PIACER
Piattaforma Progettazione Gestione
Comunità Energetiche Rinnovabili

RETE ALTA TECNOLOGIA EMILIA-ROMAGNA HIGH TECHNOLOGY NETWORK

SOLAR & STORAGE LIVE Italia

PIACER: la toolbox per la Comunità Energetica del futuro

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

07/10/2026

LEAP POLITECNICO DI MILANO

M. Zatti, G.Martoriello

Contesto

La Direttiva Europea sulle Energie Rinnovabili (RED II) e le direttive e regolamenti dell'Unione Europea sui mercati elettrici delineano una visione ambiziosa delle CER che va ben oltre le **configurazioni attuali prevalentemente elettriche e di pura condivisione virtuale dell'energia.**

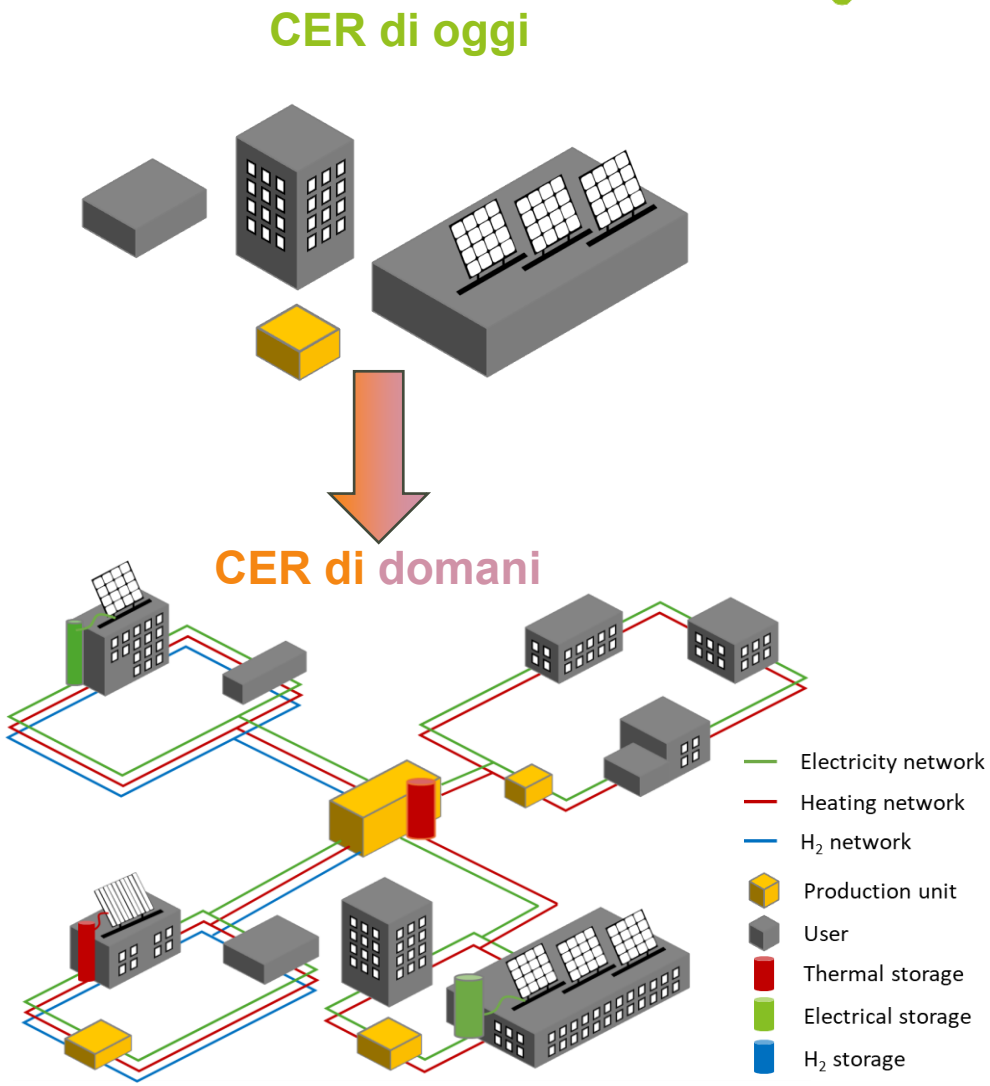
Due pilastri concettuali definiscono questa visione prospettica.

→ **CER MULTI-ENERGIA E MULTI-SERVIZIO**

L'integrazione multi-energia e multi-servizio trasforma le CER da semplici reti elettriche a **hub territoriali integrati**. Oltre a connettere elettricità, calore e mobilità sostenibile, le CER offrono gestione intelligente dei consumi, **flessibilità** di rete e servizi di ricarica condivisa, generando valore economico, ambientale e sociale per l'intera comunità.

→ **CENTRALITÀ DELL'UTENTE NEL MERCATO ELETTRICO**

Il consumatore finale viene trasformato da soggetto passivo (semplice acquirente) ad **attore attivo** (prosumer) all'interno del sistema energetico, adattando i propri consumi in risposta a **segnali** di prezzo o incentivi, fornendo **flessibilità** alla comunità energetica e alla rete.



Sfide ed opportunità

Questo passaggio rappresenta una delle **trasformazioni** più profonde del sistema energetico moderno ed introduce nuovi benefici per ciascun membro.

Sfide ed opportunità per il progetto PIAC(ER)²

L'accoppiamento settoriale e la centralità dell'utente introducono **sottosistemi multipli** che, per interagire efficacemente, necessitano di **strumenti** di **coordinamento** e **pianificazione avanzati**.



La molteplicità di vettori energetici e servizi aumenta il numero di **gradi di libertà** del sistema → Opportunità: è possibile sfruttare sinergie e attivare meccanismi di **efficienza** e **flessibilità** più avanzati; Rischio: maggiori possibilità di commettere **errori** e inefficienza in fase progettuale o gestionale, di non identificare correttamente i guasti.

Un coinvolgimento attivo dell'utente nella pianificazione e nella gestione della CER implica, da un alto, la possibilità di sfruttare meccanismi di **interazioni *peer-to-peer*** fra i singoli membri per incrementare il **beneficio collettivo**; dall'altro, la necessità di preservare l'**autonomia**, la **privacy** e gli **obiettivi** dei singoli membri (per motivarli a rimanere nella CER).

Soluzione



OBIETTIVO: Creare una **toolbox** (PIACER) pensata per realizzare i **benefici energetici, economici, ambientali e sociali di una CER *3.0 (multi-energy and multi-service)***, generando valore dai dati resi disponibili dagli apparati presenti in una CER o da piattaforme/sorgenti esterne.

mondo della ricerca

LEAP Politecnico di Milano

Università degli Studi di Ferrara

IN4

Alma Mater Studiorum Università di Bologna

CIRI Fonti Rinnovabili, Ambiente, Mare ed Energia - FRAME

ENEA CROSS-TEC

CIDEA Centro Interdipartimentale per l'Energia e l'Ambiente – Università di Parma

mondo dell'impresa

SMARTDOMOTICS easy living

GETEC

Siram by Veolia

PIACER toolbox

Decisioni strategiche a lungo termine | **Azioni e reazioni operative**

Progettazione Ottimizzata

Algoritmi multi-obiettivo per **dimensionare gli asset energetici di una CER** considerando numero di membri, profili di consumo e risorse disponibili. Calcola **la ridistribuzione dell'incentivo** tra i membri

Sector coupling

Modella e gestisce molteplici vettori energetici (elettricità, calore, raffreddamento) e le loro interconnessioni. Simula e **ottimizza scenari futuri**, identificando sinergie cross-vettore.



Diagnosi degli asset

Monitora la salute degli asset distribuiti e identifica se e dove è avvenuto un guasto. Integra due approcci = **data-driven tramite rete neurale NARX** per identificare il sottosistema guasto e **modello fisico** per l'entità del guasto.

Gestione Intelligente

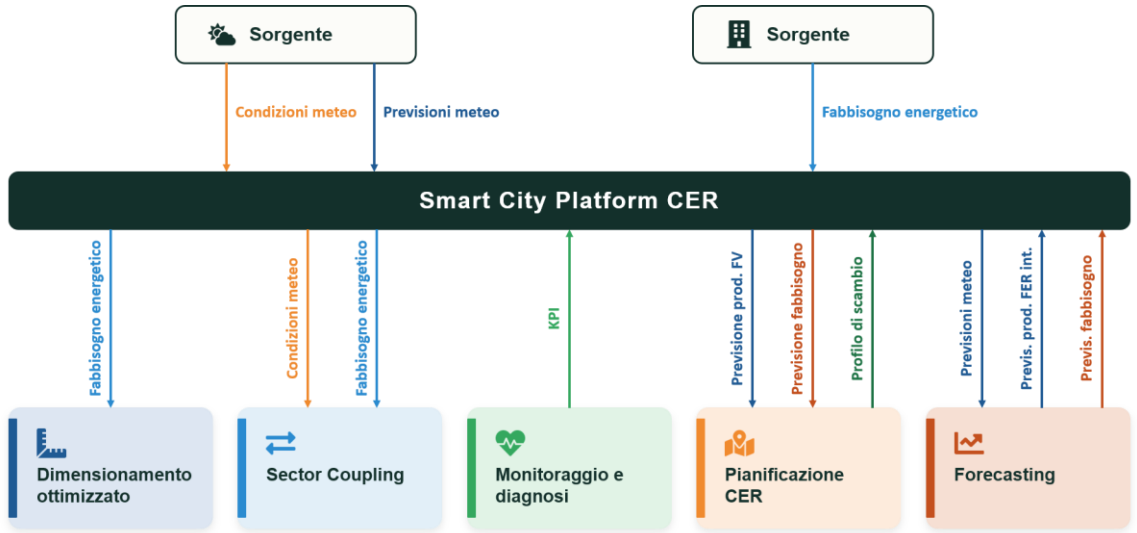
Integra deep learning per **previsioni accurate** di carico e **ottimizzazione della gestione giornaliera** massimizzando performance economiche e preservando privacy e autonomia dei membri.

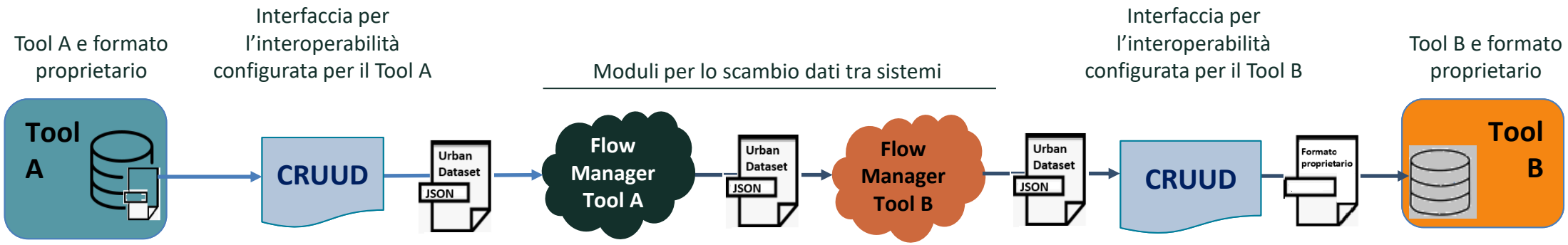
Interoperabilità

Framework che **assicura l'integrazione coesiva di tutti gli strumenti**. Definisce standard comuni protocolli di comunicazione e interfacce standardizzate. Sintassi di rappresentazione dati e semantica sono basati su formati **UrbanDataset** parte della Smart City Platform Specification.

Interoperabilità

1. Identificazione, e customizzazione per l'ambito CER, di specifiche per l'interoperabilità nello scambio dati tra tool
   - ➢ **formato UrbanDataset** parte delle Smart City Platform Specification (SCPS) for Interoperability Layer: fornisce sintassi di rappresentazione dati e semantica di riferimento
2. Progettazione e sviluppo di un'interfaccia per la trasformazione da formati proprietari a formato UrbanDataset e viceversa.
   - Applicativo **CRUUD**
   - **Attivazione dello scambio dati tra i tool** tramite Smart City Platform (SCP)





PIACER toolbox

Progettazione Ottimizzata

CSV

Disturbi
condizioni esterne, fabbisogni energetici, costi…

JSON

Caratteristiche del sistema
componenti, vincoli sulle taglie, costi energetici e di installazione…

Algoritmo di ottimizzazione MILP generalizzato



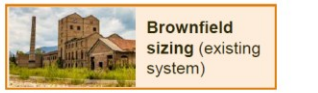
Ottimizzazione taglia dei componenti energetici
PV, pompe di calore, caldaie, batterie…

CSV

Gestione ottimizzata per l'orizzonte di previsione
gestione accumuli e unità di conversione, scambi con le reti…

CSV

OBIETTIVO: Ottimizzare la taglia dei componenti energetici e calcolare automaticamente la ridistribuzione dell'incentivo tra i membri



Brownfield sizing (existing system)

Validazione su CER Campus di Parma



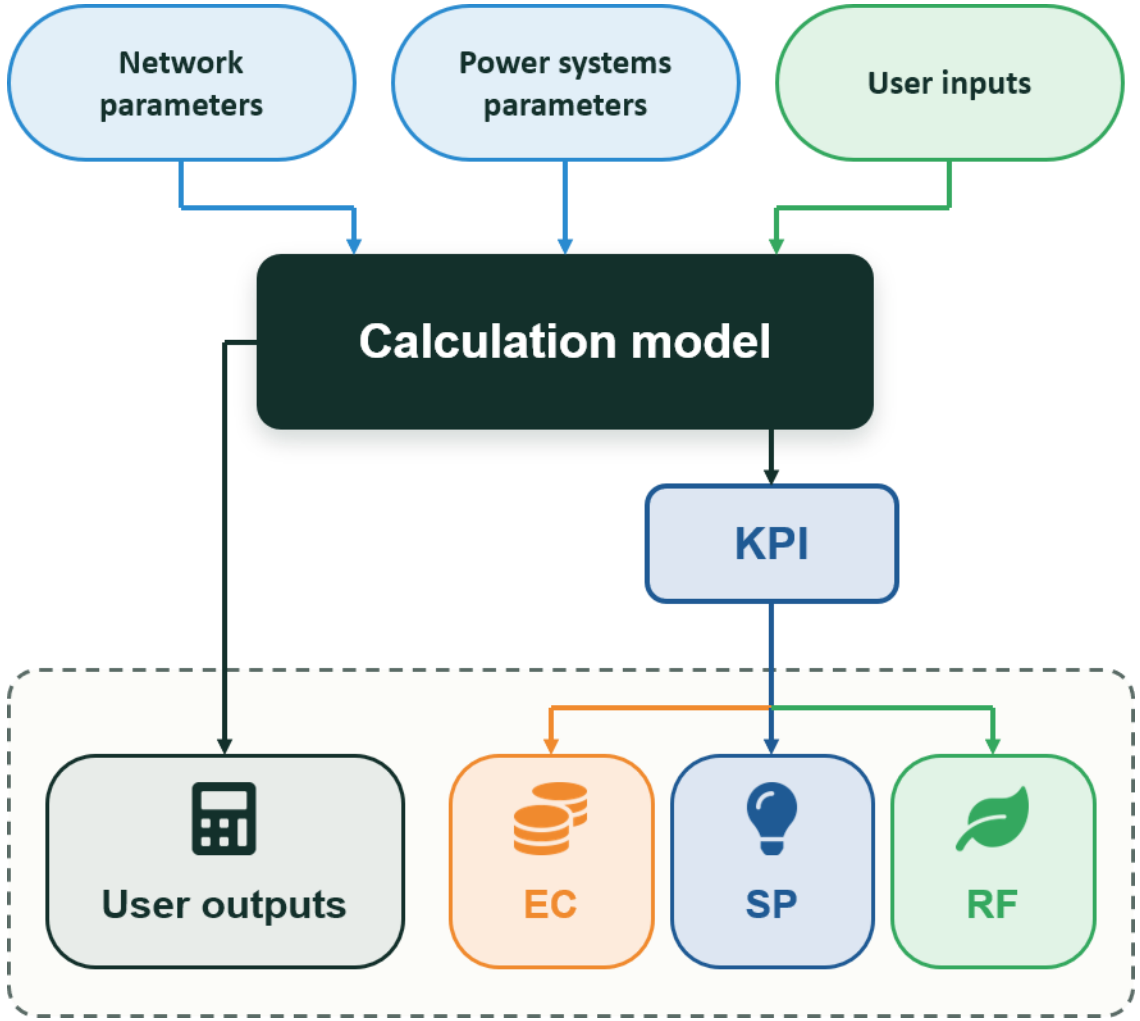
Campus Università di Parma



IMEM-CNR (Istituto dei Materiali per l'Elettronica ed il Magnetismo)

PIACER toolbox

Sector coupling - ECOS 7.1 (Energy Communities Optimizer Software)

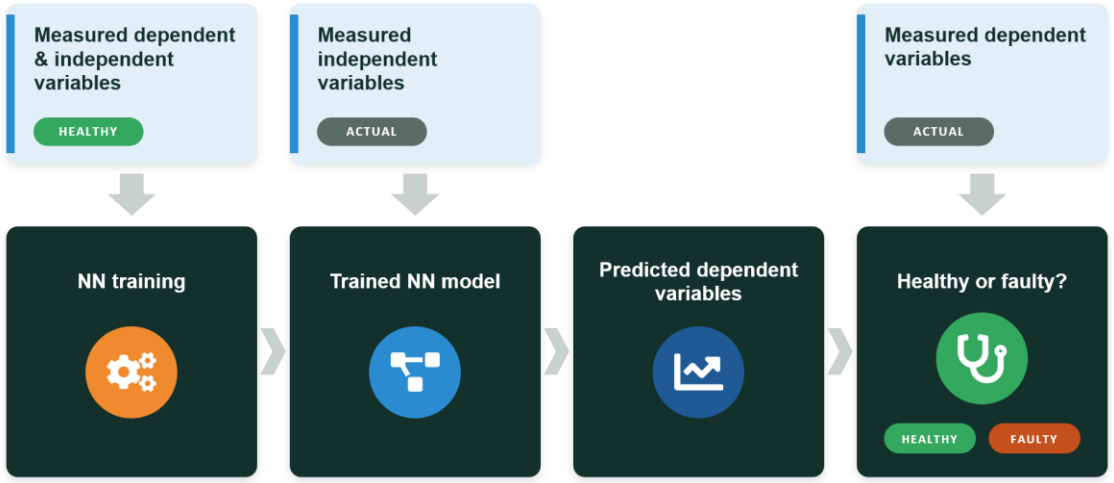


- **Parametri di rete:** numero di utenti, la tipologia di carichi, i prezzi dell'energia e la stagione in cui viene analizzato il comportamento della rete energetica.
- **Parametri del sistema energetico:** dettagli tecnici relativi al sistema energetico di ciascun utente, come l'efficienza energetica e la dimensione degli impianti fotovoltaici o solari termici.
- **Input dell'utente:** condizioni variabili tra cui il mix di produzione energetica e il dimensionamento dei sistemi energetici per ciascun utente.
- **Modello di calcolo:** questo modello elabora gli input e i parametri per determinare gli output del sistema.
- **Indicatori chiave di prestazione (KPI):** tre indicatori chiave di prestazione: Costi Aggiuntivi (EC), Autoproduzione (SP) e Frazione di Rinnovabili (RF).
- **Output dell'utente:** rappresentano i risultati della simulazione per ciascun utente, suddivisi in due categorie: **output economici** (ad es. costi giornalieri, CAPEX) **e output energetici** (ad es. consumo di energia, produzione giornaliera di energia).

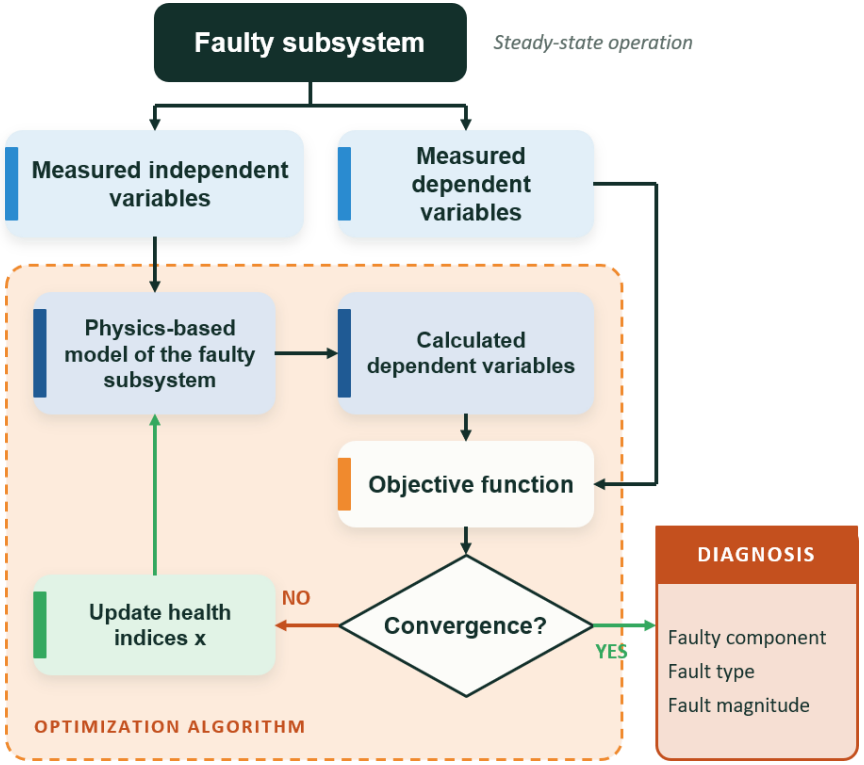
Validazione su rete di teleriscaldamento di Torino

Diagnosi degli asset

Data-driven approach (rete neurale NARX) per identificare quale sottosistema in guasto



Physic-based approach per identificare l'entità del guasto



Tale sinergia garantisce un monitoraggio efficace e una rapida risoluzione dei problemi, ottimizzando la performance e la stabilità delle CER nel contesto multi-energia, intrinsecamente più complesse rispetto ad un sistema isolato (e.g., cogeneratore).

Validazione sul Campus di Parma (34 dataset, di cui 33 con guasti)

PIACER toolbox: dive in nella pipeline forecast + scheduling

Gestione degli asset

Per ottimizzare la gestione giornaliera, fornire servizi alla rete e prendere decisioni informate su acquisto, vendita o stoccaggio di energia elettrica (in un'ottica **multi-servizio, multi-mercato e multi-energia),** è fondamentale strutturare **una pipeline evoluta:**



Focus **Piacer**, applicando approcci guidati da 3 principi: **Privacy; Capacità decisionale** dei membri e **Ridotto scambio dati.**



Research Question: quanto ci costa rinunciare alla centralizzazione e condivisione dei dati per tutelare la privacy dei membri della CER?

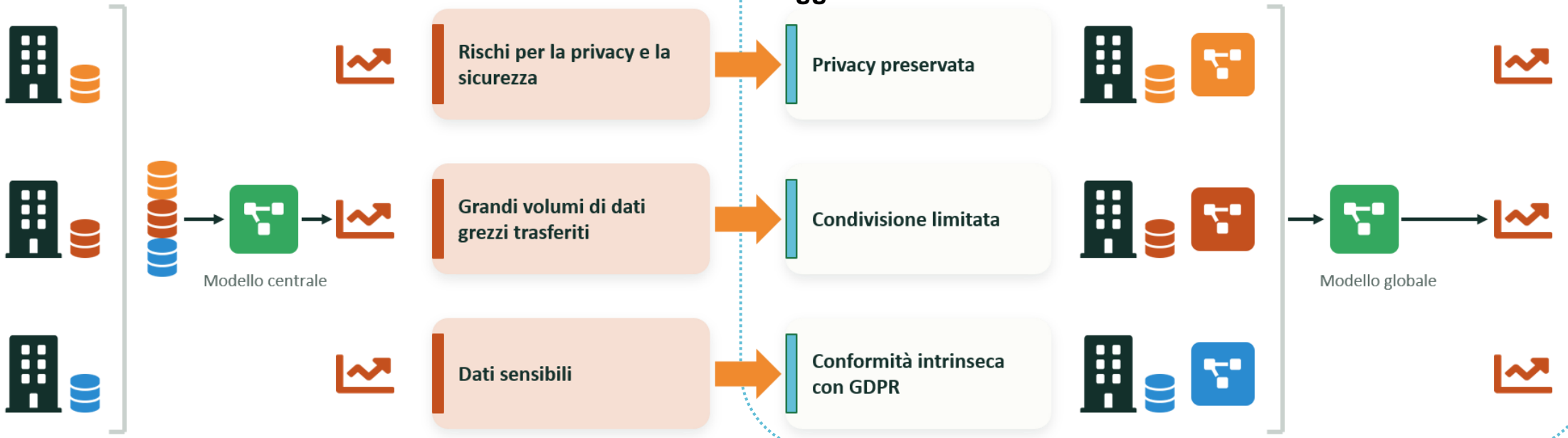
PIACER toolbox: dive in nella pipeline forecast + scheduling

Approccio tradizionale

Tutti i dati grezzi degli utenti sono inviati a un unico server centrale, che li elabora e addestra un unico modello centralizzato.

Approccio PIACER

L'architettura di Federated Learning offre **un'alternativa innovativa. Ogni utente addestra il proprio Il modello** con i propri dati e **condivide con il server centrale solo gli aggiornamenti del modello**.



Validazione su 4 Campus Politecnico di Milano

Approccio Ibrido CNN (pattern locali a breve termine) **e LSTM** (trend a lungo termine)

1. **Utenti Storici:** Il modello federato è quasi preciso come i modelli locali (MAE + 2%).
2. **Nuovi Utenti:** Risolve il problema della mancanza di dati iniziali, offrendo previsioni più accurate (+62% per dati <6 mesi).

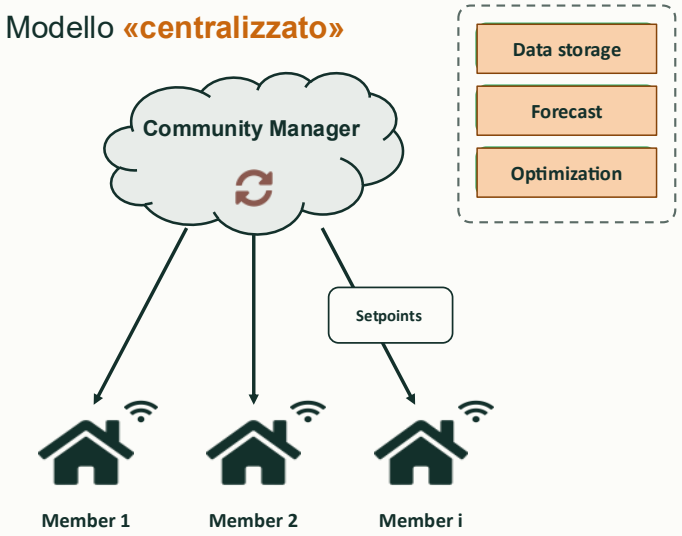
PIACER toolbox: dive in nella pipeline forecast + scheduling

L'ottimizzazione **centralizzata** (classica) **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)**:

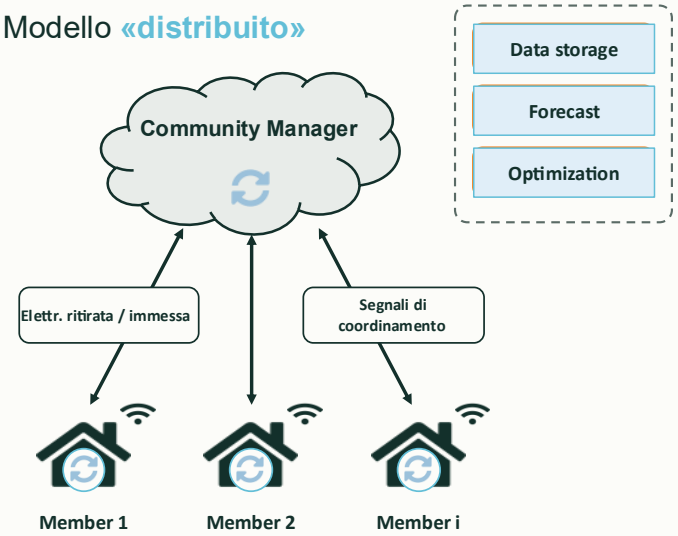
- Il problema globale viene scomposto in più sotto-problemi locali, *uno per ciascun membro della CER.*
- Attraverso uno scambio minimo di informazioni di coordinamento con il Community Manager, l'algoritmo converge verso la soluzione ottima globale (processo iterativo)

Modello **«centralizzato»**



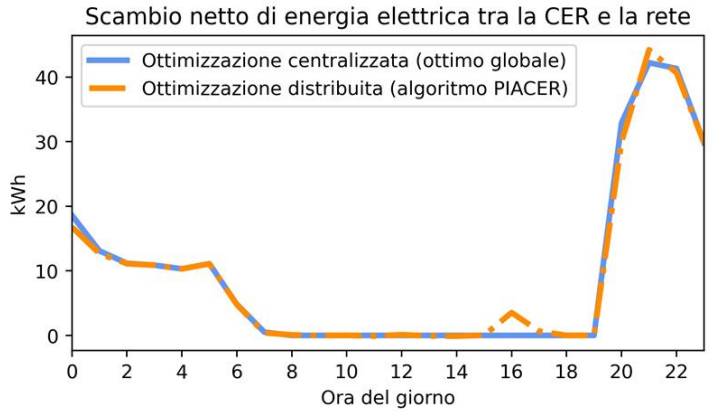
Eseguiti dal **Community Manager** per tutti i membri

Modello **«distribuito»**



Eseguiti da **ogni membro** per il proprio sotto -sistema

Validazione: 72 POD residenziali; 68 kW FV; 85 kWh BESS



\+ Adatto a CER numerose
Condivisione dati limitata

\− Ottimo locale

Business model in caso di Mercato Locale della Flessibilità (MLF)

Valutare la sostenibilità economico-finanziaria per **le aziende che entrano in una CER,** a fronte di un investimento in fotovoltaico (FV) e accumulo (BESS), abilitate dalla partecipazione ai Mercati Locali della Flessibilità (MLF).

Business Model 1

Costi
- Capex & Opex FV
- Oneri GSE
- Fee PIACER

Ricavi
- Vendita energia alla rete
- Incentivo sull'energia condivisa

Business Model 2

Costi
- Capex & Opex FV
- Oneri GSE
- Fee aggregatore per MLF
- Fee PIACER

Ricavi
- Vendita energia alla rete
- Energia condivisa
- Ricavi disponibilità e attivazione MLF

Business Model 3

Costi
- Capex & Opex FV e BESS
- Oneri GSE
- Fee PIACER

Ricavi
- Vendita energia alla rete
- Energia condivisa

Business Model 4

Costi
- Capex & Opex FV e BESS
- Oneri GSE
- Fee aggregatore per MLF
- Fee PIACER

Ricavi
- Vendita energia alla rete
- Energia condivisa
- Ricavi disponibilità e attivazione MLF

Risultati preliminari

- In tutti i BM individuati, l'investimento presenta **un TIR > 10%.** La presenza dell'MLF (BM2) incrementa leggermente la redditività dell'investimento rispetto al caso con solo FV (BM1).
- L'aggiunta della sola batteria (BM3) riduce la redditività percentuale a causa del CAPEX più elevato. Tuttavia, l'abilitazione della batteria ai servizi MLF (BM4) riporta il TIR ad un valore equiparabile ai BM 2 e 3.
- **Prospettiva futura:** L'investimento nella batteria diventerà un business model interessante **quando i mercati locali della flessibilità supereranno la fase sperimentale e il tasso di attivazione raggiungerà almeno l'8,2%.**

Save the date



PIAC(ER)2 - Piattaforma per l'Abilitazione delle Comunità Energetiche Rinnovabili in Emilia-Romagna

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

M. Zatti – matteo.zatti@polimil.it