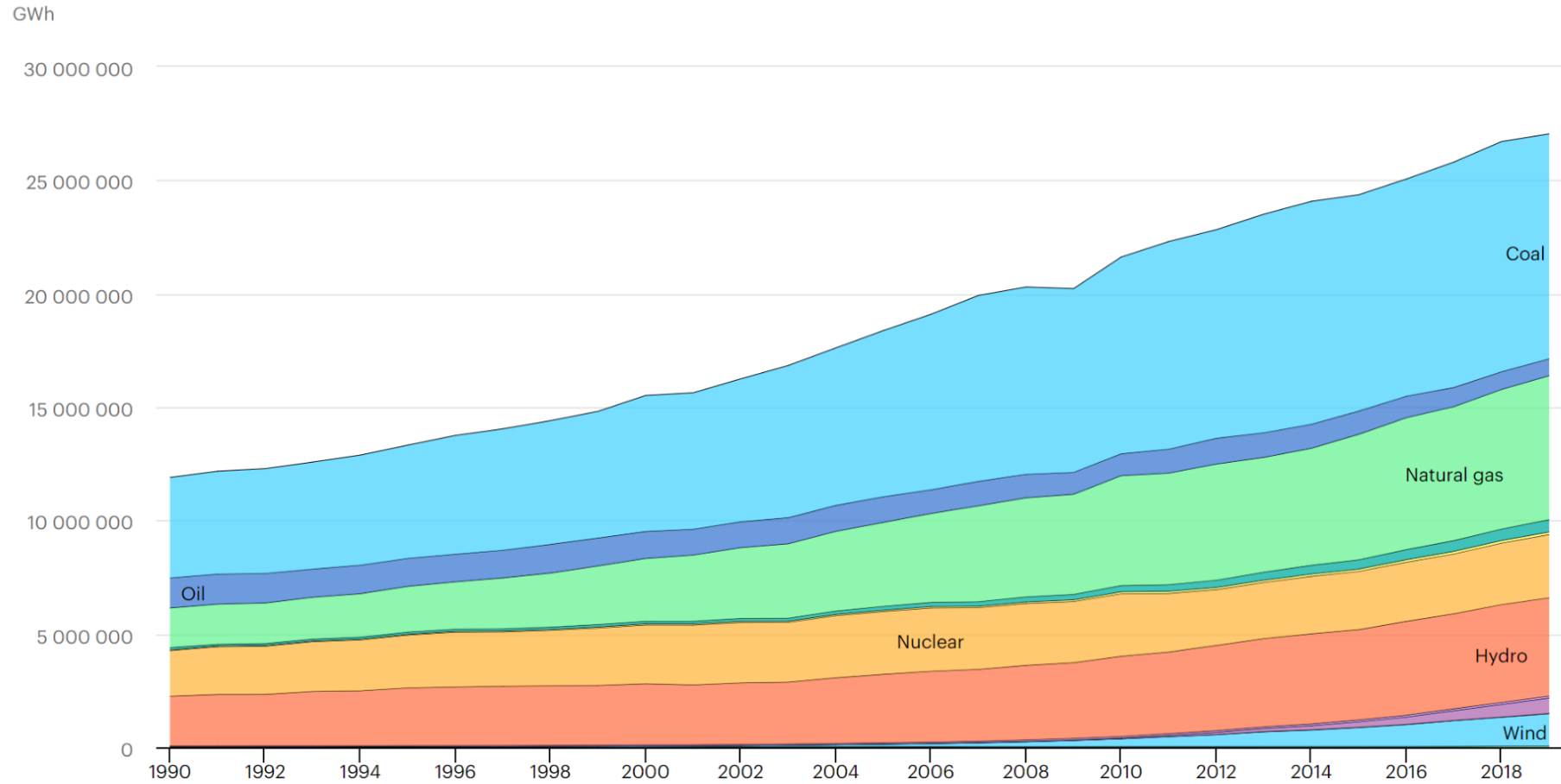


**Accumulo: una strada obbligata  
per inseguire gli obiettivi del PNIEC**

**Prof. Pier Ruggero Spina**  
**Dipartimento di Ingegneria - Università di Ferrara**

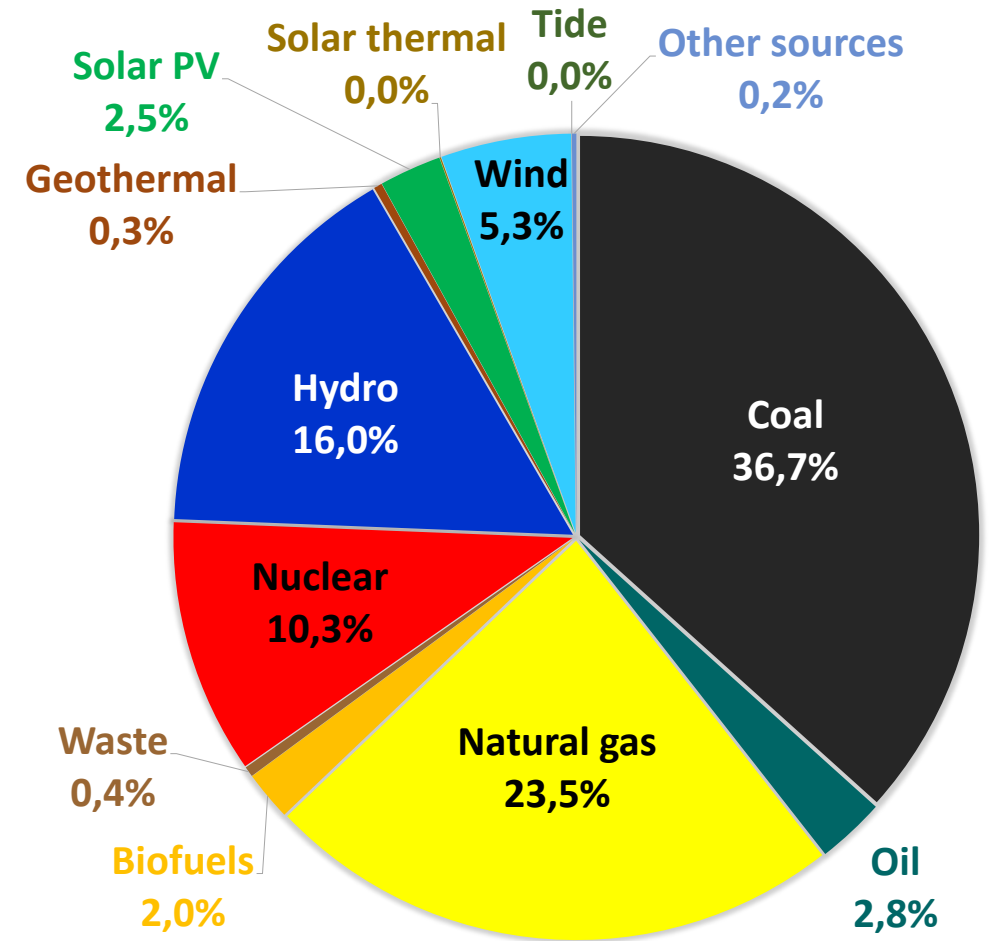
# La produzione di elettricità nel mondo per fonte (1990 – 2019)

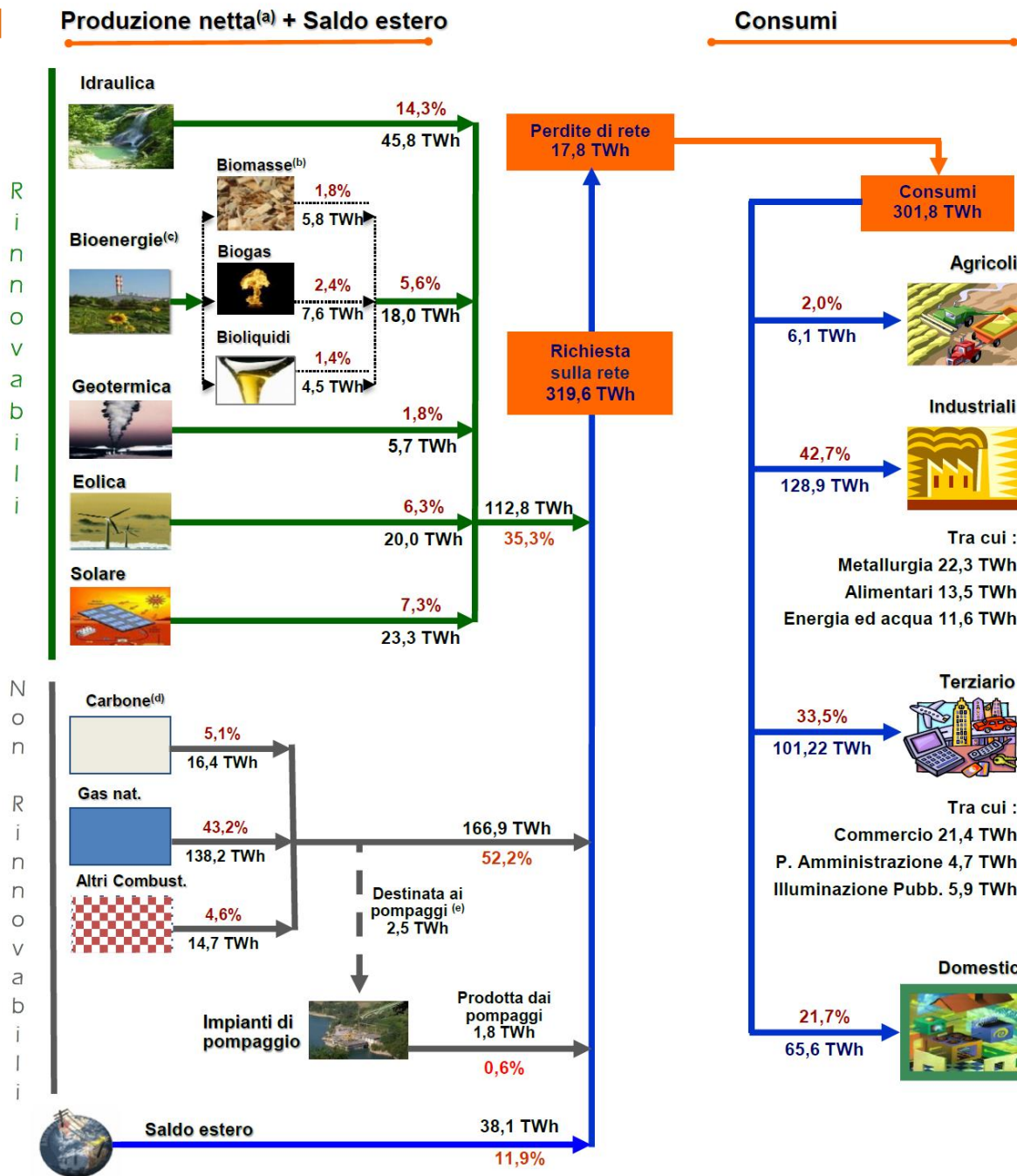


● Coal ● Oil ● Natural gas ● Biofuels ● Waste ● Nuclear ● Hydro ● Geothermal ● Solar PV ● Solar thermal ● Wind ● Tide ● Other sources

# La produzione di elettricità nel mondo per fonte (2019)

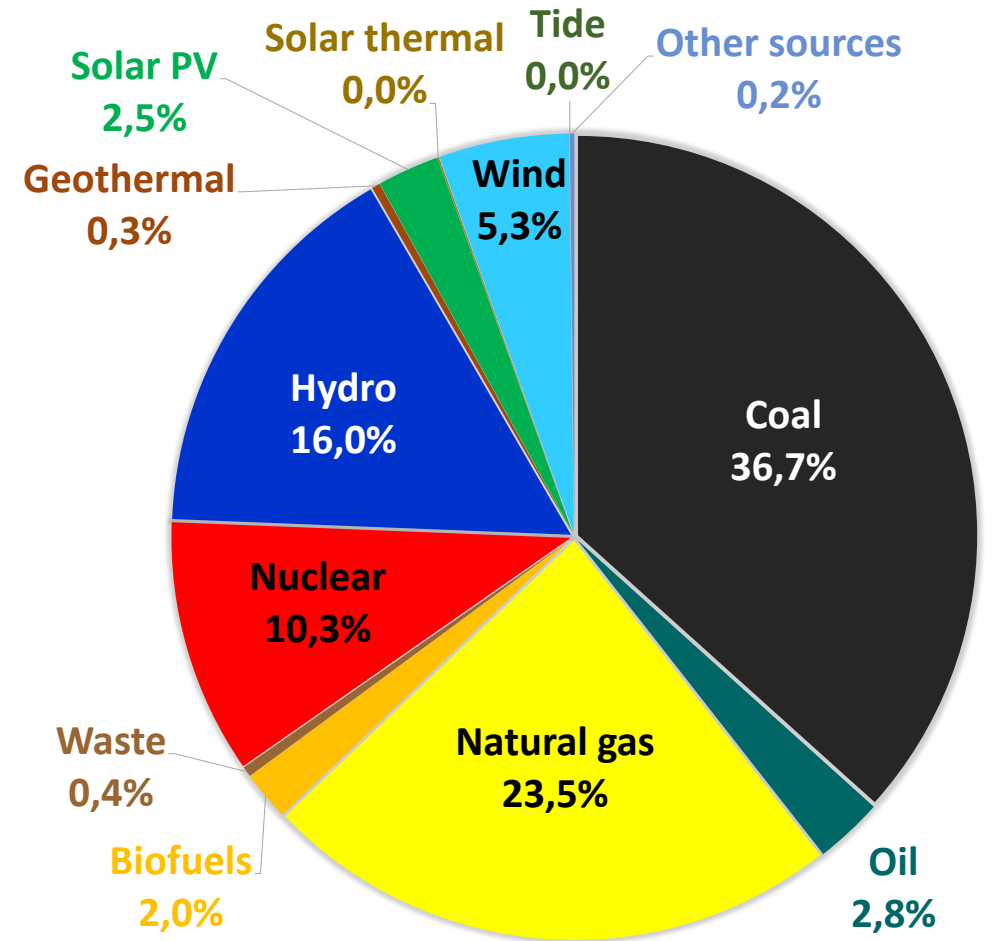
(27.044 TWh)





# La produzione di elettricità (2019)

## Mondo (27.044 TWh)



Fonte: elaborazione GSE su dati Terna

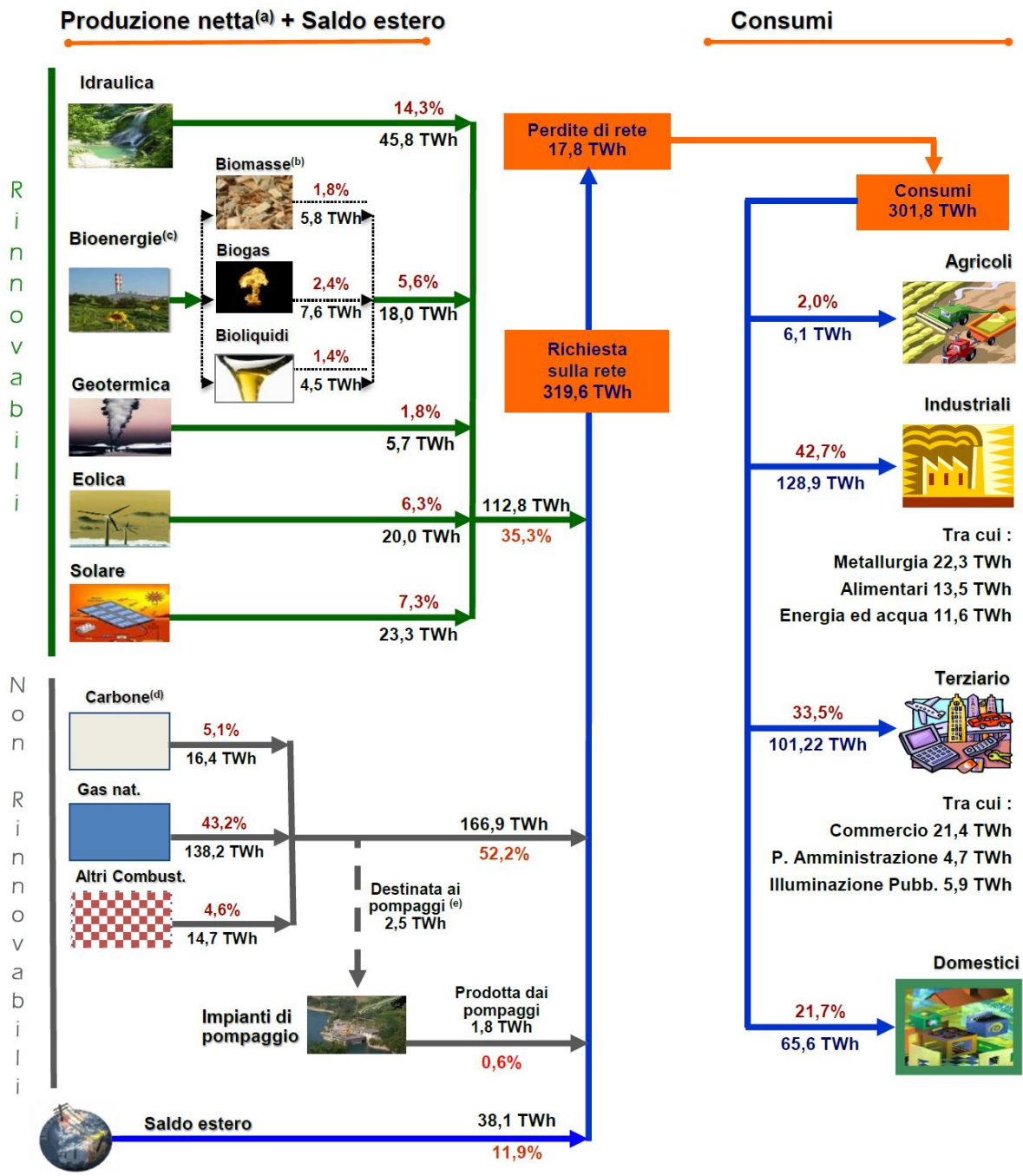
(a) Produzione netta: è la produzione lorda al netto dei servizi ausiliari

(b) Include la parte biodegradabile dei rifiuti

(c) Al netto della parte non biodegradabile dei rifiuti solidi urbani, contabilizzati negli altri combustibili

(d) Carbone + Lignite

(e) L'energia destinata ai pompaggi viene convenzionalmente detratta dalla produzione termica non rinnovabile



# Bilancio elettrico nazionale per il 2019

(Rapporto Statistico anno 2019 - GSE, marzo 2021)

Fonte: elaborazione GSE su dati Terna

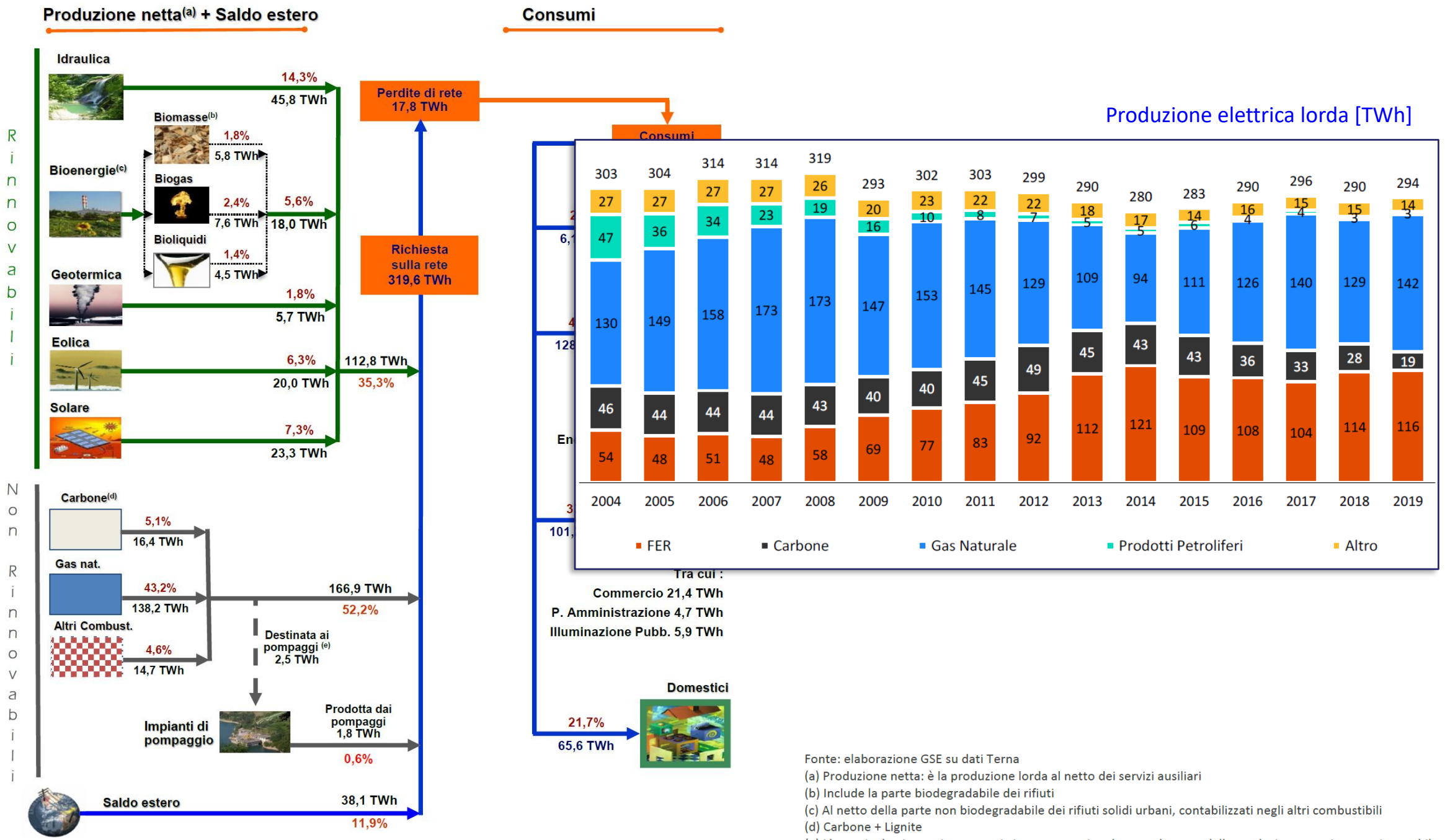
(a) Produzione netta: è la produzione lorda al netto dei servizi ausiliari

(b) Include la parte biodegradabile dei rifiuti

(c) Al netto della parte non biodegradabile dei rifiuti solidi urbani, contabilizzati negli altri combustibili

(d) Carbone + Lignite

(e) L'energia destinata ai pompaggi viene convenzionalmente detratta dalla produzione termica non rinnovabile



Fonte: elaborazione GSE su dati Terna

(a) Produzione netta: è la produzione lorda al netto dei servizi ausiliari

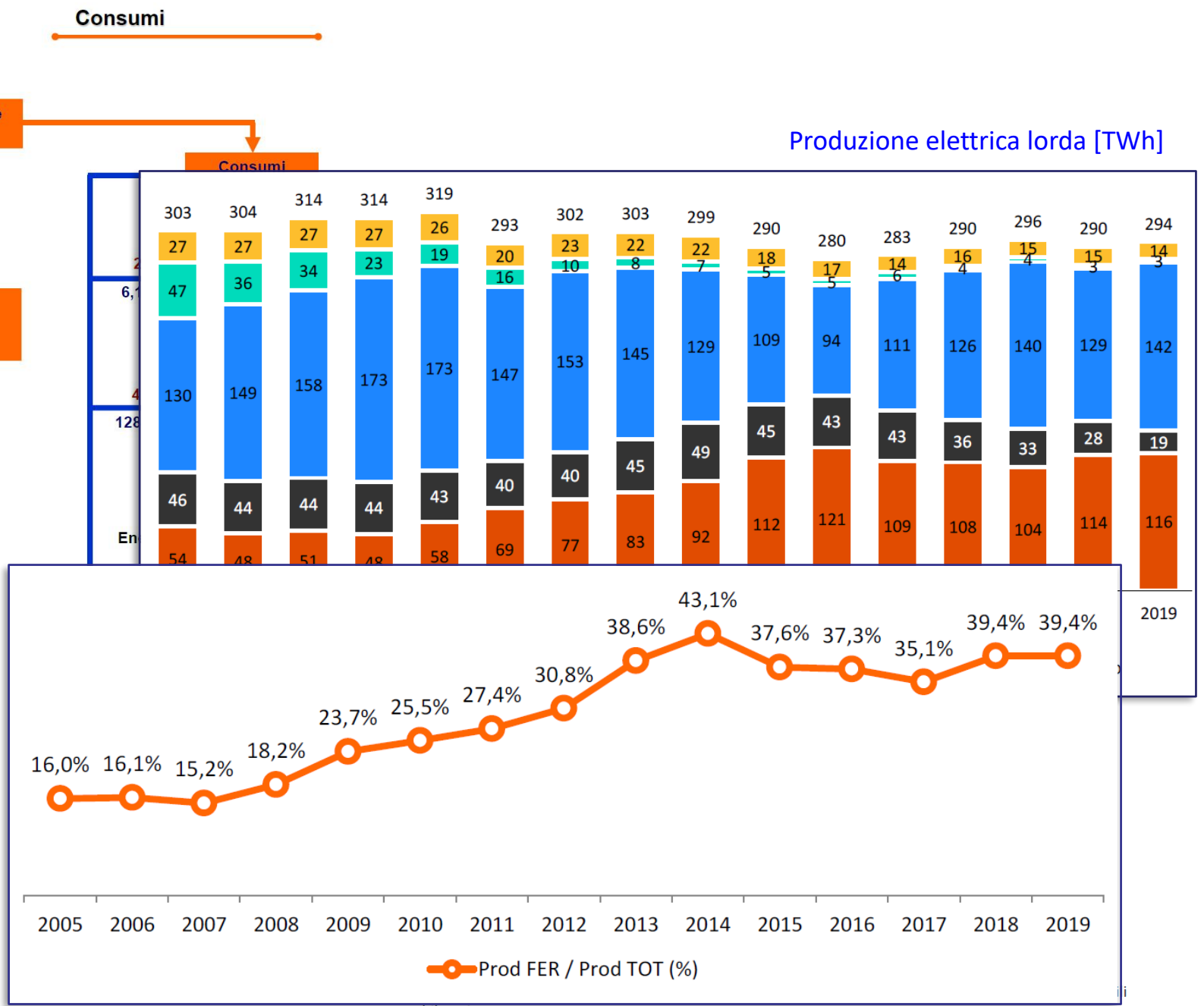
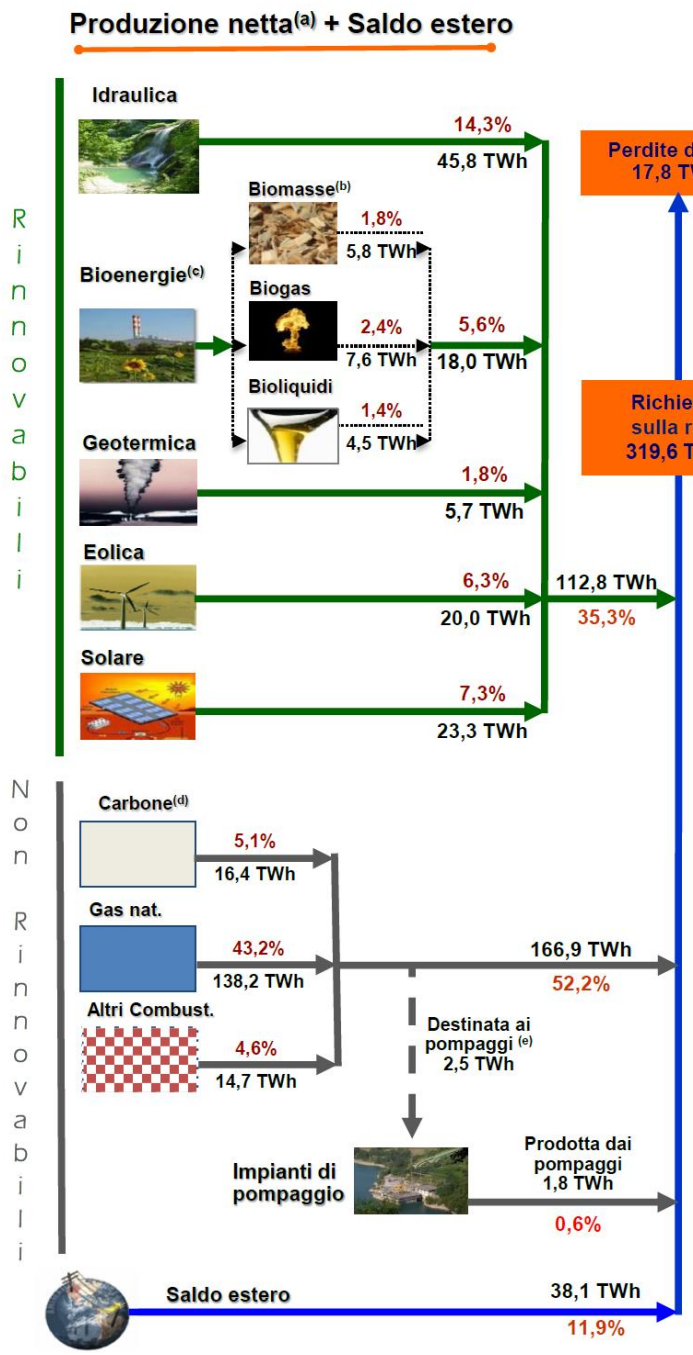
(b) Include la parte biodegradabile dei rifiuti

(c) Al netto della parte non biodegradabile dei rifiuti solidi urbani, contabilizzati negli altri combustibili

(d) Carbone + Lignite

(e) L'energia destinata ai pompaggi viene convenzionalmente detratta dalla produzione termica non rinnovabile





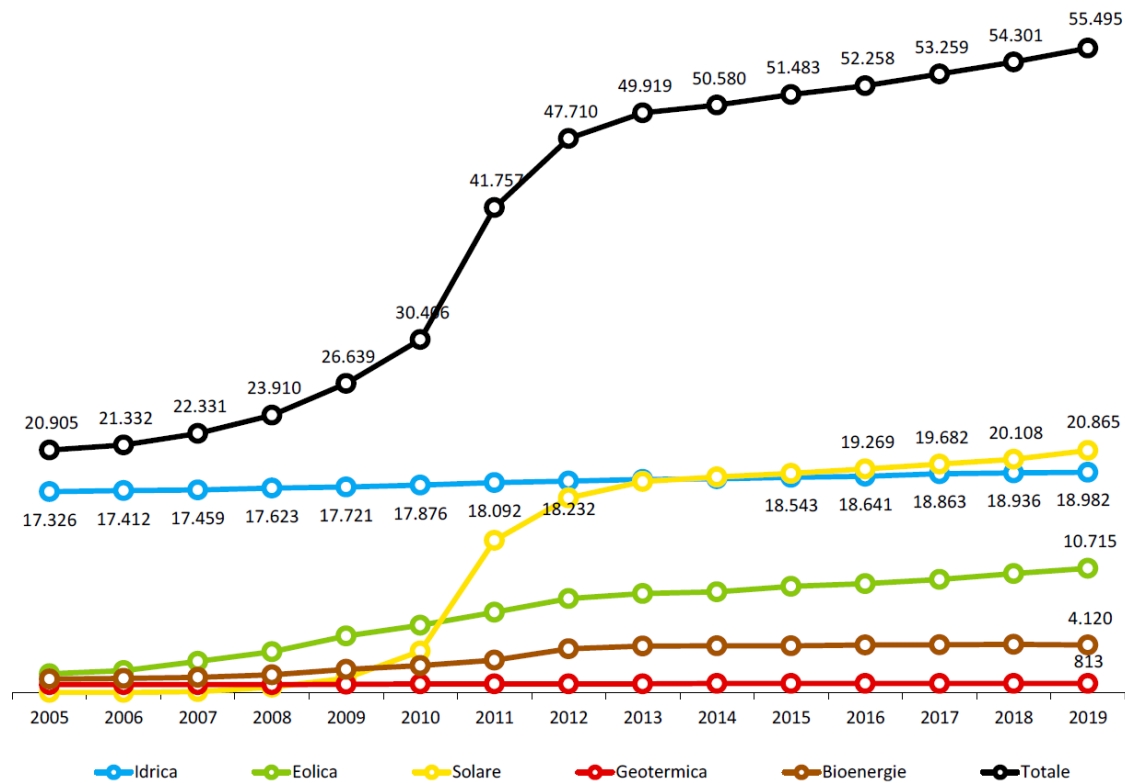
(d) Carbone + Lignite

(e) L'energia destinata ai pompaggi viene convenzionalmente detratta dalla produzione termica non rinnovabile

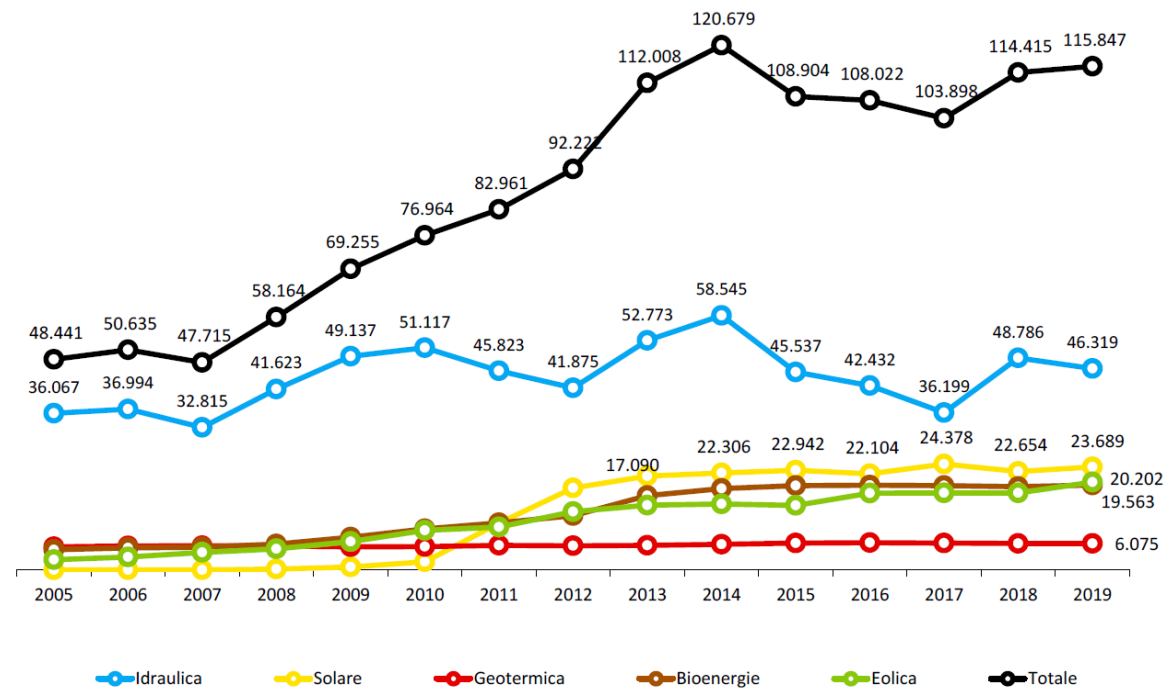
# Potenza installata e produzione elettrica lorda da FER

(Rapporto Statistico anno 2019 - GSE, marzo 2021)

## Potenza installata FER



## Produzione FER





# PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA

## Obiettivi UE e Italia al 2030

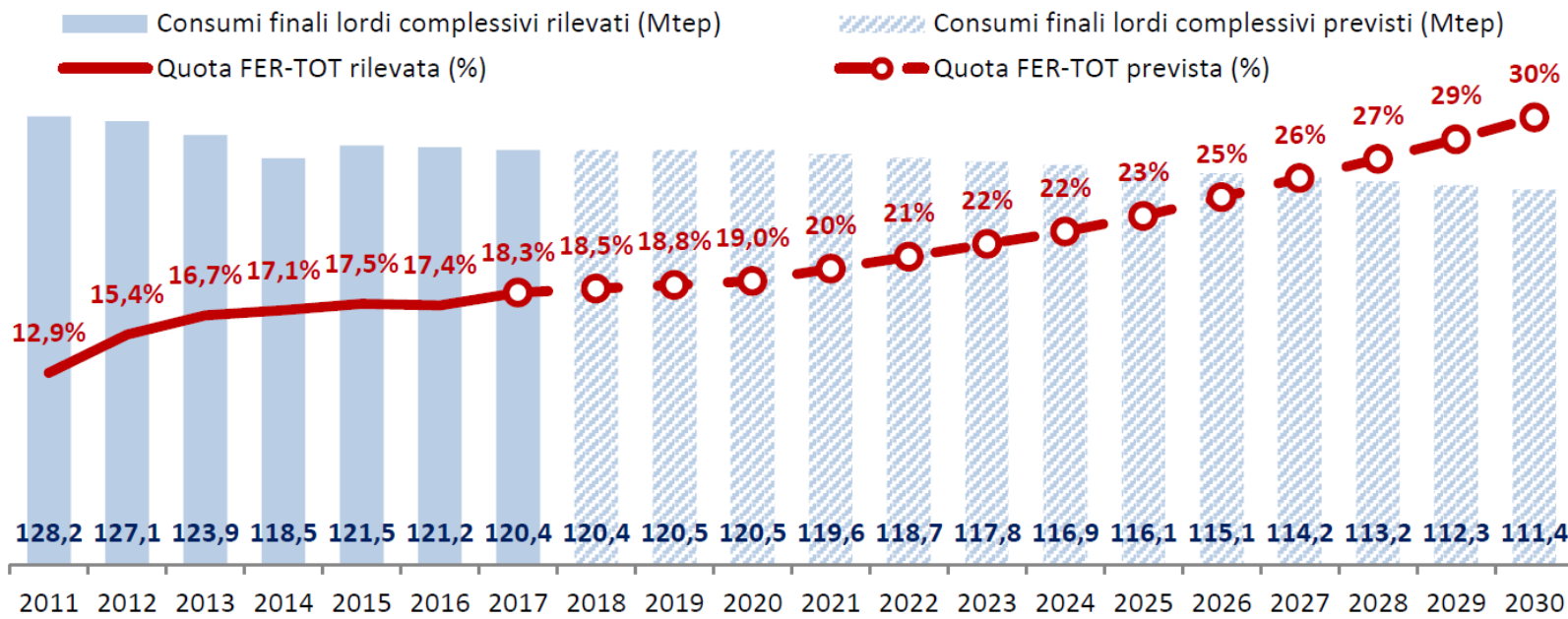
Tabella 1 - Principali obiettivi su energia e clima dell'UE e dell'Italia al 2020 e al 2030

	Obiettivi 2020		Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA	UE	ITALIA (PNIEC)
<b>Energie rinnovabili (FER)</b>				
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	20%	17%	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	10%	10%	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento			+1,3% annuo (indicativo)	+1,3% annuo (indicativo)
<b>Efficienza energetica</b>				
Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007	-20%	-24%	-32,5% (indicativo)	-43% (indicativo)
Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	-1,5% annuo (senza trasp.)	-1,5% annuo (senza trasp.)	-0,8% annuo (con trasporti)	-0,8% annuo (con trasporti)
<b>Emissioni gas serra</b>				
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-21%		-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-10%	-13%	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-20%		-40%	
<b>Interconnettività elettrica</b>				
Livello di interconnettività elettrica	10%	8%	15%	10% <sup>1</sup>
Capacità di interconnessione elettrica (MW)		9.285		14.375



- 30 % di rinnovabile sui consumi finali di energia
- 22 % di rinnovabile sui consumi finali nei trasporti

Figura 7 - Traiettoria della quota FER complessiva [Fonte: GSE e RSE]



- 30 % di rinnovabile sui consumi finali di energia
- 22 % di rinnovabile sui consumi finali nei trasporti

Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-21%		-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-10%	-13%	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-20%		-40%	
<b>Interconnettività elettrica</b>				
Livello di interconnettività elettrica	10%	8%	15%	10% <sup>1</sup>
Capacità di interconnessione elettrica (MW)		9.285		14.375

# PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA

## Obiettivi UE e Italia al 2030

Figura 7 - Traiettoria della quota FER complessiva [Fonte: GSE e RSE]

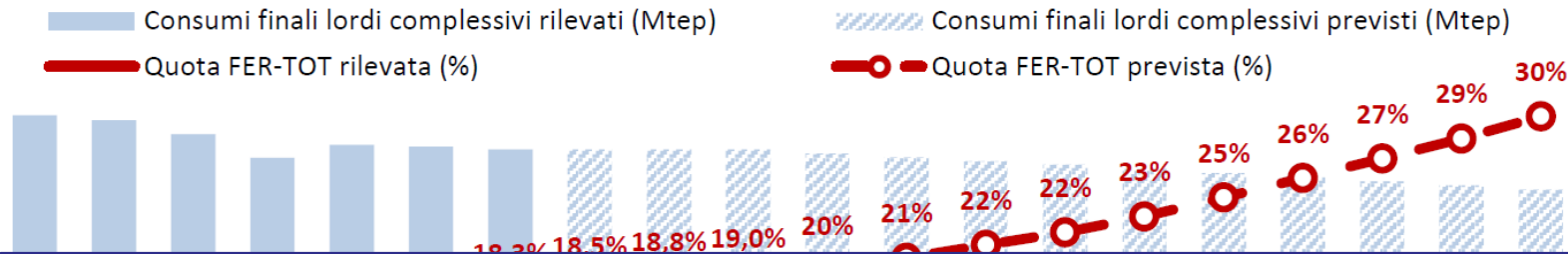
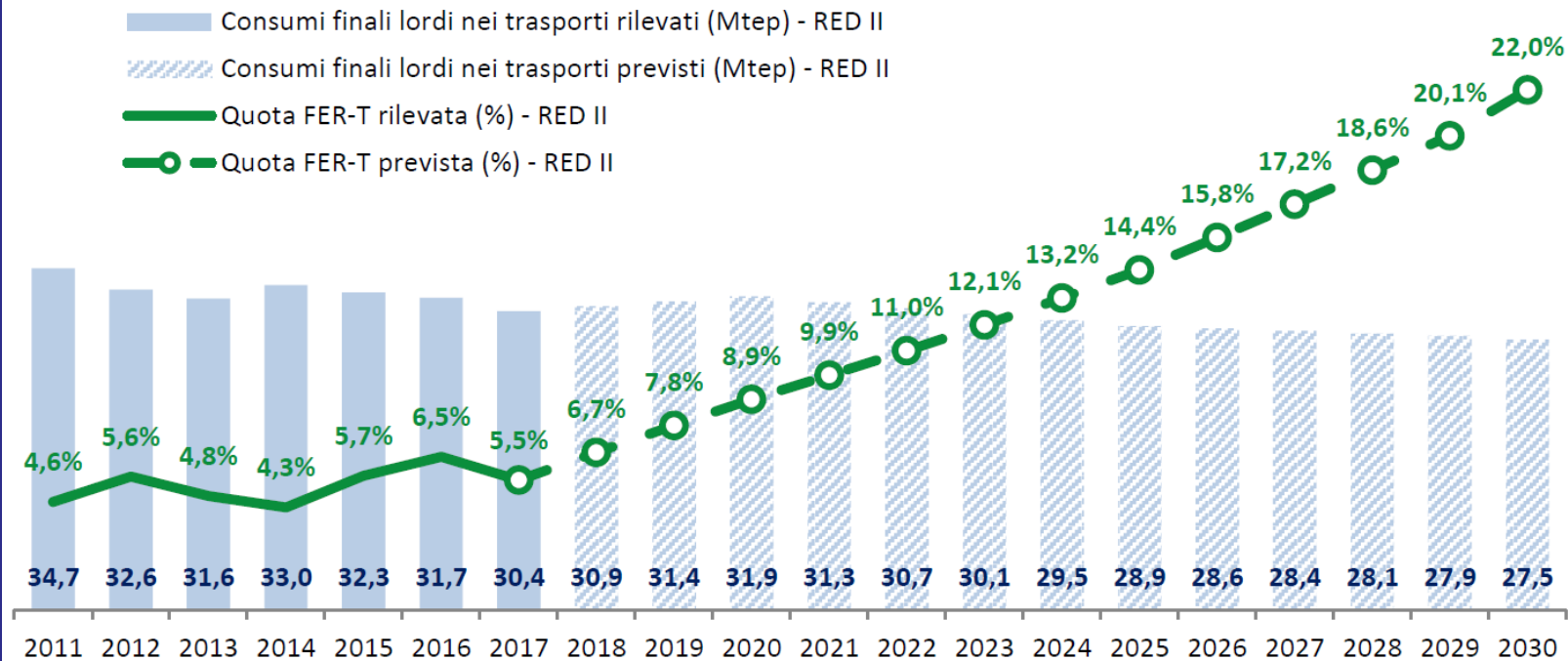


Figura 10 - Traiettoria della quota FER nel settore trasporti [Fonte: GSE e RSE]

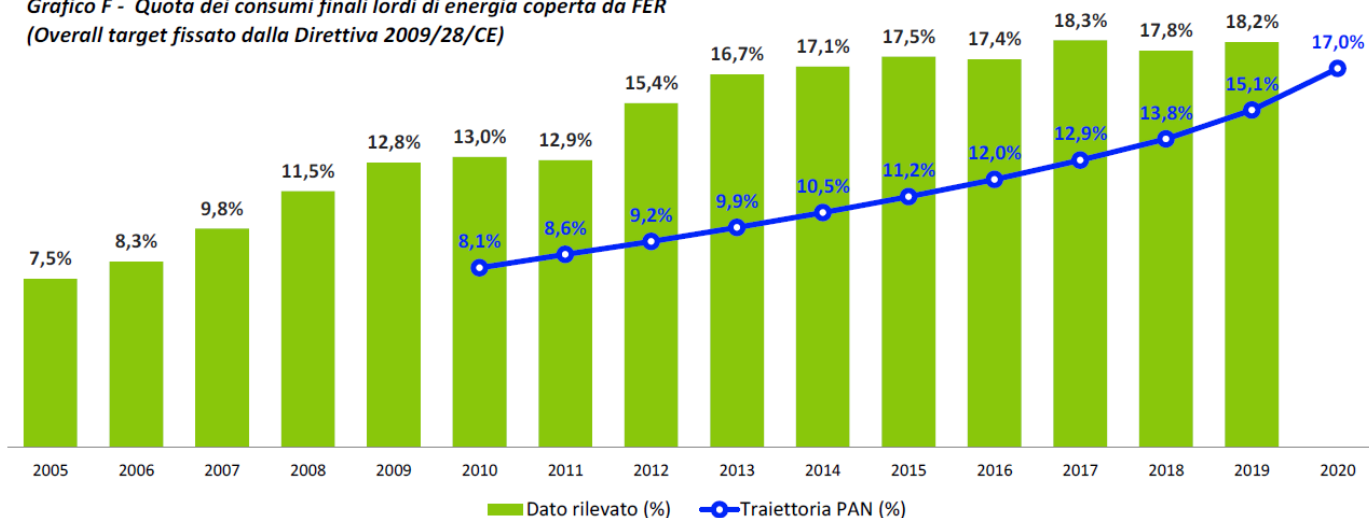


- 30 % di rinnovabile sui consumi finali di energia
- 22 % di rinnovabile sui consumi finali nei trasporti

# PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA

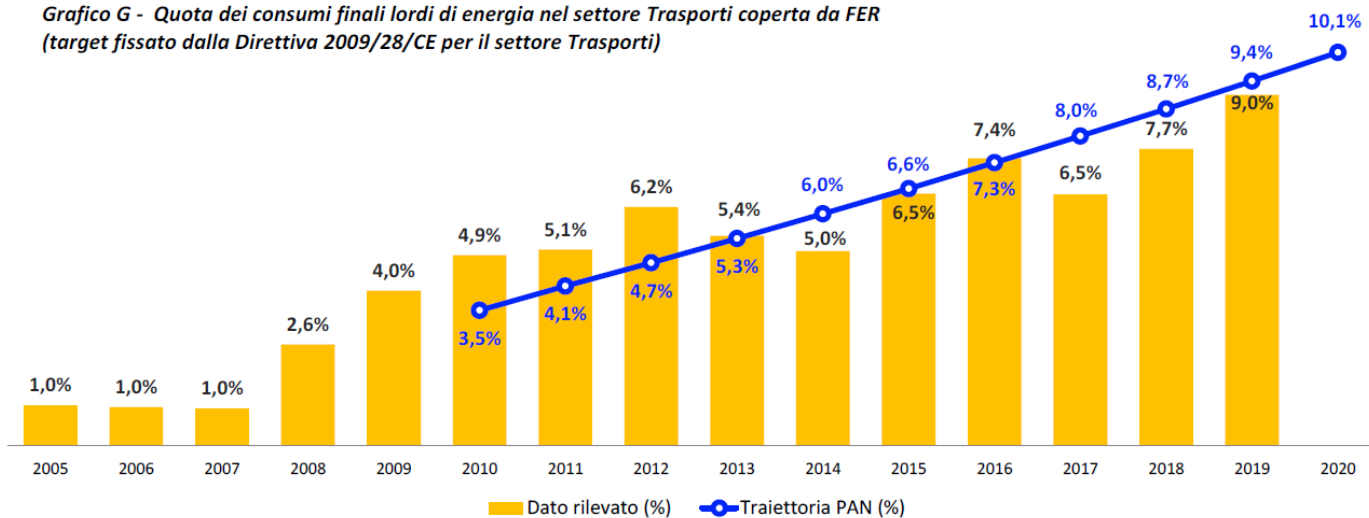
## Obiettivi UE e Italia al 2030

Grafico F - Quota dei consumi finali lordi di energia coperta da FER (Overall target fissato dalla Direttiva 2009/28/CE)



- 30 % di rinnovabile sui consumi finali di energia
- 22 % di rinnovabile sui consumi finali nei trasporti

Grafico G - Quota dei consumi finali lordi di energia nel settore Trasporti coperta da FER (target fissato dalla Direttiva 2009/28/CE per il settore Trasporti)

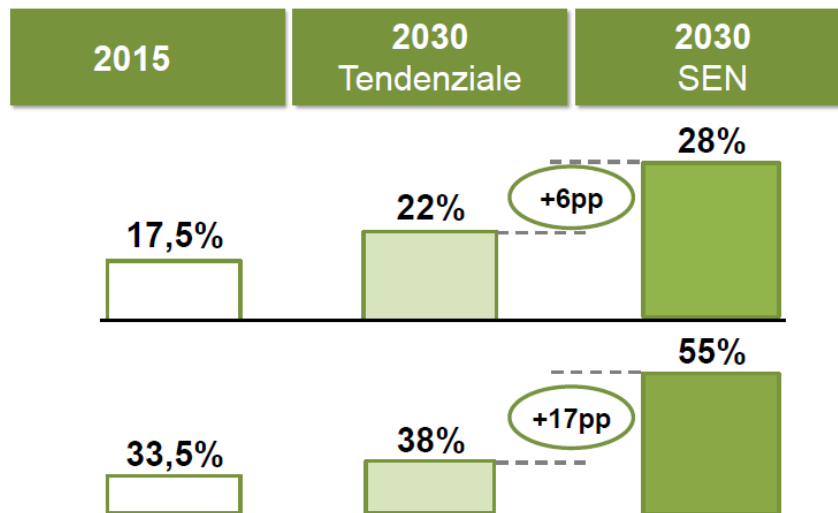


# Obiettivi del PNIEC per il settore elettrico



% su tutti i consumi

% sui consumi elettrici



SEN: Strategia Energetica Nazionale  
(Decreto interministeriale 10 novembre 2017)

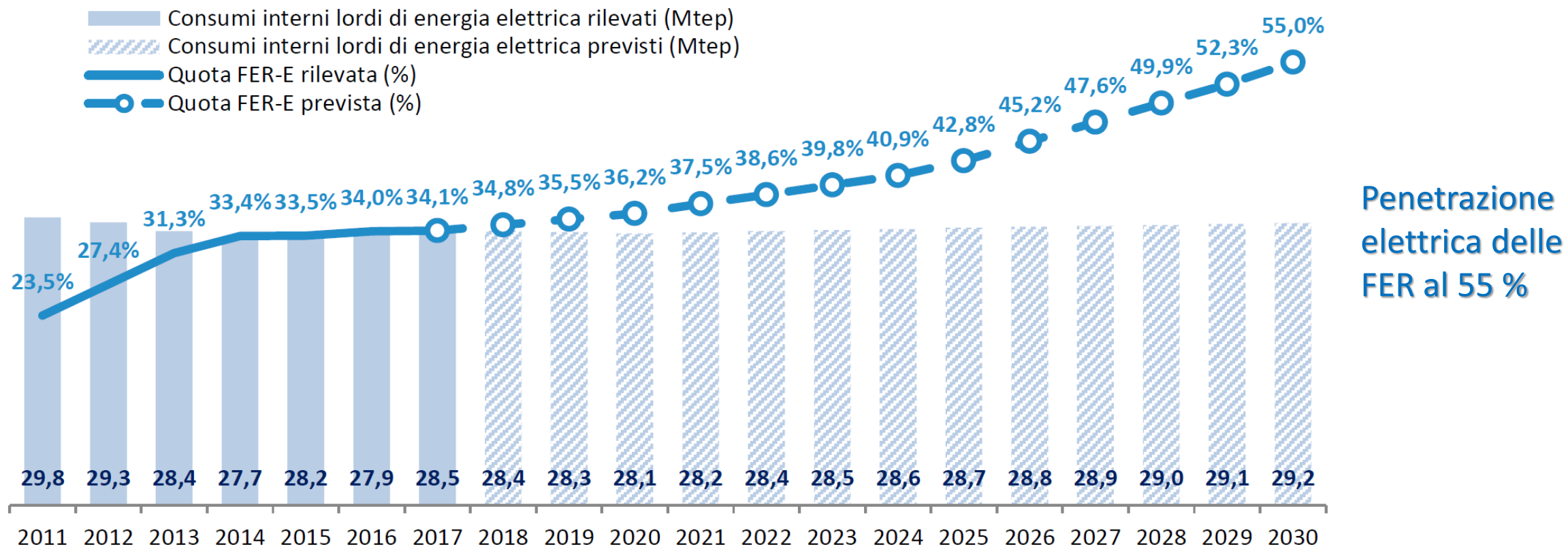
Si va **oltre gli obiettivi UE** (27% al 2030)

Si favorisce un'**elettificazione dei consumi a basso contenuto di CO2**

- **Penetrazione elettrica delle FER al 55 %**

# Obiettivi del PNIEC per il settore elettrico

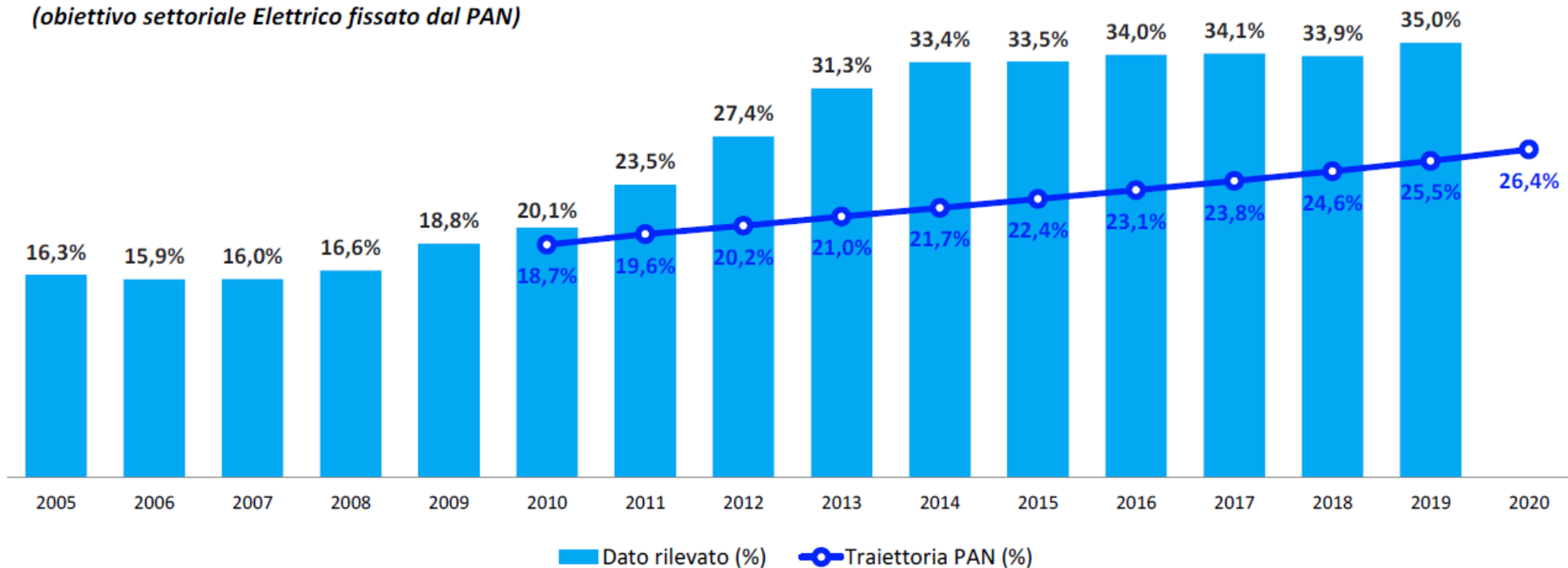
Figura 8 - Traiettoria della quota FER elettrica [Fonte: GSE e RSE]





# Obiettivi del PNIEC per il settore elettrico

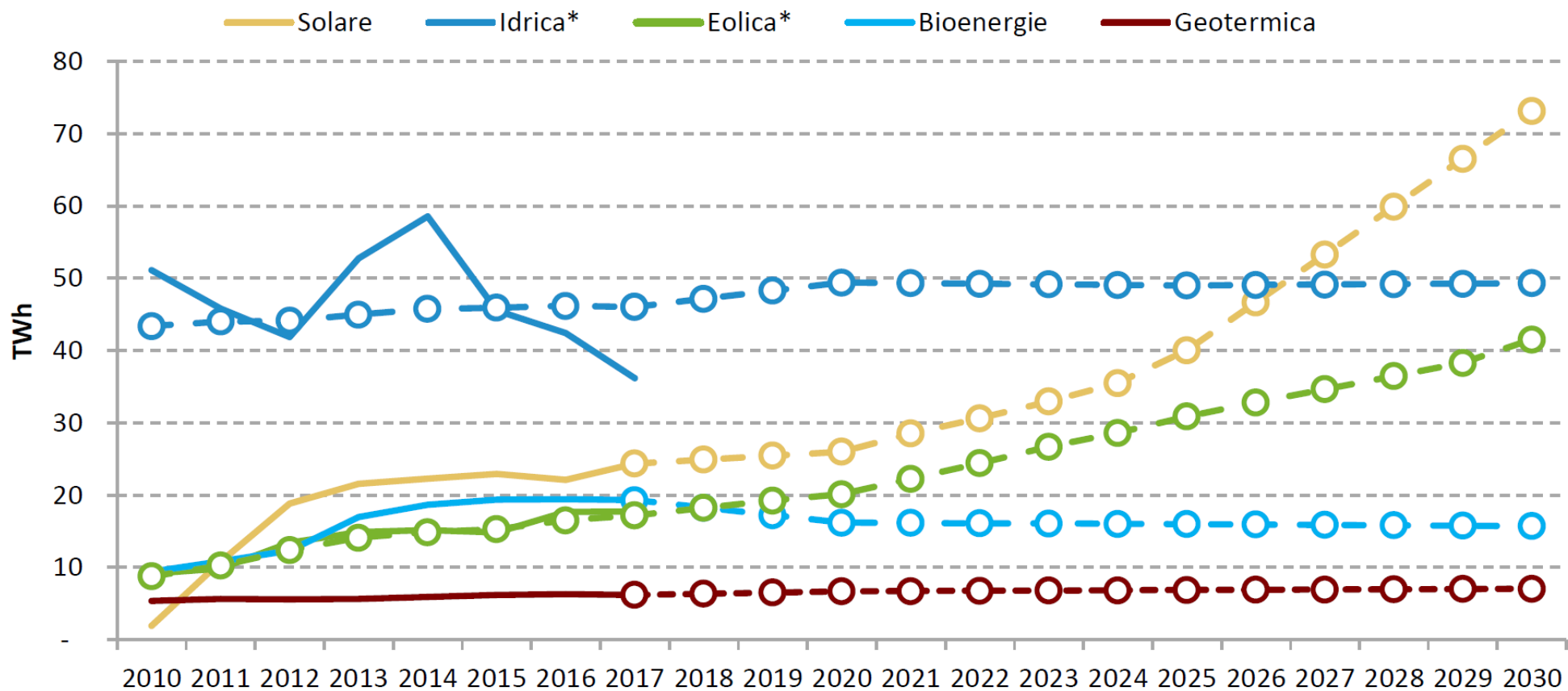
Grafico H - Quota dei consumi finali lordi di energia nel settore Elettrico coperta da FER  
(obiettivo settoriale Elettrico fissato dal PAN)



Penetrazione elettrica delle FER al 55 %

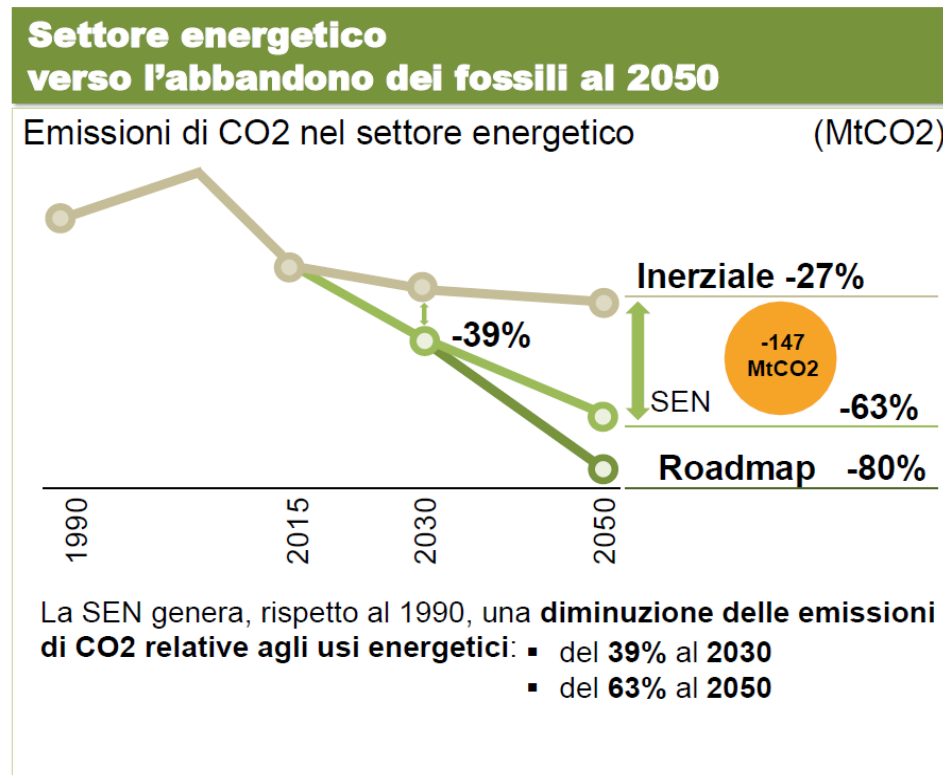
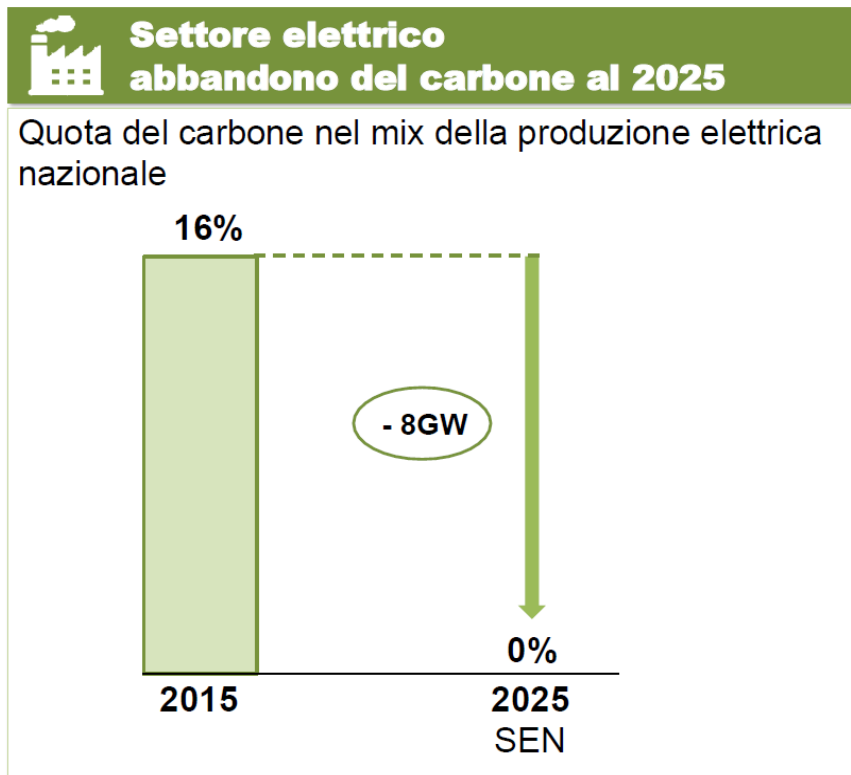
# Obiettivi del PNIEC per le FER nel settore elettrico

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



- Forte crescita eolico e solare
- Penetrazione elettrica delle FER al 55 %

# Obiettivi del PNIEC per il settore elettrico



- Forte crescita eolico e solare
- Penetrazione elettrica delle FER al 55 %
- Abbandono del carbone al 2025

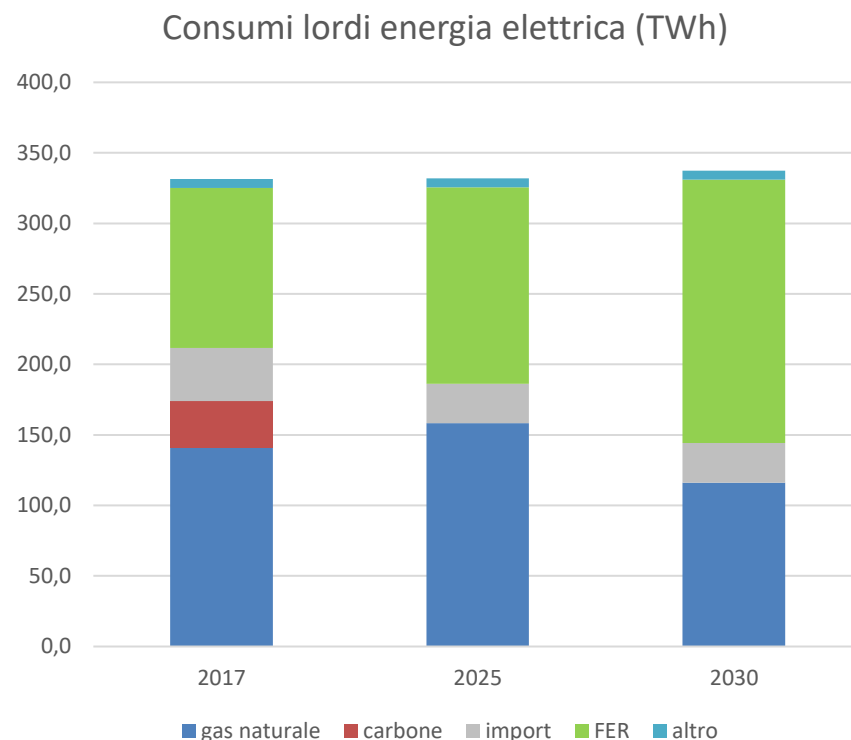
# Obiettivi del PNIEC: lo sviluppo delle FER e la tenuta del gas naturale

Tabella 11 - Obiettivi e traiettorie di crescita al 2030 della quota rinnovabile nel settore elettrico (TWh)

	2016	2017	2025	2030
<b>Produzione rinnovabile</b>	<b>110,5</b>	<b>113,1</b>	<b>142,9</b>	<b>186,8</b>
Idrica (effettiva)	42,4	36,2		
Idrica (normalizzata)	46,2	46,0	49,0	49,3
Eolica (effettiva)	17,7	17,7		
Eolica (normalizzata)	16,5	17,2	31,0	41,5
Geotermica	6,3	6,2	6,9	7,1
Bioenergie*	19,4	19,3	16,0	15,7
Solare	22,1	24,4	40,1	73,1
<b>Denominatore - Consumi Interni Lordi di energia elettrica</b>	<b>325,0</b>	<b>331,8</b>	<b>334</b>	<b>339,5</b>
<b>Quota FER-E (%)</b>	<b>34,0%</b>	<b>34,1%</b>	<b>42,6%</b>	<b>55,0%</b>

\* Per i bioliquidi (inclusi nelle bioenergie insieme alle biomasse solide e al biogas) si riporta solo il contributo dei bioliquidi sostenibili.

Nel 2030, abbandonato il carbone, resta solo il gas naturale a «integrare» le FER per soddisfare i consumi interni lordi



Produzione elettrica da gas nel 2017: 140 TWh  
 Produzione stimata al 2025: dai 165 ai 190 TWh  
 Produzione stimata al 2030: dai 120 ai 150 TWh

# Realizzare il Green Deal europeo

- riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990

	Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA (PNIEC)
<b>Energie rinnovabili (FER)</b>		
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento	+1,3% annuo (indicativo)	+1,5% annuo (indicativo)
<b>Efficienza energetica</b>		
Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007	-32,5% (indicativo)	-43% (indicativo)
Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	-0,8% annuo (con trasporti)	-0,8% annuo (con trasporti)
<b>Emissioni gas serra</b>		
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-40%	
<b>Interconnettività elettrica</b>		
Livello di interconnettività elettrica	15%	10% <sup>1</sup>
Capacità di interconnessione elettrica (MW)		14.375

40%

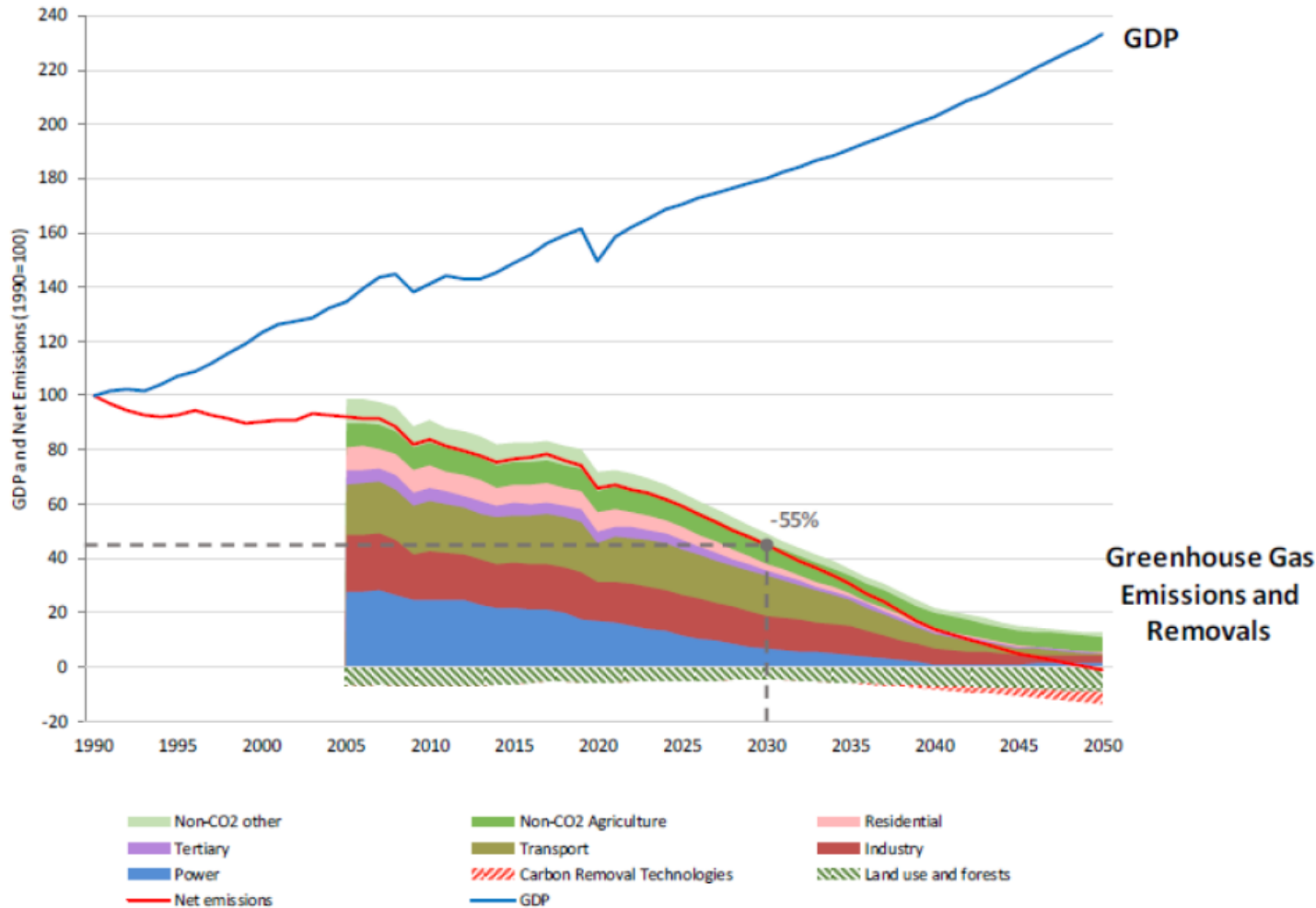
36-39 %

55%

- riduzione del 55% delle emissioni delle automobili
- riduzione del 50% delle emissioni dei furgoni
- zero emissioni prodotte dalle automobili nuove entro il 2035
- Assorbimento naturale CO<sub>2</sub>: – 310 Mt  
vecchio obiettivo: -225 Mt  
assorbimento attuale: -268 Mt

## Realizzare il Green Deal europeo

- riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990

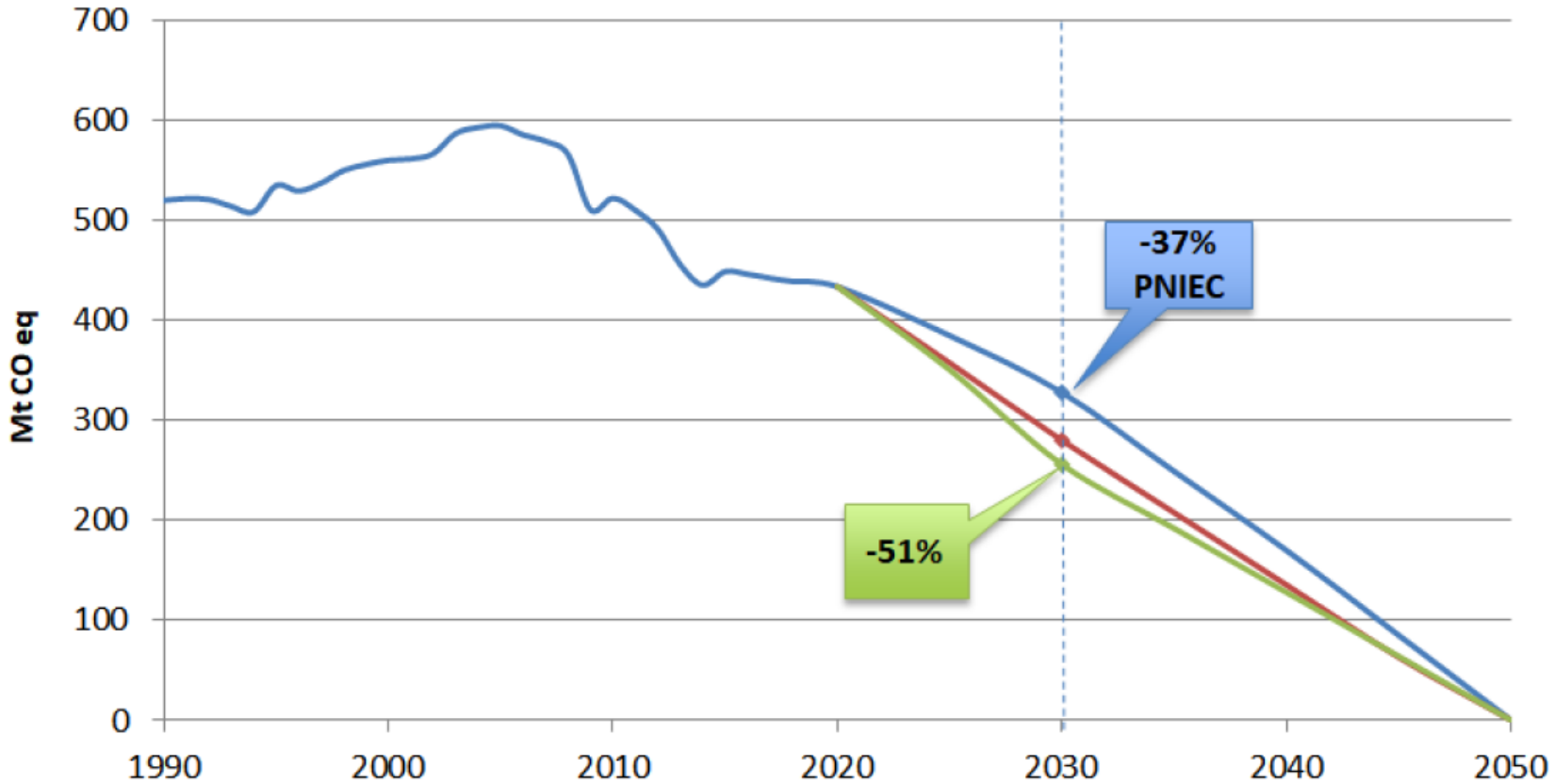


PIL ed emissioni di gas serra in un percorso verso la neutralità climatica dell'Unione Europea (Fonte: Commissione Europea)



## Realizzare il Green Deal europeo

- riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990

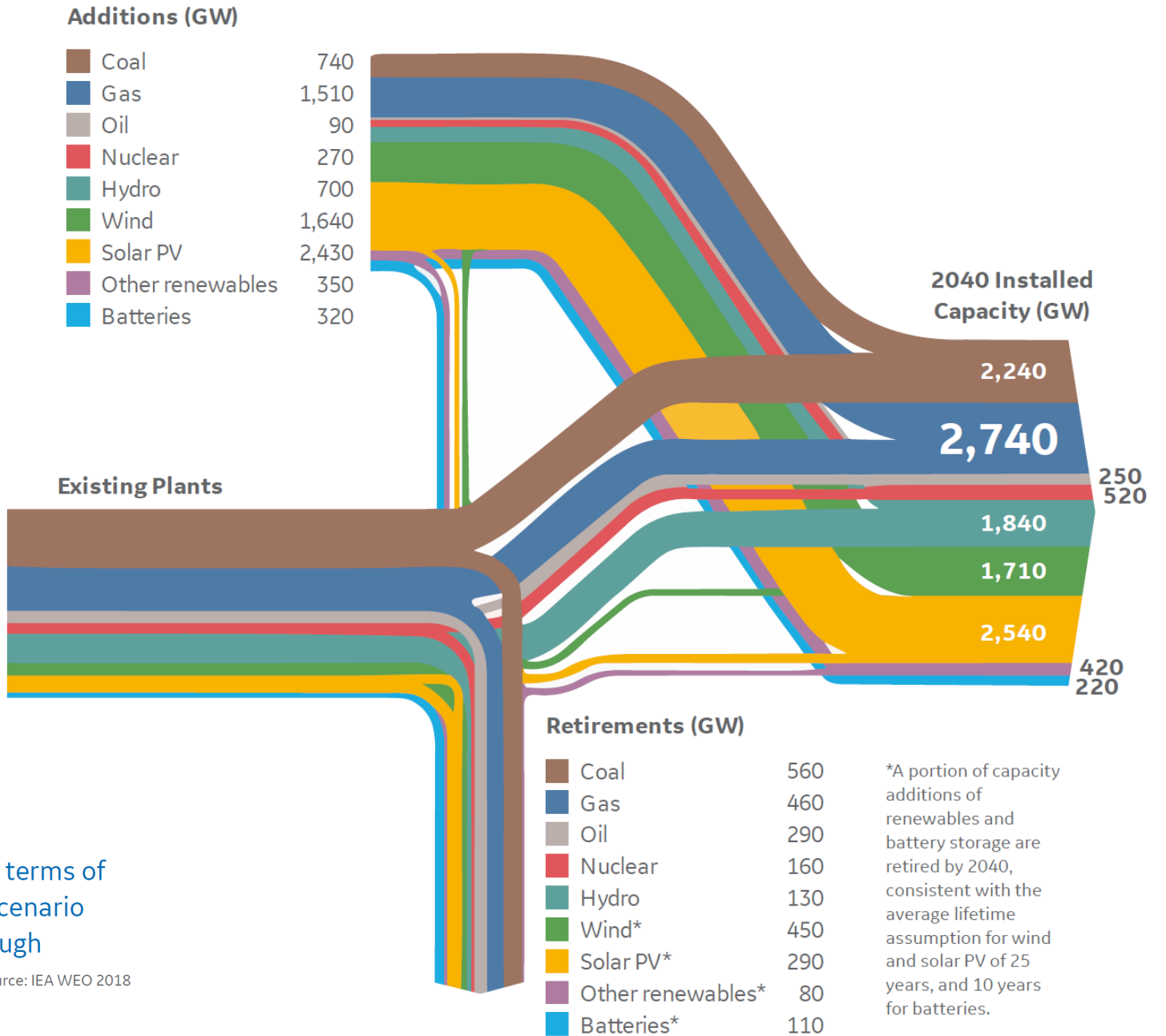


Traiettorie di riduzione delle emissioni di GHG per l'Italia (Fonte: dati Storici ISPRA, elaborazioni RSE)

# Scenario mondiale visto da IEA e GE

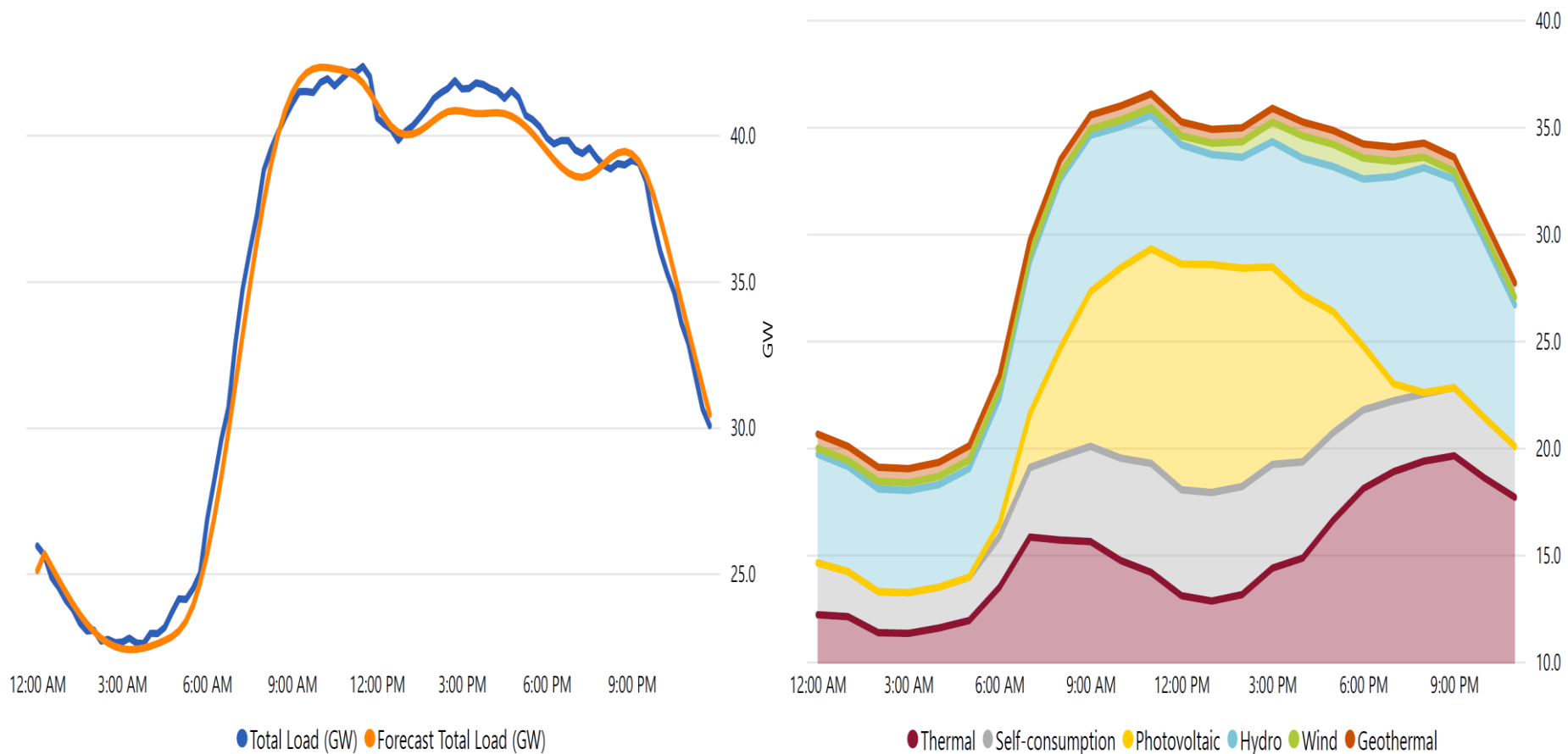
*incremento della potenza installata da gas naturale (+1.000 GW), da eolico e da solare (+ 3.000 GW)*

Gas overtakes coal by ~2025 as the #1 technology in terms of installed capacity globally in the IEA's New Policies Scenario (their reference case), and holds the #1 position through at least 2040, the end of the IEA's forecast period. Source: IEA WEO 2018

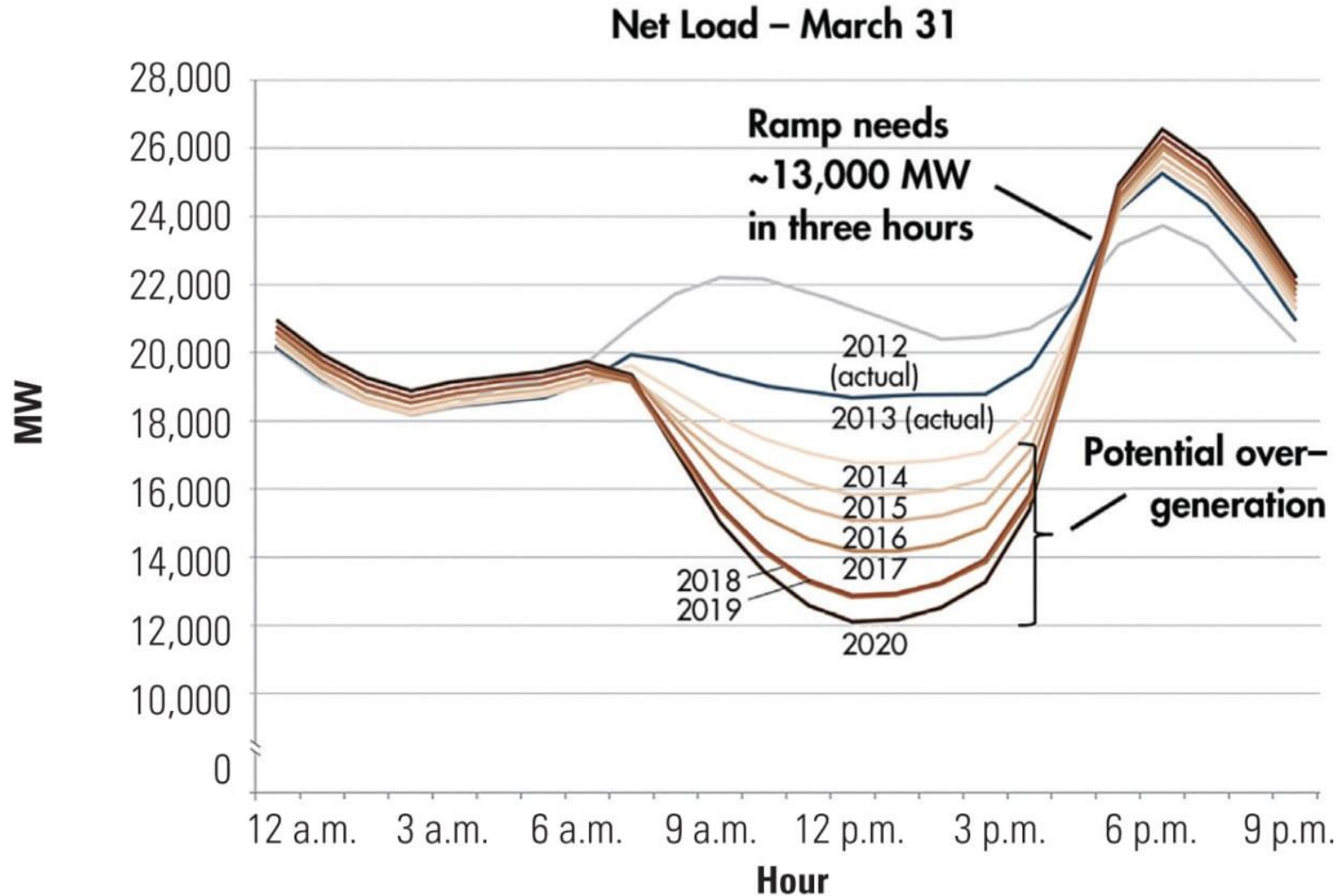


# Effetto della penetrazione delle FER-NP nel settore elettrico

(Dati Terna 03/06/2021)

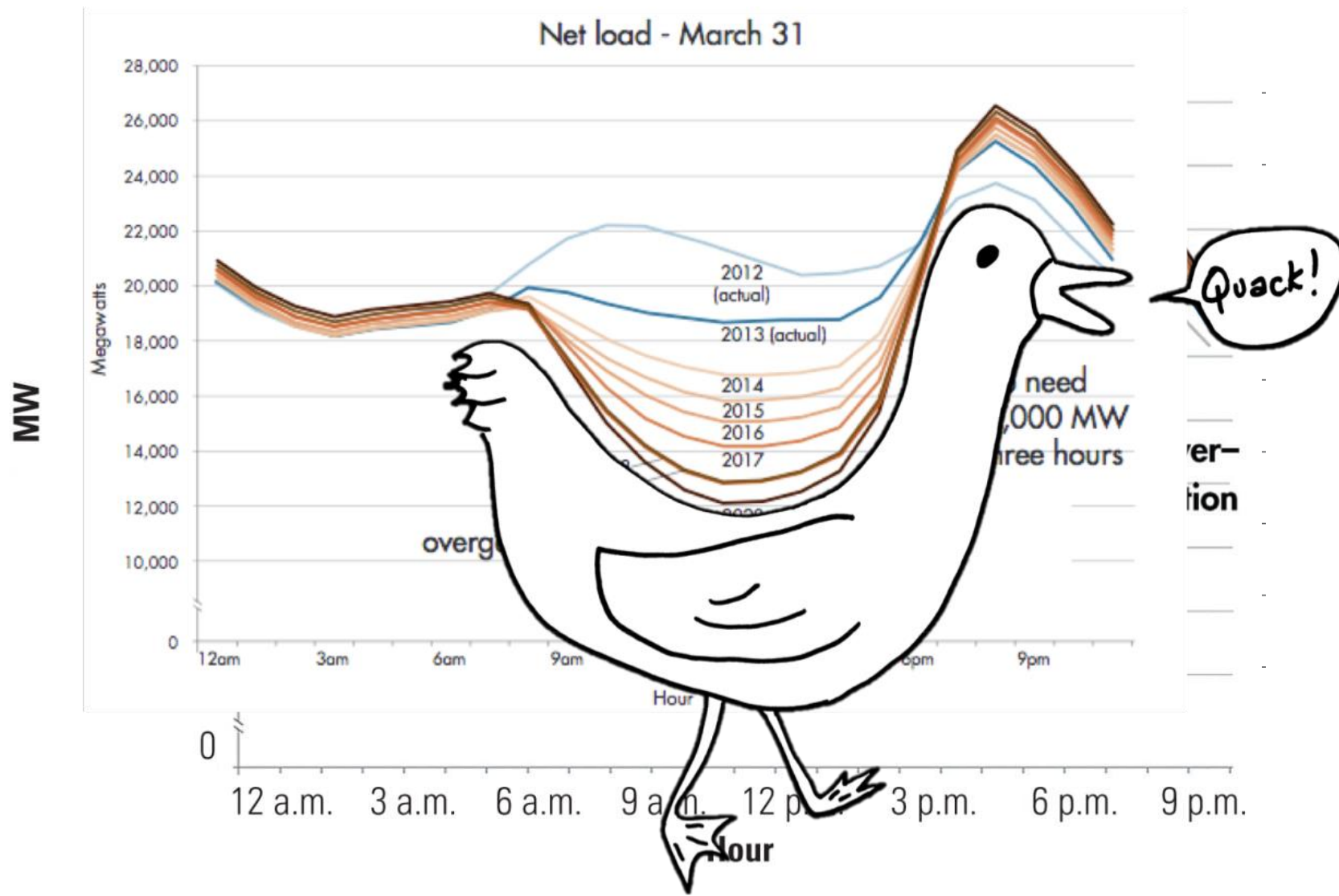


## Effetto della penetrazione delle FER-NP nel settore elettrico



La «duck curve»:  
effetto della  
penetrazione  
fotovoltaica nel parco  
elettrico californiano

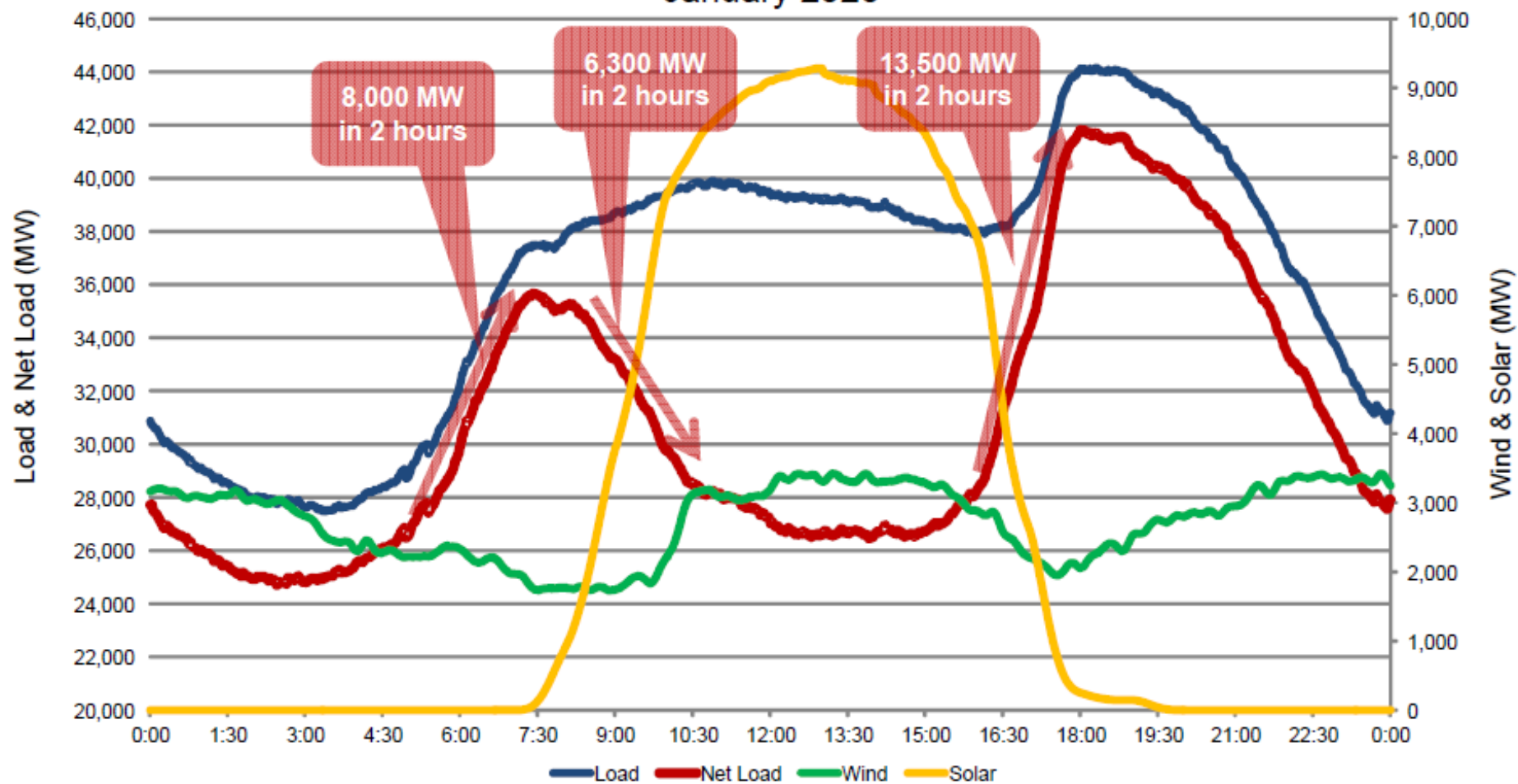
## Effetto della penetrazione delle FER-NP nel settore elettrico



La «duck curve»: effetto della penetrazione fotovoltaica nel parco elettrico californiano

## Effetto della penetrazione delle FER-NP nel settore elettrico

Load, Wind & Solar Profiles – High Load Case  
January 2020



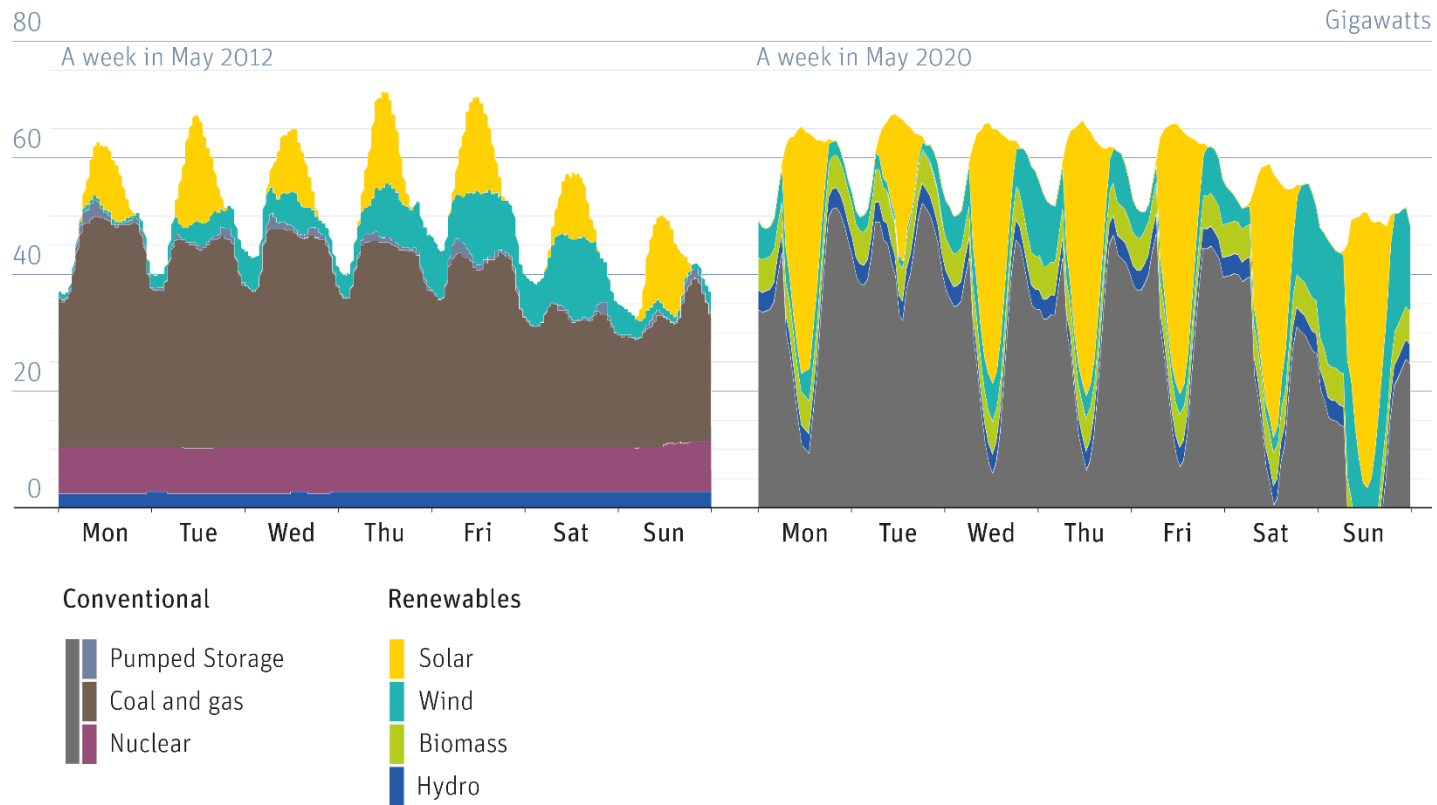


# Effetto della penetrazione delle FER-NP nel settore elettrico

## Renewables need flexible backup, not baseload

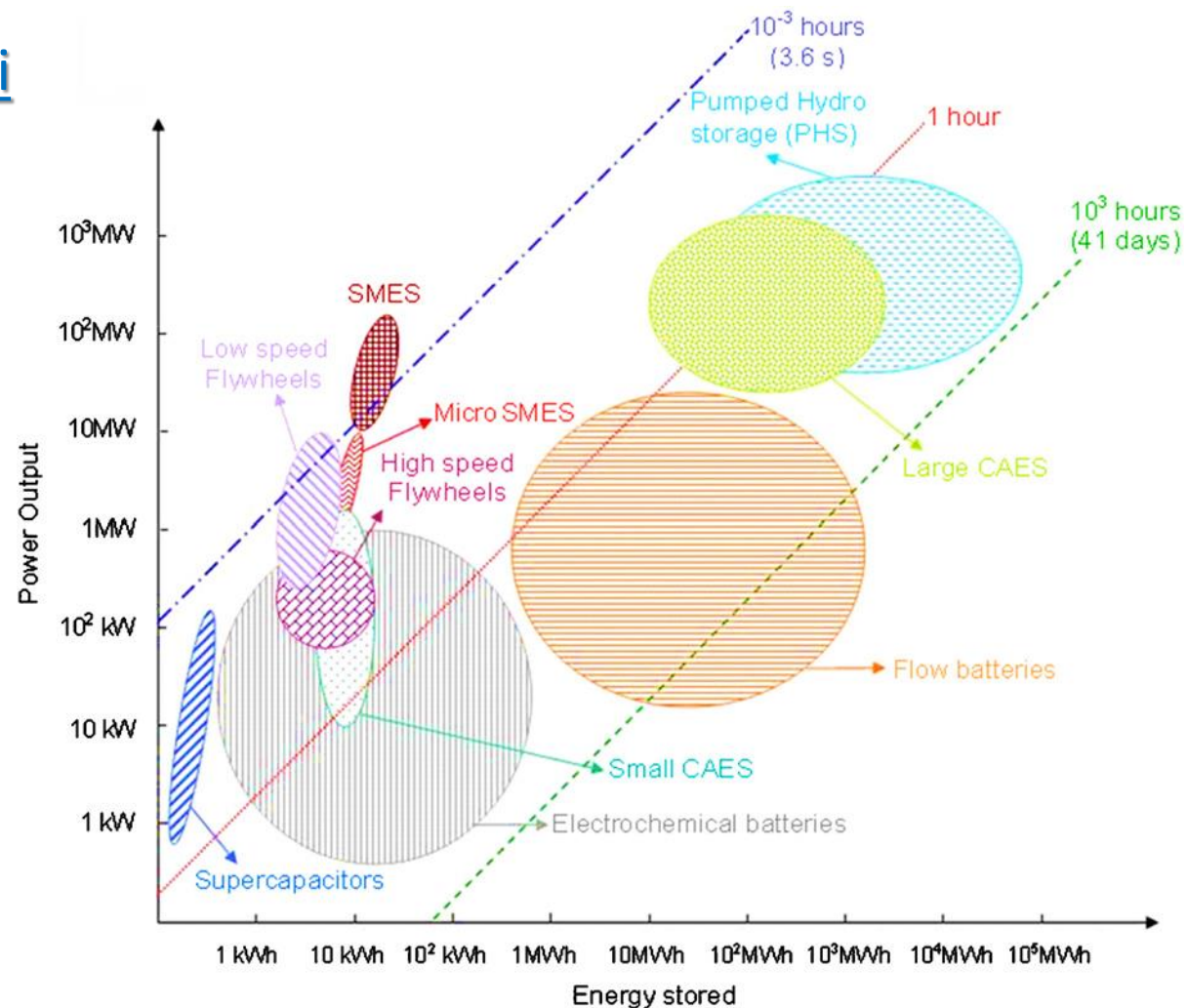
Estimated power demand over a week in 2012 and 2020, Germany

Source: Volker Quaschnig, HTW Berlin



## Lo scenario al 2030

- Forte crescita delle FER non programmabili
- Generazione a gas naturale: aumento potenza installata, ma riduzione ore di funzionamento (impianti flessibili)
- Nuove installazioni di sistemi di accumulo dell'energia
- Potenziamento reti trasmissione energia elettrica



## Overgeneration e carenza di riserva al 2030 in Italia

(studio RSE)

	Overgeneration	Carenza di riserva
Scenario	TWh	GWh
IT Policy	9,0	105,5
IT Policy + esp. 1000 MW RTN	7,8	99,0
IT Policy + esp. 1000 MW RTN + 750 MW Storage	6,0	66,2
IT Policy + esp. 1000 MW RTN + 1500 MW Storage	4,7	0,9
IT Policy + esp. 1000 MW RTN + 3000 MW Storage	3,3	0,3
IT Policy + esp. 1000 MW RTN + 5000 MW Storage	2,5	0,3
IT Policy + esp. 1000 MW RTN + 5000 MW Storage tutto sud e isole	1,8	0,3

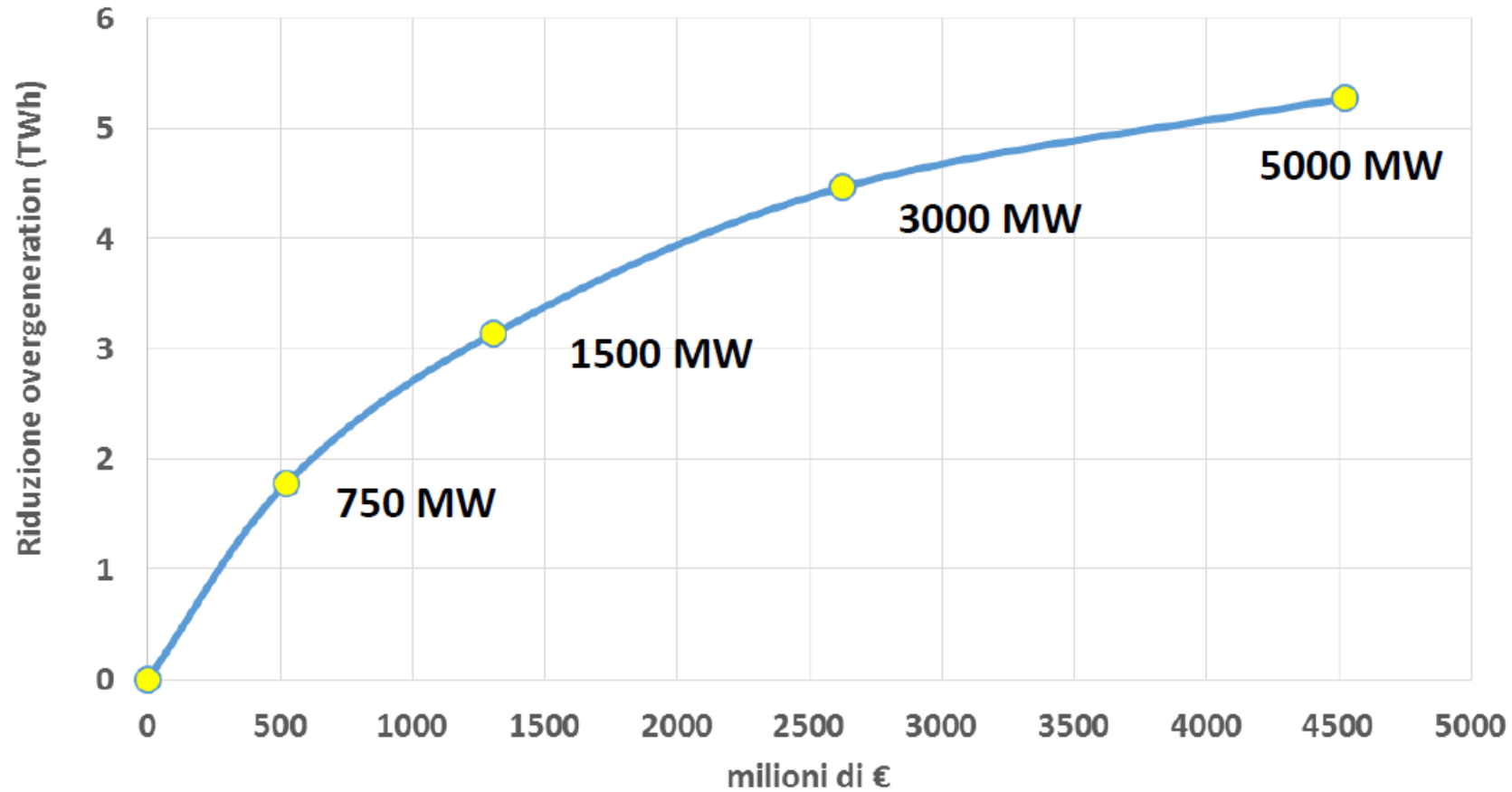
Fonte: RSE

### INTERVENTI NECESSARI

Nuovi impianti di accumulo per circa 5 GW di potenza installata  
e/o SOLUZIONI INNOVATIVE

# Overgeneration e carenza di riserva al 2030 in Italia

(studio RSE)



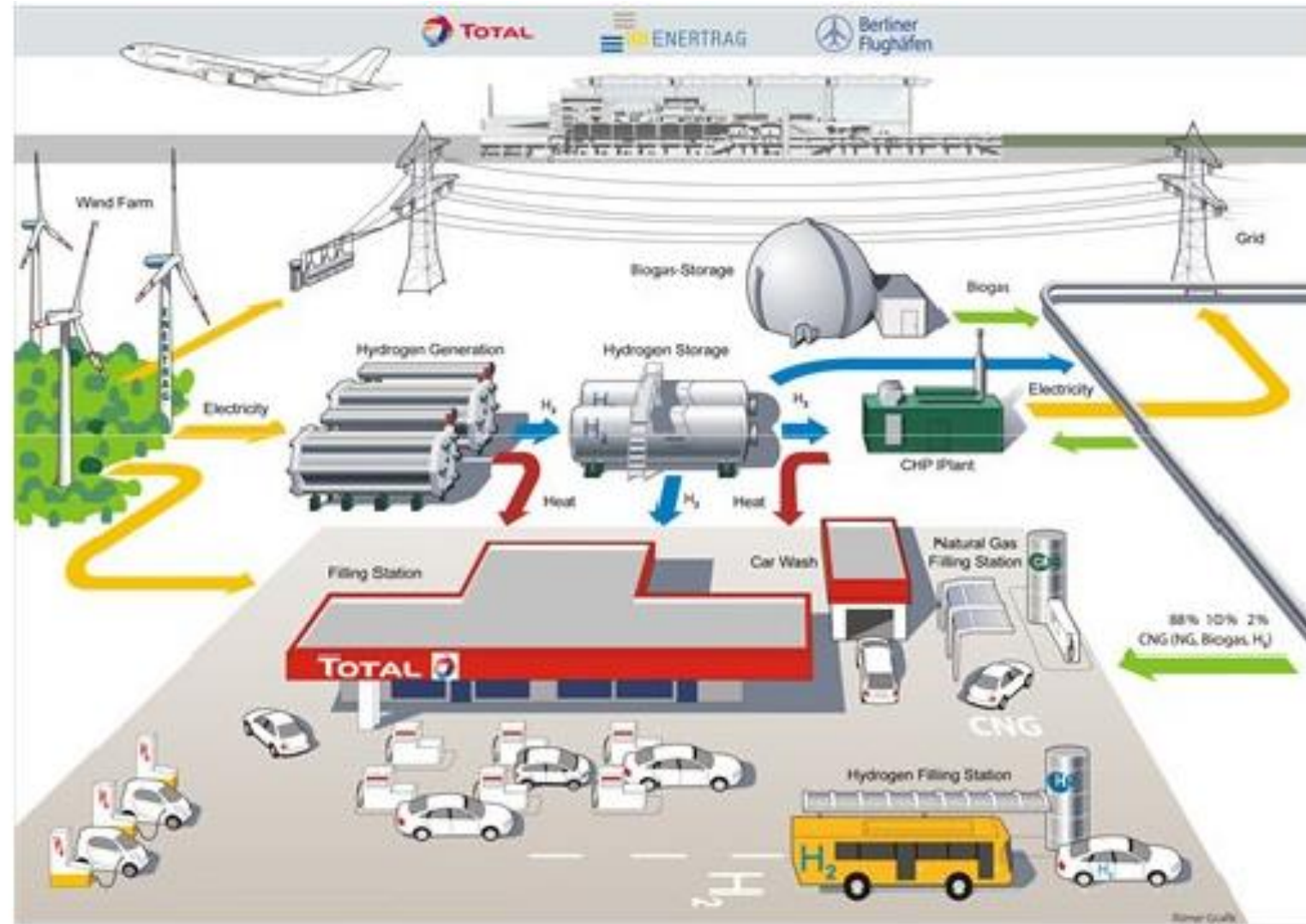
**Costo calcolato considerando:**

- 1000 €/kW per impianti di pompaggio
- 350 €/kWh per SDA elettrochimici

Fonte: RSE

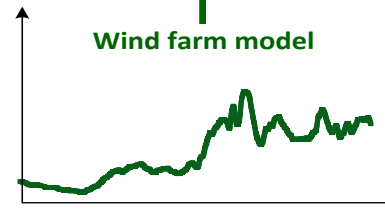
## Overgeneration e carenza di riserva: ripensare il parco di generazione

- **Accumulo:** efficientamento di sistemi di accumulo tradizionali (pompaggio ed elettrochimici) e ricerca e sviluppo di sistemi innovativi
- **Power to Gas (P2G) e Power to Liquid (P2L):** tecnologie per la produzione di combustibili *carbon neutral* che possano essere stoccati e/o distribuiti sfruttando infrastrutture esistenti
- **Fuel for Renewable (F4R):**
  - trasformazione della generazione fossile da «*base load*» a «*peak shaving & valley filling*» (*flexible generation*),
  - generazione elettrica distribuita «*load following*» (**cogenerazione**)

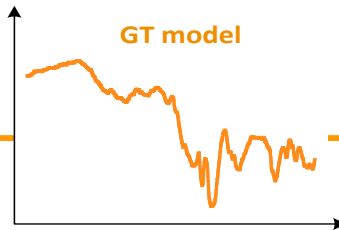


# La trasformazione del parco termoelettrico: *fuel for renewable*

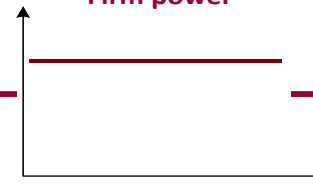
**WIND: VARIABLE ENERGY RESOURCE**



**GTs: PROGRAMMABLE RESOURCE**



Firm power



**GRID**



*Condizioni di esercizio sempre più lontane da quelle di progetto*



# Le caratteristiche della «cogenerazione flessibile»

- Flessibilità della produzione calore/elettricità
- Accumulo termico per consentire la gestione dell'impianto in modalità «termico segue»
- Integrazione con pompe di calore per aumentare la flessibilità della produzione calore/elettricità
- Riduzione del minimo tecnico
- Incremento del rendimento ai carichi parziali
- Capacità di modulare il carico elettrico in tempi rapidi
- Riduzione dei tempi di avviamento
- Riduzione dei costi di installazioni in virtù delle ridotte ore di funzionamento annue con produzione elettrica

