

# *Transizione energetica e nuovi modelli sociali*

## *Dalle comunità energetiche rinnovabili ai Positive Energy District*

---

*Giovanni Delibra, Alessandro Corsini, Isabella Pizzuti, Erfan Tajalli-Ardekani*

**Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale**

**Sapienza Università di Roma**



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
MECCANICA E AEROSPAZIALE



**REGIONE  
LAZIO**

***[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)***



**DIMA Group for Sustainable Energy**

Il gruppo **DIMA for Sustainable Energy**

- **30+** professori, ricercatori, assegnisti di ricerca e dottorandi che si occupano di ricerca su:
  - sistemi energetici a fonti convenzionali e rinnovabili
  - macchine a fluido

Nell'ambito della transizione energetica ci occupiamo principalmente di:

- **Comunità Energetiche Rinnovabili**
- Ocean energy / Eolico on-shore
- Idrogeno verde e sistemi di storage elettrochimico
- Mobilità elettrica
- Macchine a fluido ad alto rendimento



An eco-pragmatic vision in transitioning to zero-carbon economy

“... modern energy is an essential pre-requisite for human developments and for decoupling development from nature ...” (*An Eco-Modernist Manifesto*, 2015)

## Challenges

... Whether the technologies involve physical machines (*hard*) or are enacted as human processes (*soft*) (McDonough e Kahn, 1996)

*Hard Technologies*

Soft Technologies

*Energy systems metabolism (complexity) modeling*

*Data Intelligence* (sensing & measurements)



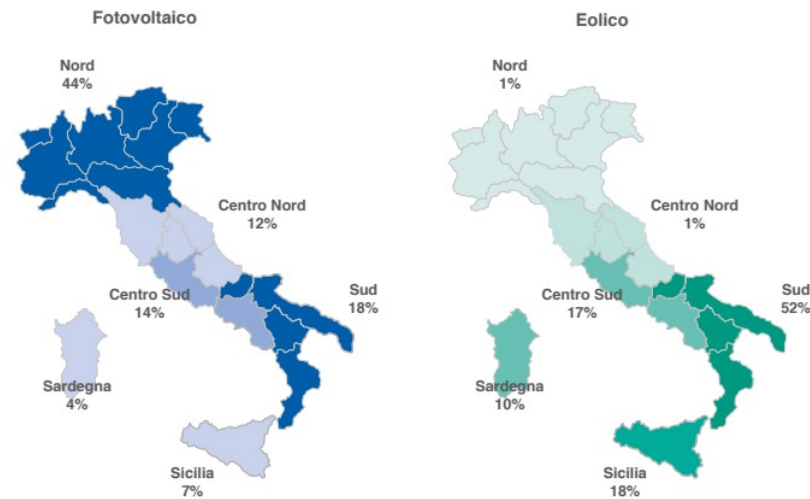


Terna





Fonte: Terna



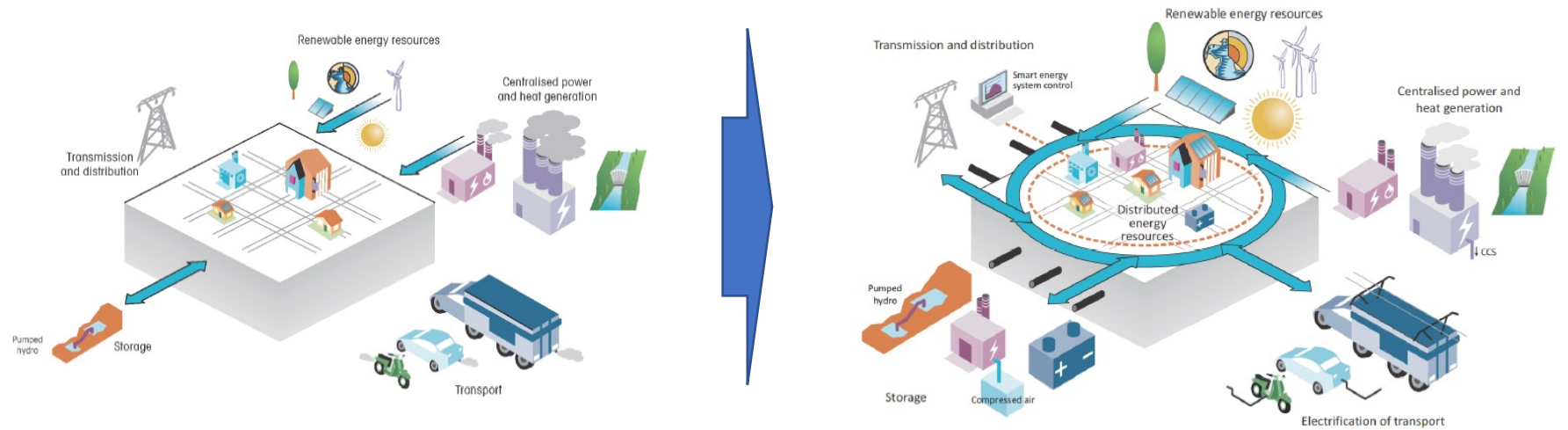
Unidirectional energy delivery philosophy

[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)









Fonte: Terna



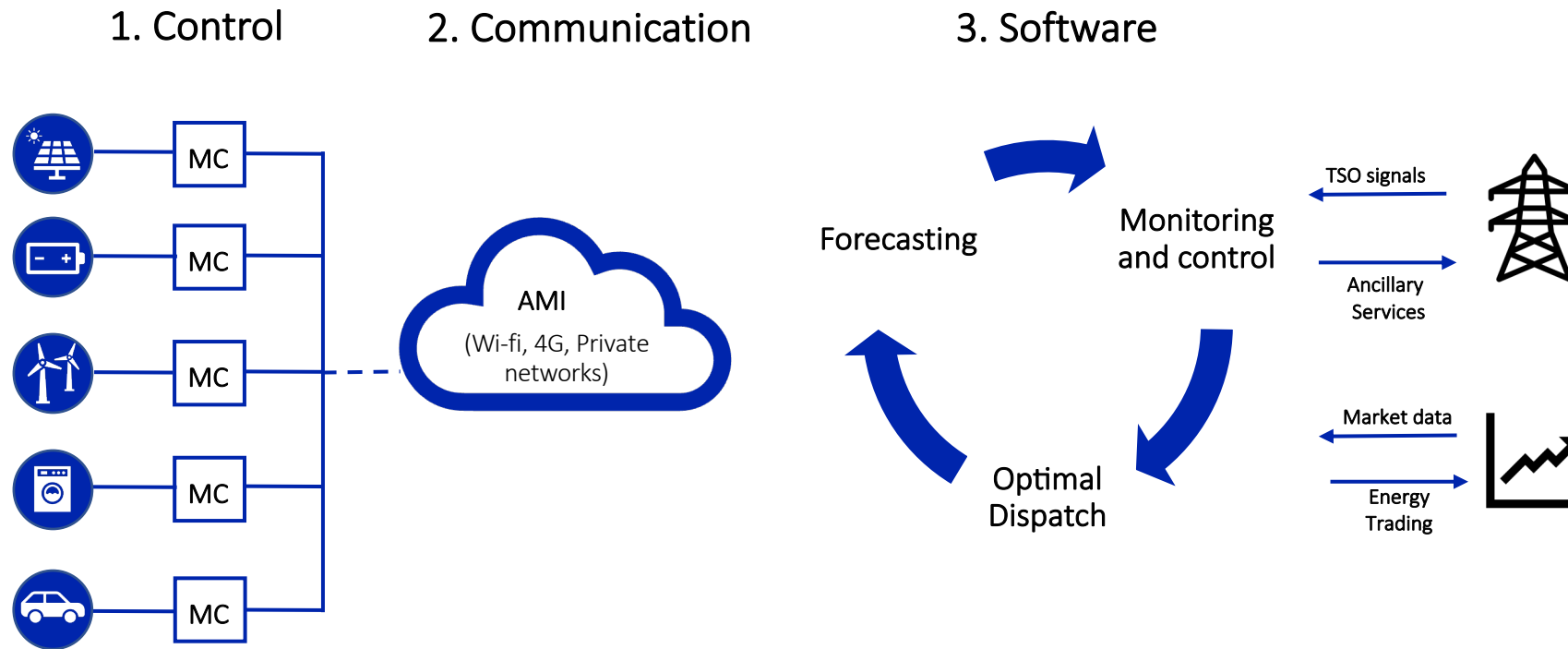
Unidirectional energy delivery philosophy

smarter, multidirectional and integrated energy systems

[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)

Cluster	Impatti sulla gestione del Sistema Elettrico
<div>Caratteristiche tecniche impianti FER</div> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione dell'inerzia del sistema</li> <li>Riduzione di risorse che forniscono <b>regolazione della tensione</b></li> <li>Riduzione della <b>potenza di cortocircuito</b></li> </ul>
<div>Non programmabilità impianti FER</div> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione di risorse che forniscono <b>regolazione della frequenza</b></li> <li>Riduzione del <b>margin</b> di adeguatezza</li> <li>Crescenti periodi di <b>over-generation</b> nelle ore centrali della giornata</li> <li>Crescente ripidità della <b>rampa serale del carico residuo</b></li> </ul>
<div>Localizzazione impianti FER</div> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento <b>congestioni di rete</b> per distribuzione non coerente degli impianti FER rispetto al consumo</li> <li>Crescenti problematiche di <b>gestione del sistema</b>, dovute all'aumento della Generazione Distribuita</li> </ul>
<div>Cambiamenti climatici</div> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento dei <b>disservizi sulla rete elettrica</b></li> </ul>

Terna



*Efficienza*  
(gestione della domanda e dell'offerta)

*Sostenibilità*  
(energetica e ambientale)

*Conoscenza* (sensing & measurements)

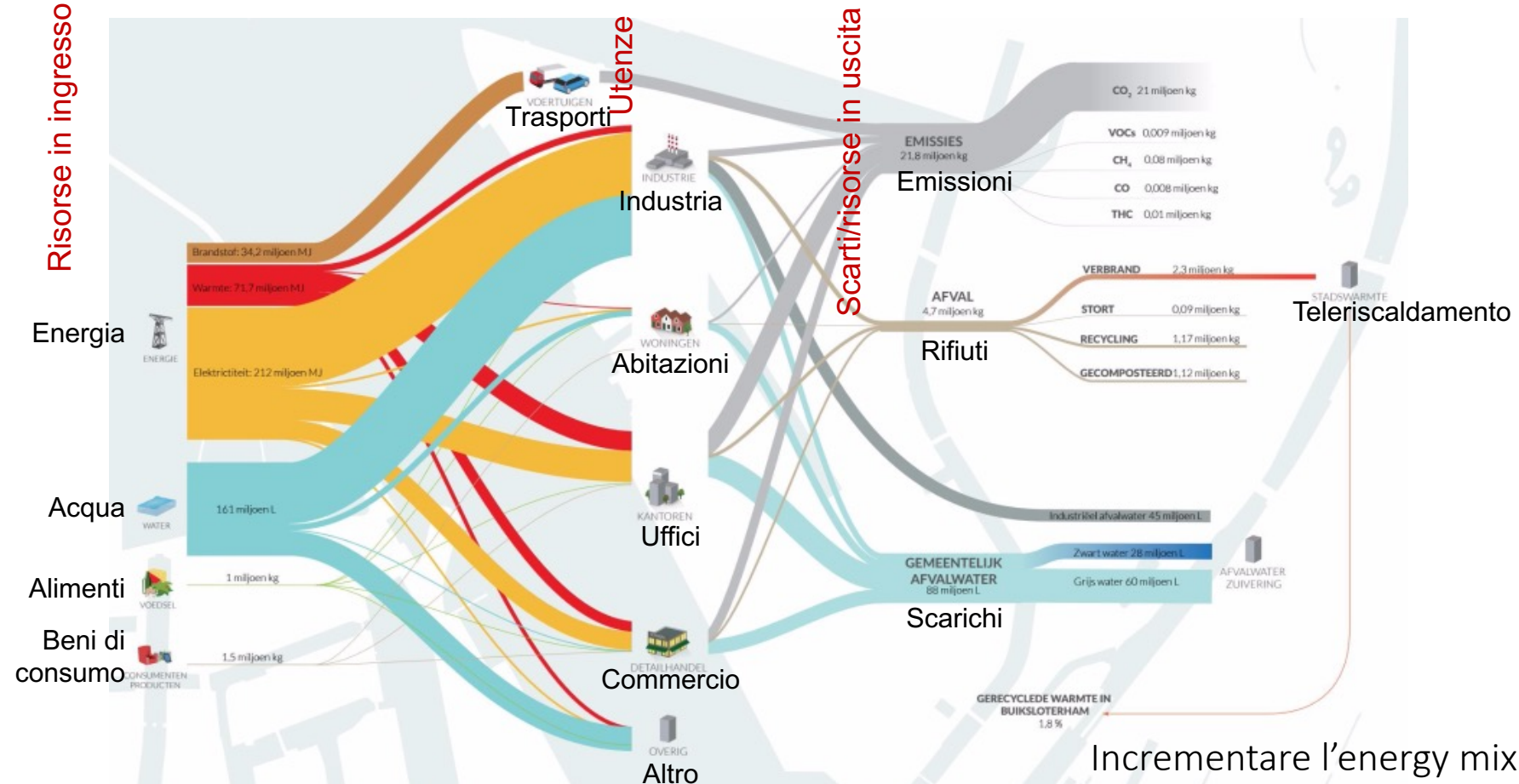
*Integrazione* (ICT)



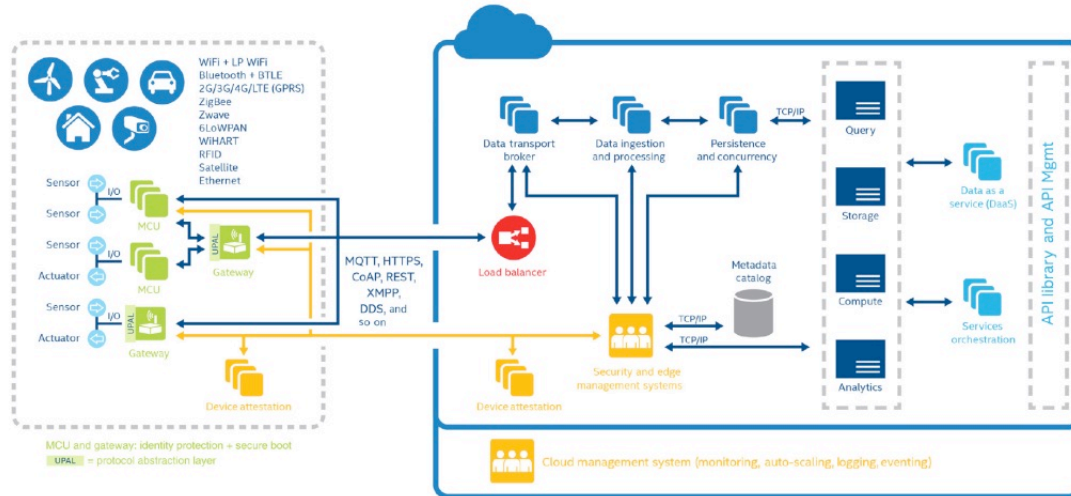


Amsterdam Circular Buiksloterham (2014)

Steering systems change through data science and innovation



Incrementare l'energy mix  
Attivare processi metabolici (uso, accumulo, generazione)  
Valorizzare dei flussi residui di materia/energia

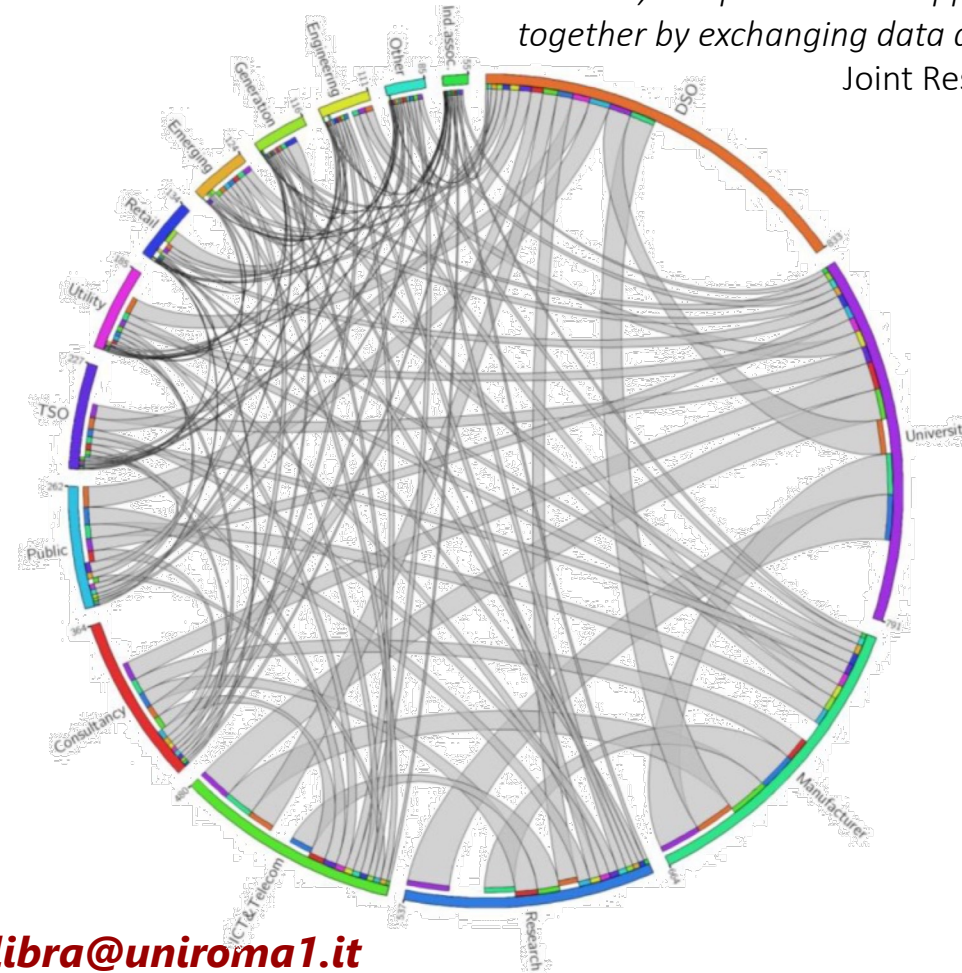


Intel's IoT reference model (Intel, 2015).

## Inter-operabilità

“The anticipated benefits stemming from smart, digital grids cannot materialise without guaranteeing appropriate levels of **interoperability** - i.e. the *ability of smart grid actors, components and applications to work together by exchanging data and information.*”

Joint Research Center EU



## Inter-operatività

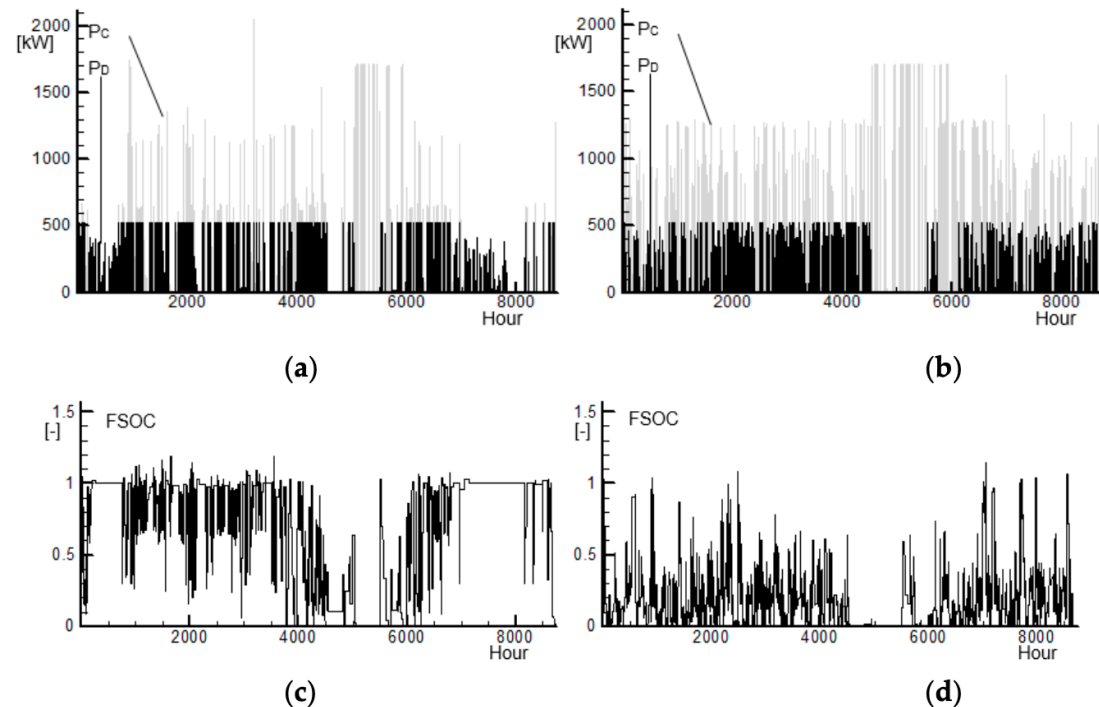
I progetti/dimostratori di smart systems richiedono l'attivazione di procedure operative tra una pluralità di portatori di interessi/competenze

Smart grid projects outlook 2017: facts, figures and trends in Europe (JRC Science Hub, 2017)

La crescita del peso delle FER (non programmabili) determina il ruolo chiave della flessibilità nella gestione dei flussi di energia/materia

Oltre alla flessibilità lato offerta (tecnologie ad alta capacità modulante), è critica la flessibilità lato-domanda DSM endogena alla comunità

Causa la variabilità quasi-stocastica della domanda/offerta di energia (e.g., heating or air conditioning), FER, la flessibilità dell'ecosistema deve essere dinamica e adottare strategicamente tecnologie ICT



**Figure 14.** Charge and discharge hourly power behavior and storage fractional state of charge for (a,c) scenario 1; (b,d) scenario 2.

Corsini et al. *Energies* 2019, 12, 3353; doi:10.3390/en12173353



La definizione “classica” di *energy positivity* richiede che “la generazione di energia elettrica/termica (locale o interna al distretto) supera la sua domanda”

Il valore associato con l’obiettivo di *energy positivity* è legato alla flessibilità del sistema energetico distrettuale declinata in termini di:

- *shifting (offerta-domanda), substitution, e utility trading*

Difficile da raggiungere su scala micro, l’*energy positivity* può essere raggiunta attraverso la gestione di ambiti territoriali (e quindi attori *emergenti*)

Possibili target nella gestione di Comunità EP

1. minimizzare le emissioni di CO2 (locali e di rete)
2. massimizzare l’uso locale di energia (*self-sufficiency di comunità*)
3. massimizzare il ritorno economico di comunità





## Definizione di CER

Una Comunità Energetica Rinnovabile (CER) è un soggetto giuridico il cui obiettivo principale è produrre energia da fonti energetiche rinnovabili (FER) e fornire benefici ambientali, economici o sociali a livello di comunità ai propri azionisti o membri o alle aree locali in cui opera, piuttosto che profitti finanziari e che si basa sulla partecipazione aperta e volontaria.

- Soggetto giuridico fondato sulla partecipazione aperta e volontaria di almeno due membri con carattere no profit
- Sono richiesti un atto costitutivo e uno statuto, indispensabili per costituire l'associazione

## Obiettivi

- Condividere l'energia e i risparmi generati dalla produzione rinnovabile



- liberi cittadini
- imprenditori sociali
- autorità pubbliche
- Enti territoriali (gli enti territoriali sono lo Stato, le Regioni, le Province, le Unioni di Comuni, le Comunità montane ed isolane)
- Piccole e medie imprese (PMI Meno di 250 addetti, fatturato fino a 50 M€ e/o stato patrimoniale fino a 43 M€)
- Sono esclusi **solo** i codici ATECO 35.11.00 e 35.14.00, ovvero quelli relativi alla commercializzazione e produzione di energia elettrica
- Anche se non è ammessa la partecipazione di aziende del settore energetico (fornitori e ESCO) questi possono prestare servizi di fornitura e di infrastruttura



L'introduzione della comunità energetica cambia i meccanismi di incentivazione:

- il premio non è più proporzionato alla totalità dell'energia rinnovabile prodotta ma alla sola quota parte dell'energia rinnovabile consumata in loco
- CER diventano uno strumento per mitigare gli effetti negativi dell'impianti rinnovabili sulla rete elettrica
- Le CER permettono la diffusione di impianti anche là dove altrimenti si necessiterebbe di un potenziamento dell'infrastruttura



- limite di potenza degli impianti ammessi ai meccanismi di incentivazione ➡ 1 MW
- Area territoriale ➡ cabina primaria
- Impianti entrati in esercizio prima del 15 dicembre 2021 ➡ 30% della potenza
- La *Legge 28 febbraio 2020, n. 8* continui ad applicarsi fino alla data di entrata in vigore dei provvedimenti da adottare da parte del MiTE e di ARERA





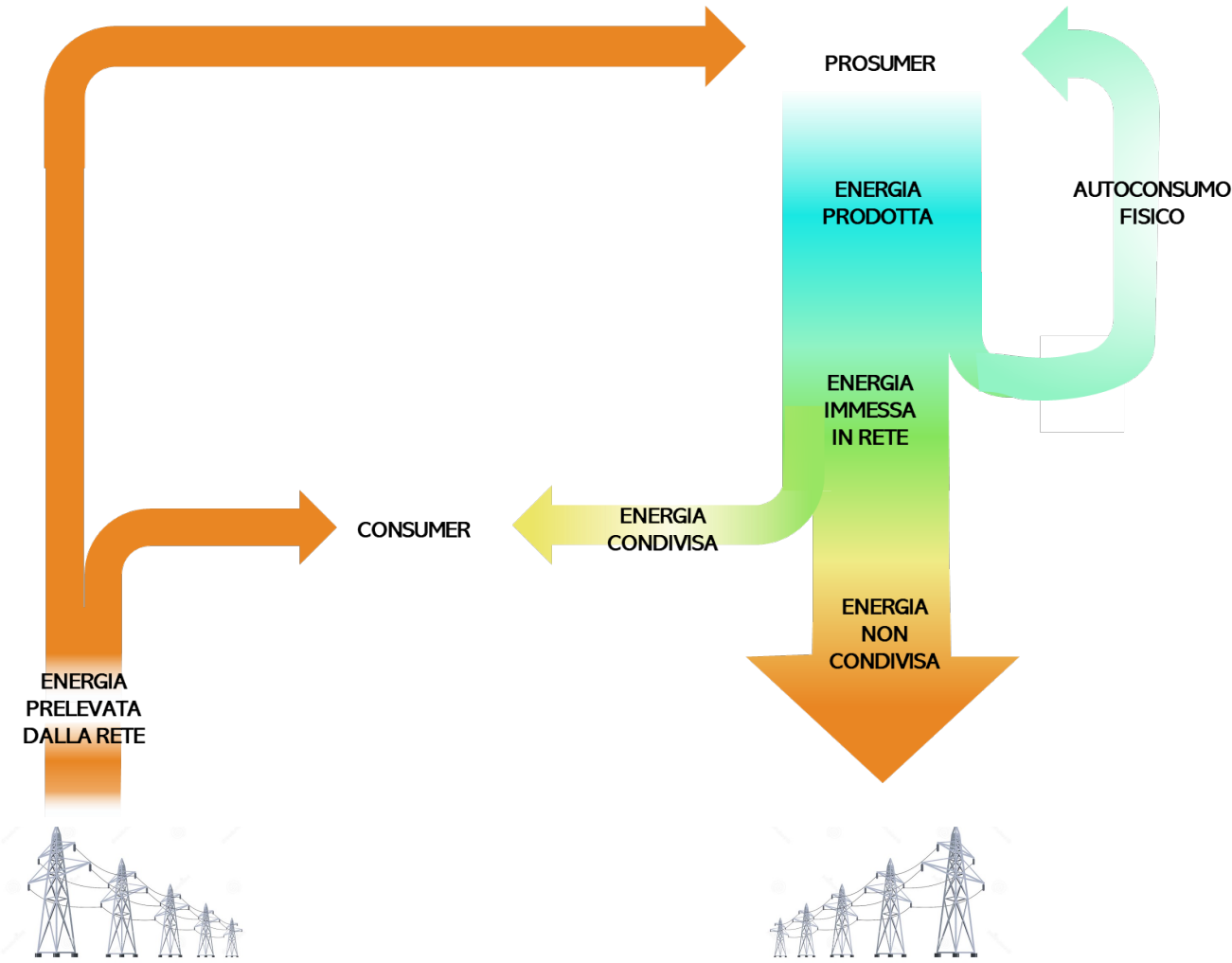
Ci aspettiamo che le comunità diventeranno più grandi e più complesse:

- in termini del mix di produzione, che potrà includere impianti eolici, a biomassa, a biocombustibili e sistemi integrati di produzione elettrica e calore; e
- All'aumentare della complessità si prevede un intervento sempre maggiore da parte dei privati e delle ESCO per l'aggregazione, la progettazione e la gestione.

Le comunità energetiche possono così accelerare la decentralizzazione del sistema energetico favorendo lo sviluppo di reti intelligenti.



## Flussi energetici



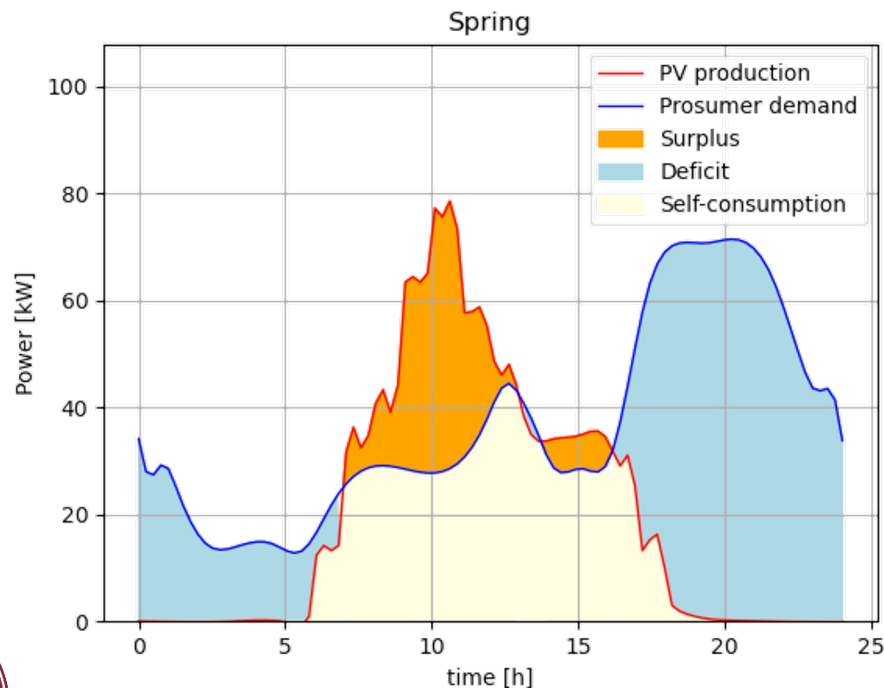
## Flussi economici

- Incentivo sull'energia condivisa → 110€/MWh
- Corrispettivo unitario → 7.78€/MWh + 0.59€/MWh
- Corrispettivi al GSE → copertura costi amministrativi
- Risparmio in bolletta → autoconsumo fisico
- Ricavi da energia venduta alla rete → Ritiro Dedicato
- Tasse sulla vendita di energia → % su energia venduta
- Agevolazioni fiscali → «Bonus 50%»



## Analisi dei flussi energetici fra un prosumer e la rete elettrica

Il prosumer è un utente fisicamente connesso ad un impianto di produzione dell'energia. Prevede una connessione diretta privata tra impianto/i di generazione e utenze domestiche, con un punto di accesso (POD – Point Of Delivery) alla rete pubblica.



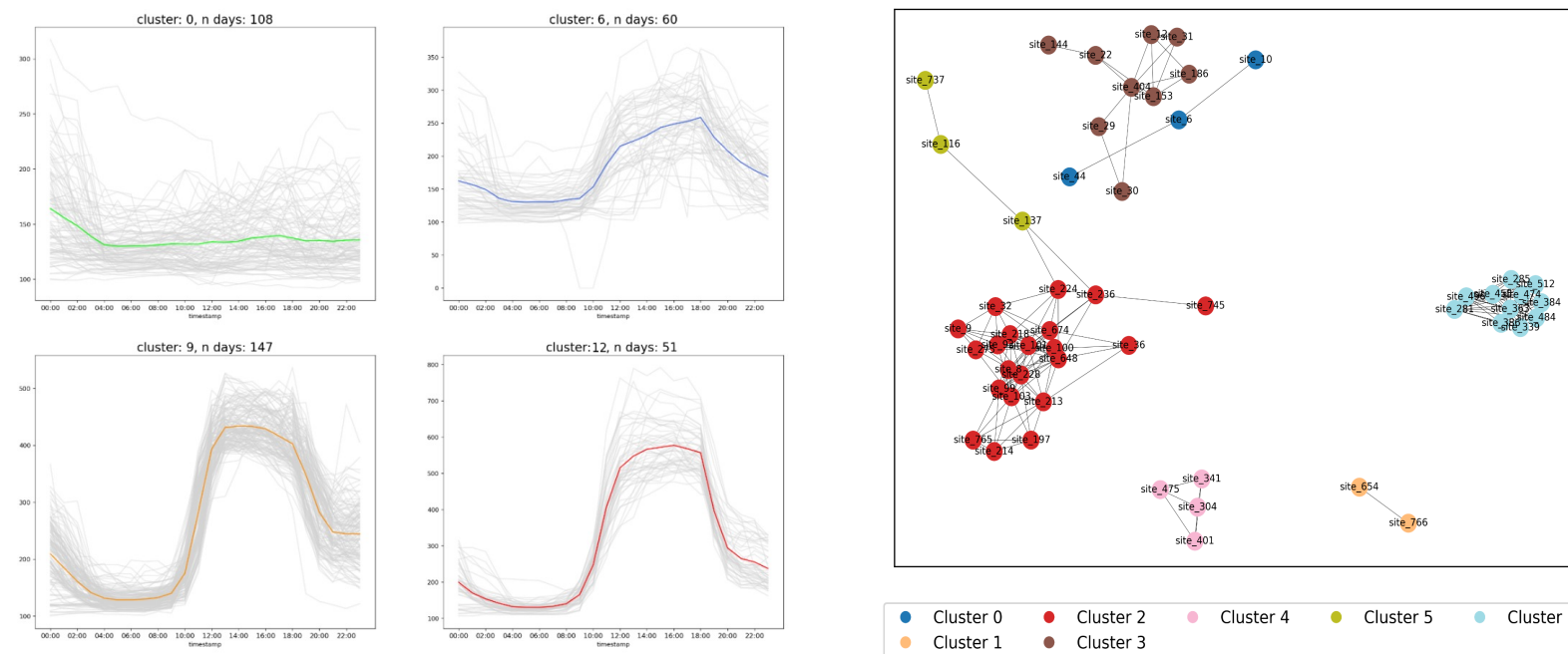
- L'autoconsumo fisico è l'energia prodotta e autoconsumata che rimane all'interno del perimetro della rete privata dell'edificio.
- Il surplus è l'eccesso di produzione rinnovabile che viene immesso in rete
- Il Deficit è la domanda di energia non coperta dall'impianto rinnovabile che dunque viene prelevata dalla rete elettrica



Macro-prosumers con **profili** diversi (e complementari?) di domanda e offerta (di energia e servizi tecnologici)

[Energy profiling of end-users in service and industry sectors with use of Complex Network Analysis,](#)

R Portera, F Bonacina, A Corsini, ES Miele, LR Celsi, E3S Web of Conferences 312, 10001



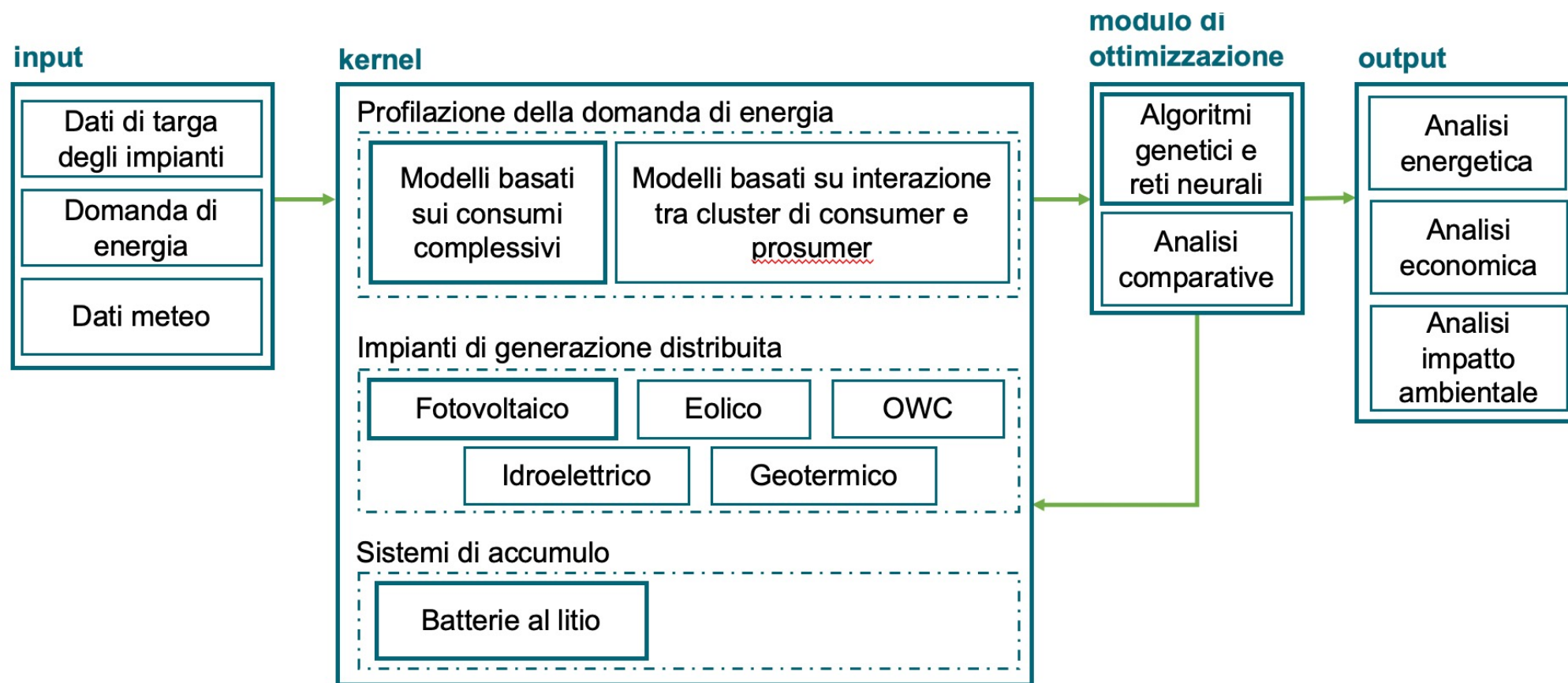
Applicazione di **strategie cooperative** tra macro-utenze per il bilanciamento delle reti

Comunità come **soggetto aggregatore** e coordinatore

[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)



## pyRECS-DIMA modellazione e l'ottimizzazione CER



### Caratteristiche principali

1. Open-source
2. Struttura modulare
3. Integrabile con le librerie Python

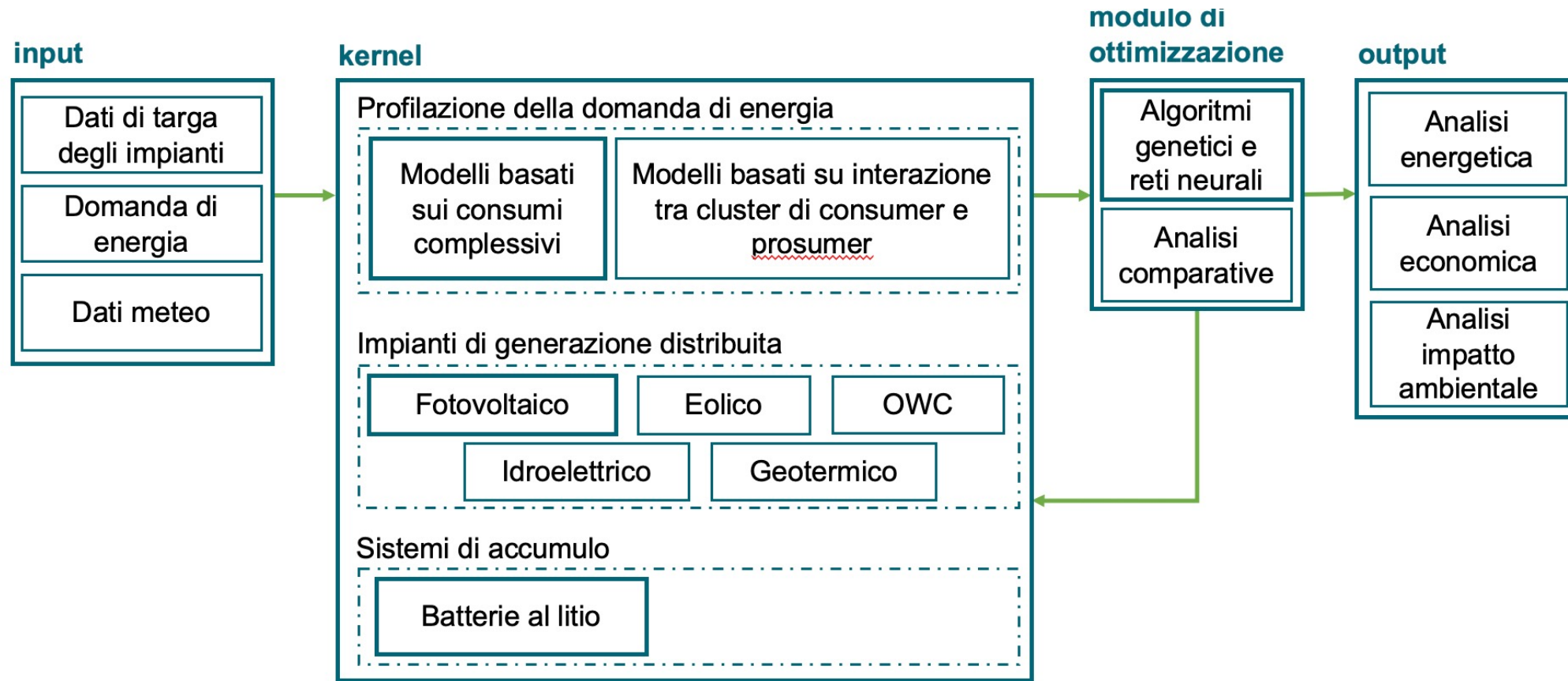
### Funzioni principali

1. Funzioni di calcolo
2. Funzioni di ottimizzazione
3. Funzioni di stima

### Impiego:

Supporto analisi e progettazione delle CER





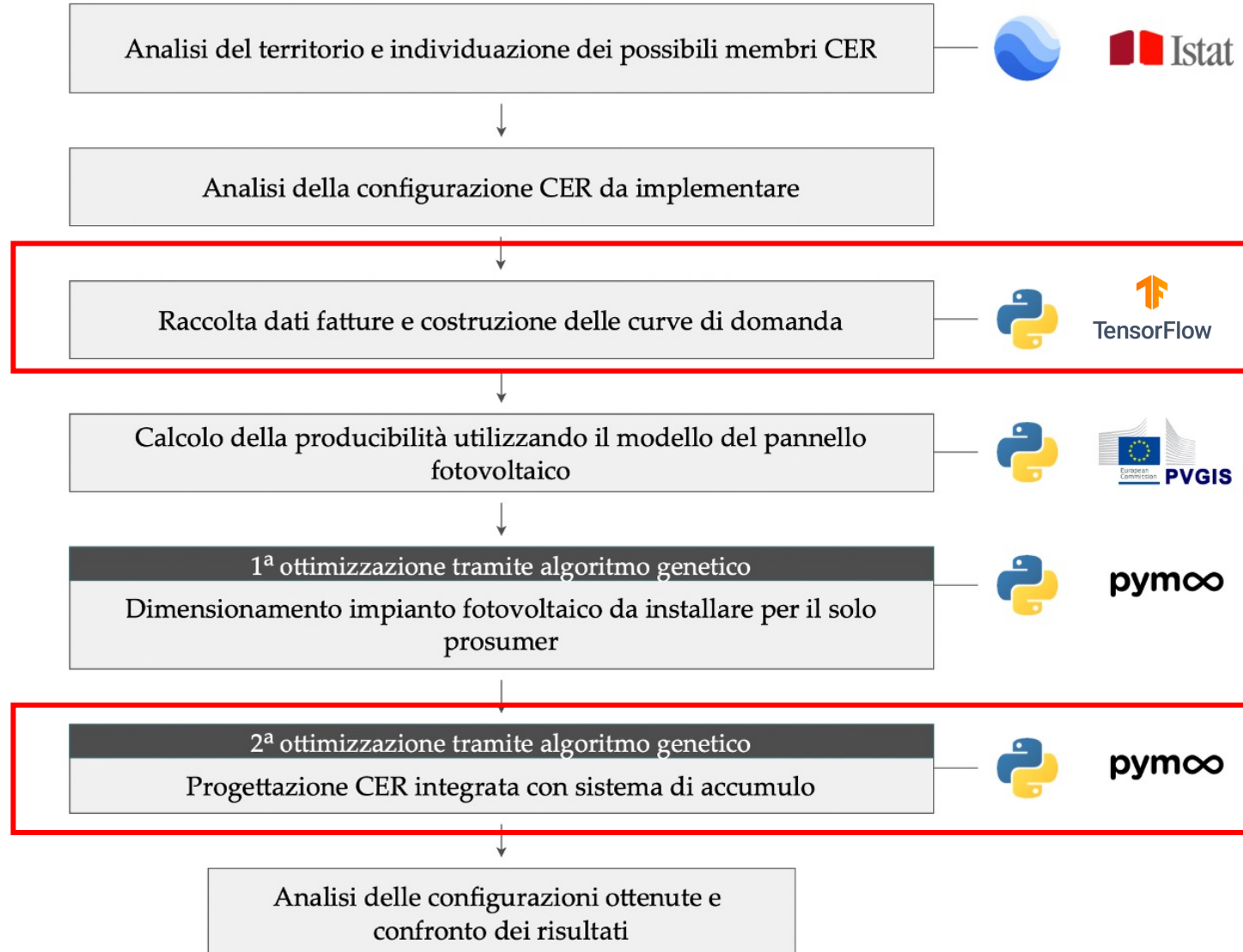
**pyRECS** verrà messo a disposizione entro giugno 2023, verrà presentato con una serie di incontri e sarà utilizzabile previa registrazione sul sito in maniera aperta e senza richiedere dati personali dei membri delle CER configurate

Nei mesi precedenti verrà rilasciato in fasi beta successive, inizialmente per un pubblico di tester ristretto e poi per tutti

[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)

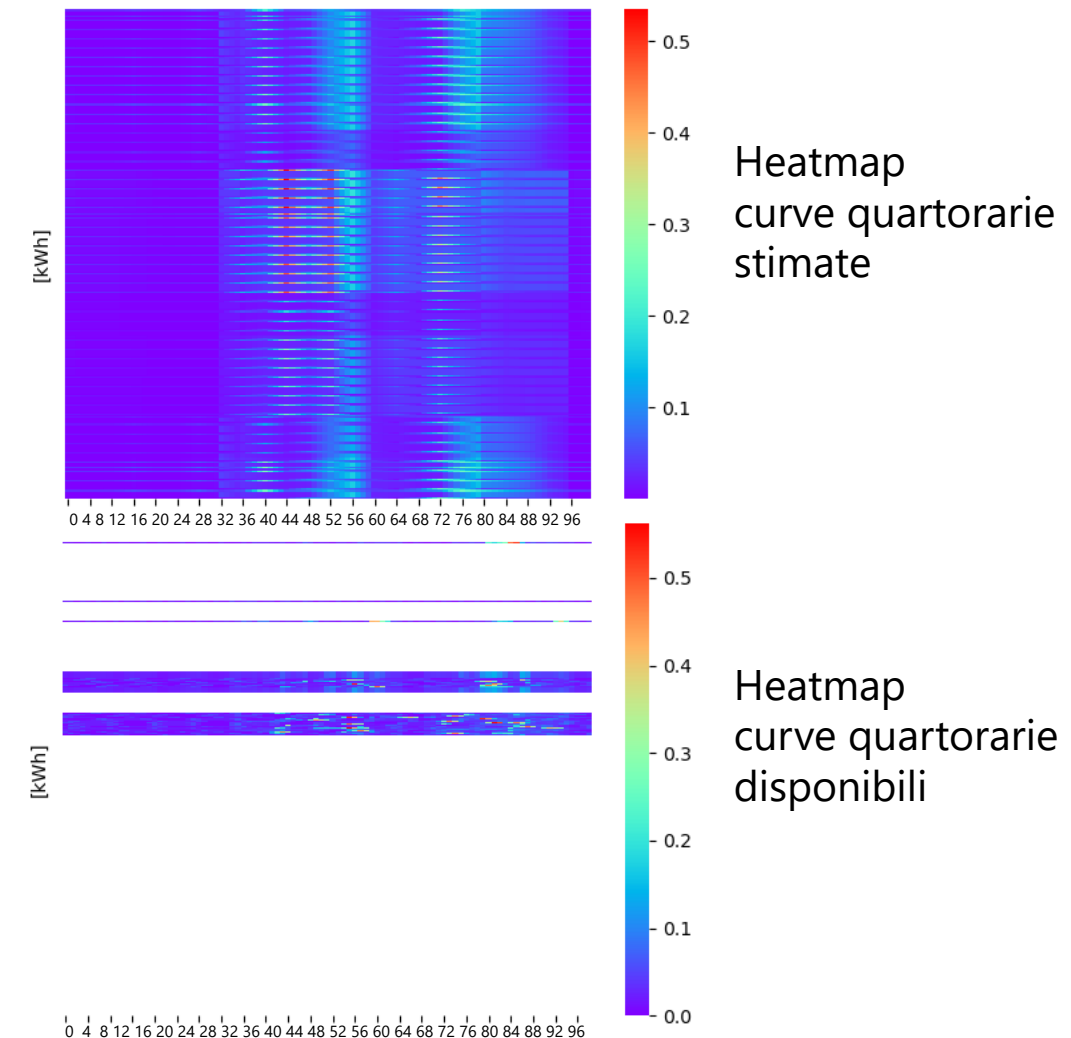




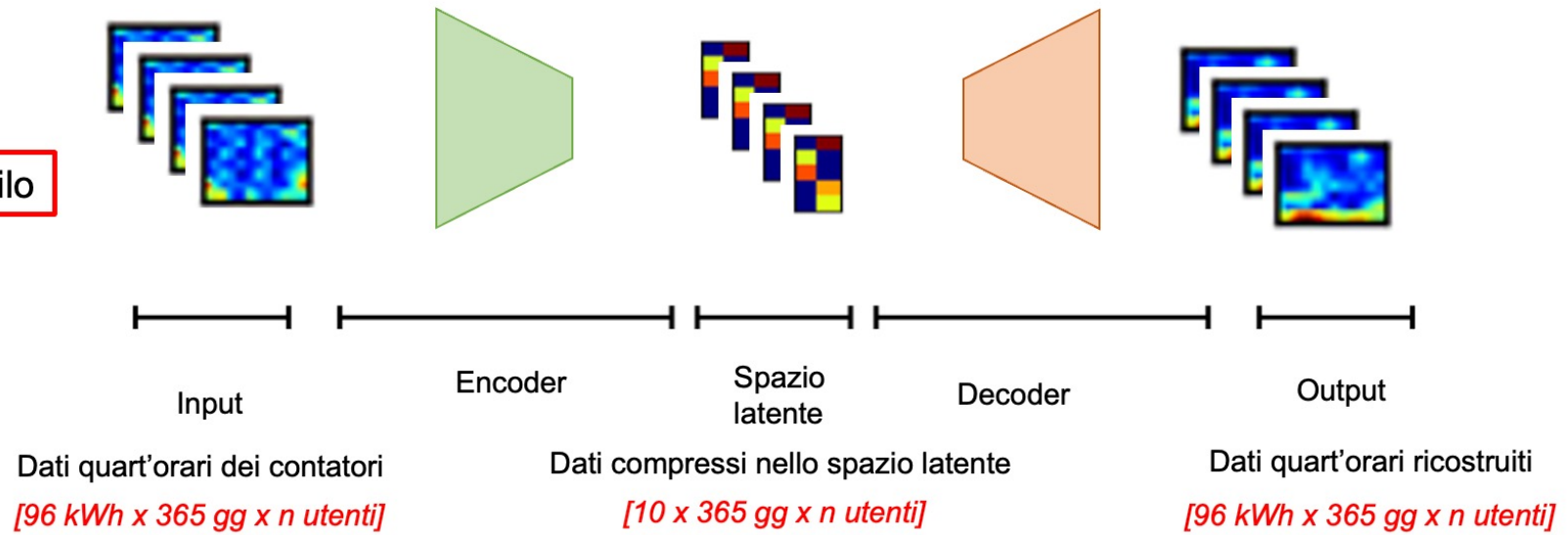


I dati di consumo quartorari sono disponibili solo per i 15 utenti provvisti di contatore elettronico di seconda generazione. La frequenza di lettura è discontinua per alcuni mesi, mentre per altri mesi i dati sono assenti.

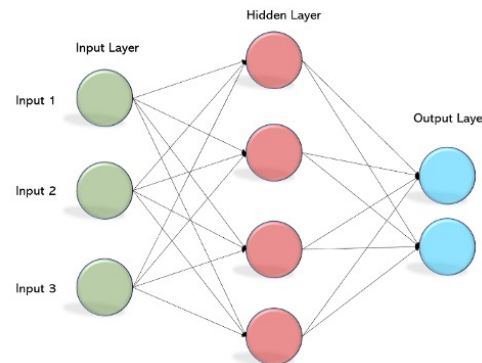
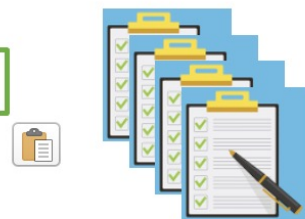
- Suddivisione delle curve di carico quartorarie disponibili in gruppi lavorativi, festivi e prefestivi per le stagioni invernale ed estiva
- Applicazione algoritmo di clustering per determinare curve di riferimento normalizzate
- Costruzione curva normalizzata annuale
- Determinazione fattore di scala mensile per ciascuna delle tre fasce orarie
- Validazione dei risultati tramite heatmap

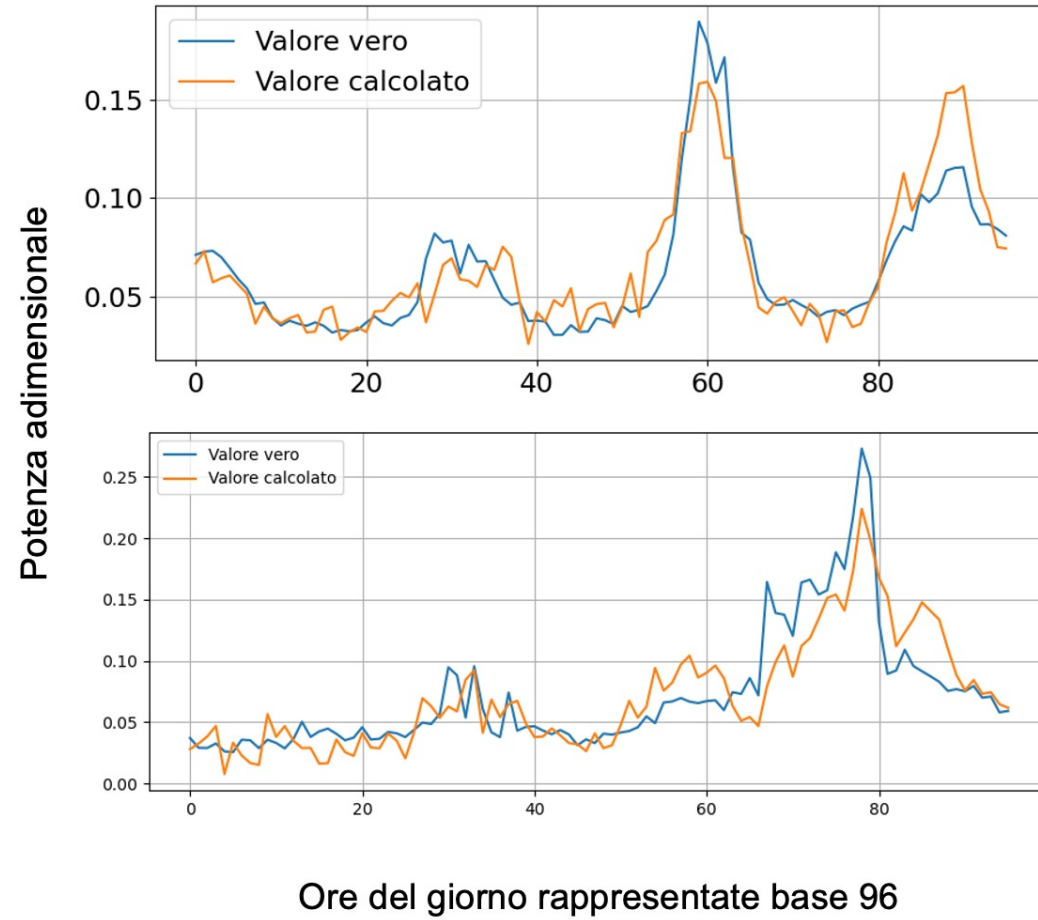
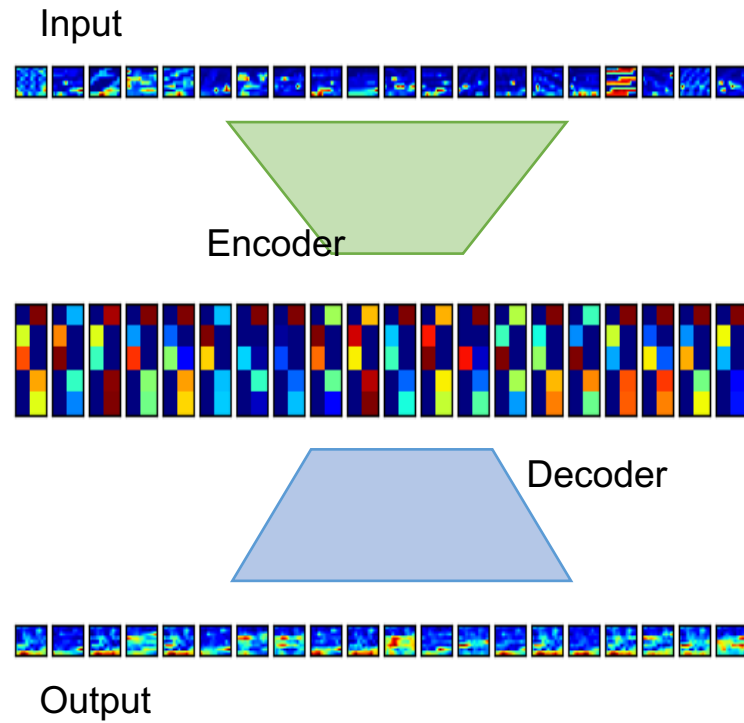


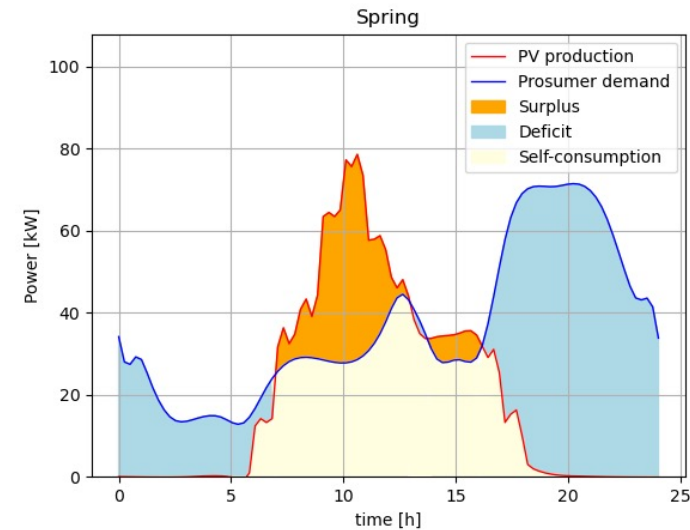
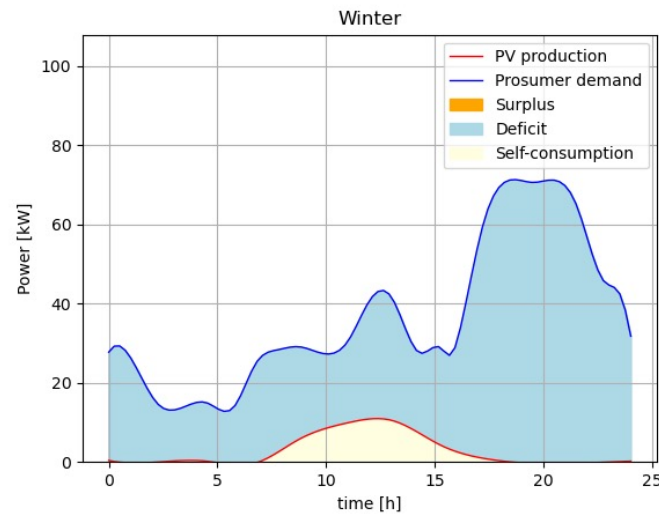
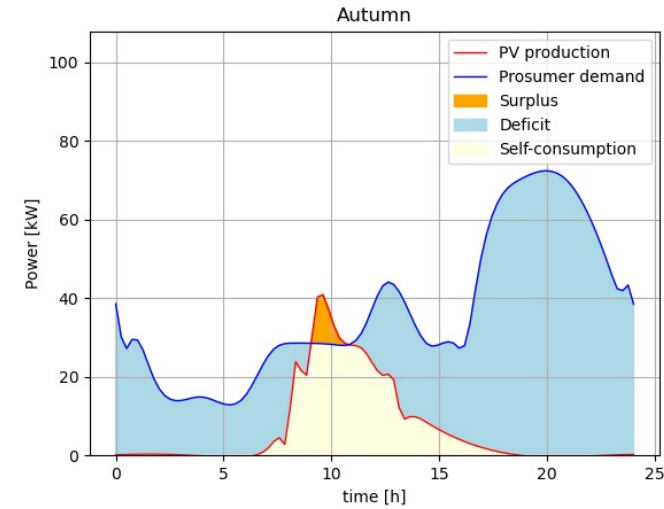
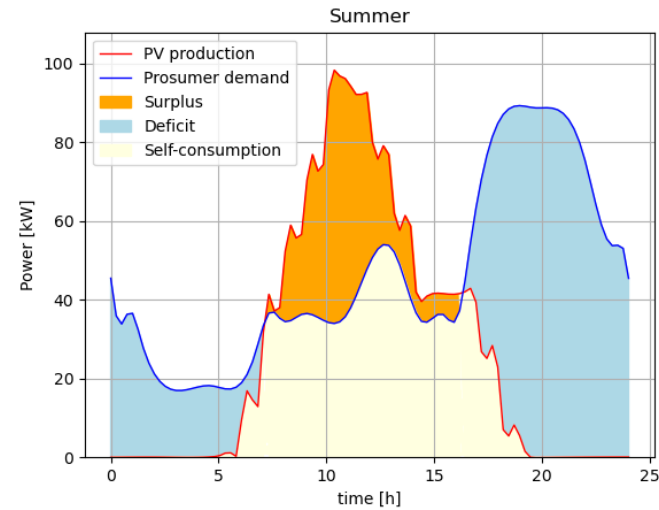
Ricostruzione profilo



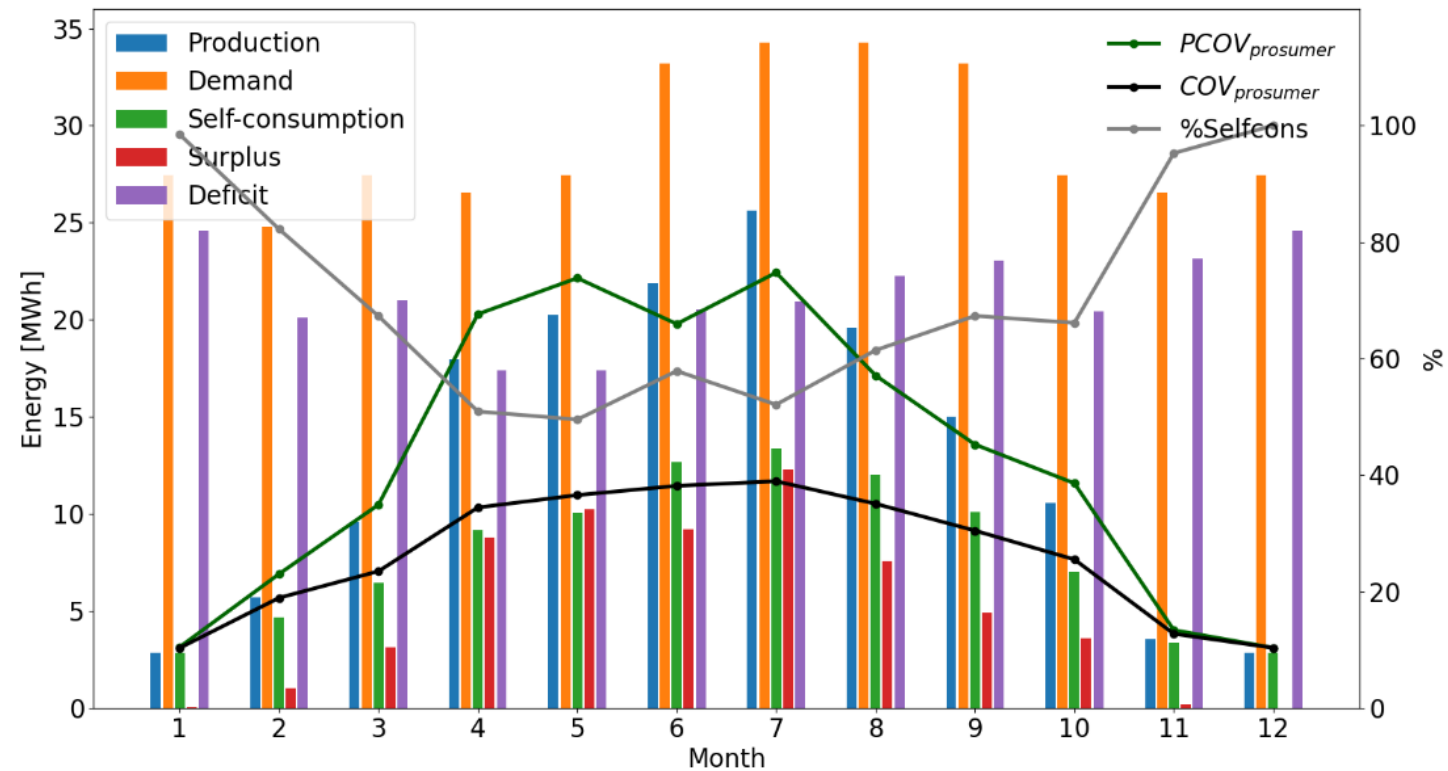
Previsione profilo



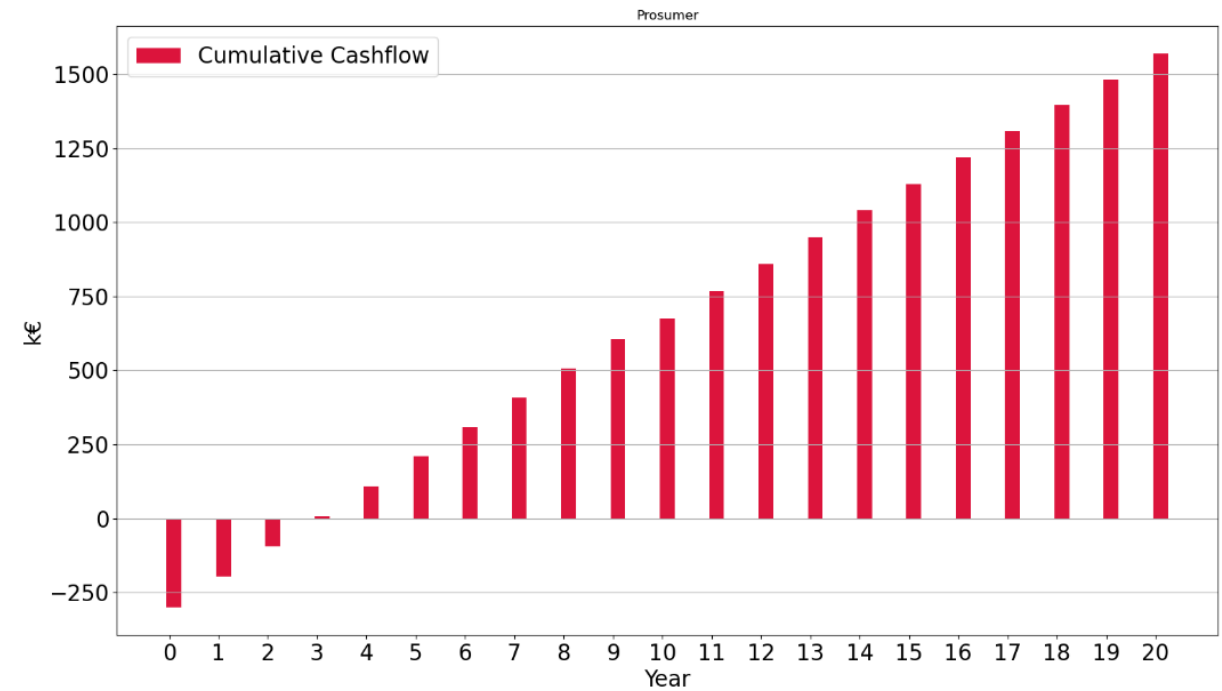
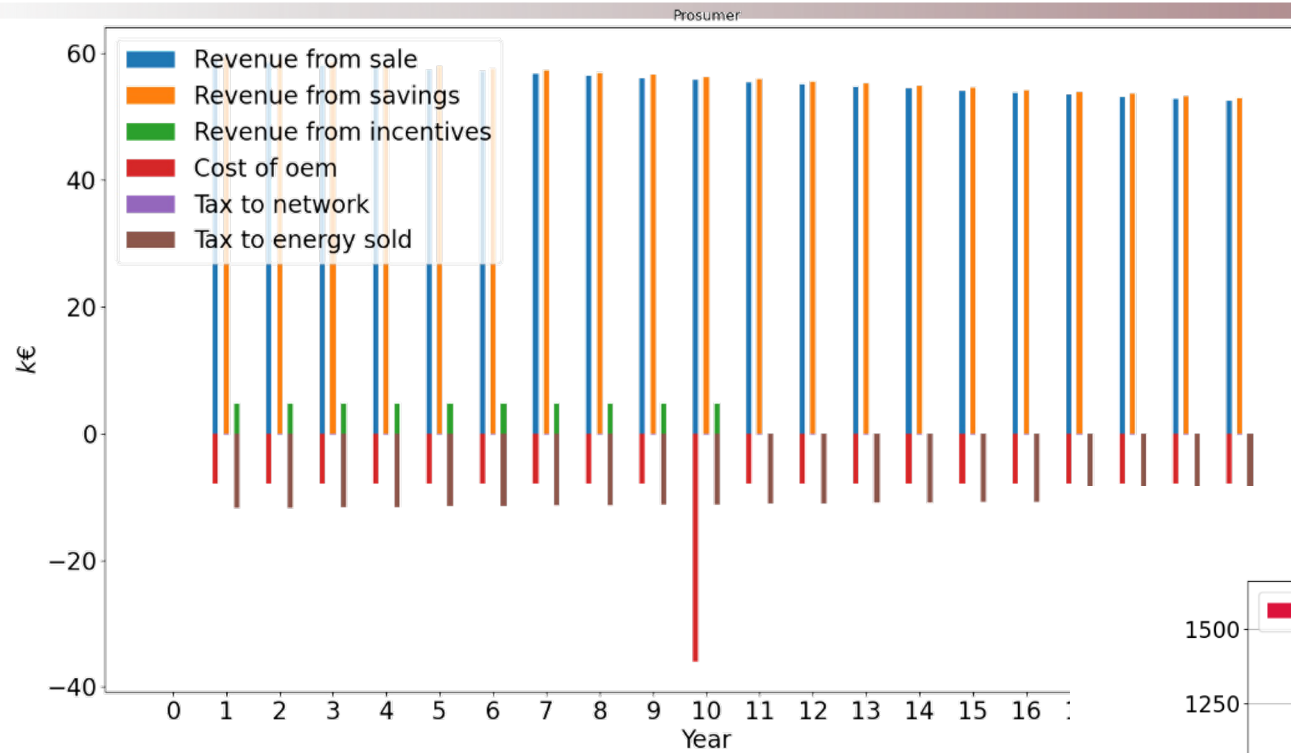




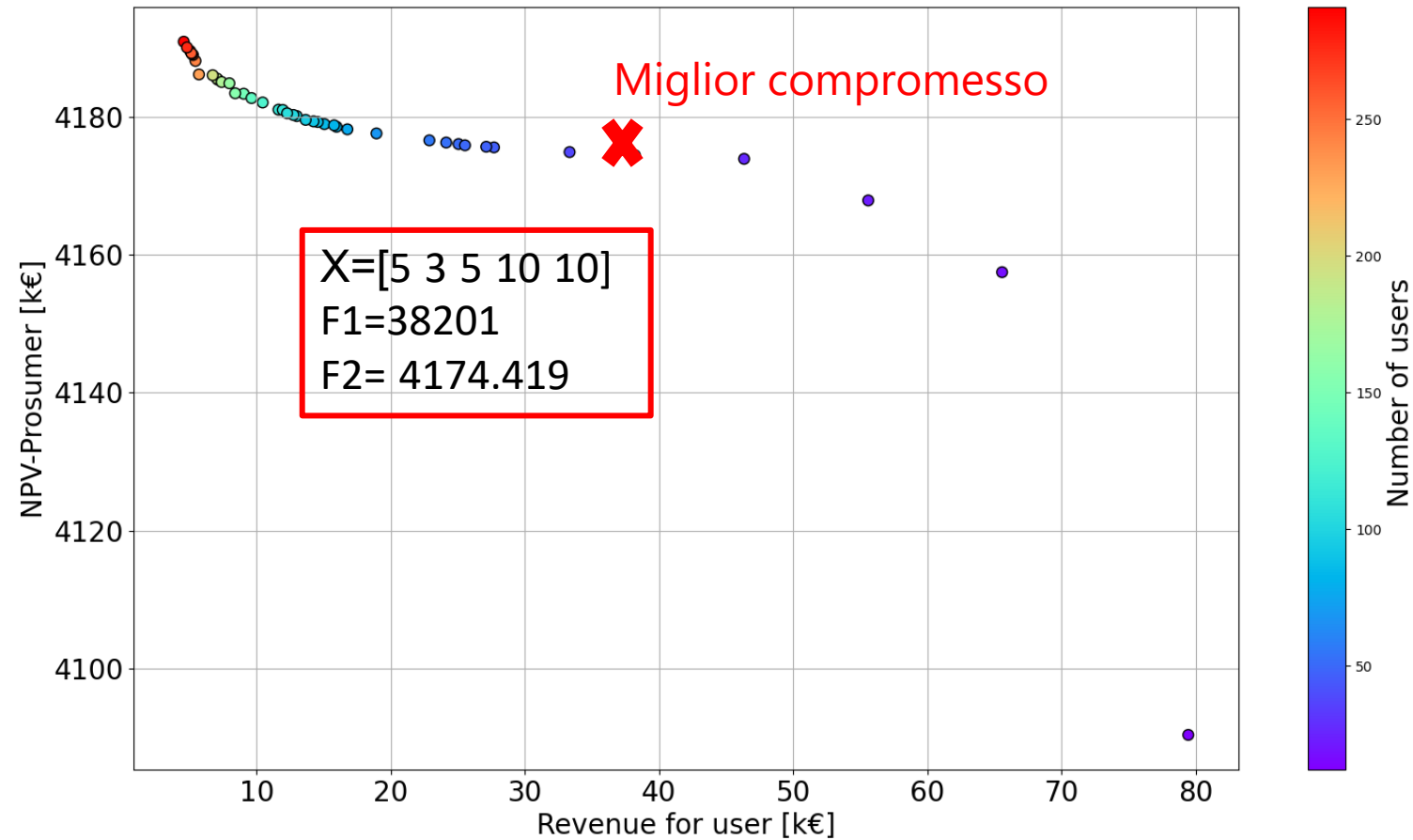
In base alla disponibilità degli spazi del prosumer è stato dimensionato un impianto fotovoltaico di 120 kW con una producibilità annua di 155 MWh







Fronte di Pareto con 60 soluzioni, soluzione ottimale con 33 utenti + prosumer



## ***CER e PED – esperienze***



***[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)***

“100 Comunità in 100 Comuni” è l’obiettivo della Regione Lazio, per la diffusione delle comunità energetiche rinnovabili, partendo dal coinvolgimento dei comuni del territorio regionale.

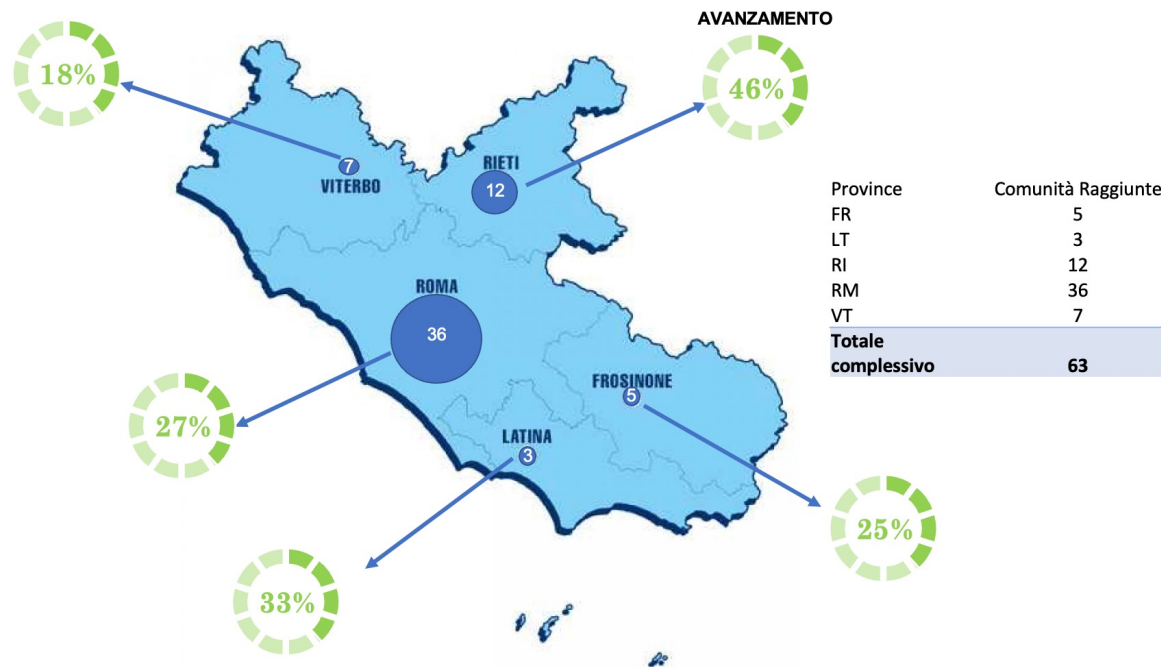
Progetto promosso dal presidente Nicola Zingaretti e dall’Assessora alla Transizione Ecologica e Trasformazione Digitale, Roberta Lombardi.

Tale progetto prevede la collaborazione con il DIMA per:

- Incontri di formazione e divulgazione con i soggetti del territorio
- La raccolta e l’analisi dei dati



“100 Comunità in 100 Comuni” è l’obiettivo della Regione Lazio, per la diffusione delle comunità energetiche rinnovabili, partendo dal coinvolgimento dei comuni del territorio regionale (progetto promosso dall’*Assessorato Regionale alla Transizione Ecologica*)



- Primo contatto, informazioni di base e incontri conoscitivi
- Assistenza alla PA per delibere e raccolta manifestazioni di interesse
- Formazione generale alla cittadinanza
- Raccolta dati online e sul campo
- Studio configurazione CER
- Formazione e assistenza per la costituzione della CER
- Formazione e assistenza per la registrazione
- Monitoraggio



## Dettaglio dello stato di avanzamento delle CER nel lazio

COMUNE	(PR)	AVANZAMENTO	COMUNE	(PR)	AVANZAMENTO	COMUNE	(PR)	AVANZAMENTO
Comune di Antrudoco	RI	75%	S.Achille Martire	RM	38%	Comune di Isola del liri	FR	13%
Collalto Sabino ( Ricetto)	RI	75%	S.Tarcisio	RM	38%	Comune di Supino	FR	13%
Comune di Greccio	RI	75%	S.Madre Teresa	RM	38%	Comune di Latina	LT	13%
Comune di Ventotene	LT	75%	S.Marcella	RM	38%	Comune di Oriolo Romano	VT	13%
Comune di Varco Sabino	RI	75%	Comune di Castel Sant'Angelo	RI	25%	Comune di Barbarano Rom.	VT	13%
Comune di Itri	FR	63%	Comune di Cittaducale	RI	25%	Comune di Gallese	VT	13%
Comune di Santa Marinella	RM	63%	Comune di Micigliano	RI	25%	Comune di Blera	VT	13%
Comune di Castel S.Elia	VT	50%	Comune di Saracinesco	RM	25%	Comune di Trevinano	VT	13%
Vitinia	RM	50%	Comune di Trevi nel Lazio	RM	25%	Comune di Castel Madama	RM	13%
Guido Simplex - Società per Guida Disabili	RM	50%	Comune di Vallepietra	RM	25%	Comune di Manziana	RM	13%
S. Achille	RM	50%	Comune di Camerata Nuova	RM	25%	Comune di Torrita Tiberina	RM	13%
Comune di Colle di Tora	RI	38%	Comune di Canterano	RM	25%	Comune di Nerola	RM	13%
Comune di Rocca Sinibalda	RI	38%	Comune di Cervara di Roma	RM	25%	Comune di Montelibretti	RM	13%
Comune di Borbona	RI	38%	Comune di Filettino	FR	25%	Comune di Acquapendente	VT	13%
Sant'Elpidio - Pescorocchiano	RI	38%	Comune di Toffia	RI	25%	Vallerano	RM	13%
Comune di Bracciano	RM	38%	Comune di Rocca Giovine	RM	25%	Insieme per l'Aniene - Parco Aniene	RM	13%
Comune di Rocca Canterano	RM	38%	Comune di Colonna	RM	25%	Centro Sanitario Preneste	RM	13%
Comune di Terme di Tivoli	RM	38%	Comune di Filacciano	RM	25%	Mistica: Associazione Capitano Ultimo	RM	13%
Santissima Trinità a Villa Chigi	RM	38%	Comune di Nazzano	RM	25%	Quarticciolo: Comitato di quartiere	RM	13%
S. Gregorio Magno	RM	38%	Comune di Minturno	LT	13%	VIII Municipio: Tetto	RM	13%
SS.Trinità	RM	38%	Provincia di frosinone	FR	13%	VIII Municipio: Scuole	RM	13%





## Scelta di localizzazione:

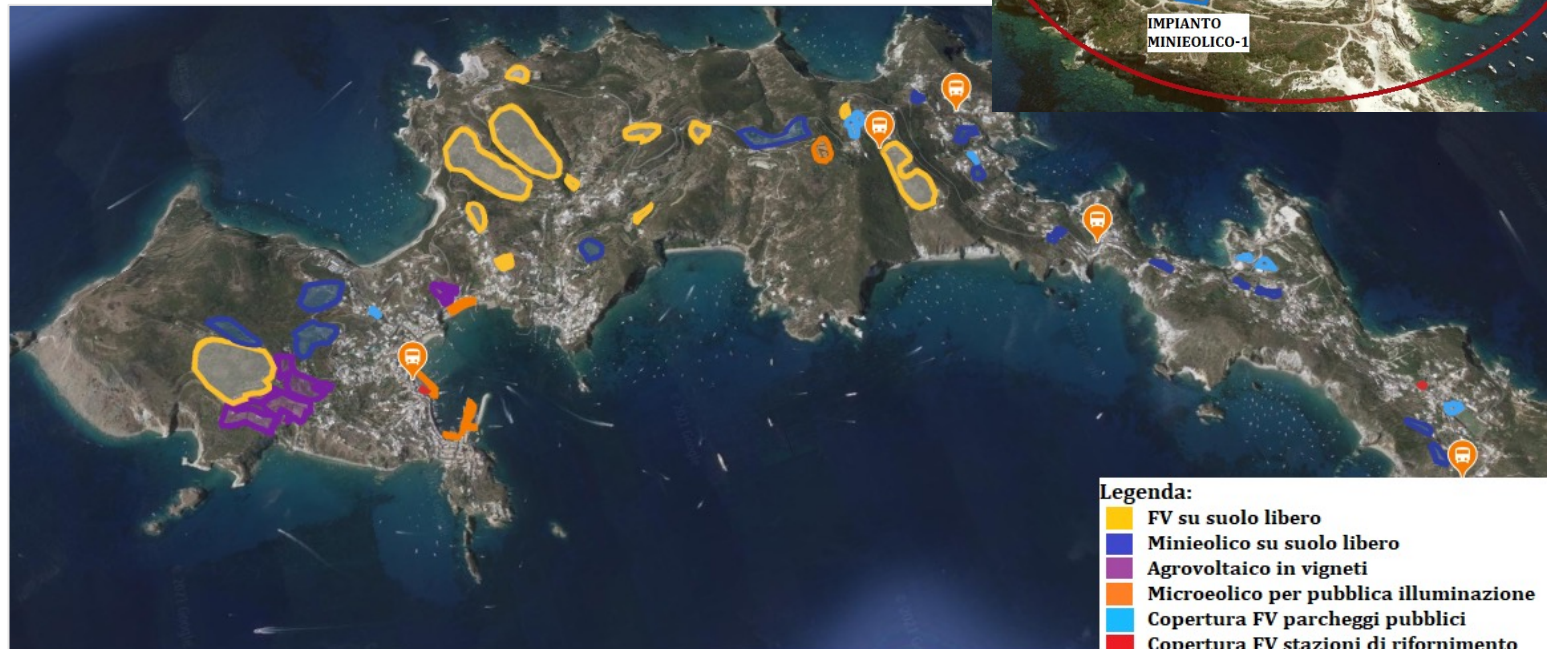
- Località Le Forna
- Aree che offrono spazi per installazione FER

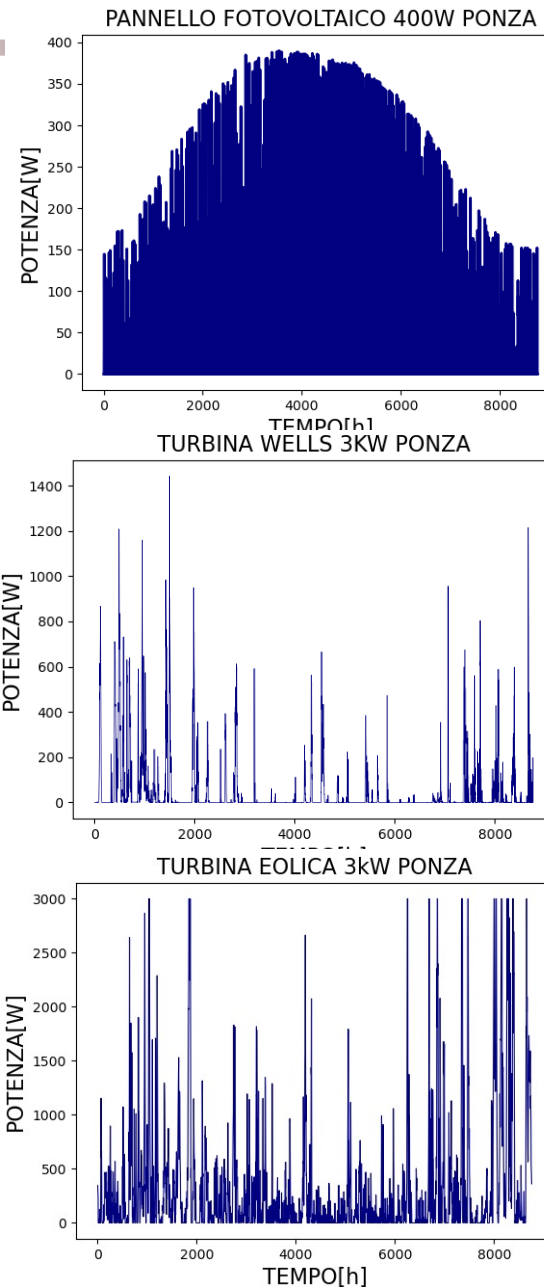
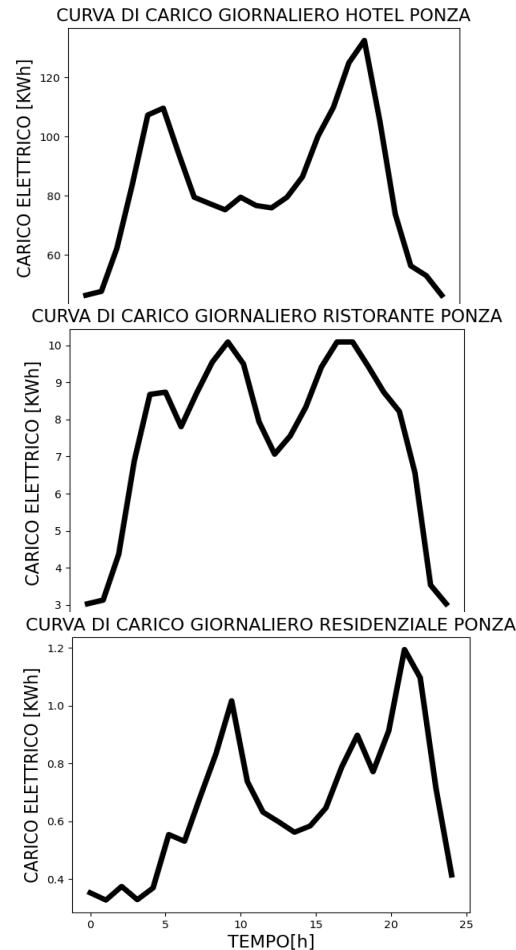
## Numero di utenze:

- Residenze tramite densità abitativa della zona
- Ristoranti e Hotel tramite geocodifica e considerazioni energetiche

## Dati

250 kW – 800 kW  
400 utenze residenziali  
3 alberghi  
10 ristorante  
(1 dissalatore)





### Obiettivo NSGA-II

Ricerca della combinazione di impianti di produzione e tipologia di utenti tale da massimizzare le prestazioni economiche ed energetiche della comunità

### Funzioni obiettivo:

- 1) Autoconsumo normalizzato sulla produzione massima
- 2) Valore Attuale Netto (VAN)

### Vincoli

- 1) Coefficiente di copertura del carico elettrico  $\geq 0,4$
- 2) VAN  $> 0$

### Variabili indipendenti

Una per ogni tipologia di utenti

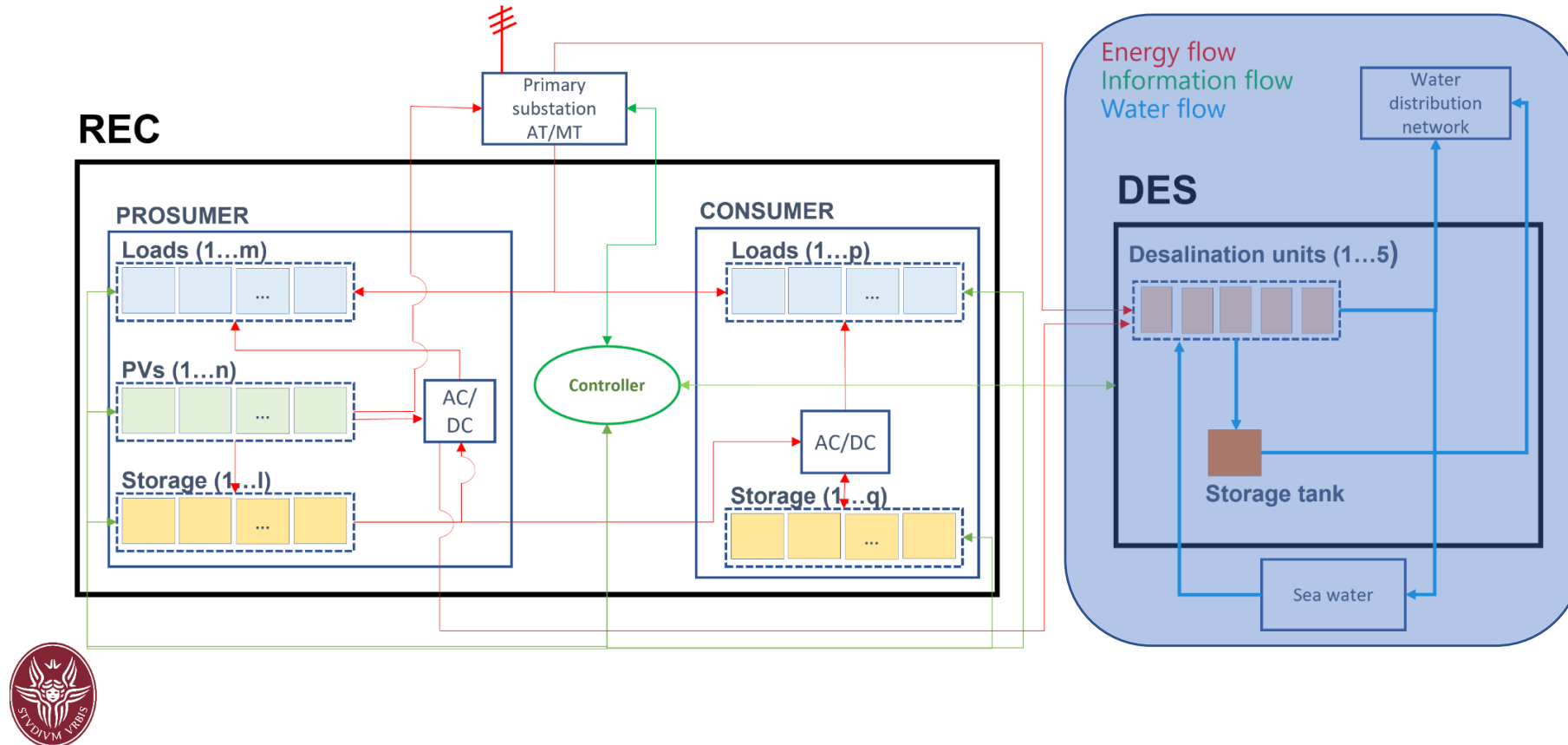
- 1) Numero di utenti residenziali [1,400]
- 2) Numero di ristoranti [1,10]
- 3) Numero di hotel [1,3]

### Variabili Dipendenti

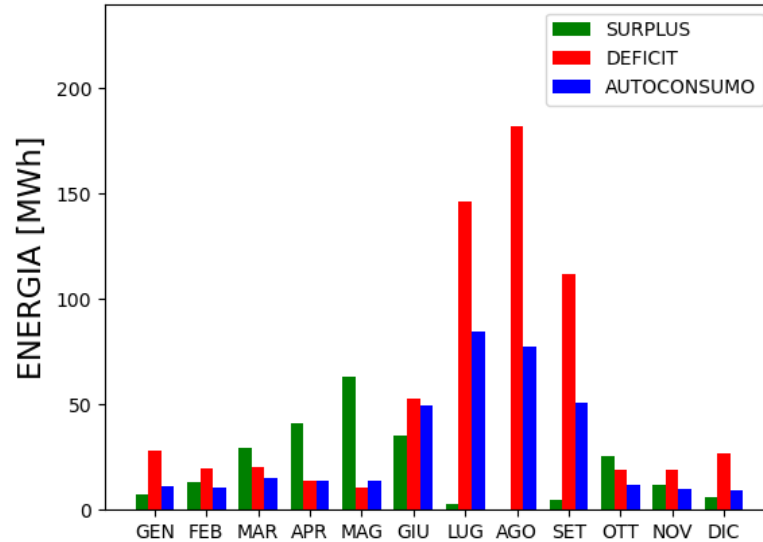
- 1) Potenza fotovoltaico installata

### Parametri

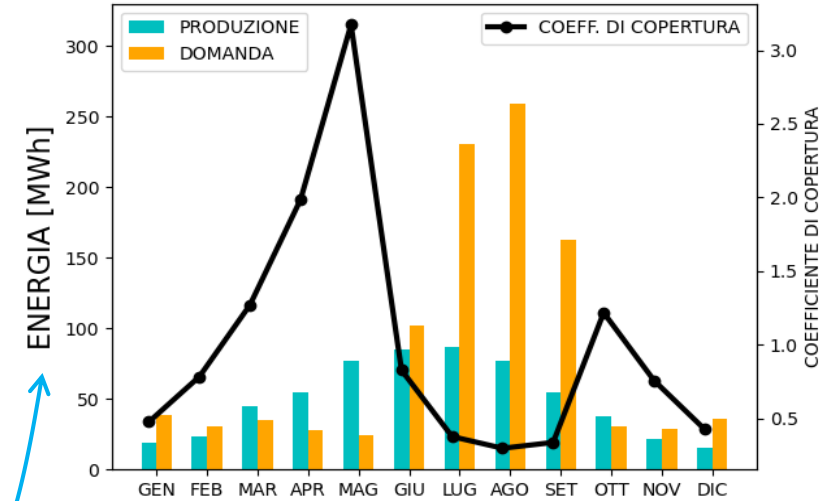
- 1) Potenza OWC installata
- 2) Potenza eolica installata



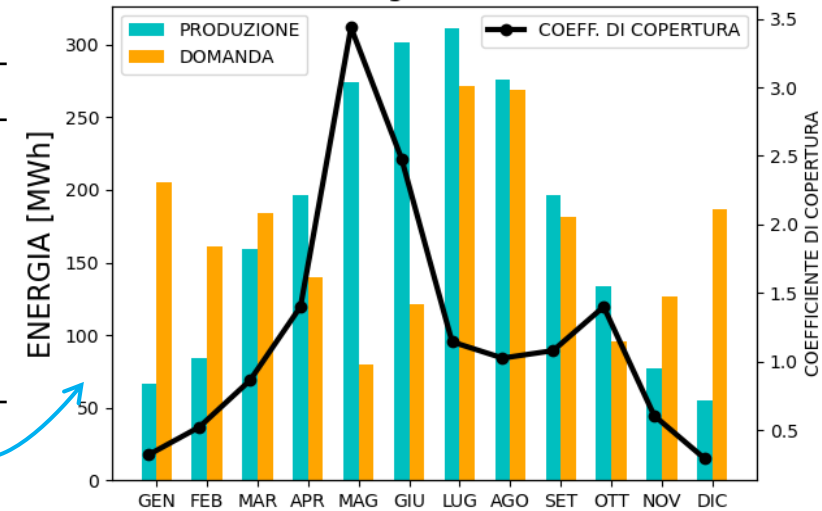
SURPLUS-DEFICIT-AUTOCONSUMO  
Configurazione 1



Produzione-Domanda-Coefficiente di copertura  
Configurazione 1



Produzione-Domanda-Coefficiente di copertura  
Configurazione 3

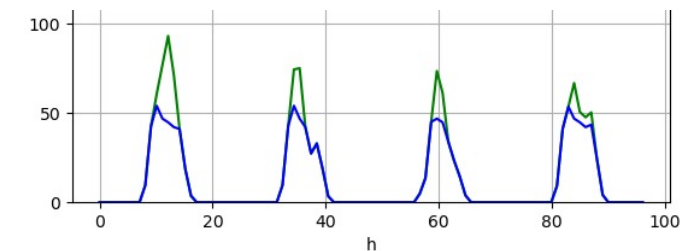
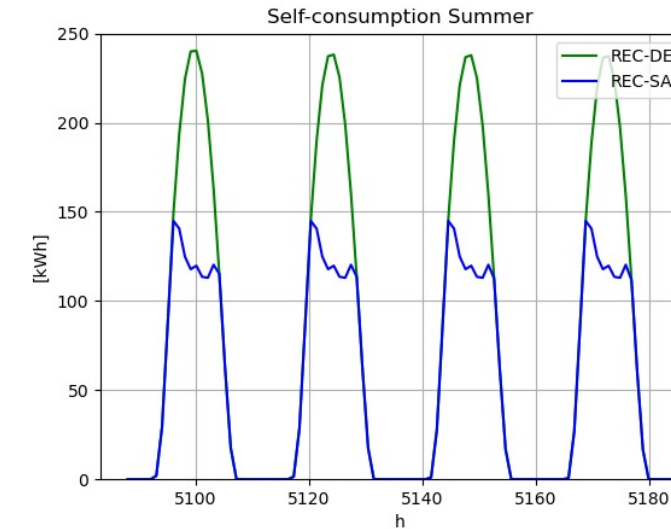
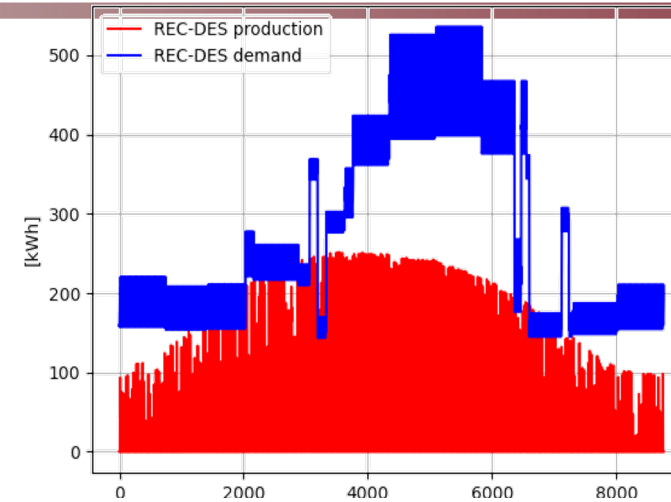
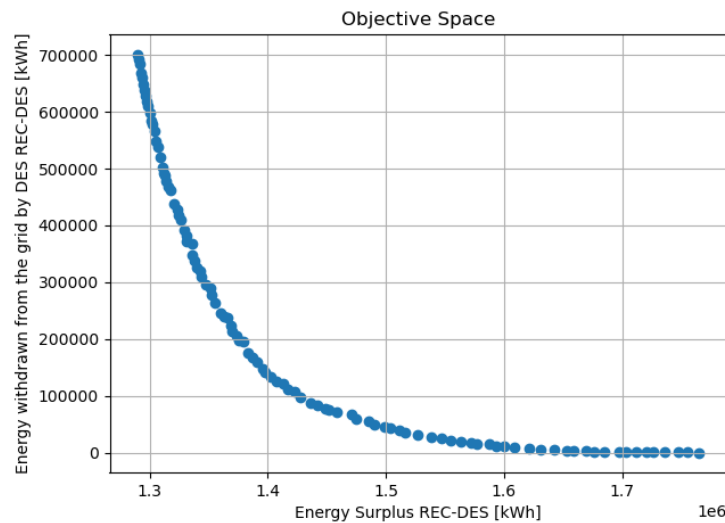


	Config. 1 [50-10-3]	Config. 3 [400-10-1]
Produzione di energia [MWh/anno]	598	2131
Domanda di energia [MWh/anno]	1006,5	2025
Coefficiente medio di copertura del carico elettrico	0,99	1,21

Un dissalatore costituisce un carico dinamico prezioso nella gestione del sistema energetico di un'isola

La sua logica di progettazione **deve** essere ispirata ad una *politica* di cooperazione tra rete idrica ed elettrica come soluzione di load-leveling, efficientamento energetico riduzione delle emissioni GHG

Caso solo PV	Prosumers	Desalt	Ristoranti	Hotel
	[3 kW]	[350 kW]	[7 kW]	[50 kW]
Configurazione ottima	67	1	1	1

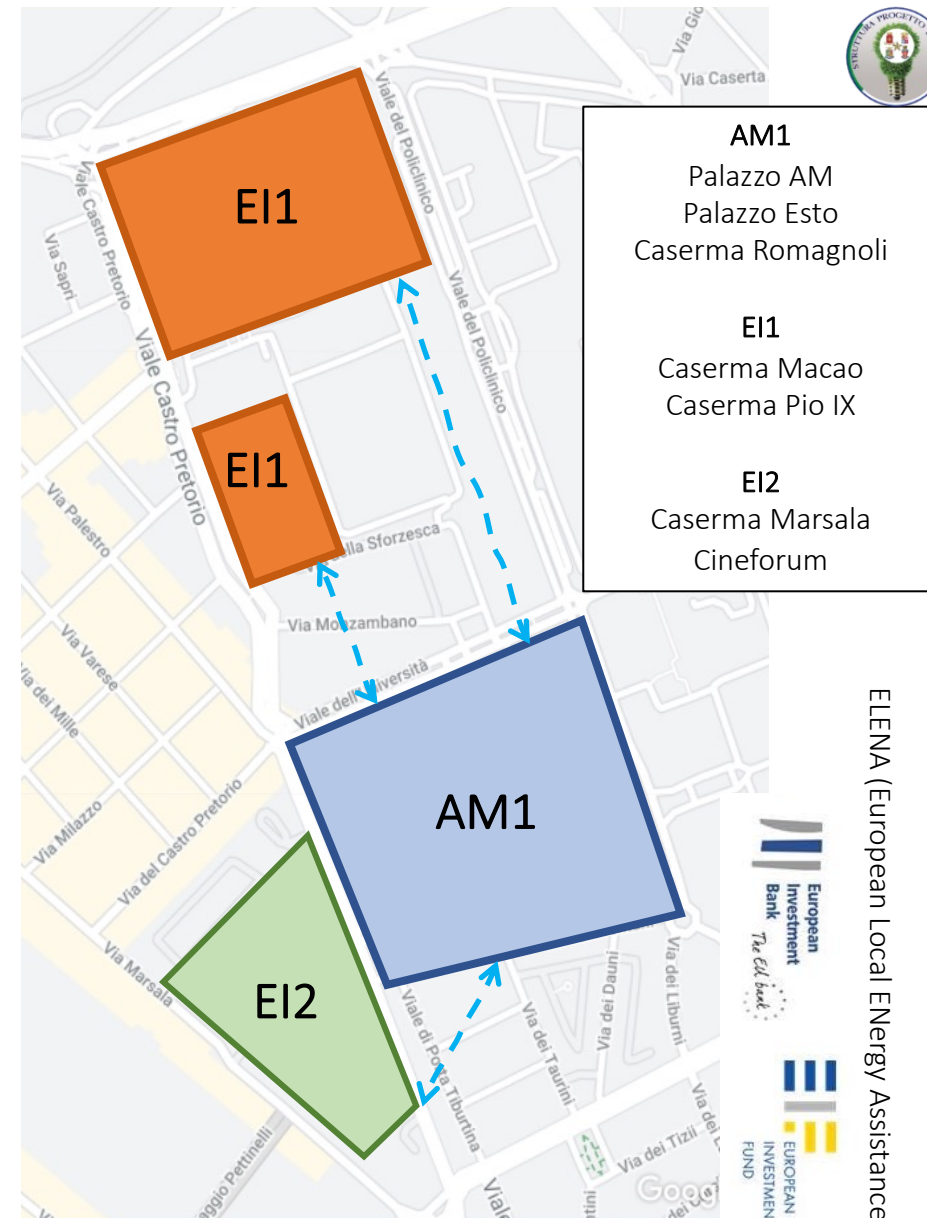




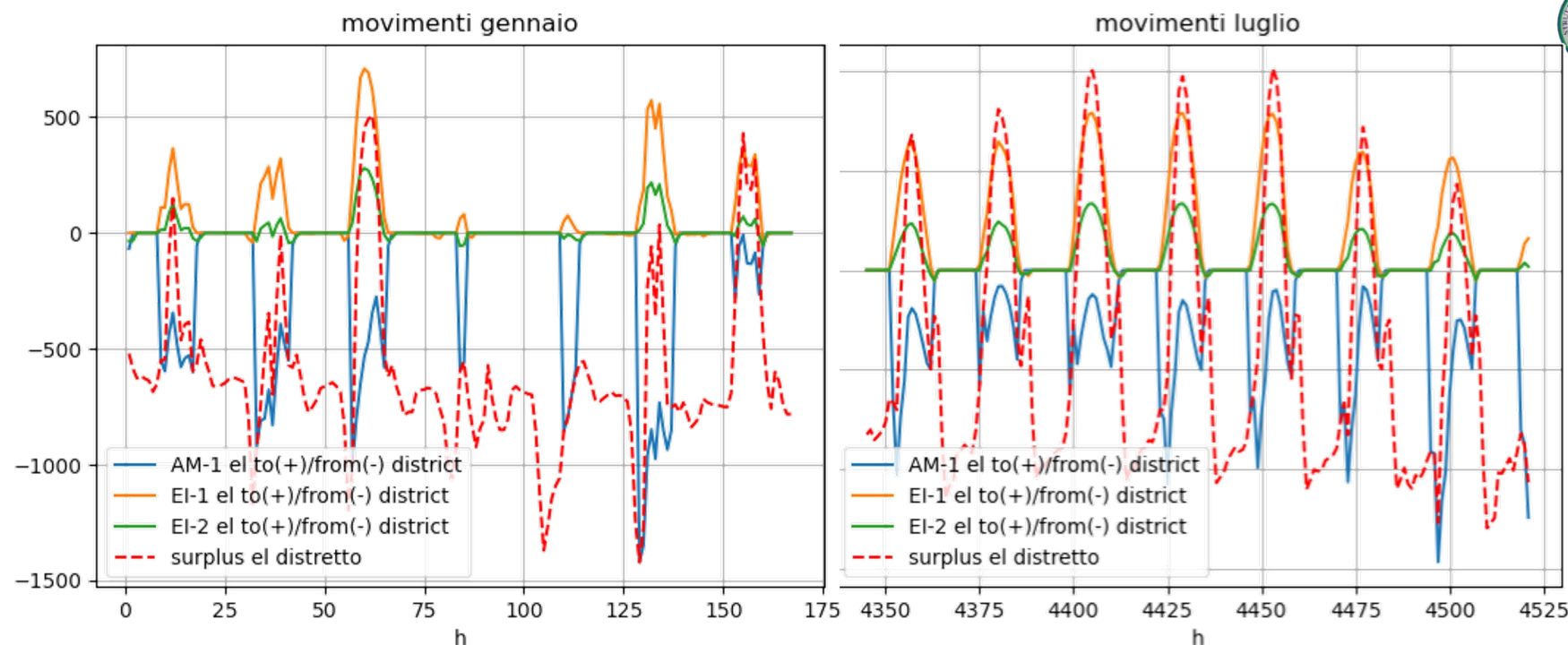
- “AM1” che comprende Palazzo AM, Palazzo Esto e Caserma Romagnoli
- un blocco “EI1” che comprende Caserma Macao e Caserma Pio IX
- Un blocco “EI2” che comprende Caserma Marsala

## Ratio

- Poli-generazione distribuita
- dell’equipartizione dei carichi elettrici che possono essere scambiati in maniera diretta o virtuale
- della priorità al carico elettrico interno e successivamente allo scambio con gli altri distretti
- della trasmissione all’interno di ciascun blocco di energia termica ed elettrica ma dell’assenza di scambi di energia termica fra i tre blocchi







Movimenti di energia elettrica verso il distretto (+) o dal distretto (-) per i singoli blocchi

- AM1: linea azzurra, EI1: linea arancione, EI2: linea verde, Surplus elettrico del distretto (positivo: ceduto alla rete, negativo: richiesto alla rete): linea tratteggiata

	Ex-Ante	Smart District	$\Delta$
Energia prelevata dalla rete elettrica [GWh]	14.66	5.10	-65.25%
Consumo di energia primaria [GWhp]	46.13	28.31	-38.64%
Emissioni di anidride carbonica [ton]	14065	10114	-28.09%

ELENA (European Local Energy Assistance)



Transizione energetica e nuovi modelli sociali

Dalle comunità energetiche rinnovabili ai *Positive Energy District*

Prof ing Giovanni Delibra

*Sustainable Energy Competence Center&Labs*

Department of Mechanical and Aerospace Engineering (DIMA)

Sapienza University of Rome



***[giovanni.delibra@uniroma1.it](mailto:giovanni.delibra@uniroma1.it)***