

Ricerca di Sistema elettrico



Sviluppo dell'applicazione SIMUL - SOFTWARE per Comunità Energetiche (LA1.12)

Alessandro Calvagna - NS12

NS12

Sviluppo dell'applicazione SIMUL - SOFTWARE per Comunità Energetiche

LA 1.12 - Valutazione e gestione CER: Sviluppo dei nuovi servizi, testing e qualificazione della piattaforma per le Local Energy

Alessandro Calvagna (NS12)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.7 - Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Linea di attività: LA 1.12

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Samuele Branchetti, ENEA

Mese inizio effettivo: 19

Mese fine effettivo: 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno contratto dal titolo: "Sviluppo dell'applicazione SIMUL - SOFTWARE per Comunità Energetiche"

Indice

1	Risultati attesi	4
2	Risultati ottenuti.....	5
3	Prodotti attesi	6
4	Prodotti sviluppati	7
4.1	Struttura della piattaforma	7
4.2	Autenticazione	8
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati.....	10
6	Sintesi delle attività svolte	11
7	Dettaglio delle attività svolte.....	13
7.1	Task1.....	13
7.2	Task 2	14
7.3	Task 3.....	15
7.4	Task 4	16
8	Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte	21
9	Pubblicazioni scientifiche	22
10	Eventi di disseminazione	23

Indice delle figure

Figura 1 Esempio di output	5
Figura 2 Archiettura portale	8
Figura 3 Autenticazione	9
Figura 4 Task	12
Figura 5 Task1	14
Figura 6 Task 2.....	15
Figura 7 Output tabellare.....	16
Figura 8 Output grafico	17
Figura 9 Consumi delle singole utenze.....	17
Figura 10 Andamento prelievo, immissione e energia condivisa	18
Figura 11 Curve e valori medie orarie.....	19
Figura 12 Energia condivisa e autoconsumo diretto	19
Figura 13 Percentuali giornalieri di energia condivisa e autoconsumo diretto	20

Indice delle tabelle

Tabella 1 File consumi	15
------------------------------	----

1 Risultati attesi

L'affidamento consiste nella progettazione e nella realizzazione di un'applicazione web, denominata SIMUL, e delle relative interfacce software, per la modellazione (Digital Twin) delle Comunità Energetiche. L'applicazione dovrà permettere simulazioni e valutazioni a supporto delle decisioni, riproducendo il comportamento della comunità energetica a partire dai valori orari o quattorari di un intero anno delle curve di consumo elettrico, produzione e accumulo (reali o sintetiche) in ambito residenziale, terziario ed industriale, con possibilità di valutare l'impatto della comunità energetica in termini di indicatori e performance (energia immessa e prelevata dalla rete, autoconsumi diretti, energia condivisa, autosufficienza, ecc.) utili in fase di progettazione e gestione della comunità, rendendo possibile la valutazione di scenari alternativi e/o ottimizzati. L'obiettivo principale è di rendere il codice sviluppato dall'ENEA utilizzabile da utenti non esperti, impegnati nella progettazione delle Comunità Energetiche a partire da dati energetici riferiti alle singole utenze coinvolte nella comunità.

2 Risultati ottenuti

Il progetto ha portato alla realizzazione di un portale web accessibile da internet con le caratteristiche che descriveremo nel corso del presente documento.

I risultati posso essere visualizzati utilizzando la piattaforma messa a disposizione e raggiungibile all'indirizzo <https://simulweb-stage.ns12.it>. Tali risultati riguardano la gestione delle comunità energetiche, delle relative utenze e configurazioni (definite per periodo), dei dati relativi ai consumi e alla produzione di energia e agli output relativi alle simulazioni effettuate tramite gli script octave messi a disposizione da ENEA. La figura seguente mostra un output di una simulazione.

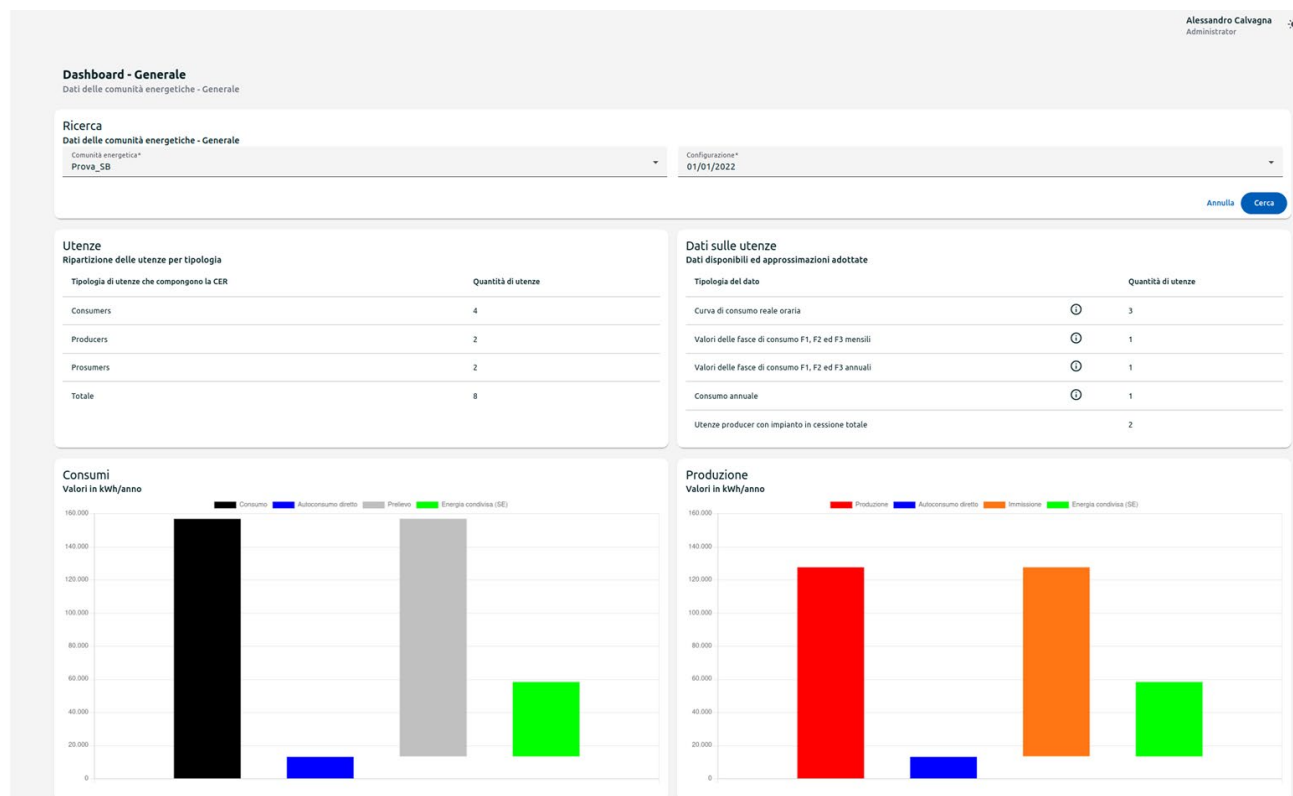


Figura 1 Esempio di output

3 Prodotti attesi

Il software deve essere scritto in Java Spring Boot (Apache Maven) e Angular per la parte "client", Web GUI. Il Software sviluppato rimarrà completamente di proprietà di ENEA, con supervisione e project management del laboratorio TERIN-ICER-CROSS, e liberamente distribuibile anche secondo le licenze open source. Per questo motivo, lo sviluppo dello strumento non prevede l'utilizzo di software e librerie a pagamento se non precedentemente discusso, ed approvato, con ENEA.

4 Prodotti sviluppati

4.1 Struttura della piattaforma

I prodotti software sviluppati rispecchiano l'architettura della piattaforma definita e suddivisa come segue:

- **Backend:** contiene tutta la logica applicativa del sistema; è scritto utilizzando spring-boot (con maven) e espone tutti i servizi (api-rest) che verranno utilizzati dal front end e, eventualmente, da sistemi esterni.
- **Database:** il database scelto per la memorizzazione dei dati è postgresql; esisteranno due diversi "schema" presenti all'interno della stessa installazione ovvero
 - cruise: schema già presente e contiene anche dati elaborati dall'attuale sistema (scritto in octave); alcuni dati elaborati da simul dovranno essere memorizzati su questo schema.
 - simul: contiene tutti i dati che permetteranno al nuovo sistema di funzionare; conterrà dati relativi ad elaborazioni parziali, dati relativi agli utenti/ruoli necessari a simul. Nei documenti di dettaglio tecnico verrà descritto la ddl del database.
- **Frontend:** rappresenta la GUI del portale scritta utilizzando angular (18.0.7), sfruttando angular material per la componente grafica. Chart.js per la visualizzazione degli output (grafici) e il pattern ngrx per la comunicazione con il backend. In fase di avvio progetto è stata fornita una mock-up di esempio che definisce stile e colori, navigabilità tra le funzionalità esposte.

La figura seguente mostra l'architettura implementata:

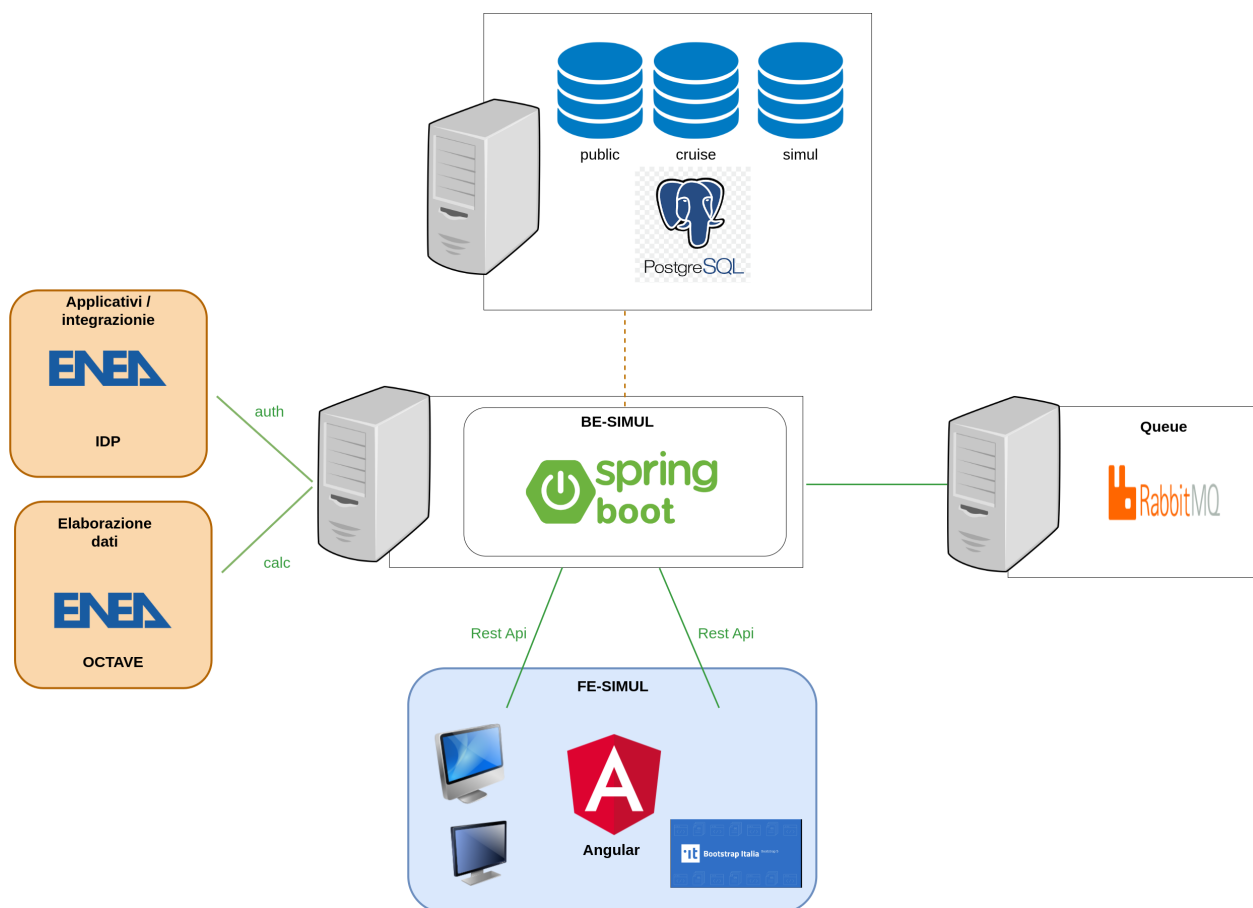


Figura 2 Architettura portale

Tutto il codice sorgente sviluppato è stato consegnato all'interno della piattaforma gitlab e raggiungibile all'indirizzo:

<https://crossserv.bologna.enea.it/gitlab/cross/simul>

All'interno è presente sia il codice sorgente che la documentazione a supporto.

4.2 Autenticazione

Gli utenti che possono accedere alla piattaforma sono di due diverse tipologie ovvero:

- **Operatore:** utente che gestisce i dati di una o più comunità energetiche. Ha la possibilità di creare le comunità, associare i dati relativi alle utenze che ne fanno parte, creare la configurazione, caricare i dati di consumo ed effettuare le simulazioni dei dati inseriti.
- **Amministratore:** l'amministratore ha le stesse funzionalità dell'operatore ma in più vede e gestisce tutte le comunità energetiche create. Ha anche la possibilità di associare gli operatori a comunità diverse.

La differenziazione della tipologia di utente viene restituita dal token di autenticazione rilasciato dalla funzionalità di login. Il sistema non prevede funzionalità di registrazione; tutti gli utenti che accedono alla piattaforma devono necessariamente essere registrati all'interno dell'Identity provider di ENEA. L'autenticazione verrà effettuata chiamando dei servizi esposti da ENEA.

La figura seguente mostra appunto la maschera di login alla piattaforma.

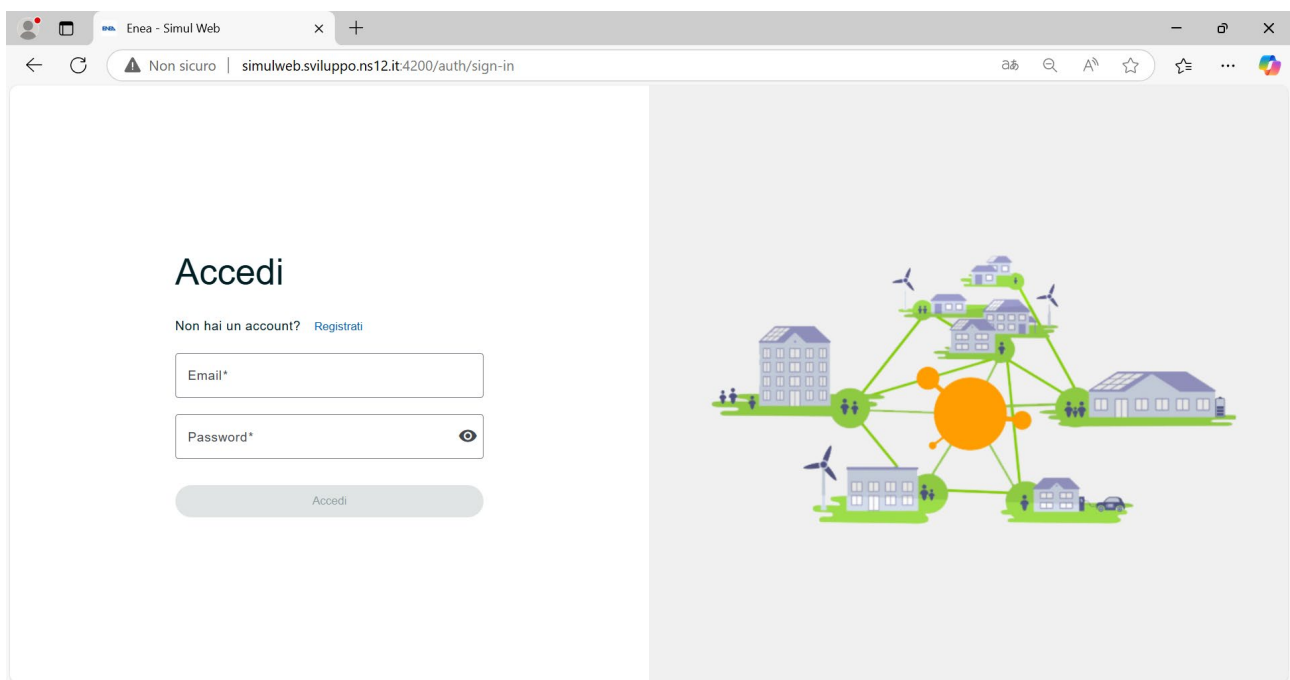


Figura 3 Autenticazione

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

I risultati ottenuti sono in linea secondo quanto previsto da capitolato.

6 Sintesi delle attività svolte

Le attività svolte all'interno del progetto riguardano la progettazione e la realizzazione del portale web, denominato SIMUL, che permette agli operatori ENEA e ad utenti esterni di effettuare simulazioni e successive valutazioni di comunità energetiche in ambito residenziale, terziario e industriale. La simulazione viene effettuata partendo dai dati grezzi caricati dagli operatori, memorizzati all'interno del database ed elaborati dagli algoritmi messi a disposizione da ENEA. Di seguito uno schema del processo implementato per lo sviluppo del portale suddiviso in task così come descritto nell'allegato tecnico.

- **Task0:** analisi tecnico-funzionale del progetto, con output il documento contenente il progetto esecutivo.
- **Task1:** Realizzazione dell'interfaccia di input dei dati che consente agli utenti "utilizzatori dell'applicazione" di inserire manualmente dati numerici e testuali attraverso pagine composte da schede e menù a tendina, e permette anche l'upload dei file di input secondo i formati utilizzati dalle sorgenti previste.
- **Task2:** Sviluppo del modulo di conversione e memorizzazione dati che legge e converte i dati e i file di input (dataset grezzi) inseriti dall'utente tramite l'interfaccia grafica sviluppata nel task precedente e li importa in modo automatico all'interno del database PostgreSQL e all'interno di cartelle sul file system dell'applicazione, in un formato file ".mat", implementando apposite politiche di gestione, categorizzazione, memorizzazione e cancellazione dei file.
- **Task3:** L'interfaccia utente di input dei dati e il modulo di conversione dati producono i dataset pronti per la successiva elaborazione che è implementata attraverso script, funzioni e classi di funzioni sviluppati da ENEA in codice OCTAVE. Questo stadio di elaborazione dei dati viene invocato ed eseguito, e quindi gestito, in modo automatico e opportunamente temporizzato, nel contesto del processo di analisi attivato dall'utente dell'applicazione SIMUL.
- **Task4:** I risultati delle elaborazioni dei dati registrati in apposite tabelle del database PostgreSQL, congiuntamente ad una parte di input che costituiscono un'anagrafica della comunità energetica, vengono visualizzati tramite grafici, tabelle e valori numerici. In quest'ultima fase di sviluppo dell'applicazione sono quindi state realizzate le interfacce e relative pagine web per la visualizzazione grafica dei risultati delle elaborazioni e la produzione di report scaricabili dall'utente.

La figura seguente mostra il flusso operativo tra i 4 task

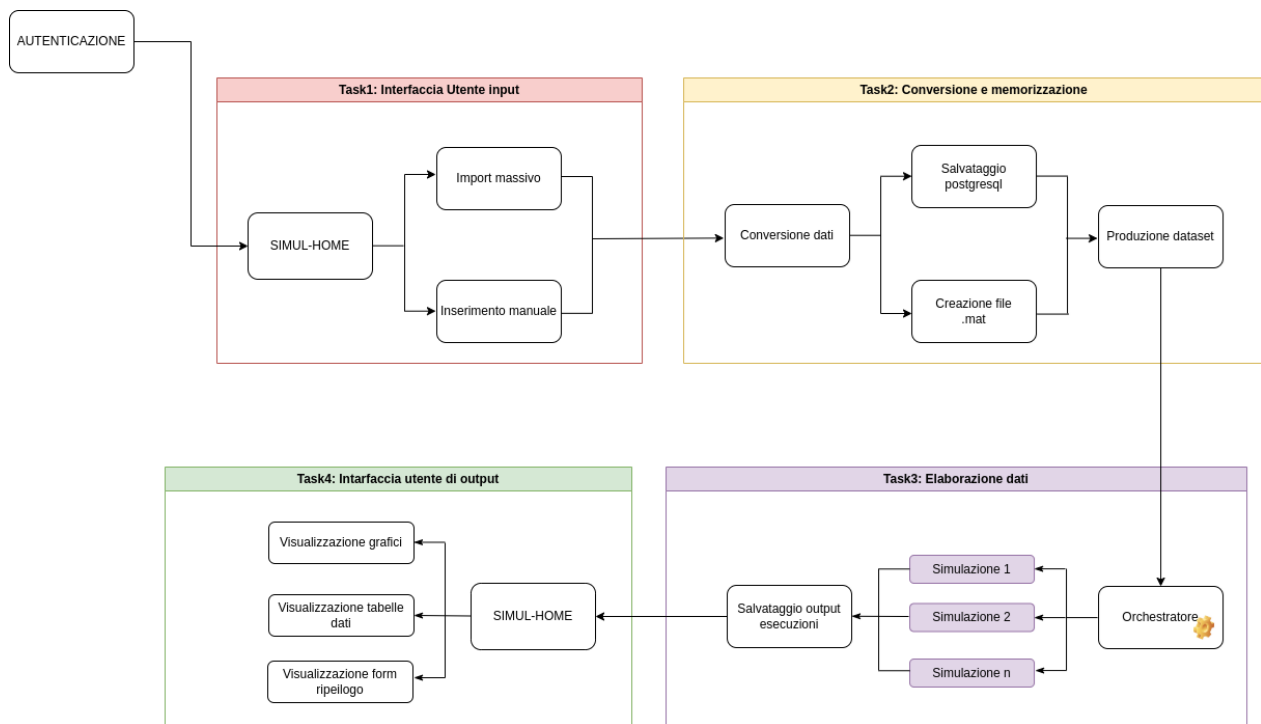


Figura 4 Task

7 Dettaglio delle attività svolte

Le attività svolte per raggiungere gli obiettivi del progetto sono state le seguenti:

- **Analisi e progettazione:** nella prima fase del progetto è stata svolta l'analisi e la progettazione del portale, in termini di funzionalità da implementare e flussi operativi che sottostanno alle funzionalità. Come output di questa fase è stata prodotta la stesura del documento di analisi e progettazione consegnato ad Enea. Oltre al documento di analisi è stato consegnato il documento di pianificazione e controllo (PMP) all'interno del quale sono state individuate le attività da svolgere e le milestone previste.
- **Installazione ambienti di sviluppo:** sono stati preparati gli ambienti per gli sviluppatori, realizzando dei singoli progetti (BE e FE) con lo scheletro dei due moduli in modo tale che gli sviluppatori potessero iniziare gli sviluppi. I due moduli sono stati inseriti inizialmente all'interno del git aziendale NS12. È stata effettuata anche una installazione del database postgresql per la memorizzazione dei dati. Per il backend è stato configurato anche uno swagger per facilitare lo sviluppo del frontend.
- **Realizzazione backend:** in base alle specifiche funzionali sono stati realizzati i servizi rest (api rest) che implementano la logica applicativa. Come descritto prima è stato configurato lo swagger per facilitare lo sviluppo e il testing dei servizi
- **Realizzazione frontend:** in base alle specifiche funzionali e alle mock-p consegnate è stata sviluppata la GUI dell'applicazione.
- **Analisi e integrazione software (script) octave:** il task 3 del progetto ha coinvolto l'utilizzo dei task octave che, a partire dai file .mat generati da simulweb e dalla relativa configurazione generano gli output risultanti dall'elaborazione. Gli script sono stati analizzati e modificati per essere eseguiti da un servizio rest (java). Infine, sono state aggiunti gli statment per la generazione dei file csv con i risultati dell'elaborazione.
- **Stesura documentazione tecnica:** a corredo del software sono stati redatti i documenti di analisi funzionale, di dettaglio, test e manuali utente.

Di seguito una descrizione più dettagliata dei 4 task che sono stati implementati.

7.1 Task1

Nel primo task sono state implementate le funzionalità che permettono agli utenti di caricare all'interno del Sistema i dati relativi ai consumi energetici. Inoltre, sono state implementate le funzionalità relative alla creazione e alla gestione delle comunità energetiche. Il dato inserito è stato trasformato in un formato standard (.mat) per essere successivamente elaborato dai codici sviluppati da ENEA. Il caricamento avviene attraverso l'upload di uno o più file all'interno del Sistema. Per quanto riguarda la prima fase del caricamento esistono una serie di tipologie di fonti dati:

- **Portale e-distribuzione:** l'utente deve poter caricare 12 file (uno per mese) per l'anno selezionato
- **Portale consumi:** l'utente deve poter selezionare un solo file contenente tutti i dati per i 12 mesi.
- **UrbanDataset SCPS:** formato json un solo file già validato

La prima fase del processo di caricamento delle informazioni consiste nella creazione della comunità energetica e delle relative configurazioni con un set di dati che utilizzati per le fasi successive (path all'interno dei quali salvare i file con i consumi o i file meteo). Queste configurazioni si riferiscono ad un determinato periodo temporale e di durata di 12 mesi. Questi periodi sono utilizzati per definire i periodi di osservazione sui dati di consumo delle singole utenze che potranno essere inserite a sistema, con le relative configurazioni. Il dato che viene inserito, a prescindere dalla fonte, rappresenta il consumo in una determinata fascia oraria di un determinato giorno. Per fare questo il giorno viene suddiviso in 96 intervalli da 15 minuti ciascuno e il dato di consumo o produzione si riferisce ad ogni singolo intervallo temporale. In questo modo i file contengono i dati di consumo o produzione per ogni singolo intervallo. Il sistema gestisce anche i dati orari ovvero 24 campioni al giorno. La figura seguente mostra il flusso implementato per il presente task.

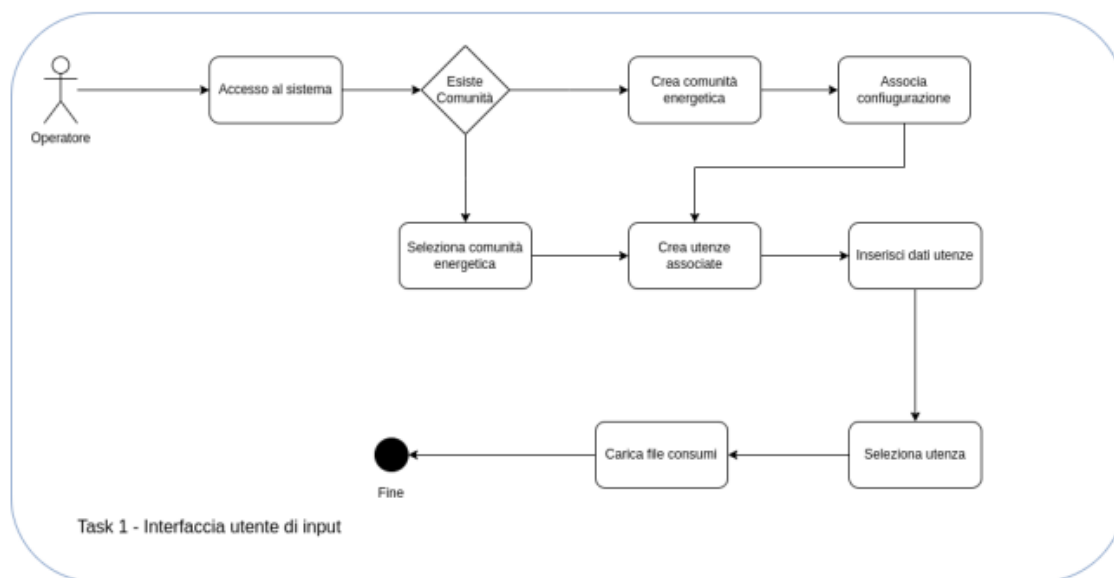


Figura 5 Task1

7.2 Task 2

Nel presente task sono state implementate le funzionalità che trasformano i dati presenti all'interno dei file caricati nel task precedente in file .mat e .csv. L'utente, con ruolo operatore o amministratore, può accedere ai dati precedentemente inseriti relativi ad una determinata utenza, lanciare il check formale sulla correttezza degli stessi e sulla successiva trasformazione in formato .mat e .csv, e il salvataggio all'interno del database. La figura seguente mostra il flusso che permette agli operatori di trasformare i dati inseriti.

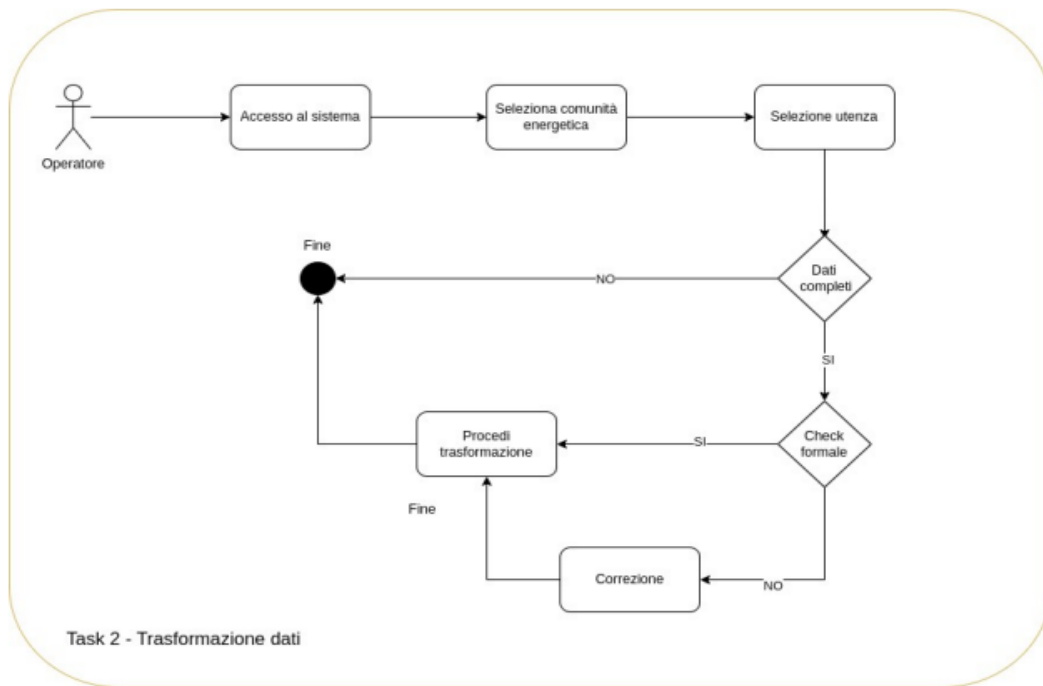


Figura 6 Task 2

La trasformazione avviene sia come file .mat che verranno elaborati da octave che in formato .csv e potranno essere scaricati successivamente.

7.3 Task 3

Nel task 3 è stato sviluppato l'interfacciamento verso gli script "octave" messi a disposizione da Enea e invocabili tramite apposita interfaccia utente. Gli script generano anche dei file .csv che possono essere letti da simulWeb e il relativo contenuto salvato all'interno del database postgresql proprietario di simulWeb. Una volta completata l'esecuzione, i dati possono essere visualizzati all'interno delle dashboard. L'attività ha previsto la parametrizzazione dello script che esegue l'elaborazione prelevando i dati presenti nella configurazione creata da simulweb per la specifica comunità energetica e periodo di riferimento. La tabella seguente mostra un esempio generato dallo script.

<i>Consumo_totale, Produzione_totale, Autoconsumo_diretto, Energia_prelevata, Energia_immessa, Energia_condivisa, Cons, Prod, SCtot, SCRtot, SSRtot, SCRrete, SSRrete</i> 107886, 104266, 8.99506, 107877, 104247, 46035.3, 107886, 104256, 4.60443e+07, 44.1604, 42.6786, 44.1599, 42.6738
--

Tabella 1 File consumi

Questi file vengono letti e il contenuto viene caricato all'interno del database di simulweb.

7.4 Task 4

Nell'ultimo task è stata realizzata la dashboard di monitoraggio dei dati elaborati dagli script octave. I risultati delle elaborazioni dei dati registrati in apposite tabelle del database PostgreSQL, congiuntamente ad una parte di input che costituiscono un'anagrafica della comunità energetica, vengono visualizzati tramite grafici, tabelle e valori numerici. In quest'ultima fase di sviluppo dell'applicazione sono state quindi realizzate le interfacce e relative pagine web per la visualizzazione grafica dei risultati delle elaborazioni e la produzione di report scaricabili dall'utente. Nello specifico sono stati prodotti ad esempio i seguenti output da visualizzare:

- Anagrafica della comunità energetica;
- denominazione della comunità energetica;
- codice CE;
- anno di riferimento dei dati inseriti.

Quantità di utenze coinvolte nella comunità energetica suddivise per tipologia di utenza:

- utenze solo consumer;
- utenze producer (con impianto in cessione totale);
- utenze prosumer (con impianto in autoconsumo diretto);
- totale delle utenze.

La figura seguente mostra un esempio di output tabellare

Utenze	
Ripartizione delle utenze per tipologia	
Tipologia di utenze che compongono la CER	Quantità di utenze
Consumers	5
Producers	2
Prosumers	2
Totale	9

Dati sulle utenze	
Dati disponibili ed approssimazioni adottate	
Tipologia del dato	Quantità di utenze
Curva di consumo reale oraria	4
Valori delle fasce di consumo F1, F2 ed F3 mensili	1
Valori delle fasce di consumo F1, F2 ed F3 annuali	1
Consumo annuale	3
Utenze producer con impianto in cessione totale	2

Figura 7 Output tabellare

La figura seguente mostra un esempio di output in forma di grafico:

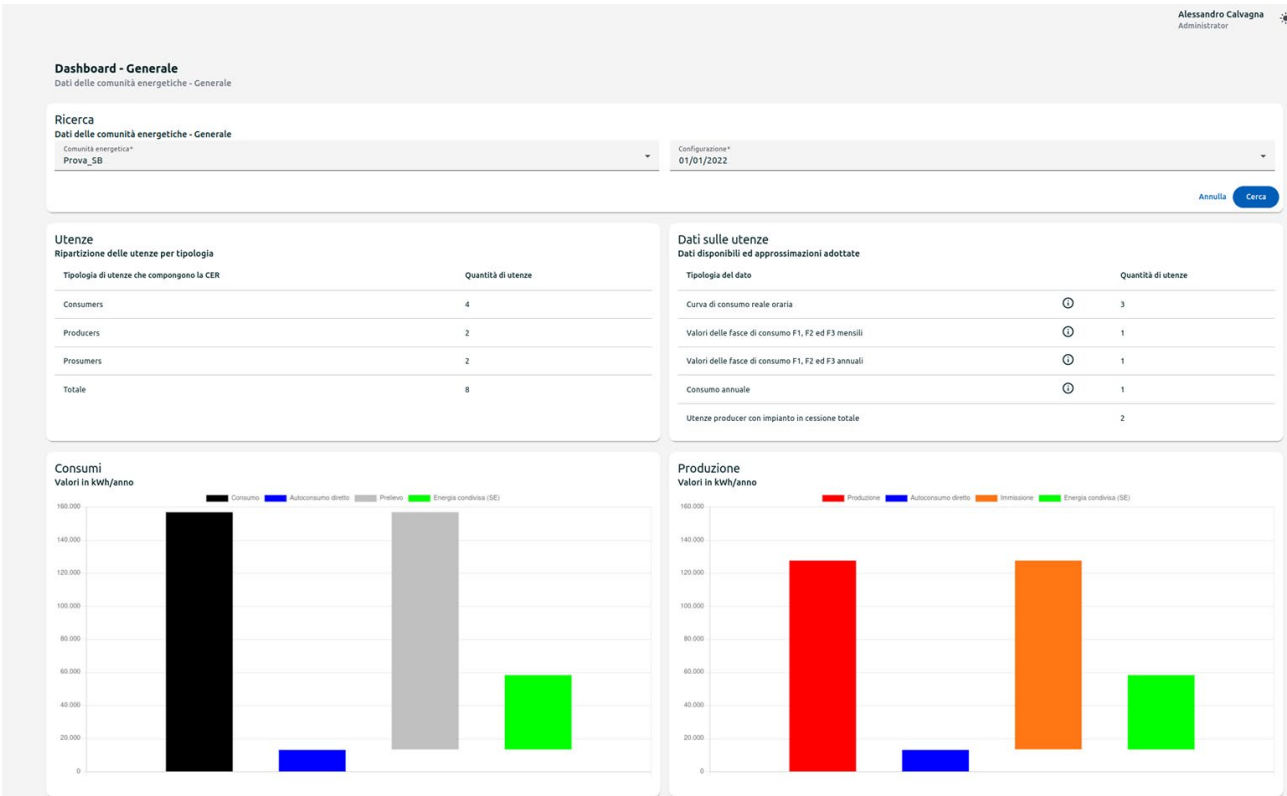


Figura 8 Output grafico

Di seguito altri esempi di output generati dalla piattaforma:

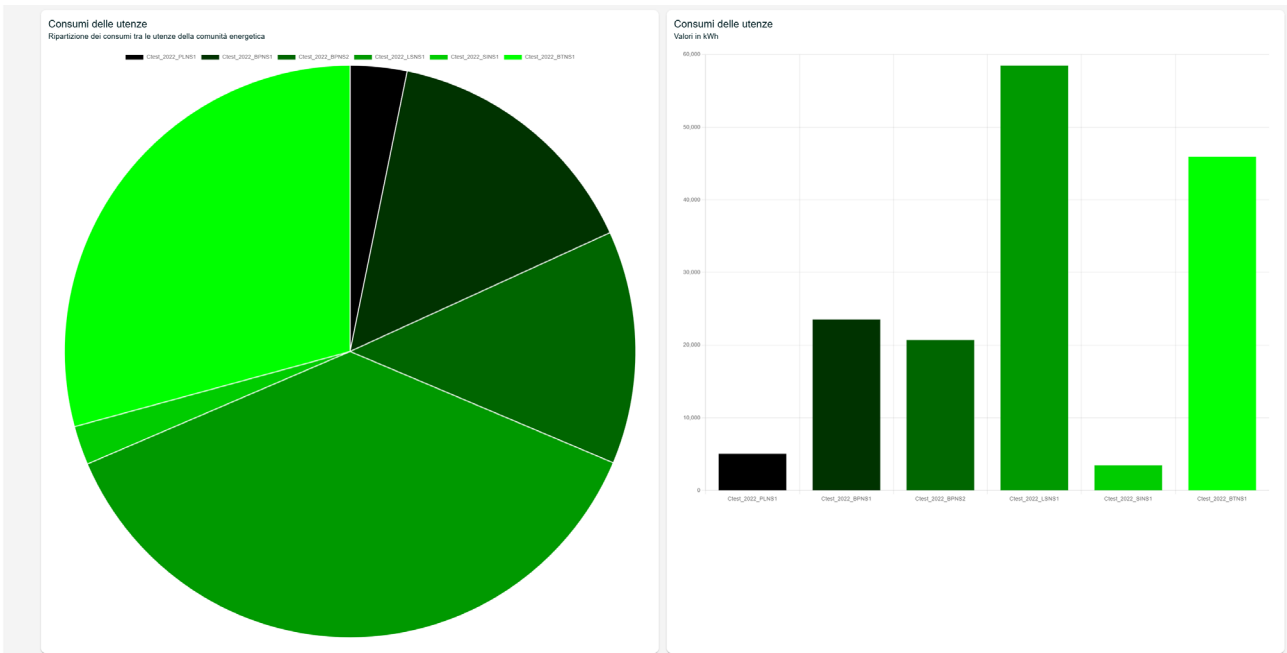


Figura 9 Consumi delle singole utenze

La figura precedente mostra la distribuzione dei consumi delle singole utenze all'interno della comunità energetica, dove a sinistra sono rappresentate le percentuali sul totale e a destra i valori all'interno del periodo.

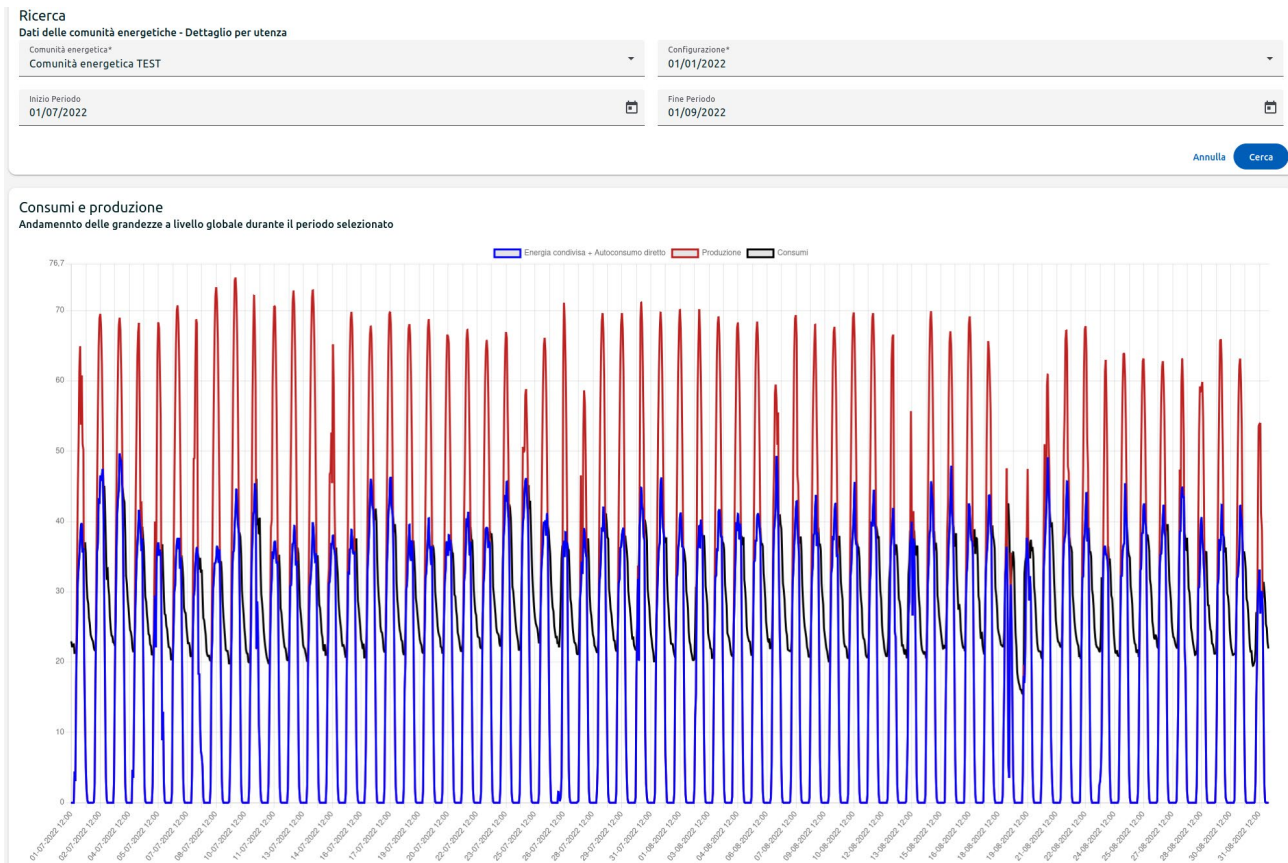


Figura 10 Andamento prelievo, immissione e energia condivisa

La figura 10 mostra l'andamento delle grandezze di consumo, produzione e autoconsumo locale per un periodo temporale scelto dall'operatore. I valori sono a livello orario e si riferiscono ad un determinato periodo definito dall'operatore.

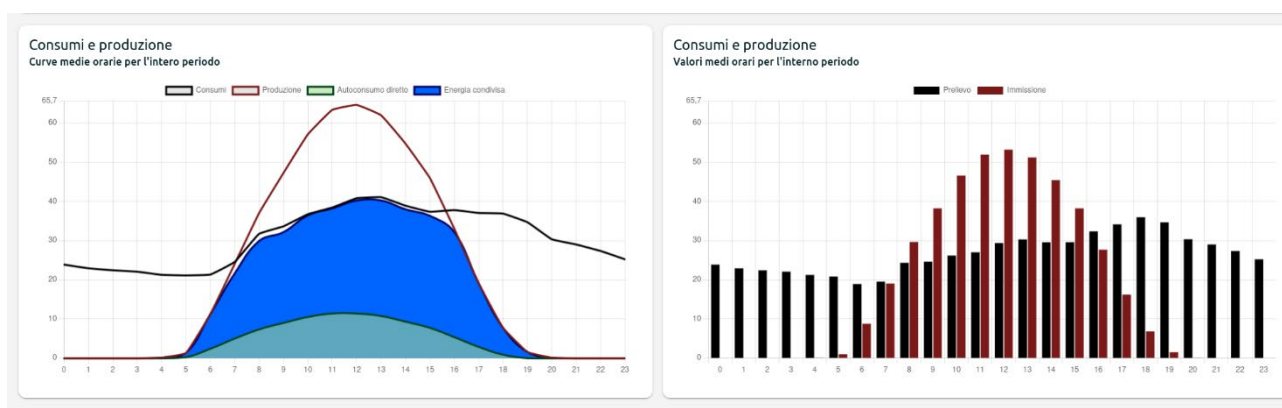


Figura 11 Curve e valori medie orarie

La figura 11 mostra le curve e i valori medi orari giornalieri riferiti al periodo di riferimento selezionato dall'operatore.

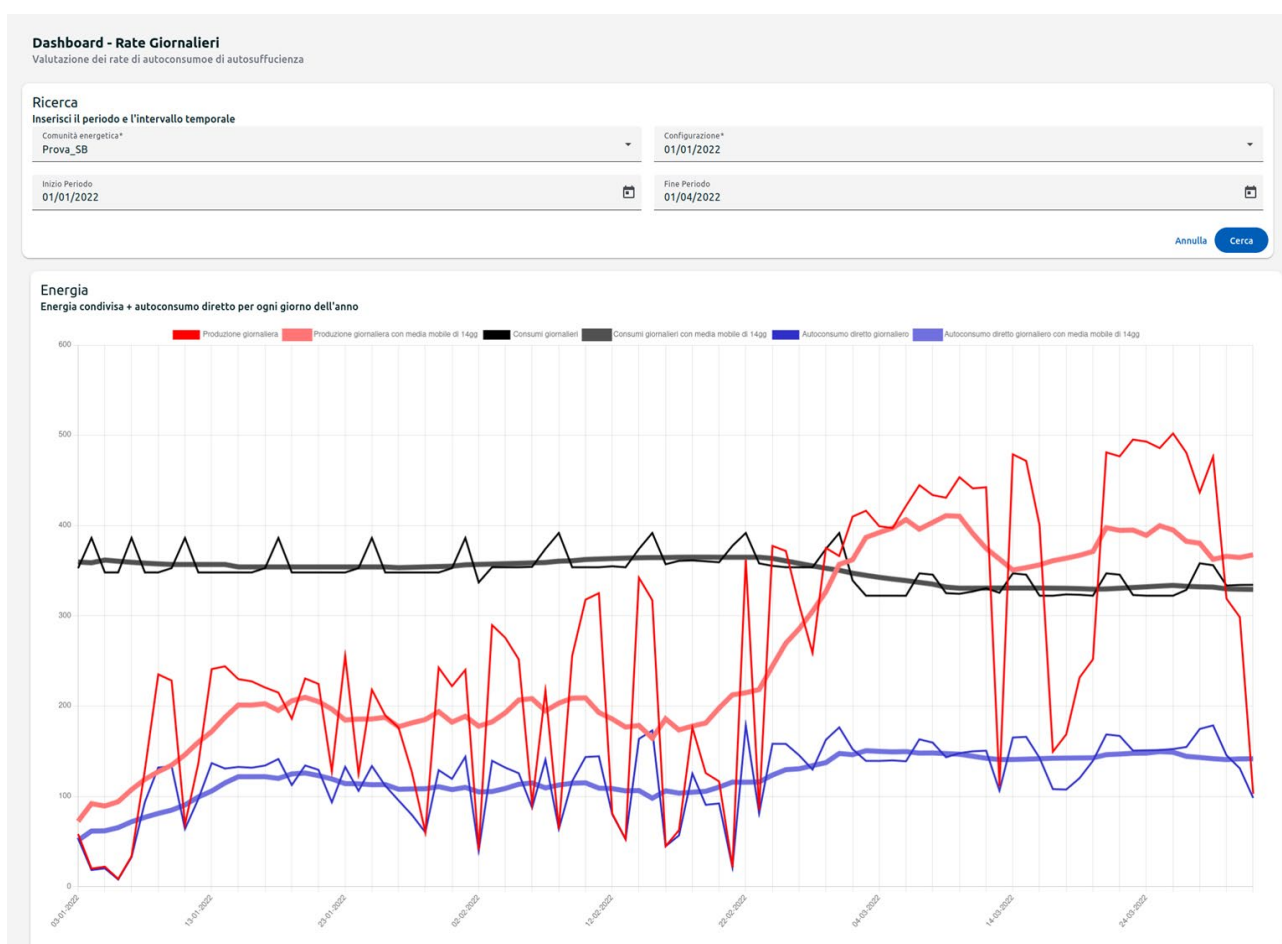


Figura 12 Energia condivisa e autoconsumo diretto

La figura 12 mostra la produzione giornaliera, i consumi giornalieri e l'autoconsumo locale giornaliero con le rispettive medie e relative al periodo selezionato dall'operatore.

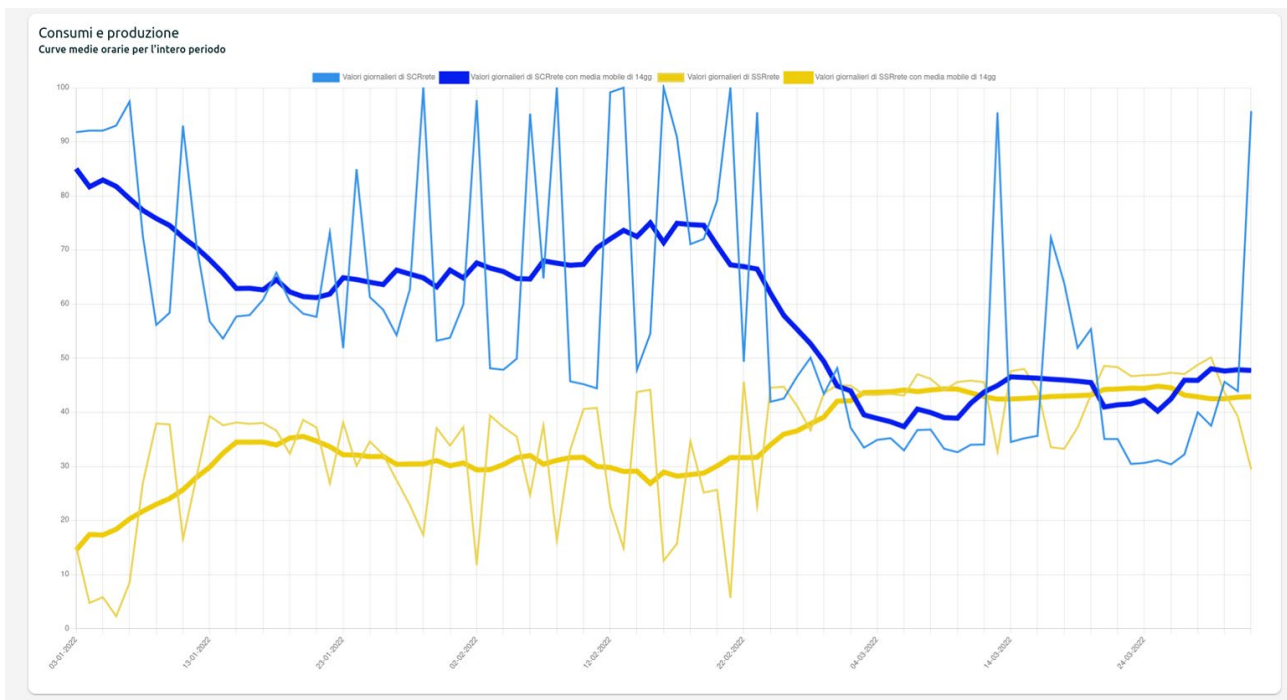


Figura 13 Percentuali giornalieri di energia condivisa e autoconsumo diretto

La figura 13 mostra i rate giornalieri di autoconsumo ed autosufficienza energetica delle utenze all'interno della comunità energetica e relative al periodo selezionato dall'operatore.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

All'interno del progetto non sono state utilizzate consulenze esterne.

9 Pubblicazioni scientifiche

Non sono state effettuate pubblicazioni.

10 Eventi di disseminazione

Non sono scaturiti eventi di disseminazione