



Accumulo dell'energia elettrica e CER

Ing. Gianluca Pasini

Università di Pisa – DESTEC

gianluca.pasini@unipi.it

27/06/2024



UNIVERSITÀ DI PISA





Ing. Gianluca Pasini - short bio



UNIVERSITÀ DI PISA



Attualmente Ricercatore c/o Università di Pisa DESTEC nel settore di Sistemi Elettrici per l'Energia (ING-IND/33). Attività didattica nei corsi di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Veicoli, in Ingegneria Elettrica ed in Ingegneria Energetica dell'Università di Pisa.

L'attività scientifica negli ultimi (oltre) 10 anni si è concentrata su: **sistemi ibridi** per la mobilità, generazione elettrica da **rinnovabili** e **accumulo** dell'energia, **decarbonizzazione** del sistema elettrico nazionale, impatti della **mobilità elettrica** sulla rete, biocombustibili, gas naturale e altre attività legate alla **transizione energetica** come le (CA)CER. Attualmente coinvolto nelle ricerche del Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile (MOST, PNRR).

Il gruppo di Sistemi Elettrici DESTEC-Unipi è composto da 4 Professori + 3 Ricercatori e si occupa **di generazione, trasmissione, distribuzione, accumulo, smart-grid, mercati dell'energia e mobilità** (sia lato veicolo che infrastruttura di ricarica). Strette collaborazioni con i colleghi di Macchine Elettriche ed Elettrotecnica.

Dal 2022 Cattedra Unesco conferita ad Unipi in "Sustainable Energy Communities" (<https://unescochair.unipi.it/>), referente Prof. Marco Raugi.



contact: gianluca.pasini@unipi.it



Agenda

- Introduzione sull'accumulo elettrico
- Breve rassegna delle tecnologie di accumulo elettrico
- Tecnologie dell'accumulo elettrico «market-ready»
- Possibili configurazioni di CER <-> accumulo
- Riferimenti normativi per l'accumulo elettrico nelle CER
- Final remarks su CER e accumulo elettrico

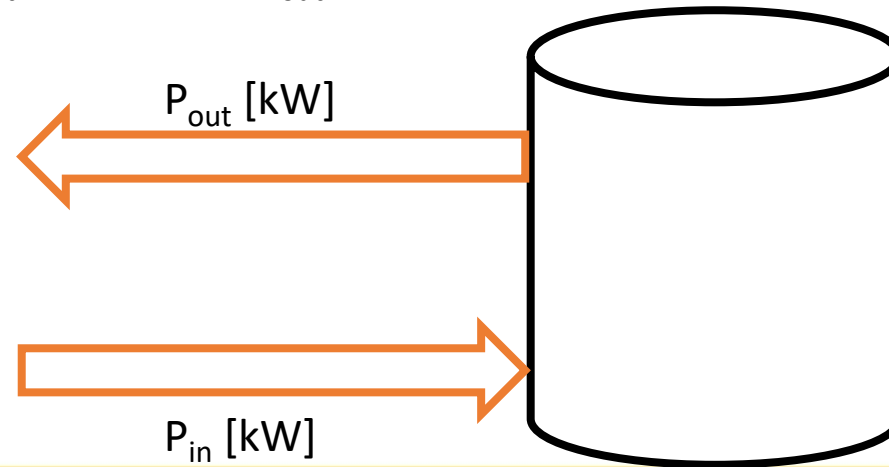
Introduzione

Un sistema di **accumulo dell'energia** è un sistema fisico in grado di **conservare e scambiare energia** con altri sistemi.

Un **accumulo elettrico** scambia **energia elettrica** ma può conservarla in altra forma (cambio di vettore energetico).

Un generico accumulo elettrico è composto da due strutture:

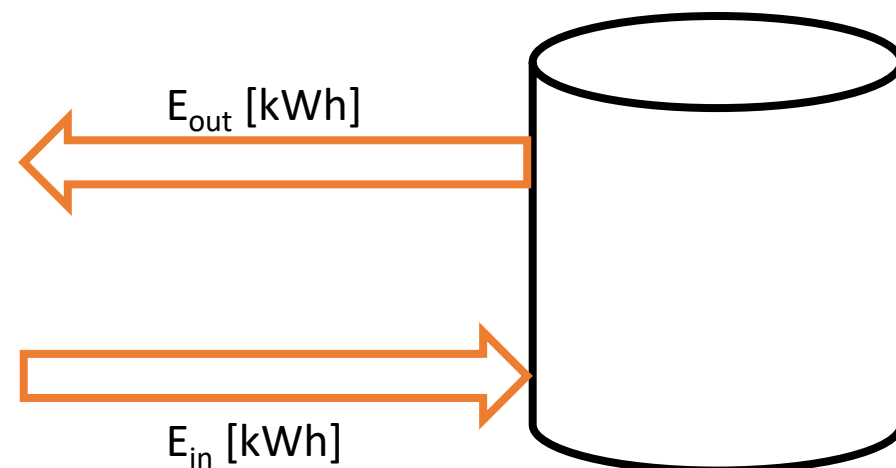
- ❑ Il serbatoio (uno spazio fisico contenente l'energia accumulata) caratterizzato da una **capacità C**. Il livello di riempimento normalizzato è chiamato State of Charge (SOC).
- ❑ Il sistema di scambio, costituito da una o più porte, caratterizzato da una **potenza nominale in ricarica P_{in}** e una potenza nominale in scarica P_{out} (spesso $P_{in}=P_{out}=P$, ma non sempre).



Introduzione

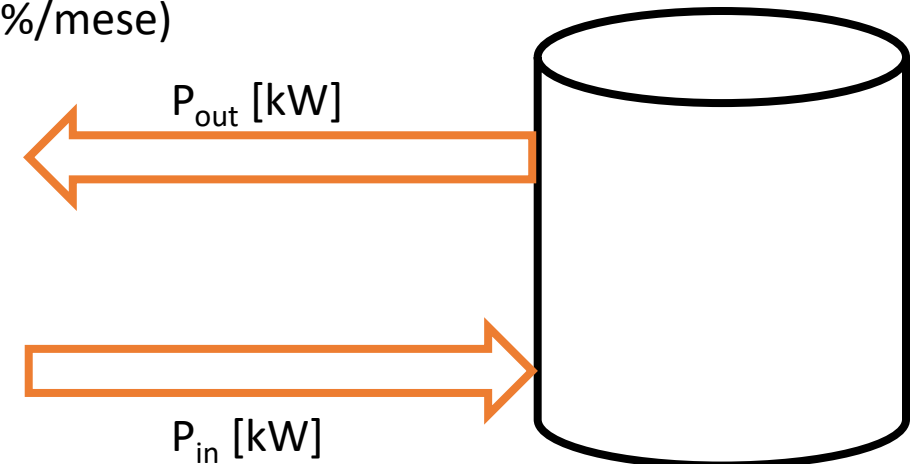
- ❑ Un sistema di accumulo elettrico è caratterizzato da un'efficienza di ciclo carica-scarica, chiamata anche **efficienza di round-trip**, η_{rt}
- ❑ L'efficienza di roundtrip è definita come il rapporto tra l'energia resa in scarica E_{out} e quella assorbita in ricarica E_{in} . Se $E_{out}=E_{in}$ allora $\eta_{rt}=100\%$
- ❑ Come in ogni processo esistono **perdite ed irreversibilità**. Gli accumuli elettrici possono avere efficienze molto elevate (>95%) ma esistono anche tecnologie molto meno efficienti (<30%)

$$\eta_{rt} = \frac{E_{out}}{E_{in}} \%$$



Introduzione

- Un sistema di accumulo elettrico ha altre importanti caratteristiche:
 - **Densità di energia** (in Wh/m³) ed **energia specifica** (in Wh/kg)
 - **Densità di potenza** (in W/m³) e **potenza specifica** (in W/kg)
 - **Vita utile**, in genere espressa in numero di cicli equivalenti carica-scarica
 - **Rapporto Capacità/Potenza** nominale (in h). (Uguale in carica e scarica se $P_{in}=P_{out}=P$)
 - **Autoscarica**. Energia accumulata persa durante il non utilizzo (in %/mese)





Classificazione degli accumuli elettrici

Classificazione secondo l'applicazione :

- Accumuli elettrici per dispositivi mobili** (veicoli, dispositivi portatili ...)
- Accumuli elettrici per applicazioni stazionarie** (gestione e bilanciamento rete elettrica nazionale, reti isolate, gruppi di alimentazione di emergenza, ... , **CER!**)

Esigenze molto diverse in termini di:

- Potenze di carica e scarica (da pochi W a GW).
- Capacità (da pochi Wh a GWh).
- Densità energetiche e di potenza (per i dispositivi mobili in particolare).
- Rapporto Capacità/potenza.
- Vita utile.

Esempi applicativi di accumuli elettrici

Accumuli elettrici 'onboard' per dispositivi mobili, alcuni esempi:



Traghetto elettrico

alcuni MWh
alcuni MW in carica e scarica

Requisiti di massa e volume ma
non molto stringenti.



Battery Electric Vehicle (BEV)

decine di kWh
centinaia di kW in carica e scarica

Massa e volume molto importanti
(consumi, spazi a bordo).



Smartphone

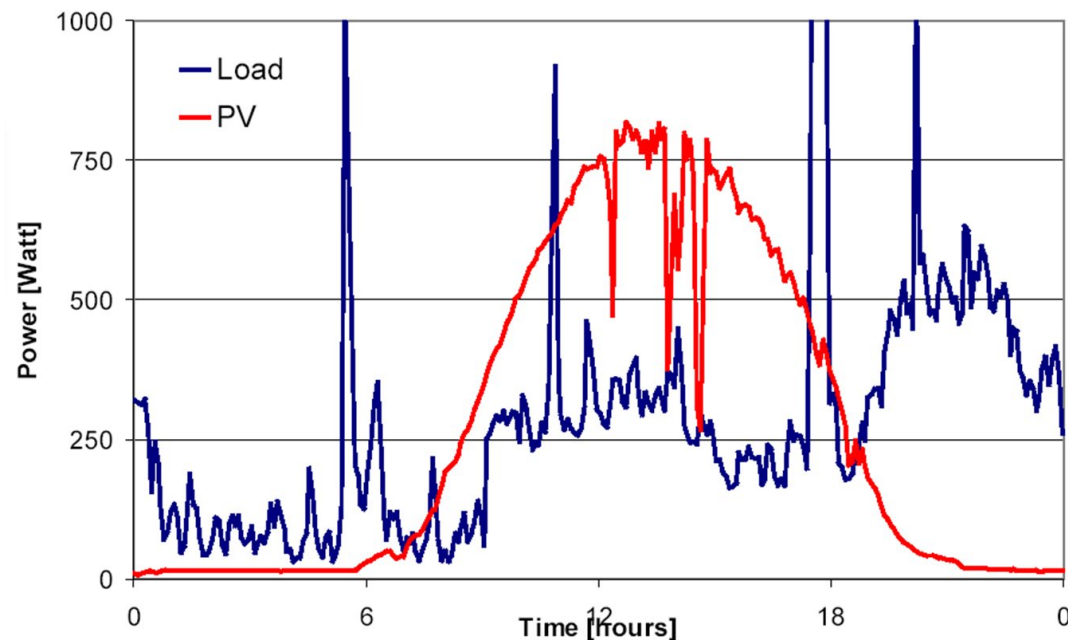
decine di Wh
da alcuni W a decine di W in carica

Massa e volume molto importanti
(portabilità, design).

Esempi applicativi di accumuli elettrici

Accumuli elettrici per applicazioni stazionarie, alcuni esempi:

Ad es. **in sistemi isolati** quando la produzione di energia (in rosso) non è in fase con l'utilizzo:





Esempi applicati Energy Balance

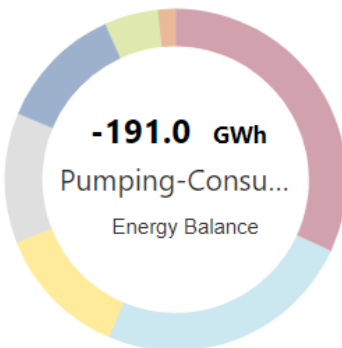
Accumuli elettrici per applicazioni stazionarie, non solo nei piccoli sistemi isolati ma anche a livello di reti nazionali (**grid-scale**).

Classico esempio del pompaggio idroelettrico, tecnologia «storica» di accumulo elettrico ancora molto valida e utilizzata.

Grafico da: <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/transparency-report/energy-balance>

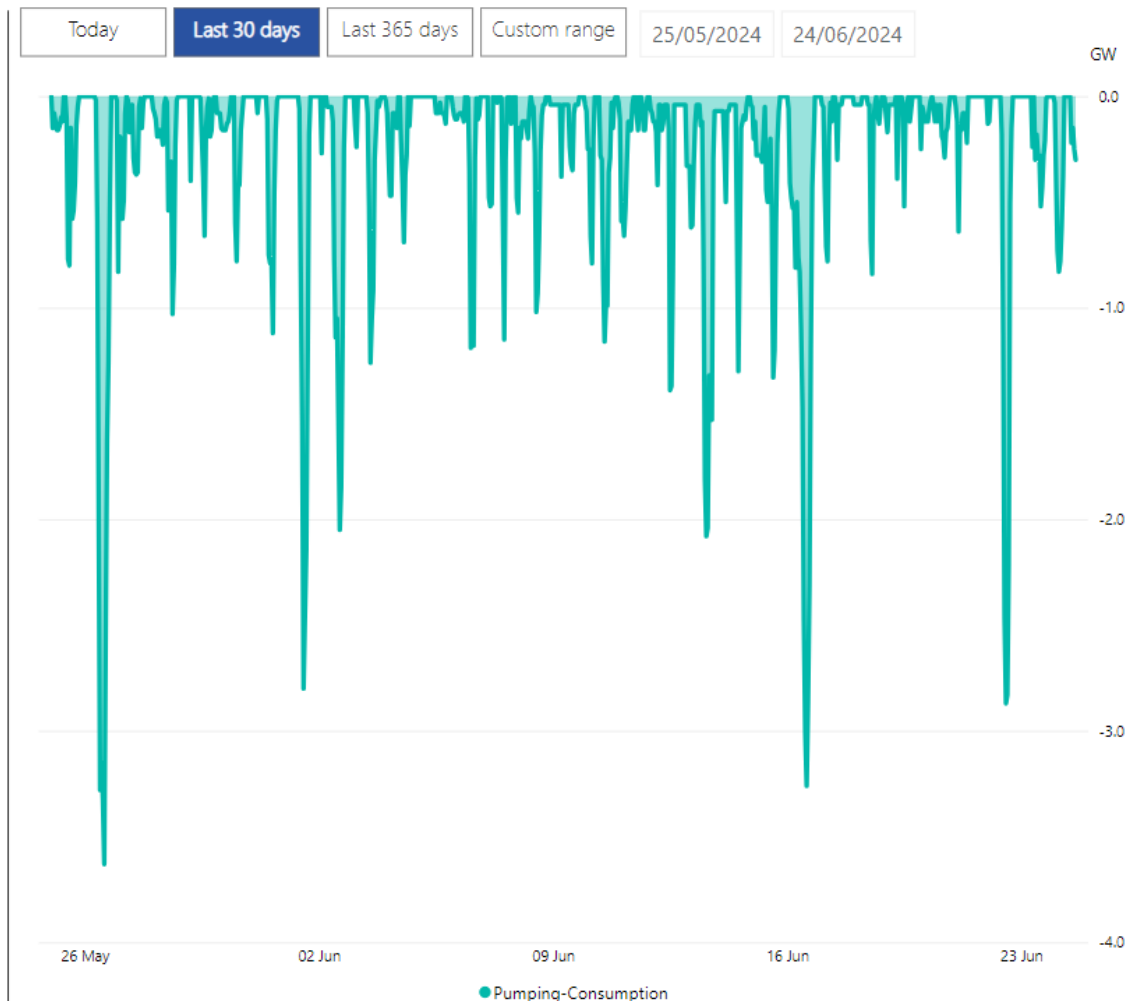
From: **25/05/2024** To: **24/06/2024**

Last update: 24/06/2024 15:00



Energy Balance per energy sources [GWh]

Thermal	8,222.2	
Hydro	6,337.1	
Photovoltaic	3,268.9	
Self-consumption	3,184.9	
Net Foreign Exchange	3,080.5	
Wind	1,315.2	
Geothermal	429.1	
Pumping-Consumption	-191.0	





Esempi applicativi di accumuli elettrici

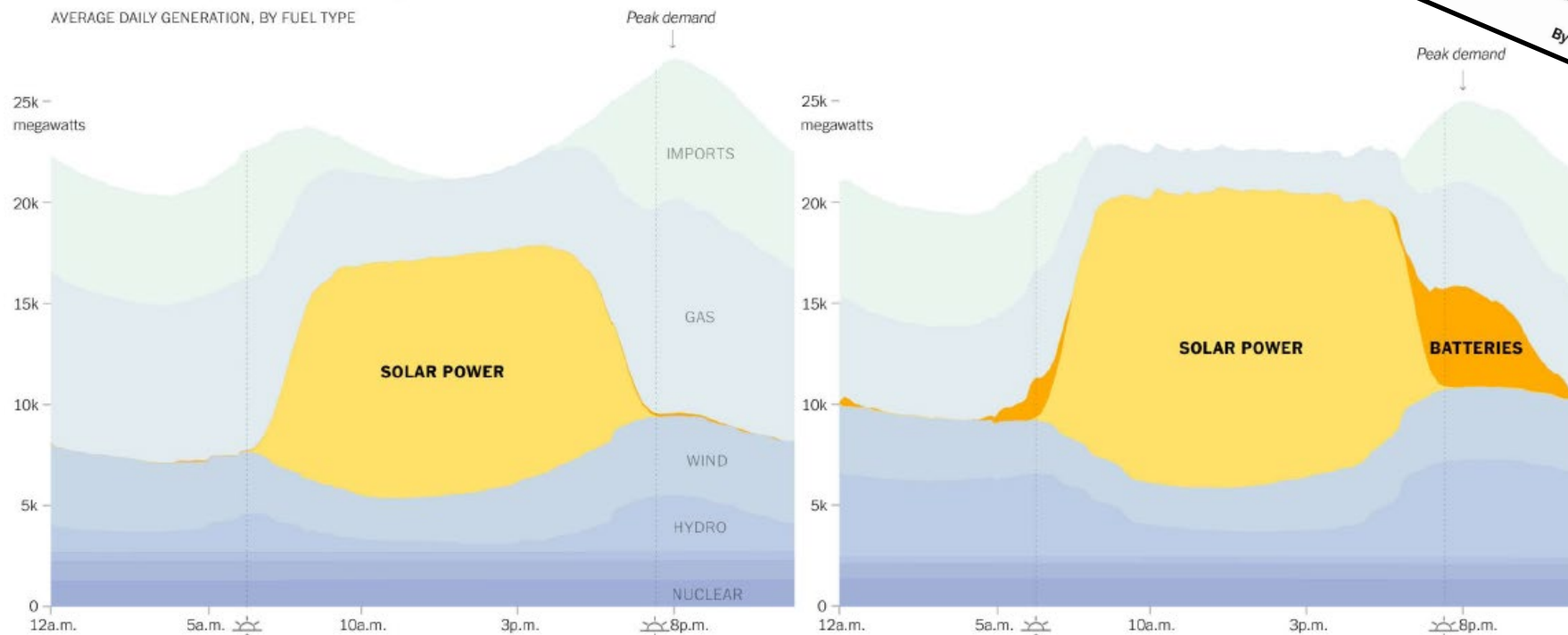
Accumuli elettrici grid-scale, da pochi anni si è aggiunto un nuovo attore:

Giant Batteries Are Transforming the Way the U.S. Uses Electricity
They're delivering solar power after dark in California and helping to stabilize grids in other states. And the technology is expanding rapidly.
By Brad Plumer and Nadja Popovich May 7, 2024

How California powered itself in April 2021 ...

AVERAGE DAILY GENERATION, BY FUEL TYPE

and in April 2024.



The New York Times <https://www.nytimes.com/interactive/2024/05/07/climate/battery-electricity-solar-california-texas.html>



Classificazione degli accumuli elettrici

Classificazione secondo la tecnologia di accumulo:

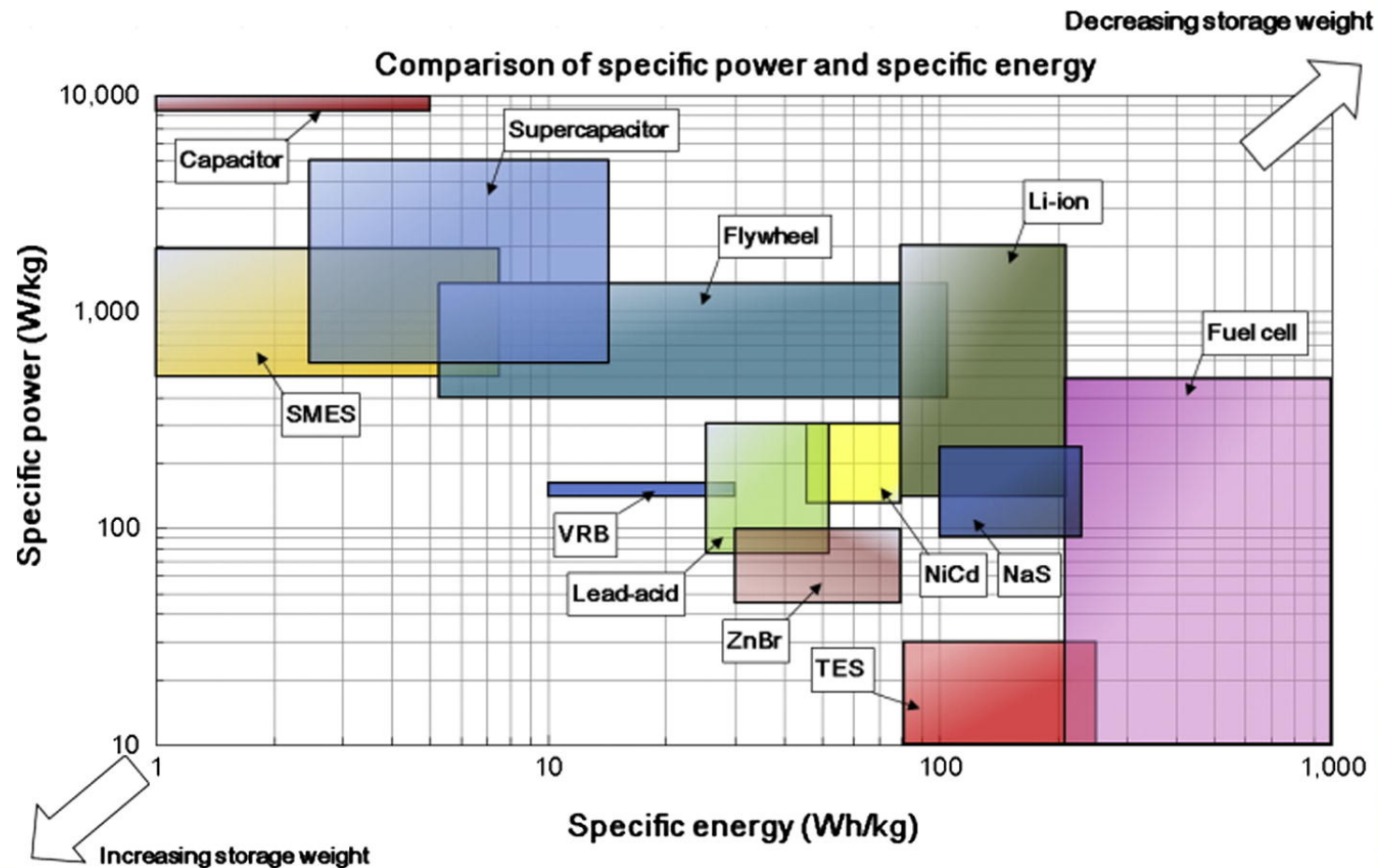
- Accumulo in forma **meccanica** (pompaggio idroelettrico, volani, aria compressa, LAES, LOES ...)
- Accumulo **elettrochimico** (batterie al piombo, al litio, al sodio, a flusso ...)
- Accumulo in forma **elettrica** (magneti, supercondensatori)
- Accumulo in forma **chimica** (power-to-X-to-power, idrogeno, e-fuel ...)
- Accumulo in forma **termica** (power-to-heat-to-power)

«Prestazioni» degli accumuli elettrici

Si usano spesso i «Ragone plot» ->

Confronti in termini di:

- Massa

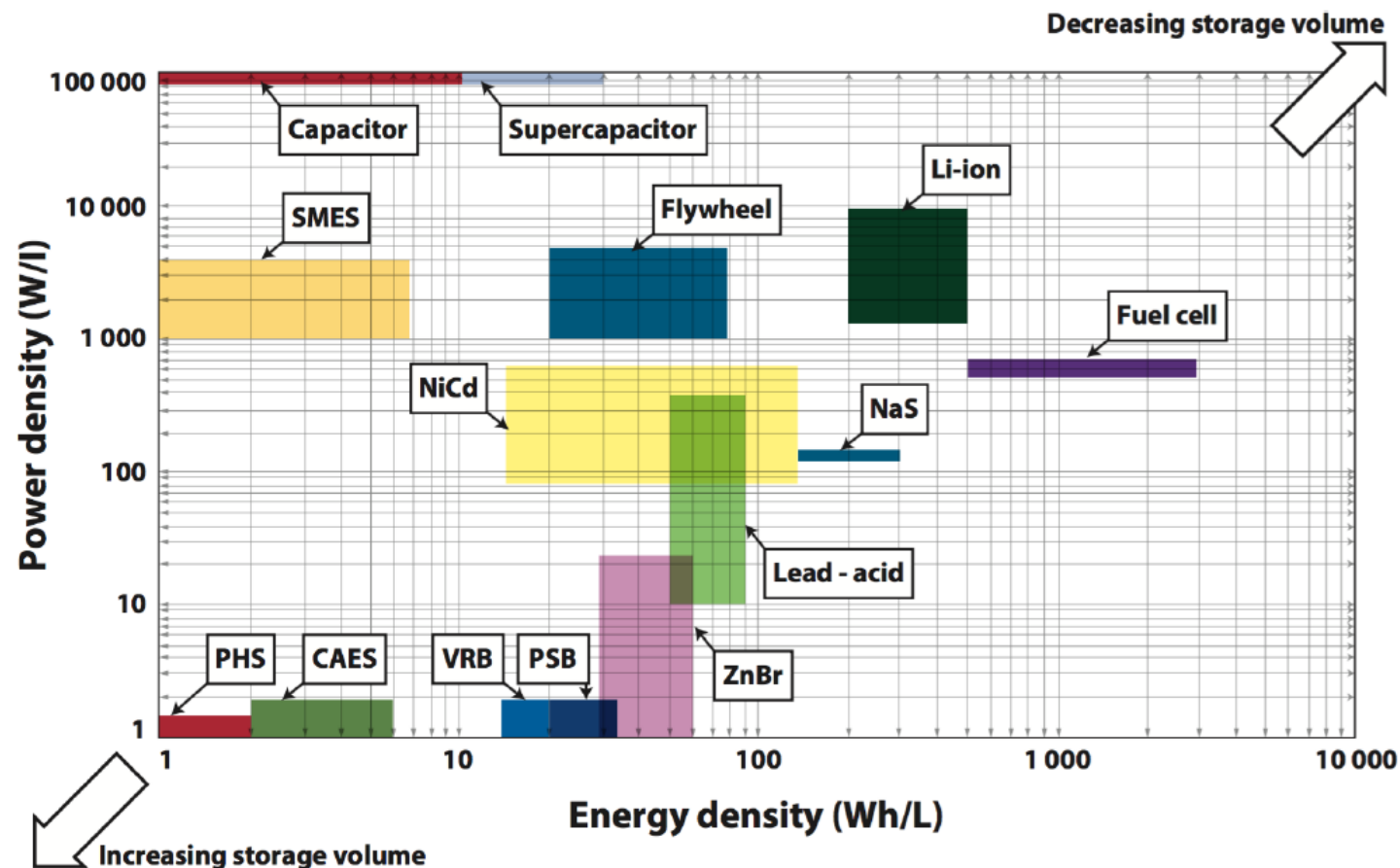


«Prestazioni» degli accumuli elettrici

Si usano spesso i «Ragone plot» ->

Confronti in termini di:

- Massa
- **Volume**



«Prestazioni» degli accumuli elettrici

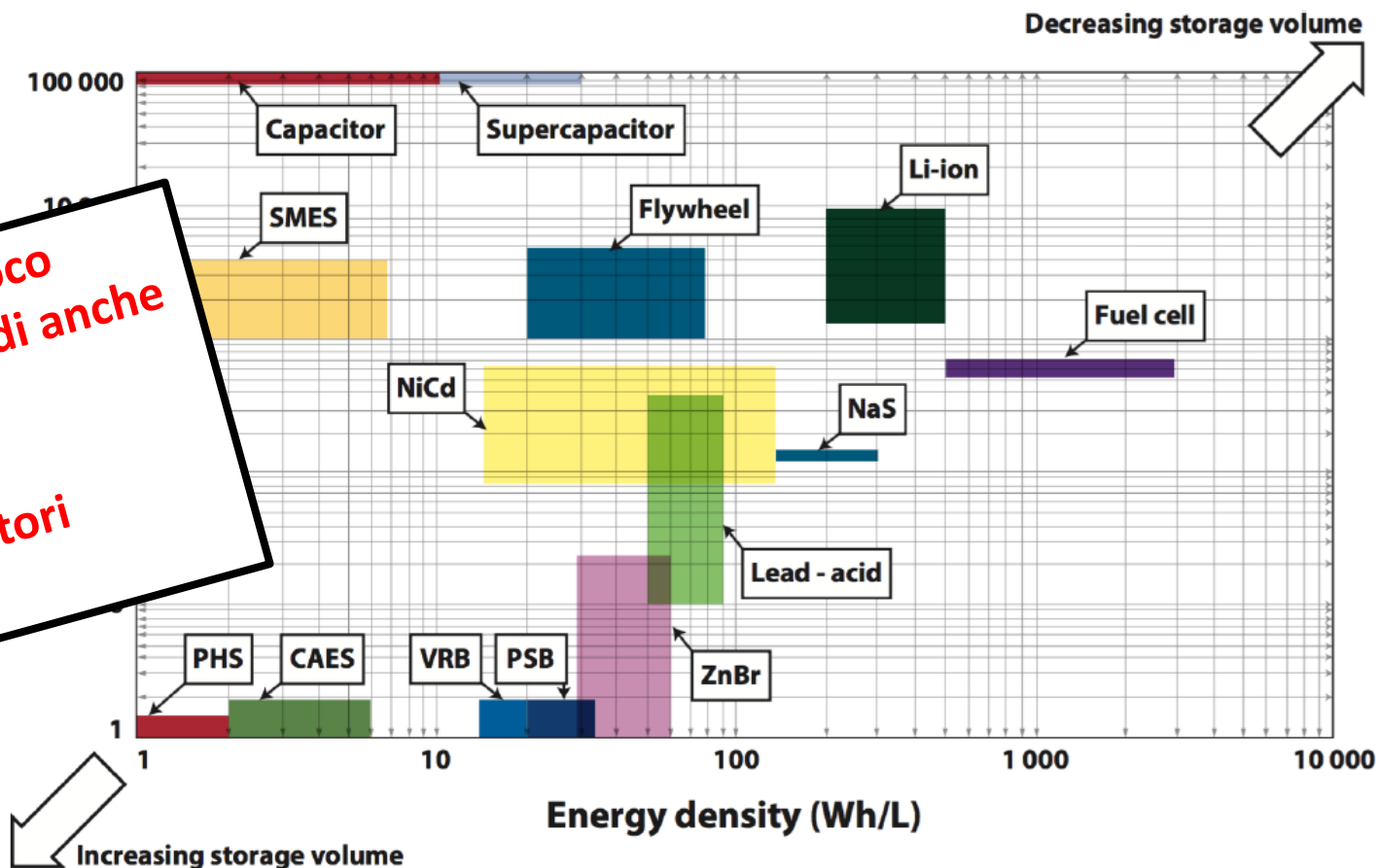
Si usano spesso i «Ragone plot» ->

Confronti in termini di:

- Massa
- Volume

Queste «prestazioni» sono relativamente poco importanti per gli accumuli stazionari, quindi anche per le CER.

Sono FONDAMENTALI invece per altri settori (mobilità, elettronica di consumo ecc.)

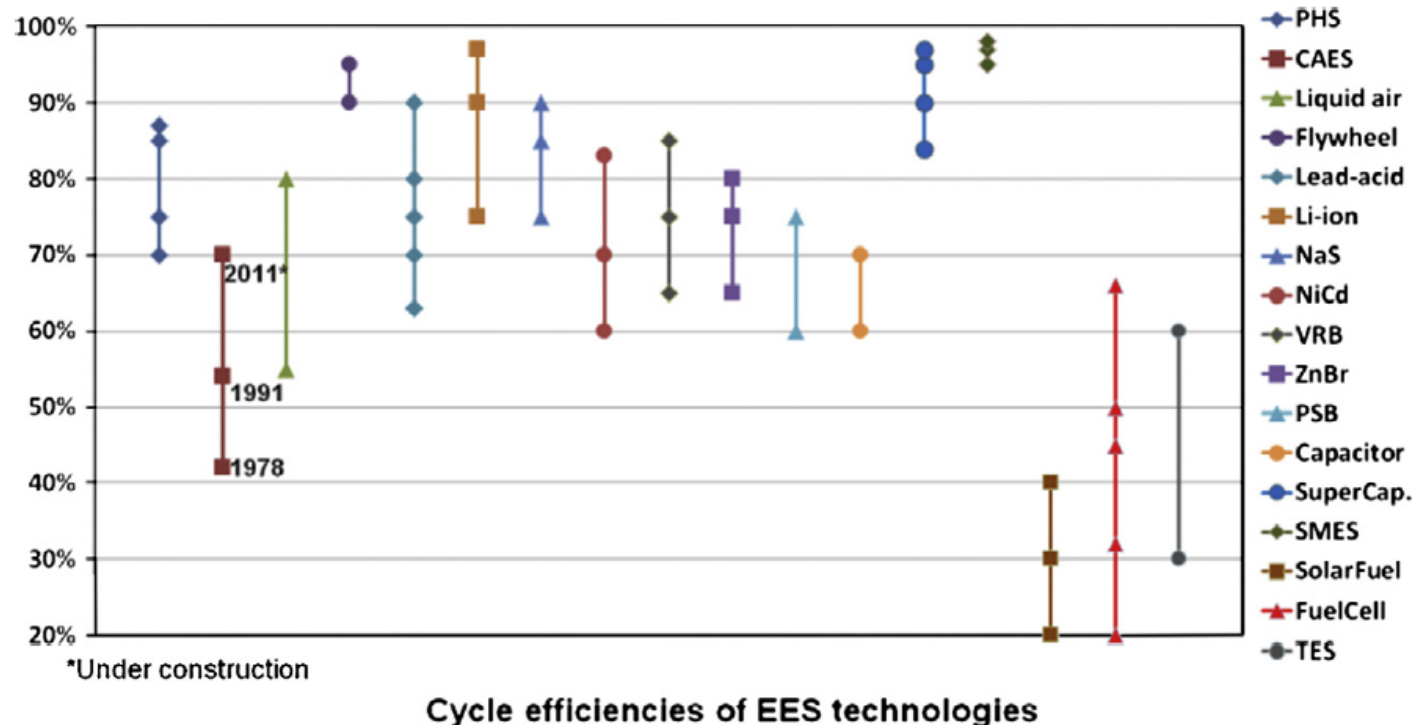


«Prestazioni» degli accumuli elettrici

Importante invece il rendimento di **roundtrip** !

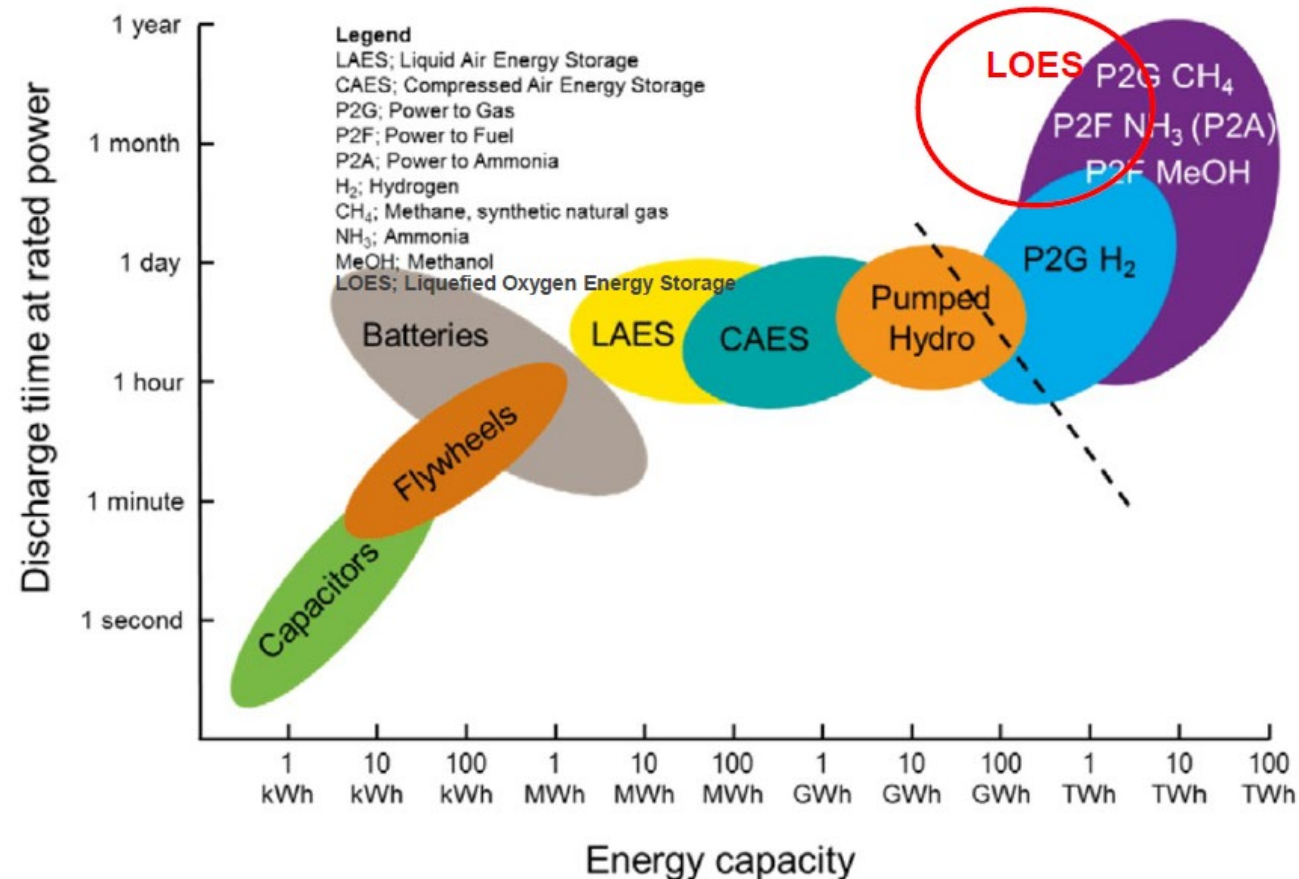
Questo grafico è solamente indicativo, per far capire che gli accumuli elettrici possono essere **molto efficienti** (>>90%) ma anche **molto poco efficienti** (<30%).

Il complemento a 1 del roundtrip rappresenta energia dissipata e quindi persa nel ciclo carica-scarica. E' una «distruzione» di energia e di valore, **economicamente dipende però dai valori economici dell'energia assorbita e restituita dall'accumulo.**



«Prestazioni» degli accumuli elettrici

Capacità e rapporto Capacità/Potenza nominali
(espressa come un tempo: per quanto tempo può erogare la sua potenza nominale)





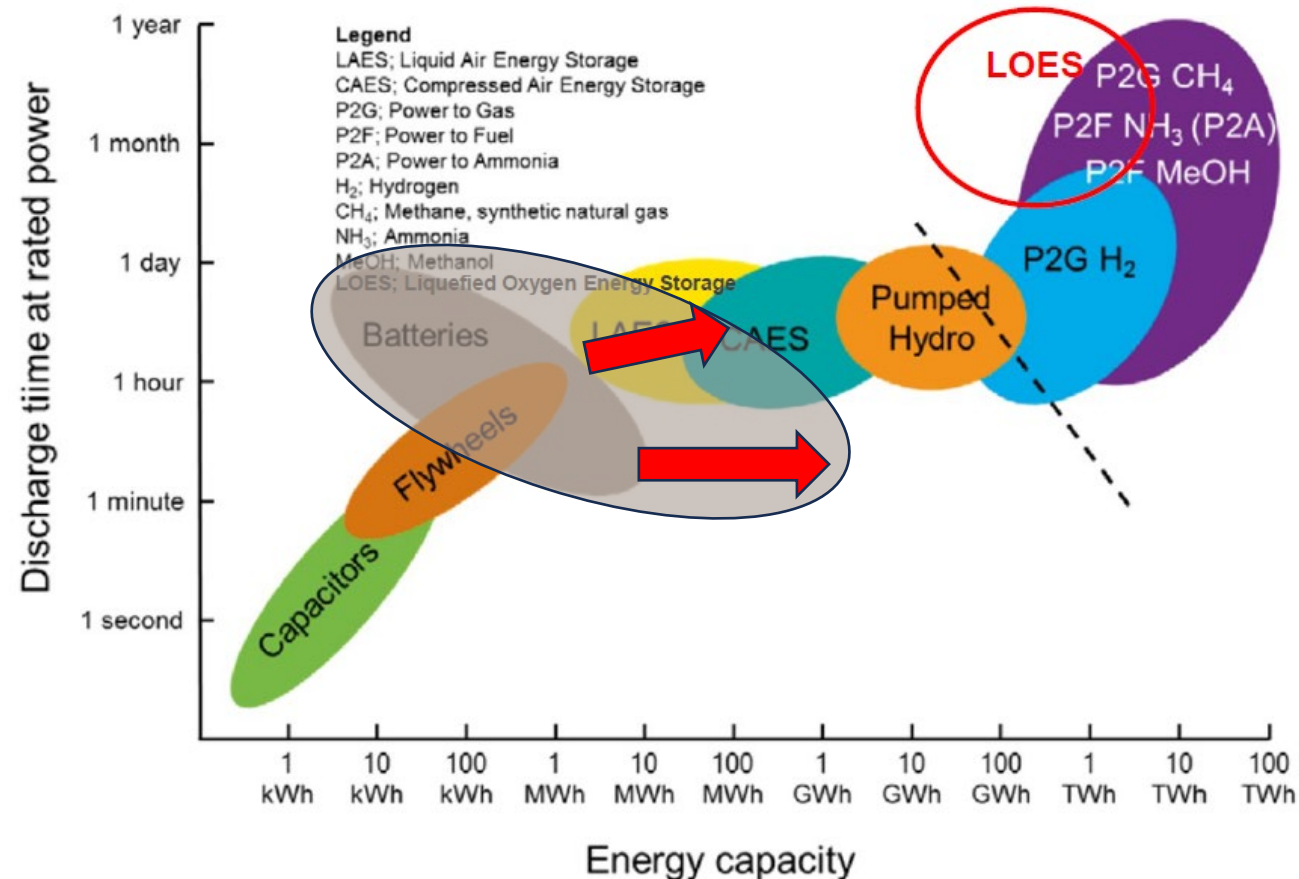
«Prestazioni» degli accumuli elettrici

Capacità e rapporto Capacità/Potenza nominali (espressa come un tempo: per quanto tempo può erogare la sua potenza nominale)

Attenzione che questo grafico, come i precedenti, **varia** nel tempo con il **progresso tecnologico** e/o l'abbattimento dei costi.

Ad es. oggi abbiamo esempi di grandi impianti di storage con batterie fino a 1 GWh.

Alcune tecnologie possono essere scalate più o meno facilmente, queste zone quindi non rappresentano recinti invalicabili. In genere intervengono prima dei **limiti economici**.





Classificazione degli accumuli elettrici

Classificazione secondo la tecnologia di accumulo:

- Accumulo in forma **meccanica** (pompaggio idroelettrico, volani, aria compressa ...)
- Accumulo **elettrochimico** (batterie al piombo, al litio, al sodio, a flusso ...)
- Accumulo in forma **elettrica** (magneti, supercondensatori)
- Accumulo in forma **chimica** (power-to-X-to-power)
- Accumulo in forma **termica** (power-to-heat-to-power)



Classificazione degli accumuli elettrici

Classificazione secondo la tecnologia di accumulo:

- Accumulo in forma **meccanica** (pompaggio idroelettrico, volani, aria compressa ...)
- Accumulo **elettrochimico** (batterie al piombo, al litio, al sodio, a flusso ...)
- Accumulo in forma **elettrica** (magneti, supercondensatori)
- Accumulo in forma **chimica** (power-to-X-to-power)
- Accumulo in forma **termica** (power-to-heat-to-power)

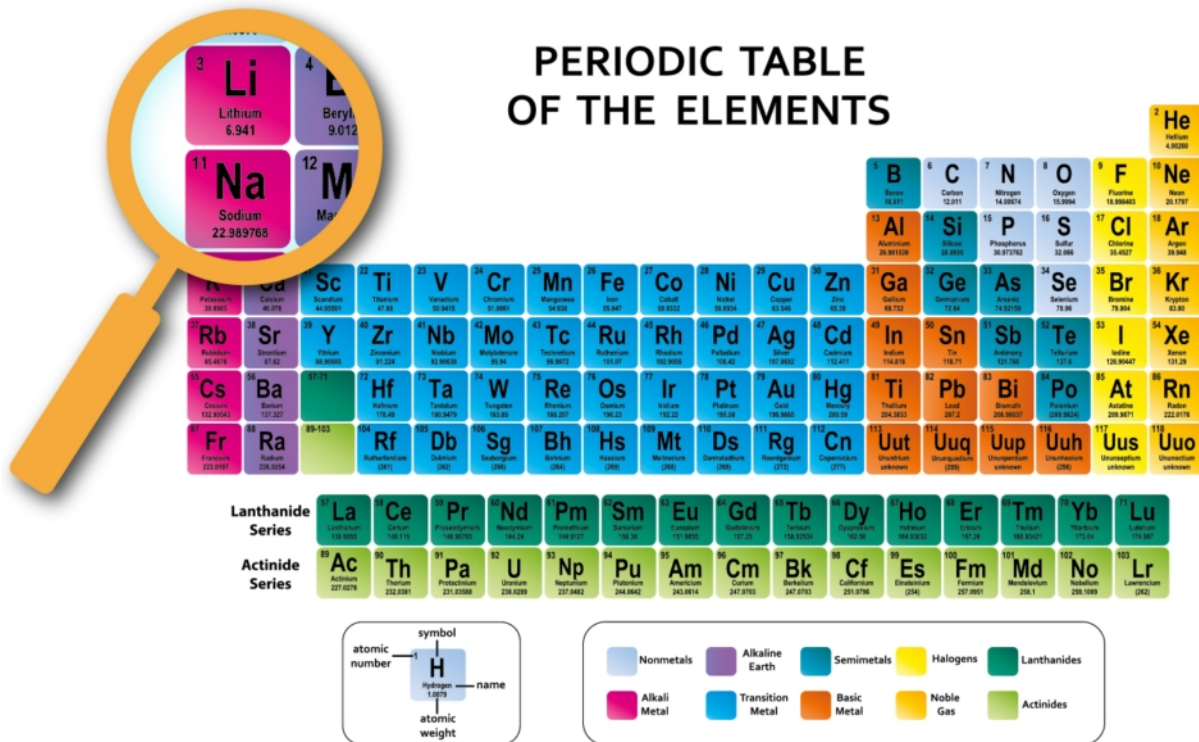


Accumuli elettrochimici

- ❑ **Batterie al Pb.** Utilizzate come batterie di avviamento/generazione su automobili o camion, o nella prima generazione di BEV. Oggi abbandonate per i BEV a causa della ridotta energia specifica (circa 35 Wh/kg), e anche per le applicazioni stazionarie vista la crescita delle batterie al litio.
- ❑ **Batterie al Ni-Cd.** Utilizzate negli anni '80 e '90 come opzione migliorativa rispetto alle batterie al Pb. Energia specifica più alta (60-70 Wh/kg). Oggi proibite dall'UE nelle nuove installazioni a seguito della tossicità del cadmio.
- ❑ **Batterie a Ni-MH.** Ottime sostitute di quelle al Ni-Cd, simili alle precedenti ma senza la presenza di un materiale tossico. Utilizzate su milioni di Toyota Prius. Ora gradualmente eliminate in favore di quelle al litio.
- ❑ **Batterie al Na-NiCl.** Tecnologia sviluppata in Italia. Per funzionare arrivano a 300°C. Discreta energia specifica, ridotta potenza specifica. Diverse applicazioni nell'ambito degli autobus. Problematiche inerenti ai costi e all'affidabilità.
- ❑ **Batterie al Litio.** In base al tipo di chimica: alta energia specifica, potenza specifica, densità di energia, densità di potenza. Lo standard sia per la nuova generazione di BEV sia per le applicazioni stazionarie.



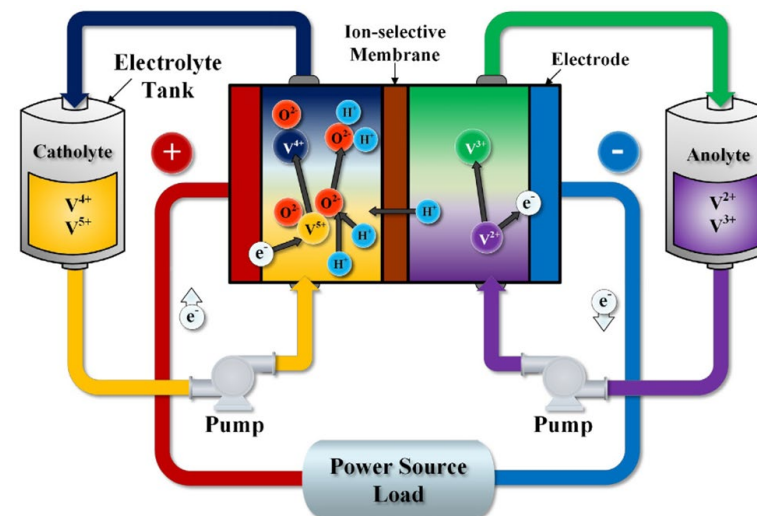
Accumuli elettrochimici



Accumuli elettrochimici

❑ **Batterie al Sodio:** Le batterie agli ioni di sodio, hanno un'architettura **analoga** a quella delle batterie agli ioni di litio (quindi possono **condividerne molti processi produttivi**, grande vantaggio). Quindi, come queste, sono dotate degli stessi elementi principali: il catodo, l'anodo, il separatore e l'elettrolita. Il sodio, in particolare, sostituisce il litio. Nelle batterie agli ioni di sodio, inoltre, è possibile utilizzare alluminio al posto del rame (costi). Nulla cambia invece a livello di separatore, ancora in materiale plastico. Buone prestazioni, minor sensibilità alla temperatura e maggior sicurezza intrinseca. Hanno un potenziale di riduzione dei costi interessante, **ci sono già esemplari in commercio**. **Tecnologia da attenzionare.**

❑ **Batterie a flusso**, ad esempio VRFB (Vanadium Redox Flow Battery). Elettroliti stoccati esternamente in serbatoi e pompati attraverso la cella elettrochimica che converte l'energia chimica direttamente in energia elettrica e viceversa. Layout flessibile (Potenza e Capacità sono completamente svincolate con serbatoi e cella). Buon rendimento di roundtrip (60-85%). **Costi per unità di energia potenzialmente bassi.** **Maturità tecnologica ancora insufficiente.**



Accumuli elettrici – market ready?

Classificazione secondo la tecnologia di accumulo:

Accumulo in forma **meccanica** (pompaggio idroelettrico, volani, aria compressa, LAES, LOES ...)

Accumulo **elettrochimico** (batterie al piombo, al litio, al sodio, a flusso ...)

Accumulo in forma **elettrica** (magneti, supercondensatori)

Accumulo in forma **chimica** (power-to-X-to-power, idrogeno, e-fuel ...)

Accumulo in forma **termica** (power-to-heat-to-power)

Accumuli elettrici – market ready?

Classificazione secondo la tecnologia di accumulo:

Accumulo in forma **meccanica** (pompaggio idroelettrico, volani)

Accumulo **elettrochimico** (batterie al piombo, al litio, al sodio, a

Accumulo in forma **elettrica** (magneti, supercondensatori)

Accumulo in forma **chimica** (power-to-X-to-power, idrogeno, C

Accumulo in forma **termica** (power-to-heat-to-power)

STUDIO SULLE TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO
PER LO STOCCAGGIO DI ENERGIA ELETTRICA

Adempimento della Delibera 247/2023/R/EEL

Terna

... Pertanto, ad oggi, le uniche tecnologie ad alta maturità tecnologica e commerciale sono le batterie agli ioni di litio e i pompaggi idroelettrici. Entrambe le tecnologie possono offrire i servizi necessari per integrare le rinnovabili e per gestire il sistema elettrico in maniera efficiente.

Accumuli elettrici – market ready e adatti (oggi) a una CER ?

Classificazione secondo la tecnologia di accumulo:

Accumulo in forma **meccanica** (pompaggio idroelettrico, volani, aria compressa, LAES, LOES ...)

Nota: il pompaggio idroelettrico è tecnologicamente molto maturo, ma soffre la scalatura sulle piccole taglie necessarie per una CER.

Accumulo **elettrochimico** (batterie al piombo, al litio, al sodio, a flusso ...)

Accumulo in forma **elettrica** (magneti, supercondensatori)

Accumulo in forma **chimica** (power-to-X-to-power, idrogeno, e-fuel ...)

Accumulo in forma **termica** (power-to-heat-to-power)

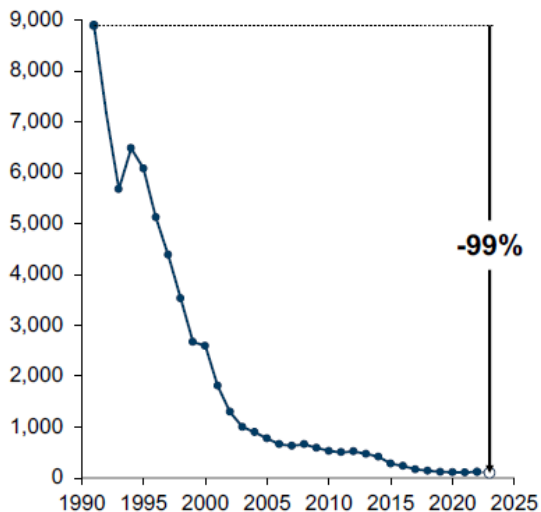


Perché (ad oggi) praticamente solo litio?

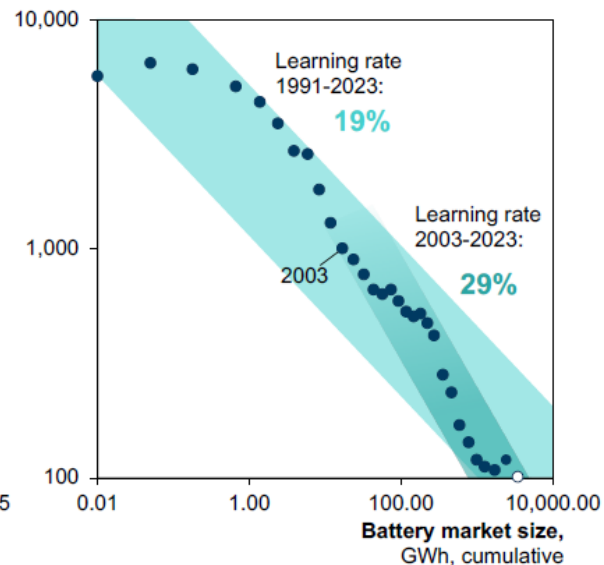
Unica tecnologia che ha raggiunto sufficienti prestazioni ed economie di scala, anche grazie alla penetrazione progressiva **in più settori** (*domino effect*). **Grandi investimenti in ricerca** su processi produttivi e nuove chimiche a base litio, ma non solo. Attenzione al Sodio (Na-ion), già sul mercato e con promettente potenziale di riduzione costi.

Figure 3: Lithium-ion battery prices, \$/kWh (left), \$/kWh log scale (right)

Battery cost decline

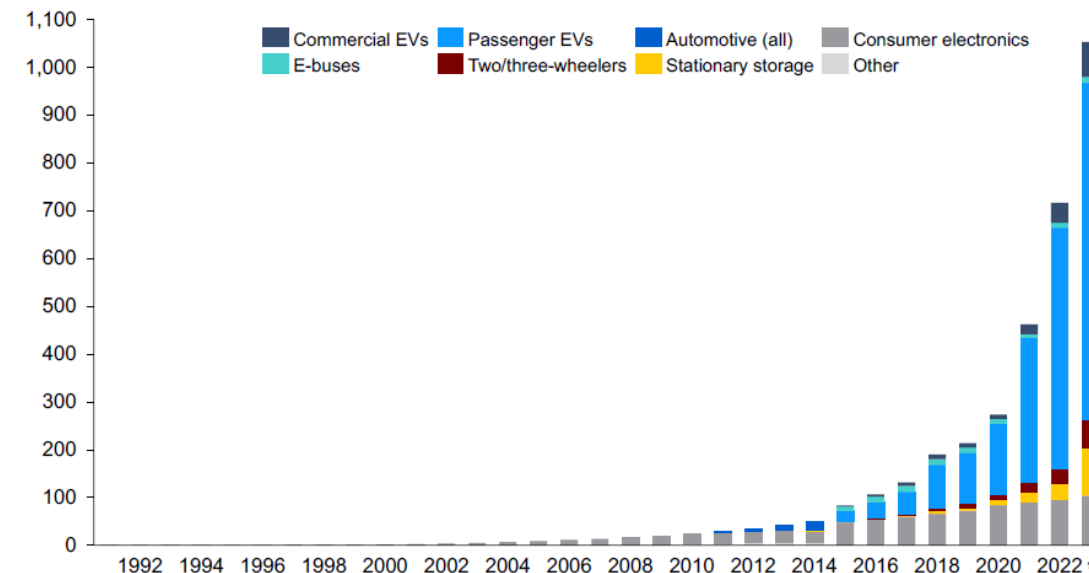


Battery cost versus market size, log-log scale



Source: Ziegler and Trancik (2021)⁸ for 1991-2014, BNEF Lithium-Ion Battery Price Survey (2023)⁹ for 2015-2023, RMI analysis

Figure 4: Battery demand by sector, GWh/y



Source: Ziegler and Trancik (2021),¹⁰ Placke et al. (2017)¹¹ for 1991-2014; BNEF Long-Term Electric Vehicle Outlook (2023)¹² for 2015-2022 and the latest outlook for 2023 (*) from the BNEF Lithium-Ion Battery Price Survey (2023).¹³



Batterie al litio, molte «ricette»

Most common battery plates' composition

Le diverse chimiche del litio permettono di ottenere «prestazioni» diverse soprattutto in termini di densità energetica (fondamentale ad es. per la mobilità) e potenze in carica-scarica.

Per gli accumuli stazionari queste caratteristiche sono meno importanti rispetto a : **vita utile, efficienza di roundtrip e soprattutto costi.**

Ad oggi le opzioni più economiche sono quelle di tipo LFP (Litio Ferro Fosfato)

Tecnologia catodica (polo positivo catodico durante la scarica)
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide "NMC" ($\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$)
Lithium Manganese Oxide "LMO" (LiMn_2O_4)
Lithium Iron Phosphate "LFP" (LiFePO_4)
Lithium Cobalt Oxide "LCO" (LiCoO_2)
Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide "NCA" (LiNiCoAlO_2)

Tecnologia anodica (polo negativo anodico durante la scarica)
Graphite
Lithium Titanate "LTO" ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)
Silicon/Carbon

The six three-letter acronyms define 6 battery types



Perchè CER e accumuli elettrici?

Il concetto di Comunità Energetica Rinnovabile nasce anche per **incrementare l'autoconsumo locale**, interno alla CER, di energia elettrica generata da rinnovabili nella stessa «area». Quindi senza gravare sul bilanciamento di più alto livello e sulla rete di trasmissione in AT.

Si parla essenzialmente di **rinnovabili non programmabili** (fotovoltaico, eolico) il cui profilo di generazione è **dipendente dalla fonte** (sole, vento) e **non può essere arbitrariamente pianificato**, come invece quello di una generazione termoelettrica tradizionale. Inoltre si tratta di **generazione distribuita** perché costituita da molti impianti di piccola taglia distribuiti sul territorio (a differenza dei pochi e grandi impianti tradizionali).

Si vogliono quindi **indurre** (con incentivi, TIP) **spostamenti del carico** verso i momenti di maggior generazione locale da rinnovabili. **Sincronizzare i consumi con la generazione** deve sempre essere **la prima strategia** da perseguire **nella gestione** di un qualunque **prosumer** (soggetto produttore e consumatore) e a maggior ragione di una **CER**.

I consumi interni di una CER possono essere spostati nel tempo fino ad un certo limite (fisico, economico, di accettabilità del servizio ecc.) e ci si può trovare di fronte, in alcune ore del giorno, a **quote di energia generata che non troverebbero un consumatore all'interno della CER**.



Perchè CER e accumuli elettrici?

L'energia in eccesso può essere comunque **ceduta alla rete**, realisticamente con un **ritorno economico basso** (i prezzi zonali orari nelle ore di eccesso rinnovabili stanno calando e caleranno sempre più all'aumentare dell'installato di fotovoltaico ed eolico). In un futuro neanche troppo lontano la rete potrebbe anche **non accettare tale cessione** a causa di un eccesso generalizzato di rinnovabili che ne metterebbe in crisi il bilanciamento (curtailment/overgeneration). Ricordiamo che il sistema elettrico deve essere sempre perfettamente bilanciato tra energia generata e consumata, pena il collasso del sistema stesso.

In questo contesto emerge l'opportunità, da valutare con attenzione, di inserire accumuli elettrici per **spostare nel tempo l'immissione** in rete di energia e/o **l'autoconsumo**.

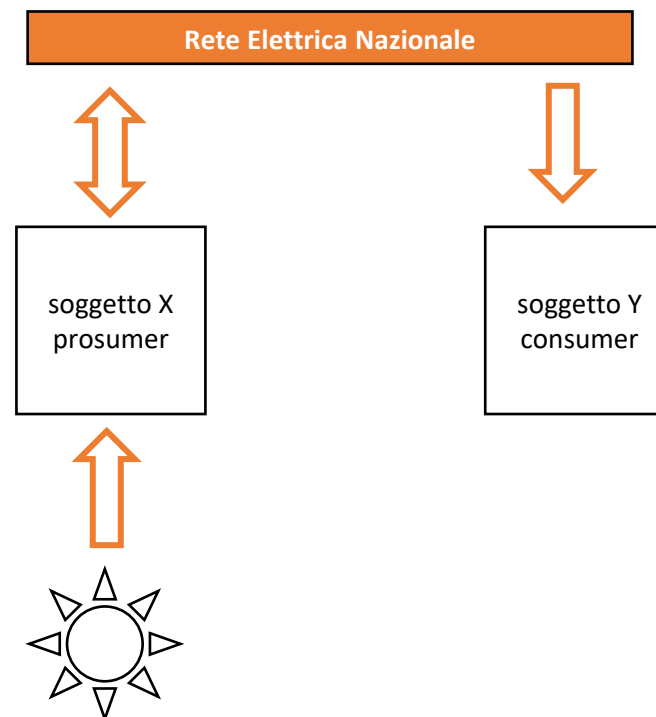
Attenzione: è il medesimo contesto che fronteggia un qualunque soggetto prosumer (producer + consumer) a prescindere dall'appartenenza o meno ad una CER.



Perchè CER e accumuli elettrici?

Prendiamo un generico caso con un **soggetto X prosumer** con un impianto fotovoltaico e un **soggetto Y consumer**, situati nella solita area convenzionale (area convenzionalmente considerata sottesa alla medesima cabina primaria AT-MT).

Mapa aree: <https://www.gse.it/servizi-per-te/autoconsumo/mappa-interattiva-delle-cabine-primarie>

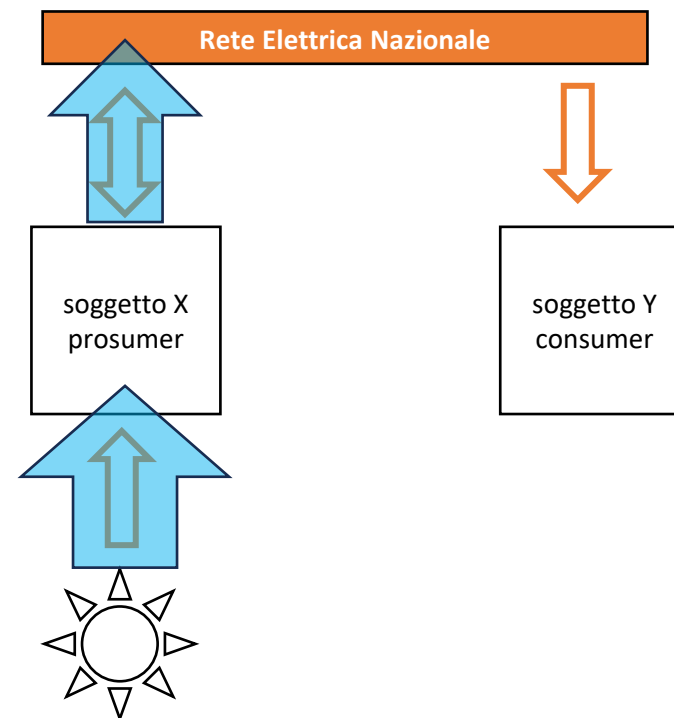




Perchè CER e accumuli elettrici?

Soggetto X ha una generazione da fotovoltaico in alcune ore eccedentaria rispetto ai suoi consumi, cosa può fare?

13:00

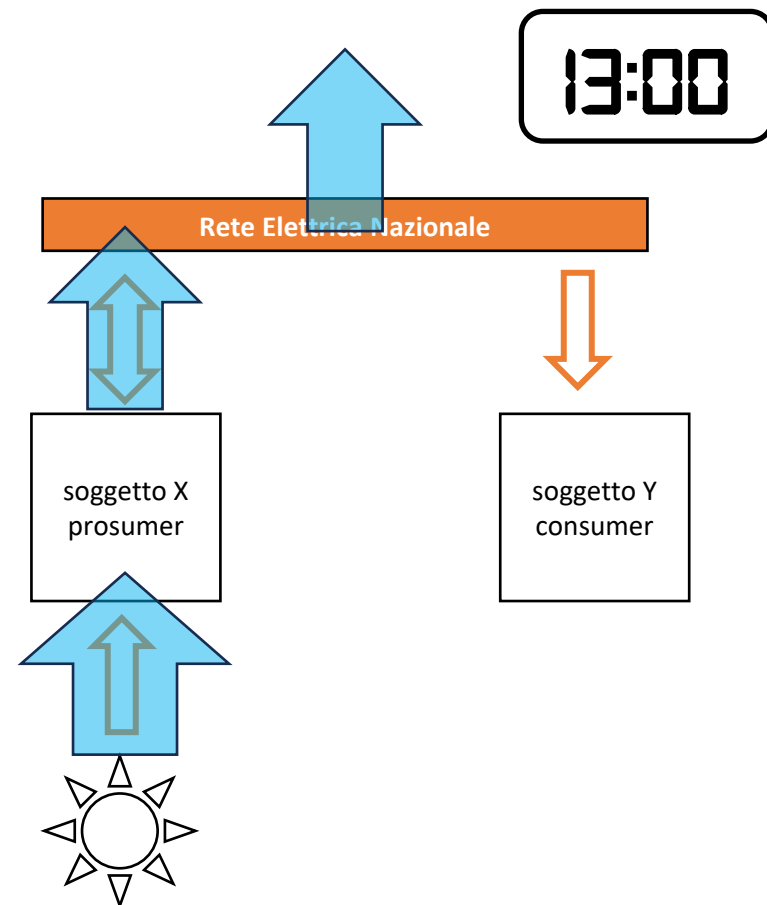




Perchè CER e accumuli elettrici?

Soggetto X ha una generazione da fotovoltaico in alcune ore eccedentaria rispetto ai suoi consumi, cosa può fare?

- Cederla alla rete (vendita, ritiro dedicato ...)

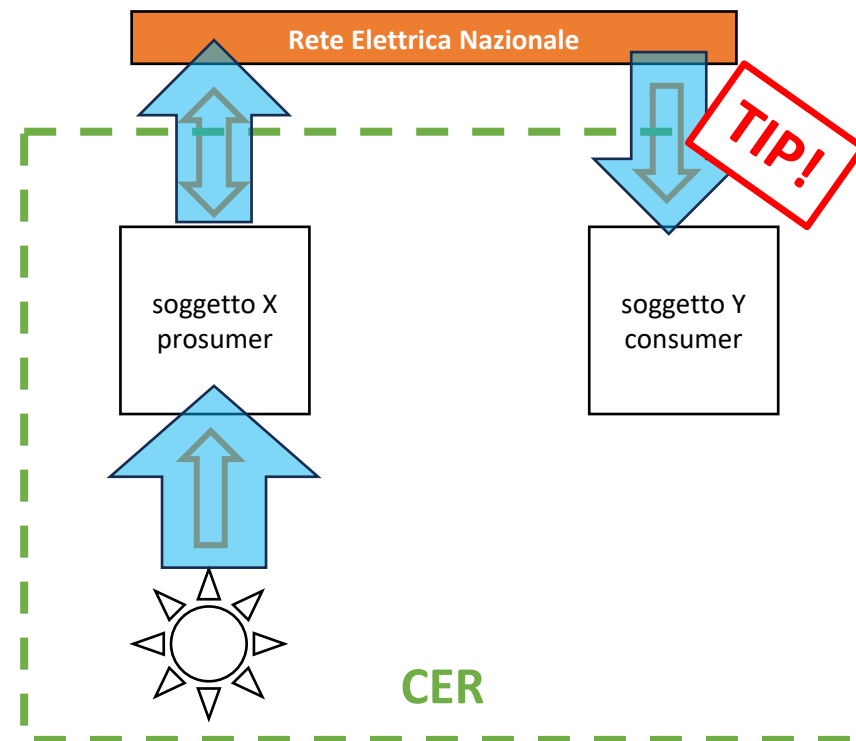


Perchè CER e accumuli elettrici?

13:00

Soggetto X ha una generazione da fotovoltaico in alcune ore eccedentaria rispetto ai suoi consumi, cosa può fare?

- ❑ Cederla alla rete (vendita, ritiro dedicato ...) e condividerla in una CER. Se **contemporaneamente** il soggetto Y la preleva -> **TIP**.



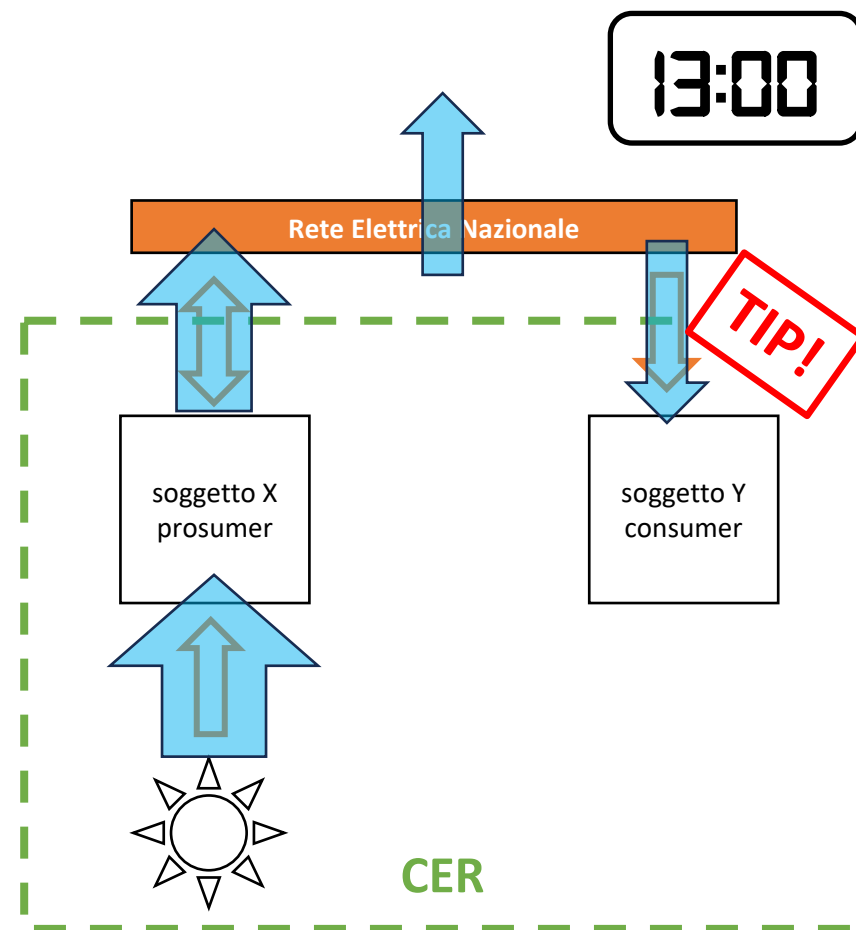


Perchè CER e accumuli elettrici?

Soggetto X ha una generazione da fotovoltaico in alcune ore eccedentaria rispetto ai suoi consumi, cosa può fare?

- Cederla alla rete (vendita, ritiro dedicato ...) e condividerla in una CER. Se **contemporaneamente** il soggetto Y la preleva -> TIP

Ma se c'è ancora dell'esubero?



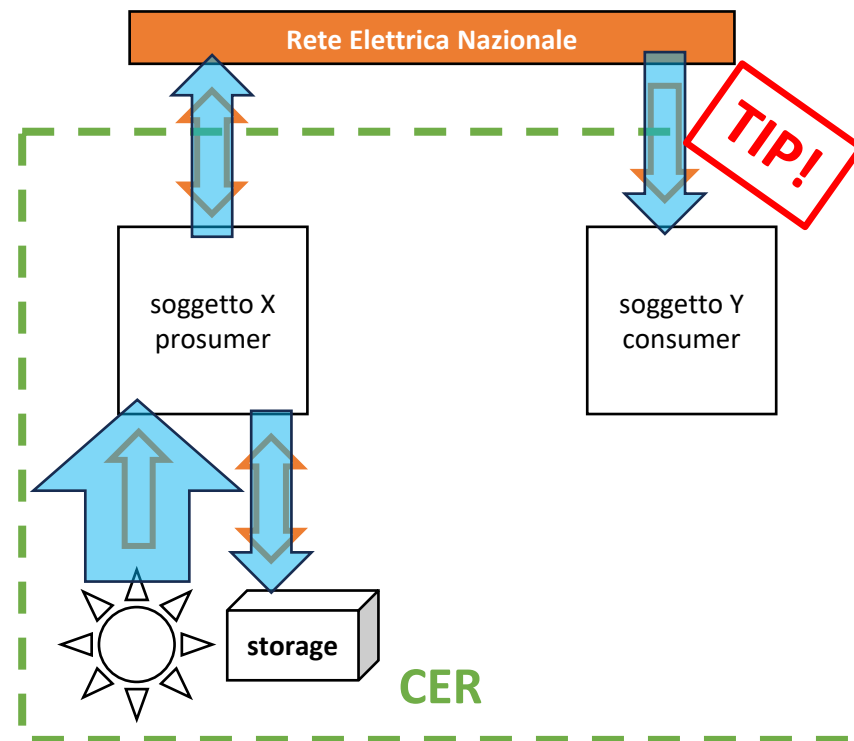
Perchè CER e accumuli elettrici?

13:00

Soggetto X ha una generazione da fotovoltaico in alcune ore eccedentaria rispetto ai suoi consumi, cosa può fare?

- ❑ Cederla alla rete (vendita, ritiro dedicato ...) e condividerla in una CER. Se **contemporaneamente** il soggetto Y la preleva -> TIP

Ma se c'è ancora dell'esubero? Ecco che può pensare di **accumularla in uno storage elettrico**.



Perchè CER e accumuli elettrici?

20:00

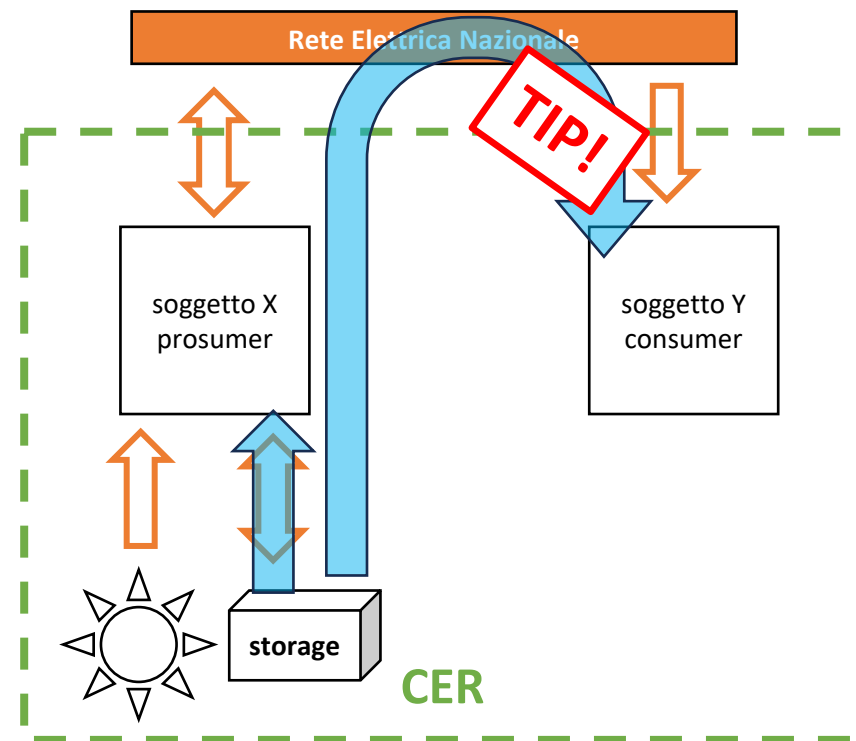
Soggetto X ha una generazione da fotovoltaico in alcune ore eccedentaria rispetto ai suoi consumi, cosa può fare?

- ❑ Cederla alla rete (vendita, ritiro dedicato ...) e condividerla in una CER. Se **contemporaneamente** il soggetto Y la preleva -> TIP

Ma se c'è ancora dell'esubero? Ecco che può pensare di **accumularla in uno storage elettrico**.

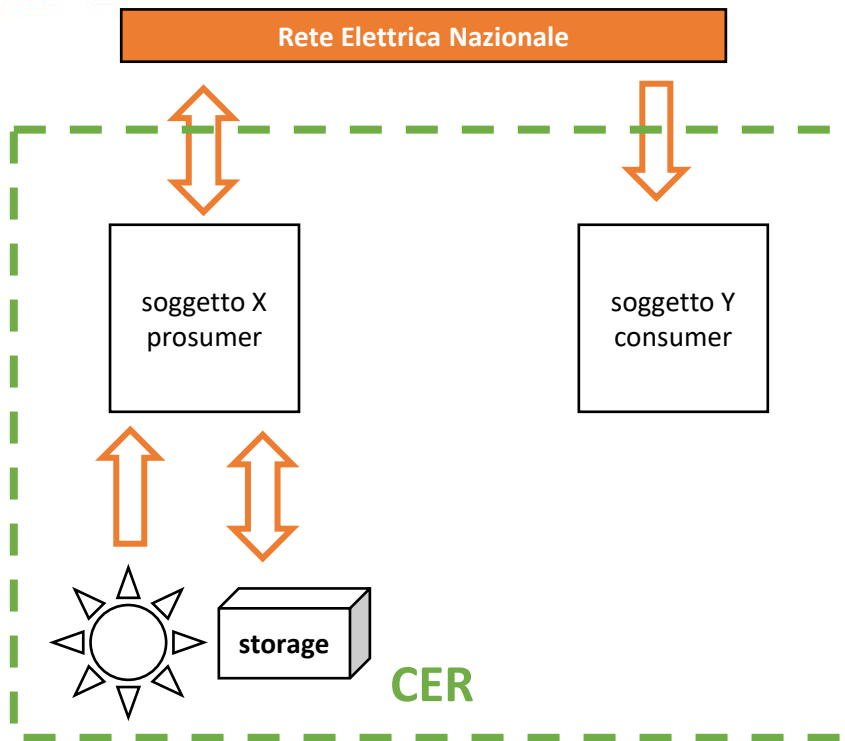
Questa energia accumulata potrà successivamente **autoconsumarla o condividerla nella CER** (con TIP).

La scelta tra queste due opzioni dipenderà da fattori economici (TIP è elevato, ma deve essere ripartito tra X e Y!)



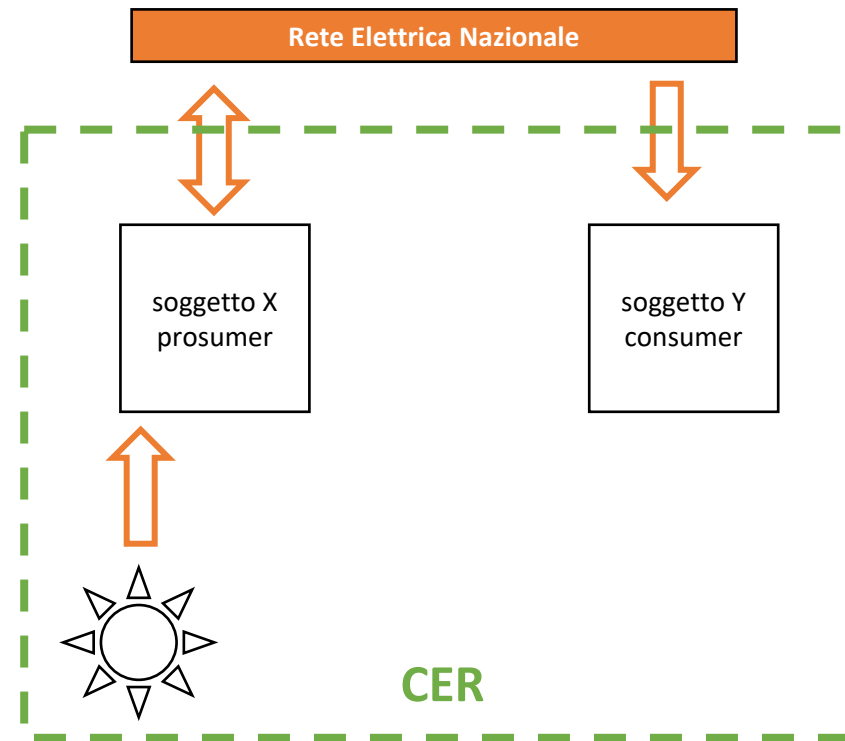
Perchè CER e accumuli elettrici?

Quale delle due configurazioni è conveniente per la CER ? Per X ? Per Y ?



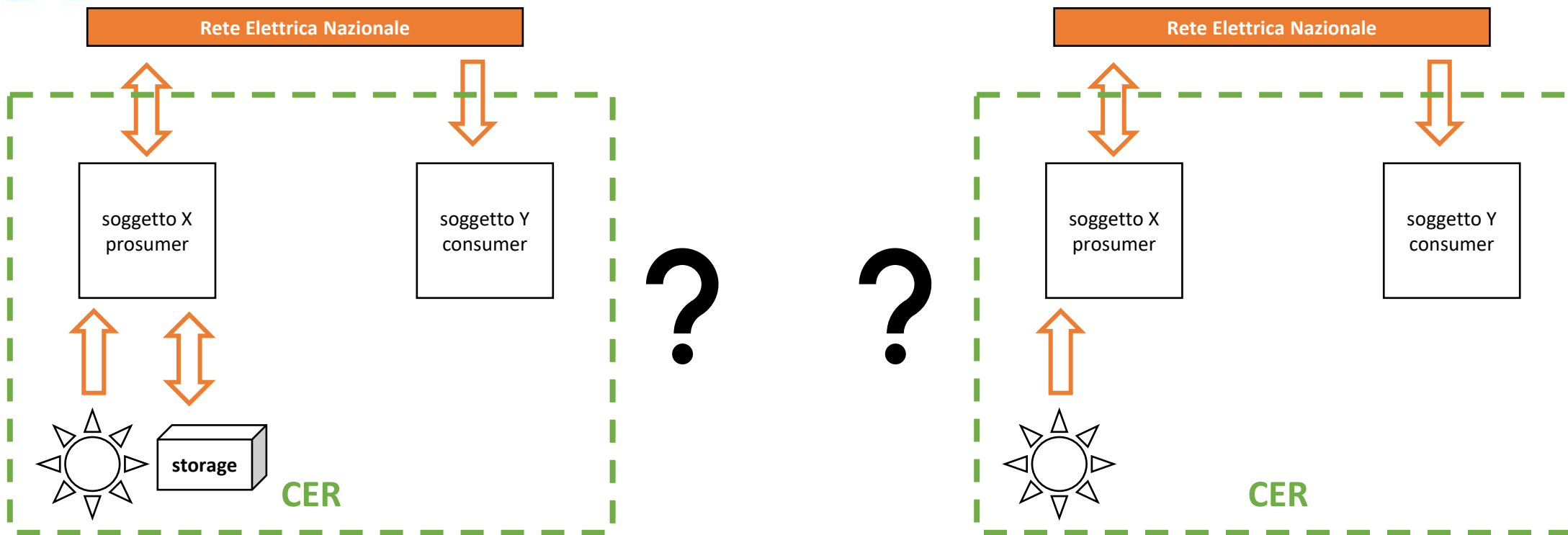
?

?



Perchè CER e accumuli elettrici?

Quale delle due configurazioni è conveniente per la CER ? Per X ? Per Y ?



To stor(ag)e, or not to stor(ag)e, that is the question



Perchè CER e accumuli elettrici?

Quale delle due configurazioni è conveniente **per la CER ? Per X ? Per Y ?**

Le risposte dipendono da molti fattori e possono anche non coincidere !

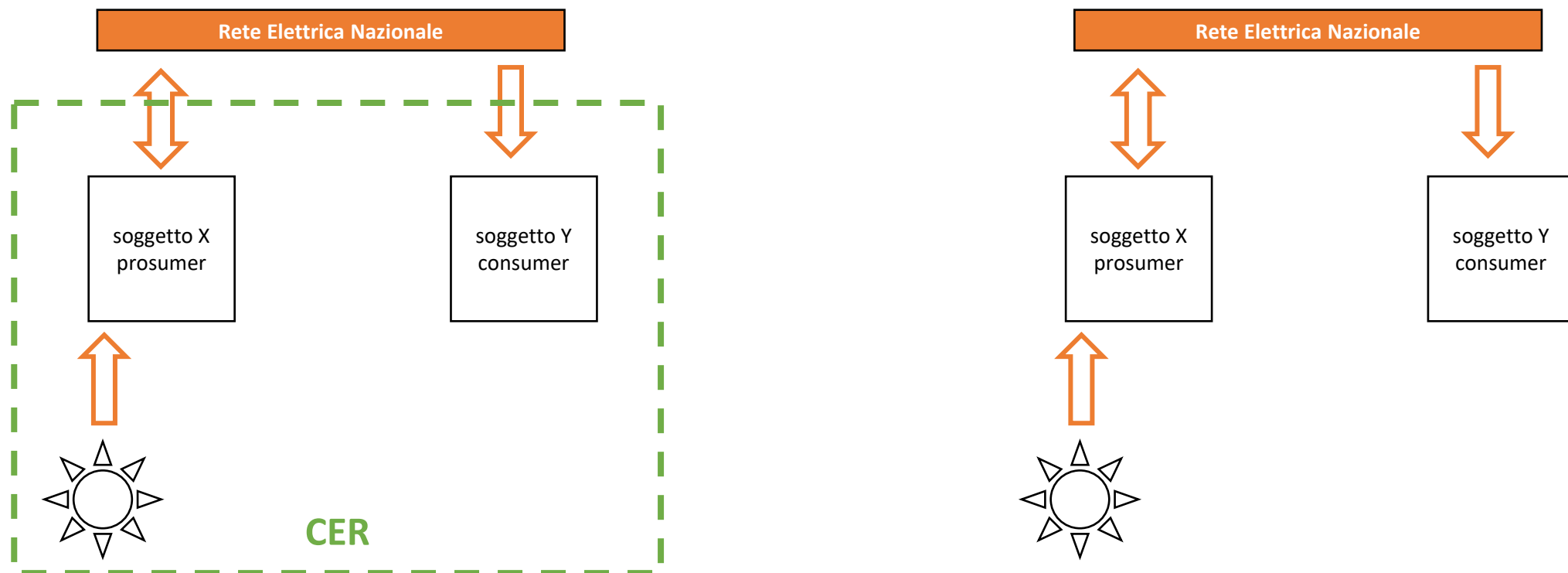
- Entità dell'investimento di X (o della CER?) per installare e gestire lo storage.
- Profili dei consumi di X e di Y.
- Contratti di fornitura (ben diverse le condizioni economiche di una piccola fornitura rispetto ad una media) ovvero il costo di acquisto energia (e il beneficio del mancato acquisto per autoconsumo sotto POD!).
- Prezzi zionali e soprattutto max differenziale di prezzo giornaliero.
- Ripartizione del TIP
- ...

To stor(ag)e, or not to stor(ag)e, that is the question



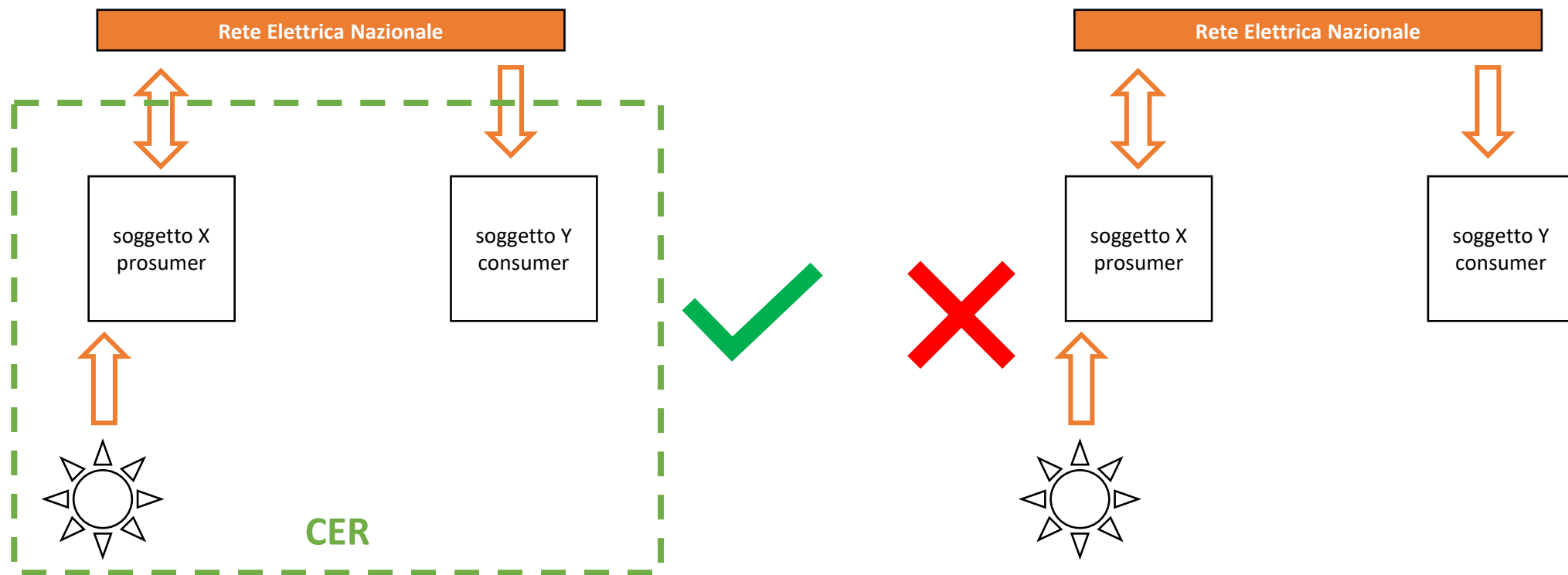
Perchè accumuli elettrici e CER?

Capito come una CER può beneficiare dalla presenza di accumuli, **cambiamo punto di vista**, invertiamo la domanda mettendoci nei panni di X.



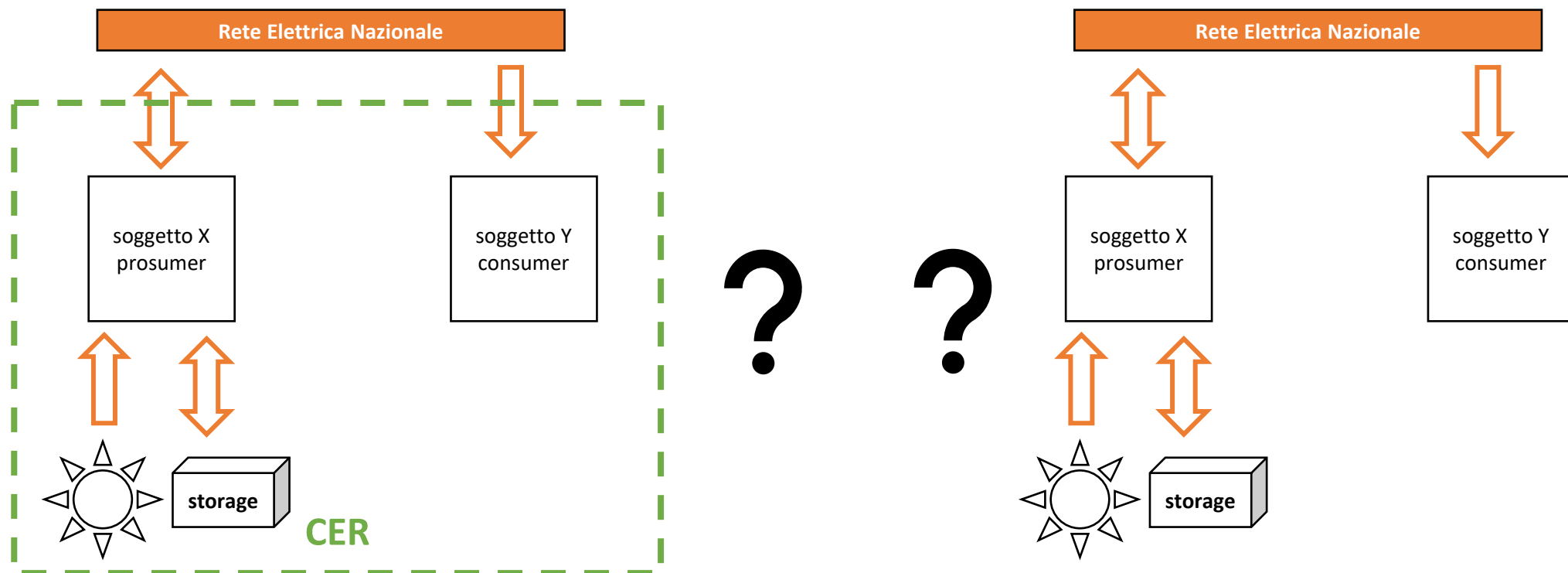
Perchè accumuli elettrici e CER?

Capito come una CER può beneficiare dalla presenza di accumuli, **cambiamo punto di vista**, invertiamo la domanda mettendoci nei panni di X. In **assenza di storage** è chiaro che l'opzione CER è di tipo **win-win per X e Y**.



Perchè accumuli elettrici e CER?

Capito come una CER può beneficiare dalla presenza di accumuli, **cambiamo punto di vista**, invertiamo la domanda mettendoci nei panni di X. In **presenza di storage l'opzione migliore per X non è più scontata**, ma dipenderà da :





Perchè accumuli elettrici e CER?

Capito come una CER può beneficiare dalla presenza di accumuli, **cambiamo punto di vista**, invertiamo la domanda mettendoci nei panni di X. In **presenza di storage l'opzione migliore per X non è più scontata**, ma dipenderà da :

- Entità dell'investimento di X per lo storage.
- Profili dei consumi di X (e di Y nel caso CER).
- Contratto di fornitura di X (ben diverse le condizioni economiche di una piccola fornitura rispetto ad una media) e quindi il costo di acquisto energia (e il beneficio del mancato acquisto!).
- Prezzi zonali e soprattutto max differenziale di prezzo giornaliero.
- Ripartizione del TIP (nel caso di CER).
- ...



Perchè accumuli elettrici e CER?

Capito come una CER può beneficiare dalla presenza di accumuli, **cambiamo punto di vista**, invertiamo la domanda mettendoci nei panni di X. In **presenza di storage l'opzione migliore per X non è più scontata**, ma dipenderà da :

- Entità dell'investimento di X per lo storage.
- Profili dei consumi di X (e di Y nel caso CER).
- Contratto di fornitura di X (ben diverse le condizioni economiche di una piccola fornitura rispetto ad una media) e quindi il costo di acquisto energia (e il beneficio del mancato acquisto!).
- Prezzi zonali e soprattutto max differenziale di prezzo giornaliero.
- Ripartizione del TIP (nel caso di CER).
- ...



To CER, or not to CER, that is the question





Normativa sulle CER e accumuli elettrici

Su questi temi le normative sono **recenti, talvolta sovrapposte e in continua evoluzione**. In **blu** le principali norme da consultare per approfondire il tema accumuli + CER.



Normativa sulle CER e accumuli elettrici

Su questi temi le normative sono **recenti, talvolta sovrapposte e in continua evoluzione**. In **blu** le principali norme da consultare per approfondire il tema accumuli + CER.

DM CACER (Configurazioni di Autoconsumo per la Condivisione dell'Energia Rinnovabile)
Decreto MASE 7 dicembre 2023, n. 414

TIAD (Testo Integrato Autoconsumo Diffuso)
Delibera ARERA 727/2022/R/eel Allegato A

Regole tecniche per l'accesso al servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia elettrica condivisa
4 aprile 2022 Gestore dei Servizi Energetici (GSE)

Regole Operative GSE (Decreto direttoriale MASE 23 febbraio 2024)
DECRETO CACER e TIAD - Regole operative per l'accesso al servizio per l'autoconsumo diffuso e al contributo PNRR

Regole tecniche per l'attuazione delle disposizioni relative all'integrazione di sistemi di accumulo di energia elettrica nel sistema elettrico nazionale
22 gennaio 2021 Gestore dei Servizi Energetici (GSE).
PREVISTO AGGIORNAMENTO !!!

Erogazione del servizio di trasmissione, distribuzione e dispacciamento per l'energia elettrica prelevata funzionale a consentire la successiva immissione in rete - Delibera ARERA 16 marzo 2021 109/2021/R/eel (testo coordinato con successive modifiche)

Regolazione tariffaria dei servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo 2024-2027
Delibera ARERA 27 dicembre 2023 616/2023/R/eel



Normativa sulle CER e accumuli elettrici

Su questi temi le normative sono **recenti, talvolta sovrapposte e in continua evoluzione**. In **blu** le principali norme da consultare per approfondire il tema accumuli + CER.

DM CACER (Configurazioni di Autoconsumo per la Condivisione dell'Energia Rinnovabile)
Decreto MASE 7 dicembre 2023, n. 414

TIAD (Testo Integrato Autoconsumo Diffuso)
Delibera ARERA 727/2022/R/eel Allegato A

Regole tecniche per l'accesso al servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia elettrica condivisa
4 aprile 2022 Gestore dei Servizi Energetici (GSE)

Nota: i commenti che seguiranno sono da intendere alla luce dell'attuale (giugno 2024) quadro normativo. Alcune incertezze/dubbi potranno essere risolti da successive modifiche normativo-regolatorie e/o interpretazioni da parte di tutti gli enti coinvolti.

l'accesso al servizio per
l'autoconsumo diffuso e al contributo PNRR

PREVISTO AGGIORNAMENTO !!!

Erogazione del servizio di trasmissione, distribuzione e dispacciamento per l'energia elettrica prelevata funzionale a consentire la successiva immissione in rete - Delibera ARERA 16 marzo 2021 109/2021/R/eel (testo coordinato con successive modifiche)

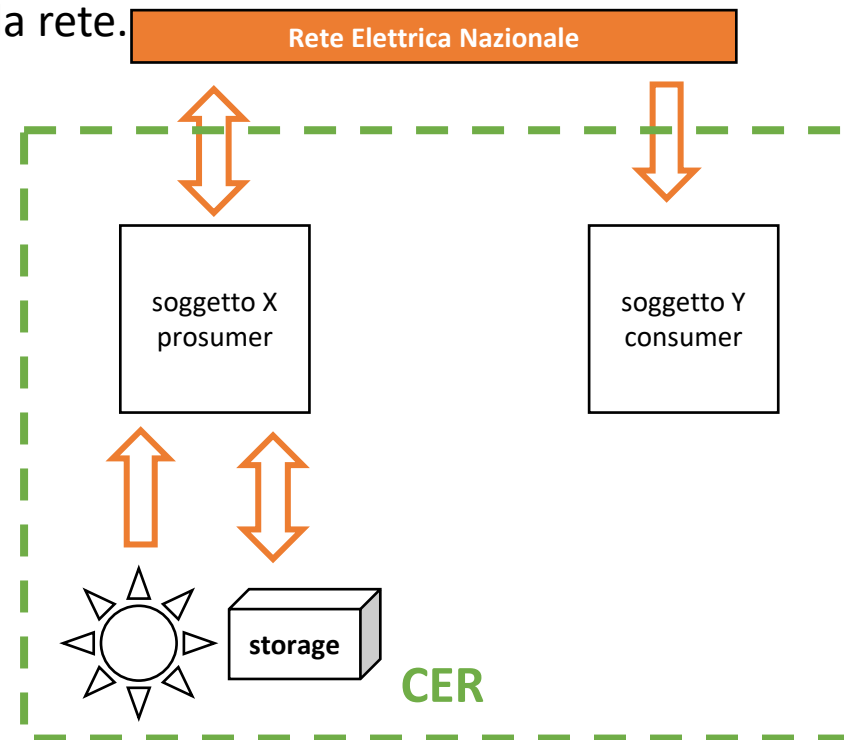
Regolazione tariffaria dei servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo 2024-2027
Delibera ARERA 27 dicembre 2023 616/2023/R/eel



Normativa sulle CER e accumuli elettrici

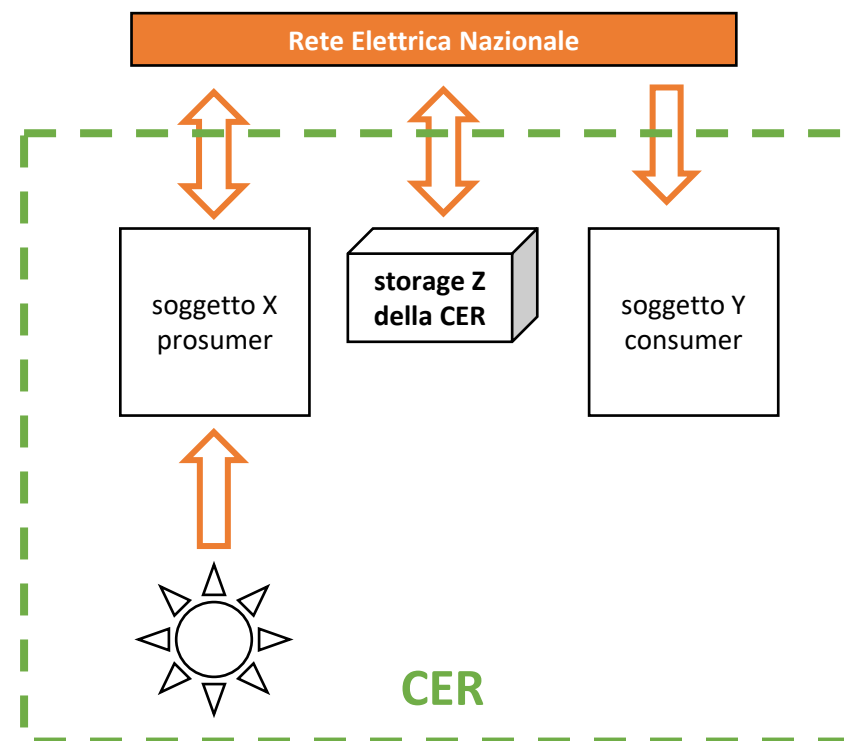
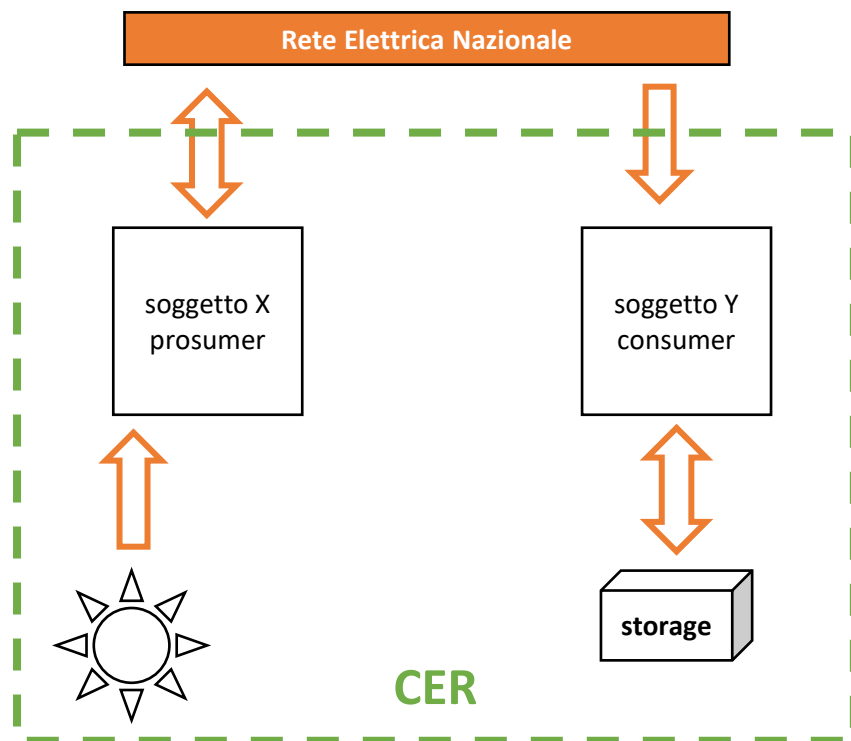
Qualche flash sulle normative: La configurazione con accumulo abbinato alla generazione da rinnovabili è espressamente prevista, in particolare nelle conf. 1-2-3 descritte del **Regolamento Accumuli GSE** del 2021. Riporta formule correttive nel caso in cui si carichi l'accumulo anche con energia da rete.

- ❑ Queste formule correttive servono per **escludere la quota di energia prelevata da rete e accumulata** dalla successiva condivisione incentivata (**NO TIP**). C'è qualche aspetto non del tutto chiaro, anche alla luce di definizioni ambigue in fonti regolatorie successive.
- ❑ Vengono definiti dei **fattori correttivi mensili** calcolati ex post che complicano non poco la ricerca di una gestione ottimale del sistema, dovendoli stimare ex ante.
- ❑ **Previsto un aggiornamento di questo regolamento.**



Normativa sulle CER e accumuli elettrici

Qualche flash sulle normative: si possono immaginare anche **altre configurazioni** che non vengono espressamente menzionate. Potrebbero essere interessanti sotto diversi aspetti, **tema da approfondire**.





Final remarks

Abbiamo più domande che risposte! Semplicemente perché **ogni singolo caso** applicativo ha bisogno di un'attenta **valutazione economico-gestionale** e perché dal punto di vista **normativo** occorrono alcuni **approfondimenti**.

- Gli accumuli elettrici hanno costi tendenzialmente in calo (fatti salvi eventi imprevedibili, geopolitici e commerciali). Ad oggi solo **Litio**, a breve probabilmente anche **Sodio**. Ben vengano **ricerche e sperimentazioni** di altre tecnologie di accumulo **anche nelle CER**, ma sempre consapevoli della ridotta maturità tecnologica.
- L'investimento dell'accumulo è comunque consistente per chi lo sostiene, nella ripartizione proventi CER deve essere tenuto presente.
- L'incentivo TIP è «generoso» e con prezzi dell'energia medio-bassi sposta la bilancia a vantaggio della CER anche nel caso con accumulo.
- I prezzi zonali e soprattutto i loro andamenti orari (differenziali di prezzo, delta min-max giornaliero) possono **cambiare** sostanzialmente **le gestioni e gli assetti** impiantistici economicamente ottimali.
- Nel caso di presenza dell'accumulo, **l'ottimo economico di un singolo può non coincidere con l'ottimo del gruppo** (punto molto delicato in una CER!) o addirittura con l'appartenenza stessa del singolo ad una CER.
- Incertezza nelle analisi dettata da incertezze nelle ipotesi (variabilità del mercato, ma non solo).



Accumulo dell'energia elettrica e CER

Ing. Gianluca Pasini

Università di Pisa – DESTEC

gianluca.pasini@unipi.it

27/06/2024



UNIVERSITÀ DI PISA

