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

Avvio CER: Implementazione di algoritmi e creazione di DB per gli strumenti di citizen engagement e per la progettazione di comunità energetiche rinnovabili

Martina Botticelli, Matteo Caldera, Ocleto D'Arcangelo, Fabio Moretti, Sabrina Romano, Claudia Snels, Andrea Zanela, Paolo Zangheri

RdS_PTR 22-24_PR 1.7_LA1.1_001

LA1.1 AVVIO CER: IMPLEMENTAZIONE DI ALGORITMI E CREAZIONE DI DB PER GLI STRUMENTI DI CITIZEN ENGAGEMENT E PER LA PROGETTAZIONE DI COMUNITÀ ENERGETICHE RINNOVABILI

Martina Botticelli, Matteo Caldera, Ocleto D'Arcangelo, Fabio Moretti, Sabrina Romano, Claudia Snels, Andrea Zanela, Paolo Zangheri (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: 1.1
Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA
Responsabile Linea di Attività: Matteo Caldera, ENEA
Mese inizio previsto: 1
Mese inizio effettivo: 1
Mese fine previsto: 18
Mese fine effettivo: 18

Indice

1 RISULTATI ATTESI 2
2 RISULTATI OTTENUTI 3
3 PRODOTTI ATTESI 5
4 PRODOTTI SVILUPPATI 6
5 ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI 8
6 SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE 9
7 DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE 10
8 CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE 16
9 PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE 17
10 EVENTI DI DISSEMINAZIONE 18

1 Risultati attesi

Si riportano di seguito i risultati attesi nella Linea di attività (LA) come da capitolato.

1.1 Recon

Avvio del porting del simulatore RECON in ambiente Matlab.
Implementazione della prima versione dei moduli per il calcolo della resa degli impianti di produzione mini-idroelettrici e minieolici.
Definizione di modelli per l'analisi di nuove tipologie di membri della comunità di energia rinnovabile (CER) diversi dagli utenti residenziali (civili, commerciali, industriali); selezione delle relative grandezze richieste in input.
Realizzazione di un mockup tramite la riprogettazione del frontend e del backend di RECON per la raccolta di dati finalizzati alla simulazione di CER multi-prosumer sottese alla stessa cabina primaria.

1.2 Dhomus

Progettazione del database per integrazione dei dati acquisiti dalla piattaforma DHOMUS.
Raccolta e validazione dei dati di consumo elettrico acquisiti in laboratorio e confronto prestazionale dei sensori impiegati.

1.3 Smart Sim

Creazione del database unificato per le schede Smart Sim e realizzazione di un processo di acquisizione automatizzata delle schede compilate in precedenza.

1.4 Flessibilità

Sviluppo di indicatori di flessibilità energetica associati agli usi termici (riscaldamento ambientale, acqua calda sanitaria, raffrescamento), basati su diverse curve di premialità (o penalità).
Specifiche di un database interrogabile sugli indicatori di flessibilità degli usi termici in ambito residenziale.

1.5 Robot antropomorfo PEPPER

Studio di fattibilità per valutare l'utilizzo del nuovo robot antropomorfo PEPPER nella Smart Home.

2 Risultati ottenuti

Si riportano di seguito i risultati ottenuti, evidenziando per ciascuna attività/prodotto/servizio in che misura il risultato è stato ottenuto, esplicitando eventuali risultati ottenuti non previsti nel capitolato e i risvolti che ne conseguono per gli utenti del sistema elettrico nazionale.

2.1 Recon

Per quanto riguarda il simulatore RECON per il calcolo preliminare energetico ed economico dell'autoconsumo diffuso da parte di autoconsumatori collettivi di energia rinnovabile e di comunità di energia rinnovabile (la cui prima versione è stata rilasciata al pubblico durante il precedente triennio), nel corso della presente LA sono stati ottenuti i risultati attesi riportati in Sezione 1. In particolare, è stato avviato il porting del simulatore RECON in ambiente Matlab e, considerate le numerose modifiche apportate alla prima versione del simulatore, si è condotta un'estesa riprogettazione del modello di calcolo per incrementare la sua modularità e favorire i futuri aggiornamenti all'evoluzione normativa.
Relativamente alla modellazione degli impianti di produzione elettrica da fonte rinnovabile, si è implementata e validata la prima versione dei moduli software per il calcolo della resa di impianti mini-idroelettrici (considerando diverse tecnologie di turbina e tipologie di bacino fluviale/sorgente idrica) e minieolici, di taglia fino a 1 MW.
Per quanto riguarda le utenze di consumo, sono stati definiti i modelli per l'analisi di nuove tipologie di utenti finali, di tipo civile (scuole, uffici), commerciale e industriale, selezionando le relative grandezze in input. In aggiunta alle previsioni iniziali, si è deciso di apportare modifiche anche al modello per il calcolo dei consumi in ambito residenziale, per sfruttare i vantaggi offerti dal database di prelievo elettrico medio per i clienti domestici recentemente pubblicato da ARERA, in quanto i dati ivi riportati sono ricavati dal Sistema Informativo Integrato e rappresentano i prelievi medi reali delle famiglie italiane a livello di regione/provincia e classe di potenza del contatore.
Inoltre, l'architettura informatica di RECON è stata riprogettata e testata attraverso un mockup del frontend e backend per la raccolta dati in linea con l'aggiornamento del quadro normativo.

2.2 Dhomus

Per quanto riguarda la Piattaforma DHOMUS, sviluppata nel precedente triennio con l'obiettivo di accrescere la consapevolezza ed il ruolo attivo degli utenti finali (Report RdS/PTR(2021)/003), è proseguita l'acquisizione dei dati presso alcune abitazioni già coinvolte nella sperimentazione. In previsione di una nuova fase di sperimentazione con nuovi utenti e differenti strumenti di misura, è stato progettato un database non relazionale (NoSQL) MongoDB in grado di assicurarne la scalabilità e lo scambio di dati reali con altre applicazioni di monitoraggio delle CER basato sull'impiego di formati standard.
Presso il laboratorio ENEA di Kilometro Rosso è stato ricreato un ambiente domestico dotato di elettrodomestici per simulare un'utenza residenziale, dove sono stati installati due differenti sistemi di monitoraggio, di cui uno replica la strumentazione installata presso i dimostrativi sperimentali connessi a DHOMUS, mentre l'altro è costituito da una centralina che integra dei sensori di corrente che monitorano linee elettriche separate corrispondenti ai singoli elettrodomestici.

2.3 Smart Sim

Nell'ottica della costruzione di un database unificato delle schede Smart Sim è stato definito un processo per l'importazione automatica delle schede Smart Sim compilate tramite foglio di calcolo all'interno del database MongoDB utilizzato da Smart Sim web.

2.4 Flessibilità

L'avvenuto sviluppo di indicatori di riferimento permetterà di caratterizzare la flessibilità energetica associata agli usi termici (riscaldamento ambientale, acqua calda sanitaria e condizionamento), in funzione di diverse funzioni obiettivo (quali il costo dell'energia elettrica e la producibilità da fonti rinnovabili).
Le specifiche di massima che sono state definite per la costituzione di un database interrogabile, permetteranno di attribuire gli indicatori di flessibilità all'edificio da caratterizzare in funzione di pochi e semplici dati di input, quali la tipologia di edificio, la dimensione e l'anno di costruzione.

2.5 Pepper

Il risultato ottenuto in questo primo periodo di attività è uno studio di fattibilità sull'utilizzo del robot antropomorfo Pepper all'interno di una Smart Home al fine di offrire servizi innovativi di Assisted Living. Lo studio di fattibilità ha dimostrato che le specificità del robot Pepper possono risultare estremamente vantaggiose per la realizzazione ed una efficace implementazione di questi servizi. Le dimensioni di questa piattaforma, infatti, la rendono maggiormente somigliante ad una persona.

3 Prodotti attesi

Segue la lista dei prodotti hardware/software attesi per la Linea di attività.

3.1 Recon

Avvio del porting del simulatore RECON in ambiente Matlab sulla base del quadro legislativo e regolatorio aggiornati.
Implementazione della prima versione dei moduli software per il calcolo della resa degli impianti di produzione mini-idroelettrici e minieolici.
Definizione di modelli per il calcolo dei consumi di energia di nuove tipologie di utenti non residenziali (civili, commerciali, industriali), con selezione delle relative grandezze di input.
Realizzazione di un mockup del frontend e backend della nuova architettura informatica di RECON per la raccolta e la memorizzazione di dati di input finalizzati alla simulazione di CER in base al quadro normativo aggiornato.

3.2 Dhomus

Progettazione e implementazione del database per integrazione dei Big Data acquisiti dalla piattaforma DHOMUS, nonché sviluppo di API per l'interfacciamento con lo stesso al fine di effettuare operazioni di scrittura, lettura e facilitare la condivisione con altre applicazioni nell'ambito delle CER.

3.3 Smart Sim

Implementazione di un processo per l'importazione automatica delle schede Smart Sim compilate tramite foglio di calcolo all'interno del database MongoDB utilizzato da Smart Sim web.

3.4 Flessibilità

Per questa milestone non è stato previsto lo sviluppo di alcun prodotto hardware/software.

3.5 Pepper

Studio di fattibilità attraverso il quale valutare l'utilizzo del nuovo robot antropomorfo PEPPER per replicare, migliorandoli, i servizi implementati nelle annualità precedenti. Si tratta di introdurre dei servizi innovativi di Assisted Living in grado di sfruttare al meglio le caratteristiche della nuova piattaforma che si muove su una base a tre ruote integrata nella base del robot e ha in dotazione una base per la ricarica della sua batteria. I nuovi servizi potranno quindi essere riprogettati tenendo conto che la nuova piattaforma, non necessitando più dell'intervento diretto dell'utente per essere ricaricata, potrà ottimizzare il suo ciclo di funzionamento in relazione ai servizi in esecuzione.

4 Prodotti sviluppati

Il prodotto ottenuto per la LA1.1, così come pianificato, è innanzitutto il presente rapporto dal titolo "Avvio CER: Implementazione di algoritmi e creazione di DB per gli strumenti di citizen engagement e per la progettazione di comunità energetiche rinnovabili".

Segue la lista dei prodotti hardware/software sviluppati nella LA, illustrando, per i software, le modalità di accesso per gli utenti.

4.1 Recon

Avvio del porting del nuovo simulatore RECON in ambiente Matlab sulla base del quadro legislativo e regolatorio definiti dal D.lgs. 199/2021 e dalla delibera ARERA 727/2022 (contenente il Testo Integrato Autoconsumo Diffuso).
Implementazione della prima versione dei moduli software per il calcolo della resa degli impianti di produzione mini-idroelettrici e minieolici.
Definizione e implementazione di moduli software per il calcolo dei consumi di energia di nuove tipologie di utenti non residenziali (civili, commerciali, industriali).
Implementazione di un nuovo modulo software per il calcolo dei consumi di energia di utenti residenziali, basato sul database ARERA dei consumi dei clienti domestici (attività aggiuntiva non prevista da capitolato).
Definizione e realizzazione di un mockup del frontend e backend della nuova versione di RECON per la raccolta e la memorizzazione di dati di input finalizzati alla simulazione di CER in base al quadro normativo aggiornato.
I moduli software implementati si trovano su macchine locali accessibili ai ricercatori coinvolti nello sviluppo, per le fasi di test e validazione. Al termine di queste fasi (previsto nella successiva LA) i moduli saranno integrati nella nuova piattaforma informatica e resi accessibili al pubblico tramite il sito web https://recon.smartenergycommunity.enea.it/.

4.2 Dhomus

La piattaforma DHOMUS (associata al dominio https://www.smarthome.enea.it) consente agli utenti che partecipano alla sperimentazione di monitorare i propri dati energetici e ricevere feedback personalizzati, accedendo ad una dashboard dedicata tramite una procedura di autenticazione, basata su Identity provider dell'ENEA. Esistono differenti tipologie di ruoli (amministratore, cittadino, ospite) a cui corrispondono differenti privilegi e permessi di visualizzazione dei dati, per garantire la privacy degli utenti.
In vista dell'ampliamento degli utenti coinvolti nella sperimentazione, è stato realizzato un DB non relazionale (DB Mongo). Per fruire di questi dati sono state realizzate delle API per l'estrazione di questi ultimi, su file in formato CSV, JSON e XML. Per quanto riguarda invece l'acquisizione dei dati all'interno del DB, i dati possono essere acquisiti da contesti reali tramite vari canali in funzione dell'origine del dato.

4.3 Smart Sim

È stato sviluppato in Php/Python un processo per l'importazione automatica delle schede Smart Sim compilate tramite foglio di calcolo all'interno del database MongoDB utilizzato da Smart Sim web.

4.4 Flessibilità

Per questa linea di attività non è stato previsto lo sviluppo di alcun prodotto hardware/software.

4.5 Pepper

Per questa linea di attività il prodotto sviluppato è uno studio di fattibilità che ha valutato l'utilizzo del nuovo robot antropomorfo PEPPER. La nuova piattaforma condivide con il robot NAO, utilizza precedentemente, gli

stessi strumenti software e ambiente di sviluppo ed entrambi utilizzano il sistema operativo NAOqi. Per questo motivo, i servizi già sviluppati potranno essere, in una prima fase, replicati e migliorati sfruttando le peculiarità del PEPPER che ha una dotazione sensoristica più ampia e che può eseguire autonomamente il comportamento che lo porta a raggiungere la sua base di ricarica. I servizi implementati potranno utilizzare, inoltre, il tablet frontale di bordo come ulteriore dispositivo di interfaccia utente.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Sono di seguito riportate le motivazioni di eventuali scostamenti tecnici/economici rispetto al preventivo e criticità riscontrate.

5.1 Dhomus

Per quanto riguarda l'attività prevista di analisi della validità di uno strumento che effettua la disaggregazione dei consumi elettrici domestici analizzando il tipo di carico e le frequenze, si segnala la difficoltà nel reperimento ed acquisto del dispositivo per motivi riconducibili al fornitore. Il nuovo fornitore individuato fornirà il dispositivo entro la fine del 2023, per cui sarà disponibile per la sperimentazione nel 2024.

6 Sintesi delle attività svolte

Segue la sintesi delle attività svolte e dei risultati ottenuti in relazione ai risultati attesi.

6.1 Recon

Porting e riprogettazione del simulatore in ambiente Matlab.
Implementazione e validazione su dati reali della prima versione del modulo per impianti mini-hydro.
Implementazione e validazione su dati simulati della prima versione del modulo per impianti minieolici.
Definizione e implementazione di moduli per il calcolo dei consumi di energia di diverse tipologie di utenza (scuole, uffici, commerciale, industriale).
Definizione del mockup di frontend e backend della nuova versione di RECON e verifica del corretto funzionamento delle logiche di attivazione dei campi e di salvataggio dei dati.

6.2 Dhomus

Progettazione e implementazione del DB per integrazione dei big data acquisiti da DHOMUS.
Confronto di due sistemi di monitoraggio del consumo energetico in laboratorio.

6.3 Smart Sim

Implementazione di un database unificato di schede compilate tramite un processo di importazione automatizzato.

6.4 Flessibilità

Sviluppo di strumenti per la caratterizzazione della flessibilità energetica associati agli usi termici nel settore residenziale e strutturazione di un database di benchmark.

6.5 Pepper

Studio di fattibilità sull'utilizzo del robot antropomorfo PEPPER all'interno di una Smart Home per offrire servizi innovativi di Assisted Living.

7 Dettaglio delle attività svolte

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività svolte.

7.1 Recon

È stata condotta un'estesa revisione dei modelli matematici del simulatore e contemporaneamente è stato effettuato il porting in ambiente Matlab. A valle di queste attività il simulatore opererà integralmente in ambiente Matlab, con un sensibile aumento delle prestazioni e la possibilità di aggiornare più agevolmente il codice alle evoluzioni normative grazie alla sua struttura modulare. La prima parte del codice Matlab contiene i parametri necessari per i calcoli energetici ed economici e le istruzioni per importare dal MongDB il file json con i dati della specifica scheda di valutazione. Nella seconda parte del simulatore vengono letti, elaborati e riorganizzati i dati di input che comprendono: il nome della scheda, la tipologia di configurazione e la località di riferimento, i dati relativi agli utenti della configurazione es. POD, categoria (privato cittadino, PMI, ente pubblico locale, ecc.) e tipologia utente (consumatore, produttore, prosumer), l'energia prelevata dalla rete, l'orario di attività (per alcune tipologie di utenza), i dati sugli impianti, i parametri finanziari, ecc. La terza parte del simulatore calcola la produzione oraria di tutti gli impianti presenti nella configurazione ed associata alle rispettive utenze di consumo. Nella quarta parte sono calcolati i consumi delle utenze afferenti alla CER, considerando la differente casistica di consumer e prosumer. Per le utenze residenziali il profilo di consumo orario viene estratto dal database ARERA[1] e adeguato ai prelievi in input, per le utenze industriali il profilo di consumo è richiesto in input mentre per le restanti tipologie di utenza il profilo di consumo è calcolato sfruttando l'orario di attività e i consumi dell'utenza. Una volta calcolate le variabili energetiche su base oraria viene calcolata l'energia condivisa valorizzata e l'energia incentivata per la configurazione e per il singolo impianto di produzione, partendo da quelli entrati prima in esercizio come disposto dal TIAD.
Il modello di calcolo della resa degli impianti idroelettrici si basa su un DB appositamente creato contenente l'andamento giornaliero tipico dei principali bacini idrici (glaciale, alpino, appenninico) come definiti da ISPRA[2], in più consente l'inserimento di un profilo di portata personalizzato, ad es. per applicazioni acquedottistiche. L'analisi dei dati sui fiumi italiani ricavati dalle ARPA locali si è focalizzata sulle regioni settentrionali in quanto presentano il maggior potenziale idrico e la maggiore diffusione di impianti idroelettrici. I dati sono stati analizzati su un orizzonte temporale di 5-6 anni per collocare ogni fiume all'interno del cluster che meglio descrive la sua tipologia, ottenendo profili idrici orari opportunamente normalizzati rispetto alla portata media annua e poi confrontati per trovare analogie negli andamenti. Questo approccio ha permesso di stimare l'andamento della portata conoscendo il cluster di appartenenza del corso d'acqua e la portata media annua. In funzione della prevalenza disponibile e della portata media del fiume, il modello determina la tecnologia della turbina, la sua efficienza e quella del generatore, e quindi la produzione oraria di energia elettrica.
Il modello di calcolo della resa degli impianti minieolici implementato richiede le informazioni su località, altitudine e tipo di terreno. I dati sulla velocità oraria del vento sono tratti da un apposito database dal quale sono estratti i dati dei cinque anni più recenti per la definizione di un anno-tipo sufficientemente depurato da dati fuori scala. Per il calcolo della resa dell'aerogeneratore viene utilizzata la curva di potenza ricavabile secondo tre diversi possibili approcci: attingendo a un database precompilato contenente i dati delle curve di potenza delle turbine più diffuse oppure stimando i valori attraverso un modello parametrico (modello a concavità variabile) oppure interpolando i dati forniti tramite input file.

Per quanto riguarda le utenze di consumo, sono stati sviluppati modelli di calcolo per le seguenti tipologie: residenziale, uffici, scuole, attività commerciale, attività industriale e condominio. Per semplificare il codice

[1] ARERA. https://www.arera.it/it/dati/mr/mr_consumiele.htm#
[2] G. Nardone, "Ciclo delle acque e bacini idrografici: dinamiche idrologiche e tecnologie di misura," Report ISPRA - Dipartimento per la tutela delle acque interne a marine.
https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00004700/4747-c3070-m1-u3.pdf

ed estenderlo ad un numero maggiore di utenti, si è condotto uno studio per selezionare il minimo numero di input facilmente reperibili. Per le categorie ufficio, scuola e attività commerciale sono richiesti i prelievi mensili o annuali divisi per fasce (ricavabili dalle bollette), gli orari di attività nei giorni lavorativi e festivi e i giorni di chiusura mensili. In questo modo il profilo di consumo è modellato secondo un profilo a gradino replicabile e standardizzabile. In base alle ore di attività, si considerano due fasi: carico elettrico di picco, quando c'è attività, e carico di base, al di fuori dell'orario di attività. Per i prosumer sono possibili due casistiche, a seconda che l'impianto sia esistente o nuovo. Nel primo caso, qualora l'impianto di produzione abbia contribuito a ridurre i prelievi elettrici forniti in input, viene richiesto l'autoconsumo percentuale che viene confrontato con il valore ricavato dal simulatore, per ricalibrare il profilo orario di consumo a parità di energia prelevata dalla rete tramite una procedura iterativa. Nel caso in cui l'impianto di produzione non influisca sui prelievi in input, l'autoconsumo orario è calcolato come minimo tra produzione e consumo e il prelievo orario come differenza tra consumo e autoconsumo. Nel caso di utenza industriale sono richiesti, oltre al valore dei prelievi mensili o annuali per fasce, il profilo di consumo orario per i giorni lavorativi e festivi e i giorni di chiusura mensile. Per questa tipologia di utenza e nel caso di prosumer con impianto esistente, il calcolo delle grandezze energetiche orarie è effettuato con un ciclo iterativo che termina quando la somma del prelievo orario converge al valore fornito in input.

Il mockup della GUI frontend realizzato è suddiviso in quattro sezioni. La prima sezione raccoglie i dati generali della simulazione come il nome della scheda, la tipologia della configurazione e la località di riferimento oltre alle informazioni (riportate in apposita tabella) sugli utenti della configurazione e sulle loro principali caratteristiche. La seconda sezione contiene le informazioni tecniche ed economiche degli impianti di produzione raccolte in una tabella da cui è possibile accedere ad un form per l'inserimento dei dati di input sugli impianti. La terza sezione raccoglie le informazioni delle utenze di consumo (prosumer e consumer) in una tabella da cui si può accedere ad un form per l'inserimento dei dati di input. In funzione della categoria di utenza (privato cittadino, PMI, ente pubblico, ecc.) sono disponibili specifiche tipologie di consumo (ufficio, scuola, condominio, residenziale, attività commerciali e industriali). Sono richiesti i prelievi mensili o annuali e, se disponibili, anche per fasce; in caso di prosumer con impianto di produzione che ha influenzato i prelievi inseriti in input, viene richiesta la percentuale di autoconsumo media annua. Nella quarta sezione sono richieste le informazioni generali della configurazione, tra cui i costi di gestione, le grandezze applicabili a tutti gli impianti di produzione e i parametri finanziari. Il mockup è alla base della nuova architettura informatica della versione 2 di RECON (frontend e backend) il cui rilascio al pubblico è previsto nella prossima linea di attività.

7.2 Dhomus

Per la piattaforma DHOMUS è stato progettato e realizzato un database non relazionale (NoSQL) MongoDB, studiato per immagazzinare una grande mole di dati e per garantire quindi la scalabilità. Come schematizzato in Figura 1 i dati, provenienti da varie sorgenti, vengono memorizzati in un unico DB Mongo dove sono storicizzati e resi fruibili sia direttamente tramite API che tramite l'interfaccia della piattaforma.

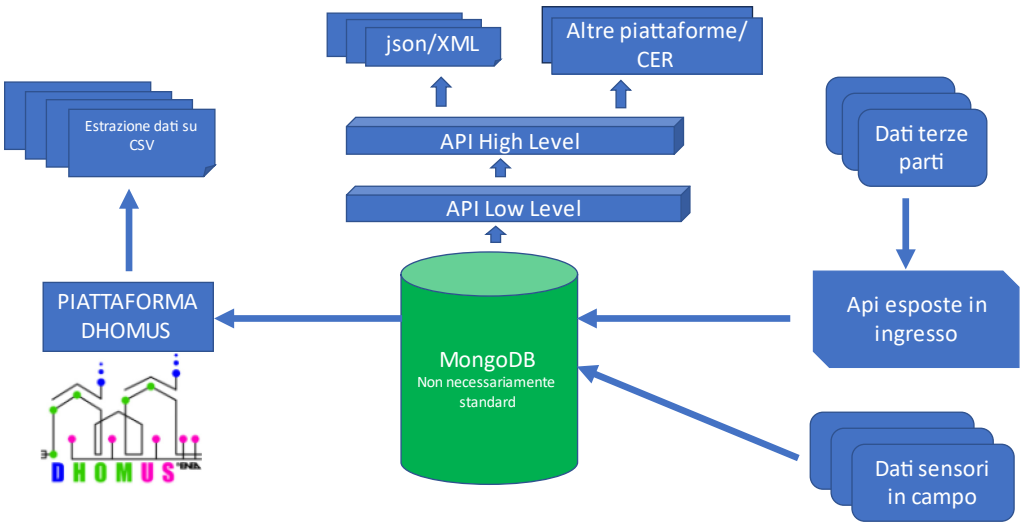

Figura 1. Modalità di accesso ai dati in DHOMUS

Per la fruizione dei dati sono state quindi sviluppate delle API (Low Level e High Level) che permettono la loro estrazione direttamente dal DB Mongo, oltre che dalla GUI user friendly della piattaforma DHOMUS. Tali API potranno anche essere richiamate in applicazioni future di Terze Parti per garantire un facile accesso al dato. I dati possono essere acquisiti da contesti reali tramite tre canali: Telemetry, Broker e MQTT-bridge, che variano in funzione dell'origine del dato, come riportato in Figura 2. Telemetry è il canale HTTP mediante il quale è possibile inviare dati alla piattaforma, mentre Broker e MQTT-bridge sono i canali con i quali vengono ricevuti i dati dai dispositivi di campo e dal dispositivo utente sfruttando il protocollo MQTT.

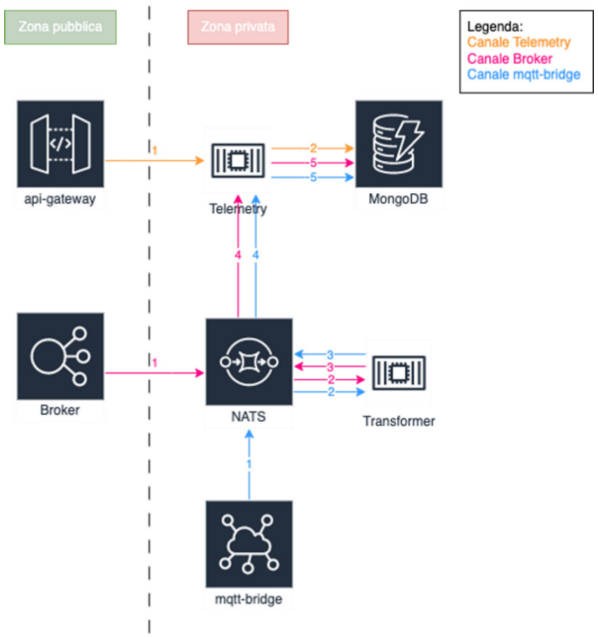

Figura 2 Flusso dati DHOMUS dai dispositivi in campo al DB Mongo

Per quanto riguarda le attività condotte nel laboratorio ENEA di Kilometro Rosso, si è proceduto al confronto dei sistemi stessi su due elettrodomestici, la lavastoviglie e il frigorifero. Tali elettrodomestici sono stati scelti per il tipo di funzionamento (uno a cicli e uno in continuo) e per la richiesta di potenza compatibile con l'utilizzo nei regimi di sicurezza delle Smart Plug.
Per quanto riguarda la lavastoviglie sono stati analizzati i cicli da 30 e da 90 minuti nelle modalità normale ed extra power, raccogliendo con la centralina i dati di potenza ogni 10 s (Figura 3) e tramite DHOMUS ogni 10 minuti. Sono stati provati altri setting ad intervalli temporali diversi (fino ad 1 minuto, Figura 4) per i dati provenienti da DHOMUS, ma la banda fornita dal protocollo z-wave non supporta in maniera adeguata una frequenza superiore ai 10 minuti. Per il frigorifero sono stati raccolti dati giornalieri a 10 minuti (da DHOMUS) e a 1 min (da centralina).
In conclusione, DHOMUS è un sistema adatto a rilasciare feedback all'utente, mentre la centralina è affidabile per raccogliere tracce di consumo per un database di riferimento.

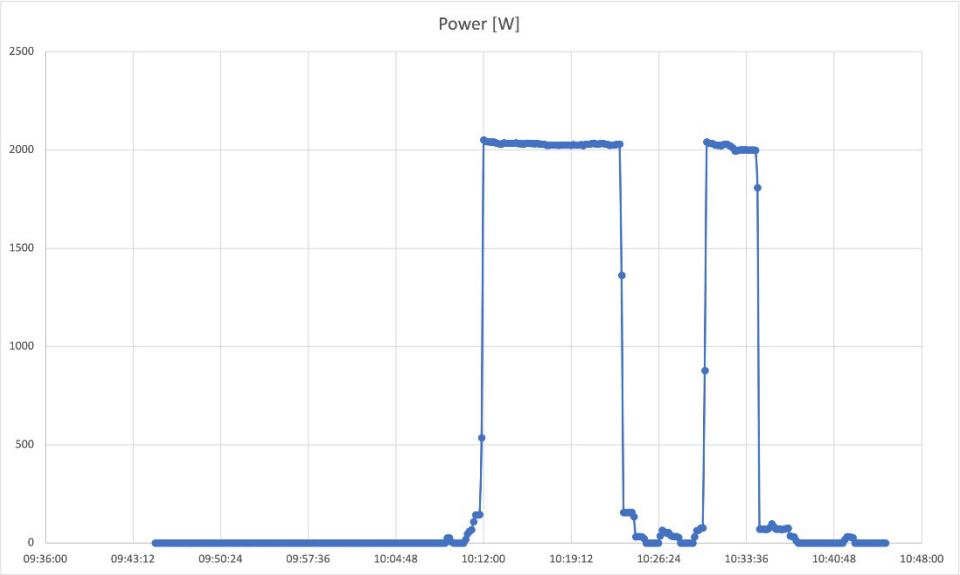

Figura 3: Lavastoviglie ciclo 30 min campionatura 10 s centralina

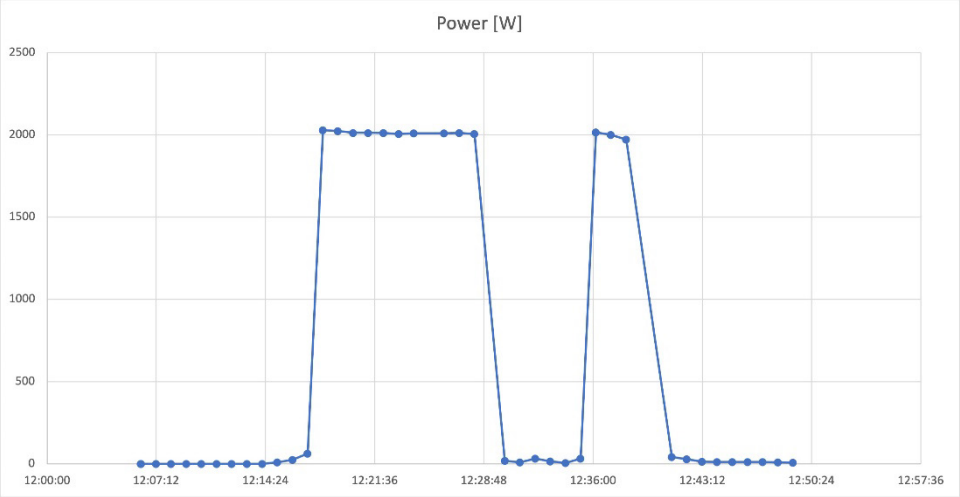

Figura 4: Lavastoviglie ciclo 30 min campionatura 1 min smart plug

7.3 Smart Sim

Per quanto riguarda Smart Sim l'obiettivo dell'attività è costruire un database unificato di schede compilate. L'esigenza nasce dalla discrepanza dovuta al periodo di transizione tra la prima versione di Smart Sim, in formato foglio di calcolo, e la versione web. Le schede compilate antecedentemente il rilascio in produzione della versione web sono state consegnate in formato foglio di calcolo, per cui è stato necessario identificare una modalità di integrazione delle schede all'interno del database della versione web di Smart Sim. È stato progettato e messo a punto un processo in grado di leggere in maniera automatizzata i fogli di calcolo e raccogliere tutti i campi, facendo il mapping con la nomenclatura delle variabili utilizzata nel sistema di persistenza della versione web di Smart Sim.
Il processo è stato implementato in PHP ed usa le librerie xlwings per accedere programmaticamente ai fogli di calcolo. È stato progettato in modo tale da essere integrabile all'interno del framework Laravel con cui è stato implementato Smart Sim web ed è stato testato su un caso studio di oltre 100 schede excel.

7.4 Flessibilità

Per quanto concerne la caratterizzazione del potenziale di flessibilità energetica connesso agli usi finali termici (riscaldamento ambientale, acqua calda sanitaria, condizionamento), l'attività si è sviluppata attraverso i seguenti passi metodologici:

- Analisi della letteratura scientifica, con particolare focus sui risultati dell'Annex 67 della IEA su 'Energy Flexible Buildings'.
- Selezione di indicatori di flessibilità energetica, atti a tradurre in un valore (facilmente comparabile e comprensibile) la capacità di un sistema edificio-impianto di permettere uno shift temporale (su scala giornaliera) dei carichi di riscaldamento e raffrescamento, in funzione di determinati segnali di penalità/premialità. In particolare, è stato opportunamente adattato l'indicatore noto come Flexibility Index (FI) al caso d'uso.
- Selezione delle curve di penalità/premialità di riferimento, atte a caratterizzare la possibile richiesta di un DSO (basata sul PUN) e quella di un aggregatore o gestore di Comunità Energetica (basata sulla producibilità di energia rinnovabile e con l'obiettivo di massimizzare l'autoconsumo).
- Sviluppo di un tool per il calcolo degli indicatori di flessibilità, basati sulla simulazione dinamica di edifici prototipali, che elabora i risultati della modellazione (in termini di energia finale elettrica) per due scenari: i) il controllo standard che gestisce gli impianti per garantire la normale domanda di comfort indoor; ii) il controllo flessibile, con cui si modificano i set point orari di regolazione per minimizzare i consumi pesati dalle sopracitate curve di penalità/premialità. Dati di input ausiliari sono: le condizioni climatiche esterne (temperatura dell'aria esterna e radiazione solare), il regime di occupazione e le condizioni limite di comfort indoor.

Sulla base del metodo di caratterizzazione così sviluppato, è stata quindi definita la struttura del database che includerà i risultati dell'attività sul settore residenziale e indagherà il potenziale di flessibilità per almeno due tipologie residenziali, tre contesti climatici, tre tipologie di involucro e di impianto termico. Il database è stato concepito per poter essere interrogato a partire dai dati raccolti per la simulazione in Smart Sim.

7.5 Pepper

Le attività svolte nel periodo hanno riguardato lo studio della fattibilità dell'utilizzo del robot antropomorfo PEPPER per offrire servizi innovativi di Assisted Living in ambienti di tipo indoor. Sono stati esaminati i vantaggi, le criticità e le possibili applicazioni di questa integrazione realizzata a partire da un robot che possiede caratteristiche uniche tra le piattaforme robotiche commerciali. Innanzitutto, poiché si tratta di un robot antropomorfo alto centoventi centimetri e quindi maggiormente simile alle persone che abitano la casa. Inoltre, è estremamente stabile, grazie ad una movimentazione che non avviene su arti, come nel caso del robot NAO usato nelle annualità precedenti, ma su una base a tre ruote integrata nella base del robot. Questa caratteristica lo rende particolarmente efficace nei movimenti all'interno di un ambiente provvisto di una pavimentazione liscia e piana, garantendo, al tempo stesso, l'incolumità del robot (unica limitazione di

questa configurazione si ha con abitazioni disposte su più livelli, nelle quali PEPPER potrà operare soltanto su uno di essi). Sono stati analizzati i servizi di Assisted Living sviluppati per il robot NAO nelle precedenti attività, analizzando quali miglioramenti è possibile apportare utilizzando la nuova piattaforma. Infatti, oltre alle specificità già citate in precedenza, il robot PEPPER ha in dotazione dei sensori molto avanzati, una video camera di profondità e dei sensori laser, grazie ai quali sarà possibile superare molte delle difficoltà riscontrate con il robot NAO. Anche da un punto di vista del software di gestione, il robot PEPPER è estremamente evoluto e può essere programmato utilizzando ROS – Robot Operating System, il framework maggiormente utilizzato dalla comunità scientifica internazionale che si occupa di robotica. Questi aspetti aprono, quindi, la possibilità di ampliare lo spettro dei servizi che possono essere offerti alla persona, anche in considerazione del fatto che il robot PEPPER è dotato di una stazione di ricarica dove il robot può andare a ricaricare la propria batteria autonomamente. Grazie alle molteplici modalità di interazione, il robot PEPPER può interagire efficacemente con gli utenti che abitano la casa e, una volta integrato nella Smart Home, diventa un nodo essenziale nella rete domestica, in grado di gestire e controllare gli apparecchi e i dispositivi connessi.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Nel corso della presente Linea di Attività non si è fatto ricorso a consulenze.

9 Pubblicazioni scientifiche

Segue l'elenco delle pubblicazioni scientifiche risultanti dall'attività svolta:

- M. Caldera, A. Hussain, S. Romano, V. Re, "Energy-Consumption Pattern-Detecting Technique for Household Appliances for Smart Home Platform", Energies, 2023, 16, 824. https://doi.org/10.3390/en16020824.

10 Eventi di disseminazione

Segue la lista degli eventi di disseminazione scaturiti dall'attività svolta:

- “Gli strumenti di ENEA per le comunità energetiche”, webinar “Le comunità energetiche condominiali” organizzato da ISNOVA e da Fondazione Inarcassa, 10 febbraio 2022 (online).
- “Le Comunità Energetiche: opportunità per il territorio e strumenti ENEA a supporto della loro realizzazione”, Convegno “La creazione di comunità energetiche: una opportunità per i comuni Mantovani”, Mantova, 1° aprile 2022.
- “RECON: lo strumento ENEA per lo studio delle Comunità energetiche”, webinar “Le comunità energetiche” organizzato dall’Istituto di Istruzione Secondaria Superiore “E. Majorana”, Termoli, 21 aprile 2022 (online).
- “Comunità energetiche: novità del quadro legislativo e applicazioni nel territorio ibleo”, convegno co-organizzato con il Comune di Ragusa, Ragusa, 28 aprile 2022.
- “Strumenti a supporto della realizzazione e gestione delle Comunità energetiche rinnovabili e servizi smart energy ai cittadini”, seminario “Comunità energetiche e cittadinanza attiva” organizzato dall’Ordine degli Ingegneri di Bergamo, 17 maggio 2022 (online).
- “Strumenti ENEA a supporto della realizzazione e gestione delle Comunità energetiche”, convegno “Il ruolo dei Comuni nella promozione delle Comunità energetiche – Modelli a confronto”, organizzato da RENAEL – Rete Nazionale delle Agenzie Energetiche Locali, Roma c/o sede GSE, 7 giugno 2022.
- “Vision e strumenti ENEA a supporto delle Comunità Energetiche”, That’s Smart, Milano, 29 giugno 2022.
- “Gli strumenti ENEA per la valutazione economica delle Comunità di Energia Rinnovabile”, workshop ASSISTAL “Comunità energetiche e Autoconsumo collettivo”, Mostra Convegno Expocomfort, Rho Fiera Milano, 30 giugno 2022.
- “Dalle Comunità energetiche condominiali ai PED”, Seminario organizzato da ISNOVA, Mostra Convegno Expocomfort, Rho Fiera Milano, 30 giugno 2022.
- “CER: stato dell’arte tecnico regolatorio”, Convegno “Smart energy: il futuro è arrivato”, Recanati, 12 luglio 2022 (online).
- “Key economic drivers enabling municipal energy communities’ benefits”, Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions – SSPCR Conference 2022, Bolzano, 21 luglio 2022.
- “Una Roadmap per lo sviluppo delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)”, Gruppi di Lavoro CEI, webinar, 13 settembre 2022 (online).
- “Strumenti ENEA a supporto delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)”, Gruppi di Lavoro della Camera di commercio di Varese, webinar, 20 settembre 2022 (online).
- “Strumenti ENEA a supporto delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)”, convegno “Energia circolare: fonti rinnovabili e comunità energetiche”, Genova, 14 ottobre 2022.
- “Strumenti ENEA a supporto delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), Ruolo di Comuni e Regioni”, SOS Energia - Imprese turistico ricettive, Napoli, 26 ottobre 2022.
- “Comunità Energetiche Rinnovabili a trazione pubblica e privata”, talk “Smart Utility Hub” a Fiera Ecomondo Key Energy 2022, Rimini, 9 novembre 2022.
- “Strumenti ENEA a supporto delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)”, Key Energy, Rimini, 9 novembre 2022.
- “Strumenti ENEA a supporto delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)”, Scuola di Ecologia, 17 novembre 2022 (online).
- “Comunità energetiche: quadro regolatorio e opportunità”, convegno KNX day 2022, 25 novembre 2022 (online).

- “Gli strumenti ENEA a supporto delle CER”, convegno CCIAA Gran Sasso su “La transizione energetica tra efficienza e comunità energetiche rinnovabili: una roadmap per imprese ed enti locali”, 10 febbraio 2023 (online).
- “Comunità Energetiche Rinnovabili: Il quadro normativo e regolatorio. Gli strumenti Enea per le CER” workshop Greenplanner “Comunità energetiche: perché riguardano anche me”, Rho Fiera Milano, 23 febbraio 2023.
- “Tecnologie abilitanti per le Comunità Energetiche Rinnovabili”, convegno ASSISTAL “Comunità energetiche e uso razionale dell'energia”, Unimarconi, Roma, 27 febbraio 2023.
- “Strumenti per la valutazione tecnico-economica di una CER”, moduli formativi su “La transizione energetica” organizzati da DINTEC – Consorzio per l’innovazione tecnologica, 15 marzo 2023 (online).
- “CER e gruppi di autoconsumo collettivo: quadro normativo di riferimento”, Programma formativo Unioncamere, 15 marzo 2023 (online).
- “Digitalizzazione e Comunità energetiche per accelerare la transizione ecologica”, Energy Forum 2023 organizzato da Apindustria Confimi Cremona, Dosimo, 30 marzo 2023.
- “About CER”, Palermo Smart City, Palermo, 5 aprile 2023.
- “Strumenti di supporto alle nascenti Comunità Energetiche”, convegno “Comunità energetiche in Italia e in Francia: un nuovo modello di sostenibilità per città e aree interne” Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DiCEM) dell’Università degli Studi della Basilicata, Matera, 8 aprile 2022.
- “Le CER come una delle risposte all’onere di approvvigionamento per i consumatori finali”, Gruppo di lavoro Confservizi, 11 maggio 2023 (online).
- “Le tecnologie abilitanti per le CER. Framework digitale a supporto delle CER”, convegno CCIAA Umbria “La transizione energetica tra efficienza e comunità energetiche rinnovabili: una roadmap per imprese ed enti locali”, Centro Servizi Alessi, Perugia, 6 giugno 2023.
- “Comunità di Energia Rinnovabili: obiettivi e vantaggi”, Gruppo di lavoro del PON Metro 2014/2020 e PN Metro Plus 2021/2027, 28 giugno 2023 (online).