

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

***Relazione per la prova finale
«Uno scenario elettrico italiano
decarbonizzato al 2035»***

Tutor universitario: Prof. Giuseppe Zollino

Laureando: *Andrea Angeli*

Padova, 21/09/2023

Matricola: 2011794

Autori: think tank ECCO e Artelys

Committenti: Greenpeace Italia, Legambiente e WWF Italia

Scopo: proporre una serie di ipotesi e simulazioni per

- rispettare gli obiettivi dell'UE sulla decarbonizzazione del sistema elettrico
- emanciparsi per l'approvvigionamento di energia elettrica

Metodologia: tre fasi distinte di lavoro

- Scelta delle ipotesi e imposizione dei vincoli
- Simulazione di una configurazione ottimizzata economicamente, partendo dai vincoli imposti
- Analisi dei risultati e proposta per futuri provvedimenti politici



Artelys | OPTIMIZATION SOLUTIONS **ECCO**

Development of a transition pathway
towards a close to net-zero electricity sector
in Italy by 2035

A state-of-the-art model-based optimisation
approach

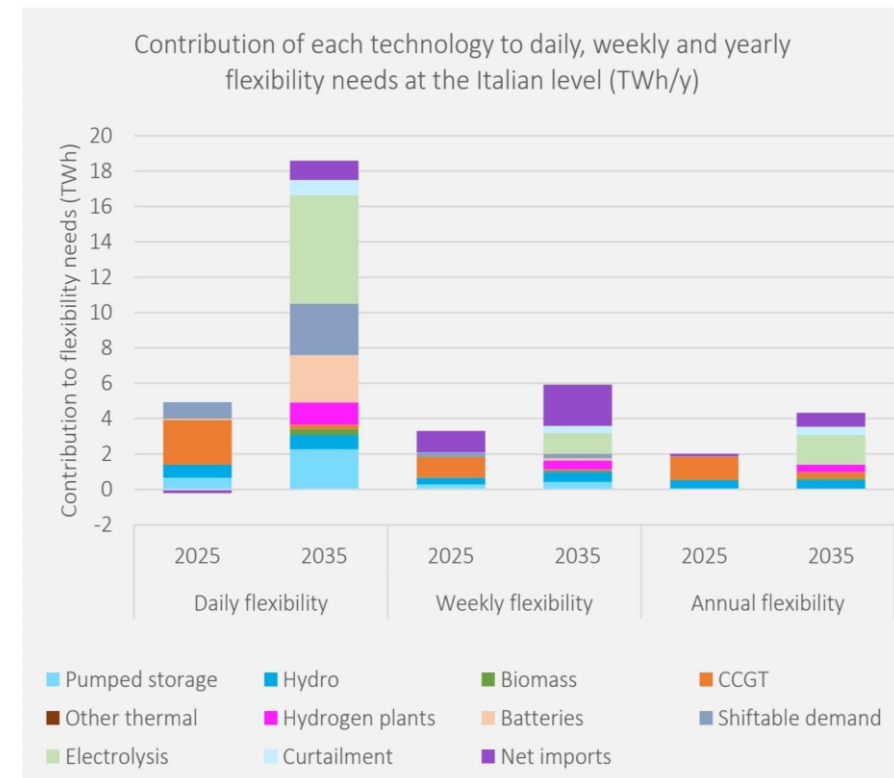
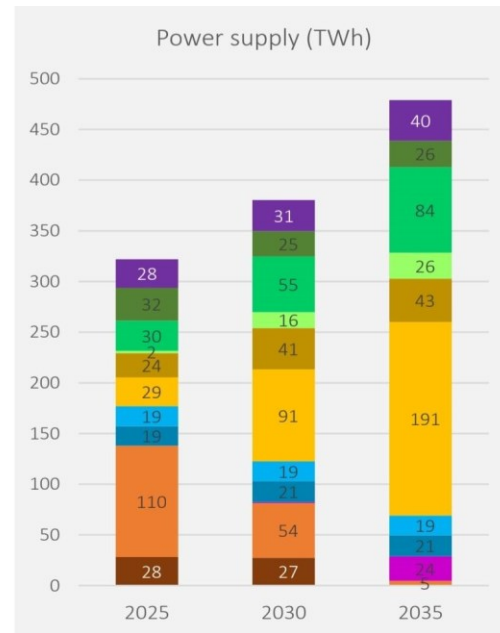
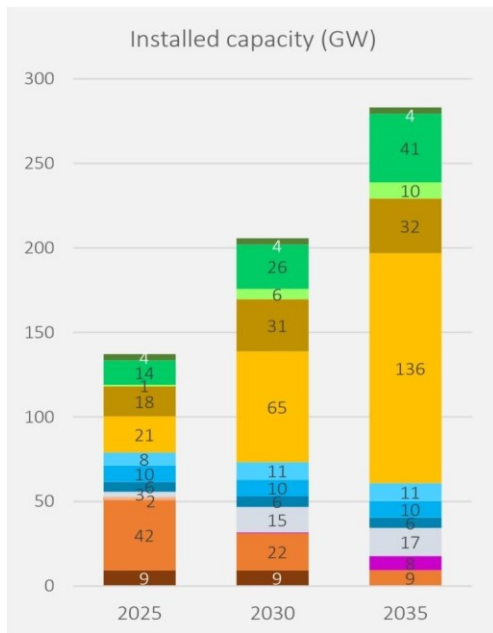
Artelys FRANCE
81 rue Saint-Lazare
75009 Paris FRANCE
+33 1 44 77 89 00

June 2023

SAS au capital 125 182 €
RCS Paris B 428 895 676
TVA FR 82426895676
Code NAF 5829C

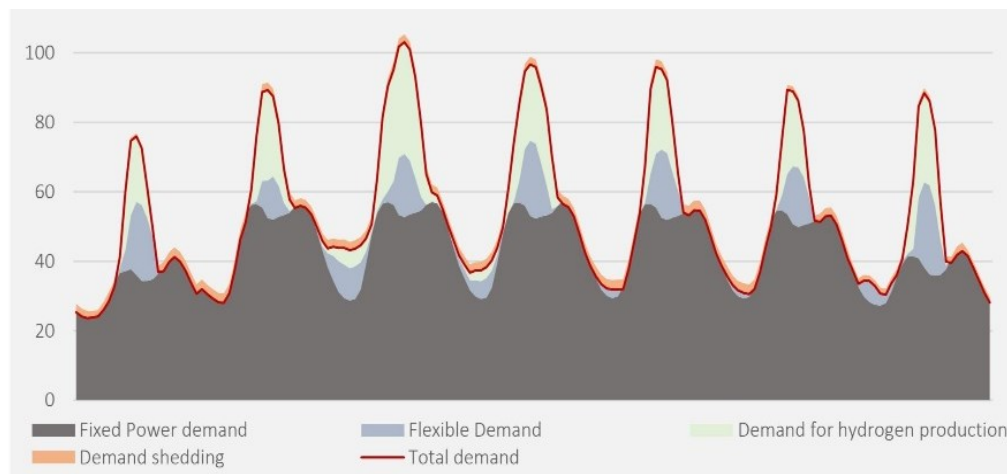
- Domanda finale di energia elettrica e di idrogeno verde
392 TWh/y (energia elettrica), 16 TWh/y (H₂ destinato agli usi finali) al 2035
- Esclusione di CCS, biomasse e nucleare
- Limiti imposti agli investimenti in diversi settori (idroelettrico, solare ed eolico, batterie e interconnessioni)
- Limiti di net-import massimo
40 TWh/y, ma viene fatta una simulazione allentando il vincolo a 60 TWh/y
- Prezzo del gas e della CO₂
25 €/MWh e 100 €/ton

- Crescita delle installazioni di impianti di FER (dati attuali → 2035)
PV: 24,2 GW → 168 GW; Eolico: 11,7 GW → 51 GW
- Investimenti per garantire flessibilità: filiera dell'idrogeno, interconnessioni e batterie

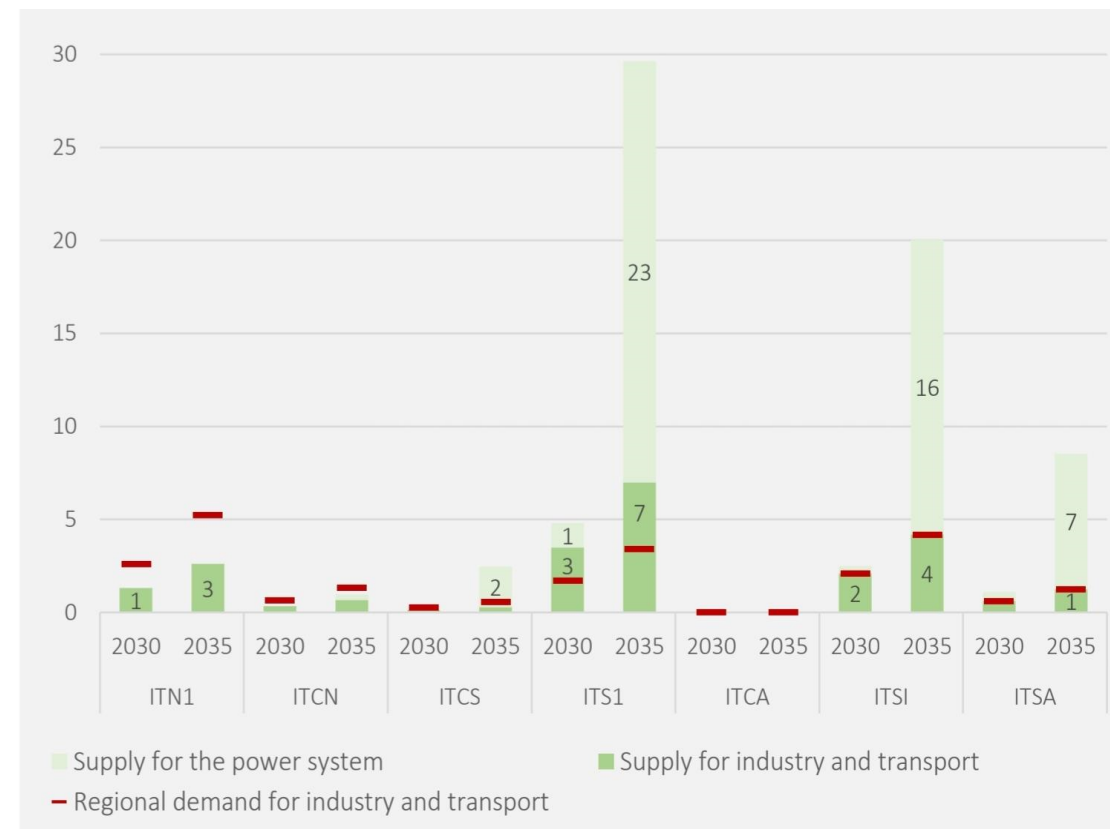


Idrogeno verde ed elettrolizzatori:

- Costi elevati per l'idrogeno verde
- Possibili alternative
- Enorme quantità di H₂ destinata al P2H2P
- Utilizzo degli elettrolizzatori, pro e contro dell'accoppiamento con FER intermittenti



Ruolo della domanda flessibile e degli elettrolizzatori nella settimana-tipo di inizio febbraio 2035 (GWh) (Artelys modelling)

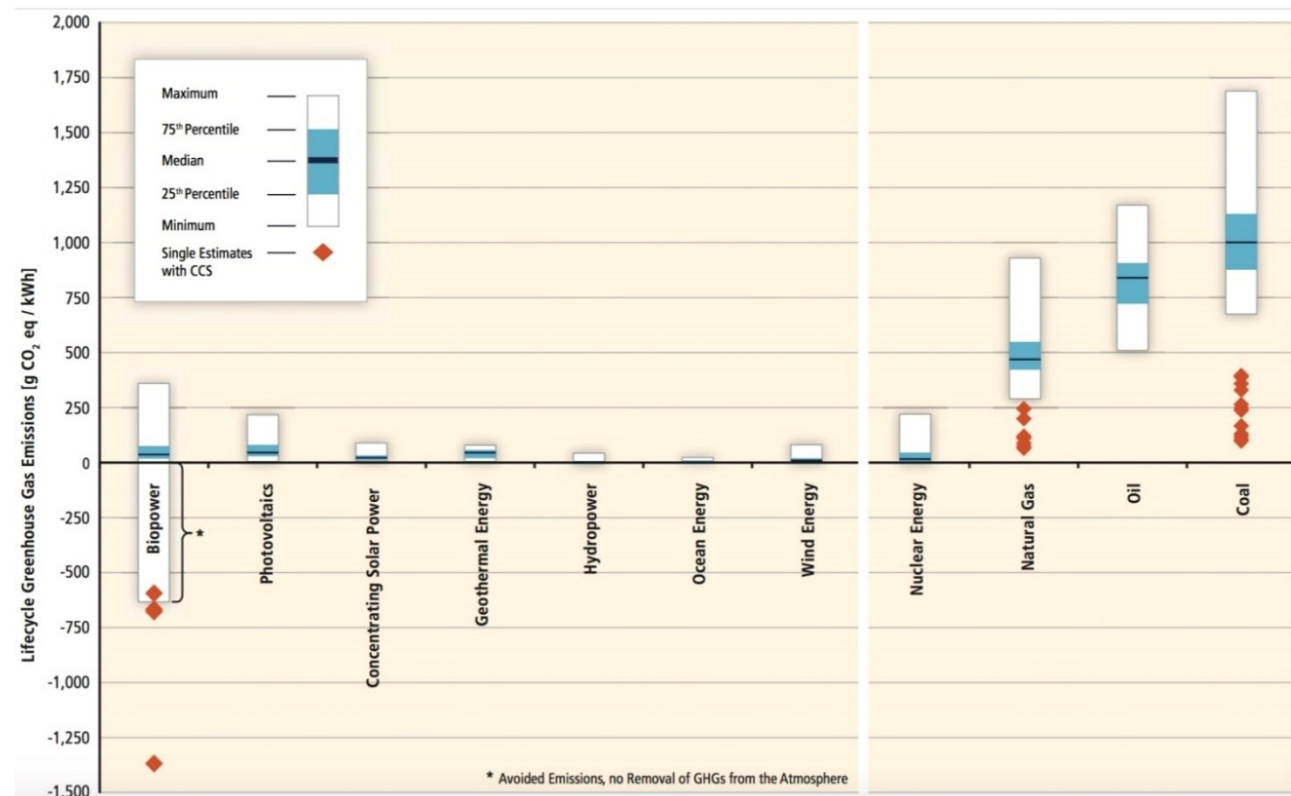


in verde volumi di idrogeno prodotti e in rosso volumi di domanda per l'industria e i trasporti, per ciascuna zona di interesse (TWh/y) (Artelys modelling)

Esclusione di CCS, nucleare e biomasse

CCS:

- Troppo costosa
- Potrebbe affiancare gli elettrolizzatori nella produzione decarbonizzata di idrogeno
- Potrebbe essere un'opportunità per rendere la transizione più graduale



Emissioni di gas serra durante il ciclo di vita di ciascuna tecnologia (IPCC)

Biomasse:

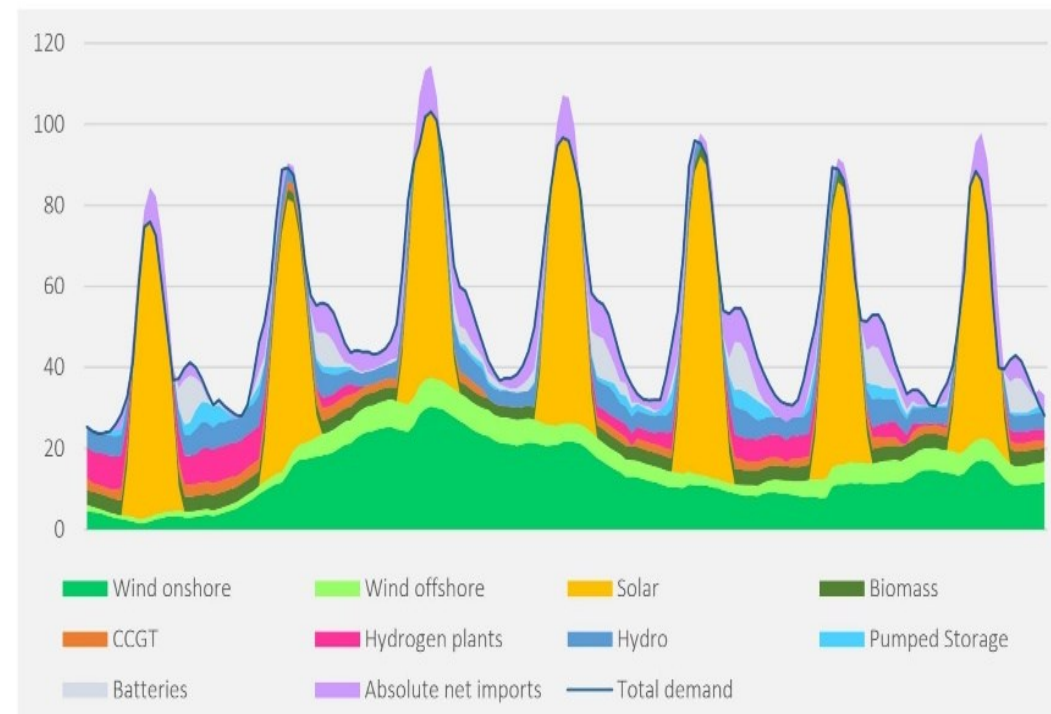
- Miglioramento della qualità dell'aria
- I biocombustibili, usati negli impianti esistenti, potrebbero fornire flessibilità al sistema ed evitare emissioni di CO₂
- Abbinate alla CCS, sono il modo migliore per sequestrare CO₂ dall'atmosfera

Nucleare:

- Costoso, si abbina male alle FER e i committenti sono dichiaratamente anti-nucleare
- Motivazioni valide e pragmatiche o scelta ideologica?
- Possibile accoppiamento con elettrolizzatori

Gestione dell'import e dell'export di elettricità

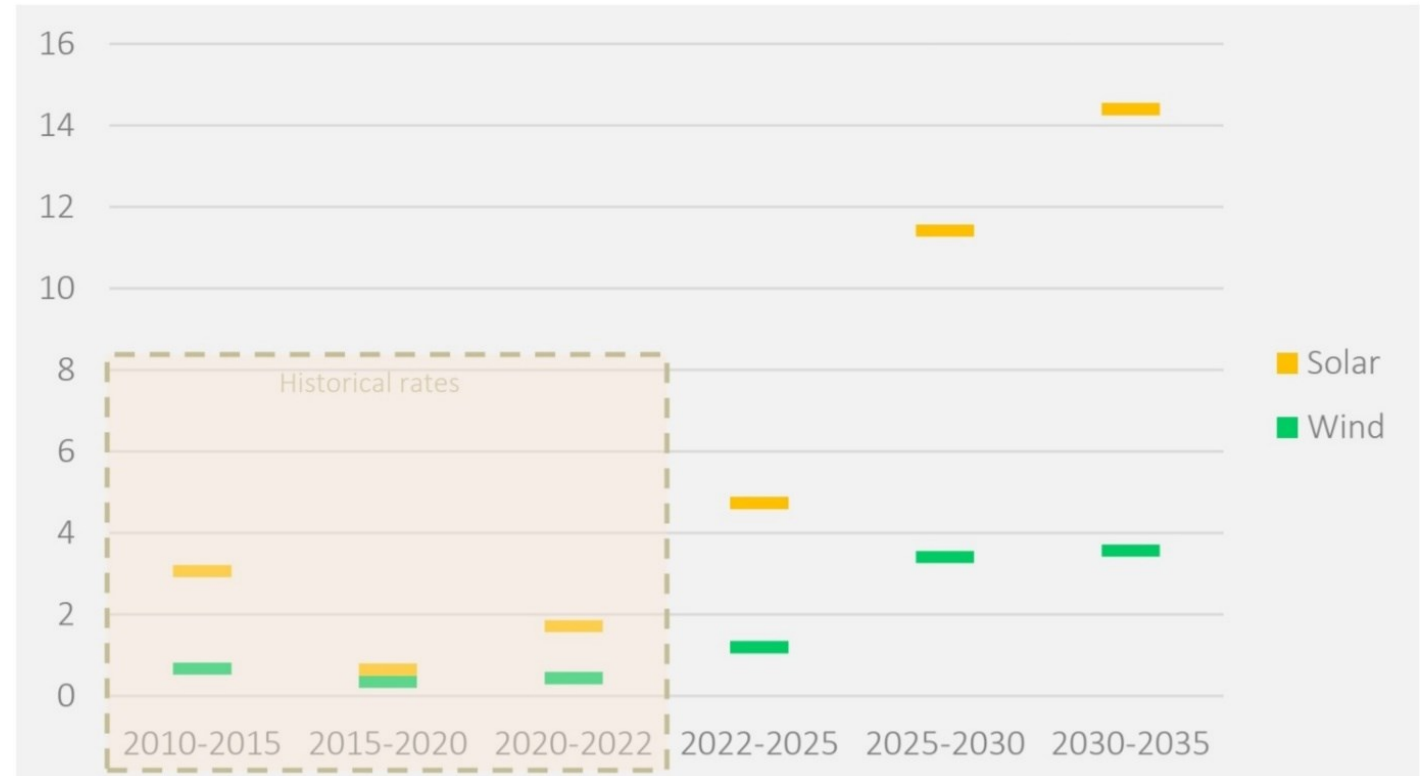
- Quantità di elettricità importata
- Importanza dell'indipendenza energetica
- Gestione dell'import/export
- Criticità dell'ipotesi di allentare il vincolo



Profili di alimentazione di energia ottimizzati durante la prima settimana di febbraio del 2035 (GWh) (Artelys modelling)

Installazioni di eolico e PV

- Velocità richiesta
- Occupazione di suolo
2500km² ÷ 3500km²
- Domanda di materie prime



Tasso di diffusione storico e prospettico per capacità eolica e solare (GW/y) (Artelys modelling for projected rates and IRENA for historical rates)

Lo studio propone uno scenario molto ambizioso, in linea con gli obiettivi europei, ma proprio per la grandezza della sfida è necessario approcciarsi al problema abbandonando ogni dogmatismo di qualsivoglia natura.

L'analisi presentata vuole mostrare come un approccio diverso può portare a soluzioni poco realistiche e praticabili.