

**eurac**  
research



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

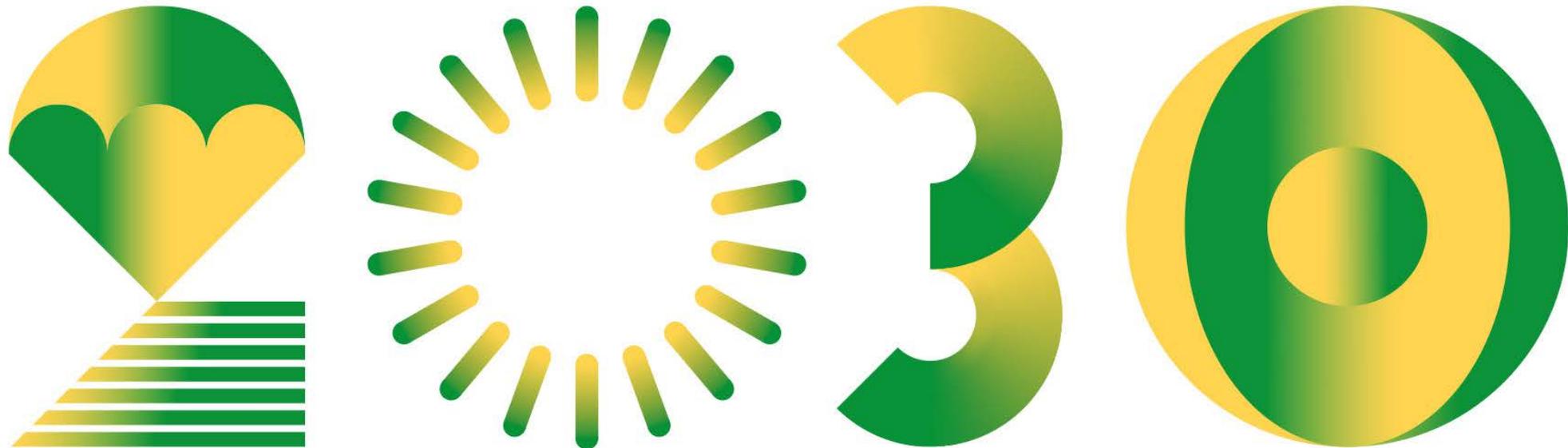
DIPARTIMENTO DI ENERGIA

# Modellazione del sistema energetico Italiano al 2030

W. Sparber, G. Manzolini, D. Moser, M. G. Prina, R. Vaccaro



# ENERGIA CLIMA



# Italia - PNIEC 2030



## Obiettivo



**- 40% emissioni**

al 2030 rispetto al valore del 1990

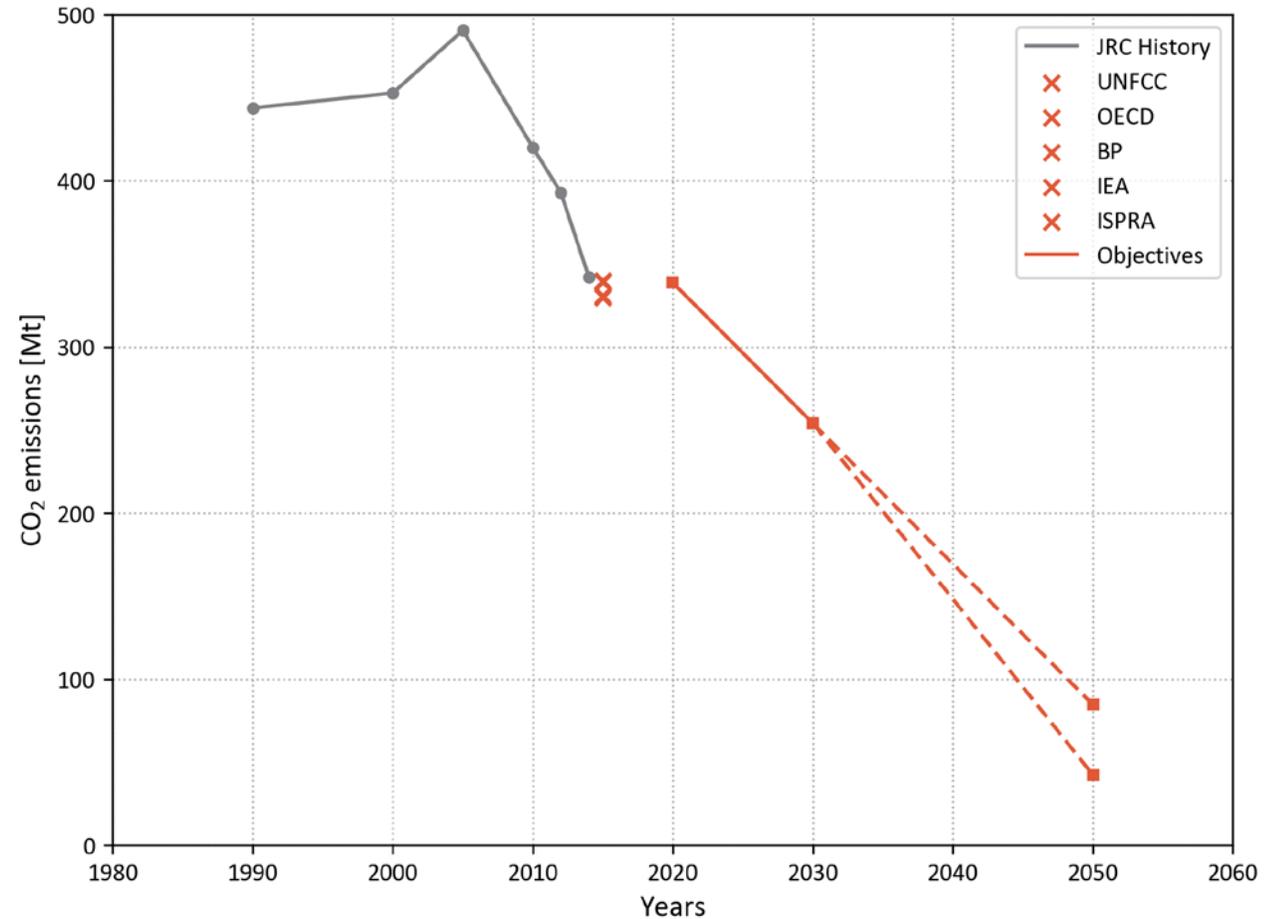


**32% quota di rinnovabili**

55.4% Settore elettrico

33% Settore termico

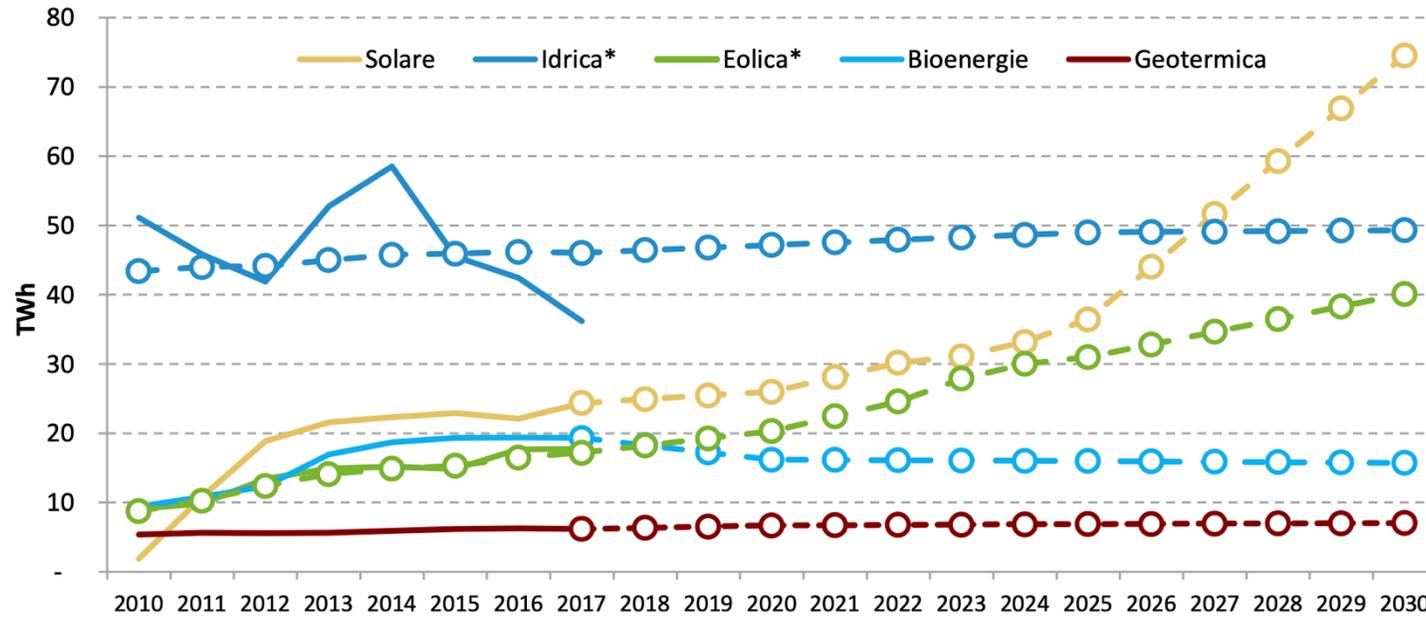
21.6% Settore trasporti



[2] EUROSTAT, 2019. [3] UNFCC, 2016. [4] OECD, 2016. [5] BP, 2016. [6] IEA, 2016. [7] ISPRA, 2016. [8] European commission, 2007. [9] European commission, 2014. [10] European commission, 2018

# Italia - PNIEC 2030

Figura 11 – Traiettorie di crescita dell'energia elettrica da fonti rinnovabili al 2030 [Fonte: GSE e RSE]



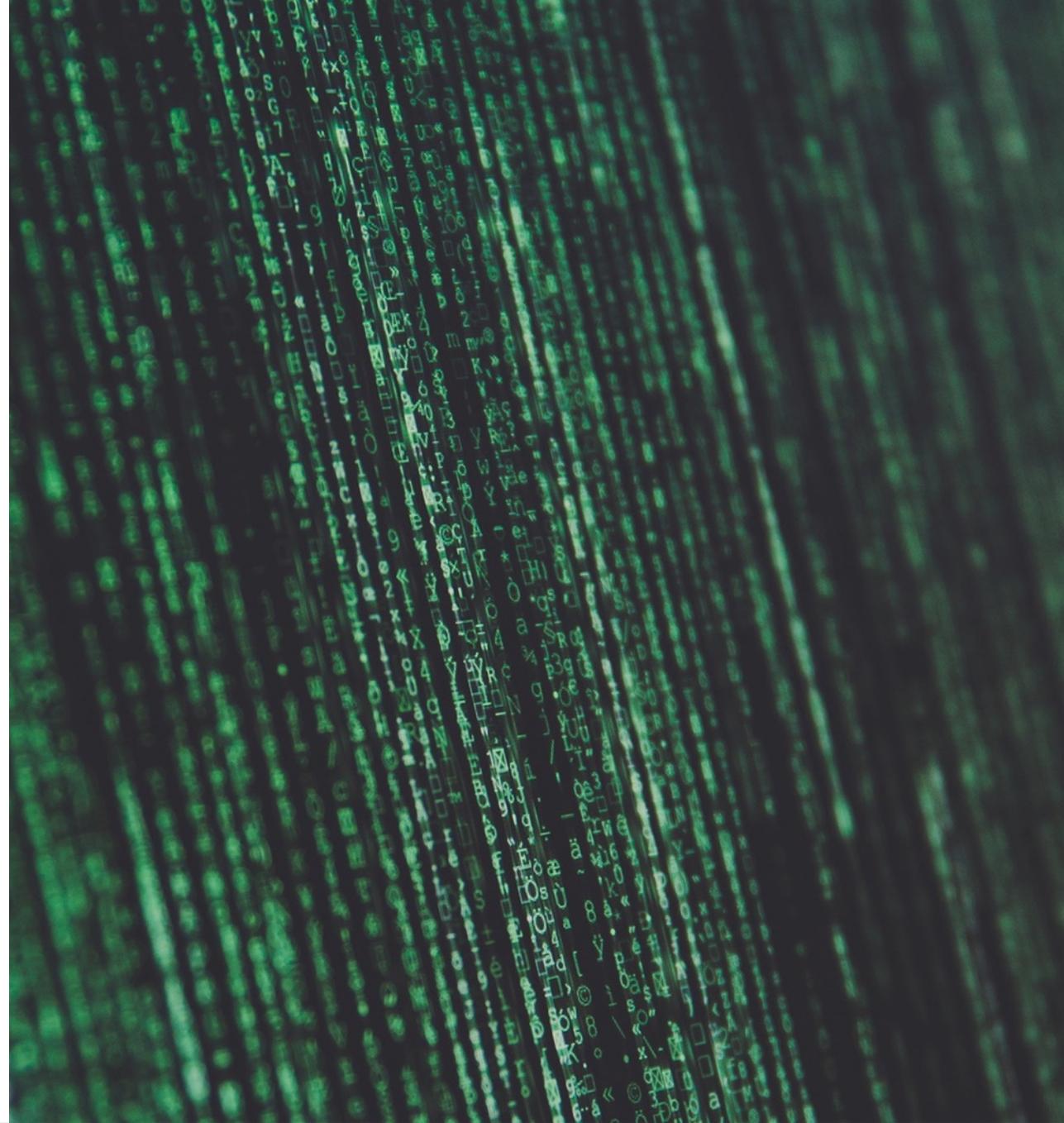
\* Per la produzione da fonte idrica ed eolica si riporta, per gli anni 2010 -2017, sia il dato effettivo (riga continua), sia il dato normalizzato, secondo le regole fissate dalla Direttiva 2009/28/CE. Per i bioliquidi (inclusi nelle bioenergie insieme alle biomasse solide e al biogas) si riporta solo il contributo dei bioliquidi sostenibili.

## Domande di ricerca

- Qual è il **costo totale annuo** del sistema energetico Italiano?  
E il costo del sistema energetico risultante in seguito al **PNIEC al 2030**?
- Esistono **altri scenari** possibili che prevedano una riduzione più spinta delle emissioni di CO<sub>2</sub> **a parità di costi**?  
Come cambierà **la struttura dei costi** del sistema energetico?
- Il PNIEC o altri scenari sono in linea con l'obiettivo di limitare l'incremento della **temperatura globale di 1.5°** gradi rispetto ai livelli pre-industriali?

## Il modello di Eurac Research

- Un **modello dinamico** che simula la **generazione** e il **consumo** di energia a **livello orario**
- Il punto di partenza è il **sistema energetico corrente**
- Diversi scenari di **evoluzione** del sistema sono elaborati tenendo conto dei vincoli territoriali
- L'**accuratezza** dei risultati del modello dipende dall'accuratezza dei dati di input



## Di cosa **NON** si occupa la nostra modellazione?

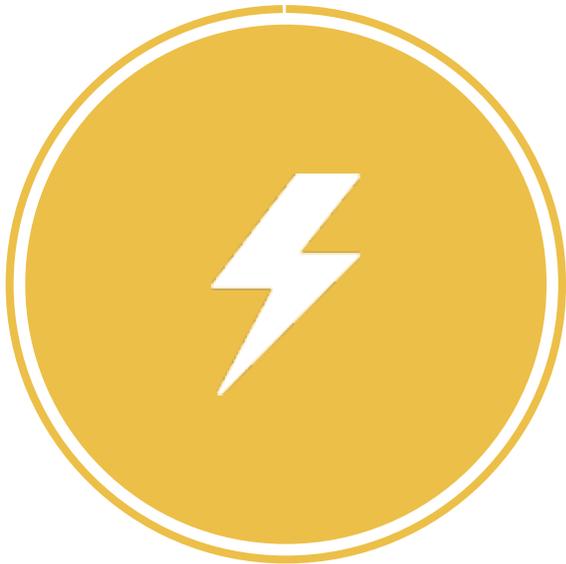
- **Non è una previsione dello sviluppo futuro**
- Il possibile sviluppo di **nuove tecnologie radicali** in campo energetico non è considerato
- Variazioni importanti **dei costi delle risorse naturali** e delle tecnologie non sono presi in considerazione
- Vengono modellate la generazione e la domanda; **la distribuzione non è considerata**



## Settori considerati

La modellazione usata in questo studio considera l'accoppiamento dei tre settori energetici, la generazione e la domanda a livello orario.

**Elettrico**



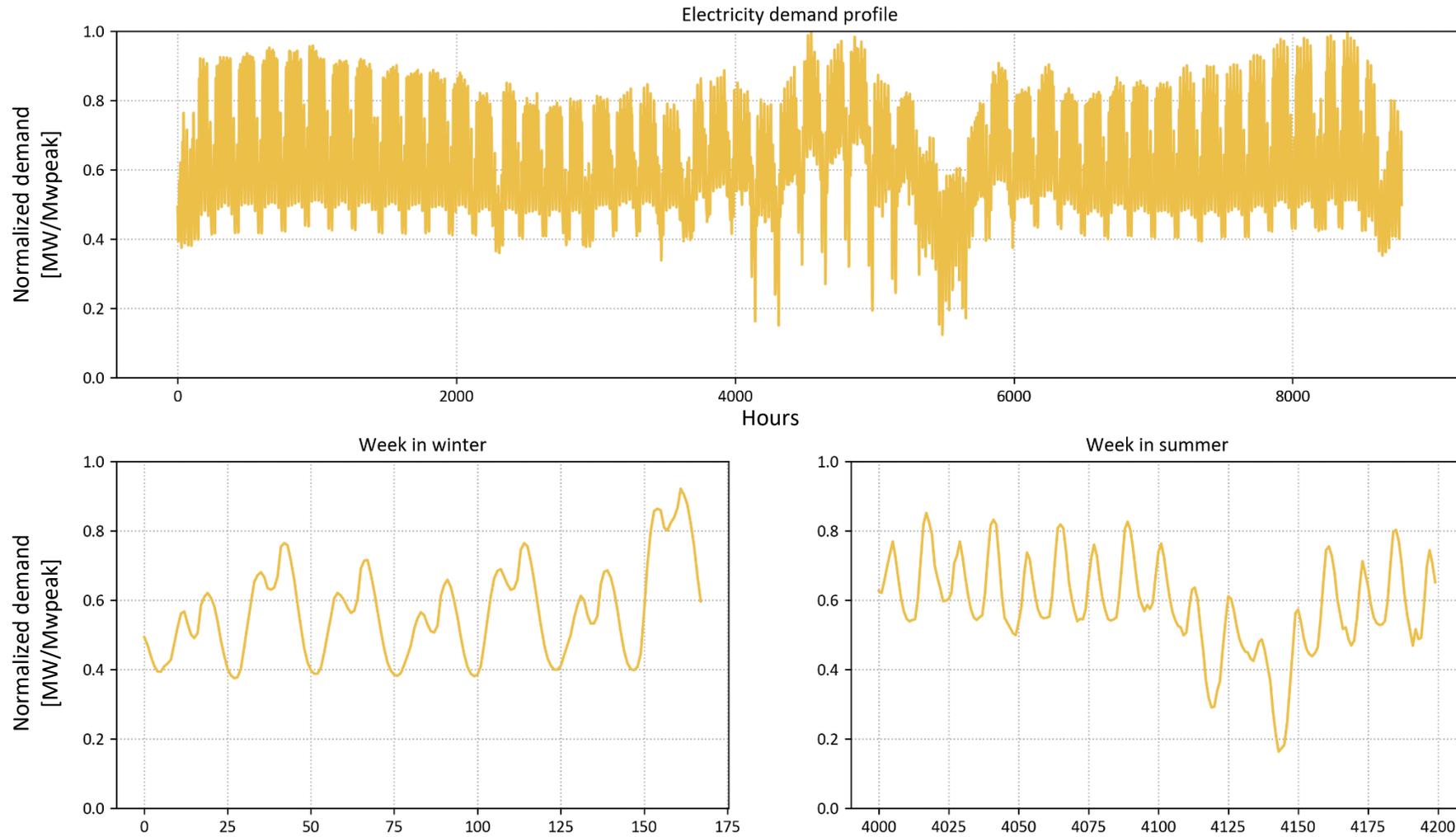
**Termico**



**Trasporto**

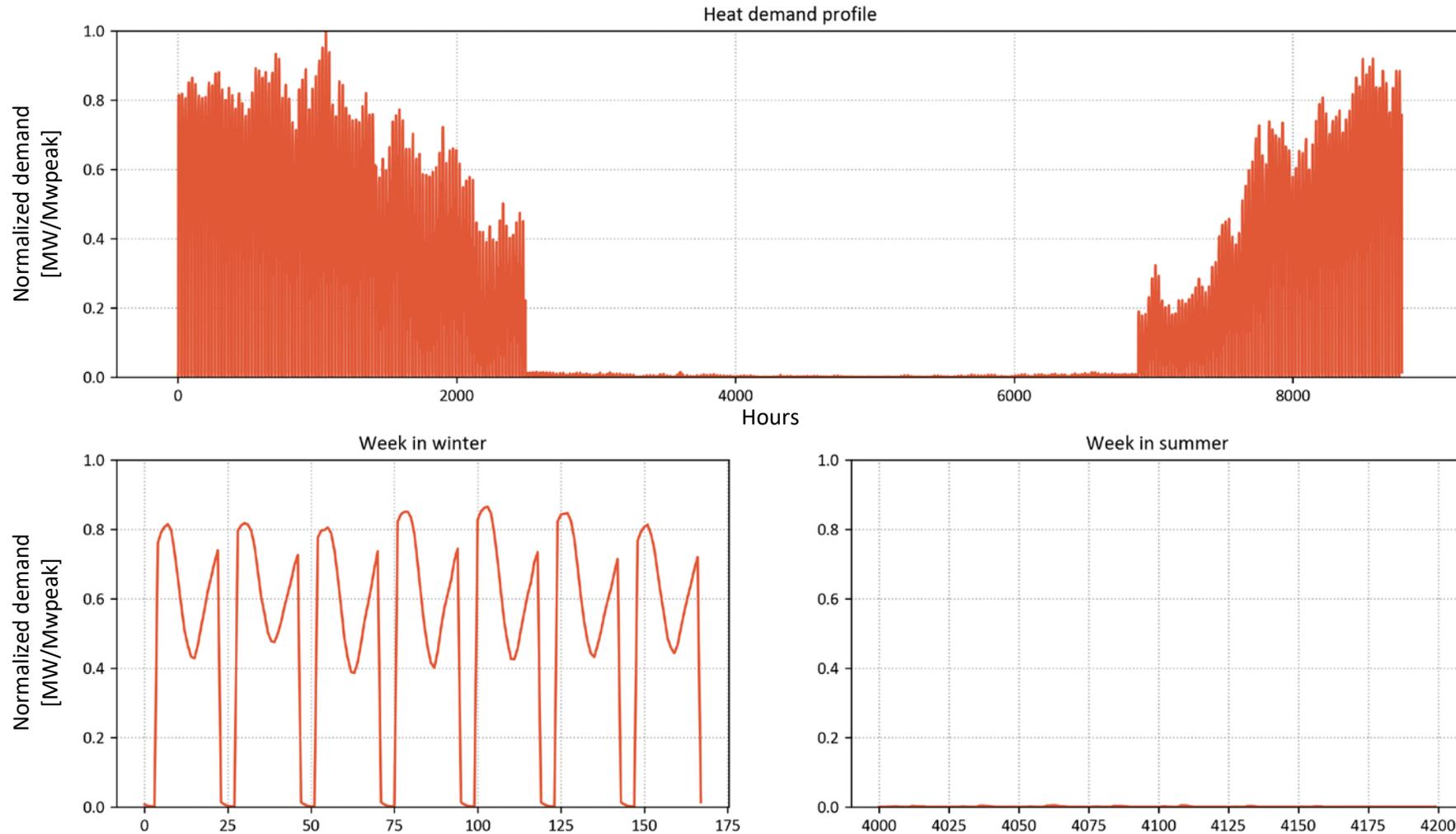


# Settore elettrico: profilo di domanda oraria



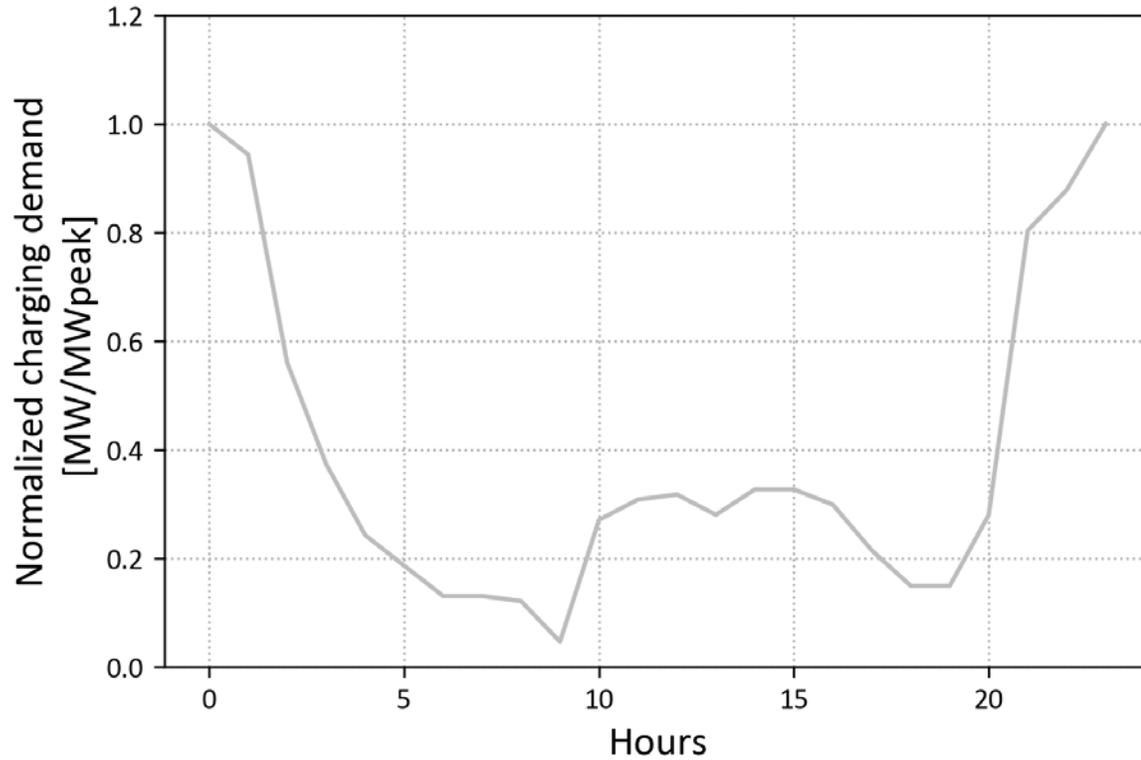
[13] Terna – transparency reports, 2015

# Settore termico: profilo di domanda oraria



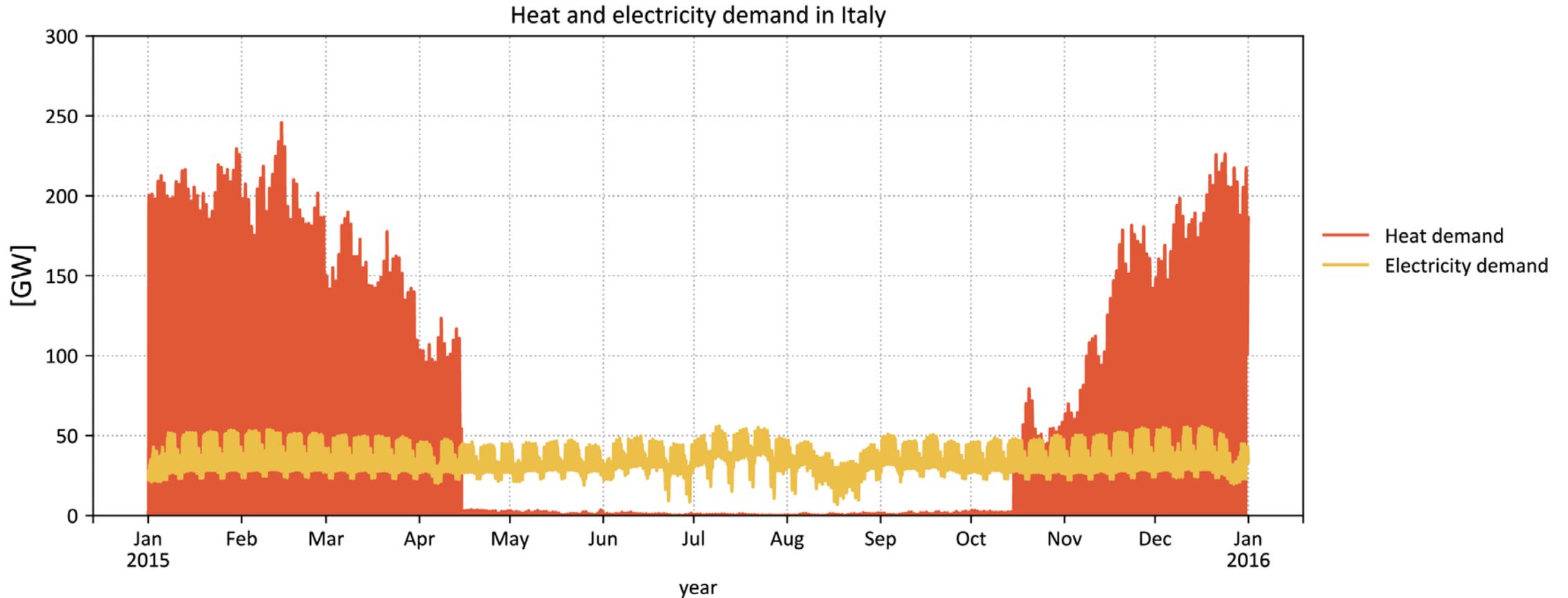
[14] Hotmaps 2016-2020. [49] CTI. [50] Tabella gradi giorno. [51] RSE, Il modello energetico multiregionale MONET, 2011

# Settore trasporto: profilo orario



[15] RSE, E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema, 2013. / Photo: Alperia charging station

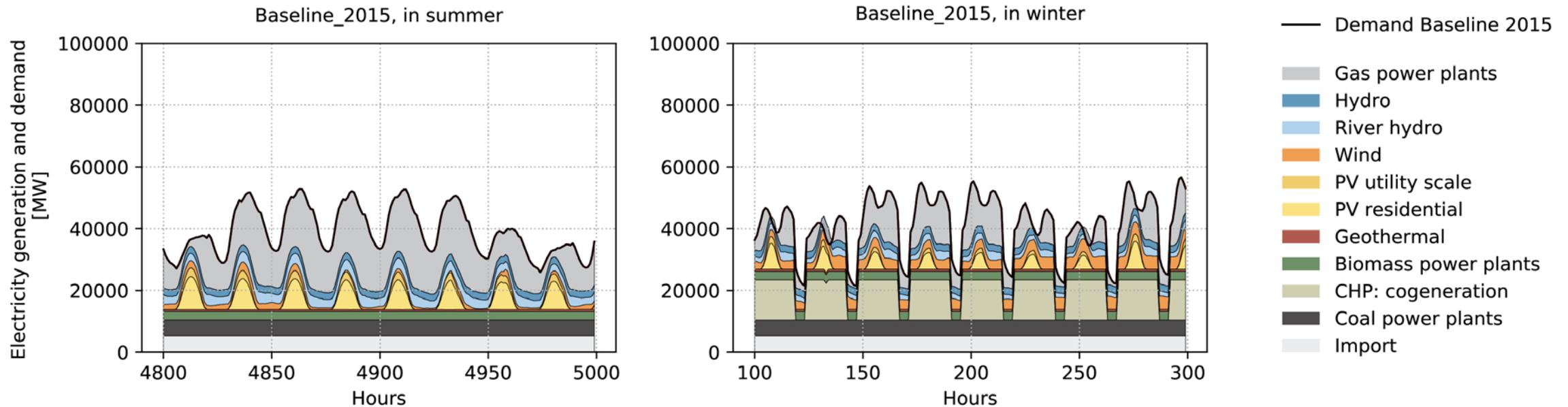
# Confronto domanda elettrica e domanda termica



[13] Terna, 2018. [14] Hotmaps 2016-2020 2016-2020. [49] CTI. [50] Tabella gradi giorno. [51] RSE, Il modello energetico multiregionale MONET, 2011

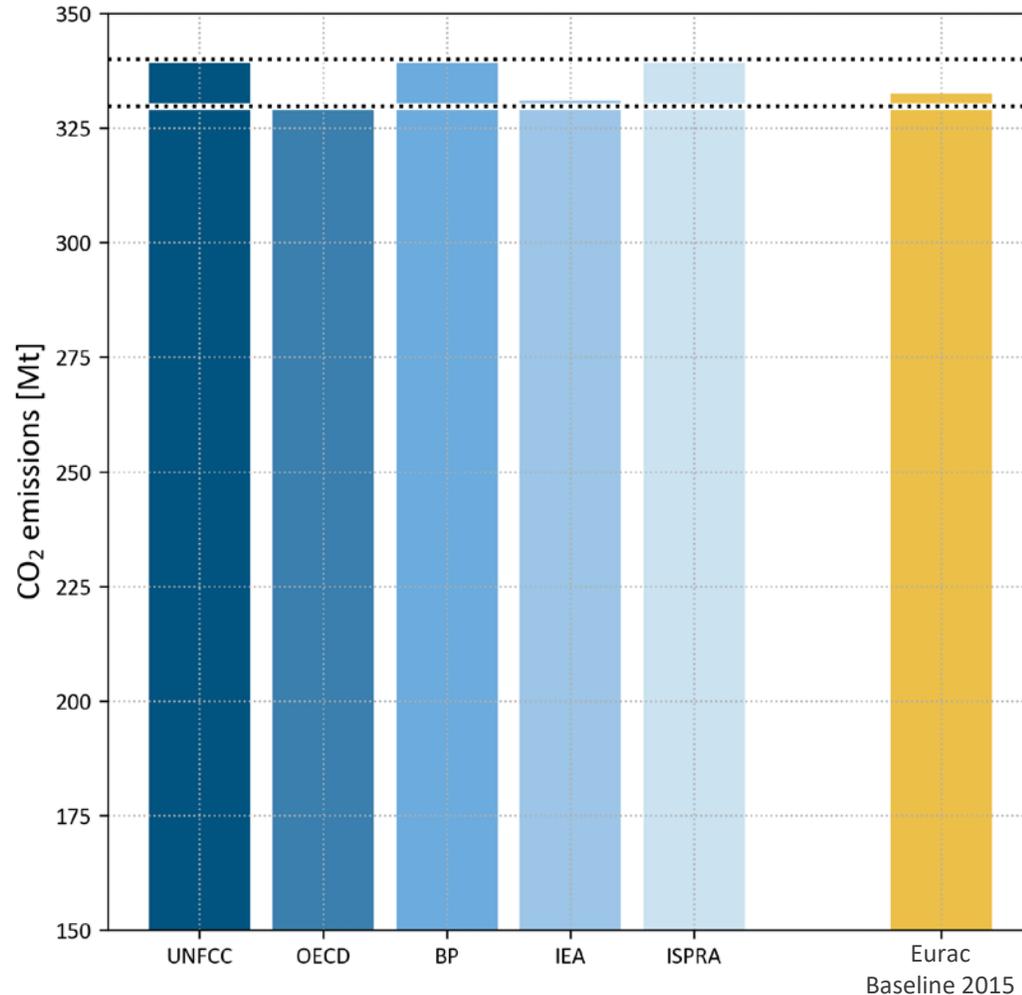
# Generazione elettrica oraria

Quali fonti coprono la domanda oraria? Di seguito viene rappresentata la generazione nello scenario in una settimana estiva e in una invernale.



[16] Terna - Statistical Data 2015. [17] Heat Roadmap Europe 2015

# Validazione del modello: confronto delle emissioni di CO<sub>2</sub>



Il grafico mostra i consumi complessivi di CO<sub>2</sub> del sistema energetico Italiano secondo diversi studi.

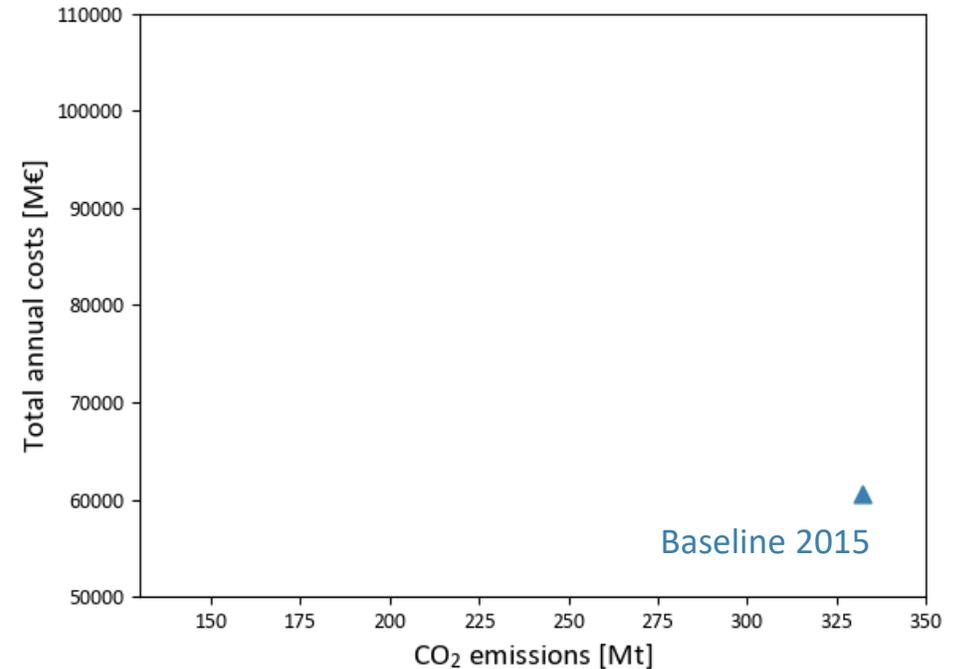
I risultati del modello elaborato da Eurac Research sono in linea con gli studi di diverse organizzazioni internazionali.

[3] UNFCC, 2016. [4] OECD, 2016. [5] BP, 2016. [6] IEA, 2016. [7] ISPRA, 2016. [18] JRC 2017

# Modello di ottimizzazione



Ogni punto sul grafico mostra i costi totali e le emissioni di CO<sub>2</sub> per ogni combinazione di tecnologie del sistema energetico.

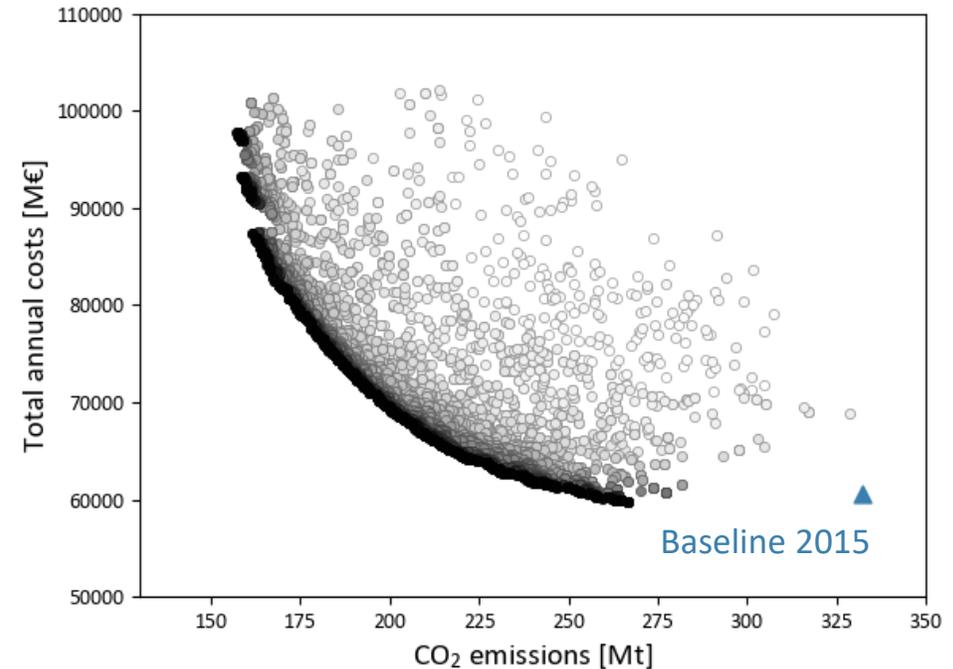


Per ogni combinazione di tecnologie del sistema energetico sono stati simulati i bilanci orari di generazione e consumo.

# Modello di ottimizzazione



Ogni punto sul grafico mostra i costi totali e le emissioni di CO<sub>2</sub> per ogni combinazione di tecnologie del sistema energetico.



Per ogni combinazione di tecnologie del sistema energetico sono stati simulati i bilanci orari di generazione e consumo.



## Potenziale: PV su tetto

La capacità massima del potenziale per PV su tetto è uguale a **120 GW**  
(*assumendo 2 kW/persona*)



[36] Taylor et al., [37] Vartiainen et al., [38] Solar Tyrol project / Photo: CAAB rooftop PV, Bologna, flickr, R. Serra Iguana Press

## Potenziale: PV utility scale

Capacità massima del potenziale per utility scale PV in Italia: **70 GW**  
*(assumendo l'utilizzo di ex siti industriali e superfici agricole non utilizzate)*



[39] Energy strategy group / Photo: ABD PV field, Bolzano, Eurac Research

## Potenziale: eolico

Capacità massima del potenziale per eolico on-shore in Italia: **49 GW**  
*(assumendo repowering e revamping di impianti esistenti, e altre superfici potenzialmente adatte)*



[40] Re-shaping project, Long Term Potentials and Costs of RES, 2011 / Photo: Wind farm, Tocco da Casauria (PE), Wikimedia

## Potenziale: batterie

Capacità massima delle batterie al litio: **600 GWh**

*(valore che emerge dalle prime simulazioni del sistema e tiene conto dei costi – benefici introdotti)*



Photo: Hornsdale Tesla Big Battery, Australia, flickr, David Clarke

## Potenziale: power to gas

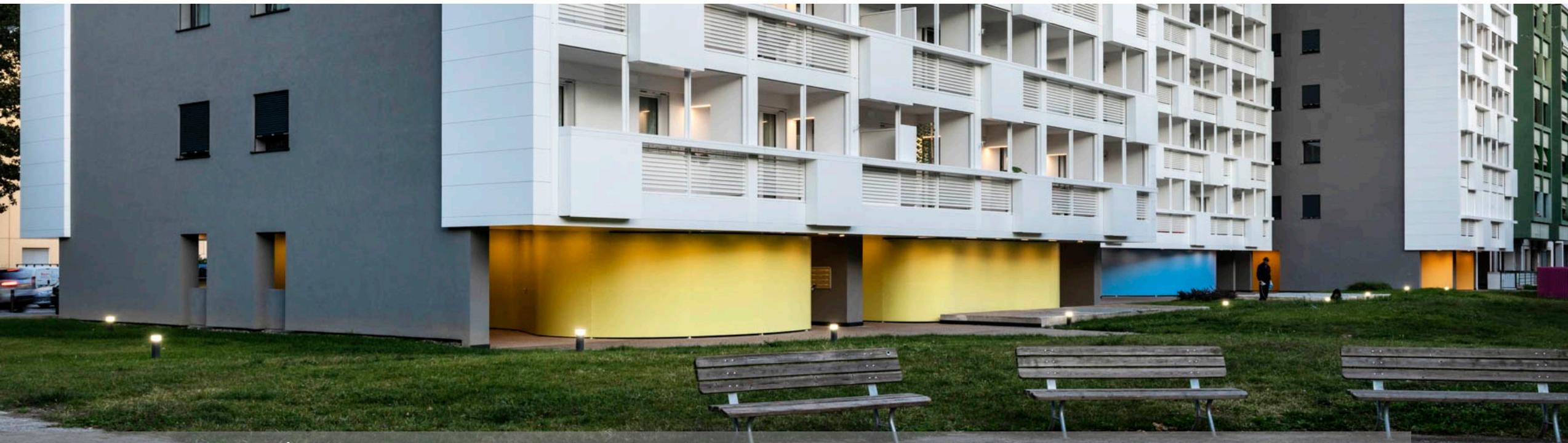
Massima quantità di H<sub>2</sub> prodotto da power to gas: 15% del consumo totale annuo di gas naturale. Capacità massima di elettrolizzatori: **30 GW**  
*(valore che emerge dalle prime simulazioni di sistema e tiene conto dei costi – benefici introdotti)*



[41] Quarton et al. 2016 / Photo: H2 South Tyrol plant, IIT Bolzano, H2 South Tyrol facebook page

## Potenziale: efficientamento energetico degli edifici

I dati elaborati da Eurac Research descrivono i costi dell'efficientamento energetico del building stock, includendo diverse tipologie di edifici, diversi periodi di costruzione e localizzazione spaziale (*annex per maggiori dettagli*)



[42] Prina et al. 2016 / Photo: IPES building refurbished within Sinfonia project, Bolzano, Eurac Research, Ivo Corrà

## Potenziale: pompe di calore

L'applicazione delle pompe di calore nel building stock è vincolata nella modellazione all'efficientamento degli edifici (*maggiori dettagli nell'annex*)



[42] Prina et al. / Photo: Air/water HP installed within iNSPiRe project, Madrid, Eurac Research

# Idroelettrico, geotermico e biomassa

## Idroelettrico a serbatoio



2015 = **24.5** TWh

2030 = **24.5** TWh

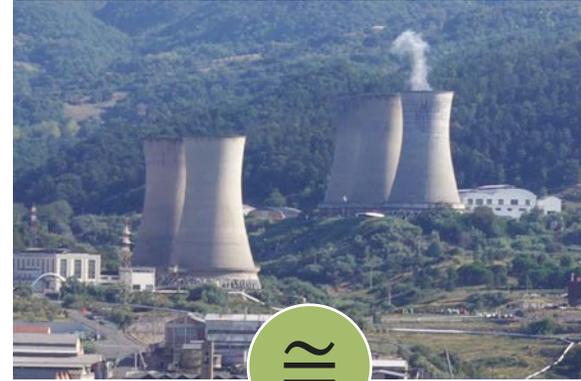
## Idroelettrico ad acqua fluente



2015 = **23.1** TWh

2030 = **24.8** TWh

## Geotermico



2015 = **6.0** TWh

2030 = **7.1** TWh

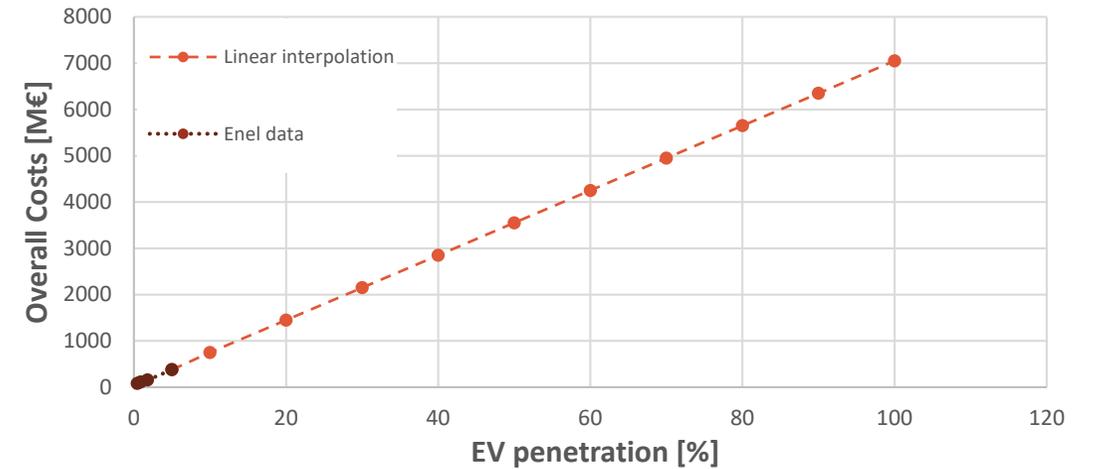
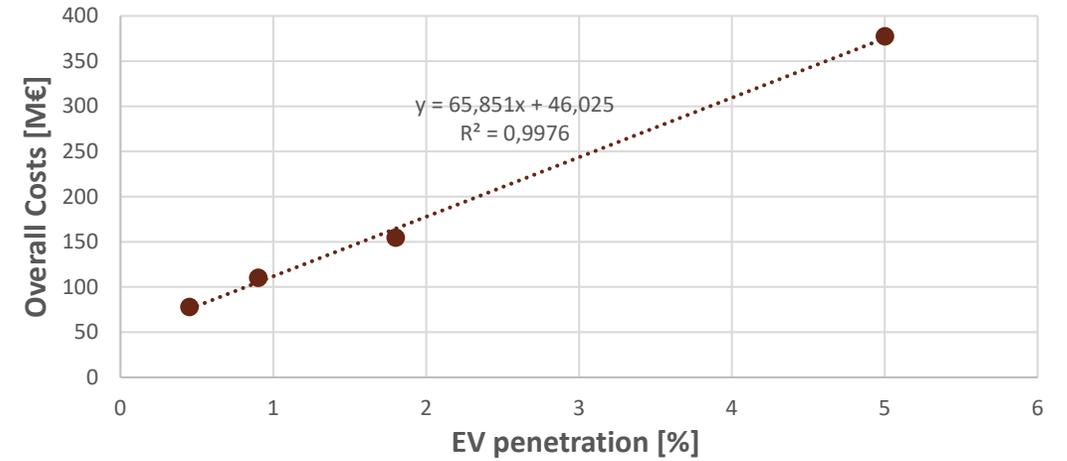
## Centrali a biomassa



2015 = **19.4** TWh

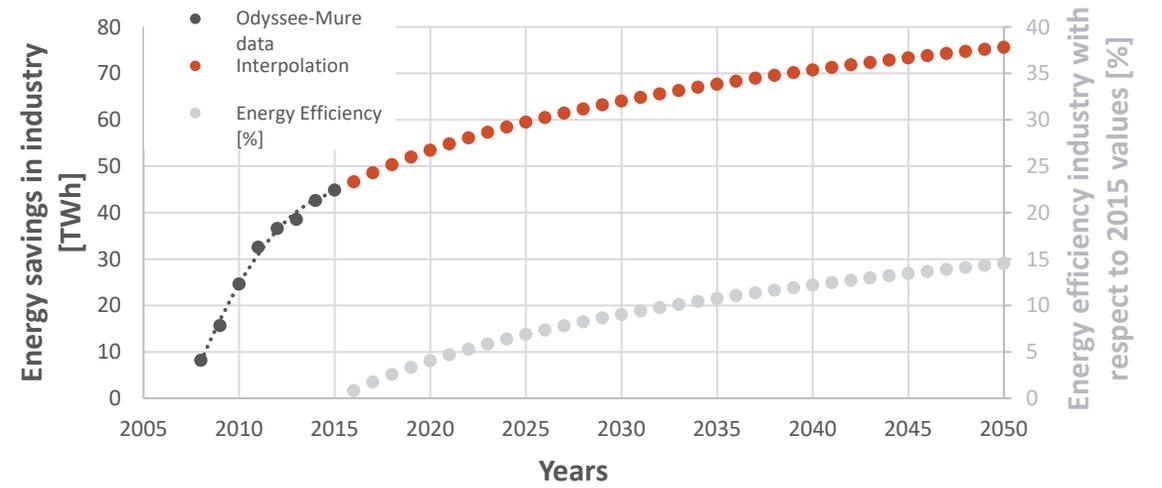
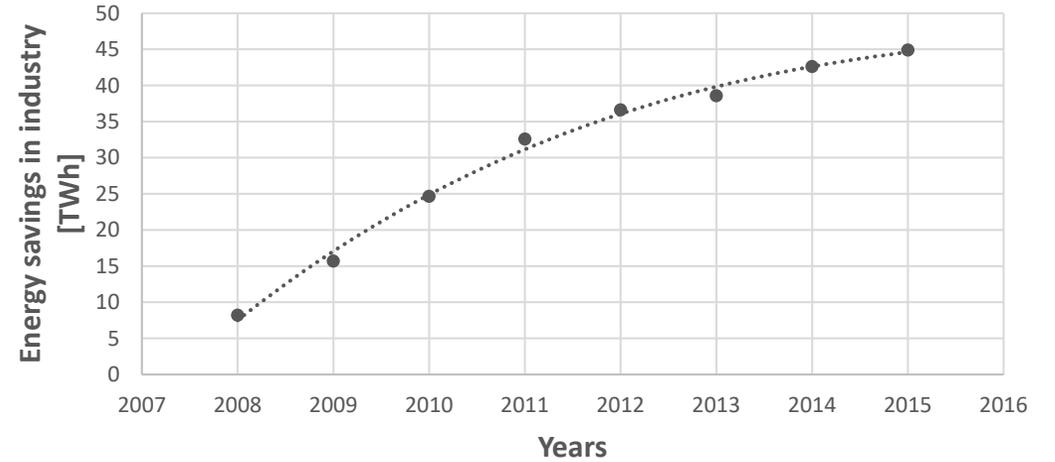
2030 = **15.7** TWh

# Costi mobilità elettrica



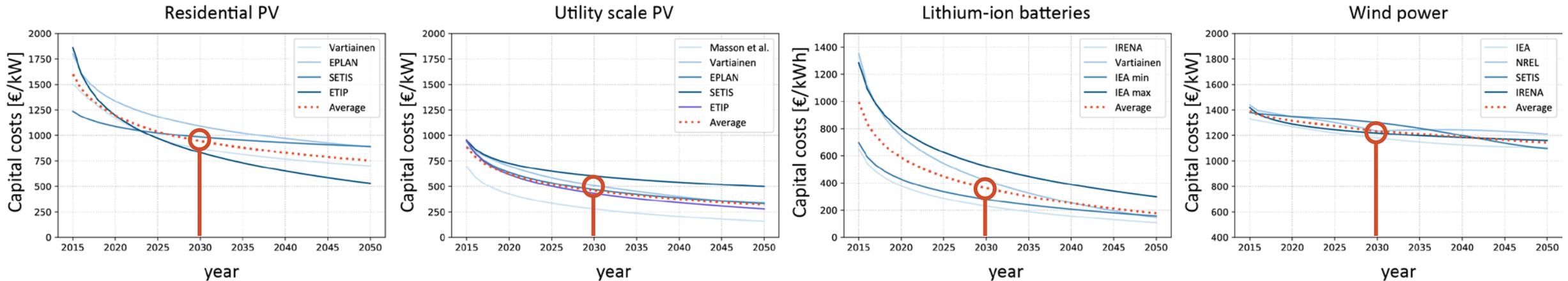
[20] Enel, APRIAMO LA STRADA AL TRASPORTO ELETTRICO NAZIONALE (2017) / Photo: pixabay

# Efficientamento settore industriale



[21] Odyssee-Mure database (H2020) / Photo: pixabay

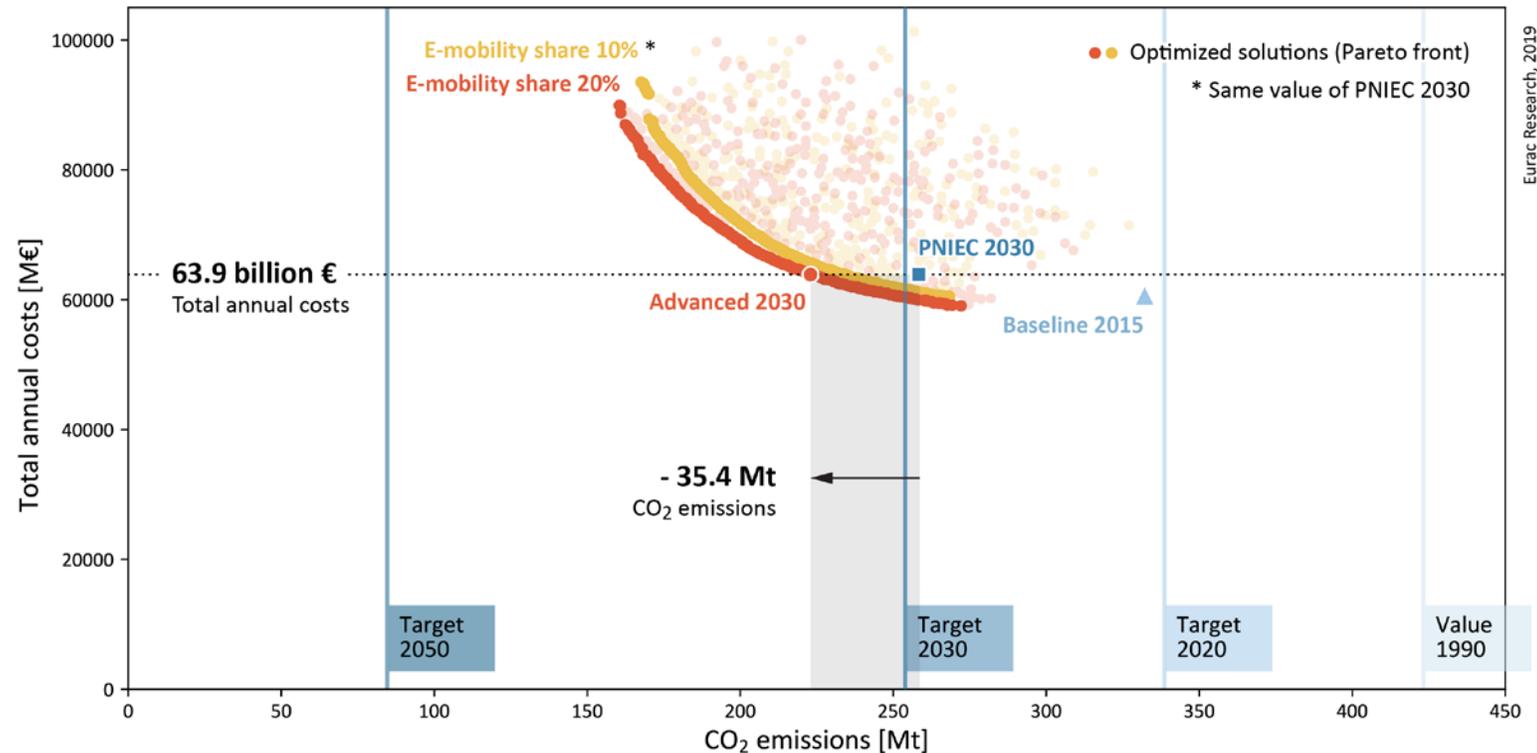
# Trend di costi per singole tecnologie al 2030



Negli ultimi anni sono emerse curve di apprendimento per singole tecnologie rilevanti. Considerando diversi studi pubblicati con stime di sviluppo futuro, sono stati utilizzati valori medi come costi per il 2030.

Residential PV: [22] Vartiainen et al., [23] EnergyPLAN, [24] SETIS and [25] ETIP-PV / Utility scale PV: [26] Masson et al. [22] Vartiainen et al., [23] EnergyPLAN, [24] SETIS and [25] ETIP-PV / Lithium-ion batteries: [27] IRENA, [23] Vartiainen et al., [28] IEA / Wind power: [29] IEA, [30] NREL, [24] SETIS, [31] IRENA

# Risultati della simulazione



Ogni punto nel grafico rappresenta i costi totali annuali e le emissioni di CO<sub>2</sub> di uno scenario energetico specifico. Secondo il modello, lo scenario PNIEC si avvicina all'ottimo per le emissioni di CO<sub>2</sub> stabilite. A parità di costi, altri scenari permettono di ridurre ulteriormente le emissioni complessive.

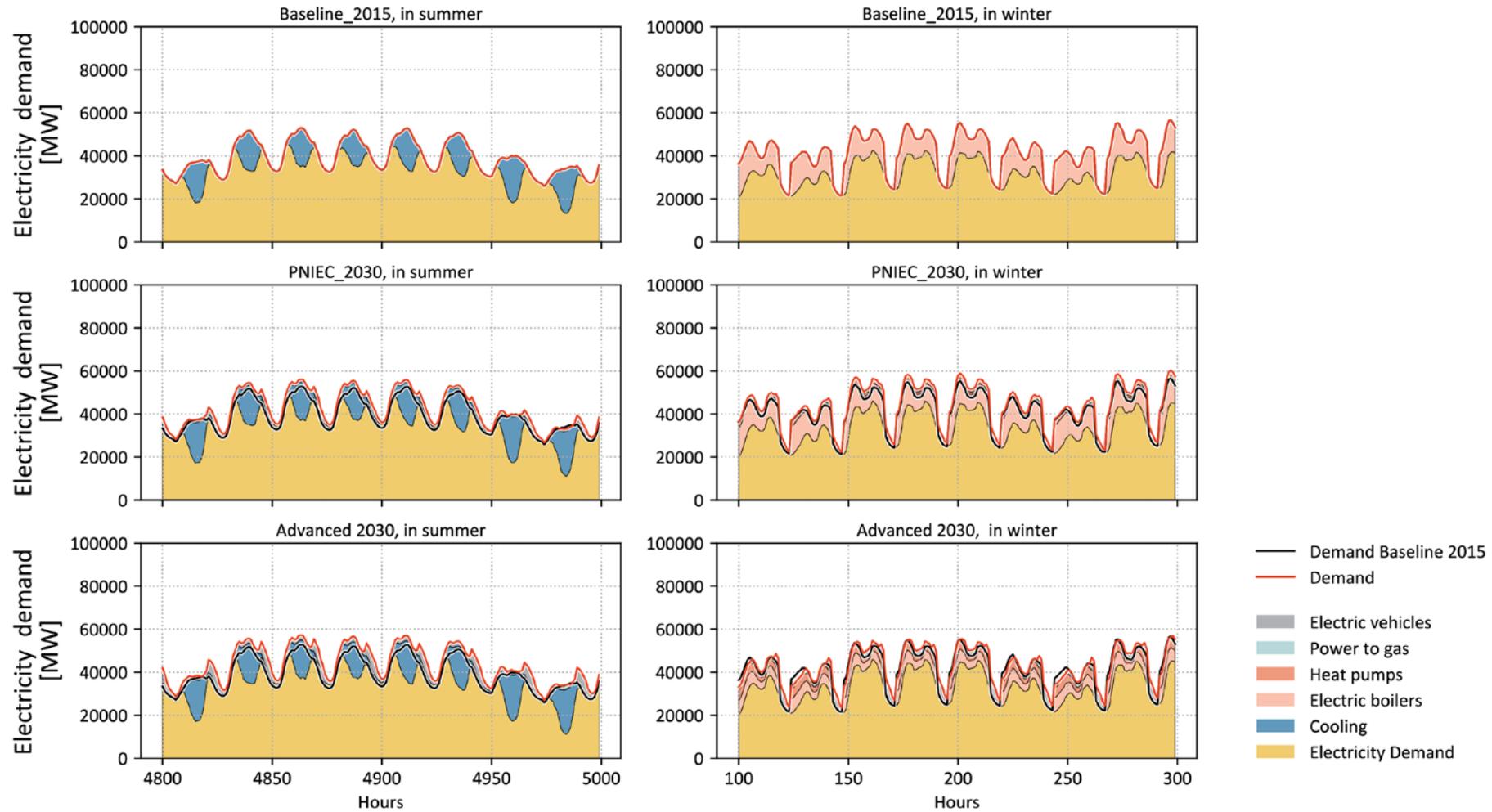
[1] Proposta di piano PNIEC, 2018. [8] European commission, 2007. [9] European commission, 2014. [10] European commission, 2018

# Valori delle principali tecnologie nei diversi scenari

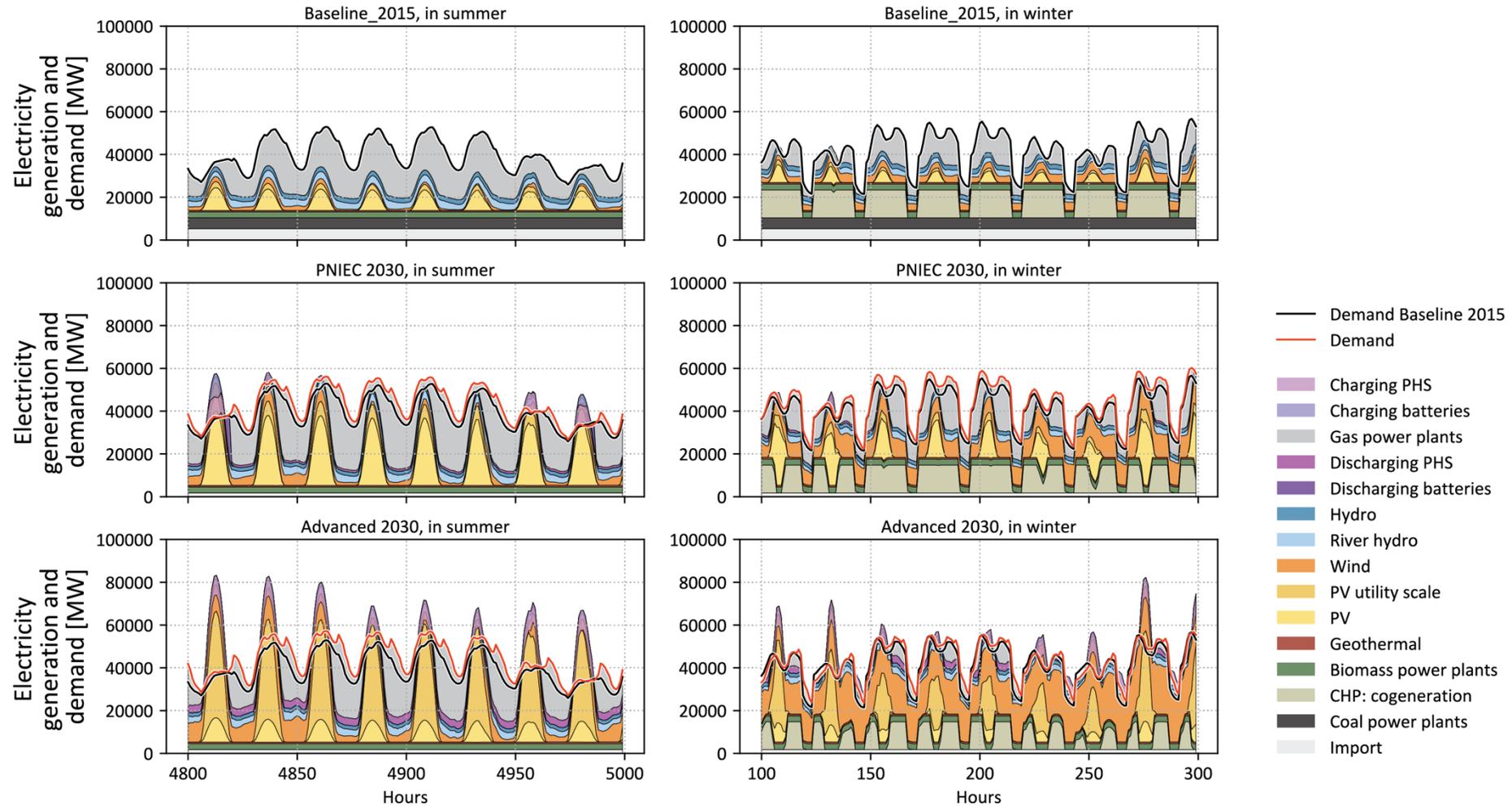
	 PV	 Wind power	 Stationary Batteries	 Batteries of EV*	 Advanced Biomethane	 Energy efficiency of buildings
Baseline 2015	19 GW	9 GW	0 GWh	0 GWh	3 TWh	0 %
PNIEC 2030 **	59 GW	23 GW	40 GWh	200 GWh	15 TWh	15 %
Advanced 2030	86 GW	48 GW	0 GWh	400 GWh	3 TWh	30 %

\*Vehicle to grid non è considerato nelle simulazioni / \*\* Lo scenario PNIEC 2030 considera la produzione di rinnovabili come da PNIEC. Le ore equivalenti di produzione nel modello sono però quelle storiche, fatto che porta a una potenza installata diversa da quella fornita del PNIEC.

# Domanda elettrica oraria



# Mix della generazione elettrica, valori orari

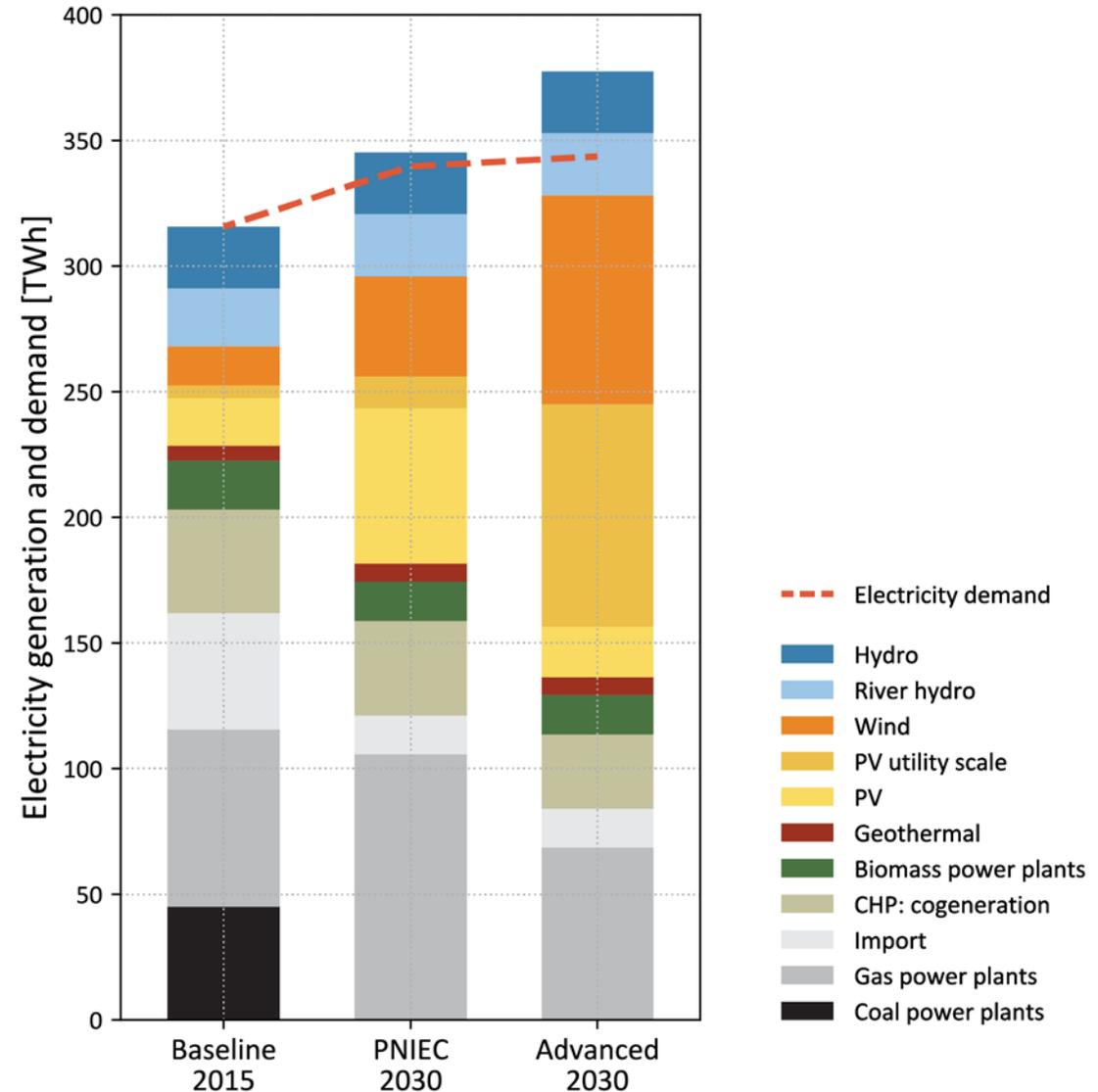


# Mix della generazione elettrica, valori annuali

Il grafico mostra la struttura complessiva della generazione elettrica secondo i tre scenari.

Il **consumo complessivo aumenta** per il fatto che l'energia elettrica viene richiesta dalla **mobilità elettrica** e dal **settore termico** (pompe a calore)

La quota delle **rinnovabili aumenta** con il *phase out* del carbone e la **riduzione di importazione** di fonti fossili.

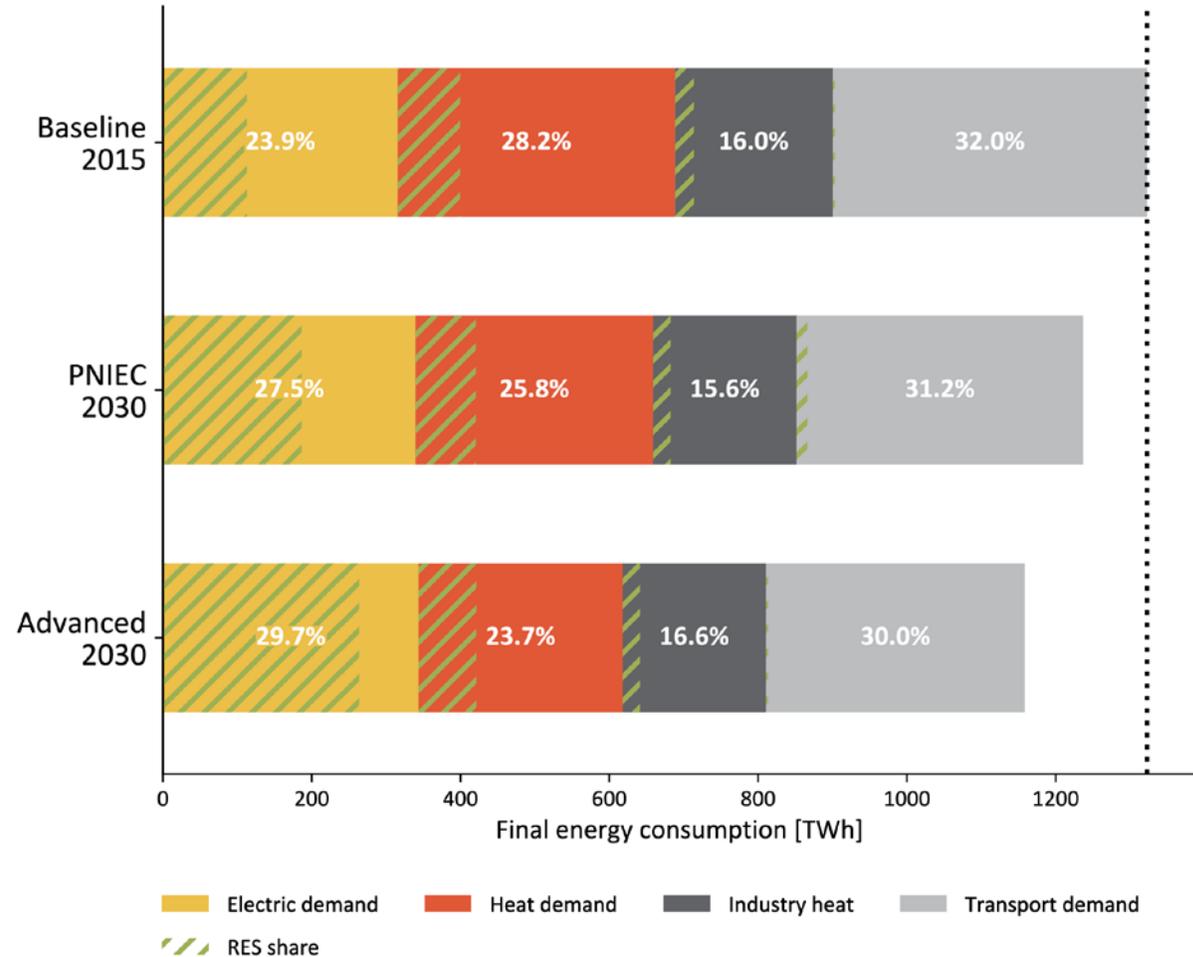


# Consumo di energia finale

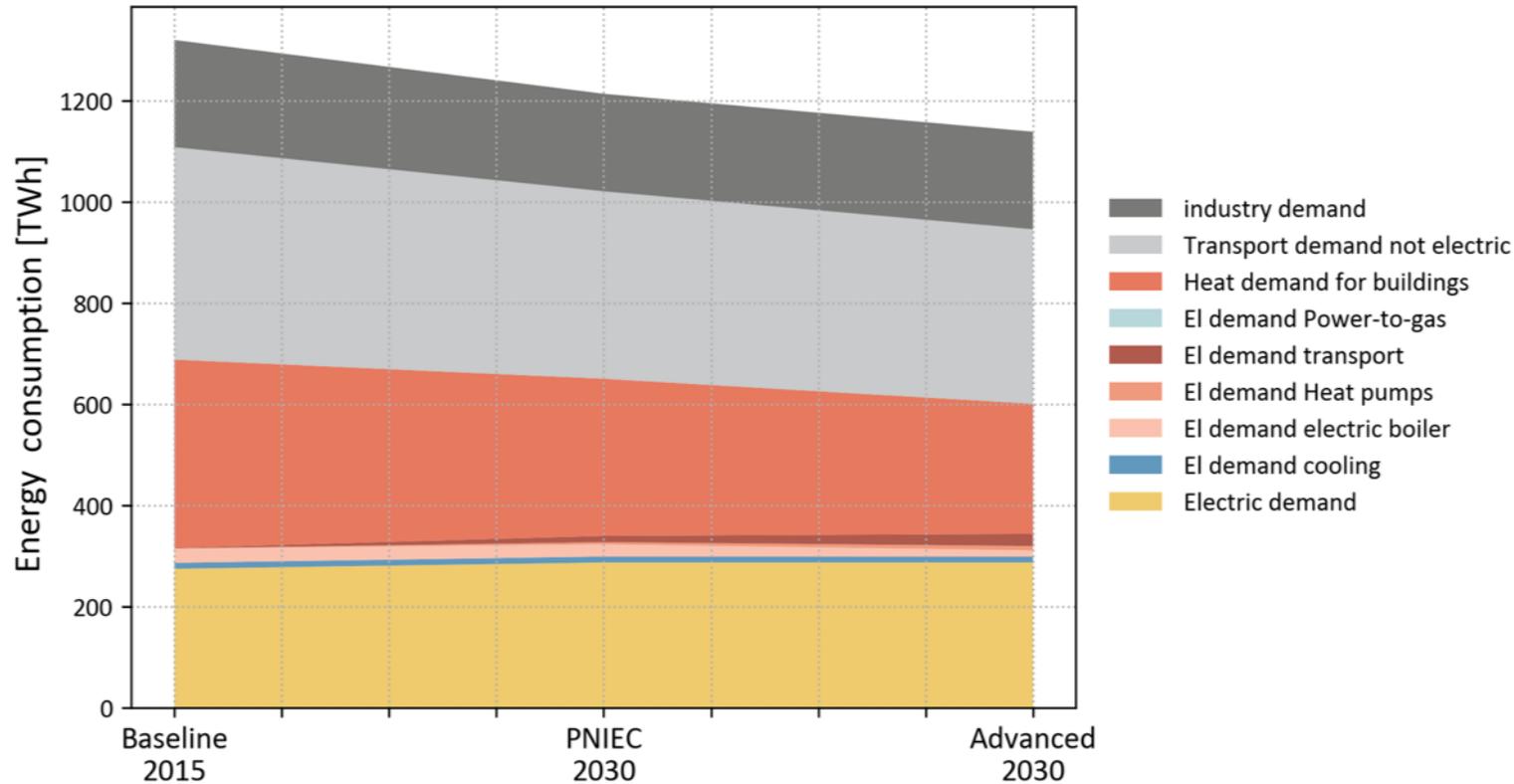
Il consumo complessivo di energia finale diminuisce nei tre scenari.

Questo è dato dalle misure di **efficienza energetica** nell'ambito degli edifici, dell'industria e dell'elettrificazione dei veicoli.

La quota delle **rinnovabili aumenta** in tutti i settori, ma soprattutto nel settore elettrico.



# Consumo di energia finale



## Domanda elettrica da trasporto elettrico

Scenario	TWh	% della domanda elettrica totale
Baseline 2015	0.9	0.3
PNIEC 2030	12.5	3.6
Advanced 2030	24.1	7.0

## Domanda elettrica da pompe di calore

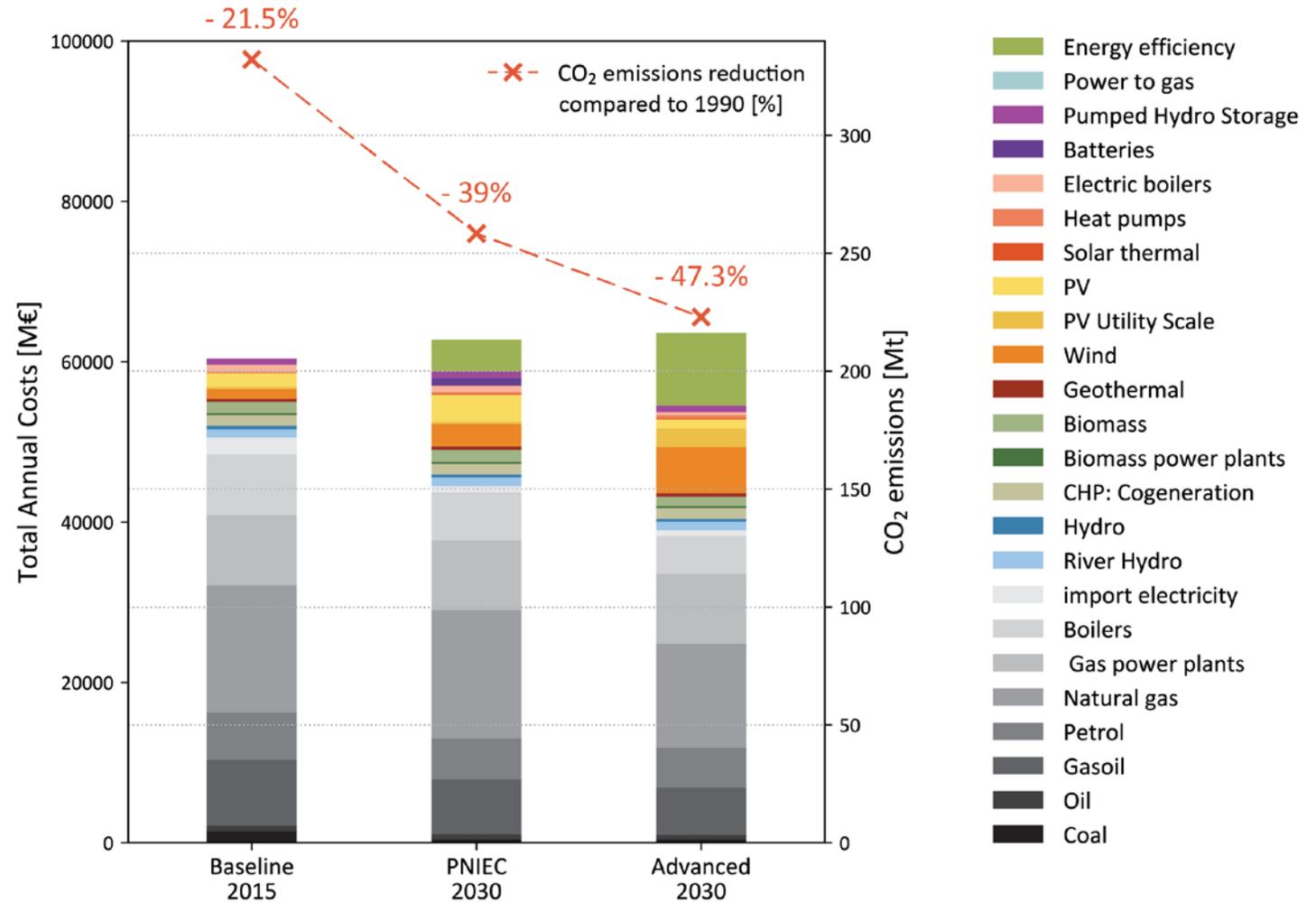
Scenario	TWh	% della domanda elettrica totale
Baseline 2015	0.1	0.02
PNIEC 2030	4.3	1.2
Advanced 2030	8.5	2.5

# Costi totali annui

Nello scenario PNIEC 2030 e Advanced 2030, le **emissioni complessive di CO<sub>2</sub>** scendono rispettivamente del 39% e 47%.

Il **costo complessivo** aumenta leggermente da Baseline 2015 allo scenario PNIEC 2030, mentre rimane costante nello scenario Advanced 2030.

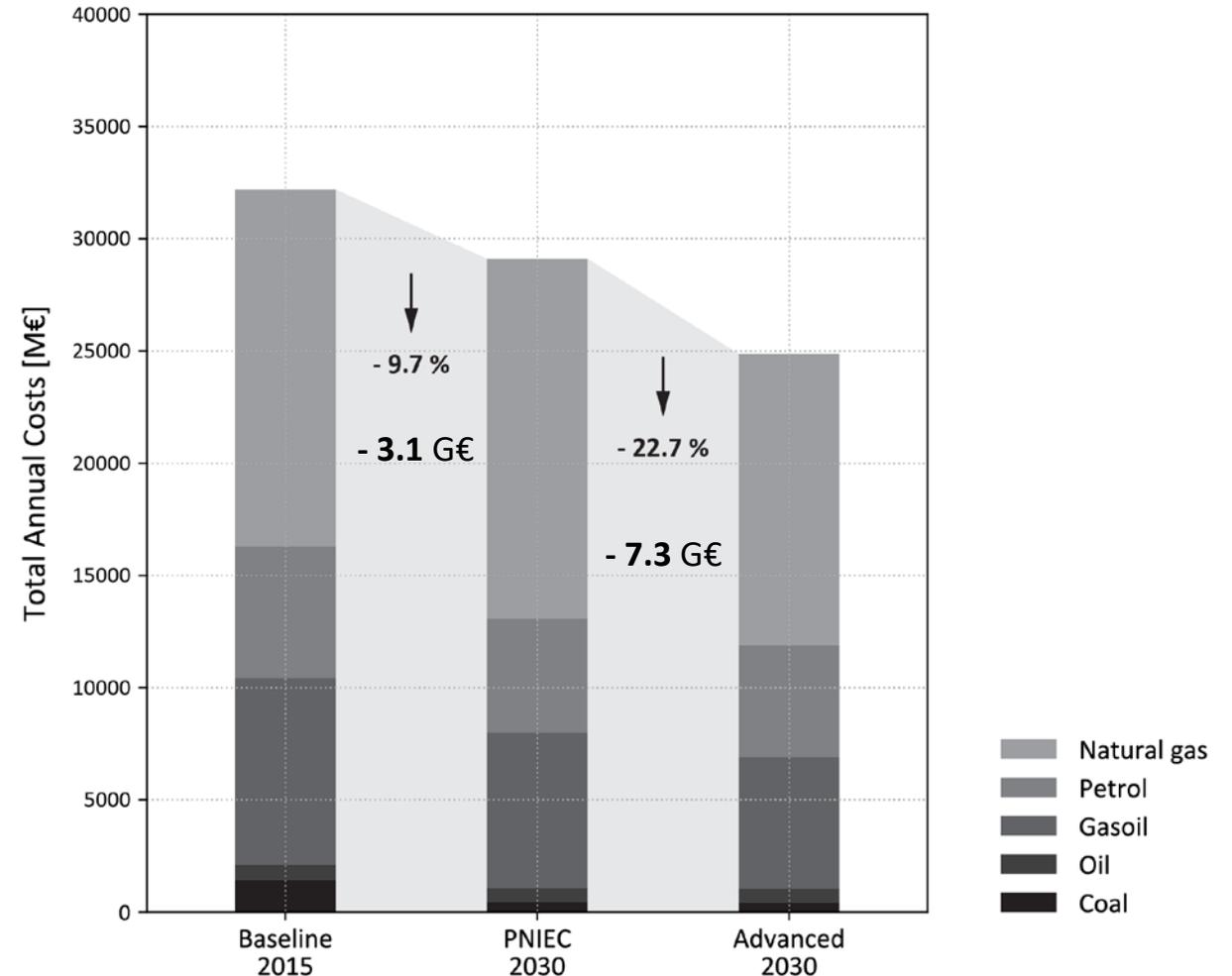
La **quota parte di spese** per le rinnovabili e l'efficienza energetica sale, mentre **scendono le spese** per l'importazione di fonti fossili.



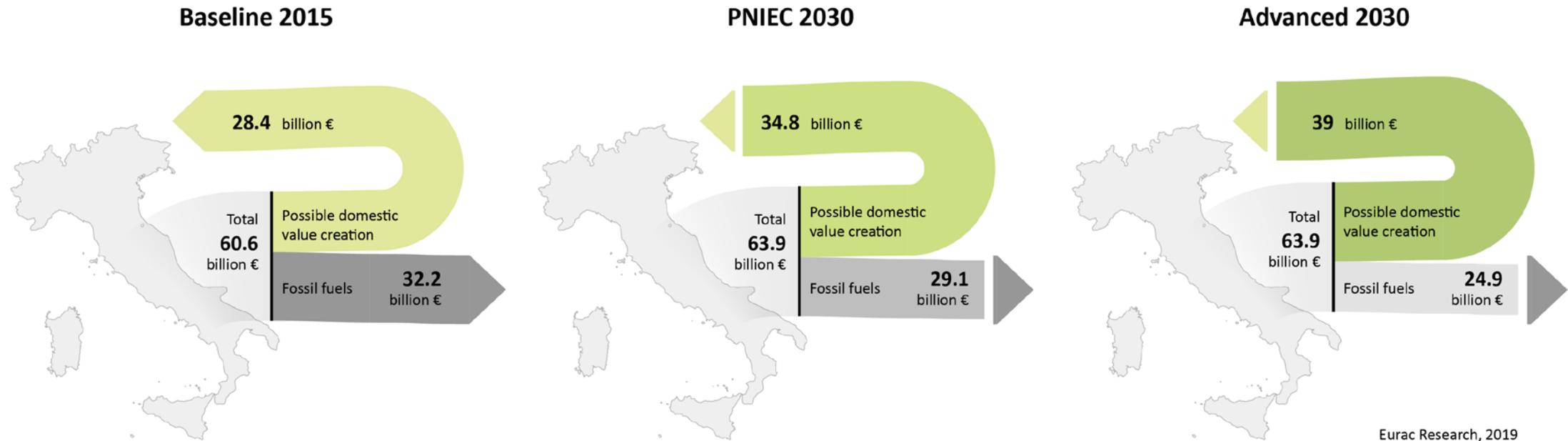
# Costi dei combustibili fossili

Limitando le emissioni di CO<sub>2</sub> l'importazione di fonti fossili scende del **10%** (PNIEC 2030) e del **23%** (Advanced 2030).

Negli scenari 2030, la dipendenza energetica da importazioni dell'Italia diminuisce, mentre aumenta il **valore aggiunto** attraverso misure di efficienza energetica e rinnovabili.



# Spesa energetica nei vari scenari



Le importazioni di fonti fossili **scendono di oltre 7 miliardi € all'anno**, fondi a disposizione per investimenti nel sistema energetico in Italia.

## Possible domestic value creation



Energy efficiency

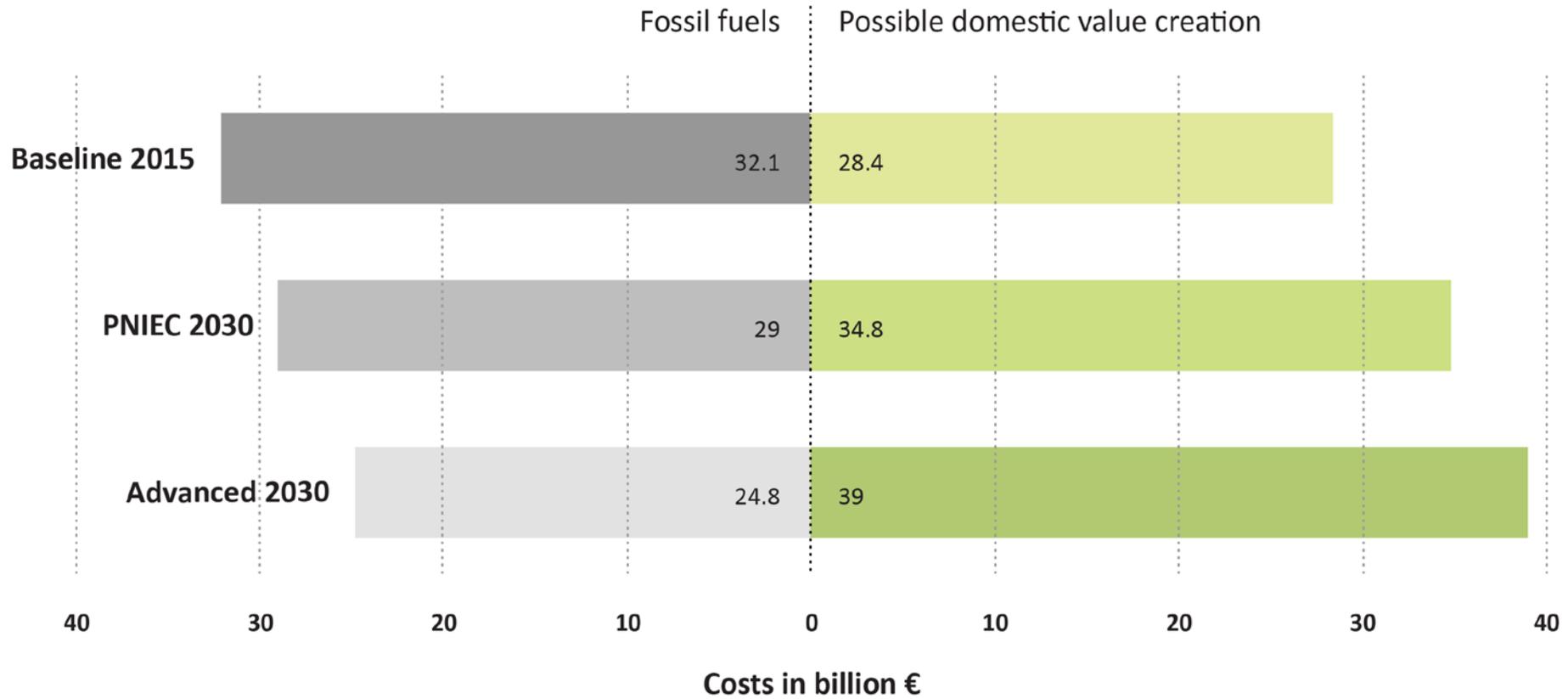


Energy infrastructure



Renewable Energy Sources

# Spesa energetica nei vari scenari



# Considerazioni sul territorio Italiano in ottica multi-nodo

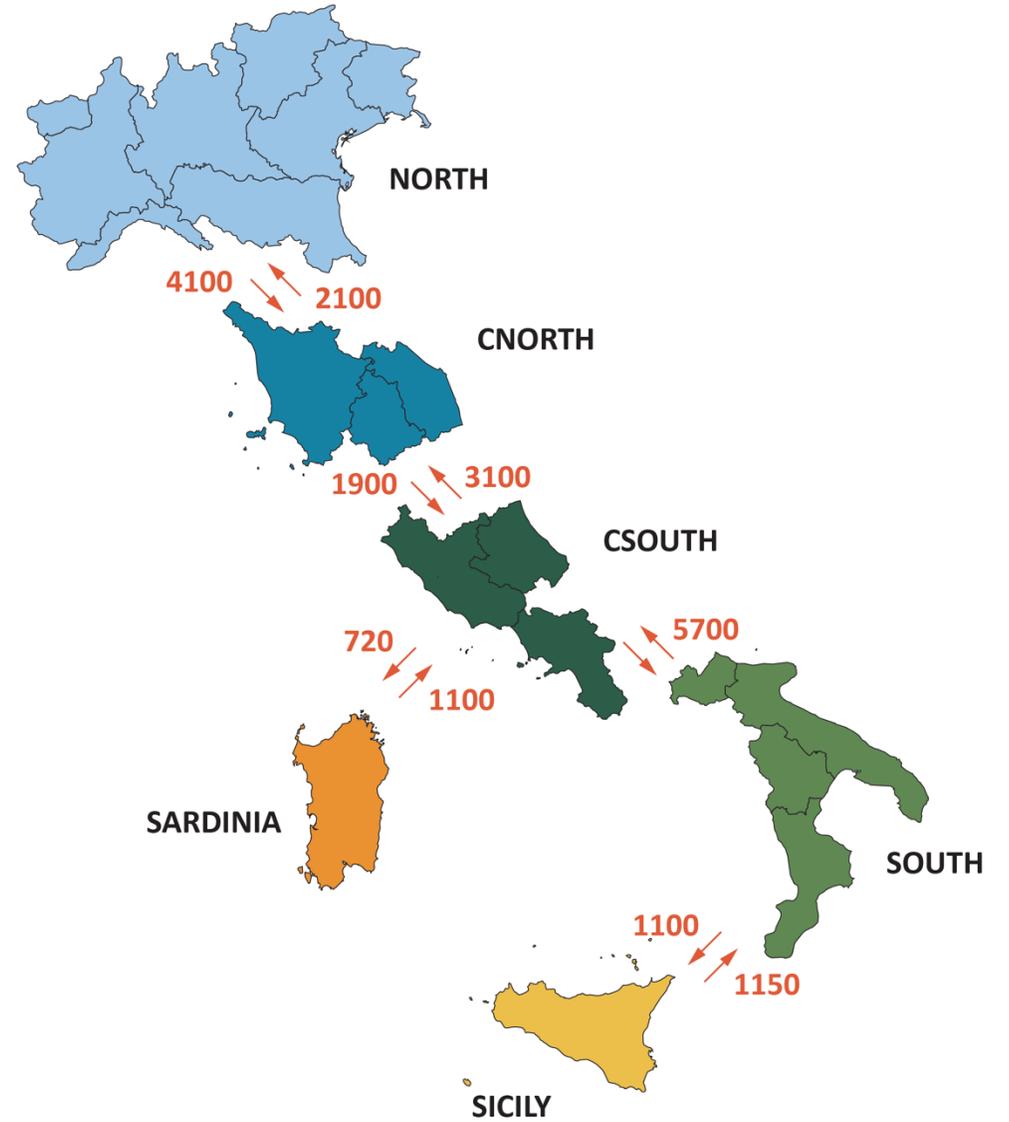
Suddivisione del territorio Italiano nelle diverse aree del Sistema elettrico, identificate dai diversi vincoli della rete di trasmissione [MW] per la **situazione nel 2015**.

La connessione tra CNORTH-CORSICA-SARDINIA non viene considerata per non includere un nodo addizionale (la Corsica) del quale non si hanno a disposizione i dati di generazione.



# Considerazioni sul territorio Italiano in ottica multi-nodo

Suddivisione del territorio Italiano nelle diverse aree del Sistema elettrico, identificate dai diversi vincoli della rete di trasmissione [MW] per la **situazione al 2030** come definita da Terna nel “Piano di sviluppo 2019” [52].



[32] Terna - Transmission and Interconnection. [33] Oemof. [52] Terna, piano di sviluppo 2019

# Considerazioni dell'approccio multi-nodo

È stato usato il modello multi-nodo Oemof per stimare l'**overgeneration** indotto dai vincoli di trasmissione della rete.

- Lo sviluppo della rete di trasmissione previsto da Terna al 2030 permette di contenere l'**overgeneration** nell'ordine del **1% (PNIEC 2030)** della generazione totale da fonti rinnovabili.
- Questo numero **aumenta** nello scenario **Advanced 2030** di diversi punti %. Però ...
- Per calcolare con maggiore precisione questo valore sarebbe necessario tenere conto di:
  - **Diversi profili di ricarica per i veicoli elettrici**, ricarica attiva / vehicle to grid
  - **Demand-side management** in diversi settori (in particolare quello industriale)
  - Impatto delle **comunità energetiche**

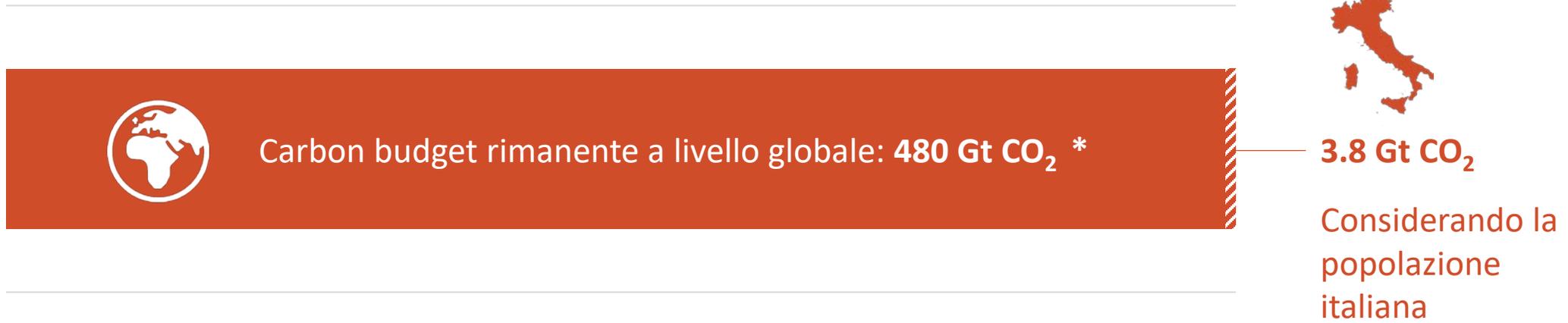
## Il carbon budget: definizione

“Quantità totale di CO<sub>2</sub> di origine fossile che può essere ancora emessa in atmosfera per mantenere il riscaldamento globale entro il limite di temperatura desiderato”



[34] Rogelj J et al. *Nature*. 2019 / Photo: Unsplash, NASA

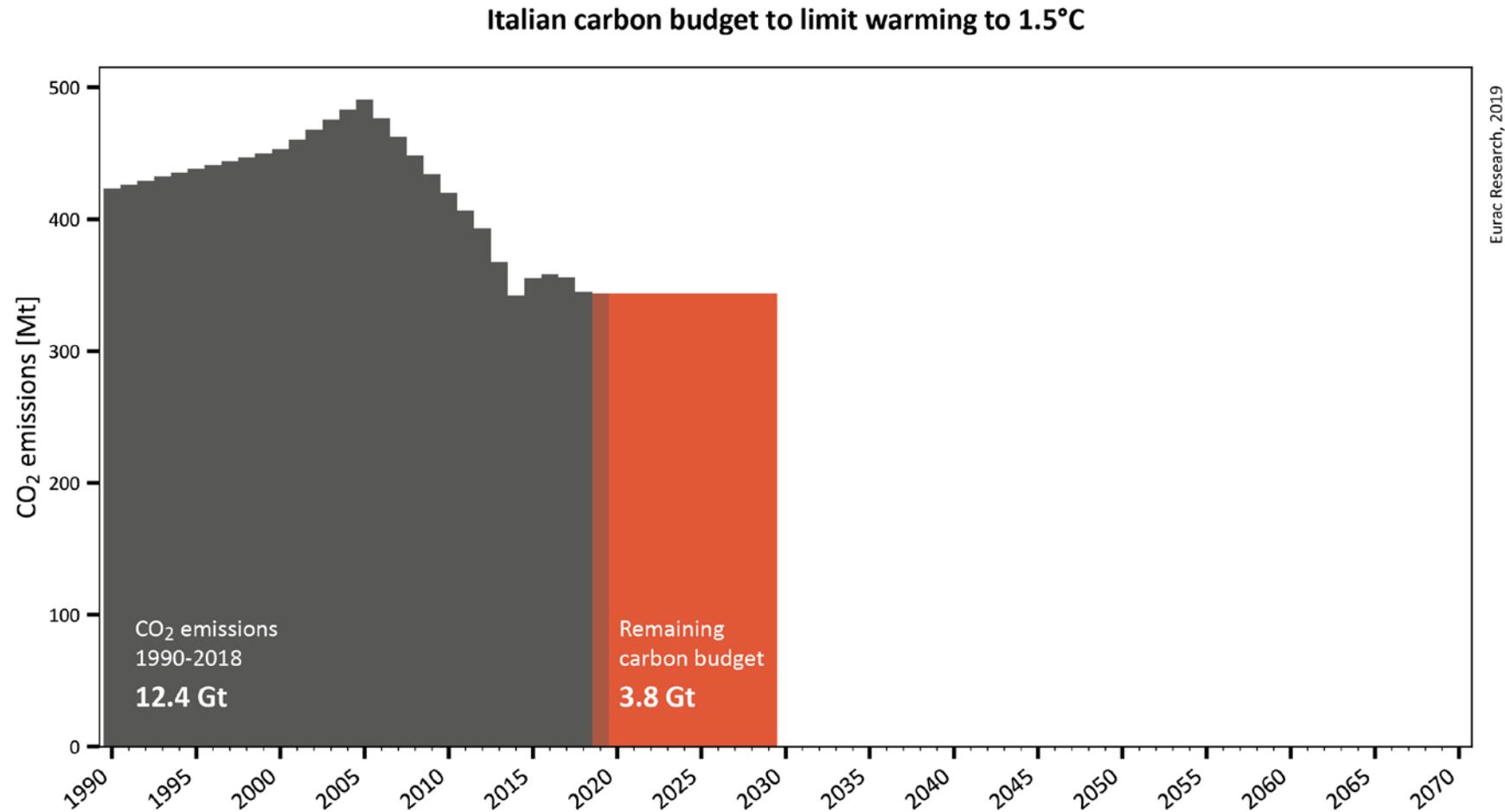
# Il carbon budget mondiale e italiano al 2018



\* Con una probabilità del 50% di limitare il global warming a 1.5°C (al 2100 rispetto ai valori pre-industriali, 1850-1990)

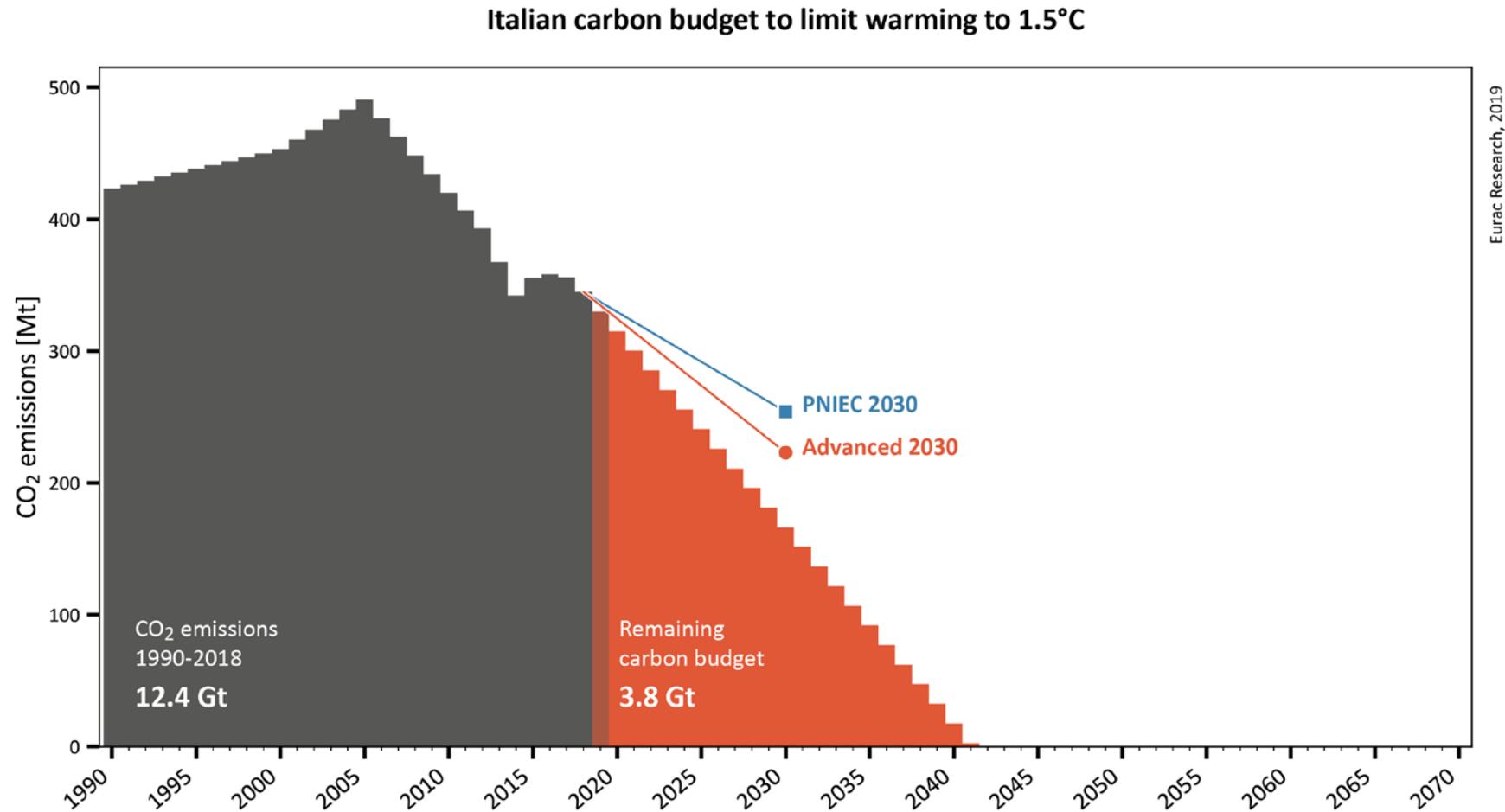
Il numero rappresenta la quantità globale di CO<sub>2</sub> che può essere emessa per limitare il global warming a 1.5°C. Considerando la popolazione globale e quella Italiana è stata calcolata la quota parte Italiana, che porta ad un *carbon budget* nazionale rimanente di 3,8 Gt.

# Carbon budget Italia: anno esaurimento a emissioni costanti



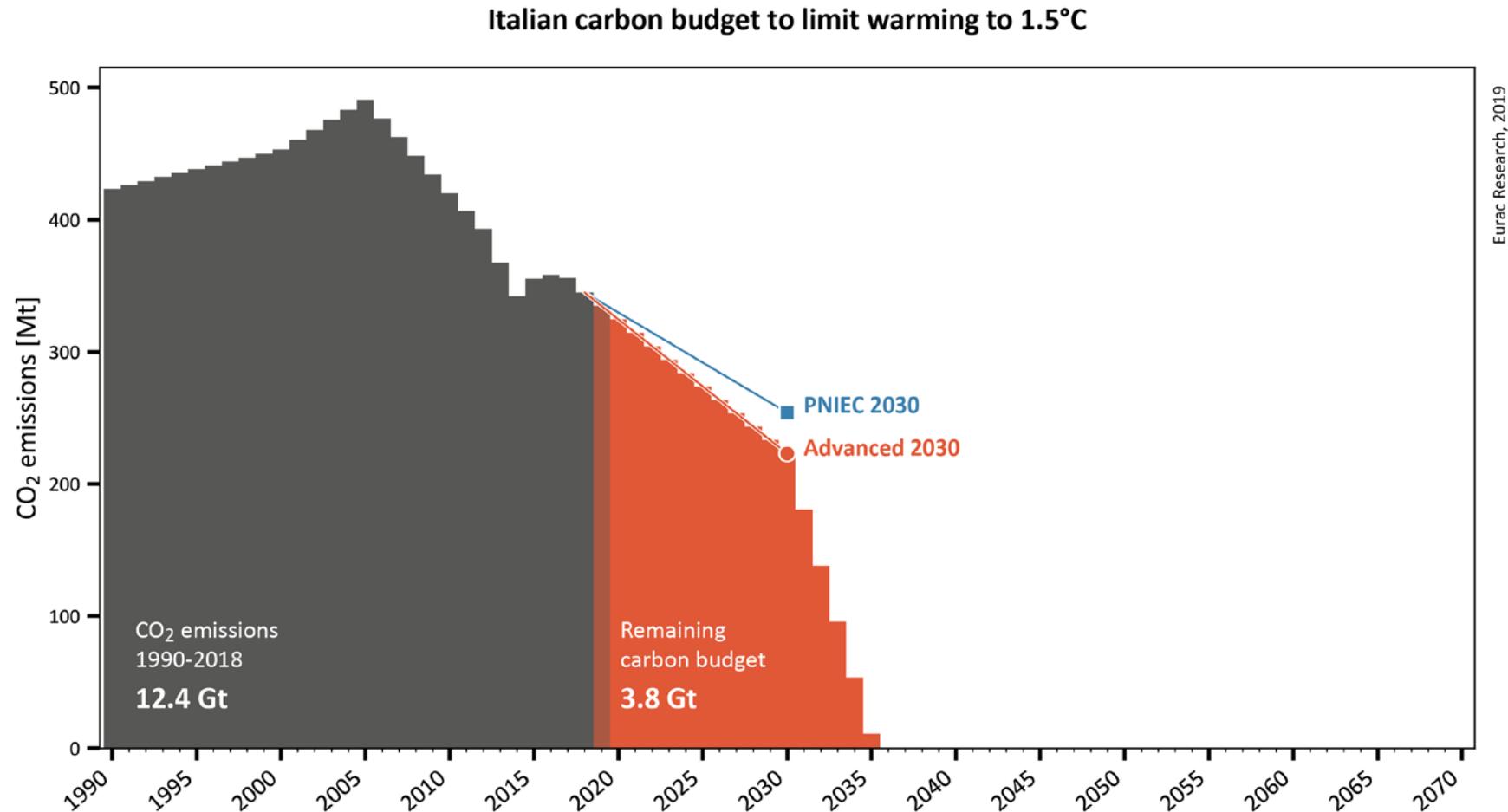
[34] Nature article [35] JRC 2019 [9] European commission, 2014. [10] European commission, 2018

# Carbon budget Italia: confronto scenario Eurac



[34] Nature article [35] JRC 2019 [9] European commission, 2014. [10] European commission, 2018

# Carbon budget Italia: confronto scenario Eurac



[34] Nature article [35] JRC 2019 [9] European commission, 2014. [10] European commission, 2018

## Messaggi chiave (1/2)

- Un **modello dinamico di simulazione** è stato sviluppato valutando **migliaia scenari energetici diversi**, considerando la **produzione e la domanda** del settore **elettrico, termico** e dei **trasporti** a livello orario.
- Secondo il modello, lo **scenario PNIEC 2030** è **vicino all'ottimo** dei costi per l'obiettivo di emissioni definite. Esistono **però altri scenari** che permettono di **diminuire** ulteriormente **le emissioni senza aumentare i costi**.
- **Sono necessari cambiamenti in tutti i settori**. Nell'arco temporale considerato (2030) i **settori chiave** che emergono sono le rinnovabili elettriche (soprattutto **eolico e fotovoltaico**), la **mobilità elettrica** e l'**efficienza energetica** degli edifici (con pompe a calore).

## Messaggi chiave (2/2)

- La transizione energetica **richiede cambiamenti importanti del sistema energetico nazionale e investimenti importanti.**
- Gli **scenari presentati** permettono di **ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>** in modo sostanziale e di limitare **la necessità di importazione di fonti fossili.** Nello scenario Advanced 2030 questo equivale ad **una spesa risparmiata di oltre 7 miliardi € all'anno.** Fondi che rimangono a disposizione **per investimenti nel sistema energetico nazionale,** contribuendo **all'economia Italiana.**
- Lo **scenario Advanced 2030 è molto ambizioso,** ma considerando il **carbon budget** a disposizione per l'Italia, si nota che anche se implementato, dopo il 2030 **un ulteriore aumento della de-carbonizzazione è necessaria per rispettare gli accordi di Parigi.**

# Grazie per l'attenzione

W. Sparber, G. Manzolini, D. Moser, M. G. Prina, R. Vaccaro  
wolfram.sparber@eurac.edu

[www.eurac.edu](http://www.eurac.edu)

**eurac**  
research



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ENERGIA