



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



CROSS-TEC

Analisi delle performance nelle CER: applicazione in un caso studio

*29/05/2025 – Obiettivo energia sostenibile: PAESC e CER al servizio
della Transizione Energetica – Meldola (FC)*

Samuele Branchetti – Laboratorio CROSS-TEC, Centro Ricerche ENEA Bologna



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



Laboratorio ENEA CROSS-TEC

Laboratorio CROSS-TEC c/o il Tecnopolo ENEA di Bologna, strutturato in quattro Unità:

- Tecnologie dell'interoperabilità: Reti di Imprese e Smart City
- Progettazione in ambito cad/cam e nuove tecniche di produzione
- Caratterizzazione di componenti energetici ed impieghi dell'ICT in campo energetico
- Applicazioni in campo HPC-Big Data di interesse dell'industria e della Pubblica Amministrazione

Il laboratorio è attivo sulle Comunità Energetiche in differenti ambiti:

- Definizione di standard di comunicazione, per lo scambio dei dati (protocolli, formati, ...)
- Identificazione e sviluppo tecnologie applicabili alle Comunità Energetiche (KPI, modelli, tool, ...)
- Realizzazione di progetti:
 - GECO (<https://www.gecocommunity.it>)
 - Self-USER (<https://www.selfuser.it>)
 - ECOSISTER (<https://ecosister.it>)
 - Ricerca di Sistema Elettrico (www.smartenergycommunity.it)

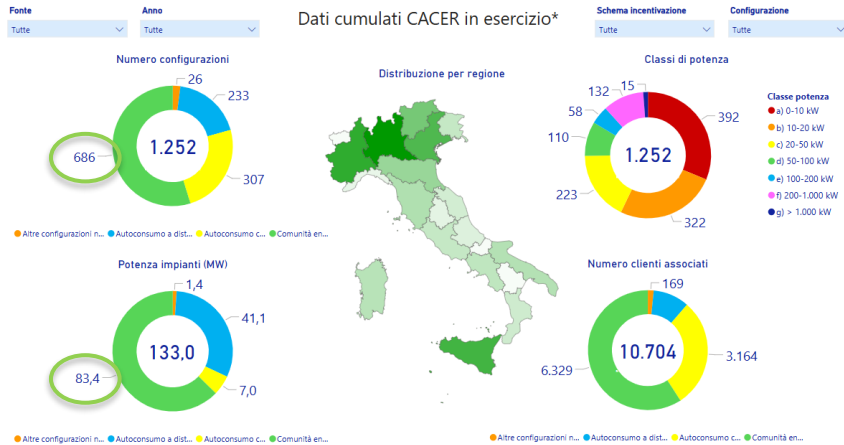
Outline

- Strumenti e dati utilizzati per le analisi
- Autoconsumo diretto ed energia condivisa
- Caso pilota di CER (Lignano Sabbiadoro)
- Comparazioni e sviluppi futuri

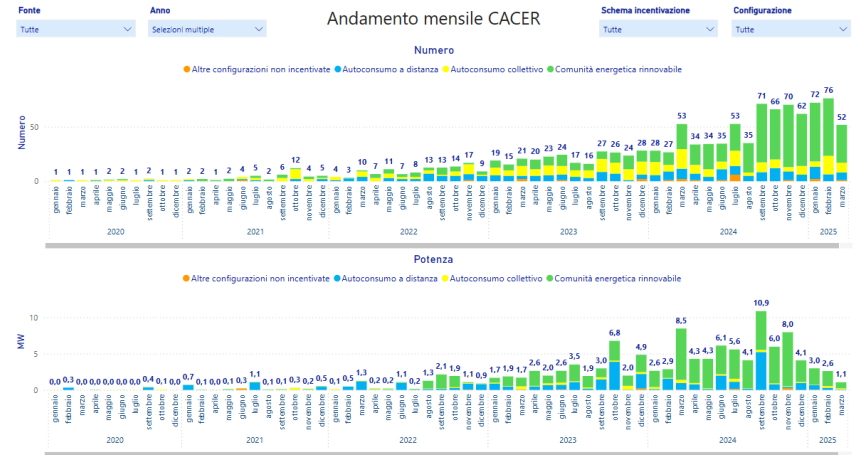
CER nel monitoraggio PNIEC

Piattaforma di monitoraggio del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima -> Incentivi e altre misure -> **Comunità energetiche**, autoconsumo collettivo e a distanza

<https://www.pniecmonitoraggio.it/Dimensioni/Rinnovabili/FER%20Elettriche/Pagine/Incentivi-e-altre-misure.aspx#CACER>



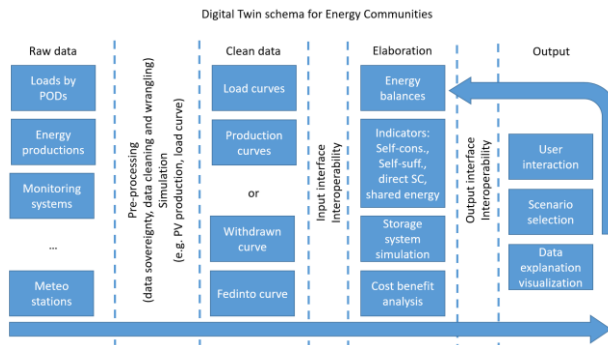
Dati al 30 aprile 2025
*Si considerano in esercizio gli impianti con contratto sia attivo sia in fase di finalizzazione. Le configurazioni localizzate su più Regioni e/o con più di una fonte sono distribuite sulle relative Regioni/fonti.



Dati al 30 aprile 2025

Lo strumento SIMUL per il digital twin delle CER

Rappresentazione digitale delle dinamiche energetiche della CER e delle possibili evoluzioni ne tempo, a partire da dati reali raccolti tramite sensoristica.



Gestione e ottimizzazione

- in tempo reale per simulare/analizzare configurazioni e relativi indicatori, anche in termini previsionali
- su dataset orari/quartorari acquisiti per simulare/analizzare possibili cambiamenti nella composizione della comunità

Studio e ricerca

- parametrizzazione degli indicatori di autoconsumo e autosufficienza energetica
- elaborazione ed analisi delle curve di carico e di produzione da fonte rinnovabile
- elettrificazione dei consumi e modifica dei profili di carico energetico

Sorgenti di dati energetici

Tipologie di dato:

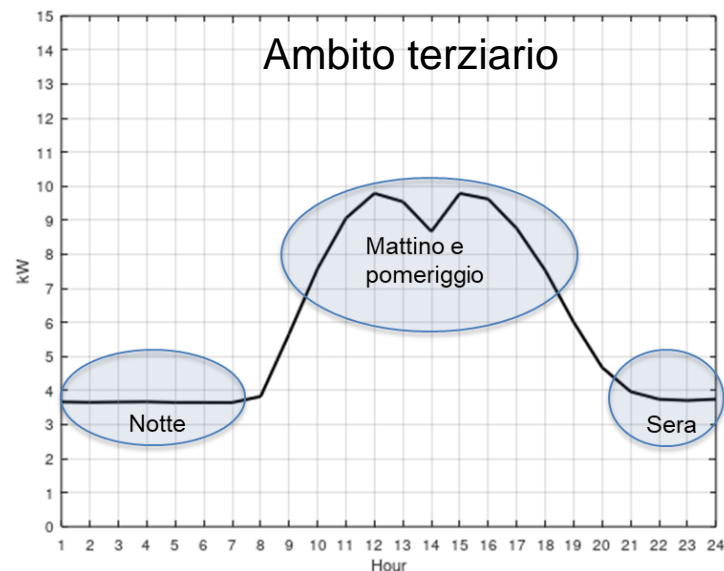
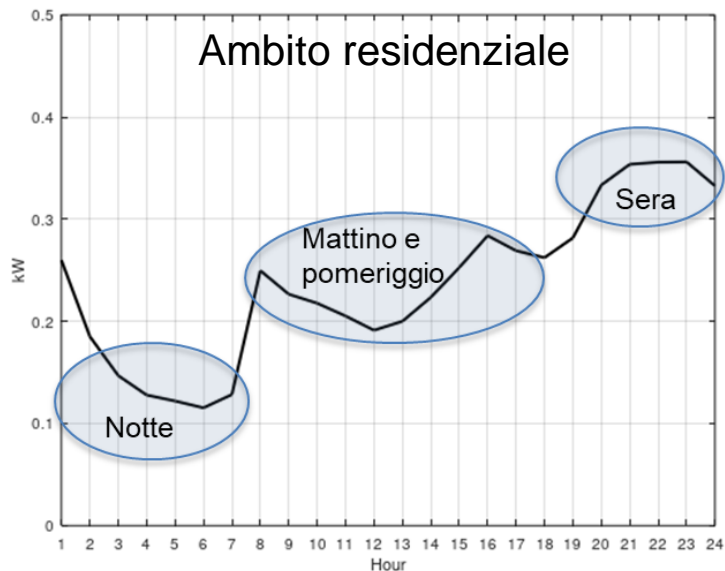
- profili di carico, profili di prelievo e di immissione in rete (orari e/o quartorari)
- profili di produzione (se disponibili)
- consumi mensili, e relative suddivisioni in fasce, da bolletta
- dati meteorologici, necessari ad esempio per stimare la produzione fotovoltaica oraria degli impianti fotovoltaici

Principali sorgenti:

- Portale dei Consumi (<https://www.consumienergia.it/portaleConsumi/>)
- distributori di energia (es. <https://www.e-distribuzione.it/>)
- sistemi di monitoraggio (es. dispositivo utente)
- stazioni meteorologiche (es. ARPA, CNR, ecc.)

Dati energetici in ambito residenziale e terziario

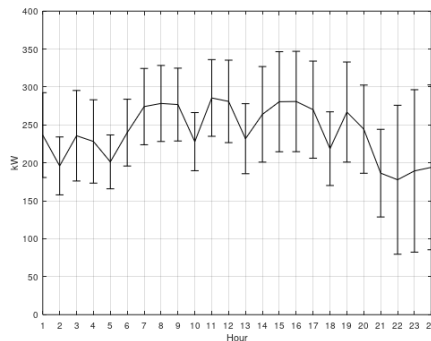
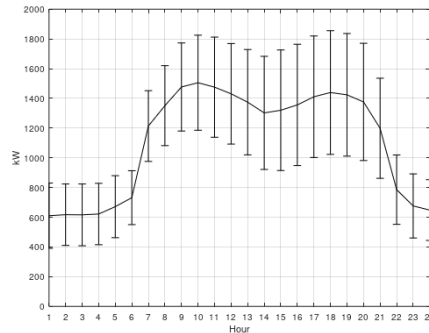
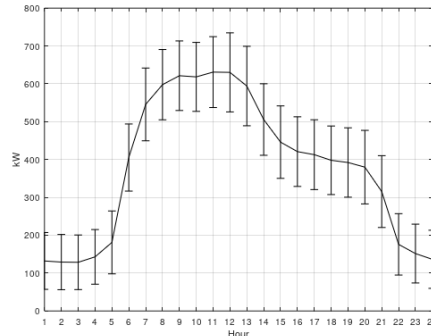
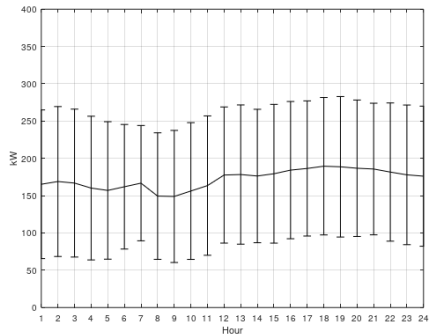
Profilo di carico orario medio giornaliero



Branchetti S., Petrovich C., Nigliaccio G., Paolucci F., *The Lockdown and Smart Working Effects on Electric Energy Consumption: the Analysis for a Group of Employees*, <https://doi.org/10.18280/ti-ijes.652-423>

Dati energetici in ambito industriale

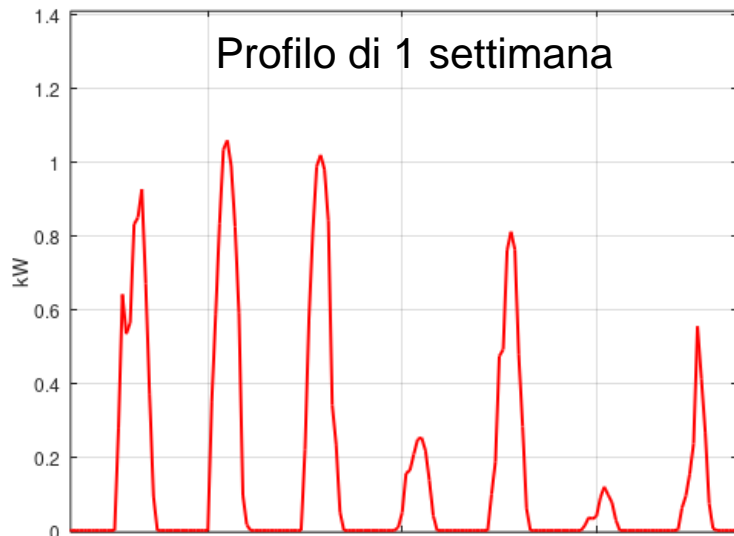
Profilo di carico orario medio delle giornate lavorative in azienda



In un contesto industriale il profilo di carico orario dipende dal tipo di lavorazione/attività svolta dalla singola azienda

Produzione di energia elettrica rinnovabile

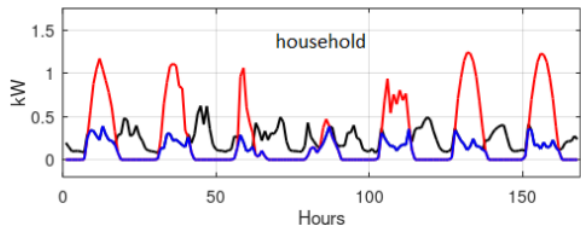
Nel caso di impianti fotovoltaici il profilo di produzione oraria media giornaliera segue le ore di luce e dipende dalle condizioni meteo:



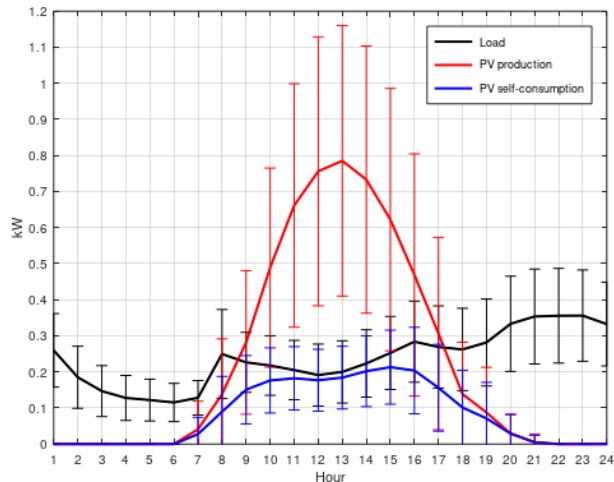
Autoconsumo diretto in ambito residenziale

L'autoconsumo diretto è la porzione di energia auto-prodotta e consumata direttamente

Profili orari medi giornalieri su un anno di dati in ambito residenziale



$$\min\{Load(t), P_{gen}(t)\}$$

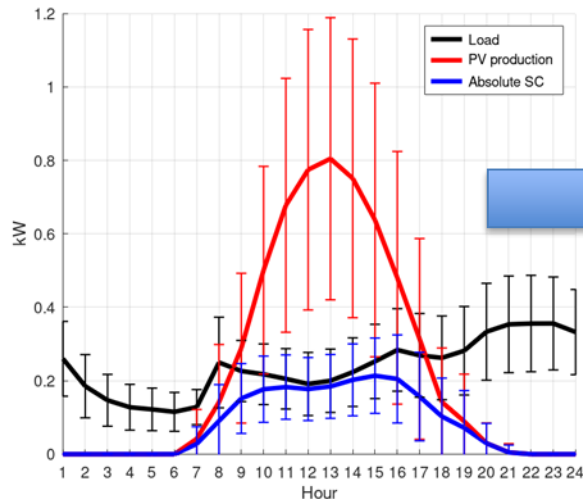


Solamente il 30-35 % della produzione fotovoltaica diventa autoconsumo diretto in un contesto residenziale, nel caso di produzione annuale complessiva pari al fabbisogno.

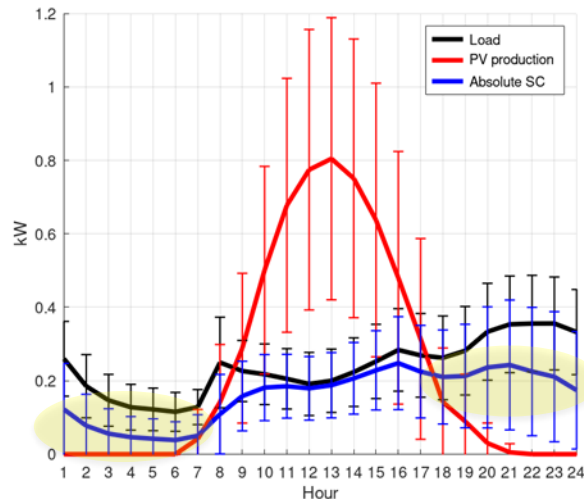
Autoconsumo diretto con accumulo elettrico

Profili orari medi giornalieri su un anno di dati in ambito residenziale

senza accumulo



con accumulo



Includendo sistemi di accumulo elettrico, l'autoconsumo diretto in un contesto residenziale può arrivare al 70% della produzione fotovoltaica, nel caso di produzione annuale complessiva pari al fabbisogno.

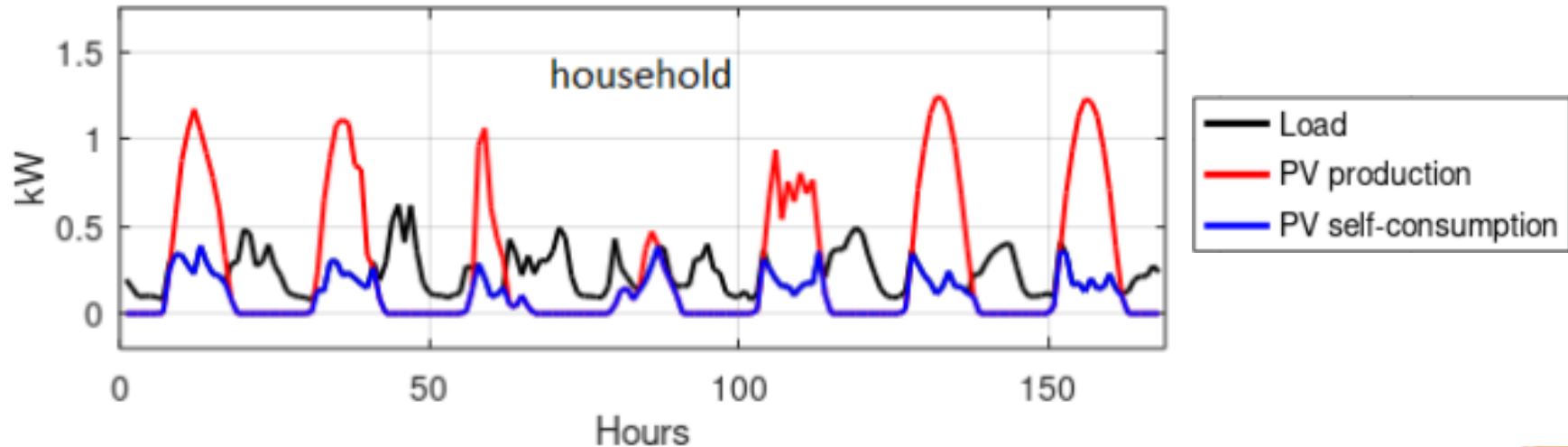
Branchetti S., Petrovich C., Naldi R., Paponetti I.M., Nigliaccio G., Paolucci F.

PV Self-Consumption and Self-Sufficiency for Household and Office Users: the Lockdown Effects During the COVID-19 Pandemic

<https://doi.org/10.18280/ijdsdp.170231>

Vantaggio economico nell'autoconsumo diretto

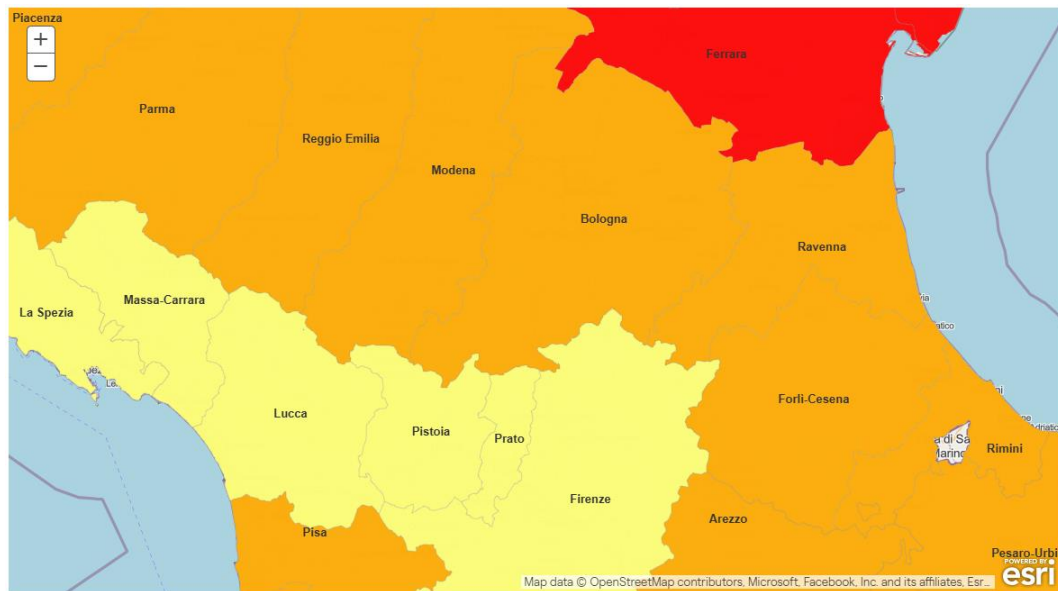
1. Riduzione del prelievo e quindi bolletta più leggera
2. Ritiro Dedicato/vendita a mercato dell'energia immessa in rete



Mappa sulla saturazione della rete

Mappa interattiva per scoprire il livello di saturazione della rete, i punti critici e le zone più idonee alla connessione (e-distribuzione):

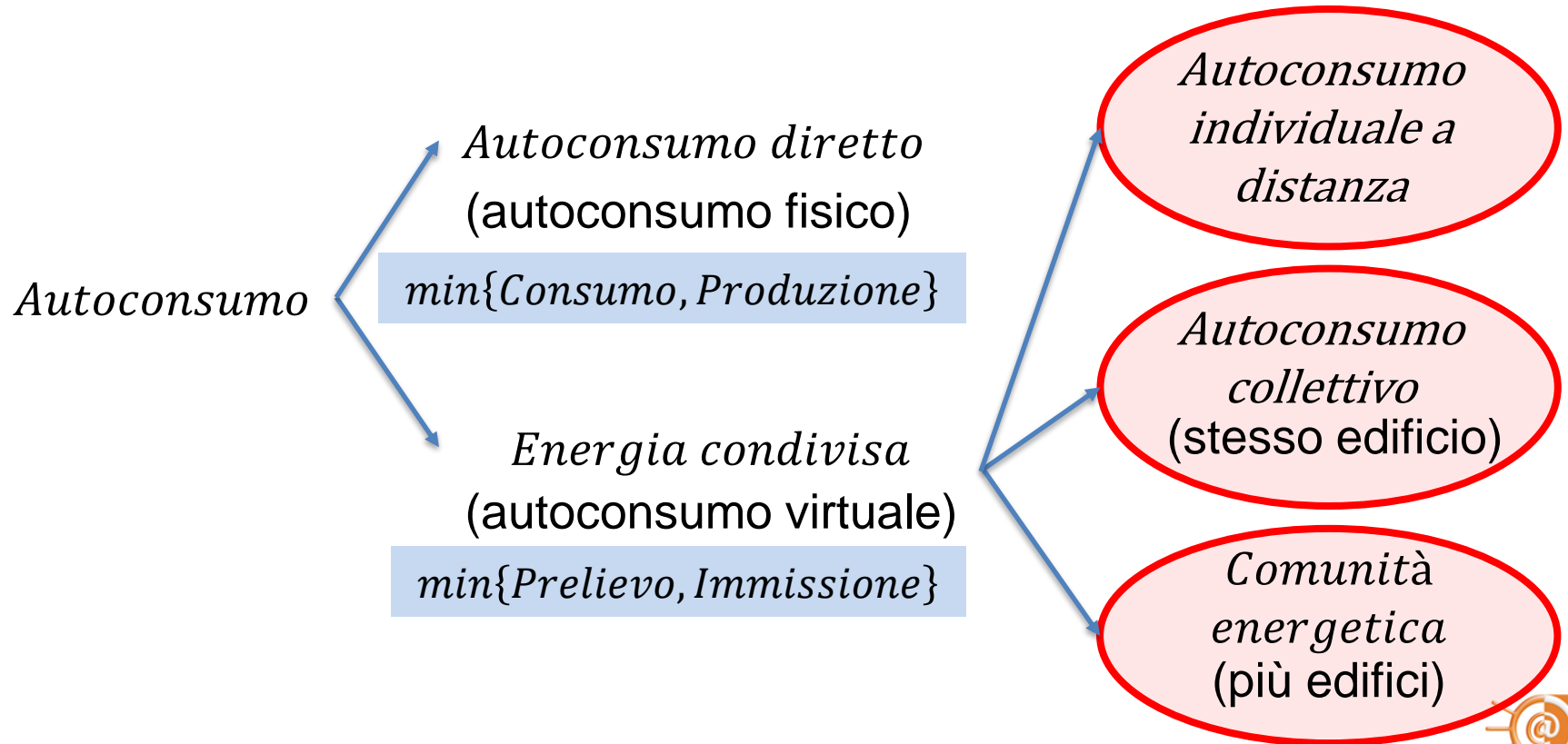
<https://www.e-distribuzione.it/a-chi-ci-rivolgiamo/produttori/aree-critiche.html?idMappa=f09ed9f7e46244d38a58551bfe2164a0>



Colore delle aree:

- **bianco** per rappresentare **bassissima criticità**
- **giallo** per indicare **bassa criticità**
- **arancione**, per evidenziare un'area con **media criticità**
- **rosso**, per includere le aree ad **alta criticità**

Autoconsumo per singoli utenti e per la comunità



Indicatori KPI per le CER

Indicatori per valutare le performance del sistema e relativa analisi parametrica

Self-Consumption = Autoconsumo diretto + Energia Condivisa

$$SC(t) = SCdir(t) + Shared Energy(t)$$

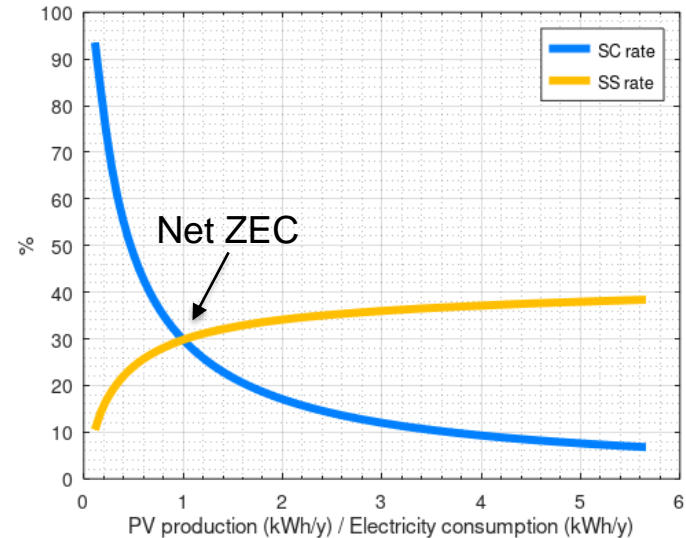
Rate di autoconsumo e di autosufficienza:

$$SelfConsumption\ rate = \frac{SC}{Produzione}$$

$$SelfSufficiency\ rate = \frac{SC}{Consumo}$$

Electrical Self-Production Rate: Produzione / Consumo:

$$ESP = \frac{Produzione}{Consumo}$$



Assessment of Renewable Energy Communities: A Comprehensive Review of Key Performance Indicators

L. Giannuzzo¹, F. D. Minuto¹, D. S. Schiera¹ D. S., S. Branchetti², C. Petrovich², A. Frascella², N. Gessa², A. Lanzini¹ (preprint)

¹Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica (DENERG)

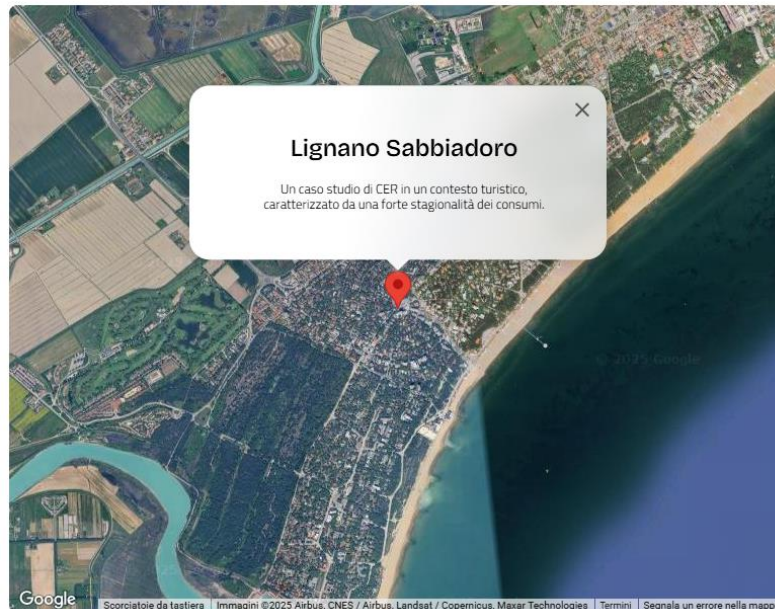
²ENEA - TERIN-ICER-CROSS

Caso di pilota di CER a Lignano Sabbiadoro

Tipologia di utenze	Quantità di utenze
Utenze solo consumer	61
Utenze producer (con impianto in cessione totale)	11
Utenze prosumer (con impianto in autoconsumo diretto)	16
Totale utenze	88

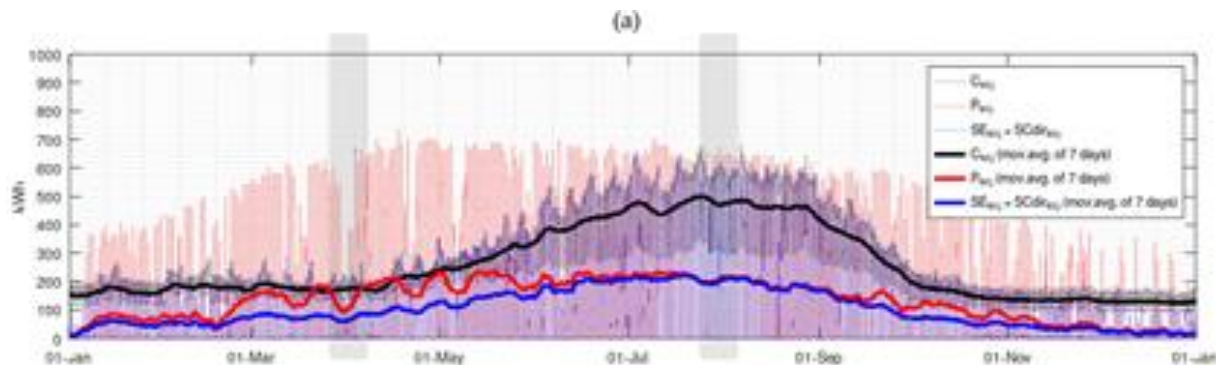
Categorie di utenze	Quantità di utenze
Abitazioni ad uso residenziale o turistico	29
Stabilimenti balneari	15
Hotel, bar, ristoranti	9
Servizi (Municipio, Vigili del Fuoco, Porto, Magazzini, Scuole..)	20
Altro (inclusi i producer)	15
Totale utenze	88

Totale potenza installata: 920 kWp di fotovoltaico

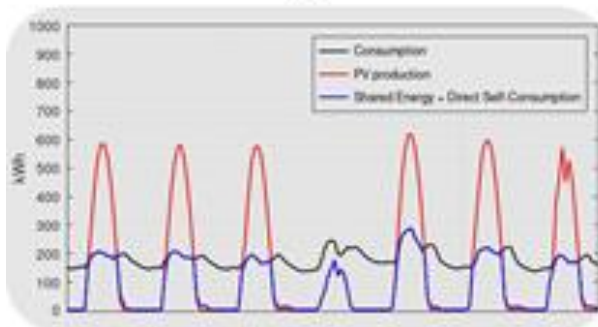


www.smartenergycommunity.it

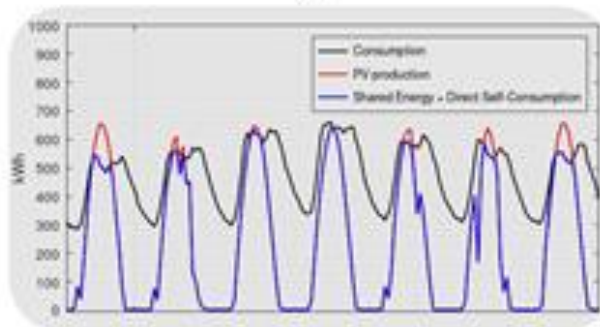
Stagionalità del consumo e della produzione



(b)

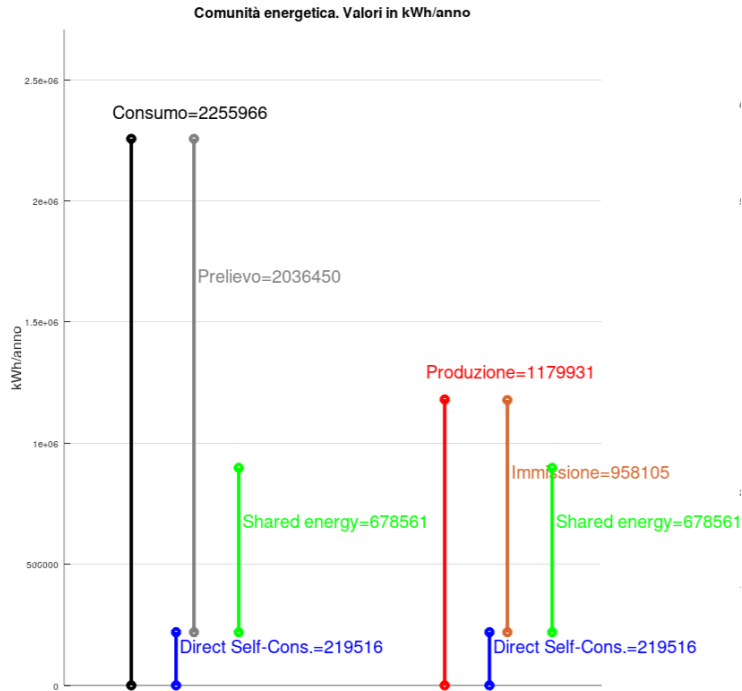


(c)



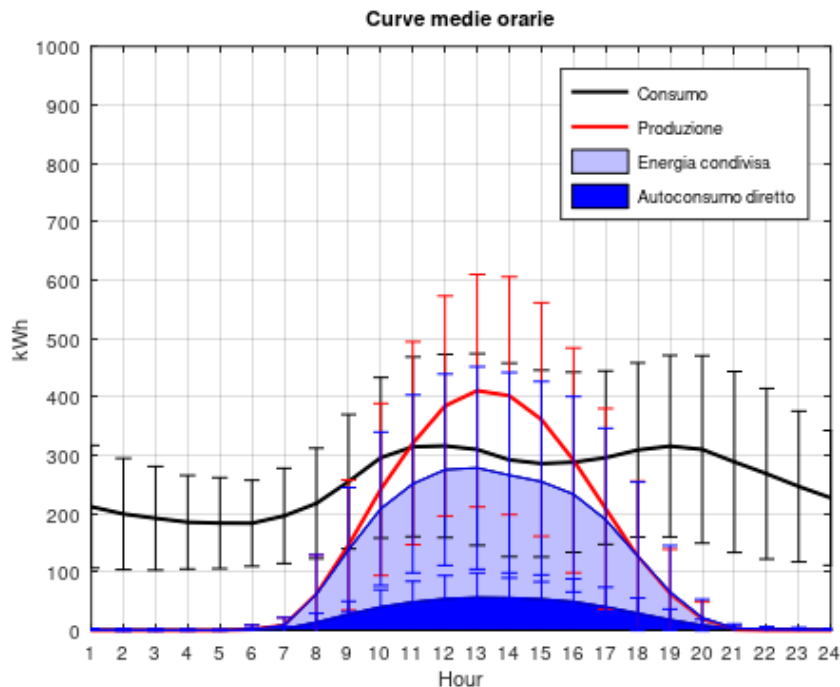
- (a) sull'intero anno
- (b) settimana di marzo
- (c) settimana di luglio

Risultati in sintesi



	kWh/anno
Consumo	2.255.966
	54% relativi a profili di consumo reali 46% relativi a profili di consumo simulati
Produzione	1.179.931
Autoconsumo diretto (SC_{dir_tot})	219.516
Energia condivisa (SE_{tot})	678.561
Autoconsumo totale (SC_{tot} = SC_{dir_tot} + SE_{tot})	898.077

Rate di autoconsumo e rate di autosufficienza



Rate di autoconsumo

$$SCR = \text{Autoconsumo totale} / \text{Produzione}$$

(Quota di energia elettrica prodotta e consumata localmente)

76 %

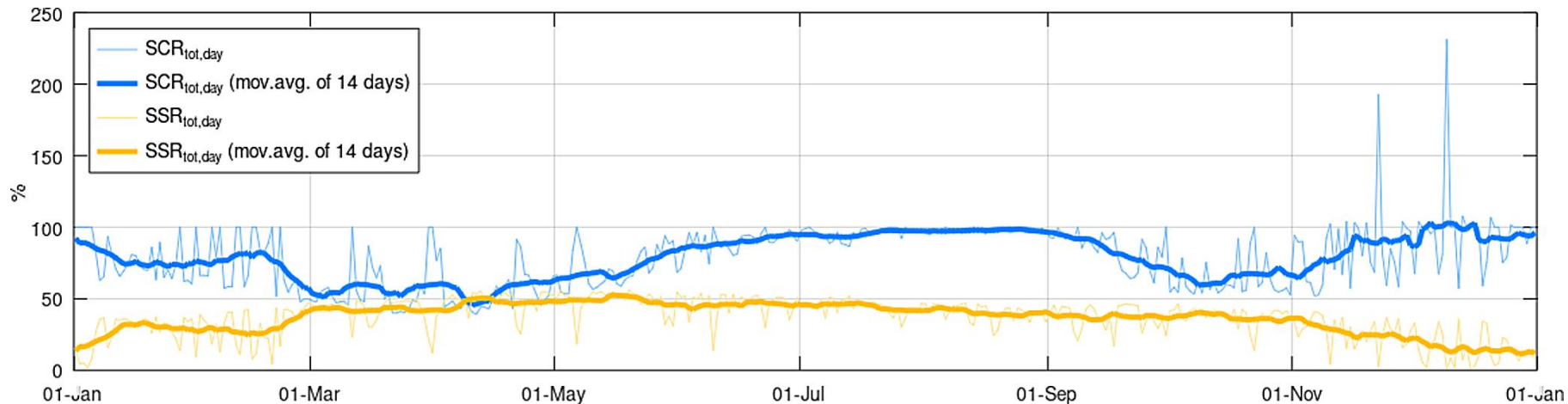
Rate di autosufficienza

$$SSR = \text{Autoconsumo totale} / \text{Consumo}$$

(Quota di consumo elettrico soddisfatto dalla produzione locale)

40 %

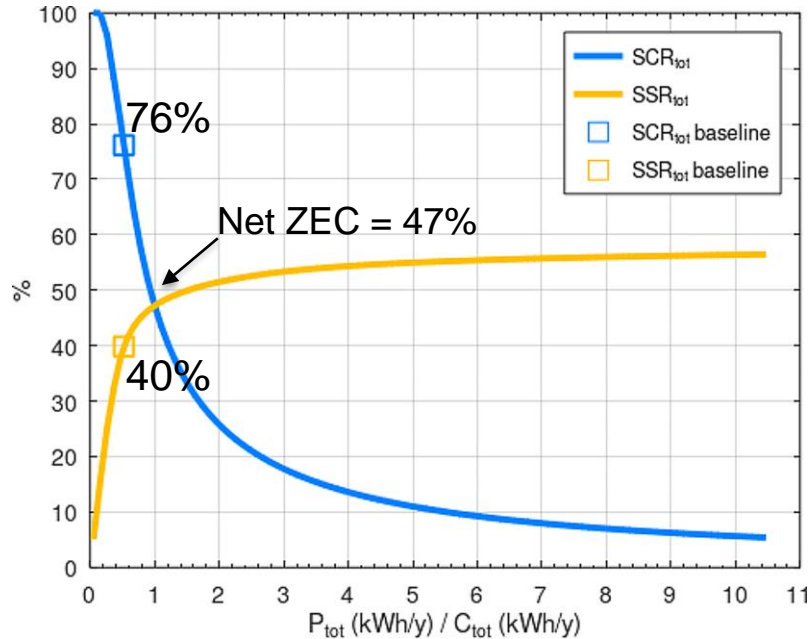
Stagionalità dei rate



Nei mesi estivi il rate di autoconsumo totale della comunità energetica raggiunge il 100%, perché i valori di consumo raggiungono quelli di produzione.

Tale rate scende invece al 50% in autunno e in primavera quando i consumi diminuiscono, mentre rimane elevato in inverno a causa di una scarsa produzione.

SCR e SSR al variare di P/C



Il rate di autoconsumo (SCR) e il rate di autosufficienza (SSR) per l'attuale configurazione della CER di Lignano Sabbiadoro sono indicati con un quadrato in figura.

Le due linee continue mostrano come i rate possono cambiare al variare del rapporto produzione / consumo, assumendo che le forme dei profili di consumo e di produzione rimangano però invariate.

L'aggiunta di nuovi impianti fotovoltaici fino a raggiungere una produzione totale in grado di eguagliare il consumo totale determina un Net ZEC pari a circa il 47%.

L'autosufficienza può aumentare, ma con un comportamento asintotico e con una diminuzione del rate di autoconsumo.

Un aumento oltre la soglia asintotica (~56%) è possibile solo dotando la CER di sistemi di accumulo o modificando il profilo di consumo, ovvero spostando o modificando i carichi elettrici.

Petrovich C., Branchetti S., D'Agosta G.

Parametrization of self-consumption and self-sufficiency in Renewable Energy Communities: A case study application.

Energ. Ecol. Environ. (2025). <https://doi.org/10.1007/s40974-025-00353-z>

Vantaggio economico nel condividere energia

1. Riduzione del prelievo e quindi bolletta più leggera in relazione all'utenza direttamente collegata all'impianto fotovoltaico
2. Ritiro Dedicato/vendita a mercato dell'energia immessa in rete
3. **Tariffa premio applicata all'energia elettrica condivisa**

Tariffa premio | valore e durata

Potenza Impianto P	TIP [€/MWh]	Max TIP [€/MWh]
$P \leq 200$ kW	$80 + \max(0; 180 - P_z)$	120
200 kW $< P \leq 600$ kW	$70 + \max(0; 180 - P_z)$	110
600 kW $< P \leq 1000$ kW	$60 + \max(0; 180 - P_z)$	100

P_z : prezzo zonale orario dell'energia elettrica

Correzione della tariffa premio - solo per impianti fotovoltaici

Zona geografica	Fattore di correzione
Regioni del Centro (Lazio, Marche, Toscana, Umbria, Abruzzo)	+ 4 €/MWh
Regioni del Nord (Emilia-Romagna, Friuli- Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Trentino-Alto Adige, Valle d'Aosta, Veneto)	+ 10 €/MWh

Decurtazione tariffa premio in presenza di contributi in conto capitale

$$TIP_{\text{Conto_Capitale}} = TIP * (1 - F)$$

F: parametro che varia linearmente tra 0 (no contributi in conto capitale), e 0,50 (con contributo in conto capitale pari al 40% dell'investimento)

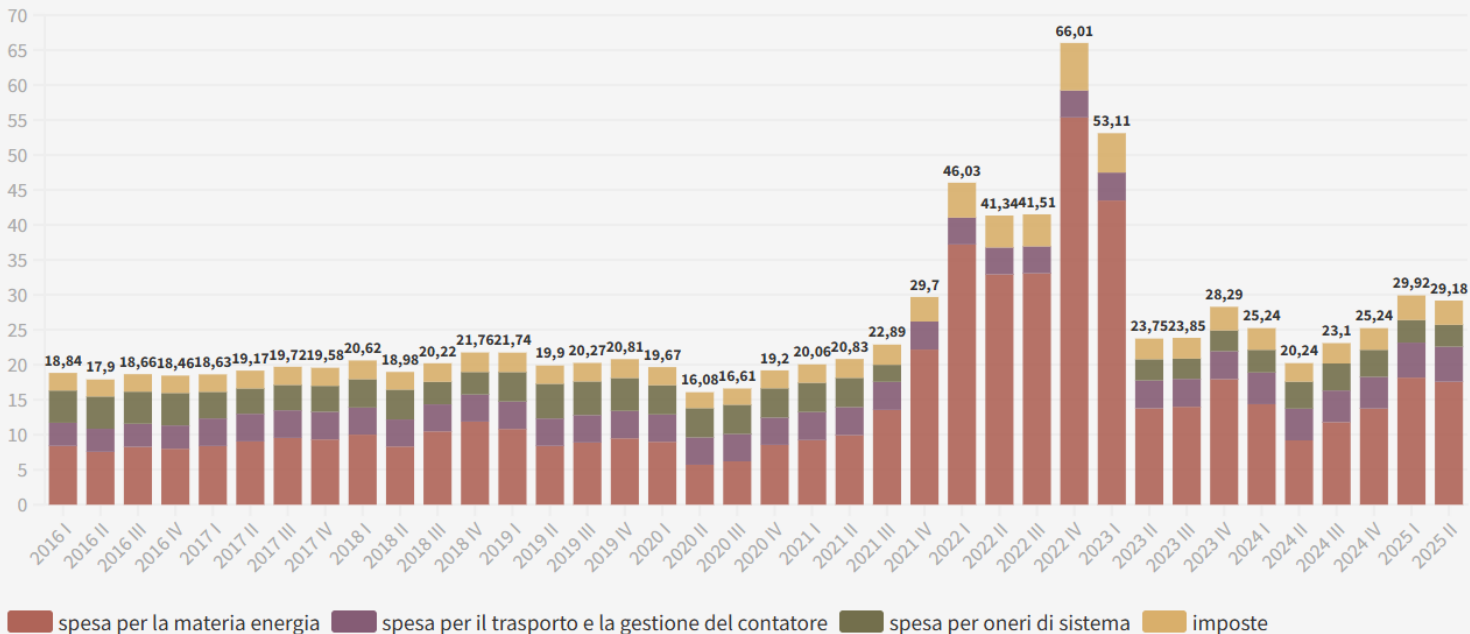
Periodo di diritto della tariffa incentivante:
20 anni (tariffa a valore costante)

L'intera energia prodotta e immessa in rete dall'impianto resta nella disponibilità del produttore, con facoltà di accesso al Ritiro Dedicato GSE (RID). Il produttore può dare mandato alla configurazione affinché il RID sia riconosciuto a quest'ultima.

Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore in Maggior Tutela

Prezzo complessivo dell'energia elettrica

con consumo annuo di 2700 kWh



* A Flourish chart

Prezzi dell'elettricità e incentivi

	Caso A Prima della crisi dei prezzi (valori medi 2018-2019) c€/kWh	Caso B Durante la crisi dei prezzi (valori medi 2022) €/kWh
Prezzo di acquisto	21,0	36,6
Prezzo di vendita (prezzo zonale)	5,6	30,7
Tariffa premio CER	14,0	10,0

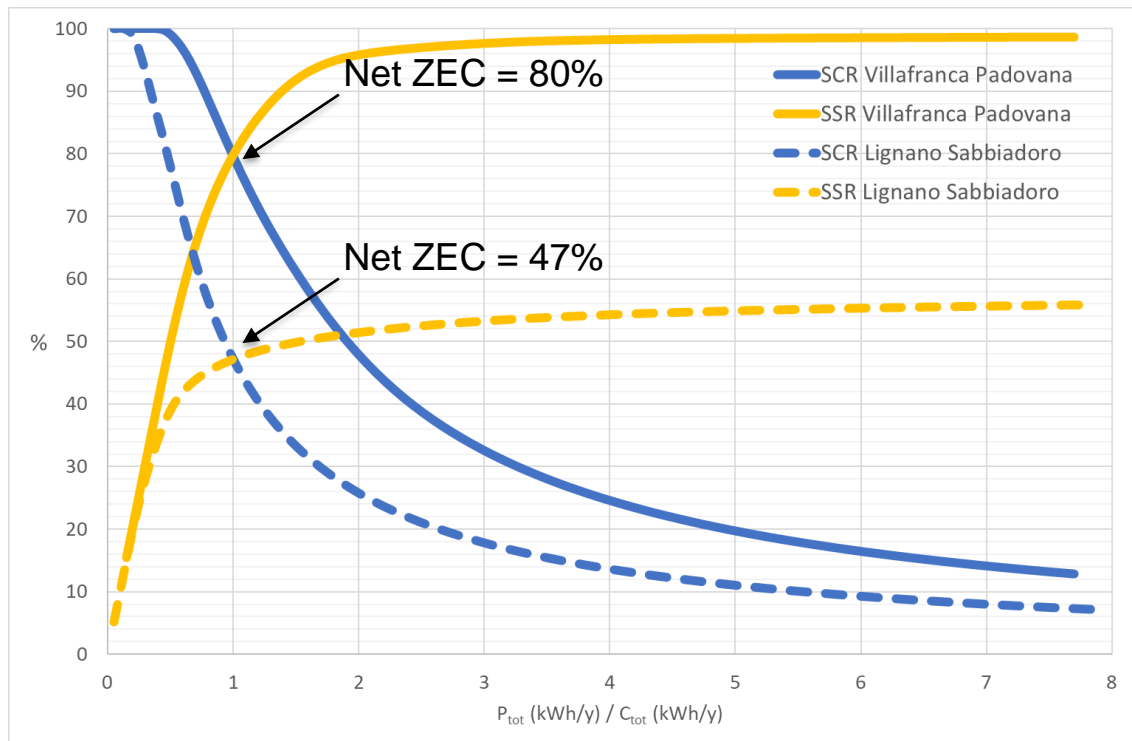
Risultati economici

	Caso A	Caso B
Spesa elettrica iniziale dei membri (senza fotovoltaico e senza REC)	474.000 €/anno	826.000 €/anno
Risparmio dovuto all'autoconsumo diretto	46.000 €/anno (10%)	80.000 €/anno (10%)
Entrata dovuta all'immissione in rete	54.000 €/anno (11%)	294.000 €/anno (36%)
Entrata dovuta alla tariffa premio (energia condivisa)	95.000 €/anno (20%)	68.000 €/anno (8%)
Risparmio totale rispetto alla spesa elettrica iniziale in %	41%	54%
Risparmio totale rispetto alla spesa elettrica iniziale in €/anno	195.000 €/anno	442.000 €/anno
Tempo di ritorno semplice considerando 1600 €/kWp per l'istallazione del fotovoltaico (non vengono presi in considerazione tassi di sconto, inflazione, oneri finanziari e contributi in conto capitale)	8 anni	3 anni

Altri sistemi di produzione?



Comparazione con CER basata su cogenerazione



La CER di Villafranca Padovana, grazie all'utilizzo di un impianto a biogas in assetto cogenerativo, che determina il 97,5% della produzione, mentre il 2,5% della produzione è affidata al fotovoltaico, mostra un Net ZEC decisamente più alto rispetto alla CER di Lignano Sabbiadoro (80% vs 47%).

Branchetti S., Petrovich C., Gessa N., D'Agosta G.
Improvement of Self-Consumption Rates by Cogeneration and PV Production for Renewable Energy Communities.
Electronics. 2025; 14(9):1755.
<https://doi.org/10.3390/electronics14091755>

ENEA per le CER

www.smartenergycommunity.it



Promuoviamo l'energia
condivisa nel tuo territorio

Smart Energy Community by ENEA è un insieme di soluzioni innovative a supporto di territori, professionisti, cittadini e imprese che producono e condividono energia pulita.



Analisi delle performance nelle CER: applicazione in un caso studio



Il tavolo dati dell'Osservatorio CER

ENEA ha lanciato un Osservatorio per le CER in Italia, che è un Network costituito da numerosi soggetti tra enti pubblici, università, associazioni, studi professionali e aziende, il cui obiettivo è la diffusione delle CER a livello nazionale.

Il tavolo dati, creato all'interno dell'Osservatorio, riunisce tutti gli **stakeholder** interessati alla filiera dei dati energetici all'interno della CER.

Tra gli altri obiettivi, il tavolo dati ha quello di definire un set minimo di informazioni per la gestione delle CER.

Master e Tesi di Laurea

- **Master di I livello in Management delle Comunità Energetiche**

Il Dipartimento di Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica dell'Università degli Studi di Roma Tre e l'ENEA collaborano per lo svolgimento del Master universitario di primo livello in MANAGEMENT DELLE COMUNITA' ENERGETICHE.

- **Proposte di ospitalità a laureandi per lo svolgimento di tesi di laurea**

L'ENEA, nell'ambito del tradizionale rapporto di collaborazione che intrattiene con le Università, nel quadro delle azioni volte a promuovere la preparazione di personale specializzato nei settori di proprio interesse, mette a disposizione un certo numero di titoli di tesi di laurea che potranno trovare svolgimento presso i Centri dell'Agenzia.

Samuele Branchetti
samuele.branchetti@enea.it
www.smartenergycommunity.it

Grazie per l'attenzione