

PIACER

Piattaforma
Progettazione
Gestione

Comunità
Energetiche
Rinnovabili

Quinto Meeting di Progetto



WP3/WP4 – Strumento di Gestione e Analisi Business Model

PR FESR 2021-2027 AZIONE 1.1.2 BANDO PER PROGETTI DI RICERCA INDUSTRIALE
STRATEGICA RIVOLTI AGLI AMBITI PRIORITARI DELLA STRATEGIA DI
SPECIALIZZAZIONE INTELLIGENTE



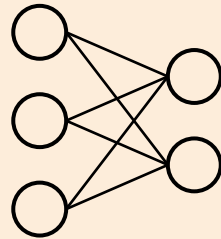
25/06/2025

M. Zatti, M. Gabba, G. Martoriello, L. Saguatti

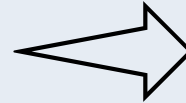


Tool di gestione multi-agente per CER

Servizio Previsione

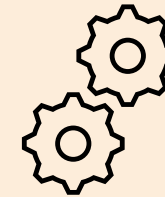


Output



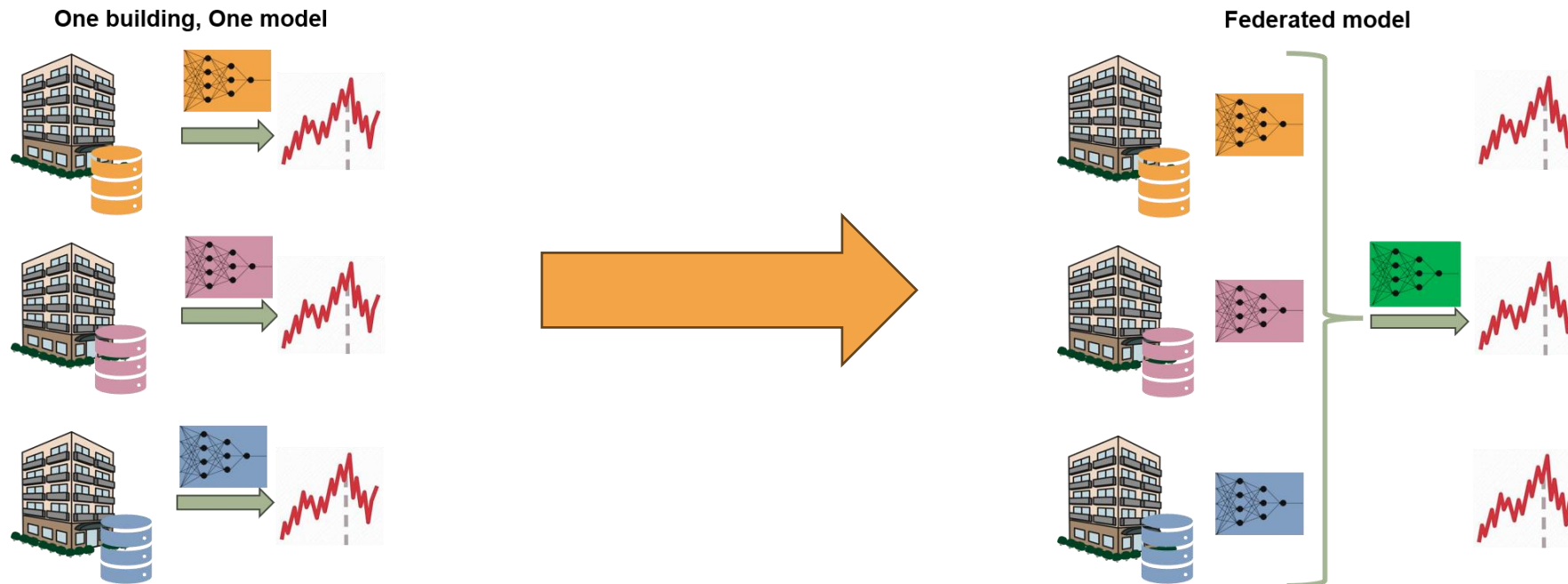
Input

Servizio Programmazione



- Cosa: previsioni della domanda elettrica dei membri della CER
- Come: Federated learning

- Cosa: gestione ottimizzata della CER (max. energia condivisa)
- Come: Ottimizzazione distribuita

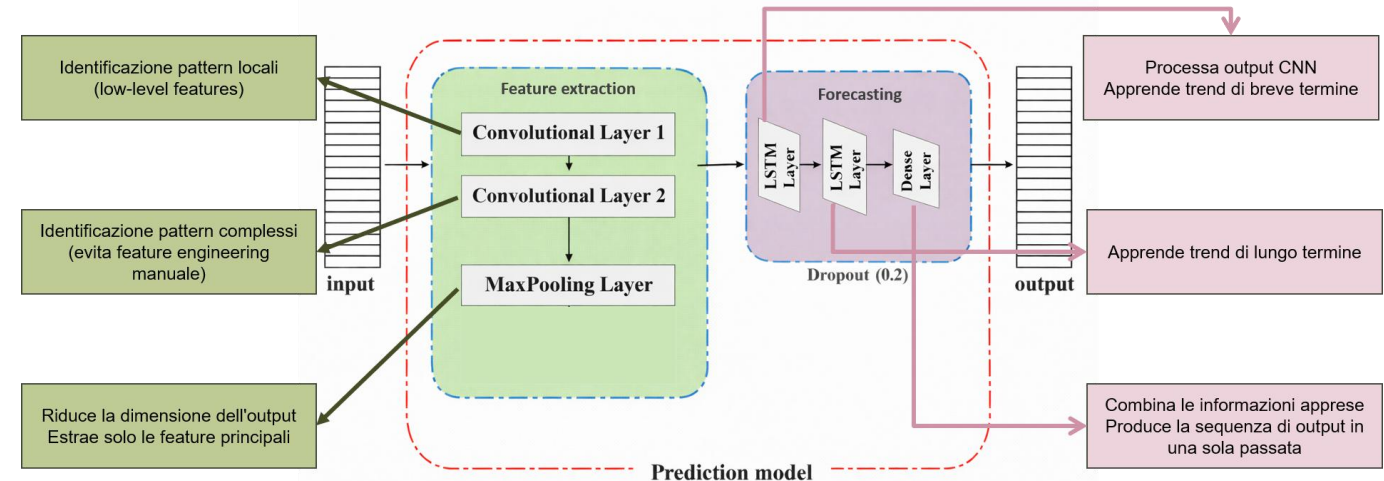


La previsione dei singoli carichi di una CER è un input fondamentale per gli strumenti di programmazione.

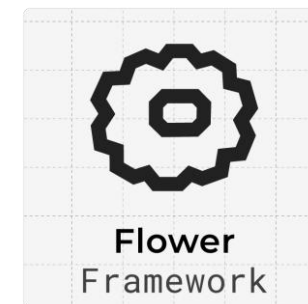
L'utilizzo di modelli locali non è sempre possibile (e.g. i nuovi membri potrebbero non avere uno storico di dati sufficiente), mentre la creazione di un modello centralizzato pone sfide dal punto di vista della privacy.

La soluzione? FL, dove gli utenti addestrano collaborativamente un modello centralizzato senza scambiare i dati grezzi.

Modello: ensemble di CNN + LSTM



Flower – Framework per la gestione del processo di Federated Learning



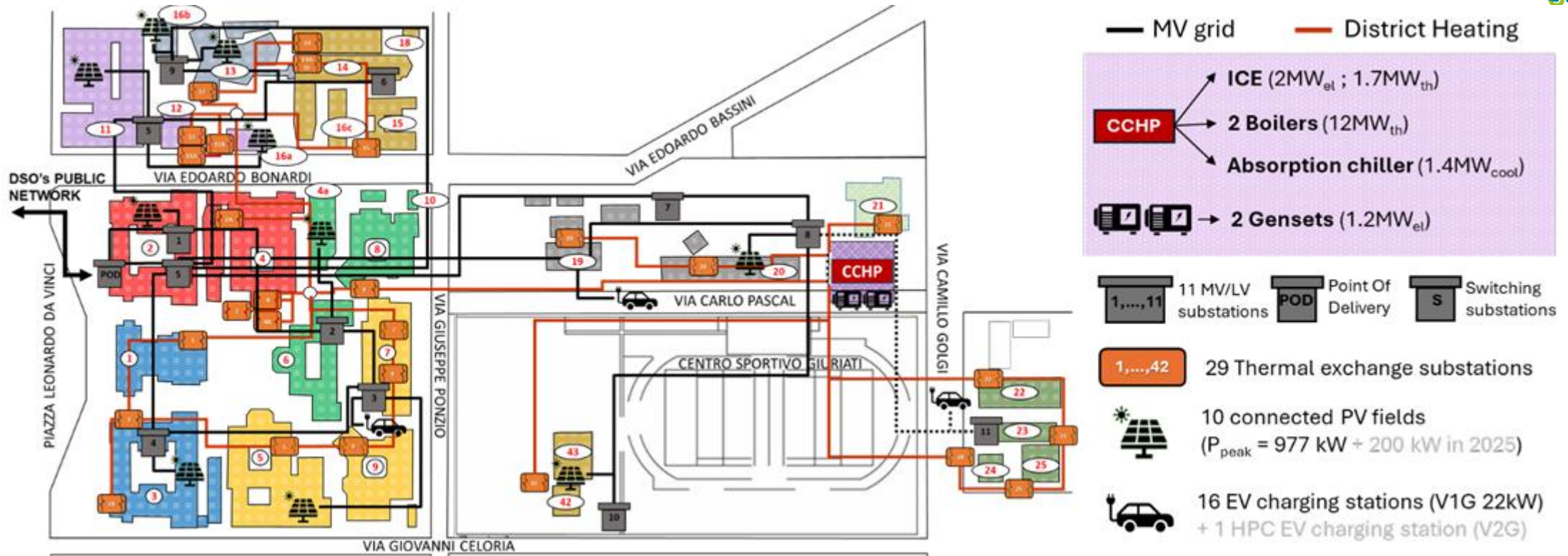


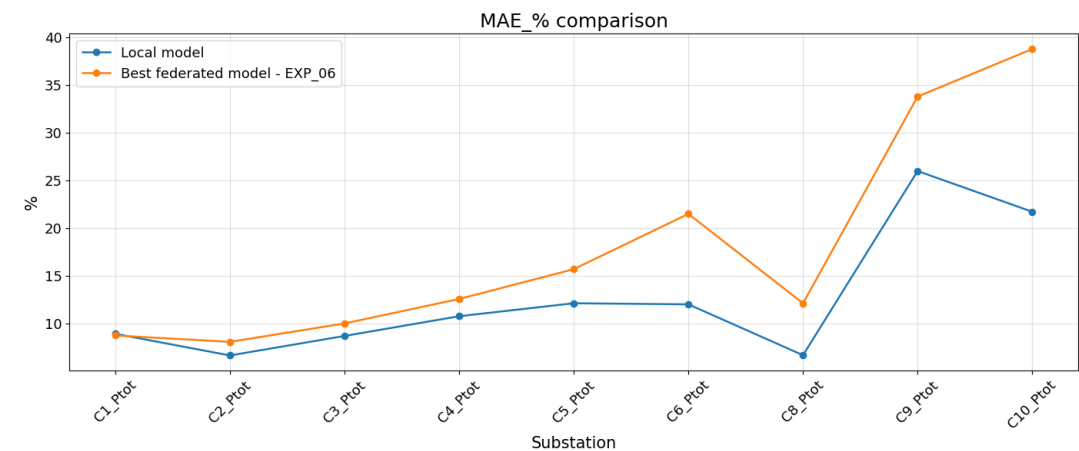
Figura tratta da Scrocca, Andrea, Maurizio Delfanti, and Filippo Bovera. "Optimal Sizing of Battery Energy Storage System for Implicit Flexibility in Multi-Energy Microgrids." *Applied Sciences* 15.15 (2025): 8529.

Il modello è stato applicato agli edifici collegati alla "PoliGrid" del Politecnico di Milano, campus Leonardo. Sono stati raccolti i dati di 9 sottostazioni MT/BT e dei singoli trasformatori.

Il modello federato ha performance leggermente inferiori rispetto al modello locale

La differenza di performance varia da cabina a cabina: dato che alcune cabine sono difficili da prevedere anche per il modello locale, il processo di federazione "base" potrebbe essere controproducente.

Average Metrics	RMSE [kWh]	MAE [kWh]	MAE (%)	R ²
RF	27.4	17.1	21.2	0.86
CNN+LSTM (locale)	25.4	17.2	15.2	0.84
CNN+LSTM (Federated)	32.71	24.05	17.90	0.79



Le attività dei prossimi mesi si concentreranno sull'applicazione dello strumento a casi d'uso specifici e, in misura minoritaria, su ulteriori affinamenti dell'architettura di Federated Learning.



Caso d'uso

Test completo della pipeline previsione > gestione

Costruzione, sulla base dei dati PoliGrid, di un caso studio sintetico atto a verificare l'impatto che la qualità delle previsioni ha sui risultati dello strumento di gestione.



Caso d'uso

Quantificazione benefici in situazioni di scarsità di dati

Verifica del potere abilitante del Federated Learning nell'offrire un modello di previsione più accurato in situazioni di scarsità di dati sullo specifico client.



Caso d'uso

Applicazione strumento a PV

Applicazione dell'architettura proposta ai dati di generazione PV nella PoliGrid. Obiettivo: verificare le prestazioni su una grandezza meno eterogenea.

Affinamento Cambio algoritmo di federazione

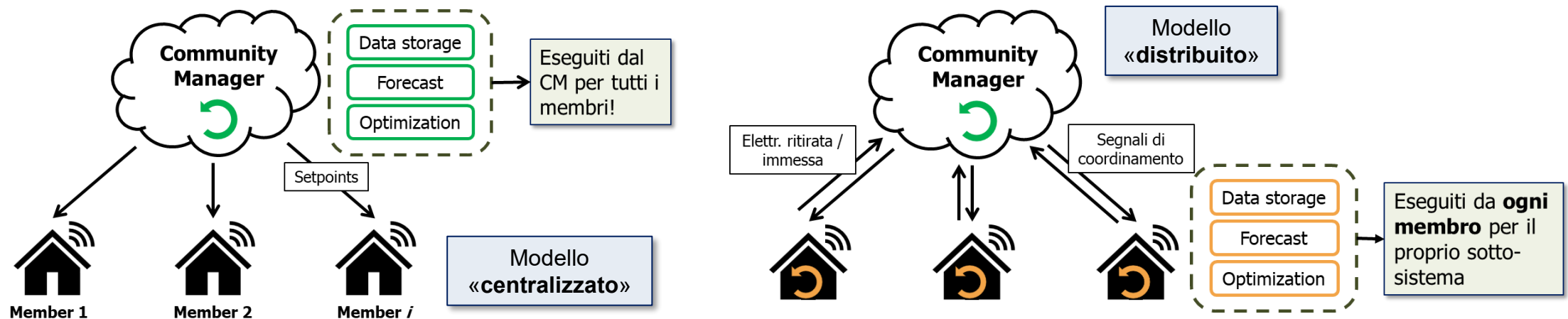
Applicazione dell'algoritmo di federazione FedProx al posto del classico FedAvg: migliora le prestazioni sul nostro caso studio?

Problema: Ottimizzazione scheduling della CER deve avvenire nell'interesse di privacy e indipendenza dei membri

- Ottimizzazione centralizzata (classica): ottimizzatore centrale raccoglie tutti i dati dei membri (e.g., profili di produzione, abitudini di consumo, contratti di fornitura), calcola gestione ottimale e, potenzialmente, controlla direttamente gli asset.

Soluzione: **tecnica di scomposizione (ADMM)**, per:

- *Distribuire* l'ottimizzazione globale in più sotto-problemi, **uno per ogni membro della CER** (simulando, così, ogni membro che ottimizza il proprio sistema);
- Approssimare la soluzione ottima globale, coordinando i sotto-problemi grazie ad un **approccio iterativo-collaborativo** (*ottimizzazione distribuita*), basato sullo scambio di un limitato quantitativo di informazioni e sulla supervisione da parte del CM.

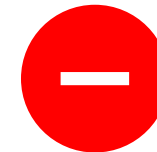


Metodologia: MILP centralizzato vs MILP distribuito (con e senza tuning iperparametri)

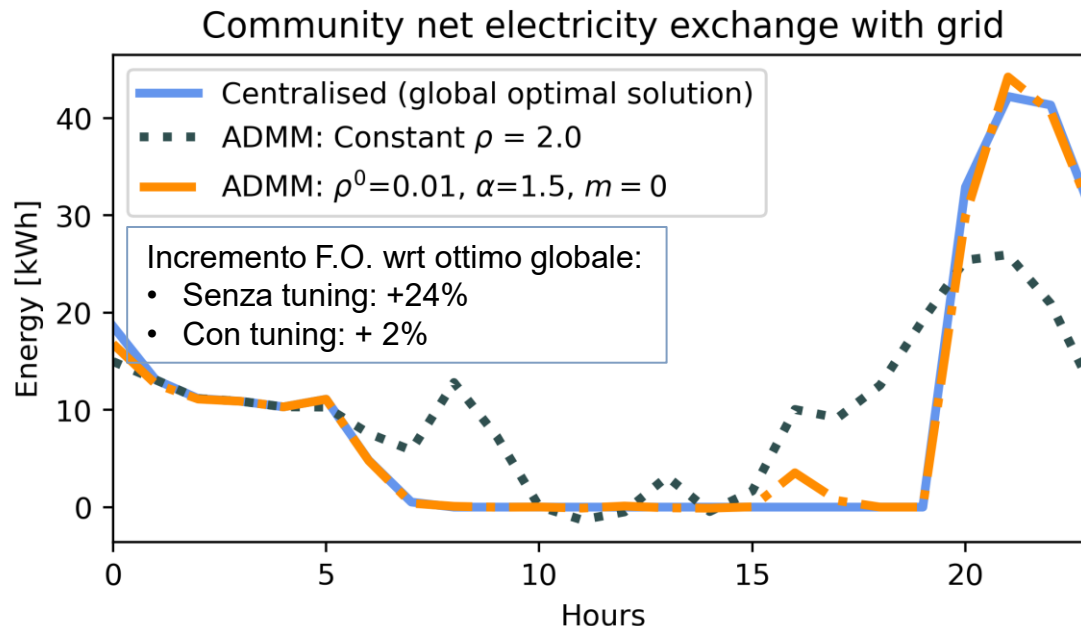
Caso studio: *toy example* CER italiana; membri con PV + BESS; massimizzazione incentivo su energia condivisa.



- Scalabile
- Condivisione dati limitata



- Ottimo locale
- Bontà soluzione dipende da scelta e tuning iperparametri (*penalty parameter*)



Esempio del miglioramento delle prestazioni del modello, in termini di scostamento dal profilo ottimo globale di scambio elettrico CER-rete (azzurro), ottenuto incrementando il «penalty parameter» dell'algoritmo ad ogni iterazione, rispetto al caso in cui sia tenuto costante.

Prossimi passi

Costruzione, sulla base dei dati PoliGrid, di un caso studio sintetico *multi-energy*, e creazione pipeline con il servizio di distributed forecasting

1340 risultati di scopus → analizzati 16 paper → riportati i 5 più inerenti

blu = archetipi

verde = dimensioni di classificazione

Analisi stato dell'arte



Cielo et al. (2021) - J. Clean. Prod.
doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128217

3 archetipi

- **CER proprietaria:** Investimento condiviso (mutuo 10y), tutti i ricavi alla comunità
- **Developer (3rd party):** Società terza acquista e gestisce gli impianti, garantisce 30% dei ricavi a CER
- **Modello ibrido:** CAPEX e ricavi al 50% tra CER e Developer (CER paga OPEX al Developer)



Barabino et al. (2023) - Sust. Energy, Grids and Networks. doi: 10.1016/j.segan.2023.101187

6 archetipi

- **Prosumers:** CER di soli prosumer proprietari del PV, tutti i ricavi alla comunità
- **Collective Generation:** Investimento condiviso, tutti i ricavi alla comunità.
- **Local Energy Market:** Scambio fisico tra utenti tramite P2P, spesso con blockchain per la gestione transazione
- **Cooperative:** La cooperativa è società terza, detiene i PV e reinveste i ricavi in attività coerenti. Spesso CERs.
- **Aggregator:** DSO raggruppa la flessibilità. Necessario EMS ai membri
- **3rd Party Sponsored (Utility/ESCO):** Società terza Acquista e gestisce gli impianti, garantisce dei ricavi a CER



Pantazis et. al. (2025) -CPE-POWERENG
doi: 10.1109/CPE-POWERENG63314.2025.1102730

4 archetipi

- **Self-consumption model:** CER con/senza investimento condiviso, ricavi a comunità
- **Third-party model:** Società terza acquista e gestisce gli impianti, garantisce dei ricavi a CER
- **Aggregator model:** Ente esterno che raggruppa la flessibilità. Necessario EMS ai membri
- **Integrated energy services & e-mobility:** CER multi energia.



ART-ER (2025)— Quaderno CER Emilia-Romagna

3 archetipi per il contesto regionale

- **Public-driven:** CER sponsorizzata da Pubblica Amministrazione, spesso CERs
- **Developer:** Società terza acquista e gestisce gli impianti, garantisce dei ricavi a CER
- **Collaborativo:** CER con/senza investimento condiviso, ricavi a comunità



Kubli & Puranik (2023) - Renew. Sust. En. Rev.
doi: 10.1016/j.rser.2023.113165

5 dimensioni per classificare i BM

- **Community value proposition**
- **Energy community members**
- **Energy value capture**
- **Key function**
- **Network effects**

Proposta

1

Literature review + eventuale valutazione quantitativa (stima flussi di cassa di CER con flessibilità)

→ Knowledge Hub

2

Opportunità di collaborazione con Confindustria Piacenza

→ Finalizzare uno studio su un caso aziendale. **Work in progress** perimetro

Grazie per l'attenzione!

M. Zatti, M. Gabba, G. Martoriello, L. Saguatti

