



SVILUPPO E INTEGRAZIONE DI ACCUMULI INNOVATIVI NELLE COMUNITÀ ENERGETICHE RINNOVABILI

3° Meeting di avanzamento, 16/09/2025 Work Package 5

Alessandro Neri – UNIMORE
Maria Angela Butturi – UNIMORE
Rita Gamberini – Centro En&Tech

Obiettivo WP 5 Realizzare un tool software per la gestione e l'ottimizzazione degli accumuli termici ed elettrici nelle CER.

Task 5.1 Descrivere il comportamento dei componenti della rete, con particolare attenzione alle soluzioni innovative di accumulo dell'energia elettrica e termica.

Task 5.2 Sviluppo di una soluzione IT in grado di simulare il comportamento di CER e GAC, integrando accumuli termici ed elettrici innovativi con tecnologie tradizionali.

Work packages e Tasks	Mese																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
WP 5: Tool per la gestione integrata di accumuli termici ed elettrici innovativi all'interno delle CER (WP leader: EN&TECH)																														
Task 5.1: Modellazione del comportamento dei componenti di una CER																														
Task 5.2: Sviluppo di una soluzione IT in grado di simulare il comportamento delle CER con soluzioni innovative proposte																														
Task 5.3: Definizione di best practice per la progettazione e la gestione efficiente di CER con soluzioni innovative sviluppate																														

Confronto tra tipologie di servizio offerto delle piattaforme analizzate (13)

	Simulazione	Monitoraggio	Mappatura	Supporto	Suite integrata
RECON	X				
MACS CER	X	X		X	
CretaES	X	X			
Digiwatt CER		X			
HexErgy	X	X		X	X
CloE		X			
Regalgrid		X			
Cosmo CER		X			
RiCER			X		
SUN4U	X		X	X	
E-360 Suite	X	X		X	X
Maps Energy	X	X			X
SmartDHOME		X			

Piattaforme esistenti: caratteristiche comuni



Supporto alla valutazione tecnico-economica preliminare: stime costi, benefici energetici, autoconsumo, produzione, incentivi



Monitoraggio operativo di produzione / consumo / condivisione di energia, spesso con dashboard digitali



Funzioni di gestione amministrativa: gestione membri, adesioni, modalità legali e regolamentari richieste (statuti, forma giuridica, rapporti con GSE/ARERA)



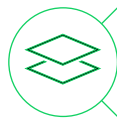
Orientamento verso l'interazione con la normativa: moduli/strumenti che riflettono il Decreto CER, TIAD, incentivi GSE



Coinvolgimento dei membri, comunicazione dei risultati, distribuzione benefici, spesso con approcci qualitativi/sociali



Database / mappatura open source (es. RiCER) per conoscere lo stato reale delle CER: dimensioni, impianti, caratteristiche ambientali/sociali



Modularità crescente: integrazione di accumulo, smart meter, monitoraggio realtime

Limiti ricorrenti



Spesso focalizzazione su pochi obiettivi (es. solo economico, solo energetico)



Limitata personalizzazione per contesti molto diversi (piccole comunità, aree rurali, comunità urbane complesse)



Interfacce utente a volte non sufficientemente orientate alla partecipazione dei suoi membri, spesso approcci qualitativi o di promozione



Processi decisionali spesso poco supportati: manca un meccanismo robusto per pesare obiettivi multipli (sociali, ambientali, costi, benefici) nelle piattaforme consuete

Principali caratteristiche della nuova piattaforma e *design principles*

Piattaforma Saas

Il servizio deve essere scomponibile in moduli indipendenti (progettazione, monitoraggio, gestione amministrativa e reportistica)

Database relazionale + Cloud computing

La piattaforma deve supportare tanto piccole comunità residenziali quanto comunità industriali

Ottimizzazione lineare multi-obiettivo

Le decisioni non devono basarsi su un singolo KPI, ma considerare diversi contemporaneamente

Analisi multi-criteriale

La scelta finale deve essere guidata, ma non imposta: gli utenti devono vedere i pesi attribuiti agli obiettivi e capire perché una configurazione è “migliore” di un'altra

Upload dati flessibile

L'utente deve poter fornire i propri dati facilmente; la piattaforma integra i mancanti con stime attendibili, garantendo privacy, accuratezza e controllo

Dashboard centrate sull'utente

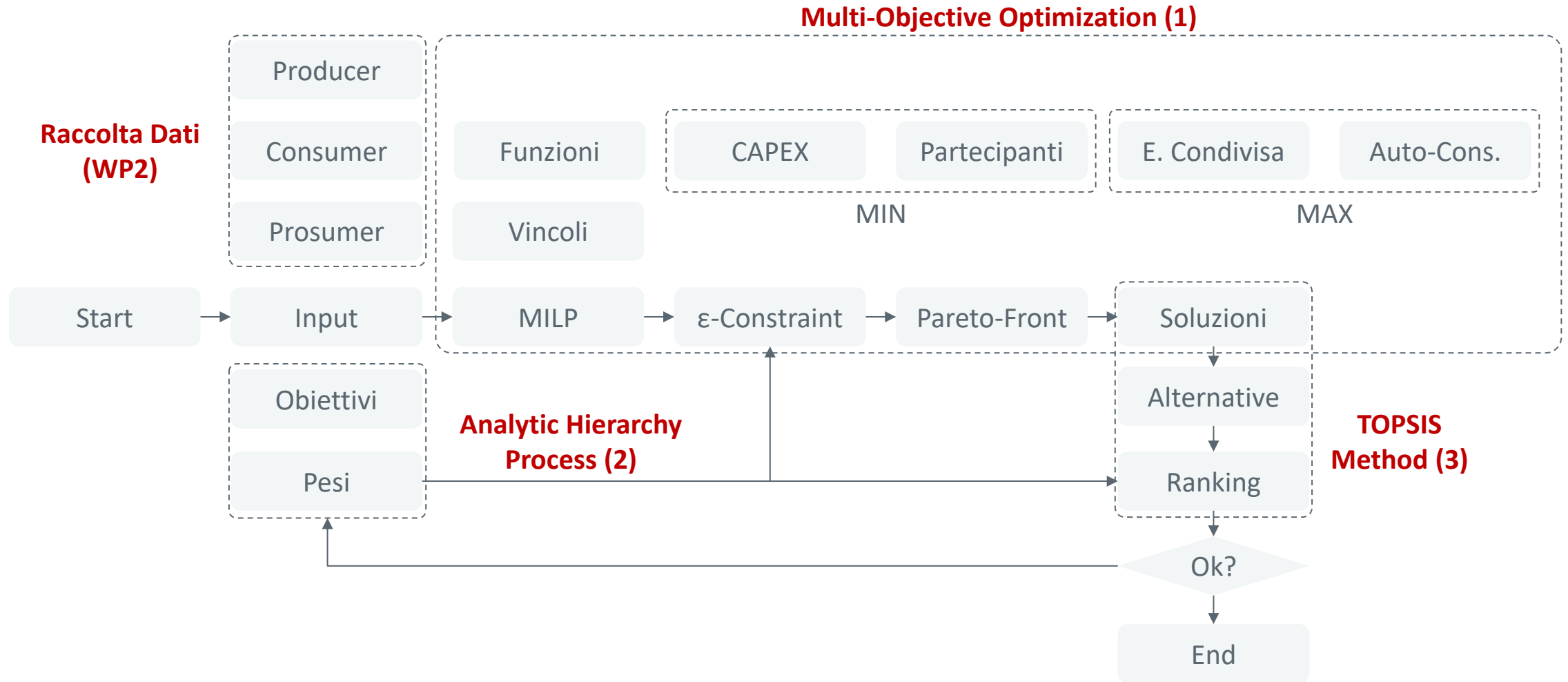
La piattaforma deve essere comprensibile anche a utenti non esperti, riducendo la complessità tecnica in indicatori chiari

SPID onboarding

La piattaforma deve garantire trasparenza nei dati, affidabilità normativa e sicurezza negli accessi per generare fiducia tra i membri

Integrazione PCM + TCM

La piattaforma deve andare oltre il solo fotovoltaico, includendo accumuli elettrici e termici



M2.1:

- Overall completeness: 90%

Delay status: I Partner aziendali NON hanno fornito i dati di consumo (eccetto Galletti).

Action to mitigate: Grazie all'intervento di UNIPR e ai dati raccolti da UNIBO siamo riusciti ad ottenere una base dati accettabile

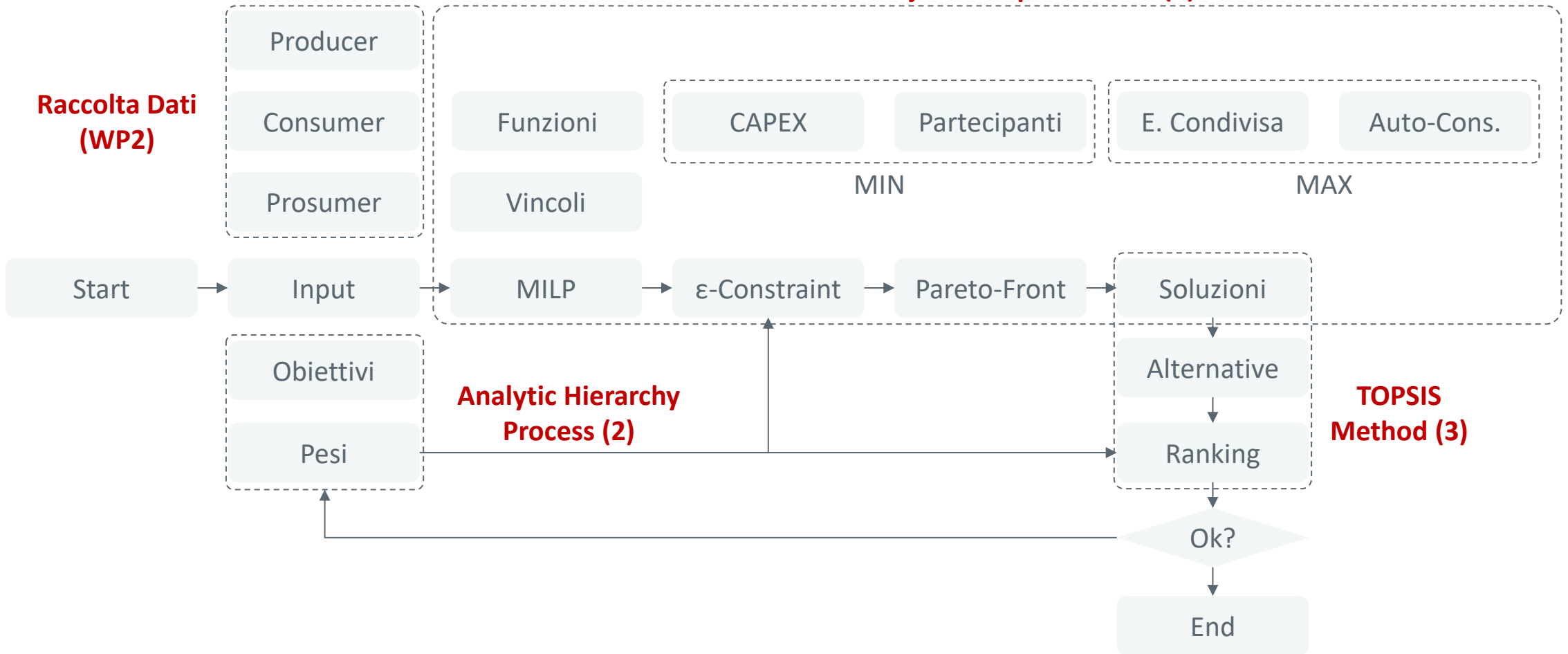
M2.2:

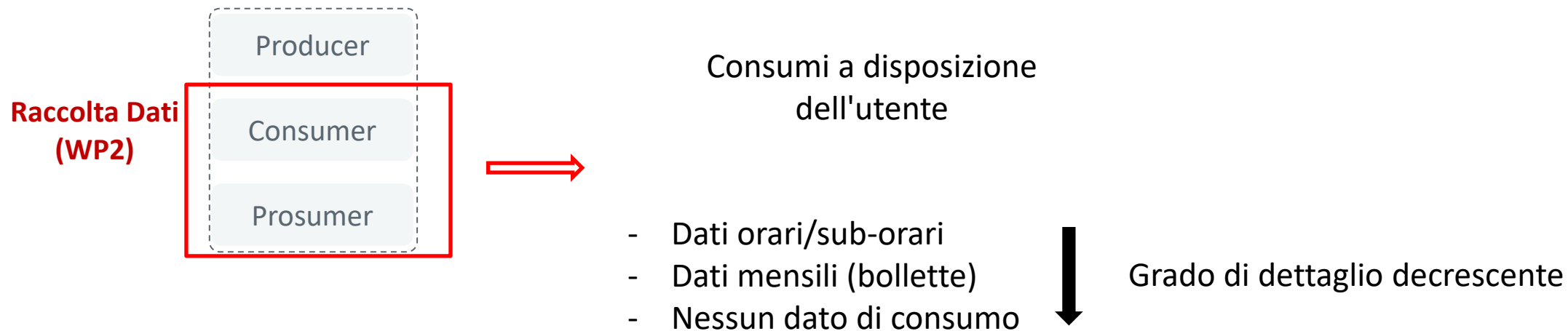
- Overall completeness: 90%

Work packages e Tasks	Mese																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
WP 1: Coordinamento del progetto (WP leader: CIRI-EC)	[Task 1.1: Gestione progetto e preparazione meeting]																													
Task 1.1: Gestione progetto e preparazione meeting	[Task 1.2: Monitoraggio progetto e report gruppo di lavoro]																													
Task 1.2: Monitoraggio progetto e report gruppo di lavoro	[Task 2.1: Analisi dati e monitoraggio energetico edifici campione]																													
WP 2: Caratterizzazione dei profili di consumo/surplus energetico dei prosumer di una CER (WP leader: CIRI-EC)	[Task 2.2: Elaborazione profili consumo-surplus energia elettrica e termica]																													
Task 2.1: Analisi dati e monitoraggio energetico edifici campione	[Task 3.1: Identificazione materiali termochimici (TCM) e definizione preliminare sistema di accumulo]																													
Task 2.2: Elaborazione profili consumo-surplus energia elettrica e termica	[Task 3.2: Caratterizzazione TCM e identificazione soluzioni ai problemi di corrosione]																													
WP 3: Sistemi di accumulo termico per le CER (WP leader: TERNEROB)	[Task 3.3: Caratterizzazione accumulo termico con materiali a cambio di fase (PCM)]																													
Task 3.1: Identificazione materiali termochimici (TCM) e definizione preliminare sistema di accumulo	[Task 4.1: Analisi prestazioni e localizzazione accumuli elettrici all'interno della rete]																													
Task 3.2: Caratterizzazione TCM e identificazione soluzioni ai problemi di corrosione	[Task 4.2: Ottimizzazione gestione termica dei sistemi di accumulo elettrici]																													
Task 3.3: Caratterizzazione accumulo termico con materiali a cambio di fase (PCM)	[Task 5.1: Modellazione del comportamento dei componenti di una CER]																													
WP 4: Sistemi di accumulo elettrico per le CER (WP leader: CIDEA)	[Task 5.2: Sviluppo di una soluzione IT in grado di simulare il comportamento delle CER con soluzioni innovative proposte sviluppate]																													
Task 4.1: Analisi prestazioni e localizzazione accumuli elettrici all'interno della rete	[Task 6.1: Predisposizione di materiale per la diffusione (quali logo, sito web di progetto, video con le imprese)]																													
Task 4.2: Ottimizzazione gestione termica dei sistemi di accumulo elettrici	[Task 6.2: Organizzazione di iniziative di presentazione e valorizzazione dei contenuti del progetto e suoi risultati]																													
WP 5: Tool per la gestione integrata di accumuli termici ed elettrici innovativi all'interno delle CER (WP leader: EN&TECH)	[Rendicontazioni finanziarie e scientifiche]																													
Task 5.1: Modellazione del comportamento dei componenti di una CER	[RT.1]																													
Task 5.2: Sviluppo di una soluzione IT in grado di simulare il comportamento delle CER con soluzioni innovative proposte sviluppate	[RT.2]																													
WP 6: Diffusione e divulgazione dei risultati (WP leader: LARCOICOS)	[RT.3]																													
Task 6.1: Predisposizione di materiale per la diffusione (quali logo, sito web di progetto, video con le imprese)	[RT.4]																													
Task 6.2: Organizzazione di iniziative di presentazione e valorizzazione dei contenuti del progetto e suoi risultati	[RT.5]																													
Rendicontazioni finanziarie e scientifiche	[RT.F]																													

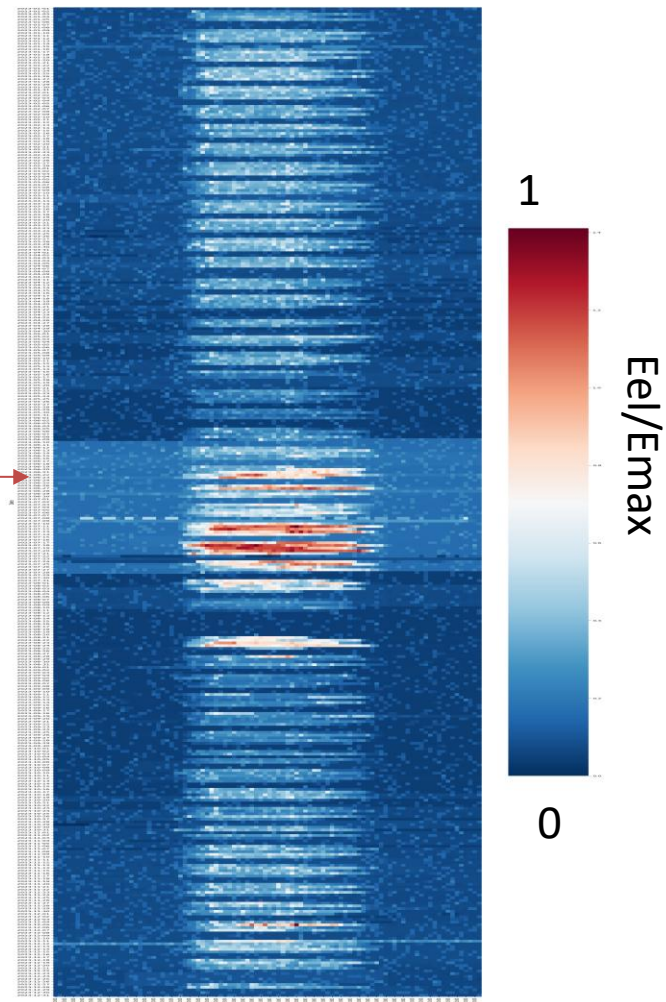
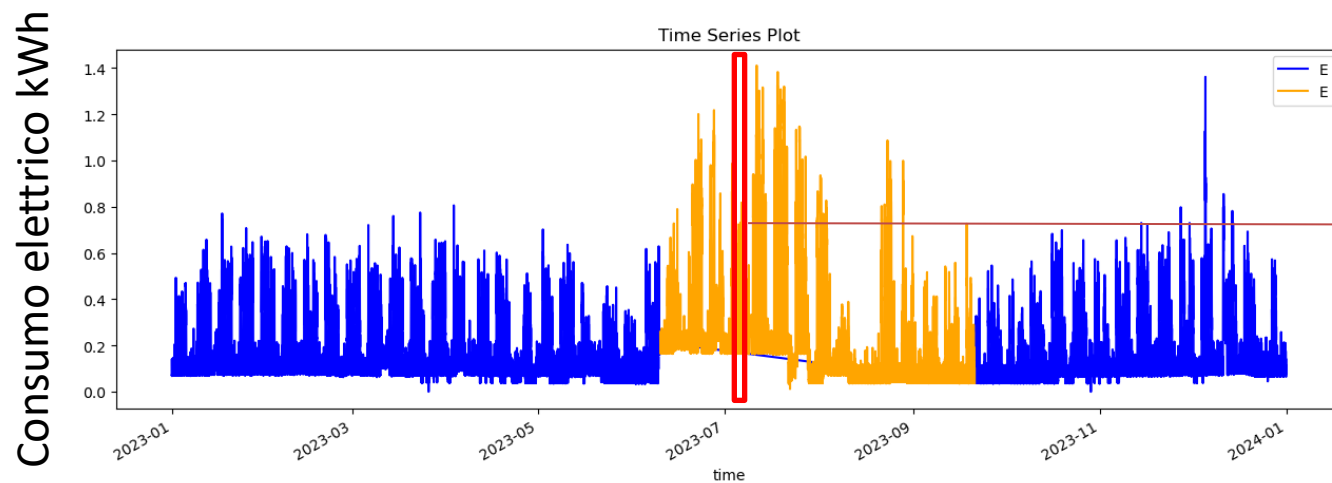
T0 = 30/01/2024

Multi-Objective Optimization (1)



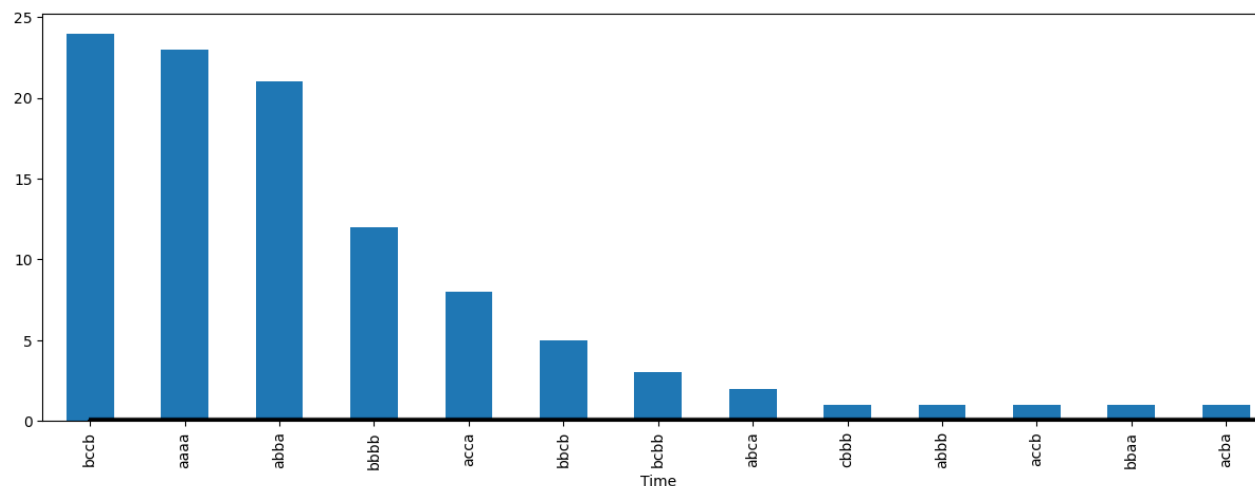
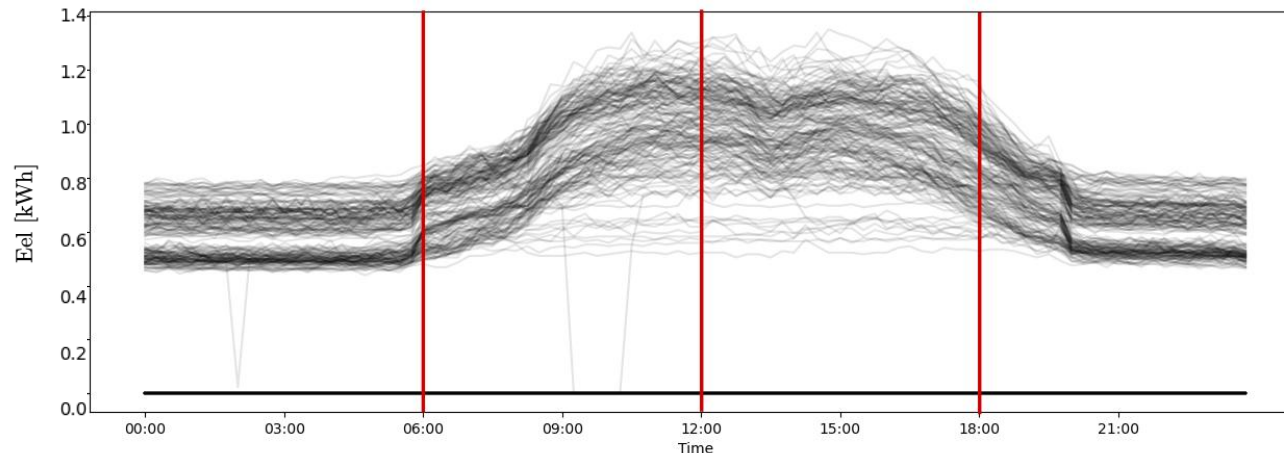


Symbolic Aggregate approXimation (SAX), permette di identificare i pattern piu comuni e quelli discoranti



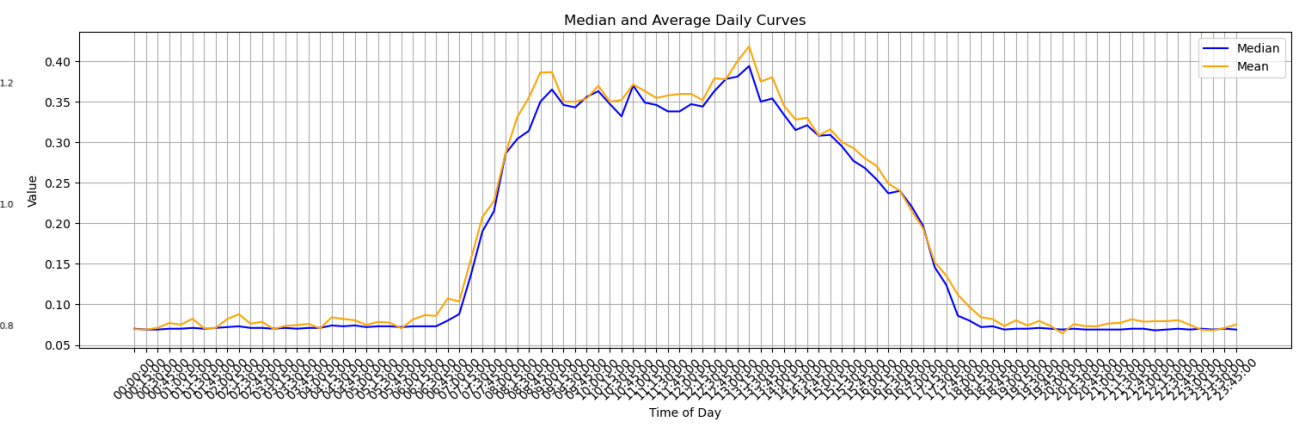
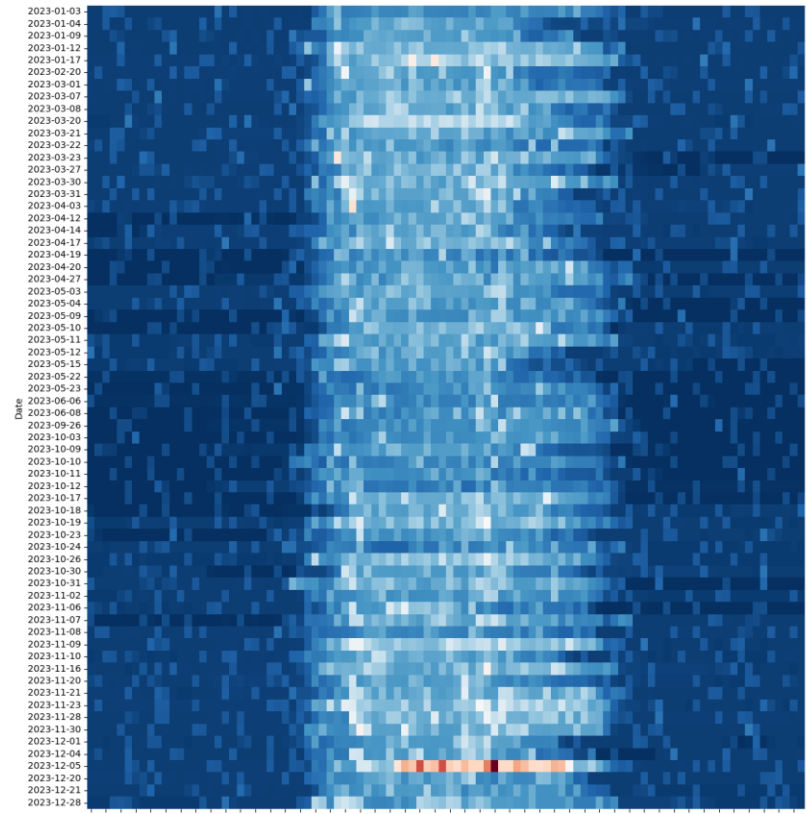
Symbolic Aggregate approXimation (SAX), permette di identificare i pattern piu comuni e quelli discordanti

Passo temporale di 6 ore



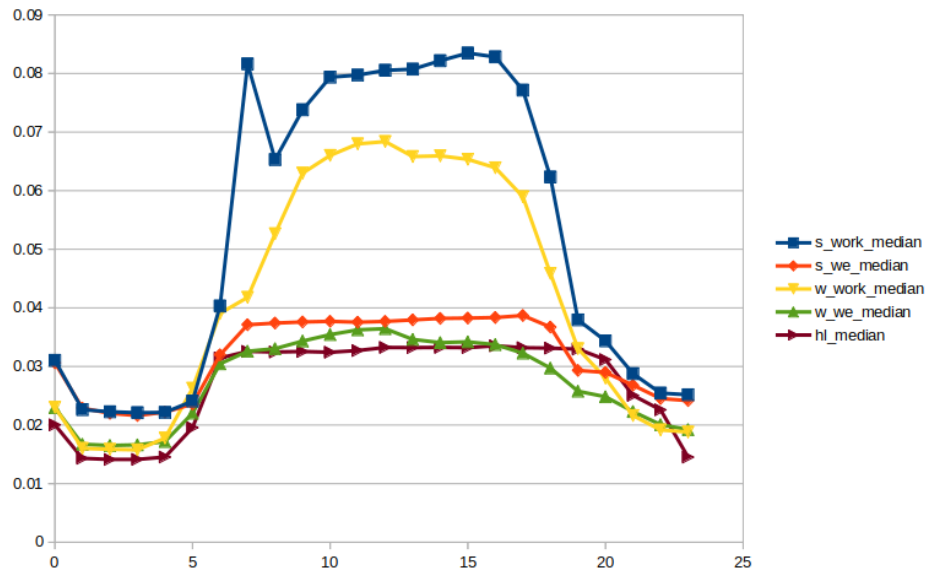
Symbolic Aggregate approXimation (SAX), permette di identificare i pattern più comuni e quelli discordanti

bccb – pattern più comune

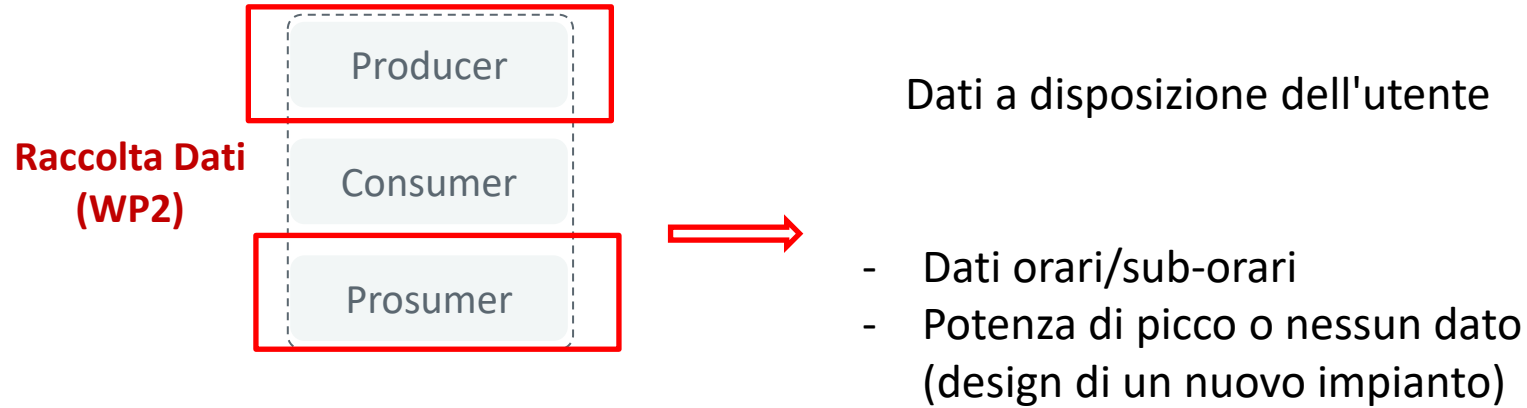


In questo caso si possono usare i profili tipo ricostruiti per le diverse destinazioni d'uso.

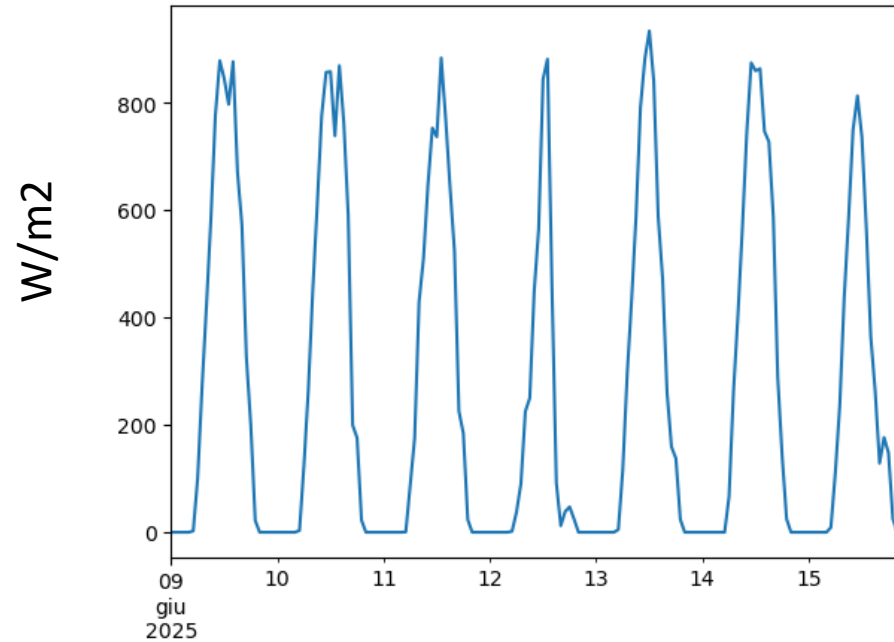
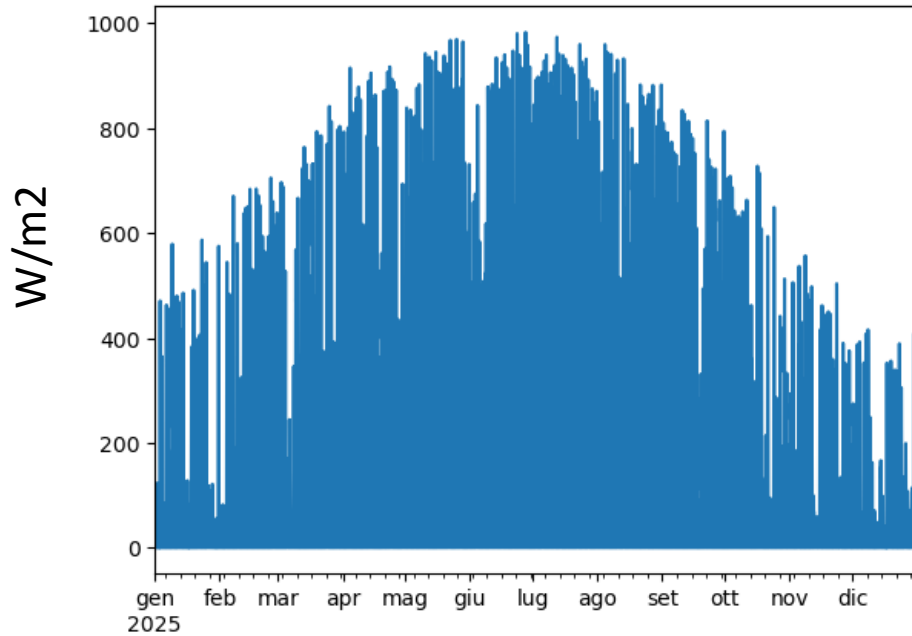
Uffici

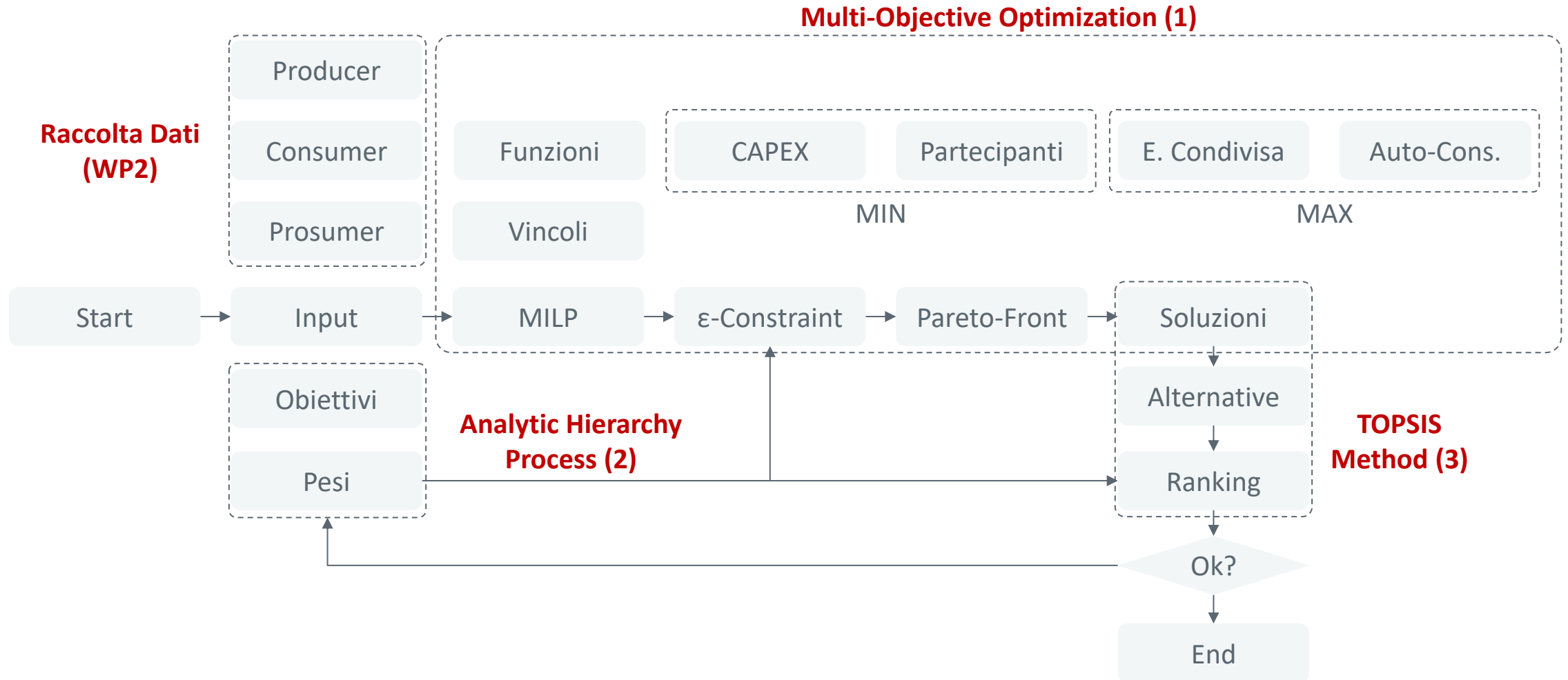


Utilizzando i dati presenti nelle bollette si potrà ricostruire i consumi orari per le varie giornate di riferimento.



Modello di Perez: a partire dal TRY, dalla geolocalizzazione e dal l'inclinazione del pannello possiamo stimare le curve di produzione





Multi-Objective Optimization (1)

$$\min \sum_{r \in \mathcal{R}} (\Theta_r ICr_r + MCr_r) + \sum_{b \in \mathcal{B}} (\Theta_b ICb_b + MCb_b) - \sum_{p \in \mathcal{P}} \gamma_p^p \sum_{t \in \mathcal{T}} sP_p^t - \sum_{r \in \mathcal{R}} \gamma_r^r \sum_{t \in \mathcal{T}} sR_r^t$$

f_1 : Costi

$$\min \sum_{c \in \mathcal{C}} xC_c$$

f_2 : Componenti

$$\max \sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{c \in \mathcal{C}} \left(\sum_{p \in \mathcal{P}} yP_{p,c}^t + \sum_{r \in \mathcal{R}} yR_{r,c}^t + \sum_{b \in \mathcal{B}} \sum_{r \in \mathcal{R}} \frac{1}{\eta_b} ydec_{b,r,c}^t \right)$$

f_3 : Energia Condivisa

$$\max \sum_{p \in \mathcal{P}} \sum_{t \in \mathcal{T}} sP_p^t + \sum_{r \in \mathcal{R}} \sum_{t \in \mathcal{T}} sR_r^t$$

f_4 : Energia Auto-consumata

$$s. t. \quad Dc_c^t \geq \sum_{p \in \mathcal{P}} yP_{p,c}^t + \frac{1}{\eta_c} \sum_{b \in \mathcal{B}} \sum_{r \in \mathcal{R}} ydec_{b,r,c}^t + \sum_{r \in \mathcal{R}} yR_{r,c}^t \quad \forall c, t$$

$$Ep_p^t xP_p \geq \sum_{c \in \mathcal{C}} yP_{p,c}^t \quad \forall p, t$$

$$Er_r^t xR_r \geq \sum_{c \in \mathcal{C}} yR_{r,c}^t + \sum_{b \in \mathcal{B}} yB_{b,r}^t \quad \forall r, t$$

$$e_{b,r}^1 = 0 \quad \forall b, r$$

$$e_{b,r}^t \leq e_{b,r}^{t-1} (1 - \varphi_b) + \eta_b yB_{b,r}^t - \frac{1}{\eta_b} \sum_{c \in \mathcal{C}} ydec_{b,r,c}^t \quad \forall b, r, t = 2, \dots, T$$

$$\sum_{r \in \mathcal{R}} e_{b,r}^t \geq SB_b xB_b \quad \forall b, t = 2, \dots, T$$

$$yB_{b,r}^t \leq ST_b xB_b - e_{b,r}^{t-1} \quad \forall b, r, t = 2, \dots, T$$

$$\sum_{r \in \mathcal{R}} e_{b,r}^t \leq ST_b \quad \forall b, t$$

$$yB_{b,r}^t \leq M h_{b,r}^t \quad \forall b, r, t$$

$$\sum_{c \in \mathcal{C}} ydec_{b,r,c}^t \leq M(1 - h_{b,r}^t) \quad \forall b, r, t$$

$$sP_p^t \leq \sum_{c \in \mathcal{C}} yP_{p,c}^t \quad \forall p, t$$

$$sR_r^t \leq \sum_{b \in \mathcal{B}} \frac{1}{\eta_b} \sum_{c \in \mathcal{C}} ydec_{b,r,c}^t + \sum_{c \in \mathcal{C}} yR_{r,c}^t \quad \forall r, t$$

Analytic Hierarchy Process (2)

Obiettivo: definire i pesi dei criteri f_1, f_2, f_3, f_4 (le 4 funzioni obiettivo).

Ogni decisore compila una matrice $A^{(d)}$ confrontando i criteri due a due (scala Saaty)

Valore	Significato
1	Importanza uguale
3	Moderata importanza
5	Forte importanza
7	Molto forte importanza
9	Estrema importanza
2, 4, 6, 8	Valori intermedi

$$A^{(d)} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12}^{(d)} & a_{13}^{(d)} & a_{14}^{(d)} \\ \frac{1}{a_{12}^{(d)}} & 1 & a_{23}^{(d)} & a_{24}^{(d)} \\ \frac{1}{a_{13}^{(d)}} & \frac{1}{a_{23}^{(d)}} & 1 & a_{34}^{(d)} \\ \frac{1}{a_{14}^{(d)}} & \frac{1}{a_{24}^{(d)}} & \frac{1}{a_{34}^{(d)}} & 1 \end{bmatrix}$$

Si calcola il peso dei criteri, considerando che $v^{(d)}$ è il vettore associato al massimo autovalore $\lambda_{max}^{(d)}$ di $A^{(d)}$

$$w^{(d)} = \frac{v^{(d)}}{\sum_{i=1}^4 v_i^{(d)}}$$

Si verifica la consistency ratio (CR) per controllare la coerenza dei giudizi (CR < 0.1 è accettabile).

$$CI^{(d)} = \frac{\lambda_{max}^{(d)} - n}{n - 1}, \quad n = 4$$

$$CR^{(d)} = \frac{CI^{(d)}}{RI_4}, \quad RI_4 = 0.90$$

Si calcolano prima i pesi individuali e poi si fa la media dei vettori risultanti

$$a_{ij} = \left(\prod_{d=1}^D a_{ij}^{(d)} \right)^{\frac{1}{D}}$$

TOPSIS Method (3)

Obiettivo: ordinare le soluzioni non dominate del fronte di Pareto.

Omogeneizzazione del verso
(beneficio)

$$y_{ij} = \begin{cases} x_{ij}, & t_j = \max, \\ -x_{ij}, & t_j = \min, \end{cases}$$

Normalizzazione a norma
vettore

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}}, \quad v_{ij} = w_j r_{ij}$$

Ponderazione con pesi AHP

$$v_{ij} = w_j r_{ij}$$

Soluzioni ideali (best/worst)
per colonna

$$v_j^+ = \max_i v_{ij}, \quad v_j^- = \min_i v_{ij}$$

Calcolo delle distanze
euclidee a ideali

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^4 (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^4 (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Coefficiente di vicinanza e
ranking per C_i decrescente

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

- $A = \{a_1, \dots, a_m\}$: alternative
- $X = [x_{ij}]_{m \times 4} \in \mathbb{R}^{m \times 4}$ prestazioni
- $w = (w_1, \dots, w_4)$ pesi già calcolati
- Verso dei criteri $t_j \in \{max, min\}$

Raccolta dati per database (Consumer)

- Nome consumatore
- Tipo consumatore (residenziale, industriale, uffici, commerciale)
- Forma giuridica (persona fisica o giuridica)
- Consumi (kWh)

Raccolta dati per database (Prosumer)

- Nome prosumer
- Tipo fonte energia rinnovabile (solare, eolica, biogas, idrogeno)
- Tipo consumo (residenziale, industriale, uffici, commerciale)
- Potenza disponibile contatore finale
- Consumi (kWh)
- Posizione impianto
- Specifiche tecniche impianto fotovoltaico (potenza di picco installato, inclinazione, orientamento)
- Batteria di accumulo (capacità batteria, costo batteria)
- Costo totale investimento (tipo investitore (fisico o giuridico), CAPEX, OPEX)
- Prestito (importo finanziato, tasso interesse, durata)
- Incentivi fiscali (contributo in conto capitale, importo sconto)
- Criteri di ammissibilità
- Obblighi integrazione fonti rinnovabili in edifici di nuova costruzione
- Accesso ad altre forme di incentivo in conto esercizio (diverse da decreto CACER)
- Utilizzo Superbonus
- Contributi in conto capitale > 40% costi investimento ammissibili
- Altre forme di sostegno pubblico > 40% costi investimento ammissibili
- Parametri avanzati (IRES, IRAP, WACC, Detrazione IVA, Sconto IVA)

Raccolta dati per database (Producer)

- Nome producer
- Tipo fonte energia rinnovabile (solare, eolica, biogas, idrogeno)
- Posizione impianto
- Specifiche tecniche impianto fotovoltaico (potenza di picco installato, inclinazione, orientamento)
- Costo totale investimento (tipo investitore (fisico o giuridico), CAPEX, OPEX)
- Prestito (importo finanziato, tasso interesse, durata)
- Incentivi fiscali (contributo in conto capitale, importo sconto)
- Criteri di ammissibilità
- Obblighi integrazione fonti rinnovabili in edifici di nuova costruzione
- Accesso ad altre forme di incentivo in conto esercizio (diverse da decreto CACER)
- Utilizzo Superbonus
- Contributi in conto capitale > 40% costi investimento ammissibili
- Altre forme di sostegno pubblico > 40% costi investimento ammissibili
- Parametri avanzati (IRES, IRAP, WACC, Detrazione IVA, Sconto IVA)

Cosa è stato fatto

- ✓ Analisi comparativa delle piattaforme SaaS italiane per CER
- ✓ Identificazione dei requisiti per un tool modulare
- ✓ Definizione di un approccio innovativo per supportare le decisioni sulle configurazioni CER
- ✓ Raccolta dati per costruzione di un database per gestire dati dei componenti

e prossimi passi

- Integrazione codice WP2 e WP5 per input dati e supporto alle decisioni
- Progettare un database relazionale centralizzato
- Realizzare un'interfaccia grafica intuitiva che permetta di inserire e aggiornare i dati della comunità, ottimizzare i componenti della CER e visualizzare indicatori chiave
- Preparazione di un paper per disseminare l'approccio integrato WP2-WP5
- Integrare pompe di calore e accumuli termici richiedendo dati a WP3:
 - Capacità utile per unità/modello
 - Potenza max di carica/scarica
 - Rendimenti di carica/scarica
 - Perdite a riposo
 - Range di temperatura operativo
 - CAPEX, OPEX, vita utile/cicli