

Transizione energetica e nuovi modelli sociali

Dalle comunità energetiche
rinnovabili ai *Positive Energy District*

Alessandro Corsini &

Giovanni Delibra, Isabella Pizzuti, Erfan Tajalli Ardekani

Sustainable Energy Competence Center&Labs,

Sapienza University of Rome

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
MECCANICA E AEROSPAZIALE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

15 maggio 2024

Start with why, il contesto

Figura 28. Evoluzione della produzione elettrica al 2030

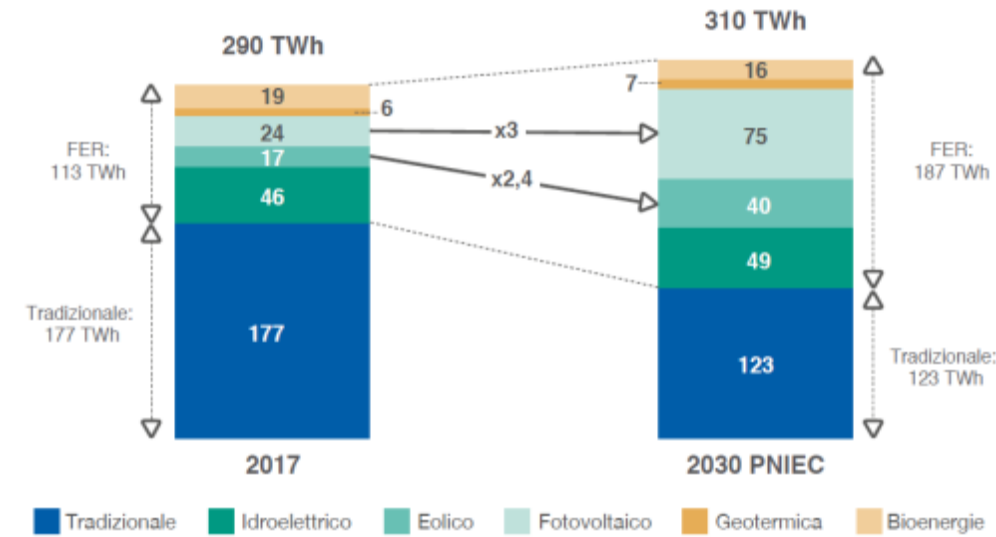
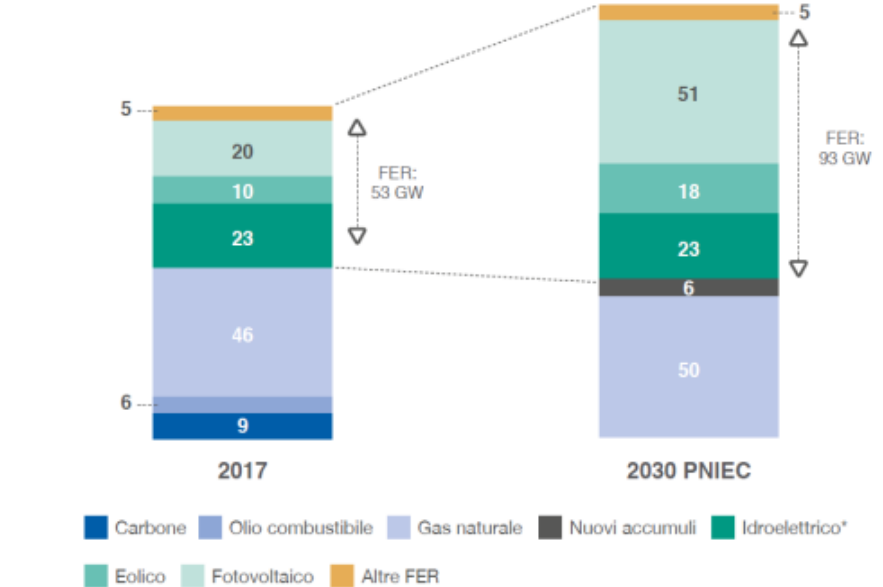
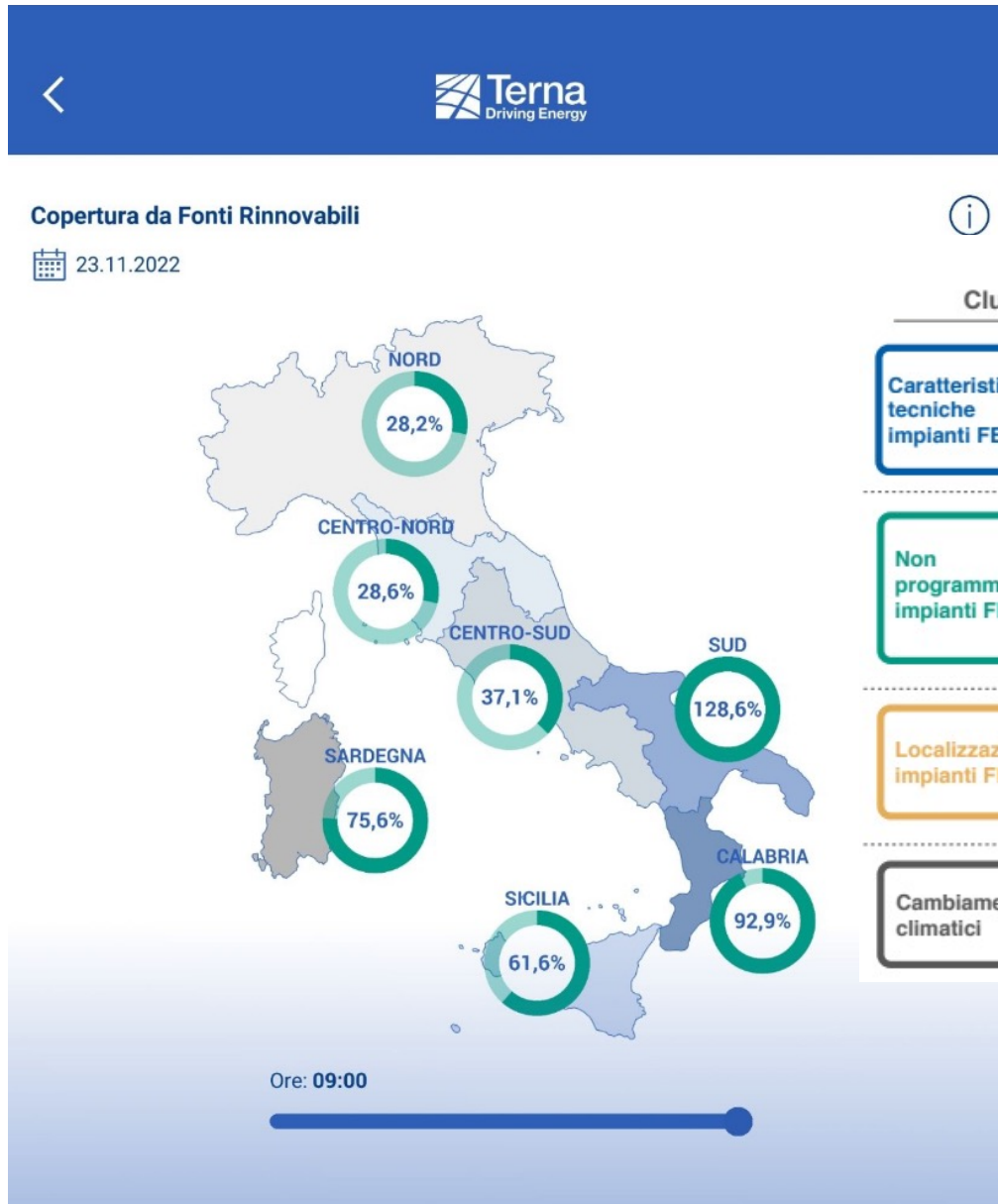


Figura 29. Evoluzione della capacità installata al 2030



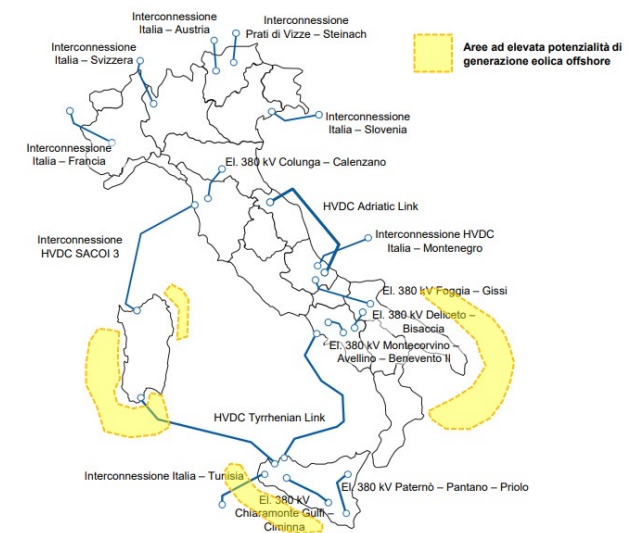
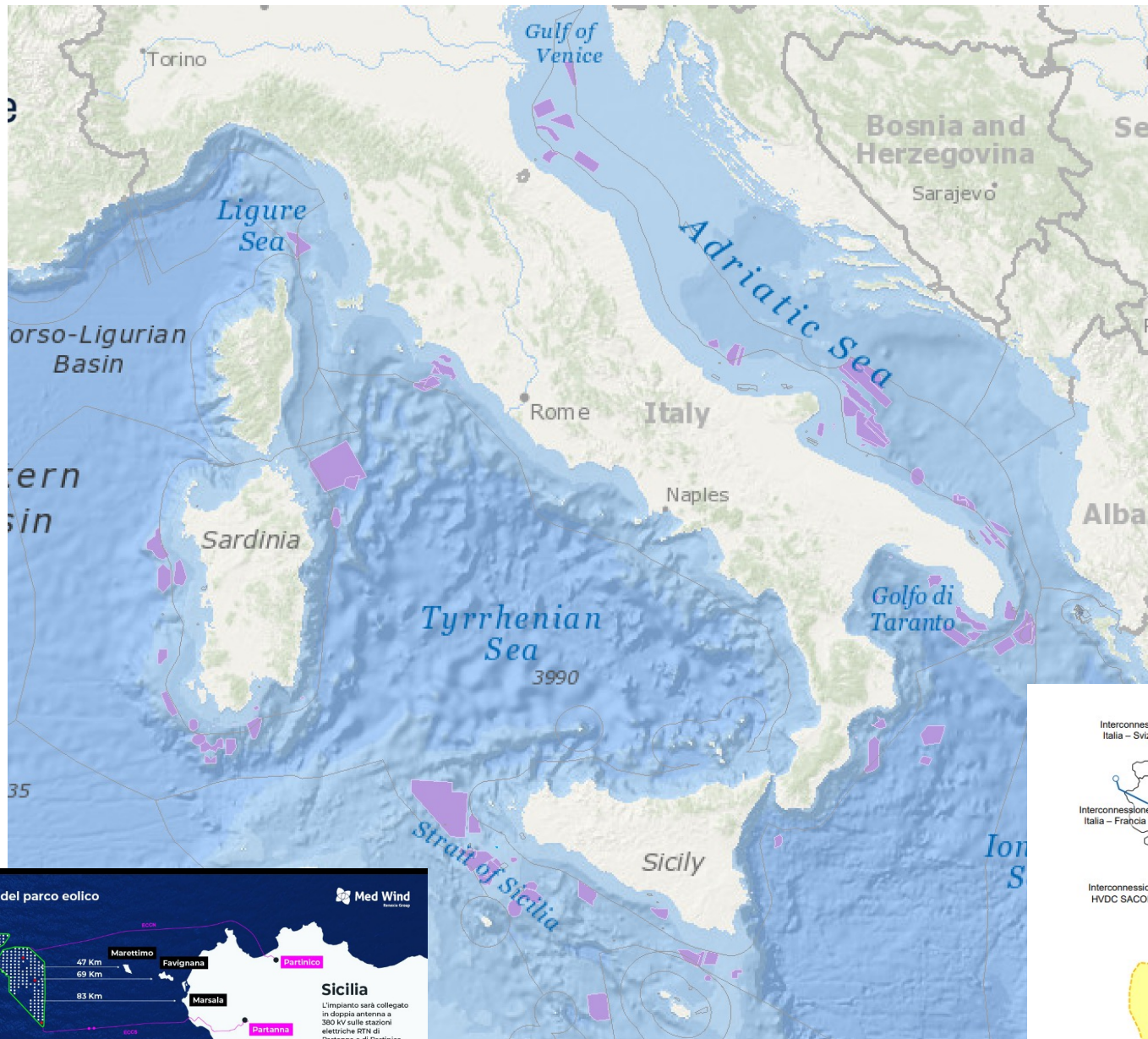
* Idroelettrico include pompaggio (7,6 GW in produzione e 6,5 GW in assorbimento)

Start with why, il contesto



Cluster	Impatti sulla gestione del Sistema Elettrico
Caratteristiche tecniche impianti FER 	- Riduzione dell'inerzia del sistema - Riduzione di risorse che forniscono regolazione della tensione - Riduzione della potenza di cortocircuito
Non programmabilità impianti FER 	- Riduzione di risorse che forniscono regolazione della frequenza - Riduzione del marginale di adeguatezza - Crescenti periodi di over-generation nelle ore centrali della giornata - Crescente ripidità della rampa serale del carico residuo
Localizzazione impianti FER 	- Aumento congestioni di rete per distribuzione non coerente degli impianti FER rispetto al consumo - Crescenti problematiche di gestione del sistema, dovute all'aumento della Generazione Distribuita
Cambiamenti climatici 	Aumento dei disservizi sulla rete elettrica

Azioni *top-down*, offshore floating wind

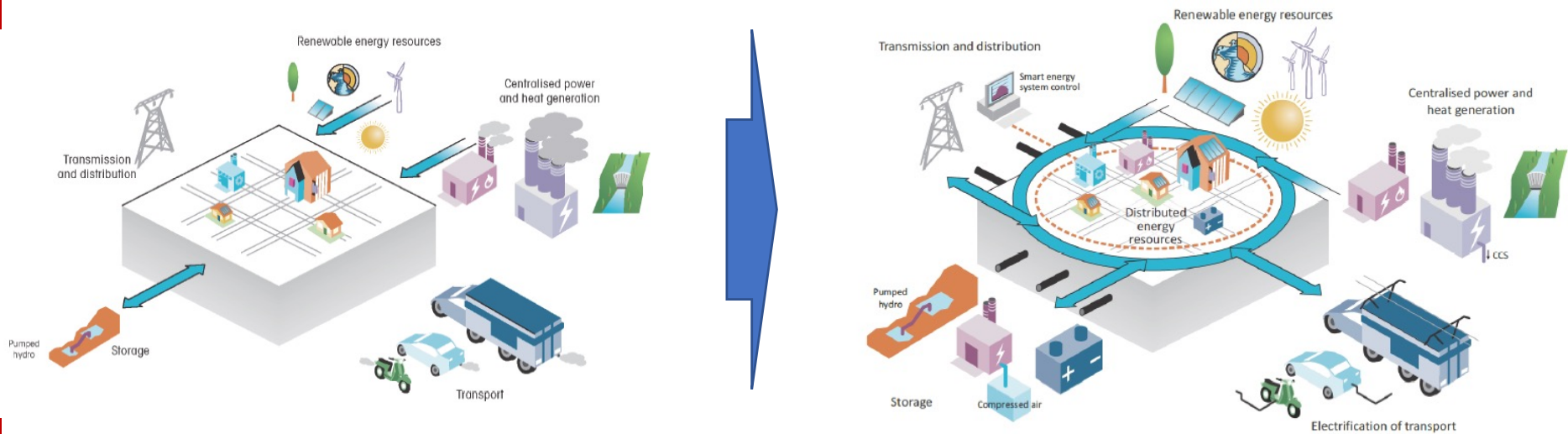


alessandro.corsini@uniroma1.it

Azioni *bottom-up*, sistemi energetici smart



Fonte: Terna

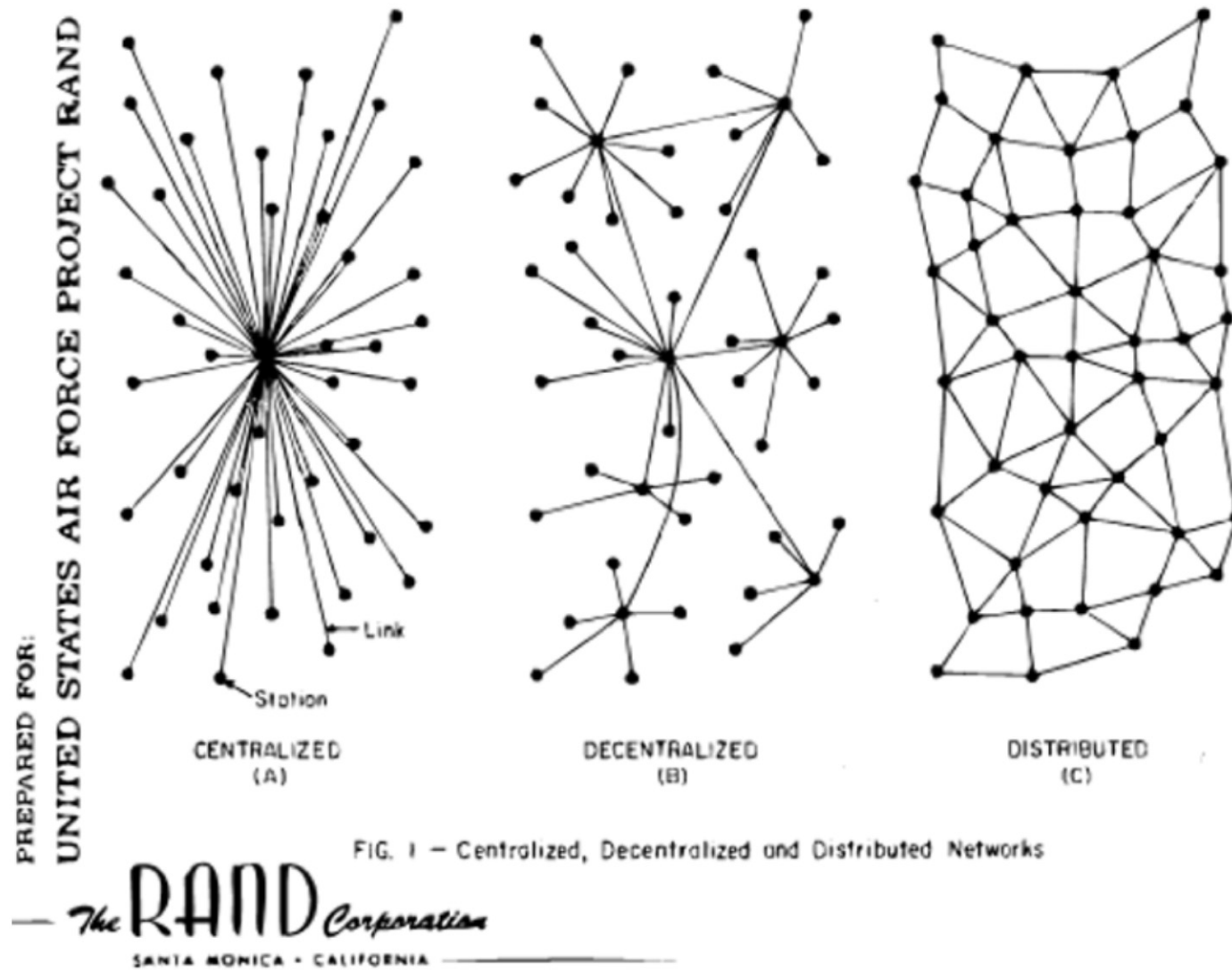


Unidirectional energy delivery philosophy

smarter, multidirectional and integrated energy systems

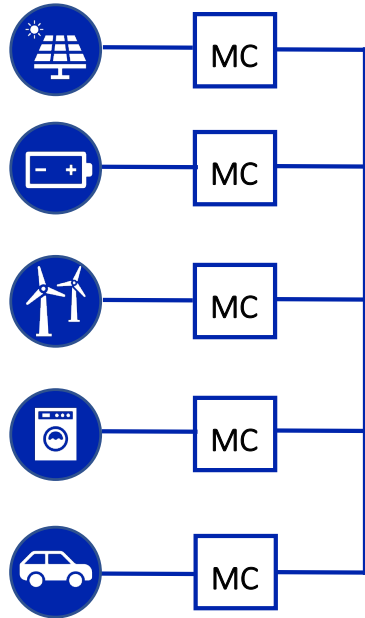
Azioni *bottom-up*

Sistema “distribuito” di comunità energetiche

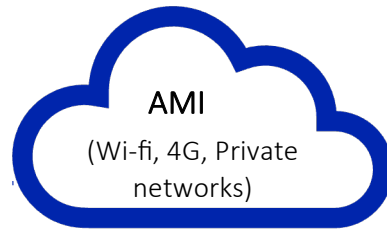


Key concepts, *Smart Energy Systems*

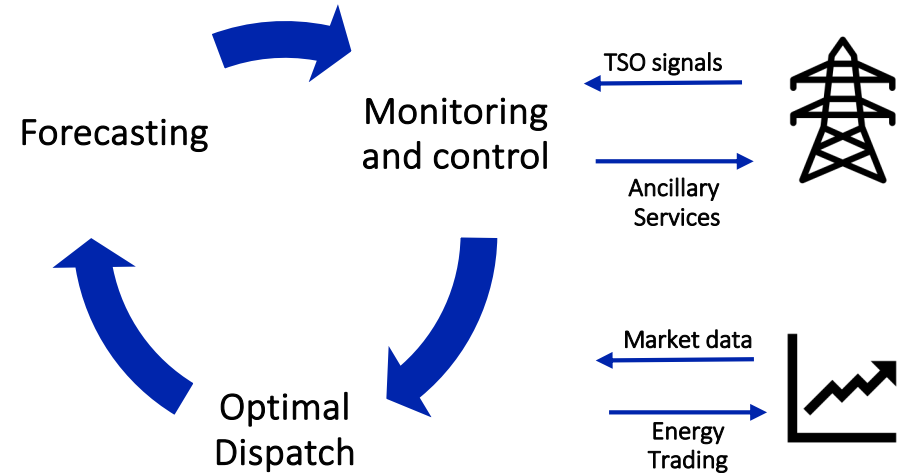
1. Control



2. Communication



3. Software



Efficienza

(gestione della domanda e dell'offerta)

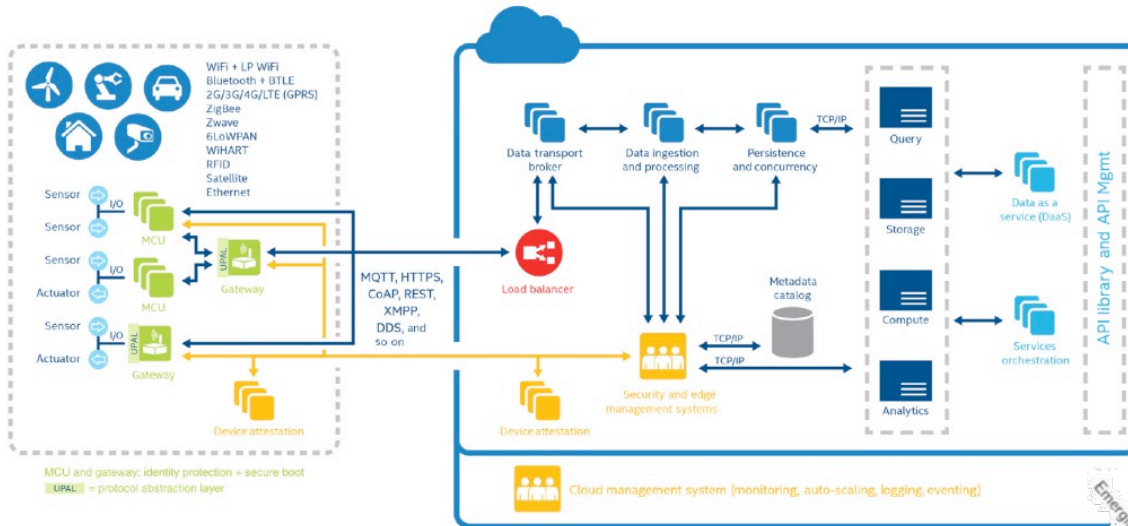
Sostenibilità

(energetica e ambientale)

Conoscenza (sensing & measurements)

Integrazione (ICT)

Key concepts

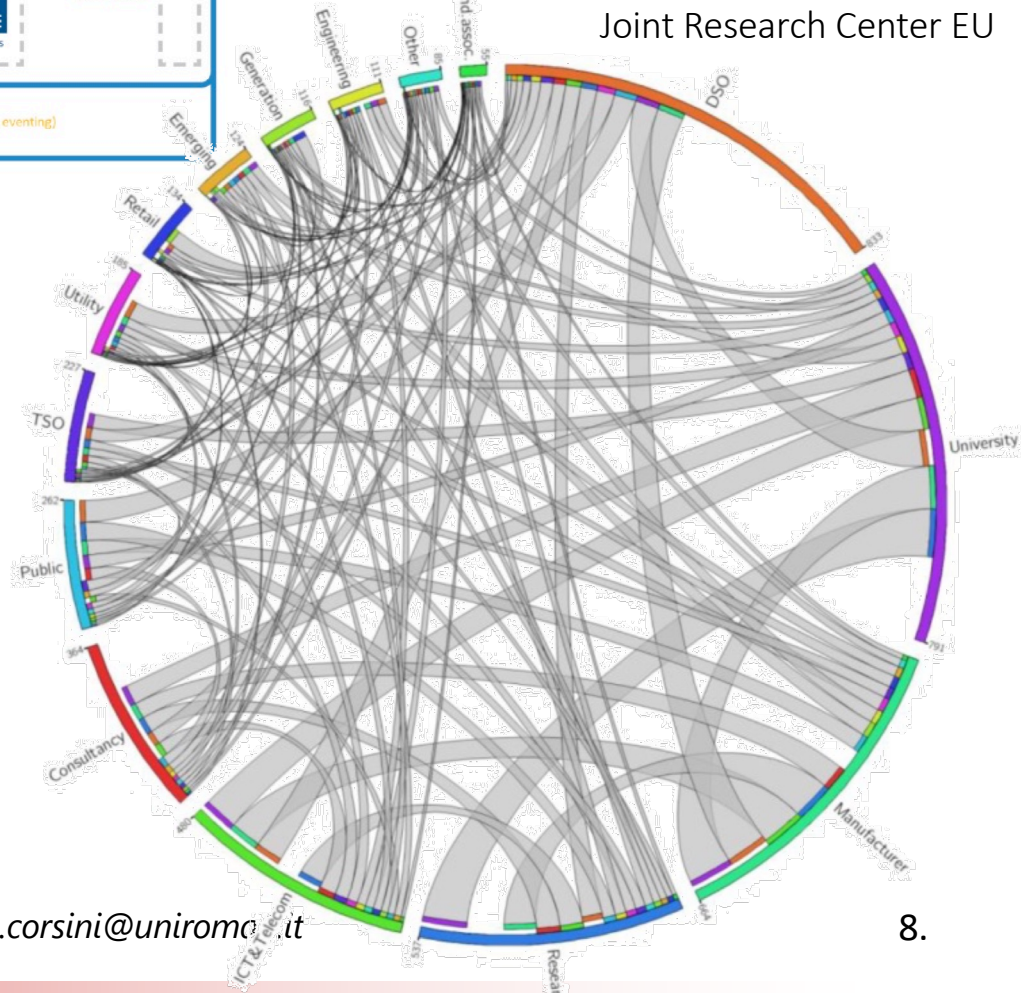


Intel's IoT reference model (Intel, 2015).

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)

Key concepts

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

Flexibility

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

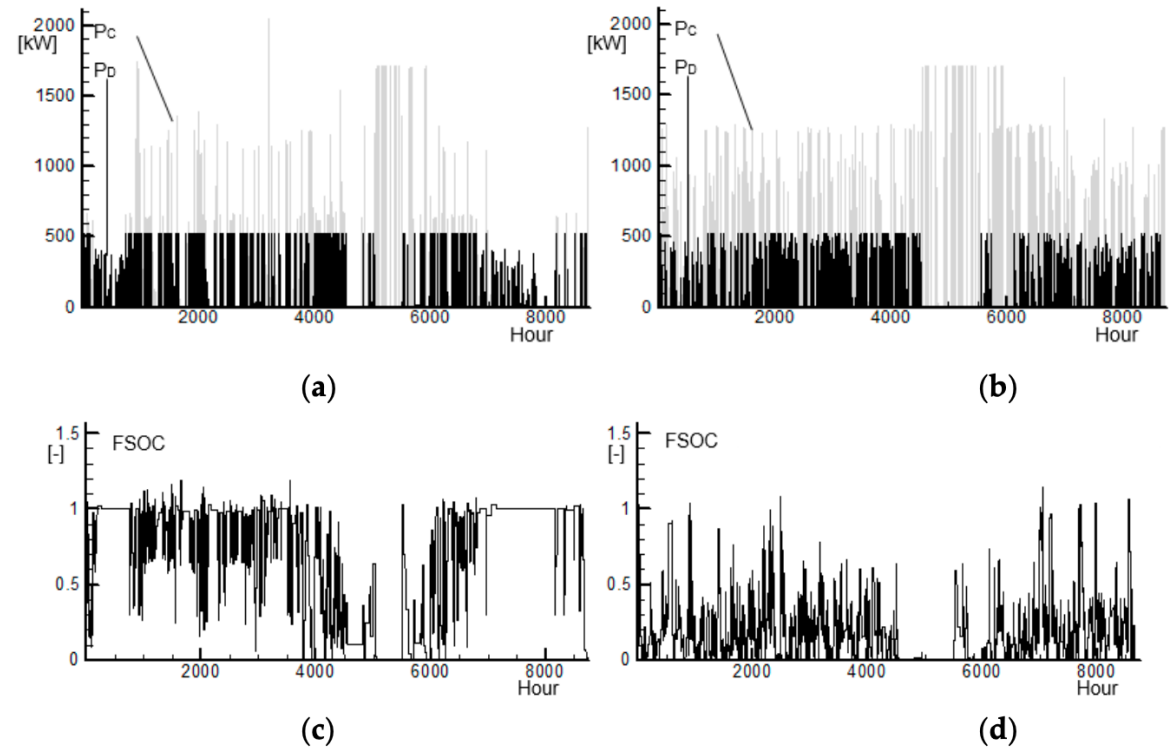


Figure 14. Charge and discharge hourly power behavior and storage fractional state of charge for (a,c) scenario 1; (b,d) scenario 2.

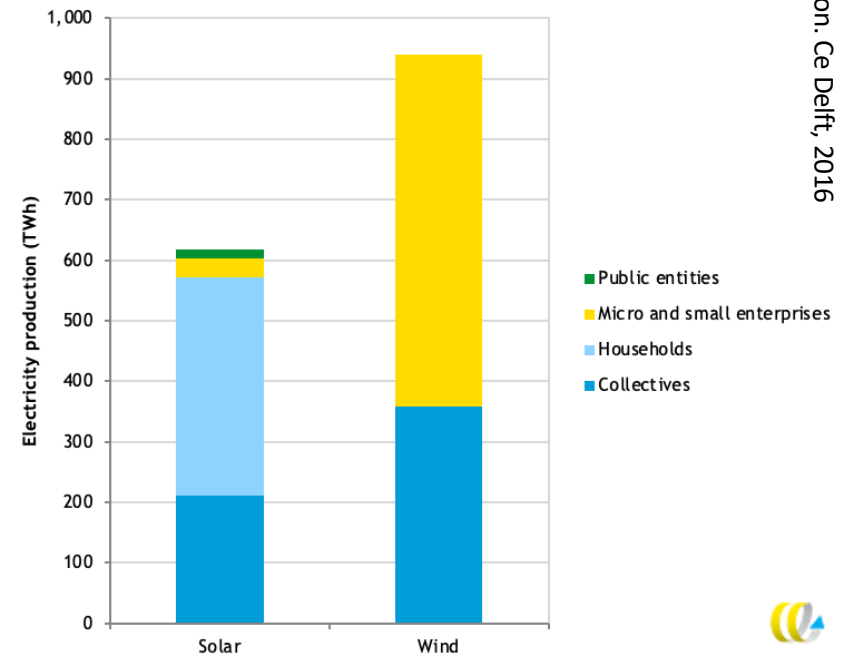
Corsini et al. *Energies* **2019**, *12*, 3353; doi:10.3390/en12173353

Comunità *Energetiche Rinnovabili CER*

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

The potential of European Union citizens in renewable energy production and demand-side flexibility [1]



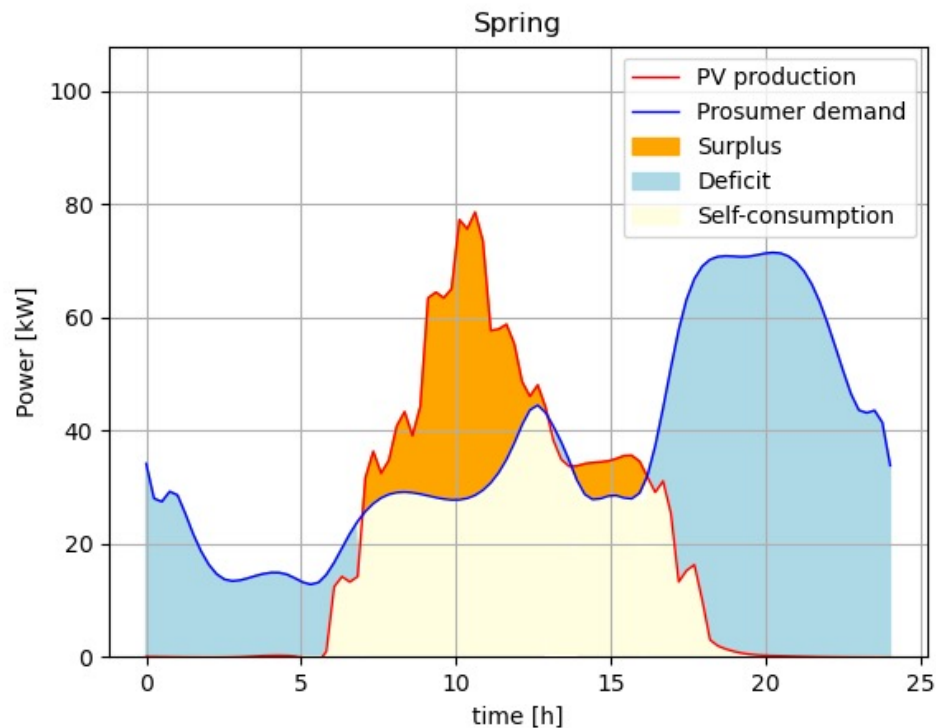
[1] Kampman, B. E., Jaco Blommerde, and M. R. Afman. The potential of energy citizens in the European Union. Ce Delft, 2016



Comunità *Energetiche Rinnovabili CER*

Dinamica dei flussi energetici fra un prosumer/consumer e 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.



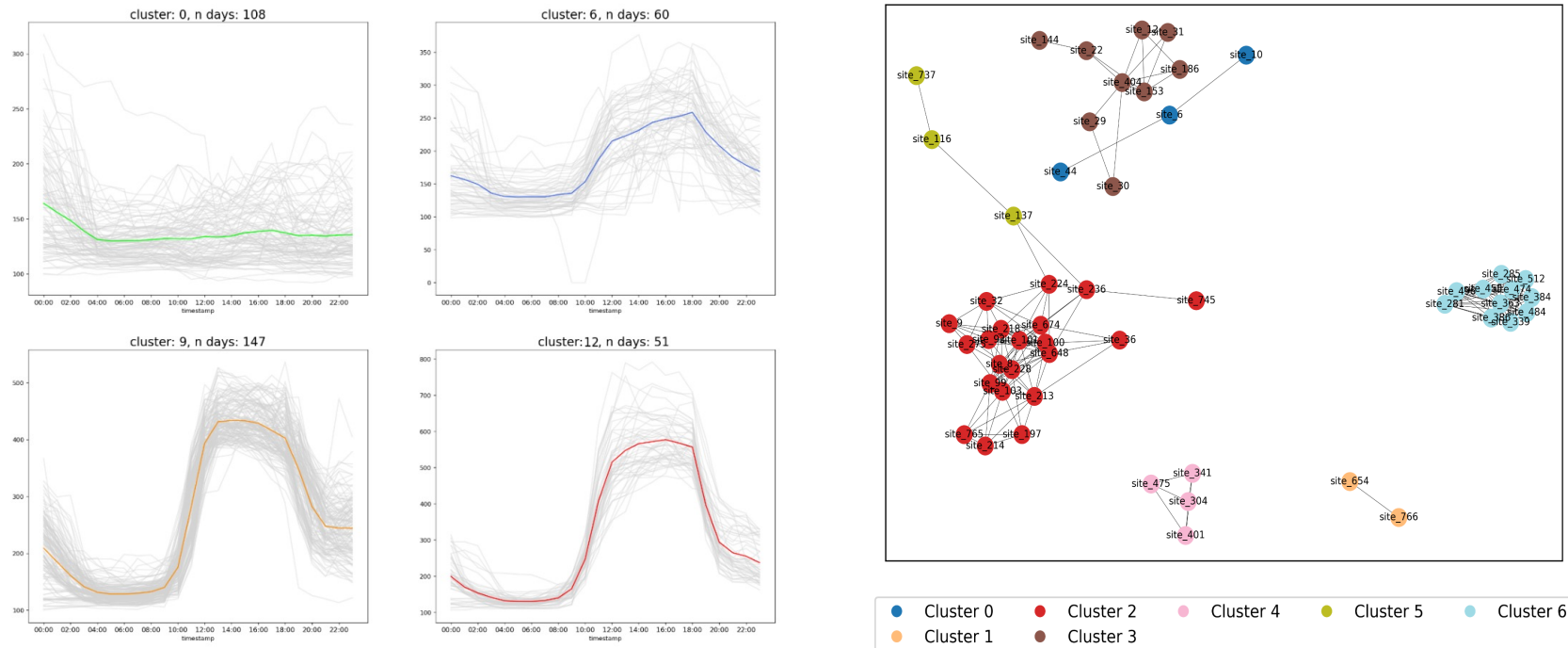
- L'autoconsumo fisico è l'energia prodotta e autoconsumata che rimane all'interno del perimetro della rete privata dell'edificio.
- Il surplus è l'eccesso di produzione rinnovabile che viene immesso in rete
- Il Deficit è la domanda di energia non coperta dall'impianto rinnovabile che dunque viene prelevata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

Comunità *Energetiche Rinnovabili CER*

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

CER, strumenti per la modellazione

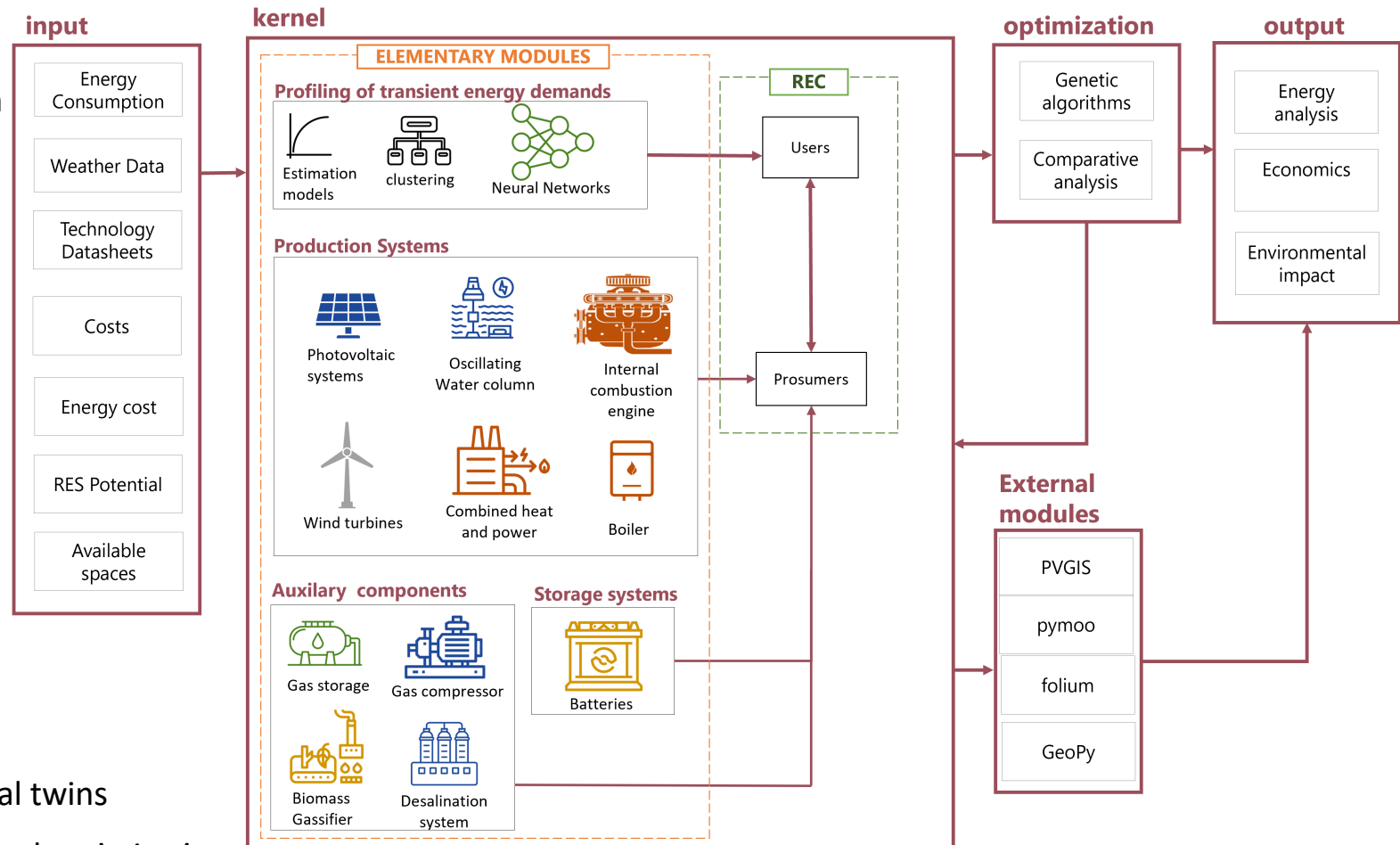
pyRes_DIMA modellazione e l'ottimizzazione CER

Characteristics

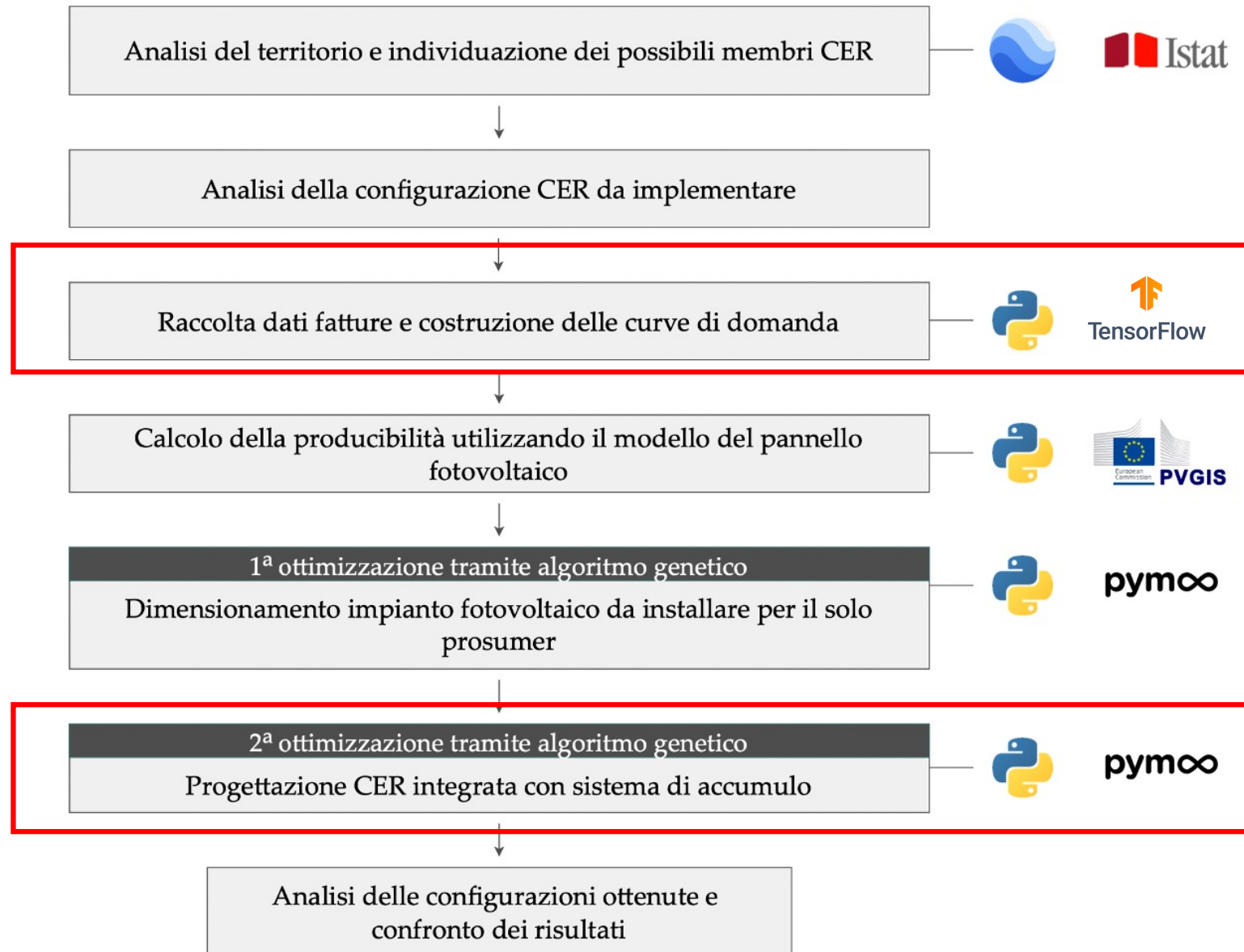
- In-house Python coded & open-source

Main functions

- Creation of digital twins
- Analysis, sizing and optimization
- Energy and economic performance calculation
- quarter-hour loads reconstruction
- testing management strategies and energy policy



pyRes_DIMA modellazione e l'ottimizzazione CER



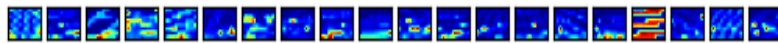
pyRes_DIMA Demand Forecaster module



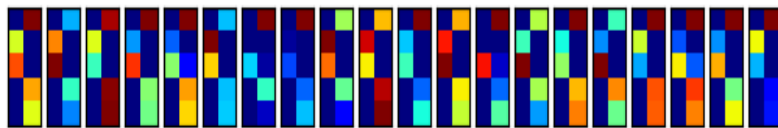
Surveys

- **pros:** simple and inexpensive, gives list of appliance present
- **cons:** not detailed information

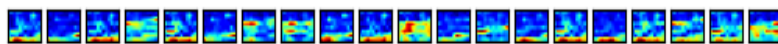
Input



Encoder



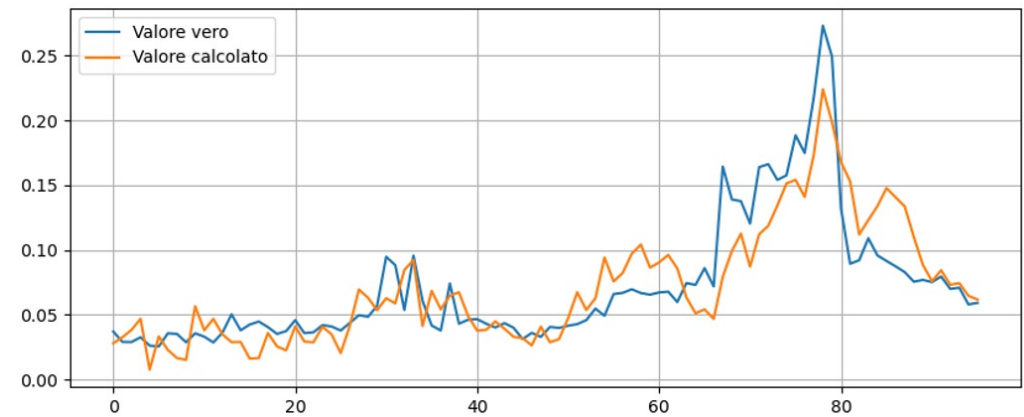
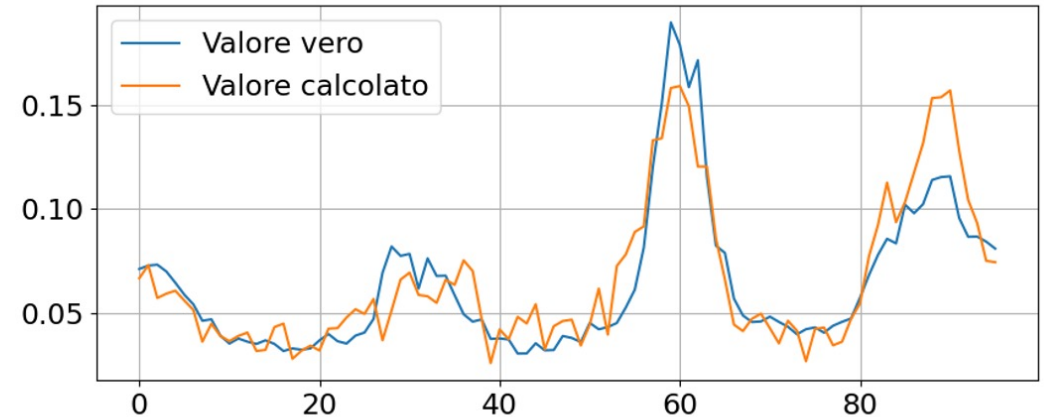
Decoder



Output

Potenza adimensionale

Quantitative survey method based on 10Qs



Ore del giorno rappresentate base 96

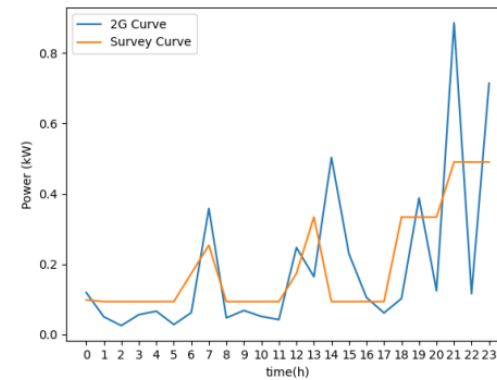
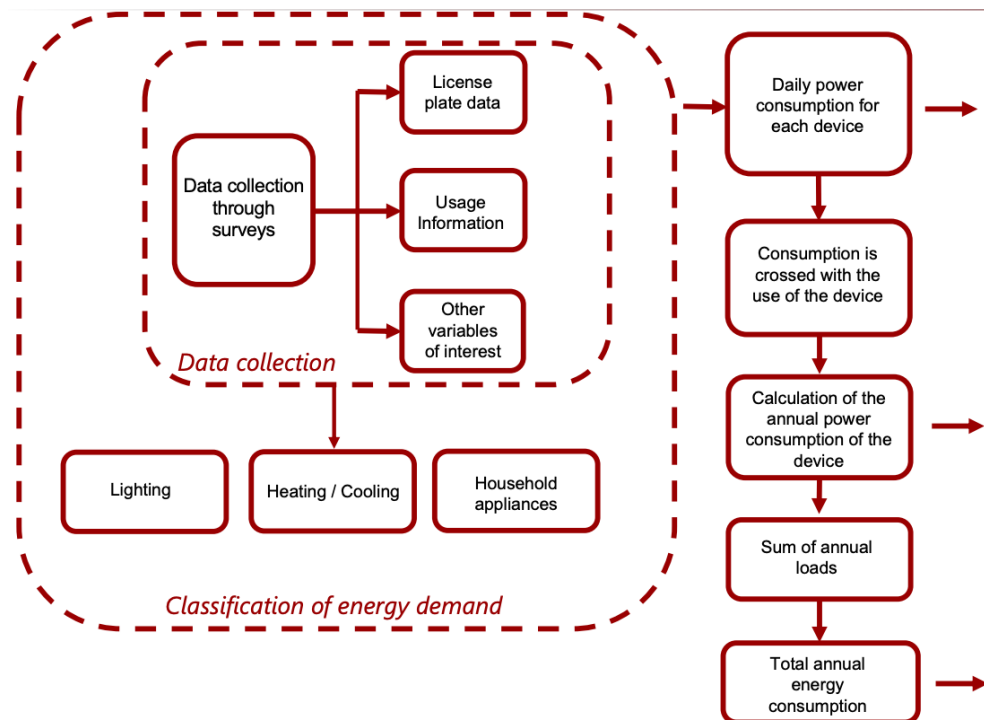




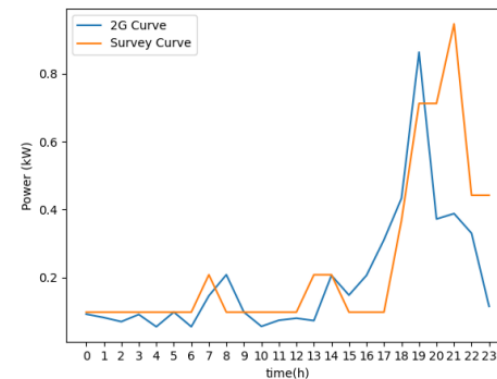
Surveys

- **pros:** simple and inexpensive, gives list of appliance present
- **cons:** not detailed information

User perception survey on energy demand



A typical day in **March** 2021



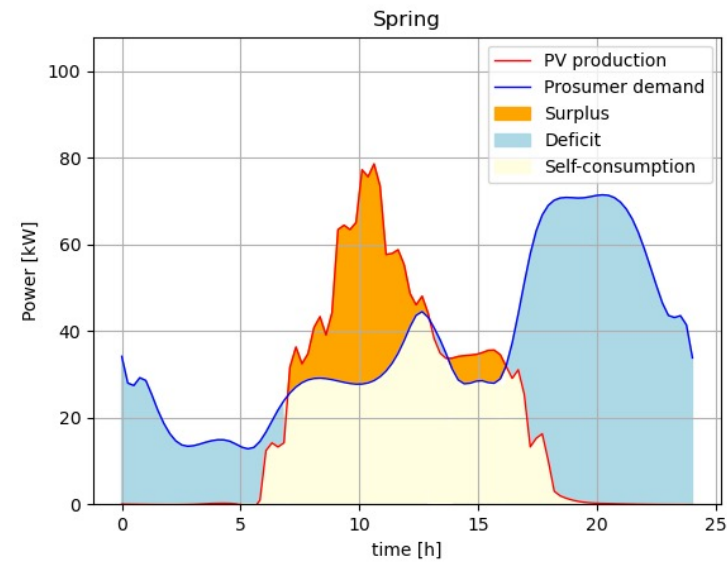
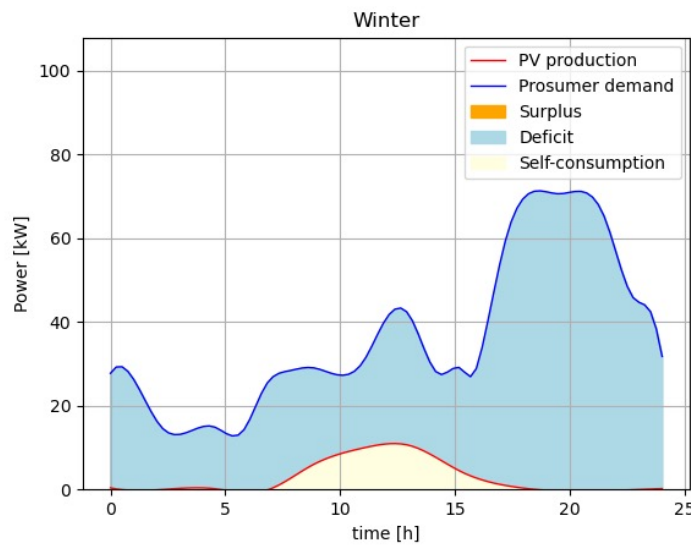
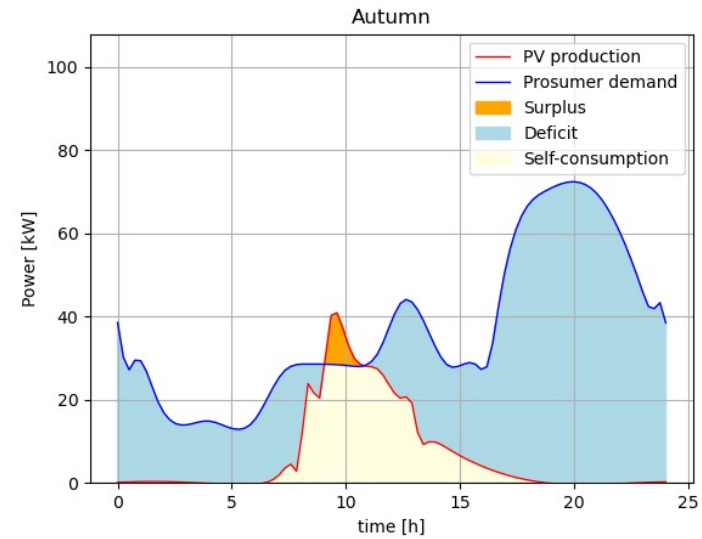
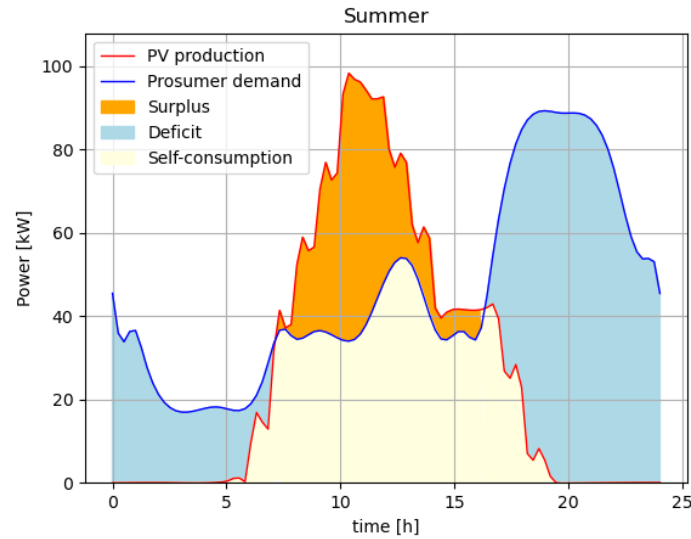
A typical day in **December** 2021

Comparison between the **load curve of an average annual day** obtained from:

- **2G meter** by aggregating consumption quarterly in hours;
- the curve obtained from the reconstruction by the **surveys**

CER e PED – Modellazione

pyRes_DIMA community metabolism

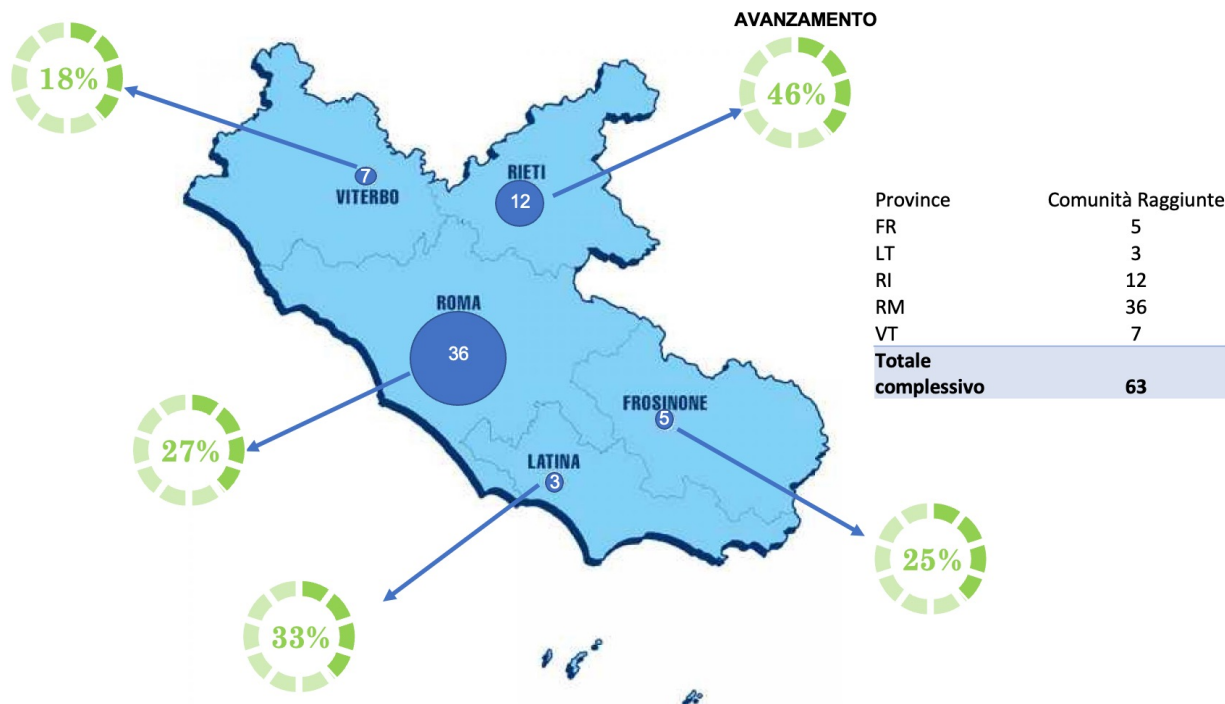


CER – esperienze

Il progetto della regione Lazio in collaborazione con il DIMA

“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*)

Gruppo di ricerca guidato dal Prof Giovanni Delibra



- 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

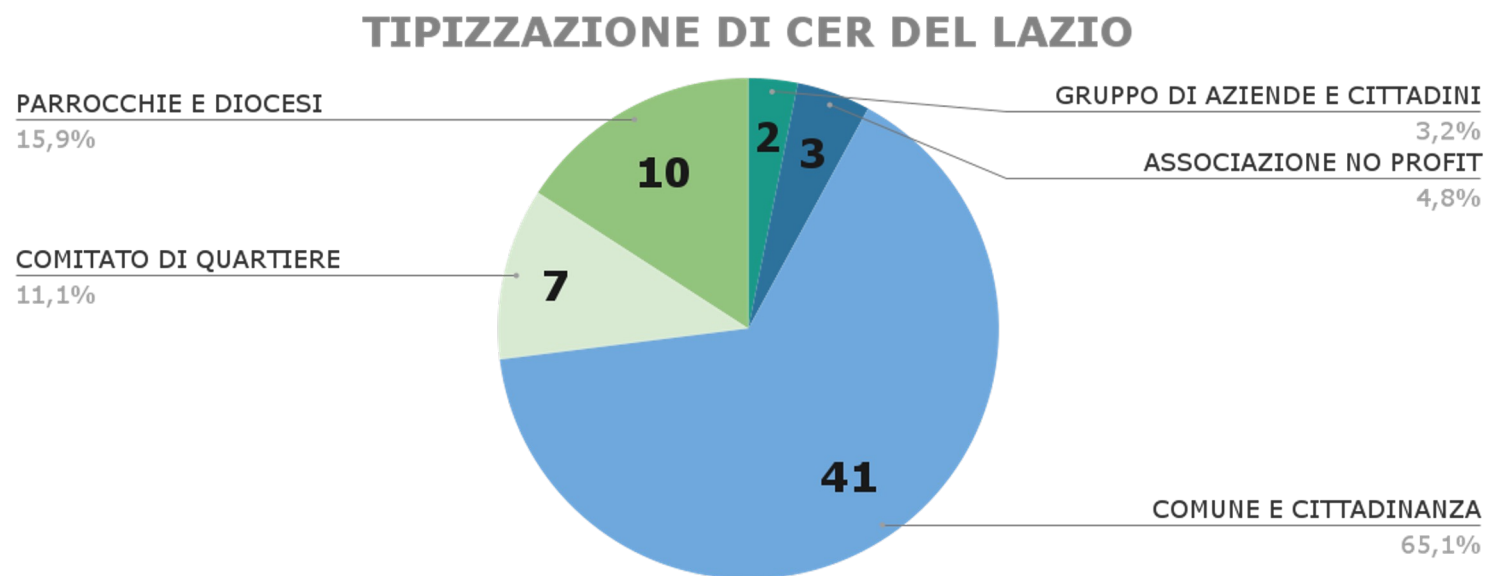
CER e PED – esperienze

Il progetto della regione Lazio in collaborazione con il DIMA

“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*)

Gruppo di ricerca guidato dal Prof Giovanni Delibra

Le potenziali CER analizzate nella regione Lazio possono essere ricondotte a 5 tipologie



Comunità Energetiche Rinnovabili & SAPS, Ponza

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

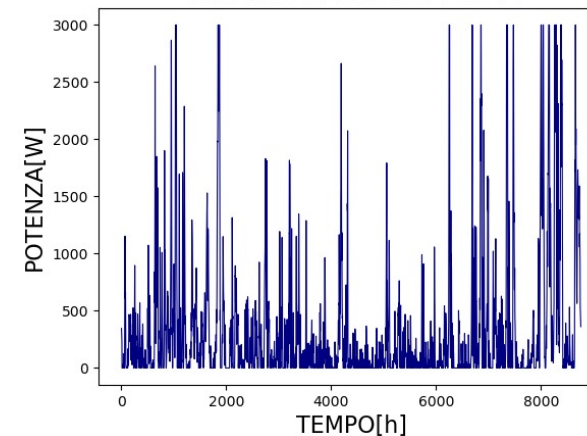
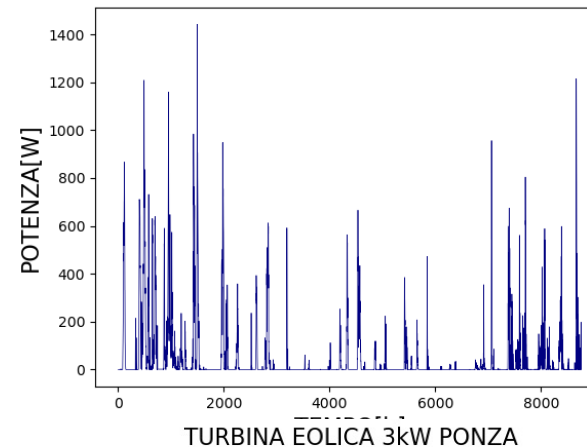
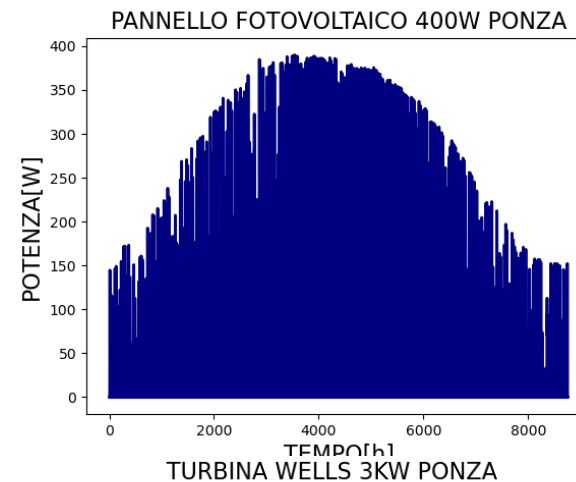
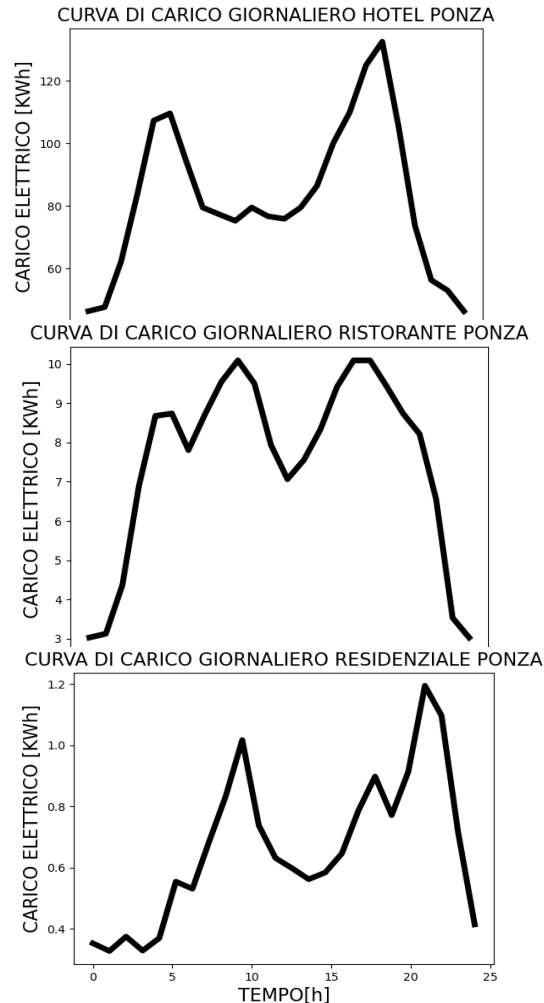
Dati

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



CER Ponza

Configurazioni



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

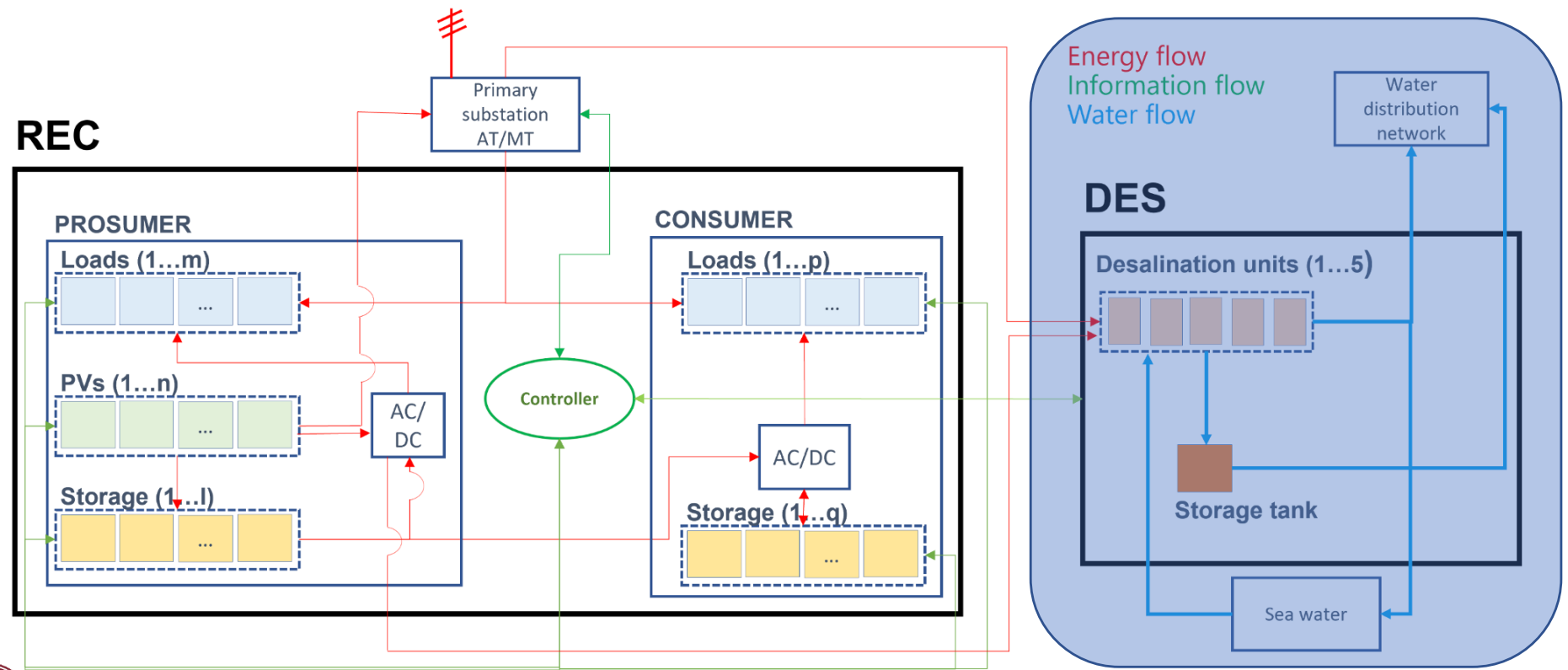
- 1) Numero di utenti residenziali [1,400]
- 2) Numero di ristoranti [1,10]
- 3) Numero di hotel [1,3]

Variabili Dipendenti

- 1) Potenza fotovoltaico installata

Parametri

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

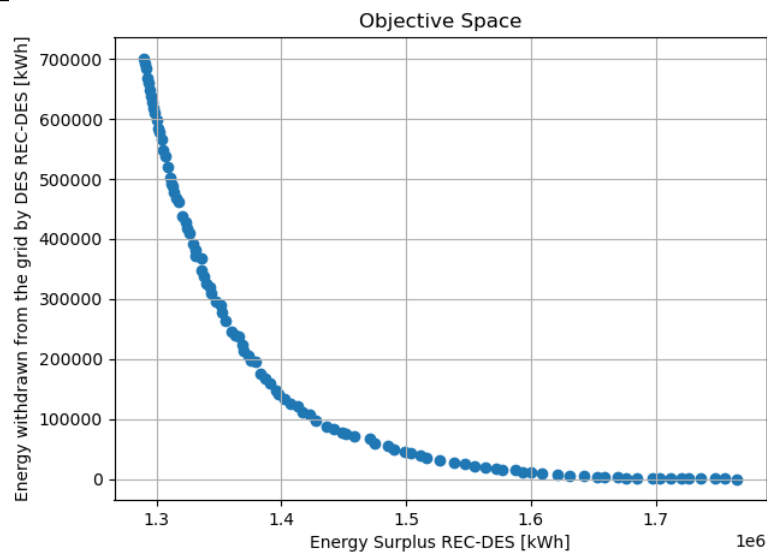


CER Ponza, *water-energy nexus*

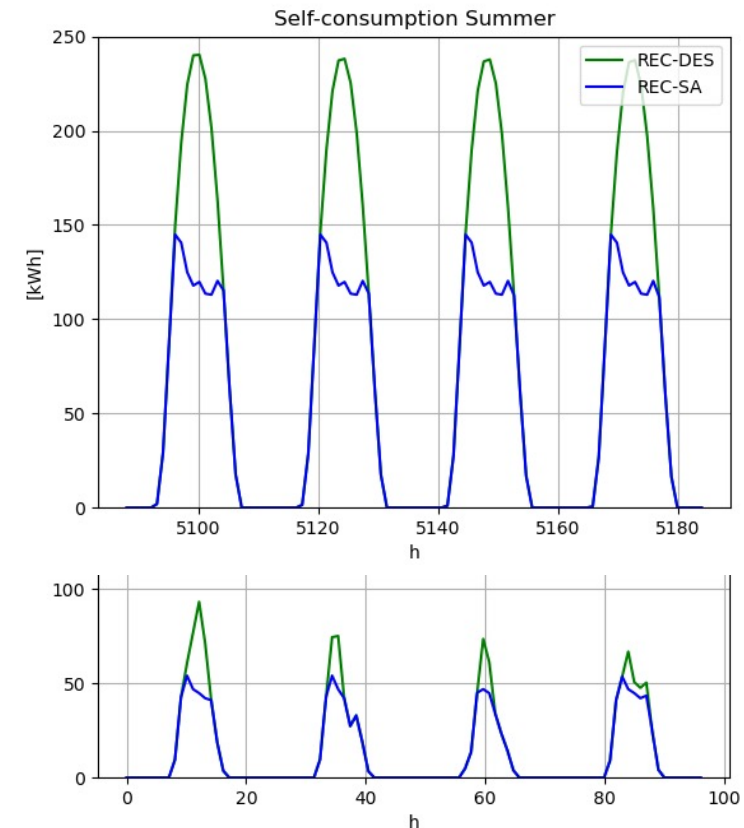
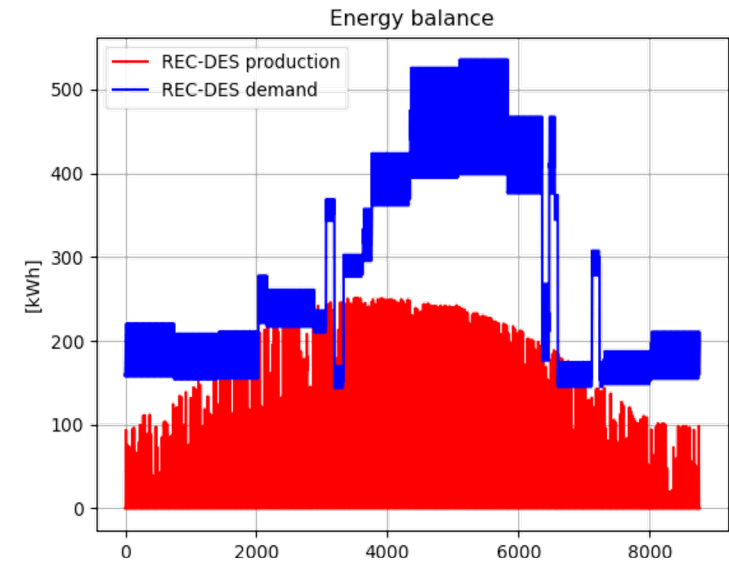
Un dissalatore costituisce un carico dinamico prezioso nella gestione del sistema energetico di un'isola

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	Prosumer S	Desalt	Ristoranti	Hotel
	[3 kW]	[350 kW]	[7 kW]	[50 kW]
Configurazione ottima	67	1	1	1



alessandro.corsini@uniro



CER termo-elettriche, Isola del Liri

Population

- 11 000 inhabitants

Main economic sectors

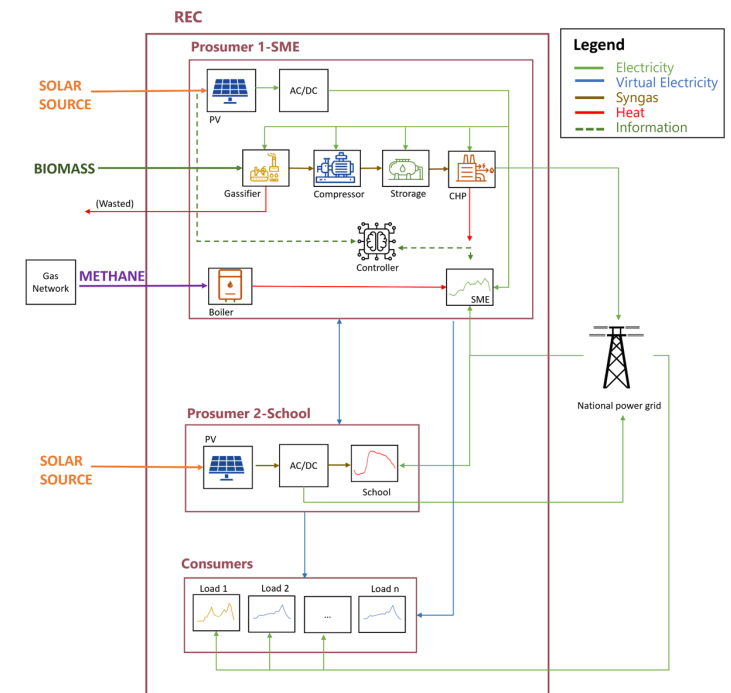
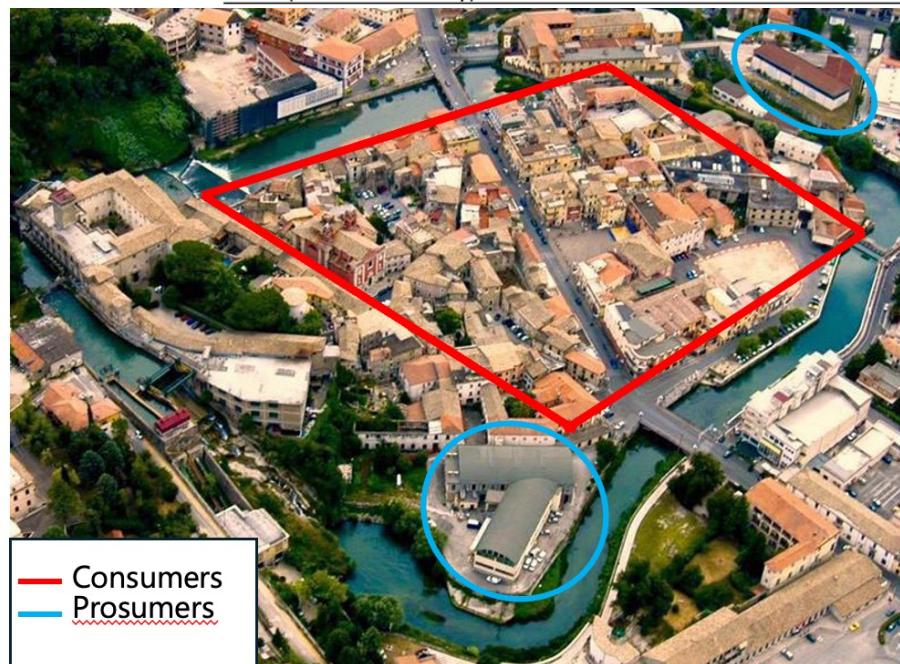
- services and industrial sectors, with ≈ 300 SMEs

Resources

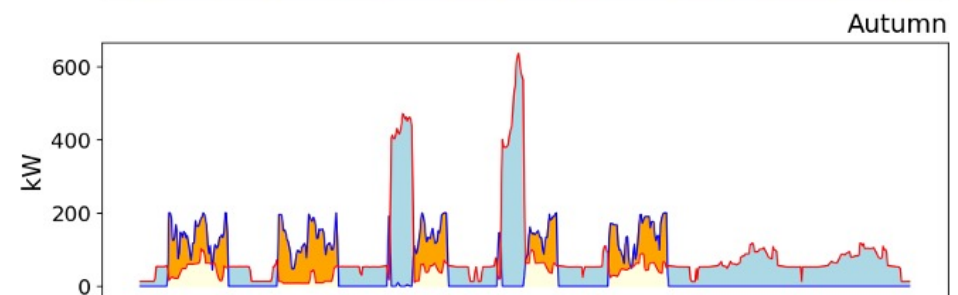
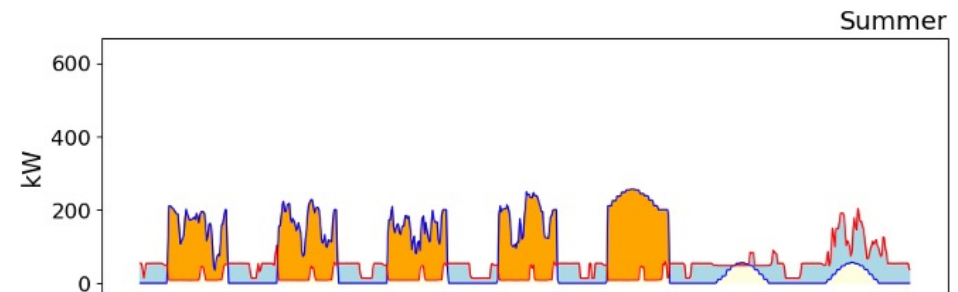
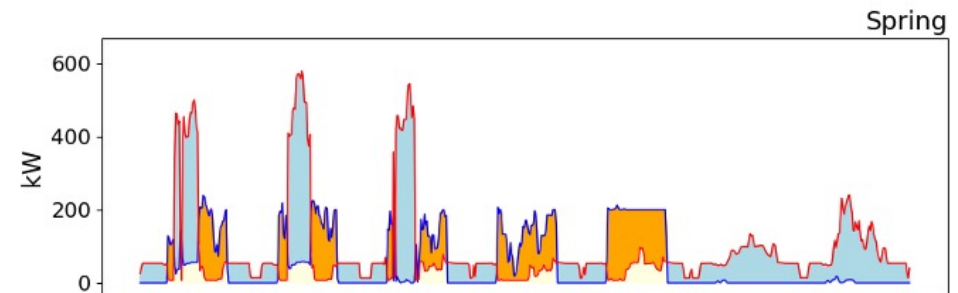
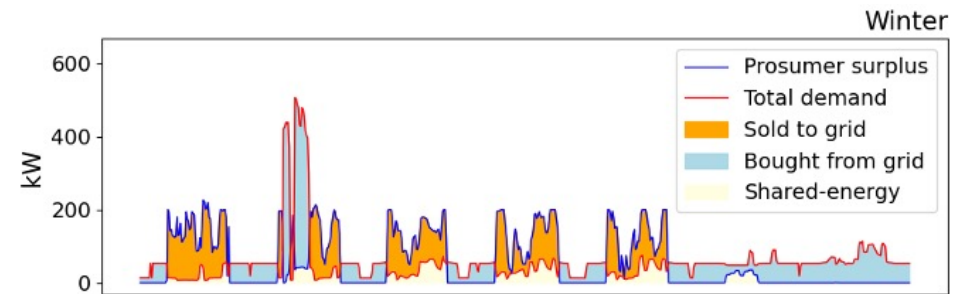
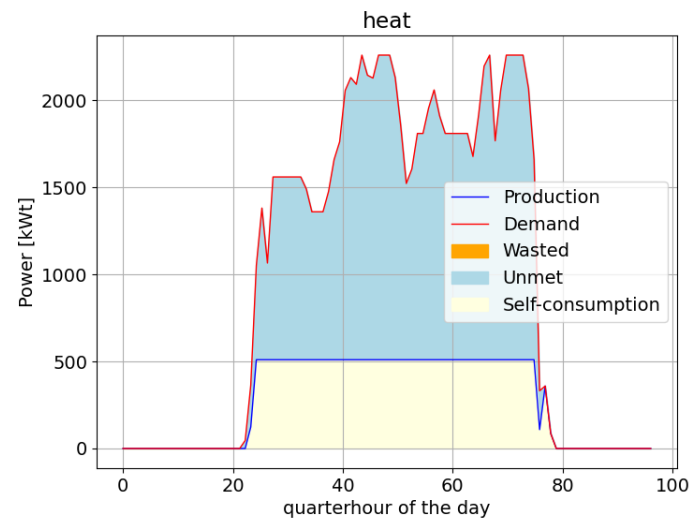
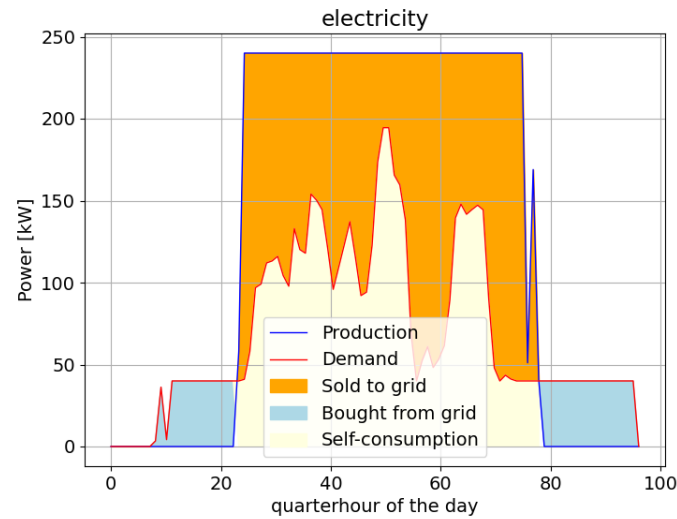
- average hourly radiation of 150 W/m^2
- 24,057 tons per year from residual biomass (mainly consisting residual of chestnut trees)

Energy demand

Description	Space [m ²]	Potential PV size [kW]	Energy vector			
			Electricity		Heat	
			Consumption [MWh/year]	Peak power [kW]	Hot Water [MWh _{th} /year]	Peak power [KW _{th}]
Residents	-	-	196	3-6	-	-
School	2500	60	180	58	-	500
SME (industrial laundry)	20000	500	826	800	6134	2800

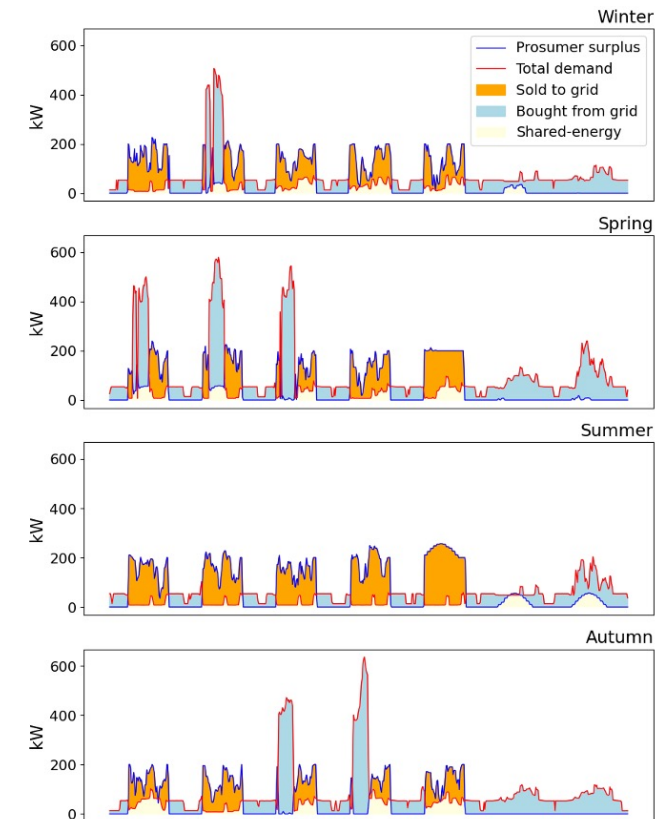


CER termo-elettriche, Isola del Liri



CER termo-elettriche, Isola del Liri

	Prosumer1	Prosumer2	
	Laundry	School	REC
	(th mode)		
Number of members	-	-	25 (2 pros + 23 cons)
Demand [MWh/year]	826	181	628 (437+97+94)
Production [MWh/year]	821	113	-
Self-consumption [MWh/year]	389	84	
Sold to grid [MWh/year]	432	29	
Bought from grid [MWh/year]	437	97	
Shared energy [MWh/year]	-	-	96
Initial investment [k€]	820	90	0
NPV [k€]	1341	99	33
PBP [year]	5.6	7.3	-
Revenue from REC in 20 years [k€]	95	95	-
Consumer revenue in 20 years [k€]	-	-	1.5
Saved emissions [tCO _{2eq} /year]	694	72	
Carbon neutral emissions [tCO _{2eq} /year]	362	0	

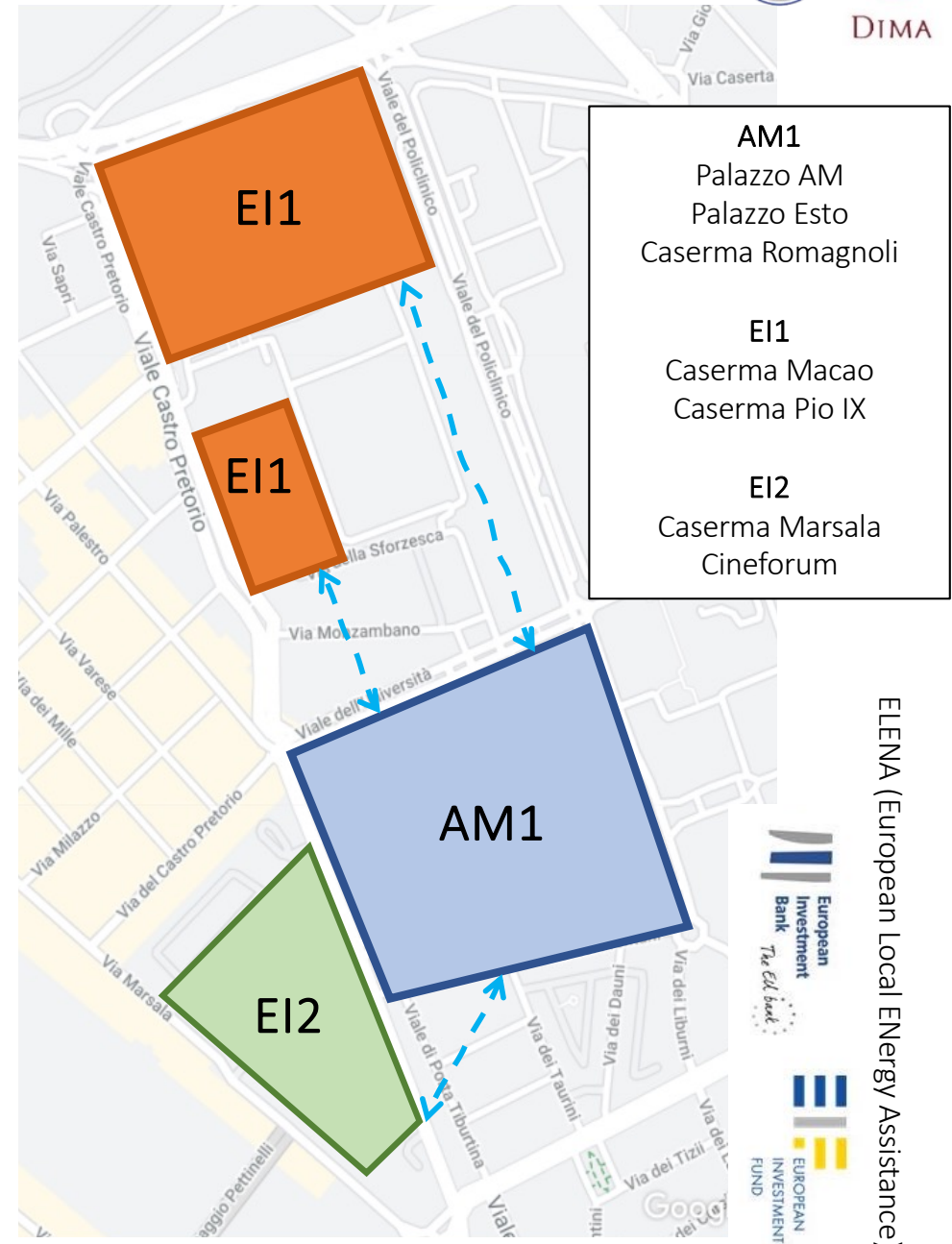


Smart District Castro Pretorio

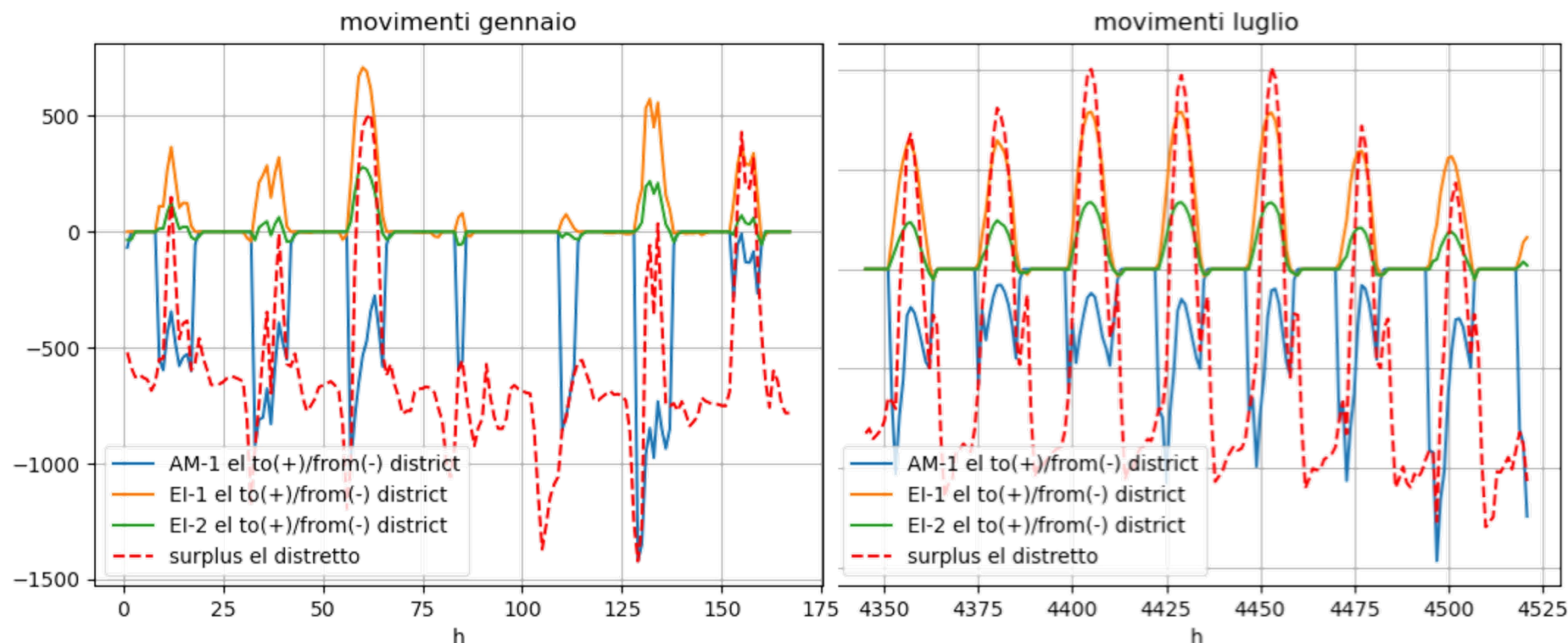
- “AM1” che comprende Palazzo AM, Palazzo Esto e Caserma Romagnoli
- un blocco “EI1” che comprende Caserma Macao e Caserma Pio IX
- Un blocco “EI2” che comprende Caserma Marsala

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



Smart District, metabolismo



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	Δ
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%

Transizione energetica e nuovi modelli sociali

Dalle comunità energetiche rinnovabili ai *Positive Energy District*

Prof ing Alessandro Corsini

Sustainable Energy Competence Center&Labs

Department of Mechanical and Aerospace Engineering (DIMA)

Sapienza University of Rome

