RdS
RICERCA DI SISTEMA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Ricerca di Sistema elettrico

LA1.11 – Valutazione e gestione CER: Strategie di evoluzione della piattaforma per le Local Energy Community e strumenti di supporto

S. Branchetti, G. D'Agosta, A. Frascella, N. Gessa,
C. Petrovich, F. Paolucci, R. Chiarini, L. Gazzotti

RdS_PTR 22-24_PR 1.7_LA1.11_002

LA1.11 Valutazione e gestione CER: Strategie di evoluzione della piattaforma per le Local Energy Community e strumenti di supporto

S. Branchetti, G. D'Agosta, A. Frascella, N. Gessa, C. Petrovich, F. Paolucci, R. Chiarini, L. Gazzotti - ENEA

Giugno 2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

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

Obiettivo: *Decarbonizzazione/Digitalizzazione ed evoluzione delle reti*
Progetto: Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali
Linea di attività: 1.11
Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA
Responsabile Linea di Attività: Samuele Branchetti, ENEA
Mese inizio previsto: 1
Mese inizio effettivo: 1
Mese fine previsto: 18
Mese fine effettivo: 18

Indice

1 RISULTATI ATTESI 3
2 RISULTATI OTTENUTI 5
3 PRODOTTI ATTESI 7
4 PRODOTTI SVILUPPATI 8
5 ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI 11
6 SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE 12
7 DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE 13
8 CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE 19
9 PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE 20
10 EVENTI DI DISSEMINAZIONE 21

1 Risultati attesi

La Linea di Attività LA 1.11 del PTR 2022-2024 prevede l'evoluzione di strumenti a supporto delle Local Energy Community (LEC), realizzati nel piano triennale precedente, partendo dal consolidamento dei risultati e la successiva progettazione, ingegnerizzazione e sviluppo di servizi verticali basati sull'infrastruttura logica e funzionale già realizzata e testata in passato.

L'evoluzione prevista è relativa a 4 strumenti:

1. SIMUL che è uno strumento nuovo per la modellazione della LEC attraverso la definizione di un modello digitale parziale (digital twin) in grado di rappresentare le caratteristiche energetiche della comunità (autoconsumi, energia condivisa, ecc.) e, a partire da dati reali raccolti tramite sensoristica, di simulare il comportamento della LEC e di effettuare valutazioni a supporto delle decisioni;

2. CRUISE che è uno strumento di visualizzazione dei dati raccolti, degli indicatori di sintesi e delle informazioni estratte e valutate a partire da modelli matematici a supporto della gestione della LEC;

3. ECDP (Energy Community Data Platform) che è uno strumento di ingestione, storage, integrazione semantica e gestione delle sorgenti dei dati energetici e di contesto, in grado di separare il livello di raccolta dati da quello di elaborazione ed analisi;

4. Portale web come strumento di divulgazione dei contenuti e delle informazioni "statiche" (Front End) verso i differenti target di pubblico, per garantire la sicurezza dei dati, la privacy degli utenti e un punto di ingresso comune ai servizi sviluppati.

La progettazione e l'implementazione del tool CRUISE ("cruscotto di comunità" o cruscotto LEC) e di ECDP (piattaforma dati) è stata descritta in dettaglio nel deliverable "Progettazione e implementazione di una piattaforma a servizio di energy community" (RdS/PTR(2021)/036) del PTR 2019-2021.

Il portale web (www.smartenergycommunity.it) è stato introdotto nel deliverable "Test e sperimentazione della infrastruttura e dei servizi per le LEC" (RdS/PTR(2021)/044) del PTR 2019-2021 come strumento divulgativo basato su tecnologia *Wordpress* per la pubblicazione dei risultati e delle informazioni relative all'evoluzione delle LEC e la transizione verso le Smart Energy Community.

Nello specifico, i risultati attesi in riferimento alla presente linea di attività, della durata di 18 mesi (SAL1), dal 1/1/2022 al 30/06/2023, e ai singoli tool sviluppati sono i seguenti:

1. definizione teorica del gemello digitale (SIMUL) e primi modelli di funzionamento dei componenti;

2. piattaforma CRUISE stabile e disponibile per il pubblico con un rate di affidabilità accettabile per i normali servizi online;

3. definizione dei target di funzionalità e gestione dati in ECDP;

4. definizione dei target e dei contenuti associati per il portale web.

Le attività che sono state previste in fase di pianificazione sono le seguenti:

SIMUL: Analisi, modellazione, definizione dei requisiti e delle funzioni del “digital twin” a partire dalle moderne metodologie e strumenti di descrizione degli oggetti reali, al fine di creare una rappresentazione virtuale delle caratteristiche salienti di una LEC.

CRUISE: Consolidamento della piattaforma a partire da: definizione di ulteriori modelli di elaborazione dei dati finalizzati all'estrazione di indicatori di sintesi utilizzabili in strumenti di supporto alle decisioni; debug e miglioramento della piattaforma e delle sue prestazioni, in ottica di un suo scaling up; analisi dei modelli di confronto (benchmarking) tra comunità energetiche e definizione di KPI delle comunità per il confronto diretto tra esse.

ECDP: Reingegnerizzazione del sistema al fine di renderlo resiliente alle difettosità dei dispositivi di monitoraggio, con la capacità d’implementare politiche di *data cleaning* e *data wrangling*; aumento delle prestazioni in ottica di scalabilità; potenziamento delle caratteristiche come fornitore di data set qualificati ai sistemi di simulazione.

Portale web: definizione dei target di pubblico (utente finale, gestori della comunità, ecc.) e delle loro esigenze di informazione, inclusi gli stakeholder a livello nazionale (Regioni, ANCI, ecc.).

2 Risultati ottenuti

2.1 SIMUL

I risultati ottenuti in relazione al tool SIMUL, nuovo strumento per la modellazione e il digital twin della LEC, corrispondono a quanto atteso inizialmente:

- il gemello digitale è stato definito a livello teorico;
- i primi modelli di funzionamento dei componenti sono stati sviluppati.

Nello specifico, lo strumento è stato progettato definendo, da un punto di vista teorico e schematico, il gemello digitale della Comunità Energetica e sono stati sviluppati i primi modelli di funzionamento dei componenti di elaborazione dei dati reali di input (curve di carico elettrico e informazioni meteo) per ottenere come output l'energia fotovoltaica prodotta (kWh), il consumo energetico orario (kWh), l'energia condivisa (kWh), l'autoconsumo diretto (kWh), il rate di autosufficienza (%) e lo stato di carica degli accumuli, raggiungendo un TRL pari a 5.
Gli stadi di elaborazione sviluppati sono stati sperimentati utilizzando dati reali applicati ad ipotetiche configurazioni di comunità energetiche e in un caso pilota di LEC in configurazione di autoconsumo collettivo presso un complesso condominiale, come descritto nel documento "Sperimentazione del back-end dello strumento SIMUL" allegato al presente report tecnico.
Lo schema e i modelli definiti possono rappresentare un riferimento da adottare nel contesto dello sviluppo di sistemi per la progettazione e gestione delle comunità energetiche, contribuendo ad una migliore gestione dei consumi e della produzione di energia da fonte rinnovabile.

2.2 CRUISE

La versione prototipale della piattaforma CRUISE è stata rilasciata attraverso la messa a disposizione di un servizio WEB per tutti gli utenti registrati (https://winter.bologna.enea.it/cruise/). Questo servizio permette alle comunità energetiche connesse a CRUISE di visualizzare una serie di grafici relativi ai propri consumi e alla produzione di energia elettrica elaborati in tempo reale o periodicamente in base al tipo di output per monitorare lo stato della comunità energetica.
Grazie alle modifiche apportate nel corso della presente linea di attività il rate di affidabilità dello strumento è migliorato.
Lo strumento è stato inoltre sperimentato per visualizzare e anche trasferire verso applicazioni terze i risultati di elaborazioni ottenute tramite il tool SIMUL.

2.3 ECDP

Il principale risultato ottenuto in questa fase consiste nell'approfondimento, nello studio e nella conoscenza dell'applicazione sviluppata e nella messa a punto dell'ambiente di sviluppo necessario per la sua gestione, in tutte le sue fasi. Queste aggiunte competenze e nozioni sono state necessarie per poi intervenire in fase di correzione di errori, miglioramenti dell'interfaccia, progettazione, sviluppo per aggiungere nuove funzionalità, configurazione, gestione del ciclo di vita della applicazione stessa e testing.
Contestualmente sono stati introdotti diversi miglioramenti all'applicazione stessa, come indicato nella sezione 7.3.
Si è inoltre affiancato a questo il sistema Signal-Mix, che integra le funzionalità di ECDP ed è stato applicato su un caso d'uso.

2.4 Portale web

Il principale risultato ottenuto in questo periodo consiste nella definizione di un nuovo layout destinato al restyling dell'architettura e dei contenuti del sito web Smart Energy Community. A questo scopo si è proceduto con un'analisi dei possibili utenti e delle necessità di informazione di questi gruppi, con l'obiettivo di riorganizzare e approfondire i contenuti del sito web.
Inoltre, il portale web è stato integrato con sorgenti dati esterne al sistema per il rilancio automatico di notizie di rilievo nel mondo delle Energy Community e delle Smart City.

3 Prodotti attesi

Il prodotto atteso per la LA1.11 è innanzitutto un rapporto tecnico di descrizione dell'evoluzione della piattaforma per le Local Energy Community e relativi strumenti di supporto.
Inoltre, i prodotti della ricerca previsti da questa linea di attività sono costituiti anche dai tool SIMUL e CRUISE, come indicato nei due paragrafi seguenti.

3.1 SIMUL

In relazione al tool SIMUL, nella LA 1.11, è prevista l'implementazione delle prime funzionalità dello strumento.

3.2 CRUISE

In relazione al tool CRUISE, nella LA 1.11, è previsto il rilascio di una versione prototipale dello strumento.

4 Prodotti sviluppati

Il prodotto ottenuto per la LA1.11, così come pianificato, è innanzitutto il presente rapporto dal titolo "Valutazione e gestione CER: Strategie di evoluzione della piattaforma per le Local Energy Community e strumenti di supporto", a cui si allega il documento denominato "Sperimentazione del back-end dello strumento SIMUL".

Nel corso dell'attività svolta è stato avviato lo sviluppo evolutivo della piattaforma in oggetto e sono stati ottenuti i prodotti descritti nelle sezioni seguenti (4.1 e 4.2).

4.1 SIMUL

L'implementazione del tool SIMUL (scritto utilizzando codice OCTAVE/MATLAB) è stata avviata e le prime funzionalità sono state realizzate a partire da una definizione teorica del gemello digitale (*digital twin*) della Comunità Energetica secondo lo schema a blocchi di Figura 1, dove vengono rappresentati i principali componenti del sistema.

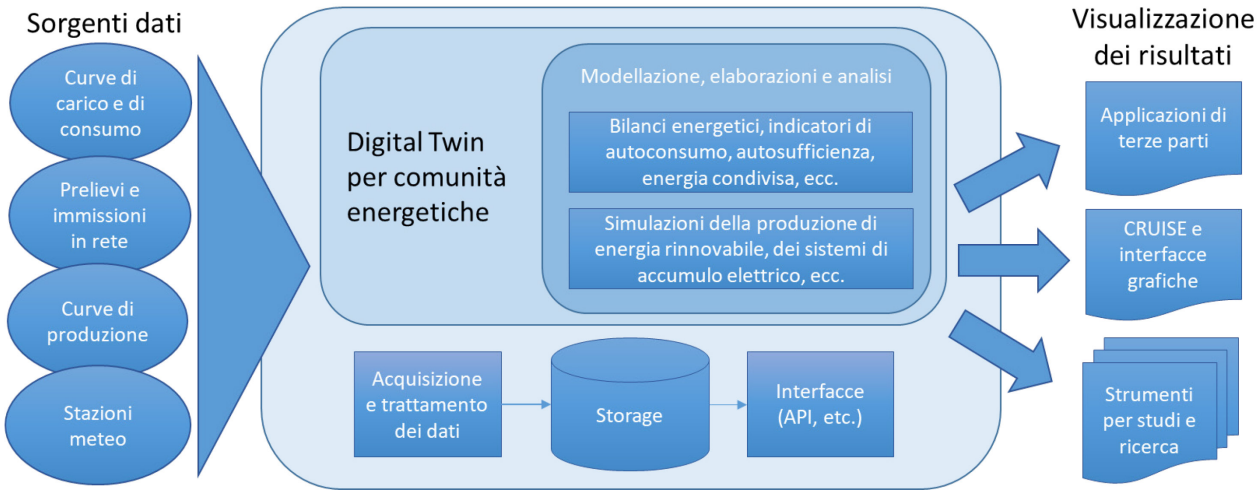

Figura 1: Schema a blocchi del sistema di simulazione della Comunità Energetica

Il sistema è stato progettato per potere fornire un supporto a soggetti impegnati nella realizzazione ed evoluzione delle comunità energetiche, ovvero tecnici delle società di consulenza, promotori e partecipanti coinvolti nel processo di definizione e costruzione della LEC.
I dati di input utilizzati dal sistema e associati alle utenze inserite nella LEC sono i seguenti:

- curve di carico e di consumo;
- curve di prelievo e di immissione in rete;
- eventuali curve di produzione (se disponibili);
- dati meteorologici, necessari ad esempio per stimare la produzione fotovoltaica oraria degli impianti inclusi nella LEC.

A partire dall'acquisizione, memorizzazione e successiva analisi delle sorgenti dati di input, vengono calcolati e prodotti molteplici indicatori e rappresentazioni grafiche per la progettazione, gestione e ottimizzazione della LEC.

Nello specifico sono già state sviluppate e sono disponibili in back-end le seguenti funzioni che eseguono elaborazioni in real-time applicabili in casi pilota:

- Analisi delle curve di carico;
- Clustering delle utenze e dei profili di consumo energetico;
- Simulazione della produzione fotovoltaica e della gestione dell'accumulo elettrico, secondo configurazioni tipiche dell'autoconsumo collettivo e delle comunità energetiche rinnovabili;
- Valutazione degli autoconsumi diretti, dell'energia condivisa e dell'energia immessa e prelevata dalla rete da parte delle molteplici utenze aderenti alle CER.

Il sistema è stato strutturato per potere fornire risultati di output ad altre applicazioni della piattaforma LEC (es. CRUISE) e anche ad applicazioni di terze parti.

4.2 CRUISE

La versione prototipale dello strumento CRUISE, dotata attualmente solo di alcune funzionalità, è stata rilasciata attraverso la messa a disposizione di un servizio WEB per tutti gli utenti registrati (https://winter.bologna.enea.it/cruise/). Nell'esempio in Figura 2 è riportata una pagina di CRUISE dove viene rappresentata la produzione teorica di energia elettrica calcolata in base a dati reali di irraggiamento, temperatura ambiente e velocità del vento, e il consumo quartorario delle utenze coinvolte nella comunità energetica in esame.

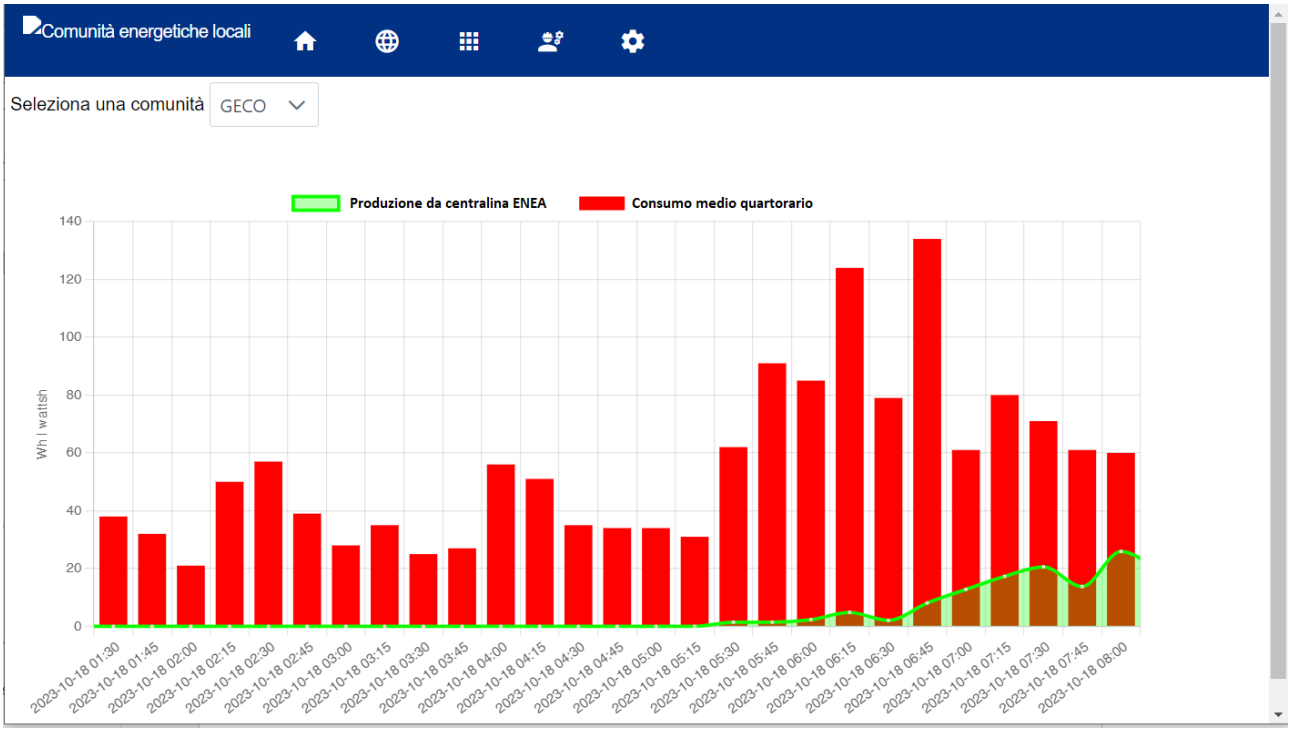

Figura 2: Pagina di CRUISE con produzione teorica fotovoltaica e consumo quartorario delle utenze.

Gli utenti registrati condividono i loro dati di produzione e consumo energetico che vengono raccolti automaticamente o manualmente, analizzati ed inseriti automaticamente all'interno di un database relazionale e successivamente elaborati attraverso dei modelli di calcolo configurabili. Questo processo è quello che si è rivelato essere il più stabile e affidabile per l'acquisizione dei dati sia da dispositivi automatici che attraverso dei file raccolti dall'utente stesso e comunicati ad ENEA. I dati di consumo e produzione

energetica sono considerati dati personali e rientrano nelle logiche, e nelle regole, della protezione dei dati personali degli utenti e dei servizi, secondo l'attuale normativa vigente. Questo crea delle difficoltà tecniche per il sistema che deve garantire sia l'anonimato sui dati conservati sia la possibilità di informazioni corrette all'utente che ha fornito i propri dati.
Per questo motivo, i dati conservati nei sistemi di CRUISE non sono direttamente collegabili all'utente, o agli utenti, che li hanno prodotti ma possono essere recuperati esclusivamente solo dopo una procedura di riconoscimento garantita.
Tale impostazione impedisce di potere creare utenti "dimostrativi" utilizzando dati reali presenti nel sistema e rende più difficile il processo di comunicazione delle funzionalità messe a disposizione dallo strumento perchè l'utente deve essere già in grado di fornire dati propri prima ancora di vedere quali servizi può ottenere.
Lo sviluppo della piattaforma CRUISE, iniziato lo scorso piano triennale, ha permesso di realizzare uno strumento in grado di analizzare i dati raccolti e restituire le informazioni elaborate da specifici modelli secondo la struttura presentata in Figura 3.

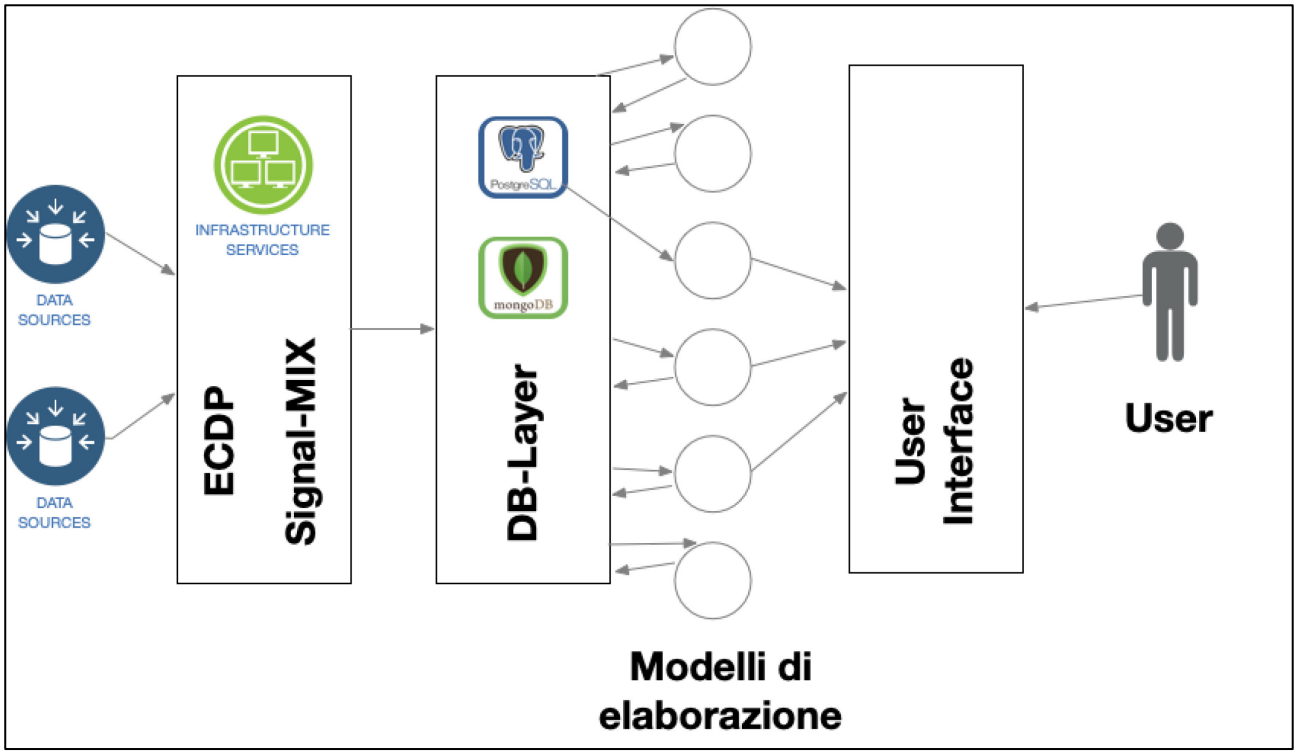

Figura 3: Struttura dello strumento CRUISE

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Le attività svolte sulla piattaforma sono allineate a quanto previsto dalla LA 1.11.

6 Sintesi delle attività svolte

Il sistema di piattaforma e relativo *workflow* dei dati che coinvolge in particolare gli strumenti SIMUL e CRUISE può essere rappresentata dalla seguente Figura 4.

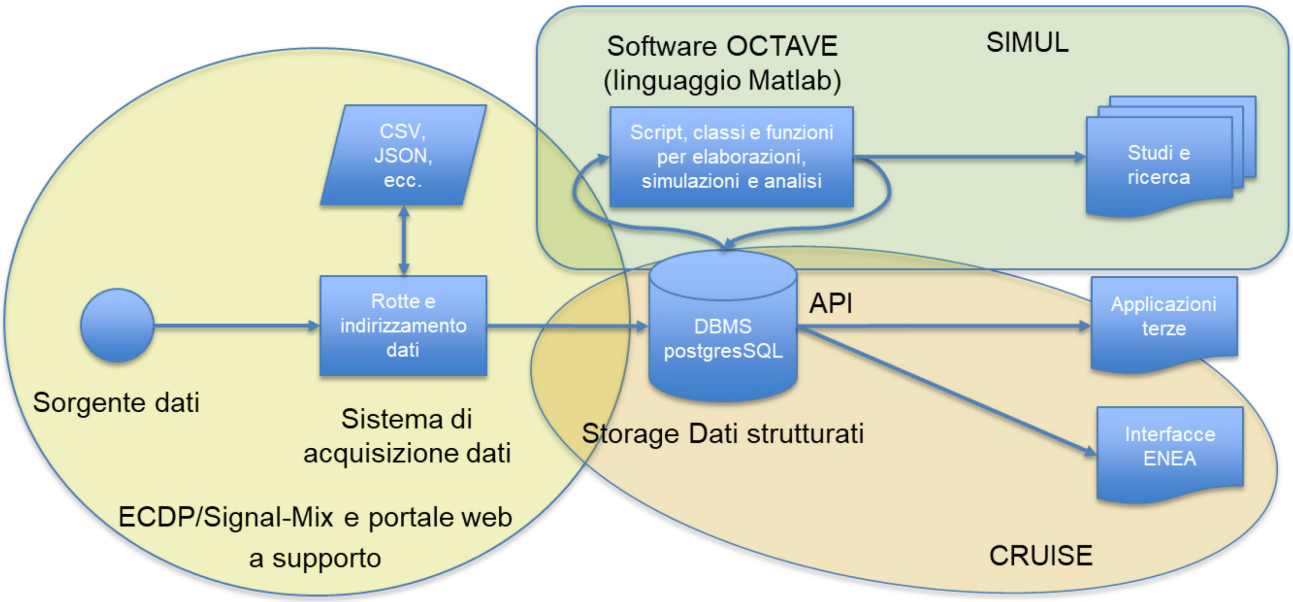

Figura 4: Workflow dei dati all'interno del sistema SIMUL / CRUISE

Le attività svolte sono riferite principalmente ai seguenti blocchi:

- sviluppo di script, classi e funzioni in codice Octave per elaborazione dati, simulazioni, calcolo degli indicatori di performance e rappresentazioni grafiche per *data visualization and explanation*;
- implementazione rotte, indirizzamento e gestione dati in formati diversi per l'esecuzione di script in tempo reale relativamente ai casi studio adottati;
- implementazioni sul DBMS PostgreSQL per la gestione dei dati relativi a sperimentazioni realizzate su comunità energetiche ipotetiche e reali, con integrazione funzionalità di elaborazione e miglioramento delle prestazioni del software CRUISE.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 SIMUL

Al fine di progettare lo strumento SIMUL è stata innanzitutto realizzata un'analisi dello stato dell'arte sui tool disponibili per il dimensionamento degli impianti, dei sistemi e delle reti energetiche in generale e delle comunità energetiche nello specifico.
In relazione ai software di tipo "general purpose" in ambito energetico sono stati approfonditi le seguenti applicazioni:

- HOMER ENERGY (https://www.homerenergy.com/)
- TRNSYS (https://www.trnsys.com/)
- RETScreen (https://natural-resources.canada.ca/)
- HYBRID2 (https://www.umass.edu/windenergy/research/topics/tools/software/hybrid2)
- iHOGA / MHOGA (https://ihoga.unizar.es/en/)
- Sunny Design (https://www.sma-italia.com/prodotti/progettazione-impianto/sunny-design)

Relativamente a software dedicati in modo specifico alle comunità energetiche risultano sul mercato i seguenti prodotti commerciali:

- ROSE Energy Community (https://energy.mapsgroup.it/comunita-energetiche/)
- Contact Pro CER (https://www.smartdhome.com/prodotti-smartdhome/)
- MyCER (https://www.mycer.it/)

I requisiti e le caratteristiche del sistema SIMUL sono stati quindi definiti tenendo conto di quanto già disponibile nel settore ed è stato definito il modello rappresentato schematicamente nella Figura 5 che intende superare i limiti legati alla raccolta dei dati di input e valorizzare tutte le potenzialità di elaborazione di questo tipo di dati. L'attività di progettazione è quindi stata svolta tenendo presente i seguenti criteri: semplicità e chiarezza sul tipo di informazioni da recuperare, prevedendo specifici *layer* per abilitare l'interoperabilità tra sistemi, e possibilità di simulare i dati non disponibili a partire da informazioni recuperabili da altre sorgenti (dati meteo per simulare la produzione fotovoltaica, fasce di consumo elettrico per simulare le curve di carico, ecc.).
La progettazione dello strumento SIMUL è avvenuta inoltre con l'obiettivo di realizzare un tool destinato a personale specializzato interessato a:

1. progettare, gestire e ottimizzare la comunità energetica, in tempo reale o su dataset orari/quartorari, simulando e analizzando diverse configurazioni di LEC e composizione delle utenze, anche in termini previsionali, con e senza accumuli elettrici;
2. valutare scenari evolutivi attraverso la parametrizzazione degli indicatori di autoconsumo e autosufficienza energetica, considerando anche la possibile elettrificazione dei consumi e la modifica dei profili di carico energetico.

In relazione ai componenti di elaborazione dei dati, indicati nella colonna "Elaboration" della Figura 5, sono stati sviluppati i primi modelli di funzionamento dei componenti relativi ai bilanci energetici, agli indicatori di performance (autoconsumi, autosufficienza ed energia condivisa) e alla simulazione degli accumuli elettrici.

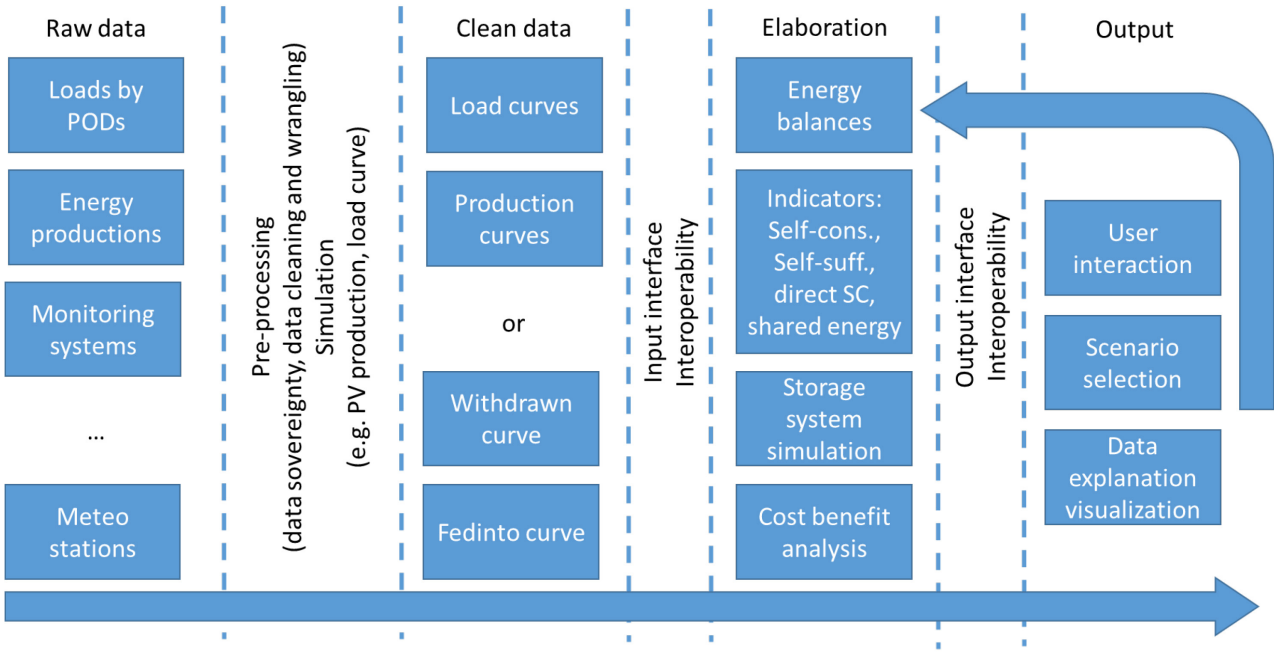

Figura 5 Schema a blocchi per rappresentare i componenti di elaborazione dei dati del "gemello digitale" per Comunità Energetiche

I dati grezzi (raw data) da utilizzare per la sperimentazione del sistema, con particolare riferimento alle curve di carico elettrico associate a POD, sono stati ottenuti sulla base di collaborazioni attivate nell'ambito della Ricerca di Sistema o mutuate da altri progetti di ricerca.
Analogamente i dati meteorologici per la simulazione della produzione fotovoltaica di singoli impianti sono stati ricavati da meteo station che forniscono dati pubblici (es. reti ARPA) o tramite sistemi di misura che sono nella disponibilità dell'ENEA.
Lo stadio di pre-processamento dei dati e la sua implementazione verrà realizzata in collaborazione con l'Università di Bologna.
Gli indicatori di performance energetica, ed anche economica, verranno definiti ed implementati in collaborazione con il Politecnico di Torino.
I modelli necessari per includere scenari di elettrificazione dei consumi, con particolare riferimento al condizionamento invernale, verranno definiti ed implementati in collaborazione con l'Università di Parma.
Lo sviluppo delle interfacce di per l'acquisizione dei dati e la visualizzazione dei risultati verrà affidata a fornitori esterni (software house).
Una prima versione del back-end del sistema è stata sperimentata simulando diverse configurazioni di comunità energetiche combinando dataset reali relativi a curve di carico residenziali, terziarie ed industriali, come nell'esempio di configurazione e relativo output disponibile nel documento in allegato "Sperimentazione del back-end dello strumento SIMUL".
L'implementazione è stata realizzata in codice OCTAVE, che è un software free per analisi numerica, caratterizzato da una sintassi analoga a quella di MATLAB e dotato di ambiente grafico di sviluppo che consente la gestione e manipolazione di dataset e codice, utilizzando un linguaggio di programmazione strutturato per eseguire i seguenti task:

- creazione ed esecuzione di script in modalità batch con software installato presso i server di laboratorio;
- utilizzo di un'ampia gamma di librerie/toobox disponibili per applicare funzioni statistiche, di machine learning, curve fitting e ottimizzazione, signal processing, control systems, ecc.

Un'ulteriore sperimentazione è stata realizzata su una comunità energetica in autoconsumo collettivo, prevista presso un complesso condominiale, come da dettagli disponibili nel documento in allegato "Sperimentazione del back-end dello strumento SIMUL", includendo la simulazione in tempo reale della produzione fotovoltaica, dell'accumulo elettrico, delle variabili di autoconsumo diretto ed energia condivisa, tramite l'implementazione dei seguenti step:

- acquisizione dei dati delle curve di carico in tempo reale;
- simulazione della produzione fotovoltaica su dati meteo in tempo reale;
- simulazione dell'accumulo elettrico;
- calcolo dei bilanci energetici e relativi indicatori di performance;
- visualizzazione dei risultati, trasferiti tramite API CRUISE, su applicazioni di terze parti.

7.2 CRUISE

In relazione a quanto atteso sono state svolte le seguenti attività:

- È stata elaborato un primo insieme di procedure per il calcolo di informazioni necessarie al gestore della Comunità Energetica che permettono la visualizzazione di informazioni aggregate o di dettaglio (es. clustering di utenze elettriche), nonché la trasmissione di risultati verso applicazioni terze, come da sperimentazione descritta in dettaglio nel documento allegato "Sperimentazione del back-end dello strumento SIMUL".
- È stato realizzato un lavoro di ottimizzazione sul software di elaborazione e sulla struttura dei dati raccolti così da garantire un migliore tempo di elaborazione dei dati e delle immagini, riducendo i tempi di attesa e gli errori di visualizzazione. Inoltre, il sistema CRUISE è stato agganciato al software di gestione delle identità messo a disposizione dalla Divisione Smart Energy dell'ENEA per permettere la separazione tra l'identità degli utenti e i loro dati personali.
- È stata avviata l'analisi dei modelli di confronto (benchmarking) tra comunità energetiche e la definizione di KPI delle comunità per il confronto diretto tra esse, in collaborazione con il Politecnico di Torino nell'ambito della linea di attività 1.15.

Lo strumento attualmente viene utilizzato per il monitoraggio dei consumi di un gruppo di utenti che vivono nella zona Pilastro e di un'azienda operante nella zona Roveri di Bologna. Purtroppo, questo gruppo non ha ancora costituito una CER perché in attesa dei decreti attuativi e degli studi di fattibilità tecnico/economica. In dettaglio, lo sviluppo della piattaforma CRUISE ha richiesto i seguenti interventi:

- elaborazione delle richieste e delle necessità degli utenti;
- in base ai risultati del punto precedente, elaborazione di modelli matematici per l'estrazione delle informazioni;
- pubblicazione dei risultati;
- analisi degli errori generati dal sistema sia a livello frontend che backend;
- identificazione delle query critiche e analisi delle possibili soluzioni;
- implementazione della soluzione scelta e ulteriori test di funzionamento.

Tali attività sono state completate mantenendo l'attuale struttura del software, garantendo continuità con lo sviluppo precedente ma risolvendo alcune problematiche cruciali per l'utilizzo della applicazione in un contesto prima realistico e, successivamente, reale. L'obiettivo dello strumento è dimostrare quali elaborazioni, e quindi quali informazioni, possono essere fornite all'utente finale che decide di partecipare alla CER: per questo motivo è necessario che lo strumento risponda a domande reali degli utenti.

7.3 ECDP

In relazione allo sviluppo del codice dell'applicazione ECDP le attività svolte in questa fase hanno riguardato i seguenti punti:

- Definizione, predisposizione e perfezionamento dell'ambiente di sviluppo per lo studio, l'evoluzione, la verifica, il perfezionamento e il debug dell'applicazione. Sono state definite le procedure corrette per il deploy, e la risoluzione di diversi problemi di sistema relativi alla configurazione delle macchine su cui l'applicazione viene dispiegata.
- Modifica dell'interfaccia dell'applicativo per migliorare la gestione da parte dell'utente di alcune funzionalità, rendere la fruizione dell'interfaccia più semplice, leggibile e usabile. Sono stati migliorati diversi componenti grafici, come ad esempio le strutture dei tab, la generazione delle tabelle per rappresentare meglio grandi quantità di dati e i campi per la configurazione dei flussi di integrazione.
- Aggiunta di funzionalità di base per rendere più flessibile e più potente lo stadio di *data cleaning*, al fine di disporre di maggiori opzioni per ripulire i dati provenienti dalla sorgente.
- Procedure di esportazione dei dati dalla piattaforma in formati XML verificate secondo le specifiche degli Urban Dataset (specifiche elaborate in altre attività).
- Perfezionamento e debug delle interfacce di generazione dei grafici di monitoraggio delle performance e dell'esecuzione dei flussi di integrazione.
- Configurazione delle macchine per predisporre un ambiente di test.

L'applicazione è stata poi rivista e corretta per risolvere alcuni problemi legati alla gestione delle licenze, in quanto alcune librerie del sistema erano vincolate nell'uso dall'attivazione di licenze con la software house che aveva rilasciato la prima versione del codice. Nell'ottica di fornire strumenti completamente open, e quindi disponibili ai soggetti, pubblici o privati, che intendessero usarli nella implementazione di dimostratori o anche applicazioni a supporto di architetture software per le comunità energetiche, si è deciso di liberare da vincoli di licenza ogni parte del software. Si è proceduto quindi a concordare e mettere a punto in collaborazione con la software house una soluzione che consente di disporre liberamente delle licenze necessarie per le sperimentazioni e per l'uso in altri contesti.
Inoltre, sono state definite ed eseguite diverse attività di testing della soluzione di integrazione dati, per applicarla ad alcuni insiemi di dati di prova. In questa fase di testing sono stati elaborati diversi script e codici automatici per gestire l'importazione di dati di consumo/produzione energetica fra diverse tabelle dei DB in uso per l'elaborazione di modelli di comunità energetiche.
Contestualmente alle attività sopra elencate si è inoltre approfondito e sviluppato il componente Signal-Mix, non previsto inizialmente, che ha integrato e potenziato gli strumenti di ingestione dei dati mettendo a disposizione un sistema flessibile per la gestione di alcuni casi d'uso. L'architettura del sistema Signal-Mix è stata implementata durante l'ultimo piano triennale RdS e va ad integrare il sistema ECDP, diventando parte della suite di tool per le procedure di ingestione dei dati. Nell'attuale linea di attività sono stati sviluppati ulteriori componenti per l'esecuzione di processi di ingestione in modalità automatica.
L'attuale versione di Signal-Mix include i seguenti componenti:

- Apache Karaf latest (4.2.x) stable version (https://karaf.apache.org)
- Apache Camel latest 2.x (2.25.x) installata come boot feature
- feature installate al boot: camel-blueprint, camel-csv, camel-jackson, camel-sql, camel-netty4-http, camel-mqtt, camel-quartz2
- configurazione pronta per datasource postgres e driver
- docker feature, sshd, OS serviceable ready
- ModBus Jamod/j2mod bundle installati come boot feature
- compilato da sorgente e pacchettizzato: ultima versione jdk8
- OT: custom bundle, sql, mqtt, modbus, json, csv binding ready

Il sistema è quindi composto da KARAF come container e CAMEL come feature.
Karaf è basato su componenti OSGI e rotte di camel che indirizzano i dati da fonti esterne (interfacce API, MQTT, http, ecc.) verso file CSV oppure verso DB PostgresSQL o altri sistemi di storage, passando attraverso componenti di elaborazione.
Lo storage su DBMS usa PostgresSQL, è installato su un altro host (DATACOLLECTOR) ed è accessibile dall'esterno tramite server DATAHALL via "remote port forwarding" esposto all'esterno. Questo database ha i dati provenienti dai diversi casi pilota trattati.
Nell'ambito della presente linea di attività è stata implementata in particolare una rotta attivata mediante uno scheduler e l'uso del componente exec. Questa rotta si occupa di prelevare i dati necessari alla elaborazione, di attivare i componenti per elaborare tali dati, recuperare i risultati, mandarli in storage.
È evidenziata in giallo nella Figura 6, ed è a supporto del caso pilota presso un complesso condominiale descritto nel documento in allegato "Sperimentazione del back-end dello strumento SIMUL".

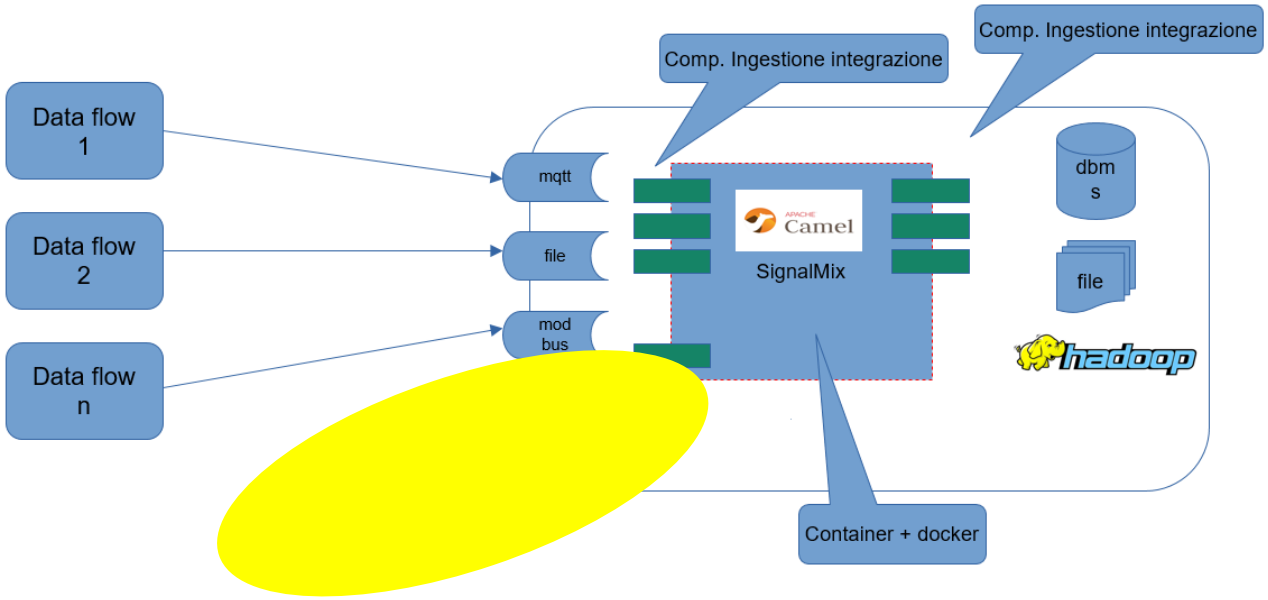

Figura 6: Architettura del sistema Signal-Mix con evidenziato in giallo la componente sviluppata nel corso dell'linea di attività

Più in dettaglio il processo implementato prevede i seguenti elementi:

- una rotta Camel che può essere attivata da una schedulazione mediante un componente quartz2;
- un componente per il recupero di eventuali dati necessari dalle fonti più disparate ma in particolare dal database;
- il componente di Camel (exec) opportunamente configurato, che manda in esecuzione un processo sulla macchina;
- il processo di elaborazione (può essere qualsiasi eseguibile), che nel caso pilota è realizzato con uno script Octave o Python; l'invocazione del processo avviene passando i dati, precedentemente recuperati, nello stdin e/o come parametri di chiamata;
- il risultato dell'esecuzione, che viene infine recuperato attraverso lo stdout del processo e può essere manipolato ed eventualmente salvato sul database e/o inviato a qualsiasi altro componente.

7.4 Portale Web

Le attività svolte relativamente al portale web hanno riguardato, principalmente:

- la ridefinizione del target di utenza anche basandosi sulle attuali collaborazioni dell'ENEA con altre realtà del territorio;
- l'identificazione degli insiemi di contenuti generici per tutti gli utenti e specifici per differenti tipologie degli stessi;
- la riprogettazione grafica del portale in base a questo nuovo approccio;
- il collegamento con sorgenti informative esterne in grado di arricchire automaticamente l'informazione proposta all'utenza.

Da tempo è stata annunciata la nuova normativa sulle comunità energetiche, ma non sono stati ancora rilascia in via definitiva i decreti attuativi. Nel momento in cui verranno rilasciati potrà essere necessaria una revisione sull'identificazione dei contenuti del sito web, che verrà effettuata se necessario nel secondo periodo delle attività progettuali.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non sono state utilizzate consulenze all'interno della LA.

9 Pubblicazioni scientifiche

Le pubblicazioni scientifiche scaturite dall'attività svolta nell'ambito della presente linea di attività sono elencate di seguito e dettagliate nel report della linea di attività LA1.31:

Branchetti, S., Petrovich, C., Naldi, R., Paponetti, I.M., Paolucci, F., Nigliaccio, G. (2022). PV self-consumption and self-sufficiency for household and office users: The lockdown effects during the COVID-19 pandemic. International Journal of Sustainable Development and Planning, Vol. 17, No. 2, pp. 659-667. https://doi.org/10.18280/ijsdp.170231

Luca Gagliardelli, Luca Zecchini, Luca Ferretti, Domenico Beneventano, Giovanni Simonini, Sonia Bergamaschi, Mirko Orsini, Luca Magnotta, Emma Mescoli, Andrea Livaldi, Nicola Gessa, Piero De Sabbata, Gianluca D'Agosta, Fabrizio Paolucci, Fabio Moretti. A big data platform exploiting auditable tokenization to promote good practices inside local energy communities. Future Generation Computer Systems, Volume 141, 2023, Pages 595-610, ISSN 0167-739X, https://doi.org/10.1016/j.future.2022.12.007

Luca Gagliardelli, Luca Zecchini, Domenico Beneventano, Giovanni Simonini, Sonia Bergamaschi, Mirko Orsini, Luca Magnotta, Emma Mescoli, Andrea Livaldi, Nicola Gessa, Piero De Sabbata, Gianluca D'Agosta, Fabrizio Paolucci and Fabio Moretti. ECDP: A Big Data Platform for the Smart Monitoring of Local Energy Communities. Proceedings of the EDBT/ICDT 2022 Joint Conference (March 29–April 1, 2022, Edinburgh, UK), https://iris.unimore.it/bitstream/11380/1276573/1/dataplat_short4.pdf

10 Eventi di disseminazione

Gli eventi di disseminazione scaturiti dall'attività svolta nell'ambito della presente linea di attività sono elencati nella seguente Tabella 1 e sono dettagliati nel report della linea di attività LA1.31.

Evento	Data	Luogo	Organizzatore	Titolo dell'intervento
Le Comunità Energetiche Rinnovabili per la Transizione Energetica	01/06/2022	Forlì (FC)	Progetto europeo ENES-CE	La Ricerca ENEA per le Comunità Energetiche Rinnovabili
Il progetto dell'autoconsumo collettivo nei condomini	19/10/2022	Bologna (BO)	ISNOVA c/o SAIE	Gli strumenti per la creazione e gestione delle Comunità Energetiche nei Condomini
Comunità energetiche e autoconsumo collettivo. Cosa sono? Benefici e contributi previsti.	17/02/2023	Forlì (FC)	Associazione Nuova Civiltà delle Macchine	Le comunità energetiche: ambito normativo, meccanismo d'incentivazione e possibili evoluzioni
Criticità e potenzialità delle Comunità Energetiche Rinnovabili in Emilia-Romagna	23/02/2023	Modena (MO)	Clust-ER Greentech della Regione Emilia-Romagna - Gruppo di Lavoro "Sharing Economy and Energy"	Presentazione del White Paper "Criticità e Potenzialità delle Comunità Energetiche Rinnovabili in Emilia-Romagna"
Osservatorio Enea per le comunità energetiche	24/03/2023	Rimini (RN)	K.EY 2023	CER. Acquisizione, gestione dati e servizi
Incontro pubblico su Comunità Energetiche Rinnovabili	30/03/2023	On-line	Comunità Montana Valtellina di Tirano	Esempi di configurazione e calcolo dell'energia condivisa
Incontro pubblico su Comunità Energetiche Rinnovabili	31/03/2023	On-line	Comunità Montana Valtellina di Sondrio	Esempi di configurazione e calcolo dell'energia condivisa
Comunità Energetiche Rinnovabili: cosa sono e come funzionano - Per una transizione energetica che parte dal basso.	21/04/2023	Cesena (FC)	Energie per la Città e Comune di Cesena	Comunità Energetiche Rinnovabili: cosa sono e come funzionano
Twin transition - La gestione cooperativa dei dati per far crescere le comunità energetiche	15/06/2023	Rimini (RN)	We Make Future 2023	Partecipazione alla tavola rotonda coordinata dall'ufficio Energia e Ambiente Legacoop nazionale

Tabella 1: lista degli eventi di disseminazione