



Costi di elettricità del sistema completo livellato

Roberto Idel ✉

Mostra di più ▾



Condividi



Citazione

<https://doi.org/10.1016/j.energia.2022.124905> ↗

[Ottieni diritti e contenuti](#) ↗

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>

Punti salienti

- I costi livellati dell'elettricità ignorano il costo dell'intermittenza delle energie rinnovabili.
- Includere lo stoccaggio per bilanciarli aumenta i costi delle energie rinnovabili variabili.
- I costi dell'elettricità livellati del sistema completo includono il costo di bilanciamento.
- Combinare eolico e solare con una risorsa solida riduce significativamente i costi.

Astratto

Diverse tecnologie di generazione di elettricità sono spesso confrontate utilizzando i costi livellati dell'elettricità (LCOE), che riassumono i diversi rapporti tra costi fissi e variabili in un'unica metrica di costo. Sono stati criticati per aver ignorato gli effetti dell'intermittenza e della non spedizione. Questo documento introduce i costi di elettricità del sistema completo livellato (LFSCOPE), una nuova metrica di valutazione dei costi che confronta i costi di servizio dell'intero mercato utilizzando una sola fonte più lo stoccaggio. Come LCOE, e a differenza di alternative come System LCOE, LFSCOPE condensa il costo per ogni tecnologia in un numero per mercato. Il documento calcola LFSCOPE per diverse tecnologie utilizzando i dati di due mercati diversi. Discute quindi alcuni perfezionamenti, tra cui la metrica LFSCOPE-95 che richiede a ciascuna tecnologia di fornire solo il 95% della domanda totale.

Introduzione

I costi a vita di un investimento sono misure chiave per il processo decisionale. Questo vale anche per le decisioni di investimento nei mercati dell'elettricità, dove la misura più popolare per confrontare le diverse tecnologie per la generazione di elettricità sono i costi livellati dell'elettricità (LCOE). Per calcolare l'LCOE, vengono calcolati la generazione prevista a vita di un impianto di produzione di elettricità e i costi previsti per generare l'elettricità a vita. Dopo aver diviso i costi totali per la generazione totale, si ricava il numero finale (di solito in USD/MWh). Le ipotesi di input come i costi di capacità, la manutenzione, i costi operativi marginali o il fattore di capacità medio, che è particolarmente rilevante per le fonti di elettricità rinnovabili, sono cruciali per il calcolo e variano a seconda dello studio.¹ Ad esempio, Lazard stima l'LCOE del carbone tra 66 e 152 USD/MWh e l'eolico onshore tra 28 e 54 USD/MWh, mentre gli Stati Uniti L'Energy Information Agency (EIA) deriva LCOE per il carbone di 76 USD/MWh e LCOE per l'eolico di 40 USD/MW [1], [2]. Molti studi recenti indicano che i LCOE sono i più bassi per l'eolico onshore e il solare su scala di utilità utilizzando celle fotovoltaiche (di seguito denominate "solare fotovoltaico" o "solare"), risultati spesso citati dai sostenitori di una rapida transizione verso l'elettricità rinnovabile. Tuttavia, se è la fonte più economica senza emettere CO₂, perché i paesi stanno ancora investendo molto in nuove centrali elettriche a gas e carbone? È solo perché la produzione di

carbone può impiegare più persone nelle regioni politicamente sensibili del paese, o ci sono ragioni finanziarie che non si riflettono nel LCOE?

Le critiche a LCOE non sono scarse. Joskow è uno dei primi a sottolineare che LCOE ignora i costi associati all'intermittenza [3]. È facile vedere il malinteso fondamentale in LCOE: il LCOE descrive i costi di generazione di elettricità. Tuttavia, la funzione di fornitura nei mercati dell'elettricità non è quella di generare elettricità, ma di fornire una quantità specifica di elettricità in un luogo specifico in un determinato momento. L'aspetto della localizzazione aggiunge costi aggiuntivi significativi alle energie rinnovabili che sono generalmente meno flessibili su dove possono essere localizzate rispetto alle piante a combustibili fossili. Di conseguenza, è necessaria una rete più grande per trasportare l'elettricità, ad esempio, dalle centrali idroelettriche alla domanda nelle aree urbane. Questi costi di trasmissione sono in parte presi in cura in alcune stime LCOE quando un sommatore di costi di trasmissione è incluso nel LCOE. Ma l'aspetto temporale risulta essere ancora più cruciale e il focus di questo documento. Molte energie rinnovabili (come l'eolico e il solare) sono intermittenti e non spedibili (di seguito denominati semplicemente "intermittenti" se non specificato ulteriormente), e alcune che non sono intermittenti (come run-of-river-hydro) spesso non sono completamente inviabili.² Finché la quota di generazione intermittente è bassa, di solito sarà disponibile una capacità di generazione sufficiente per intervenire e sostituire la produzione intermittente mancante. Economicamente, il fatto che la generazione intermittente non abbia l'obbligo di soddisfare la domanda può essere visto come un sussidio nascosto. Si può anche fare un ulteriore passo avanti e sostenere che la generazione intermittente ha valore zero se non può essere resa disponibile ai consumatori che richiedono un flusso di elettricità costante. Per farlo, tuttavia, l'offerta e la domanda sulla rete devono essere sempre in equilibrio. In effetti, la capacità di programmare altri generatori per mantenere continuamente tale equilibrio è necessaria per dare valore alla produzione rinnovabile. I generatori spedibili aumentano quindi il valore della produzione rinnovabile, ma il sussidio è "nascosto" perché quest'ultimo non deve pagarlo. Una volta che la quota di generazione intermittente aumenta a un certo livello (e la capacità di spedizione viene interrotta), devono essere compiuti sforzi per mantenere l'affidabilità del sistema. Ma chi dovrebbe essere responsabile di questi costi? Come può essere incluso il costo dell'integrazione delle energie rinnovabili nel sistema (che aumenta significativamente con la loro quota di mercato) nella valutazione del loro costo?

Ueckerdt et al. affrontano il costo dell'integrazione delle energie rinnovabili in una rete introducendo il "System LCOE" [4]. Il sistema LCOE di una sorgente intermittente è definito come la somma dei costi di generazione (marginali) (il LCOE) e dei costi di integrazione (marginali), in cui i costi di integrazione possono essere suddivisi in costi di bilanciamento, costi di griglia e costi di profilo - vedere la Sezione 2 per ulteriori informazioni su System LCOE. A differenza del LCOE convenzionale, il sistema LCOE delle fonti rinnovabili di elettricità dipende fortemente dalla loro quota di mercato. Se la quota di generazione eolica (o solare) aumenta, i costi di generazione (cioè il LCOE) rimangono costanti, mentre i costi di integrazione aumentano in modo significativo. Nel loro calcolo, il sistema LCOE per il vento in Germania aumenta da 60 EUR/MWh a quasi 100 EUR/MWh se la quota aumenta dallo 0% al 40%.

Il sistema LCOE sembra essere all'avanguardia e ragionevolmente accurato (vedi Reichenberg per un ulteriore perfezionamento), ma è apparentemente troppo complicato e "non accattivante" abbastanza per essere utilizzato da un pubblico non accademico [5].³ Tuttavia, c'è un'elevata necessità di una misura dei costi che includa i costi di intermittenza e sia accessibile a un pubblico più ampio. Da quando la transizione dalla produzione di elettricità verso fonti a zero emissioni di carbonio è diventata un argomento cruciale nei dibattiti pubblici e nella politica, l'LCOE è diventata la misura più popolare per valutare le decisioni di investimento e gli sviluppi del mercato nella produzione di elettricità. Poiché i politici e i responsabili politici non riescono a comprendere i limiti e i difetti di questa misura e a diffondere l'idea che il solare fotovoltaico e l'eolico siano le fonti di elettricità più economiche, c'è bisogno di una misura dei costi che affronti i limiti di LCOE ma rimanga accessibile a un pubblico più ampio essendo accattivante e diretto.

Questo documento introduce un nuovo metodo per valutare i costi dell'elettricità che è accattivante e include i costi dell'intermittenza: The Levelized Full System Costs of Electricity (LFSCOE). Gli LFSCOE sono definiti come i costi di fornitura di elettricità da una determinata tecnologia di generazione, supponendo che un particolare mercato debba essere fornito esclusivamente da questa fonte di elettricità più stoccaggio.⁴ Metodologicamente, i LFSCOE per le tecnologie intermittenti o di base sono l'estremo opposto dell'LCOE. Mentre questi ultimi presumono implicitamente che una rispettiva fonte non abbia l'obbligo di bilanciare il mercato e soddisfare la domanda (e quindi i modelli di domanda e l'intermittenza possono essere ignorati), LFSCOE presume che questa fonte abbia obblighi massimi di bilanciamento e fornitura. Questo documento

mostra che sia in Germania che nella regione dell'Electricity Reliability Council of Texas (ERCOT), la LFSCOE del fotovoltaico eolico e solare è superiore alla tecnologia di spedizione più costosa esaminata in questo documento.⁵ Simulando l'effetto della diminuzione dei costi di stoccaggio, osserviamo che sebbene l'LFSCOE per l'eolico e il solare diminuisce in modo significativo, anche una riduzione dei costi di stoccaggio del 90% è insufficiente per rendere il fotovoltaico eolico o solare competitivo su base LFSCOE.⁶ Consentendo perdite nel processo di ricarica e scarico, è interessante vedere la piccola entità degli effetti economici anche significativi perdite in un tale sistema. Infine, estendiamo l'LFSCOE a LFSCOE-95, che presuppongono che solo il 95% del sistema debba essere fornito da una determinata tecnologia più lo storage. Mentre gli LFSCOE-95 sono solo leggermente inferiori all'LFSCOE per le tecnologie di spedizione, sono inferiori di circa il 50% per le fonti intermittenti, il che sfida la sanità economica degli obiettivi rinnovabili intermittenti al 100%.⁷

Questo documento è strutturato come segue: la Sezione 2 introduce il metodo per il calcolo LFSCOE e si conclude con le valutazioni dei costi per i mercati in ERCOT/Texas e Germania. La sezione 3 esamina diversi cambiamenti nelle ipotesi del modello (come le perdite di stoccaggio), segue con un'analisi delle diminuzioni significative dei costi di stoccaggio e conclude con l'introduzione dell'LFSCOE-95. La sezione 4 discute le potenziali estensioni del modello e conclude.

Per quanto ne so, la misura dei costi e la metodologia di valutazione introdotta in questo documento sono nuove. Tuttavia, sono stati condotti studi che affrontano il costo delle energie rinnovabili intermittenti o delle tecnologie di carico di base quando sono responsabili di soddisfare la domanda del mercato. Becker et al. esaminano i requisiti di un sistema completamente rinnovabile negli Stati Uniti, mentre Hartley quelli di un mercato solo eolico in Texas [8], [9]. Denholm combina le energie rinnovabili e il nucleare con lo stoccaggio [10]. Per il mercato in Germania, Sinn discute le sfide economiche sottolineando i grandi requisiti di riduzione e stoccaggio in un mercato eolico e solare in Germania (utilizzando lo stoccaggio esistente in Norvegia), mentre Zerrahn et al. concludono che lo stoccaggio elettrico preferirebbe non limitare la transizione alle energie rinnovabili [11], [12]. È importante notare che la motivazione di questo documento è quella di introdurre una nuova metodologia di calcolo dei costi e quindi utilizzare questa metodologia per esaminare alcuni controfatti rilevanti. Date le ipotesi di semplificazione, i numeri non dovrebbero essere visti come definitivi.

Frammenti di sezione

Costi di elettricità del sistema completo livellato

Questa sezione introduce innanzitutto il concetto di costi di energia elettrica del sistema completo livellato e confronta 5 tecnologie di spedizione (biomassa, carbone ultrasupercritico (USC), ciclo combinato di gas naturale (CC) e turbina a combustione (CT) e nucleare) con il vento, solare fotovoltaico su scala di utilità (chiamato "solare" d'ora in poi) e una combinazione ottimale di eolico e solare. ...

Controfattuale: impatto del calo dei costi di stoccaggio.

Utilizzando il modello iniziale come descritto sopra, LFSCO_E può essere determinato se i costi per lo stoccaggio diminuiscono in modo significativo.

La Fig. 3 supporta l'intuizione: le tecnologie che richiedono grandi impianti di stoccaggio (come l'eolico e il solare) beneficiano di una significativa diminuzione dei costi di stoccaggio, mentre l'effetto sull'LFSCO_E per le tecnologie spedibili (come il gas nucleare e naturale) è appena percettibile. Una riduzione dei costi della capacità di stoccaggio anche del 95% non renderebbe ancora l'LFSCO_E di eolico, solare o ...

Conclusione

L'intermittenza della generazione rende molto più difficile il confronto dei costi tra le diverse tecnologie di generazione. Pur essendo una buona misura per valutare il costo per generare elettricità, la misura dei costi più popolare, i costi livellati dell'elettricità, non include i costi associati al soddisfare la domanda e alla fornitura di elettricità utilizzabile. D'altra parte, i costi di elettricità livellati del sistema di Ueckerdt et al. includono il costo dell'integrazione e del bilanciamento, ma non sembrano ...

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>

Dichiarazione di contributo di paternità CRediT

Robert Idel: Studio concezione e progettazione, raccolta dati, analisi e interpretazione dei risultati, preparazione del manoscritto. ...

Ringraziamenti

Sono grato a due revisori anonimi per i loro utili commenti. I ringraziamenti vanno anche a Peter Hartley, Olivera Jankovska, Kenneth Medlock, Kelly Neill e ai partecipanti alla conferenza OSWEET nell'ottobre 2020 per discussioni e commenti approfonditi. Tutti gli errori e le omissioni sono di mia responsabilità. ...

Dichiarazione di interesse concorrente

Gli autori dichiarano di non avere interessi finanziari concorrenti noti o relazioni personali che potrebbero essere sembrati influenzare il lavoro riportato in questo documento. ...

Articoli consigliati

Riferimenti (19)

UeckerdtF. *et al.*

[Sistema LCOE: Quali sono i costi delle energie rinnovabili variabili?](#)

Energia (2013)

ReichenbergL. *et al.*

[Il sistema marginale LCOE di energie rinnovabili variabili che valuta alti livelli di penetrazione dell'eolico e del solare in Europa](#)

Energia (2018)

JenkinsJ.D. *et al.*

[Arrivare a zero emissioni di carbonio nel settore dell'energia elettrica](#)

Joule (2018)

BeckerS. *et al.*

[Caratteristiche di un sistema elettrico statunitense completamente rinnovabile: mix ottimizzati di fotovoltaico e solare ed estensioni della rete di trasmissione](#)

Energia (2014)

DenholmP. *et al.*

Decarbonizzare il settore elettrico: combinare l'energia rinnovabile e nucleare utilizzando l'accumulo termico

Politica energetica (2012)

SinnH.-W.

Volatilità del tamponamento: uno studio sui limiti della rivoluzione energetica tedesca

Eur Econ Rev (2017)

ZerrahnA. *et al.*

Sull'economia dello stoccaggio elettrico per fonti di energia rinnovabile variabili

Eur Econ Rev (2018)

SchmidtO. *et al.*

Proiezione del futuro costo livellato delle tecnologie di accumulo di elettricità

Joule (2019)

IbrahimH. *et al.*

Sistemi di accumulo di energia - Caratteristiche e confronti

Rinnova l'energia sostenibile Rev (2008)

Ci sono più riferimenti disponibili nella versione full text di questo articolo.

Citato da (16)

Valutazione tecno-economica e affidabilità di un sistema di energia solare fuori rete

2024, Energia applicata

[Mostra l'astratto](#) 

Contabilità dei costi e valutazione della competitività economica della