissione Europea intendono rappresentare solo un punto di partenza per una più ampia ed accurata analisi, che prenda in considerazione non solamente i dati tecnici e statistici, ma consideri attentamente gli aspetti sociali, economici e geopolitici che in varia misura influenzano le scelte energetiche di un Paese e che chiaramente esulano dalle competenze degli autori.

L'estrema complessità della materia e la rapida e continua evoluzione degli scenari tecnologici e geopolitici, nonché la valutazione del costo economico delle soluzioni energetiche adottabili impongono un approccio metodologico complessivo, multidisciplinare e quanto più accurato possibile al problema energetico, dall'approvvigionamento delle fonti alla distribuzione. Tale approccio deve necessariamente considerare contestualmente il rapporto costi/benefici, la sostenibilità e l'impatto ambientale, economico e sociale delle scelte attuabili.

Documenti, studi e rapporti statistici riguardanti il settore energetico sono periodicamente pubblicati da numerosi soggetti istituzionali e non. Essi contengono una gran mole di dati sul presente energetico del Paese e di proiezioni di possibili scenari futuri, che sommariamente abbiamo voluto sintetizzare in questo documento per renderli fruibili anche ad un pubblico non esperto.

Tuttavia questa mole di dati non conduce, come dovrebbe, all'assunzione di quelle scelte politiche che ne sarebbero logica conseguenza. Il legislatore, imbrigliato dalla logica del consenso e limitato all'orizzonte temporale di una legislatura, cade facile preda degli interessi e dei veti contrapposti, in considerazione dei quali anche la scelta più lungimirante, se partorita nell'ambito ristretto di un organismo governativo e con scarsa trasparenza, rischia di naufragare in partenza.

Sulla base di questi argomenti una **Conferenza Nazionale sull'Energia** fornirebbe adeguate garanzie di autorevolezza, competenza e trasparenza. Rappresenterebbe infatti l'incubatore ideale nel quale far sviluppare la sintesi di tutte le competenze profuse dai diversi soggetti nei loro rispettivi settori disciplinari, al fine di fornire all'Italia un indirizzo strategico chiaro che funga da "**Costituzione Energetica**" per le generazioni future.

Tale Conferenza, convocata dai ministeri competenti, dovrebbe essere composta dai rappresentanti delle istituzioni, degli enti e delle categorie interessate, e da una componente scientifica indipendente scelta sulla base di riconosciuti meriti in ambito accademico o industriale. Di questa componente scientifica potrebbero essere chiamati a far parte anche membri di istituzioni internazionali, con particolare riferimento alle istituzioni che regolano il settore energetico, soprattutto in ambito europeo (Commissione Europea, Agenzia Europea per l'Ambiente, Direttorato Generale per gli Affari Economici e Finanziari, Agenzia Internazionale dell'Energia, ecc.).

Il coinvolgimento di rappresentanti delle amministrazioni locali, inoltre, costituirebbe il presupposto indispensabile per la formulazione di interventi condivisi e che abbiano effetti capillari ed efficaci su tutto il territorio nazionale. Al fine di rendere efficace e trasparente il lavoro della Conferenza Nazionale sull'Energia ed allo scopo di evitare che essa vada ad accrescere il numero degli organismi pubblici che pesano sul bilancio dello Stato, essa dovrebbe possedere precise caratteristiche di funzionalità, tra le quali indichiamo, senza pretesa di essere esaustivi:

1. il non costituire ulteriori e maggiori oneri per la finanza pubblica;
2. il suo scioglimento una volta conseguiti gli obiettivi indicati, o comunque trascorso un tempo ritenuto ragionevole al conseguimento degli stessi, al termine del quale il Governo adotti comunque un Piano Energetico Nazionale;
3. la pubblicazione degli atti e delle conclusioni raggiunte dai lavori della Conferenza;
4. impegnare il legislatore in merito agli obiettivi stabiliti ed al piano per attuarli;

La Conferenza dovrebbe conseguire entro i tempi prestabiliti i seguenti obiettivi:

1. proporre, sulla base dell'attuale stato di avanzamento tecnologico, un Piano Energetico Nazionale con finalità coerenti, anche in termini temporali, agli impegni internazionali dell'Italia, in particolare alle direttive europee già recepite;
2. fornire un'adeguata analisi costi-benefici del piano proposto, individuando e quantificando le linee di investimento in termini di realizzazione degli impianti e della rete distributiva, di sviluppo di nuove tecnologie, di smaltimento delle scorie e dei rifiuti e di compensazioni territoriali;
3. delineare, sempre su basi scientifiche oggettive e coerentemente agli obiettivi fissati dal piano energetico, linee di intervento prioritarie nel campo della ricerca e dell'innovazione, per garantire l'attuabilità del piano nel lungo periodo;
4. comunicare all'opinione pubblica i risultati scaturiti dalla Conferenza stessa, in modo da rendere trasparente il processo decisionale e verificabili i risultati stessi;
5. demandare al legislatore l'attuazione del piano energetico nei tempi previsti e secondo i criteri e gli obiettivi stabiliti, lasciando a quest'ultimo l'adeguamento normativo e la semplificazione delle procedure laddove necessaria;
6. demandare all'autorità di controllo preposta (Autorità per l'Energia) la vigilanza sulla corretta attuazione del piano energetico stabilito;

In questo contesto, i Piani Energetici Regionali, opportunamente aggiornati per recepire le indicazioni e gli obiettivi assegnati a ciascuna Regione, costituirebbero lo strumento pratico di attuazione degli interventi sul territorio.

Riteniamo che l'adozione di una **Costituzione Energetica** conseguita su queste basi sia il solo strumento praticabile per un Paese, come l'Italia, che da troppo tempo pare rassegnato ad un inesorabile declino sociale ed economico. Uno sforzo collettivo ed una assunzione di responsabilità comune a tutti i livelli della società, indirizzati ad una soluzione durevole della questione energetica, potranno di certo invertire un percorso che pare ormai tracciato, dando nuovo impulso alla produttività economica e rinnovato stimolo alla crescita civile e sociale della Nazione.

Bibliografia

- [1] United Nations, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, 1998 – <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- [2] European Parliament, Council, *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*, 05/06/2009 [2009/28/EC] – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0028:EN:NOT>
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico, *Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili dell'Italia*, 30/06/2010 – <http://approfondimenti.gse.it/approfondimenti/Simeri/AreaDocumentale/Documenti%20Piano%20di%20Azione%20Nazionale/PAN%20DETTAGLIO.pdf>
- [4] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, *Attuazione dell'art. 25 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, recante incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici (c.d. Quinto Conto Energia)*, 5 luglio 2012 – http://www.gse.it/it/Conto%20Energia/GSE_Documenti/Fotovoltaico/QuintoConto/HomePage/DECRETO_5_LUGLIO_2012_QUINTO_CONTO_ENERGIA.PDF
- [5] EUROSTAT (Ufficio Statistico dell'Unione Europea) – <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- [6] DG ECFIN (Direttorato Generale per gli Affari Economici e Finanziari) – http://ec.europa.eu/dgs/economy_finance/index_en.htm
- [7] EEA (European Environment Agency) – <http://www.eea.europa.eu>
- [8] Terna, Sistema Elettrico – http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO.aspx
- [9] GSE (Gestore Servizi Energetici), Osservatorio Statistico – <http://www.gse.it/it/Dati%20e%20Bilanci/Osservatorio%20statistico/Pages/default.aspx>
- [10] European Commission, Statistics & Market observatory, *Country factsheets - EU 27 Member States*, 2012 – <http://ec.europa.eu/energy/observatory/countries/doc/2010-country-factsheets.pdf>

- [11] SIF (Societ  Italiana della Fisica), *Energia in Italia: problemi e prospettive (1990–2020)*, 2007 – <http://static.sif.it:8080/SIF/resources/public/files/LibroBianco.pdf>
- [12] IEA (International Energy Agency), *Key World Energy Statistics*, 2011 – http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf
- [13] Terna, *Dati giornalieri di esercizio del sistema elettrico* – http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTTRICO/dispacciamento/dati_esercizio/dati_giornalieri/confronto.aspx
- [14] GSE (Gestore Servizi Energetici), *Rapporto Statistico 2011 – Impianti a fonti rinnovabili* – http://www.gse.it/it/Dati%20e%20Bilanci/GSE_Documenti/osservatorio%20statistico/Statistiche%20Rinnovabili%202011.pdf
- [15] R.L.Moss, E.Tzimas, H.Kara, P.Willis, J.Kooroshy, *Critical Metals in Strategic Energy Technologies*, JRC European Commission, 2011 – http://setis.ec.europa.eu/newsroom-items-folder/jrc-report-on-criticalmetals-in-strategic-energy-technologies/at_download/Document
- [16] European Commission, *European Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan*, Brussels, 10/11/2010 [COM(2010) 639] – www.energy.eu/directives/com-2010-0639.pdf
- [17] U.S. Department of Energy – National Energy Technology Laboratory – Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, *Modern Grid Benefits*, Agosto 2007 – http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/Modern%20Grid%20Benefits_Final_v1_0.pdf
- [18] ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), *Produzione termoelettrica ed emissioni di CO2*, Rapporto 135/2011 – <http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00009400/9486-rapporto-135-2011.pdf>
- [19] SPPI (Science and Public Policy Institute), *SPPI Monthly CO2 Report*, July 2009, vol. 1/7, Christopher Monckton ed. – http://scienceandpublicpolicy.org/images/stories/papers/originals/co2_report_july_09.pdf
- [20] J. R. Petit *et al.*, *Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica*, Nature, 3 June 1999, vol. 399 – http://www.uvm.edu/~bbeckage/Teaching/GlobalChangeEcology_2011/AssignedPapers/Petit.Vostok.Nature.1999.pdf
- [21] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*, Cambridge University Press, 2005 – http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf
- [22] EEA (European Environment Agency), *Energy and environment in the European Union – Tracking progress towards integration*, report No 8/2006 – http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_8/eea_report_8_2006.pdf

- [23] EEA (European Environment Agency), *Energy and environment*, report No 6/2008 – http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_6/at_download/file
- [24] MoviSol (Movimento Internazionale per i diritti civili – Solidarietà), *Le scorie? Il punto forte dell'industria nucleare* – <http://www.movisol.org/scorie2.htm>
- [25] M. Hvistendahl, *Coal Ash Is More Radioactive than Nuclear Waste*, Scientific American, 13 December 2007 – <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=coal-ash-is-more-radioactive-than-nuclear-waste>
- [26] UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), *Sources of ionizing radiation*, Unsear 2008 Report, vol. I – http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_GA_Report_corr2.pdf
- [27] G. Lelli, Commissario Agenzia ENEA, *Indagine conoscitiva sulla strategia energetica nazionale*, 10^a Commissione industria, commercio e turismo, Senato della Repubblica, Roma, 27/09/2011 – http://www.senato.it/documenti/repository/commissioni/comm10/documenti_acquisiti/IC%20strategia%20energetica/2011_09_27%20ENEA.pdf
- [28] European Commission, *Energy Roadmap 2050*, Brussels, 15/12/2011 [COM(2011) 885/2] – http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com_2011_8852_en.pdf
- [29] European Commission, *A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*, Brussels, 8/3/2006 [SEC(2006) 1500] – http://ec.europa.eu/energy/strategies/2006/doc/sec_2006_1500.pdf
- [30] EEA (European Environment Agency), *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 – Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets*, Report 04/2011 – http://www.eea.europa.eu/publications/ghg-trends-and-projections-2011/at_download/file
- [31] European Commission, *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*, Brussels, 08/03/2011 [COM(2011) 112] – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011DC0112:EN:NOT>
- [32] European Commission, *WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system*, Brussels, 28/03/2011 [COM(2011) 144] – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011DC0144:EN:NOT>
- [33] European Commission, *Impact assessment Accompanying the document "Energy Roadmap 2050"*, Brussels, 08/03/2011 [SEC(2011) 1565/2] – http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/sec_2011_1565_part1.pdf – http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/sec_2011_1565_part2.pdf

Appendice A

Glossario

A.1 Energia e Potenza

La comprensione delle nozioni di energia e potenza è fondamentale per la corretta interpretazione di molti concetti espressi nel documento.

L'**energia** è una grandezza fisica che esprime la potenzialità di un corpo o di sistema di compiere lavoro (*per esempio azionare un motore*).

L'energia esiste in diverse forme, che possono trasformarsi reciprocamente l'una nell'altra, conservando però il loro valore complessivo (**Principio di conservazione dell'energia**). Le principali forme di energia sono le seguenti:

- **Cinetica** posseduta da un corpo in movimento con una certa velocità. *Il vento che aziona le pale degli impianti eolici, l'acqua che mette in moto le turbine di una centrale idroelettrica;*
- **Potenziale gravitazionale**, dovuta alla posizione di un corpo soggetto alla forza di gravità. *L'acqua depositata in un vaso posto ad una certa quota;*
- **Chimica**, immagazzinata nei legami, principalmente di natura elettrostatica, che si instaurano tra gli atomi delle molecole. *Viene liberata in tutti i processi di combustione che rilasciano calore (olio, carburanti, gas,...);*
- **Nucleare**, dovuta alle forze che agiscono all'interno dei nuclei atomici. *Viene sfruttata nelle centrali nucleari;*
- **Elettromagnetica**, inerente lo scambio a distanza di radiazione elettromagnetica tra due corpi. *Energia solare, sfruttata sia dai pannelli fotovoltaici che solari-termici (trasmissione di calore per irraggiamento);*
- **Elettrica**, costituita da un flusso di cariche elettriche all'interno di un materiale conduttore *La corrente elettrica che giunge nelle abitazioni, dove può venire convertita in luce (lampadine), calore (stufe), movimento (elettrodomestici) ecc.;*
- **Termica**, associata al moto degli atomi e delle molecole all'interno di un corpo. *La temperatura di un corpo è un indicatore della quantità di energia termica da esso posseduta, mentre il calore è l'energia termica che viene trasferita da un corpo più caldo ad un corpo più freddo. L'acqua che viene scaldata in seguito alla combustione di olio, gas, carbone...*

In fisica classica l'energia si misura in **joule (J)**.

Una centrale elettrica è un impianto atto alla produzione di energia elettrica mediante processi di trasformazione di altre forme di energia.

La **potenza** è l'energia erogata in un determinato intervallo di tempo: esprime quindi la capacità di un processo di produrre energia. Un'automobile con maggiore potenza ("più cavalli") corre di più di un'automobile meno potente, riuscendo ad erogare più energia (che dopo una serie di passaggi diventa energia cinetica, quindi velocità) nello stesso intervallo di tempo.

In fisica classica la potenza si misura in **watt (W)**.

È possibile passare da energia a potenza dividendo per un'unità di tempo:

$$1\text{W} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}}$$

Viceversa, moltiplicando una potenza per un tempo si ottiene un'energia.

$$1\text{W} \cdot 1\text{h} = 1\text{Wh} = 3600\text{J}$$

Un sistema viene fornito dalla fabbrica con un'informazione sulla **potenza nominale**.

La potenza può dipendere da una serie di fattori esterni.

La potenza nominale di un pannello fotovoltaico dipende dall'inclinazione, dall'esposizione, dalla latitudine del posto dove viene installato. La potenza di un impianto nucleare dipende dalla capacità del reattore, così come la potenza di un motore a scoppio dipenderà dalla cilindrata, dalla pressione di esercizio, dal tipo di ciclo (alimentazione), ecc..

La **potenza installata** corrisponde al calcolo della potenza nominale dei sistemi installati, moltiplicati per il numero di sistemi presenti nell'impianto. Per un'ampia gamma di ragioni gli impianti non lavorano quasi mai producendo energia alla potenza nominale.

Vento debole o assente per impianti eolici, cielo coperto per impianti solari, tempo di ricarica o manutenzione per impianti termici o nucleari.

A tale scopo viene misurata l'energia prodotta in un intervallo temporale e confrontata con l'energia ottenibile lavorando costantemente alla potenza nominale per lo stesso tempo, la grandezza ottenuta prende il nome di **fattore di capacità**.

La maggior parte dei grafici presenti nel documento fa riferimento a valori di energia, espressi in J, Wh o multipli, Mtoe, ecc, questo perchè l'energia è una grandezza che tiene conto della durata temporale del fenomeno analizzato. L'energia fornisce quindi una misura di quanto è stato prodotto/consumato.

Facendo un paragone con le automobili, l'energia disponibile/consumata è rappresentata dalla quantità di carburante nel serbatoio. Il consumo rappresenta la quantità di energia spesa.

Non avrebbe senso parlare di consumi riferendosi a valori di potenza.

Proseguendo il paragone automobilistico, la potenza è come la velocità: fornisce un'informazione istantanea. Per conoscere la distanza percorsa è necessario sapere anche per quanto tempo si è viaggiato e a quale velocità.

A.2 Multipli delle unità di misura

Data un'unità di misura, i suoi multipli sono dati da moltiplicazioni per le potenze di 10, secondo la seguente convenzione:

$X \cdot 10^3 = \text{kX}$ (kilo, mille volte maggiore)

$X \cdot 10^6 = \text{MX}$ (mega, un milione di volte maggiore)

$X \cdot 10^9 = \text{GX}$ (giga, un miliardo di volte maggiore)

$X \cdot 10^{12} = \text{TX}$ (tera, mille miliardi di volte maggiore)

Conversione tra unità di misura

Esistono unità di misura appartenenti a sistemi convenzionali e altre unità di misura introdotte per comodità; è possibile passare dalle une alle altre attraverso fattori di conversione. I milioni di tonnellate di petrolio equivalente (**Mtoe**) e i terawattora (**TWh**) sono entrambi unità di misura dell'energia, tuttavia per consuetudine le prime sono solitamente associate a quantità generiche di energia, le seconde sono usualmente riferite al reparto elettrico.

Il fattore di conversione tra milioni di tonnellate di petrolio equivalente e terawattora è:
1 Mtoe = 11,63 TWh.

A.3 Unità di misura delle emissioni di CO₂

MtCO₂e sta per tonnellata (metrica) equivalente di biossido di carbonio (anidride carbonica). È l'unità di misura standard per le misure delle quantità di gas serra emessi o sottratti dall'ambiente. I diversi gas vengono pesati in base al potere climalterante, riferito alla CO₂. Ad esempio il metano ha un effetto 21 volte maggiore del biossido di carbonio.

A.4 Meccanismi di progetto del Protocollo di Kyoto

1. **Scambio di quote di emissioni** (Emission Trade Scheme o ETS in inglese): il sistema per lo scambio di quote di emissioni dell'UE (EU ETS) consiste nel fissare un prezzo per ogni tonnellata di CO₂ prodotta da un processo industriale, al fine di ottenere le drastiche riduzioni di emissioni globali di gas a effetto serra previste dal Protocollo di Kyoto. Il sistema è stato istituito tramite un atto vincolante proposto dalla Commissione Europea e approvato dagli Stati membri e dal Parlamento Europeo, similmente ad altri Stati firmatari del Protocollo di Kyoto. Il cuore dell'EU ETS sono le quote di emissioni, che costituiscono la "moneta di scambio" comune. Ciascuna quota dà il diritto di emettere una tonnellata di CO₂. Agli Stati membri viene attualmente richiesto di elaborare piani nazionali di assegnazione (PNA) per ogni periodo di scambio, al fine di stabilire il volume di quote destinate annualmente a ciascun impianto. Le decisioni riguardo alle assegnazioni sono rese pubbliche.

Il limite o "tetto" posto sul totale delle emissioni assegnate genera la scarsità necessaria a incoraggiare gli scambi. Le aziende che mantengono le proprie emissioni al di sotto del livello stabilito possono vendere le quote eccedenti a un prezzo determinato dalla domanda e dall'offerta, mentre chi incontra difficoltà a rimanere al di sotto dei limiti stabiliti può scegliere fra varie alternative: intervenire per ridurre le emissioni (ad esempio, investendo in tecnologie più efficienti o utilizzando fonti di energia a minore intensità di carbonio), acquistare quote supplementari sul mercato oppure ricorrere a una combinazione delle due soluzioni. Questa flessibilità assicura che le emissioni vengano ridotte nella maniera più efficace possibile.

2. **Meccanismo di sviluppo pulito** (Clean Development Mechanism o CDM in inglese): è uno dei meccanismi flessibili previsti dal Protocollo di Kyoto, che permette alle imprese dei paesi industrializzati con vincoli di emissione di realizzare progetti che mirano alla riduzione delle emissioni di gas serra nei paesi in via di sviluppo senza vincoli di emissione.

Lo scopo di questo meccanismo è duplice: da una parte permette ai paesi in via di sviluppo di disporre di tecnologie più pulite ed orientarsi sulla via dello sviluppo sostenibile; dall'altra permette l'abbattimento delle emissioni lì dove è economicamente più conveniente e quindi la riduzione del costo complessivo d'adempimento degli obblighi derivanti dal Protocollo di Kyoto.

3. **Attività di attuazione congiunta** (Joint Implementation o JI in inglese): il Protocollo di Kyoto stabilisce questo meccanismo con cui uno stato contraente dell'Allegato I (elencati nell'Allegato B del Protocollo di Kyoto) possa ricevere le unità di riduzione di emissioni quando contribuisce a finanziare i progetti che comportino una riduzione netta delle emissioni in un altro stato, sempre contraente dell'Allegato I.

Elenco delle figure

3.1	Consumo interno lordo per l'Italia e l'EU-27 riferito all'anno 2010 [10].	13
3.2	Consumo interno lordo per l'Italia e l'EU-27 nel periodo 1990-2010 [10].	14
3.3	Consumo finale per combustibile/prodotto in Italia ed EU-27 al netto delle perdite di trasformazione e di distribuzione, anno 2010 [10].	15
3.4	Consumo finale netto per settore in Italia ed EU-27, anno 2010 [10].	16
3.5	Produzione elettrica lorda per combustibile/prodotto, in Italia e nell'EU-27, riferita all'anno 2010 [10].	18
3.6	Produzione elettrica lorda per l'Italia e l'EU-27 nel periodo 1990-2010 [10].	19
3.7	Andamento del consumo elettrico istantaneo giornaliero (potenza) nei giorni di punta minima e massima registrati in Italia nel 2010 [13].	20
3.8	Produzione elettrica da fonti rinnovabili sul territorio italiano, per gli anni 2010 e 2011 [8, 10].	22
3.9	Andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000-2011 [8, 10].	23
3.10	Andamento della potenza installata per le fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000-2011 [14].	23
3.11	Andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000-2011. In arancione viene evidenziata la variabilità dell'idroelettrico, calcolato come scarto dalla media sul periodo [8, 10].	24
3.12	Andamento del fattore di capacità per le fonti rinnovabili in Italia nel periodo 2000-2011 [14].	25
4.1	Totale delle emissioni di gas serra in Italia, divisi per settore e per gas, anno 2009.	34

Elenco delle tabelle

3.1	Fabbisogno energetico italiano ed europeo per l'anno 2010 suddiviso per fonti con indicazione delle rispettive quote di importazione [10]. .	12
3.2	Bilancio dei consumi elettrici italiani nel 2010 [8, 10].	17
3.3	Potenza installata per le fonti rinnovabili in Italia per gli anni 2000, 2010, 2011 [14].	21