

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

“FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO**

TESI DI LAUREA

ENERGY PLANNING. A CASE STUDY: ITALY

Relatori:

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Calise

Ch.mo Prof. Ing. Massimo Dentice d'Accadia

Ch.mo Prof. Ing. Neven Duić

Candidati:

Carlo Barletta Matr. M67/262

Vittoria Battaglia Matr. M67/249

Anno Accademico 2016 – 2017

ABSTRACT

Introduzione

Scopo di questo lavoro di tesi è l'analisi dell'intero sistema energetico nazionale italiano all'anno 2014 e la successiva definizione di diversi scenari per il 2050, nel rispetto dei vincoli normativi predisposti dall'Unione Europea. Per tale lavoro è stato utilizzato il software EnergyPLAN, sviluppato dal Gruppo di Ricerca Energetica di Pianificazione Sostenibile presso l'Università di Aalborg, in Danimarca.

Gran parte del lavoro è stato svolto presso il Dipartimento di “Energy, Power Engineering and Environment (FSB)” dell'Università di Zagabria (Croazia), sotto la supervisione del Professore Neven Duić.

In una prima fase dell'elaborato, è stato realizzato uno scenario di riferimento per il sistema energetico italiano al 2014, in seguito, sulla base di questo, ne sono stati implementati altri al 2050, utilizzando, come riferimento, le proiezioni descritte nello scenario “Energy Efficiency” del Rapporto ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile), sviluppato per l'iniziativa Internazionale “*Deep Decarbonization Pathways Project*”.

Al fine di contrastare i cambiamenti climatici, l'Unione Europea si è posta come obiettivo la riduzione, entro il 2050, delle emissioni di gas serra, dell'80%, rispetto ai valori del 1990. Questo obiettivo deve essere raggiunto tramite una “decarbonizzazione” del sistema energetico e l'aumento dell'efficienza energetica nei settori industriale, residenziale, terziario e dei trasporti.

Nel 1998, con lo scopo di combattere il riscaldamento globale e ridurre le concentrazioni di gas serra in atmosfera, 192 Paesi, tra cui tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea, hanno aderito al Protocollo di Kyoto. Il primo “periodo di impegno” del Protocollo, iniziato nel 2008, è terminato nel 2012, anno in cui è stato firmato, a Doha, da 37 Paesi, un nuovo “periodo di

impegno” che prevede il raggiungimento di nuovi obiettivi tra cui la riduzione delle emissioni di almeno il 18% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2020.

Nel 2015 la Conferenza di Parigi ha visto un’adesione unanime a favore della riduzione dell’utilizzo di combustibili fossili al fine di limitare le emissioni di gas serra ed evitare un ulteriore innalzamento delle temperature medie della Terra.

Nei prossimi anni, la politica energetica globale potrebbe mutare ed essere influenzata da quella indipendentistica, adottata dal nuovo presidente degli Stati Uniti, Donald Trump, che comporta la riapertura verso l’utilizzo di energie fossili e l’eliminazione di limiti normativi riguardo le emissioni, annullando gli sforzi fatti in merito dal suo predecessore, Barack Obama con il piano “Clean Power Plant” che aveva previsto l’investimento di miliardi di dollari in incentivi per “Green Powers” e ricerche sui cambiamenti climatici.

Riferimenti normativi

Al fine di raggiungere i target stabiliti dall’Unione Europea, è stata emanata il 23 aprile 2009 la direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili. La direttiva prevede che, entro il 2020, il 20% dell’energia utilizzata all’interno dell’UE provenga da fonti rinnovabili, attraverso l’impegno dei singoli Stati Membri, che dovranno raggiungere degli obiettivi individuali attraverso la modifica dei vari settori energetici.

Il piano d’azione italiano sull’implementazione delle energie rinnovabili è stato adottato nel 2010 e prevede di raggiungere entro il 2020 un consumo finale di energia proveniente per il 17% da fonti rinnovabili. Gli obiettivi della politica italiana sono volti anche a garantire una maggiore sicurezza della fornitura di energia, più bassi costi di energia per i consumatori, la promozione di nuove tecnologie, la protezione ambientale e lo sviluppo sostenibile.

Nel 2013 è stato pubblicato il SEN (Strategia Energetica Nazionale), che definisce obiettivi, politiche chiave e misure prioritarie da adottare nel settore energetico. Gli obiettivi a breve (entro il 2020) e lungo termine (entro il 2050), guideranno il Paese verso una progressiva decarbonizzazione, economicamente sostenibile e che porti ad una riduzione di dipendenza energetica nell’utilizzo di fonti di energia non europee.

Gli obiettivi principali della SEN sono 4:

- Uniformare i costi energetici italiani a quelli europei;
- Raggiungere e superare gli obiettivi ambientali e di decarbonizzazione dell'UE 2020 per il clima e l'energia e ridurre le emissioni di gas serra del 19% rispetto all'obiettivo del 18%;
- Aumentare la sicurezza della fornitura energetica, in particolare nel settore del gas, e diminuire la dipendenza dall'importazione, riducendola dall'84% nel 2013 al 67% nel 2020 e risparmiando 14 miliardi di euro l'anno in costi energetici;
- Promuovere una crescita economica sostenibile sviluppando il settore energetico.

Modellazione del sistema energetico italiano: 2014

La modellazione del sistema energetico italiano è stata effettuata tramite l'utilizzo del software EnergyPLAN. Per l'utilizzazione di tale software è stato necessario reperire diversi tipi di dati da letteratura o da database, riguardanti le distribuzioni orarie annuali di domanda e produzione di energia e i consumi finali classificati per risorsa, utilizzati come dati di input all'interno di EnergyPLAN.

In merito alla domanda di energia i dati di input vengono classificati in: energia elettrica totale; valori al netto di differenza tra l'import e l'export di energia elettrica con relativa distribuzione oraria; consumi finali del settore residenziale legati al condizionamento, distinti per tipo di risorsa e con relativa distribuzione oraria; consumo per tipo di combustibile da parte delle industrie, del settore primario, terziario e dei trasporti.

In merito invece alla produzione di energia, i dati di input riguardano la potenza installata per gli impianti termoelettrici tradizionali e di produzione combinata di energia e calore, degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, consumi di fonti primarie distinti per ogni tipologia di impianto di produzione di energia elettrica e termica, e valori di produzione di energia elettrica e termica da rifiuti.

Alcuni dati riguardanti il settore elettrico sono stati reperiti dal database di TERNA (l'operatore di rete per la trasmissione dell'energia elettrica nazionale): domanda totale di elettricità; distribuzione oraria della domanda di elettricità per l'anno 2014; potenze installate per tutti i

tipi di impianti di generazione. La curva di distribuzione della differenza tra import e export dell'energia elettrica è stata ottenuta grazie ad una elaborazione dei dati disponibili sui diversi database degli operatori di trasmissione esteri con cui l'Italia è interconnessa.

Le distribuzioni orarie di produzione di energia elettrica da parte delle FER non sono presenti nel database di TERNA, ma è stato possibile trovare i dati orari di produzione di energia elettrica, classificati per fonte rinnovabile e per località. È stato quindi necessario dividere i dati orari per renderli adeguati ad un loro inserimento all'interno del software.

Per i consumi finali, classificati per risorsa, di ciascun settore (residenziale, trasporti, industriale, agricolo e terziario) si è fatto riferimento al database del sito Odysee-Mure e MISE (Ministero Italiano dello Sviluppo Economico).

I valori dei consumi di energia primaria da parte degli impianti di produzione sono stati ricavati dai bilanci annuali presenti nel database del GSE (Gestore Servizi Energetici).

Per quanto riguarda i valori di energia termica e frigorifera fornite tramite teleriscaldamento e teleraffrescamento si è fatto riferimento al sito AIRU (Associazione Italiana Riscaldamento Urbano).

I dati riguardanti le distribuzioni annuali della domanda di energia termica e frigorifera inserite in EnergyPLAN sono state ricavate tramite la valutazione dei Gradi Giorno, ovvero dalla differenza tra la temperatura media esterna di diverse città italiane (ottenuta con l'utilizzo di Meteonorm) e la temperatura di un set, convenzionalmente fissata a 20 °C, durante l'inverno e 26°C, durante l'estate.

Per verificare la buona riuscita della modellazione con EnergyPLAN sono state confrontate le emissioni totali di CO₂ nel 2014 in output (337,66 Mton) con il valore fornito da EDGAR (Emission Database for Global Atmospheric Research), di 337,61 Mton.

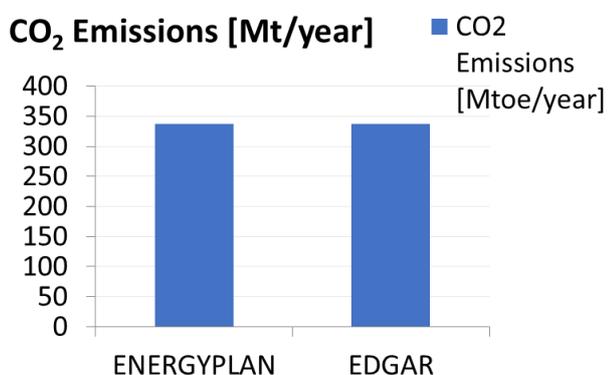


Figura 1: Confronto di valori in merito alle emissioni di CO₂ tra EDGAR e EnergyPLAN

La costruzione della distribuzione oraria della richiesta di energia termica e frigorifera con l'utilizzo del metodo dei Gradi Giorno per l'intero settore residenziale è stata validata attraverso l'utilizzo del programma TRNSYS, sviluppato presso il Solar Energy Lab dell'Università del Wisconsin-Madison e il Solar Energy Application Lab dell'Università del Colorado.

Il software, attraverso delle simulazioni dinamiche, è in grado di fornire all'utente il comportamento energetico e, di conseguenza, anche la domanda annua di energia termica e frigorifera, di vari sistemi, inclusi gli edifici.

Per ottenere la domanda annuale degli edifici ad uso abitativo per l'intera Italia è stato quindi necessario condurre le simulazioni per gli edifici- tipo più diffusi all'interno del parco edilizio residenziale nazionale ed estendere i risultati ottenuti a tutto il Paese.

Per la modellazione degli edifici-tipo sono state utilizzate le indicazioni fornite dal progetto europeo TABULA. La partecipazione del Politecnico di Torino al progetto ha reso possibile la stesura di una 'Brochure di tipologie edilizie nazionali' che descrive in maniera dettagliata i materiali di costruzione, lo spessore delle componenti e i rispettivi valori di trasmittanza delle abitazioni, classificandole per epoca di costruzione e dimensione.

CLASSE DI DIMENSIONE EDILIZIA

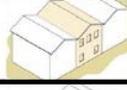
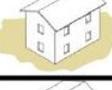
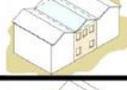
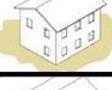
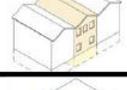
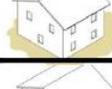
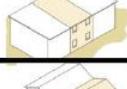
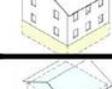
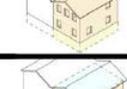
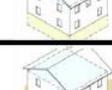
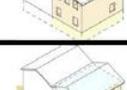
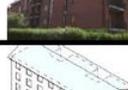
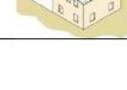
<i>Area climatica media</i>		CASE MONOFAMILIARI	CASE A SCHIERA	EDIFICI MULTIFAMILIARI	BLOCCHI DI APPARTAMENTI
CLASSE DI EPOCA DI COSTRUZIONE	1 Fino al 1900				
	2 1901-1920				
	3 1921-1945				
	4 1946-1960				
	5 1961-1975				
	6 1976-1990				
	7 1991-2005				
	8 Dopo il 2005				

Figura 2: Matrice della tipologia edilizia nazionale

La modellazione geometrica degli edifici-tipo è stata ottenuta grazie all'utilizzo di un plug-in di Google SketchUp, "trnsys3d", il quale ha permesso di definire i volumi entro i quali il software TRNSYS ha potuto simulare in dinamico i flussi di energia.

Il metodo dinamico utilizzato da TRNYS, infatti, si basa principalmente su di un bilancio termico che tiene conto degli effetti di accumulo e rilascio termico dei componenti edilizi dell'edificio. Il modello dell'edificio ottenuto attraverso il Type 56 considera le diverse zone come zone termiche alle quali è associato un certo volume d'aria. I flussi termici scambiati attraverso i vari componenti dell'involucro edilizio sono determinati attraverso la tecnica dei fattori di risposta, basata sul concetto di funzione di trasferimento, in cui la sollecitazione indotta sul sistema fisico "parete" viene correlata con la risposta del "sistema" stesso.

Una volta realizzato il modello con trnsys3d, è stato caricato sull'interfaccia di TRNSYS chiamata Simulation Studio, la quale, selezionando l'opzione '3D Building Project', crea in automatico lo schema mostrato nella figura 3:

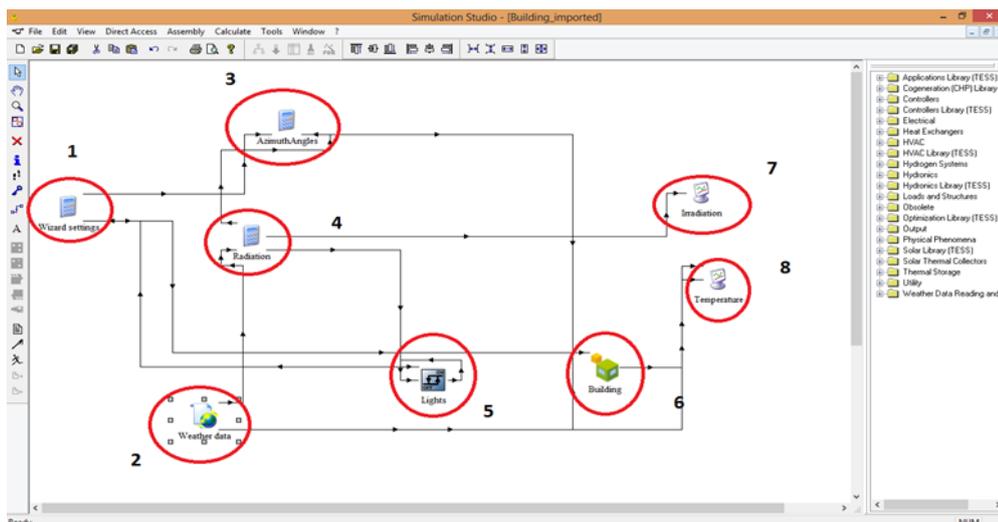


Figura 3: Schema di 3d Building Type Project in Simulation Studio

Lo schema è costituito da elementi chiamati ‘Type’ connessi tra loro attraverso appositi collegamenti che servono a stabilire il tipo di correlazione che intercorre tra i vari componenti, in questo modo ogni output di un Type può costituire l’input del Type a cui esso è congiunto. Gli input e gli output del Type56, che rappresenta l’edificio, vengono inseriti con l’interfaccia TRNBUILD, tramite cui è stato possibile caratterizzare il modello di edificio per quanto riguarda i materiali costituenti, eventuali infiltrazioni, apporti termici interni ‘gratuiti’ (forniti, per esempio, dalla presenza di persone e computer) e programmazione della messa in funzione dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento.

Le simulazioni sono state condotte per 32 edifici-tipo in cinque delle sei zone climatiche in cui è classificato il territorio Italiano, per un totale di 160 simulazioni. Ciascuna delle zone climatiche è caratterizzata da un periodo dell'anno e un numero massimo di ore giornaliere in cui è consentita l'accensione degli impianti di riscaldamento, secondo il DPR 26/08/1993 n. 412, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 242 del 14/10/1993. L'unità di misura utilizzata per l'individuazione della zona climatica di appartenenza di ciascun comune è il Grado-Giorno.

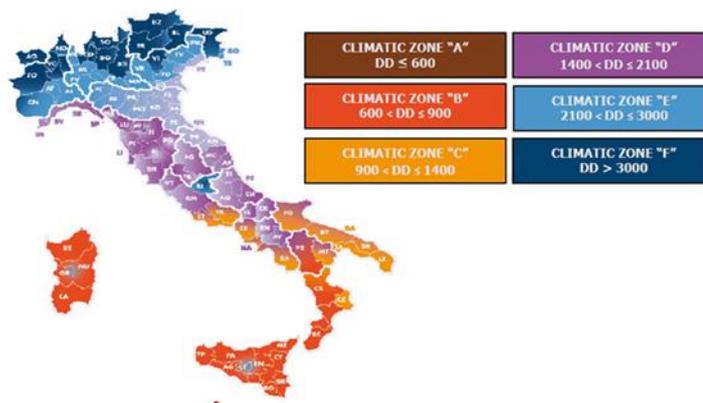


Figura 4: Classificazione del territorio italiano secondo zone climatiche

Zona climatica	Periodo di accensione	Orario consentito
A	1° dicembre – 15 marzo	6 ore giornaliere
B	1° dicembre – 31 marzo	8 ore giornaliere
C	15 novembre – 31 marzo	10 ore giornaliere
D	1° novembre – 15 aprile	12 ore giornaliere
E	15 ottobre – 15 aprile	14 ore giornaliere
F	nessuna limitazione	nessuna limitazione

Figura 5: Classificazione delle limitazioni dell'utilizzo dei sistemi di riscaldamento per zona climatica secondo il DPR n.412 del '93

Per ogni zona climatica, le 32 curve di distribuzione oraria della richiesta di energia termica, ciascuna rappresentante un edificio-tipo, sono state aggregate, tenendo conto del 'peso' di ciascuna tipologia nel panorama nazionale, ottenuto a seguito di un'elaborazione dei dati ISTAT.

Tabella 1: Percentuale di distribuzione delle tipologie edilizie rispetto al parco edilizio residenziale nazionale

Epoca di Costruzione		Casa Monofamiliare	Casa a Schiera	Edificio Multifamiliare	Blocco di Appartamenti
I	Prima del 1918	1%	2%	4%	1%
II	Dal 1900 al 1919	1%	2%	4%	1%
III	Dal 1919 al 1945	1%	2%	6%	2%
IV	Dal 1946 al 1960	2%	2%	7%	4%
V	Dal 1962 al 1971	2%	1%	8%	5%
VI	Dal 1962 al 1972	5%	2%	16%	7%
VII	Dal 1991 al 2000	1%	0%	4%	2%
VIII	Dopo il 2001	1%	0%	4%	1%

Lo stesso procedimento è stato utilizzato per la curva di distribuzione di richiesta di energia frigorifera.

Le distribuzioni nazionali sono state ricavate come media pesata dei diversi risultati ottenuti per zona climatica, tenendo conto del numero di edifici presenti in ciascuna area.

Tabella 2: Numero e percentuale di edifici ad uso residenziale per zona climatica

Zone Climatiche	Numero edifici	%
zona climatica A	4.875	0,04
zona climatica B	699.573	5,74
zona climatica C	2.710.544	22,24
zona climatica D	2.858.016	23,45
zona climatica E	5.191.960	42,60
zona climatica F	722.730	5,93
Totale	12.187.698	100

Le curve risultanti sono state inserite nel modello EnergyPLAN, il quale ha riportato un risultato molto vicino a quello ottenuto precedentemente, con il semplice metodo dei Gradi-Giorno.

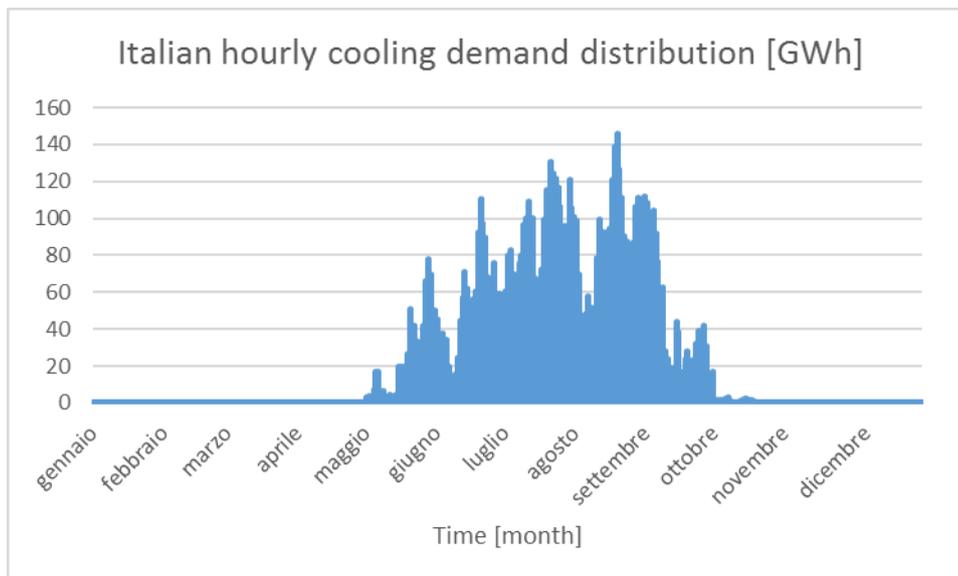


Figura 6: Distribuzione di domanda oraria di energia frigorifera in Italia

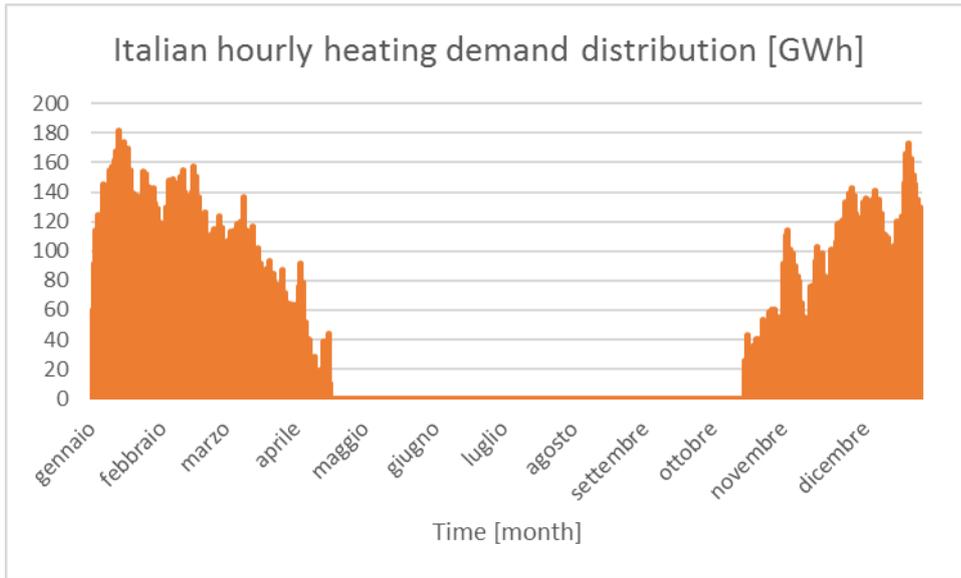


Figura 7: Distribuzione di domanda oraria di energia termica in Italia

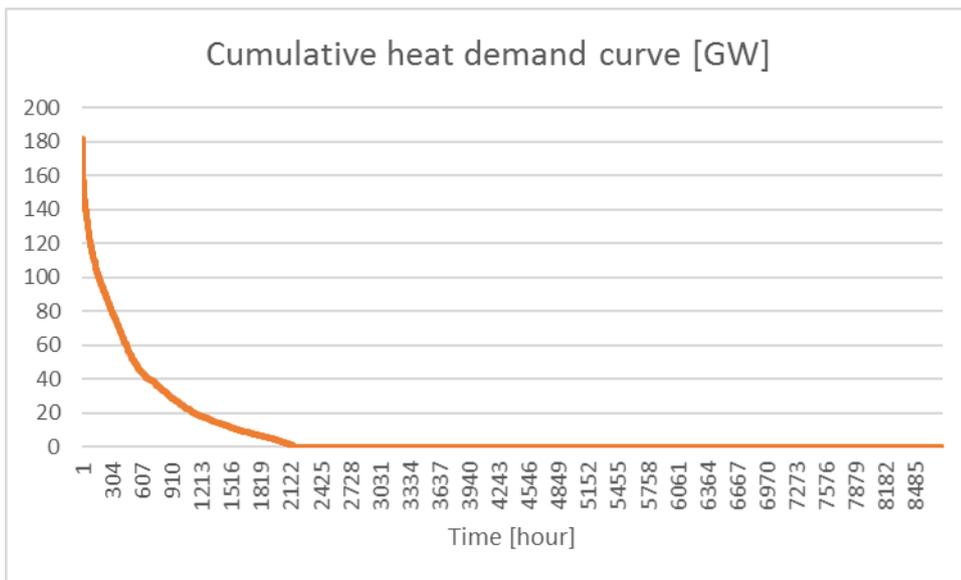


Figura 8: Curva cumulata di domanda termica in Italia

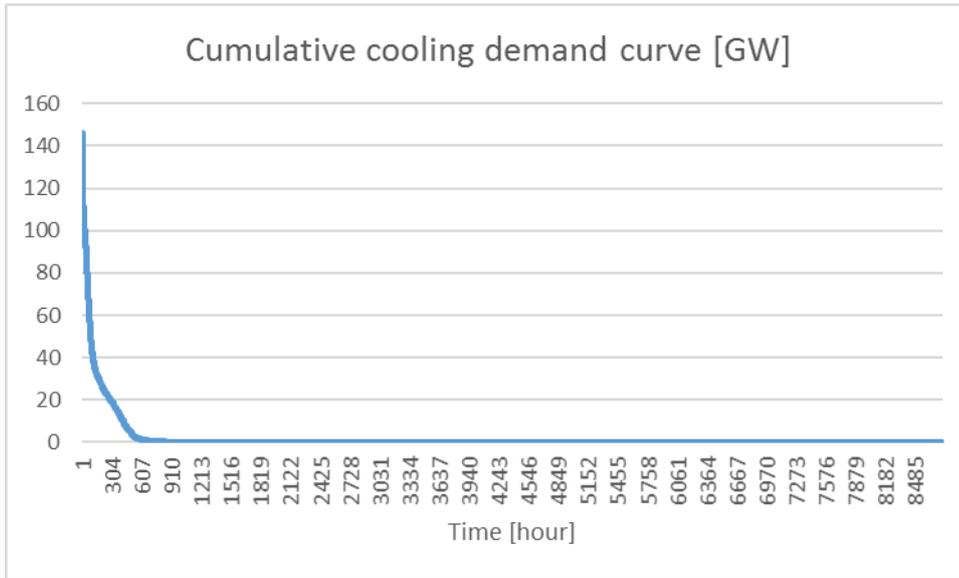


Figura 9: Curva cumulata di domanda di energia frigorifera in Italia

Prospettive energetiche per il sistema energetico italiano: anno di riferimento 2050

Per quanto riguarda lo scenario futuro al 2050, esso è stato creato utilizzando i dati provenienti dallo studio sviluppato da ENEA “Pathways to deep decarbonization in Italy”, il cui obiettivo è capire come raggiungere una economia “low carbon” in vari paesi con l’obiettivo comune di limitare l’innalzamento delle temperature della superficie terrestre non oltre i 2°C. Questo obiettivo può essere raggiunto tramite un miglioramento dell’efficienza energetica, una decarbonizzazione del settore energetico, un’alta elettrificazione nel settore dei trasporti, un forte utilizzo di energie rinnovabili e promuovendo uno shift modale verso l’utilizzo del trasporto pubblico.

Nella proiezione “Energy Efficiency”, proposta da ENEA, la domanda totale di energia elettrica aumenterà, ma oltre il 90% di essa sarà coperta da energie rinnovabili, così come aumenterà l’utilizzo di teleriscaldamento e teleraffrescamento per coprire la domanda di energia termica e frigorifera nel settore residenziale e l’utilizzo di tecnologie CCS per la cattura e lo stoccaggio del carbonio.

Tutte le tipologie di energie rinnovabili subiranno una grande evoluzione e miglioramento, fatta eccezione per l'idroelettrico, che in Italia risulta già oggi quasi totalmente sfruttato.

Un ruolo chiave per l'abbattimento delle emissioni di CO₂ in atmosfera sarà assunto dall'utilizzo di macchine elettriche e ibride che rappresenteranno oltre il 90% del trasporto su strada per passeggeri.

Cambierà drasticamente anche il settore di generazione dell'energia elettrica come conseguenza della penetrazione delle energie rinnovabili in questo ambito.

Implementando un modello di questa proiezione con EnergyPLAN il valore di output di emissioni di CO₂ risulta essere pari a 77,6 Mton, mentre il dato fornito nel DDPP risulta essere di 81,6 Mton. Anche il risultato in termini di combustibile utilizzato nell'anno è prossimo al dato ENEA, come si può vedere nella figura 10:

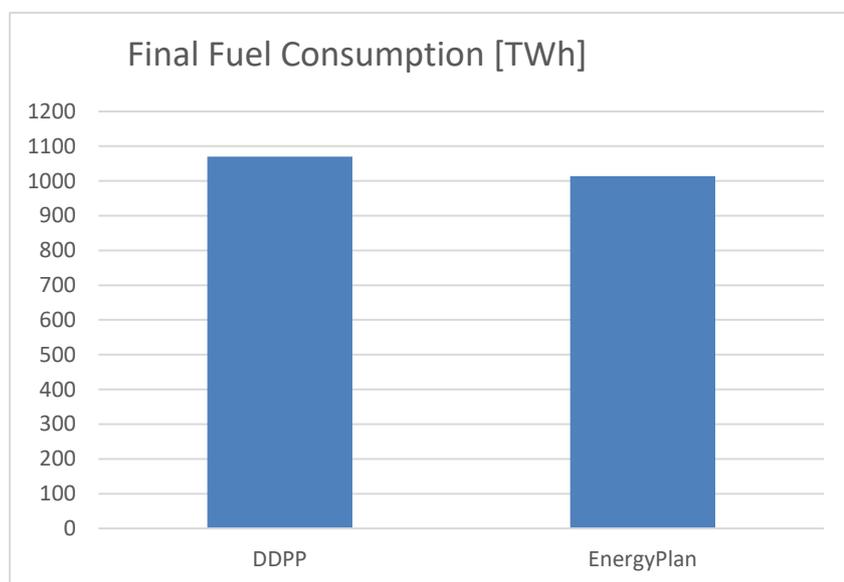


Figura 10: Confronto dei consumi finali tra EnergyPLAN e il DDPP

Nella figura 11 è invece rappresentata la modalità di produzione di energia elettrica nel 2050 secondo il DDPP:

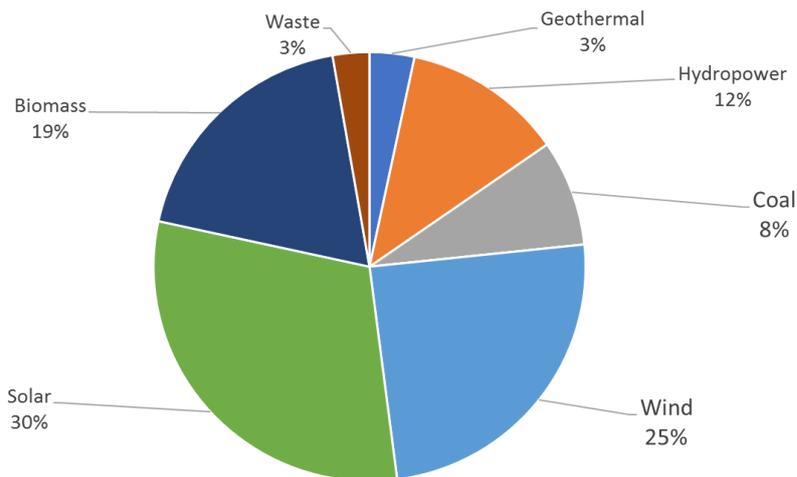


Figura 11: la Modalità di produzione di energia elettrica nel 2050 secondo il DDPP

Lo scenario proposto da ENEA risulta avere diverse criticità individuabili nell'elevato valore di CEEP (eccesso critico nella produzione di energia elettrica), nell'elevato valore dell'utilizzo di biomassa (non sostenibile per l'Italia), nell'elevato consumo di combustibili fossili e basso sfruttamento di teleriscaldamento e teleraffrescamento. Sono così stati proposti alcuni scenari alternativi a quello del DDPP per eliminare tali criticità. In particolare la potenza installata degli impianti di cogenerazione e trigenerazione può essere aumentata fino a soddisfare circa il 50% della domanda di energia termica e frigorifera, rimpiazzando caldaie e pompe di calore ad uso individuale.

A tale scopo sono stati inseriti, negli scenari alternativi futuri, sistemi Power to heat e impianti di stoccaggio termico.

Inoltre, con lo scopo di evitare impatti ambientali gravi, l'utilizzo del quantitativo di biomassa previsto dallo scenario ENEA è stato parzialmente sostituito dal gas naturale, mentre per quanto riguarda il CEEP, si è visto che l'introduzione delle operazioni "vehicle to grid" risultano molto efficienti per la stabilizzazione della rete elettrica. Anche l'utilizzo di combustibile fossile può essere sostituito dal gas, di cui l'Italia possiede anche dei piccoli giacimenti.

In base a tali considerazioni sono stati costruiti tre scenari alternativi, ognuno caratterizzato dal potenziamento di una nuova tecnologia.

Il primo scenario punta su una elevata copertura di domanda di riscaldamento e raffrescamento tramite reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento. Per far ciò si è incrementata la potenza

installata degli impianti di cogenerazione di quarta generazione del 30%. Questo tipo di impianti combina la tradizionale produzione di calore ed energia con tecnologie di stoccaggio termico e l'utilizzo di pompe di calore.

Il secondo scenario prevede l'introduzione di solare termico per la copertura della domanda di riscaldamento e l'utilizzo di electrofuel nel settore dei trasporti.

Il terzo scenario, frutto di una combinazione dei primi due, prevede la copertura della domanda di energia termica e frigorifera con tecnologie di teleraffreddamento e teleriscaldamento rispettivamente del 53% e 42%. Nella figura 12 è possibile vedere i valori di energia finale consumati per tipologia di combustibile nei vari scenari e le differenze con il 2014:

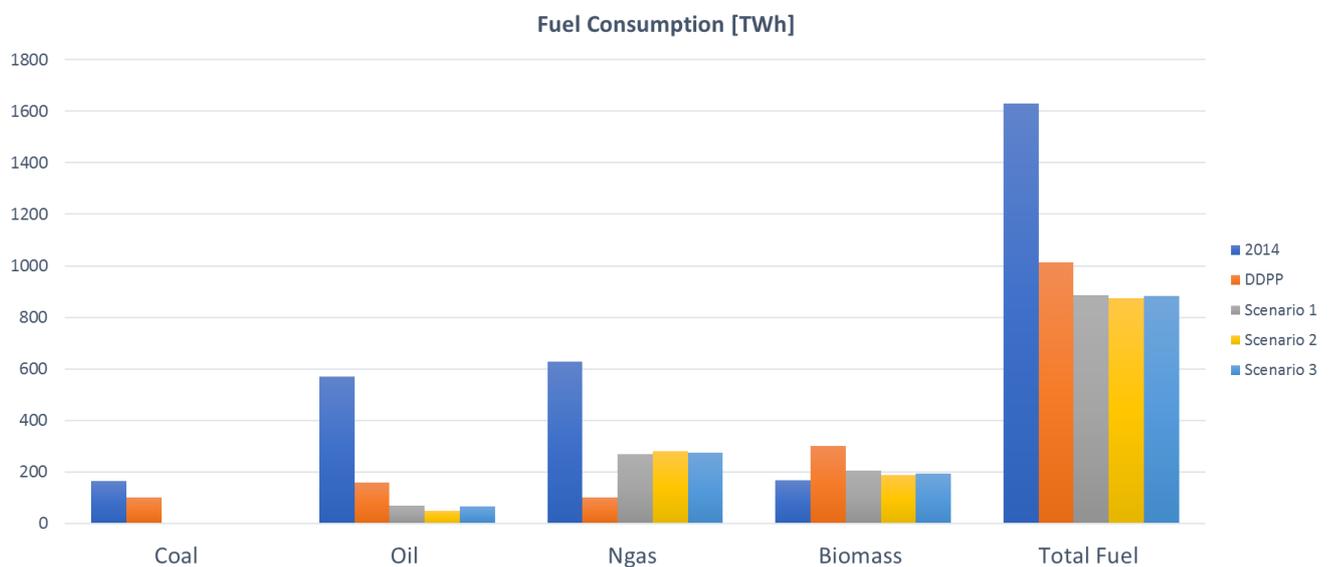


Figura 12: Valori di energia finale consumati nei vari scenari per tipo di combustibile