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

Sviluppo dell'architettura informatica della versione 2 dell'applicativo RECON (LA1.2)

Michele Perrotta

LOGICA INFORMATICA

RdS_PTR22-24_PR1.7_LA1.2_315

Sviluppo dell'architettura informatica della versione 2 dell'applicativo RECON

LA 1.2: Avvio CER: Perfezionamento di RECON v2.0, sviluppo di nuove funzionalità di Smart Sim e DHOMUS, implementazione dei servizi prototipali di Assisted Living

M. Perrotta (Logica Informatica S.r.l.)

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: 1.2

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Matteo Caldera, ENEA

Mese inizio previsto: 19

Mese inizio effettivo: 36

Mese fine previsto: 19

Mese fine effettivo: 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno del contratto dal titolo: Sviluppo dell'architettura informatica della versione 2 dell'applicativo RECON

Indice

1 Risultati attesi 4
2 Risultati ottenuti 5
3 Prodotti attesi 7
4 Prodotti sviluppati 8
5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati 9
6 Sintesi delle attività svolte 10
7 Dettaglio delle attività svolte 11
7.1 Aggiornamento della versione del backend di RECON v2 11
7.2 Perfezionamento dell'architettura informatica di RECON v2 11
7.3 Migrazione automatizzata delle schede dalla versione v1 alla v2 14
7.4 Aggiornamento reportistica utente 15
7.4.1 Report interattivo tramite GUI 15
7.4.2 Report in formato PDF 15
7.4.3 Report in formato JSON 15
7.5 Inclusione di nuovi sistemi di generazione elettrica 15
7.6 Creazione di nuove sezioni nel sito web di RECON 15
7.7 Perfezionamento dashboard amministratore 16
7.8 Supporto doppia lingua 17
7.9 Inserimento località georeferenziata 17
7.10 Modulo per import dati da file in formato EXCEL 19
7.11 Implementazione di un set di API per la simulazione M2M delle schede 20
7.12 Inclusione dei sistemi di accumulo elettrico 20
7.13 Scelta della tipologia di inserimento dati: semplice e dettagliata 21
7.14 Irrobustimento resilienza cyber-sicurezza 22
7.15 Manutenzione evolutiva e test 22
8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte 24
9 Pubblicazioni scientifiche 25
10 Eventi di disseminazione 26

Indice delle figure

Figura 1. Frontend RECON v.2: Sezione 1 - Dati generali della configurazione 12
Figura 2. Frontend RECON v.2: Sezione 2 - Impianti di produzione 12
Figura 3. Frontend RECON v.2: Sezione 3 - Membri della configurazione 13
Figura 4. Frontend RECON v.2: Sezione 4 - Parametri 13
Figura 5. Frontend RECON v.2: Sezione 5 - Calcola.....13
Figura 6. Opzioni disponibili per l'accesso alle schede v.1 e v.2 dopo il login nella homepage . 14
Figura 7. Widget geografico nella dashboard amministratore.....18
Figura 8. Inserimento georeferenziato nella creazione delle schede.....19
Figura 9. Widget per il caricamento del file sui prelievi di energia elettrica dalla rete.....20
Figura 10. Popup per la scelta della modalità di creazione della scheda, semplificata o dettagliata.....21
Figura 11. Form che contiene campi preimpostati con la modalità semplificata 22

1 Risultati attesi

L'attività prevede i seguenti risultati:

1. Aggiornamento della versione del backend di RECON v2
2. Perfezionamento dell'architettura informatica di RECON v2
3. Migrazione automatizzata delle schede da v1 a v2
4. Aggiornamento reportistica utente
    i. Report interattivo tramite GUI
    ii. Report in formato PDF
    iii. Report in formato JSON
5. Inclusione di nuovi sistemi di generazione elettrica
6. Creazione di nuove sezioni nel sito web di RECON
7. Perfezionamento dashboard amministratore
8. Supporto doppia lingua
9. Inserimento località georeferenziata
10. Modulo per import dati da file in formato EXCEL
11. Implementazione di un set di API per la simulazione M2M delle schede
12. Inclusione di sistemi di accumulo elettrico
13. Scelta tipologia di inserimento dati (semplice, dettagliata)
14. Irrobustimento resilienza cyber-sicurezza
15. Manutenzione evolutiva e test

2 Risultati ottenuti

Sono stati ottenuti i seguenti risultati

1. Aggiornamento della versione del backend di RECON v2: l'architettura di RECON versione 2, lato frontend e backend, è stata implementata ex novo utilizzando la versione più aggiornata di PHP compatibile con il SO finale di produzione al momento dei lavori, sulla base dei principi di modularità ed estensibilità.

2. Perfezionamento dell'architettura informatica di RECON v2: l'architettura informatica, lato frontend e backend, della nuova versione 2.0 di RECON è stata totalmente riprogettata in termini di input e output, di layout grafico e di memorizzazione dei dati nel database prescelto. Sono state implementate funzioni e patch ad hoc che rendono più efficiente il workflow e la gestione delle logiche e dei dati I/O.

3. Migrazione automatizzata delle schede da v1 a v2: i report PDF delle schede create con la versione 1 in sono stati trasferiti nel backend della versione v2 dell'applicativo in modo da consentire agli utenti registrati che hanno realizzato schede con la v1 di poter accedere alle stesse. In tal modo gli utenti che hanno creato e simulato progetti di CER secondo la disciplina transitoria possono vedere i risultati delle simulazione effettuate con la versione 1 di RECON.

4. Aggiornamento reportistica utente: è stato effettuato l'aggiornamento della reportistica utente su tre livelli:

    i. Report interattivo tramite GUI: disponibile per tutti gli utenti registrati.

    ii. Report in formato PDF: disponibile per tutti gli utenti registrati.

    iii. Report in formato JSON: disponibile solo per gli utenti amministratori.

5. Inclusione di nuovi sistemi di generazione elettrica: l'architettura informatica è stata implementata con un approccio modulare per permettere l'inserimento di nuove funzionalità e la memorizzazione dei dati in modo da agevolare l'aggiornamento del simulatore. Tra queste feature vi è l'inserimento di sottosezioni per l'analisi di sistemi di generazione elettrica di tipo eolico ed idroelettrico.

6. Creazione di nuove sezioni nel sito web di RECON: nel sito web di RECON sono state create nuove sezioni tematiche, tra cui "Team", "Collaborazioni" e "Manuale utente". Sono inoltre state aggiornate e perfezionate sia nel layout che nei contenuti le sezioni "Intro", "Simulatore", "Logo" e "Schede". Nella homepage a cui l'utente accede dopo il login, è stato creato un box informativo che contiene avvisi e aggiornamenti, es. il rilascio di una nuova versione del simulatore.

7. Perfezionamento dashboard amministratore: è stata progettata e implementata la sezione "Dashboard" accessibile dall'utente amministratore, che contiene una serie di widget per il monitoraggio del funzionamento dell'applicativo e per la valutazione dell'evoluzione delle configurazioni di autoconsumo diffuso simulate.

8. Supporto doppia lingua: include l'italiano (lingua predefinita) e l'inglese.

9. Inserimento località georeferenziata: questa funzione è attualmente sviluppata nella dashboard amministratore, in cui è stato aggiunto un widget interattivo che mostra punti di interesse (POI) georeferenziati su mappa dell'Italia di CER e GAC analizzate con RECON.

10. Modulo per import dati da file in formato EXCEL: è stato implementato un modulo per il caricamento di alcune tipologie di dati in file in formato EXCEL, al fine di agevolare l'utente

nell'inserimento di alcune tipologie di dati variabili col tempo, es. l'energia prelevata dalla rete e la portata oraria/giornaliera per il calcolo della resa di impianti idroelettrici. Il modulo esegue una serie di controlli per garantire che i dati siano conformi ai requisiti richiesti, solo se la validazione ha esito positivo, i dati vengono accettati e memorizzati nel database. In qualsiasi momento, l'utente può caricare un nuovo file, che sovrascriverà i dati precedenti.

11. Implementazione di un set di API per la simulazione M2M delle schede: si è implementato un primo set di API REST progettate per consentire il calcolo M2M (Machine to Machine) delle simulazioni. Queste API possono essere utilizzate da sistemi esterni per effettuare simulazioni basate su schede già compilate dall'utente tramite GUI di RECON.

12. Inclusione di sistemi di accumulo elettrico: è stata predisposta la possibilità di configurare i sistemi di accumulo in modalità monodirezionale e bidirezionale.

13. Scelta tipologia di inserimento dati (semplice, dettagliata): è stata predisposta la funzionalità che permette all'utente di scegliere, alla creazione della scheda, se adottare la modalità semplificata, adatta ad un utente base e caratterizzata da un set di campi che prevedono valori di default, oppure la modalità dettagliata, adatta ad un utente esperto e caratterizzata da maggiore flessibilità nella valorizzazione di specifici parametri tecnici.

14. Irrobustimento resilienza cyber-sicurezza: lo sviluppo di RECON è stato condotto seguendo le più diffuse best practice per il miglioramento della sicurezza informatica, per assicurare la conformità con le migliori pratiche di sviluppo sicuro, mantenendo un ambiente robusto e affidabile per la gestione dei dati, il caricamento degli input tramite file EXCEL e la protezione delle API tramite un sistema di autenticazione basato su token e la validazione sugli input per garantire la sicurezza e la correttezza delle operazioni.

15. Manutenzione evolutiva e test: è stata condotta una continua manutenzione evolutiva dell'architettura informatica di RECON in modo da renderlo aggiornato alle numerose evoluzioni del quadro legislativo e normativo nazionale sulle comunità energetiche, migliorando al contempo la *user experience*. Parallelamente, l'integrità e l'efficacia delle modifiche implementate sono state validate attraverso rigorosi test (*unit test*, *integration test*, *performance test*, test funzionali), garantendo il corretto funzionamento e l'integrazione con il sistema già in produzione oltre alla retrocompatibilità delle schede create.

3 Prodotti attesi

L'attività richiesta prevede la consegna a ENEA del codice informatico implementato. Sono altresì fornite ad ENEA le indicazioni necessarie per l'integrazione del codice nelle proprie risorse HW/SW.

Inoltre, le attività svolte sono riportate nel presente report "Sviluppo dell'architettura informatica della versione 2 dell'applicativo RECON".

4 Prodotti sviluppati

Per ciascun risultato ottenuto è stato implementato il relativo codice informatico, il quale è stato consegnato a ENEA, corredato con le indicazioni necessarie per la sua integrazione nelle risorse HW/SW dell'Agenzia.

ENEA ha provveduto autonomamente a caricare il software in base alle proprie necessità negli ambienti di test e di produzione della piattaforma RECON. La decisione di quale prodotto software caricare in ambiente di test e/o di produzione è in capo a ENEA.

I prodotti software implementati, che sono stati rilasciati da ENEA in ambiente di produzione, sono disponibili al seguente indirizzo web: https://recon.smartenergycommunity.enea.it/ Il dominio è pubblico ed è accessibile gratuitamente a chiunque previa registrazione.

Le funzionalità implementate per la dashboard amministratore sono disponibili solo agli utenti con privilegi di amministratore dell'applicativo.

I prodotti software implementati, che sono stati caricati da ENEA nell'ambiente di test su server ENEA, sono accessibili esclusivamente ai ricercatori ENEA coinvolti nel progetto.

Inoltre, le attività svolte e i risultati conseguiti sono riportati nel presente report "Sviluppo dell'architettura informatica della versione 2 dell'applicativo RECON".

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non si segnalano scostamenti rispetto alle attività richieste da contratto.

6 Sintesi delle attività svolte

Il contratto è finalizzato allo sviluppo dell'architettura informatica della versione 2 di RECON. Le attività richieste hanno interessato sia il *frontend* sia il *backend* dell'architettura informatica dell'applicativo web.

È stata effettuata la migrazione delle schede create con la precedente versione di RECON (v1), mantenendo tali schede nel loro DB dedicato e rendendo accessibili all'utente solo i report PDF ma impedendone la modifica, in quanto è prevista la disattivazione della versione 1.

In particolare, sono state implementate le seguenti nuove funzionalità per la nuova versione (v2) di RECON:

- aggiornamento alla versione più recente del backend in linguaggio PHP compatibile con il Sistema Operativo di produzione sui server ENEA;

- manutenzione evolutiva per rendere RECON aggiornato al quadro normativo nazionale sulle CER e i gruppi di autoconsumo collettivo;

- aggiornamento della reportistica utente su tre livelli: report interattivo a display tramite GUI, report in formato PDF, report in formato JSON;

- aggiunta nel sito web di RECON di nuove sezioni dedicate alla documentazione (Manuale utente) e alle collaborazioni con Soggetti Terzi, aggiornamento delle sezioni esistenti (Introduzione, Simulatore, Logo, Team);

- creazione della dashboard amministratore, che consente l'estrapolazione delle informazioni presenti nel database e la loro presentazione nella GUI Amministratore tramite appositi widget definiti da ENEA;

- invio di comunicazioni via e-mail agli utenti registrati in modalità *undislosed recipients,* utilizzando l'e-mail noreply.recon@enea.it ;

- supporto doppia lingua, italiano (default) e inglese;

- predisposizione per l'inserimento di località georeferenziata;

- modulo per caricare in un file in formato Excel i dati di energia prelevata dalla rete e di portata oraria/giornaliera per la resa dell'impianto idroelettrico. Il modulo di caricamento file è corredato da un validatore per verificare la correttezza dei dati inseriti oltre alle necessarie azioni di sicurezza informatica;

- inserimento e memorizzazione di dati per l'analisi di sistemi di generazione elettrica di tipo eolico ed idroelettrico, e dei sistemi di accumulo;

- set di API REST basate su protocollo HTTP per la predisposizione in ambiente di test del calcolo M2M delle simulazioni per un set limitato di input definito da ENEA, consentendo l'esecuzione di simulazioni sulla base di una scheda di valutazione che l'utente ha già completato utilizzando la GUI di RECON;

- nuova funzionalità che permette all'utente di scegliere, all'avvio del progetto e in ambiente di test, tra due differenti tipologie di inserimento dati: semplice (alcuni dati sono impostati ai valori di default) o dettagliata (per l'utente esperto, piena libertà nel definire tutti gli input).

Le attività di sviluppo hanno previsto il rispetto delle più diffuse best practice per il miglioramento della sicurezza informatica, oltre a test e manutenzione evolutiva.

7 Dettaglio delle attività svolte

Di seguito è riportato il dettaglio delle attività svolte, suddivise in base ai risultati ottenuti. Per ciascuna attività è stato implementato codice informatico che è stato consegnato a ENEA e che è disponibile in ambiente di produzione e/o in ambiente di test, a discrezione di ENEA.

7.1 Aggiornamento della versione del backend di RECON v2

L'architettura di RECON versione 2 - lato frontend e backend - è stata implementata ex novo utilizzando la versione più aggiornata di PHP al momento dei lavori e compatibile con il Sistema Operativo presente nell'ambiente di produzione ENEA. Sono state implementate le richieste del Committente realizzando un'architettura modulare ed estensibile, in modo da facilitare la manutenzione e renderla resiliente all'evoluzione normativa. L'utilizzo della versione più aggiornata di PHP permette di usufruire di nuove funzionalità, risoluzione di bug e maggiore versatilità.

7.2 Perfezionamento dell'architettura informatica di RECON v2

L'architettura informatica, lato frontend e backend, della nuova versione 2.0 di RECON è stata totalmente riprogettata e realizzata ex-novo sulla base delle indicazioni di ENEA, in termini di dati di input e output, di layout grafico e di memorizzazione dei dati nel database prescelto.

Rispetto alla versione 1.0, l'architettura è migliorata in modularità e estensibilità, potendo contare su funzioni e patch implementate ad hoc che rendono più efficiente il workflow e la gestione delle logiche e dei dati I/O. È stata inoltre migliorata la fase di avvio del calcolo, tramite la creazione di funzioni di verifica che consentono di accedere alla simulazione solo qualora tutti i check impostati siano verificati, altrimenti l'utente riceve un popup che lo guida nella risoluzione delle criticità.

Al fine di agevolare l'uso del web service e migliorare la *user experience*, è stato creato un file di traduzione per gli input e uno per gli output contenenti testi con suggerimenti alla compilazione (*tooltip*), spiegazioni ed eventuali esempi per ogni singolo campo per le sezioni di input e output. ENEA può quindi agevolmente e in autonomia aggiornare i testi dei tooltip in base alle proprie esigenze e all'evoluzione normativa.

Il layout grafico del frontend è stato completamente riprogettato sia nella struttura che nella grafica, con nuovi colori di sfondo, anche per dare risalto alla nuova versione di RECON. Il colore di base è ora l'azzurro, mentre nella precedente versione era il lilla.

A titolo di esempio si riportano di seguito alcuni screenshot delle cinque sezioni della *graphical user interface* (GUI) implementata per l'inserimento dei dati di input.

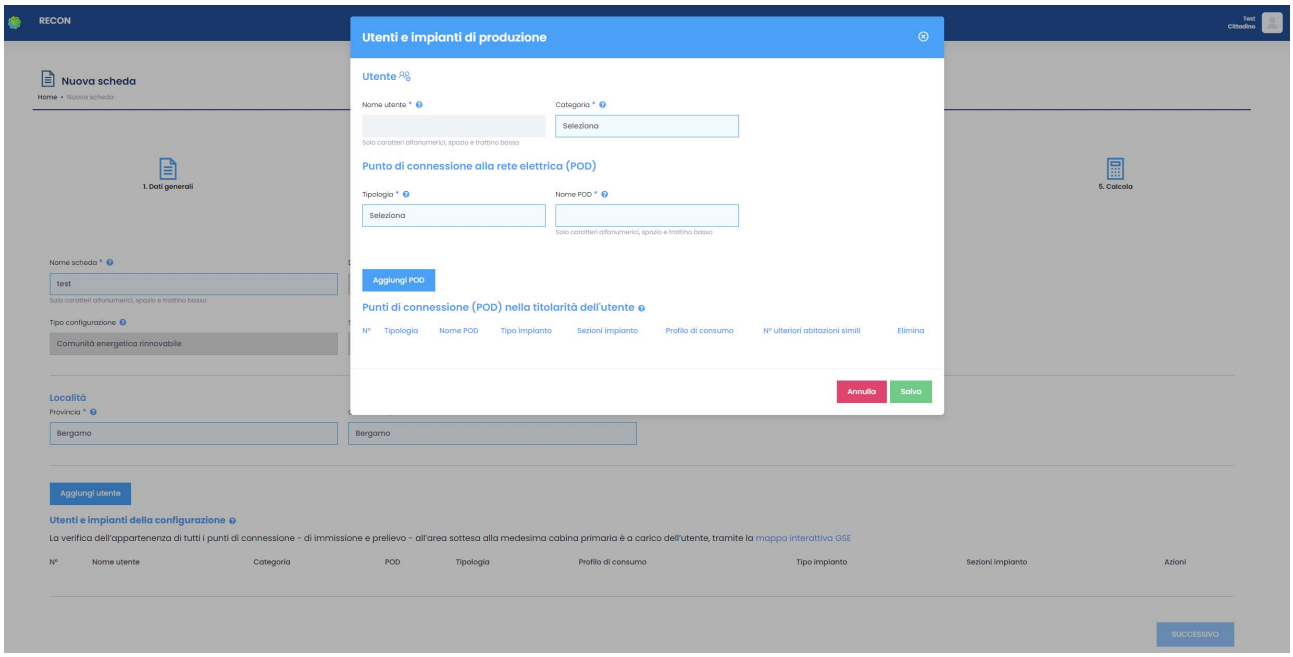

Figura 1. Frontend RECON v.2: Sezione 1 - Dati generali della configurazione

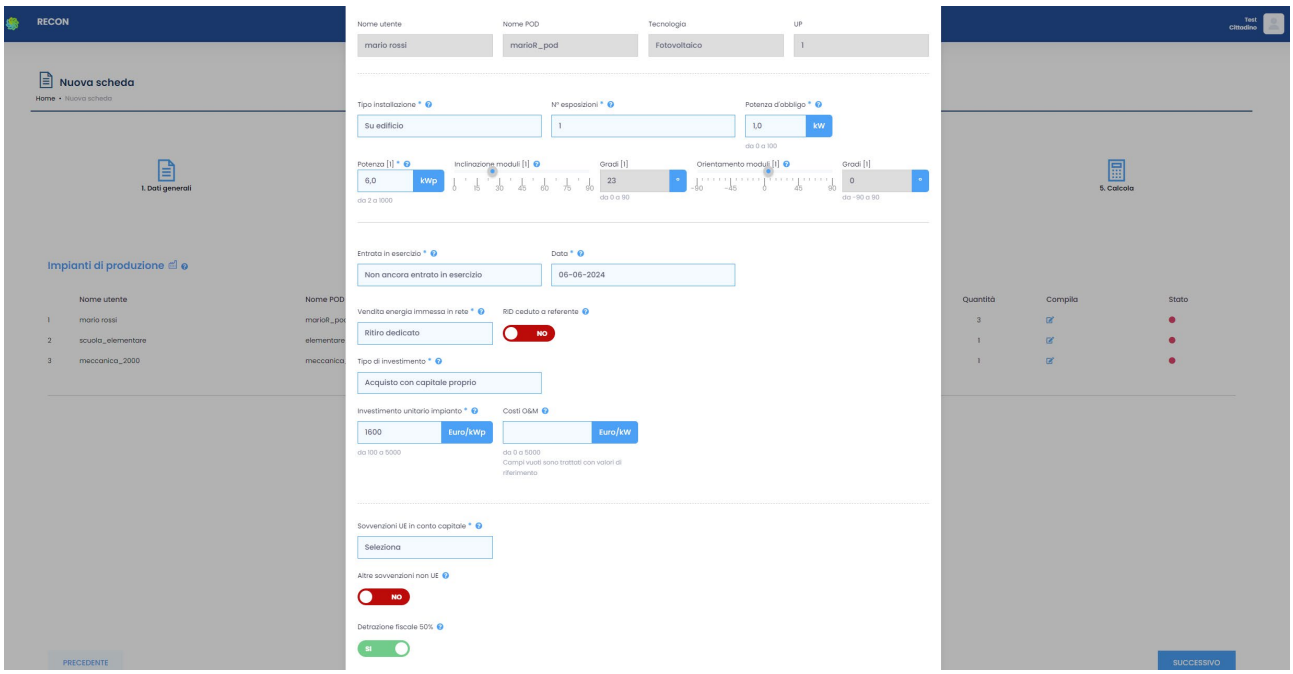

Figura 2. Frontend RECON v.2: Sezione 2 - Impianti di produzione

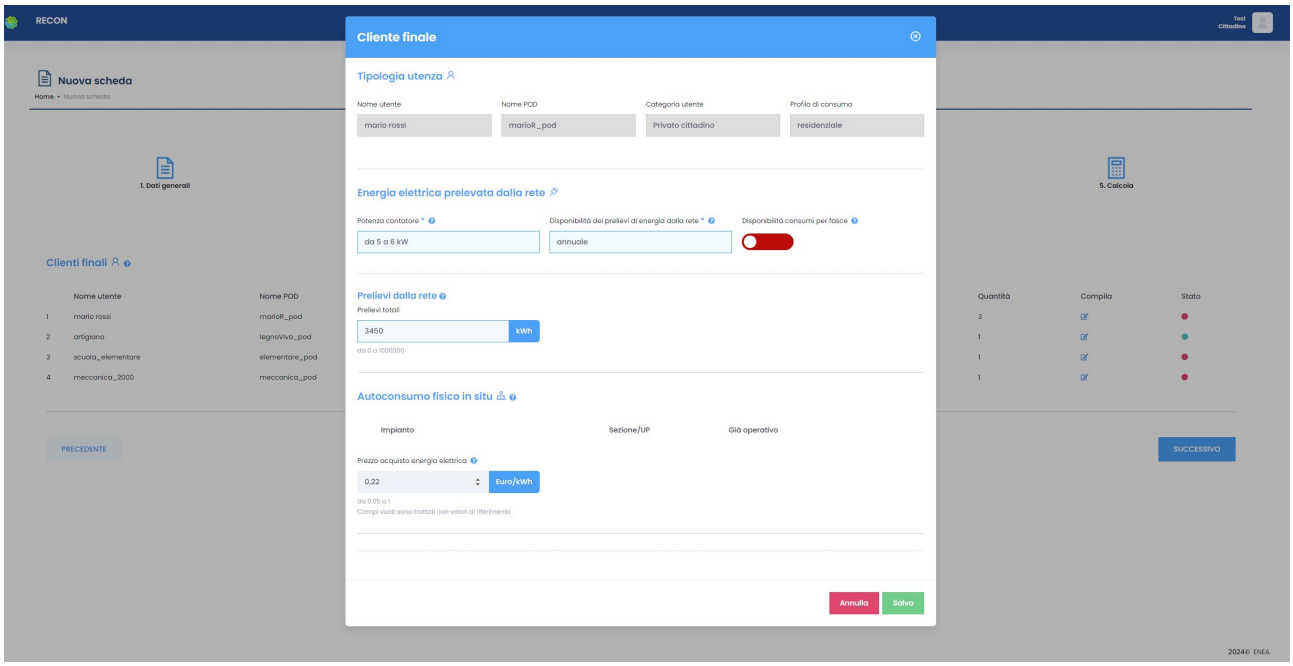

Figura 3. Frontend RECON v.2: Sezione 3 - Membri della configurazione

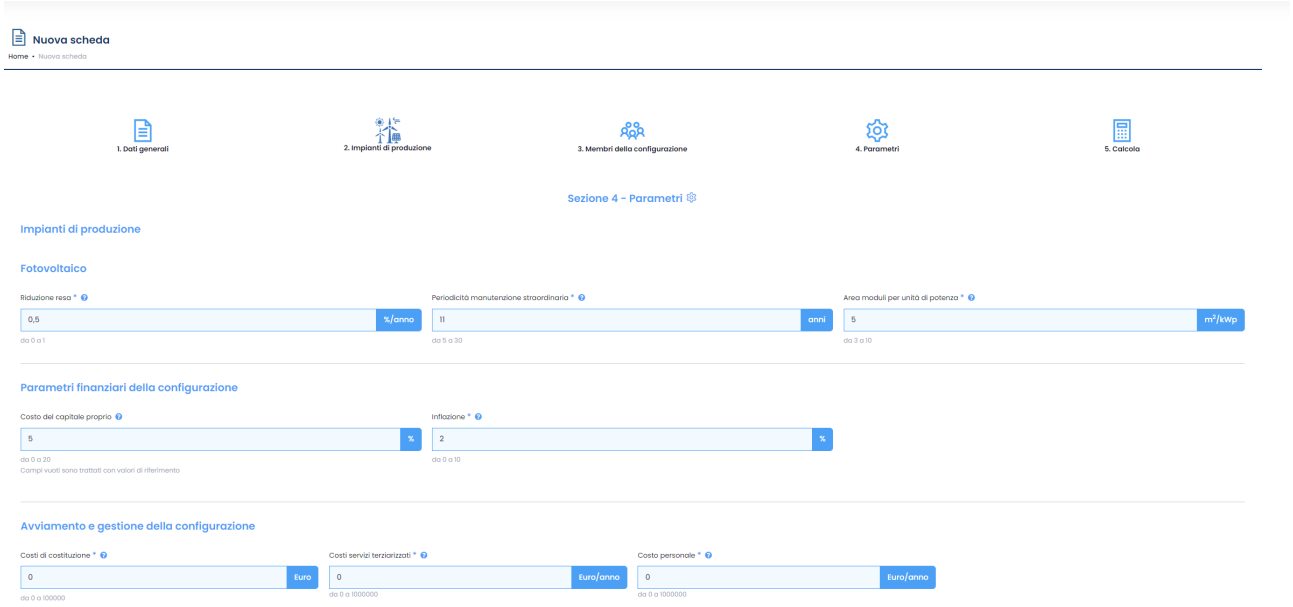

Figura 4. Frontend RECON v.2: Sezione 4 - Parametri

Figura 5. Frontend RECON v.2: Sezione 5 - Calcola

7.3 Migrazione automatizzata delle schede dalla versione v1 alla v2

La nuova versione di RECON (v.2) sostituisce la precedente versione (v.1), tuttavia è previsto un intervento di migrazione automatizzata delle schede create con la versione 1 in modo da consentire agli utenti registrati che hanno realizzato schede v1 di poter accedere alle stesse seppur in sola lettura attraverso un report in formato PDF.

A tal fine, le attività effettuate hanno permesso di mantenere le schede realizzate con RECON v.1 nel DB originario e la migrazione nella nuova piattaforma v.2 dei report PDF delle schede già calcolate, in quanto le schede create in RECON v.1 non possono più essere modificate. Nell'architettura v.2 sono quindi state create due sezioni nella homepage a cui l'utente registrato viene reindirizzato dopo il login: RECON 2.0 e RECON 1.0, come riportato in Figura 6 che riproduce la homepage di RECON accessibile dopo aver effettuato il login.

Pertanto, l'utente registrato che ha creato e calcolato schede di valutazione con la versione v.1 potrà continuare a visualizzare e scaricare i relativi PDF. Per i nuovi utenti che si registrano dopo il rilascio della versione 2, la sezione RECON 1.0 non è presente.

Su indicazione di ENEA, la migrazione massiva dei report PDF delle schede calcolate con RECON v.1 è stata effettuata a livello di backend prima del rilascio al pubblico della nuova versione 2.0. L'utente non deve quindi effettuare operazioni specifiche se non quelle di visualizzazione e download dei PDF prodotti con RECON v.1.

Inoltre, nella sezione "Schede" - che contiene la tabella con tutte le schede create dall'utente registrato – l'utente può filtrare le schede in base al versioning del simulatore con cui sono state create.

Figura 6. Opzioni disponibili per l'accesso alle schede v.1 e v.2 dopo il login nella homepage

7.4 Aggiornamento reportistica utente

È stato effettuato l'aggiornamento della reportistica utente su tre livelli: report interattivo a display tramite GUI, report in formato PDF, report in formato JSON.

7.4.1 Report interattivo tramite GUI

Il report interattivo è automaticamente visualizzato nella *graphical user interface* (GUI) a cui l'utente è reindirizzato al termine della simulazione, e a cui può anche accedere dalla sezione "Schede" selezionando l'apposito pulsante "Report" disponibile tra le azioni per le schede calcolate. I dati riportati e la tipologia di visualizzazione dei report sono stati implementati sulla base delle indicazioni fornite da ENEA. Gli output relativi alla configurazione sono sempre visualizzati. In particolare, nella sezione output della GUI sono disponibili due sottosezioni, una per i risultati energetici e l'altra per i risultati economici della simulazione, in modo da rendere la visualizzazione chiara e funzionale.

7.4.2 Report in formato PDF

Il report in formato PDF è stato implementato in base alle nuove funzionalità della versione v.2. La struttura del codice riproduce il layout del report interattivo ed è organizzata per migliorare e rendere efficiente la generazione del file. Il report viene generato al termine della simulazione ed è scaricabile sul dispositivo dell'utente tramite l'azione innescata dal relativo pulsante "Genera report PDF" disponibile nella sezione Risultati della GUI dell'applicativo. Il report in formato PDF contiene gli input e i risultati della simulazione, organizzati in sezione per rendere facilmente leggibile il flusso delle informazioni. I grafici e le tabelle sono stati creati con una logica modulare e generalizzabile, che consente l'aggiunta di ulteriori elementi a seguito degli sviluppi dell'applicativo (es. lo stesso codice che crea gli istogrammi può essere utilizzato per rappresentare grandezze energetiche ed economiche).

7.4.3 Report in formato JSON

Il report in formato JSON contiene gli input e gli output della scheda di valutazione simulata. I dati sono organizzati in strutture ottimizzate per l'import nel simulatore e per l'analisi statistica e il debug delle schede create. La creazione del report è stata effettuata in base alle indicazioni di ENEA al fine di ottimizzare il suo utilizzo a livello di scambio dati I/O con il simulatore.

È stata inoltre implementata una funzionalità di export delle schede in formato JSON per il loro import automatizzato nel simulatore. Questa funzionalità è attualmente disponibile solo per l'utente amministratore al fine di agevolare il debug e per verificare le schede in fase di supporto tecnico.

7.5 Inclusione di nuovi sistemi di generazione elettrica

L'architettura informatica è stata implementata con un approccio modulare per permettere l'inserimento di nuove funzionalità e la memorizzazione dei dati in modo da agevolare l'aggiornamento del simulatore. Tra queste feature vi è l'inserimento di sottosezioni per l'analisi di sistemi di generazione elettrica di tipo eolico ed idroelettrico. Sono stati predisposti nuovi campi nelle pertinenti sezioni di input, output e reportistica per caratterizzare gli impianti dal punto di vista tecnico-energetico ed economico-finanziario, associandoli alle rispettive utenze. I dati corrispondenti sono memorizzati nel database su specifiche di ENEA.

7.6 Creazione di nuove sezioni nel sito web di RECON

Nel sito web di RECON sono state create nuove sezioni tematiche, tra cui "Team" (contenente le generalità dei ricercatori ENEA coinvolti nello sviluppo di RECON), "Collaborazioni"

(contenente i partner di progetto con i relativi referenti) e "Manuale utente". Sono inoltre state predisposte le sezioni "Documentazione" e "Best practice" per diverse tipologie di contenuti (documenti scaricabili, immagini e testi), attualmente disponibili in ambiente di test. Sono quindi state aggiornate e perfezionate sia nel layout che nei contenuti le sezioni "Intro", "Simulatore", "Logo" e "Schede". La sezione "Schede", in particolare, è arricchita di contenuti, filtri e azioni applicabili alle schede (es. "esporta json", disponibile per l'utente amministratore) e contiene il versioning delle schede create, in modo da permettere all'utente di verificare in tempo reale con quale versione del simulatore sono state calcolate le schede e se richiedono di essere ricalcolate a seguito del rilascio di nuove versioni del simulatore. È stata creata la nuova sezione "Dashboard" disponibile all'utente con i privilegi di amministratore, con i contenuti dettagliati nel successivo capitolo. Inoltre, nella homepage a cui l'utente accede dopo il login, è stato creato un box informativo che contiene avvisi e aggiornamenti, es. il rilascio di una nuova versione del simulatore.

7.7 Perfezionamento dashboard amministratore

È stata progettata e implementata la sezione "Dashboard" accessibile all'utente con i privilegi di amministratore dell'applicativo, che contiene una serie di widget per il monitoraggio delle configurazioni, che sono popolati tramite l'estrapolazione delle informazioni presenti nel DB.

L'attività ha richiesto un intervento sia a livello backend tramite la definizione di query di estrazione sul DB e Identity Provider (IDP), sia a livello di frontend. La view è resa modulabile tramite un file di configurazione, dipendente dalla tipologia di widget e di dati da utilizzare.

All'interno della Dashboard è stata implementata la sezione "Newsletter", con interfaccia dedicata, per l'invio di comunicazioni via e-mail agli utenti registrati a RECON in modalità *undislosed recipients* utilizzando l'e-mail noreply.recon@enea.it, predisponendo un filtro basato sulla tipologia di utente (utente registrato, amministratore, ecc.) personalizzabile per inviare e-mail selettive. Tenendo conto di possibili limitazioni relativamente al numero massimo di destinatari per singolo invio delle e-mail, è stato implementato uno script che suddivide automaticamente la lista destinatari in sottogruppi per rispettare tale vincolo e quindi l'invio di più e-mail con lo stesso contenuto a tutti i sottogruppi.

Le statistiche contenute nella dashboard amministratore includono le informazioni sugli utenti registrati, escludendo le utenze tecniche e le utenze di test sulla base di specifici criteri, es. uno specifico dominio o account impostati da ENEA.

La dashboard amministratore permette di filtrare le schede sulla base della versione del simulatore (v.1, v.2), della località di riferimento della configurazione (regione) e della data di creazione delle schede e/o data di ultima modifica.

Le informazioni (selezionate tramite un menu a tendina) riferite ai dati filtrati sono visualizzate tramite grafici di tipo boxplot, che sono usati per una serie di indici (autoconsumo, autosufficienza) o per il numero di utenze.

Inoltre, sono stati creati alcuni grafici a torta che permettono di visualizzare la ripartizione delle schede in base allo stato di compilazione (da completare, calcolate), la suddivisione degli impianti, la presenza di eventuali gestori tecnici esterni alla configurazione, la ripartizione della tipologia di configurazioni simulate (CER, gruppi di autoconsumo collettivo) e la ripartizione degli utenti registrati per tipologia di attività (se l'informazione è presente su IDP).

Per rispondere alle richieste progettuali e alle nuove esigenze di analisi, sono state sviluppate una serie di funzionalità avanzate che arricchiscono la capacità di rappresentazione grafica delle informazioni e di analisi delle simulazioni. In particolare, le nuove funzionalità

implementate si concentrano sulla creazione di widget interattivi, capaci di fornire una panoramica chiara e dettagliata attraverso l'uso di grafici dinamici e mappe geografiche.

Il codice implementato consente di visualizzare la ripartizione degli impianti di produzione elettrica per tecnologia, con un focus su fotovoltaico, eolico e idroelettrico. Questa funzionalità si presenta sotto forma di un grafico a torta, che mostra i valori assoluti e percentuali di ciascuna tecnologia. Il grafico a torta è stato progettato per essere interattivo e aggiornabile in tempo reale, consentendo di filtrare e analizzare i dati in base alle selezioni dell'utente. Grazie all'integrazione di librerie grafiche e a un'architettura backend ottimizzata, la rappresentazione visiva è fluida e di facile interpretazione.

Per quanto riguarda le statistiche relative alle utenze, sono introdotti due grafici ad albero. Il primo grafico riguarda la categoria dell'utenza, permettendo di visualizzare il numero e la percentuale di utenze associate a ciascuna categoria sul totale delle schede selezionate. Il secondo grafico riguarda la tipologia di utenza, con la possibilità di analizzare la numerosità e la distribuzione percentuale.

La dashboard include inoltre una sezione dedicata alle forme di finanziamento. Il widget sviluppato consente di visualizzare le diverse opzioni di finanziamento disponibili, suddivise per sovvenzioni, detrazioni fiscali, acquisto con capitale proprio e di debito.

Sono inoltre introdotte mappe vettoriali e geografiche interattive, per visualizzare la distribuzione delle utenze e delle configurazioni a livello locale e nazionale, offrendo un supporto grafico essenziale per l'analisi territoriale delle comunità energetiche. Le mappe includono una serie di funzionalità dinamiche, come lo zoom e il filtraggio dei dati visualizzati.

Inoltre, sono state introdotte alcune funzionalità per la flessibilità e personalizzazione dell'interfaccia. In particolare, è possibile prevedere la personalizzazione della dashboard amministratore aggiungendo widget specifici. La dashboard può essere configurata con diverse combinazioni di grafici, mappe e report, permettendo una visualizzazione su misura dei dati.

7.8 Supporto doppia lingua

Il supporto per la doppia lingua implementato include l'italiano (lingua predefinita) e l'inglese. Questa funzionalità consente agli utenti di cambiare facilmente la lingua dell'interfaccia utente. Le etichette e le stringhe testuali dell'interfaccia vengono caricate dinamicamente in base alla lingua selezionata dall'utente, consentendo la corretta visualizzazione dei contenuti tradotti. Il sistema è stato progettato per essere estendibile in futuro a più lingue, qualora fosse necessario supportarne altre.

Oltre al sistema di traduzioni backend, è stato sviluppato un meccanismo per rendere le stringhe di traduzione disponibili anche lato frontend. Questo approccio è utile per aggiornare dinamicamente il contenuto della pagina in base alla lingua selezionata, senza dover ricaricare completamente l'applicazione. È quindi possibile gestire facilmente le traduzioni anche nelle parti dinamiche dell'interfaccia utente, come i messaggi o i tooltip, mantenendo coerenza con il resto dell'applicazione.

7.9 Inserimento località georeferenziata

La georeferenziazione consiste nella possibilità di inserire e visualizzare sulla mappa le coordinate geografiche associate alle località. Questa funzione è attualmente sviluppata nella dashboard amministratore, in cui è stato aggiunto un widget interattivo che mostra punti di interesse (POI) georeferenziati su mappa dell'Italia, basandosi sulla libreria Leaflet e su servizi

di mappatura open-source come OpenStreetMap. Il widget, rappresentato in Figura 7, consente di visualizzare i POI relativi alle comunità energetiche o ai gruppi di autoconsumo collettivo simulati con l'applicativo, offrendo la possibilità di interagire con la mappa attraverso zoom, panning e la visualizzazione di informazioni aggiuntive su ciascun POI.

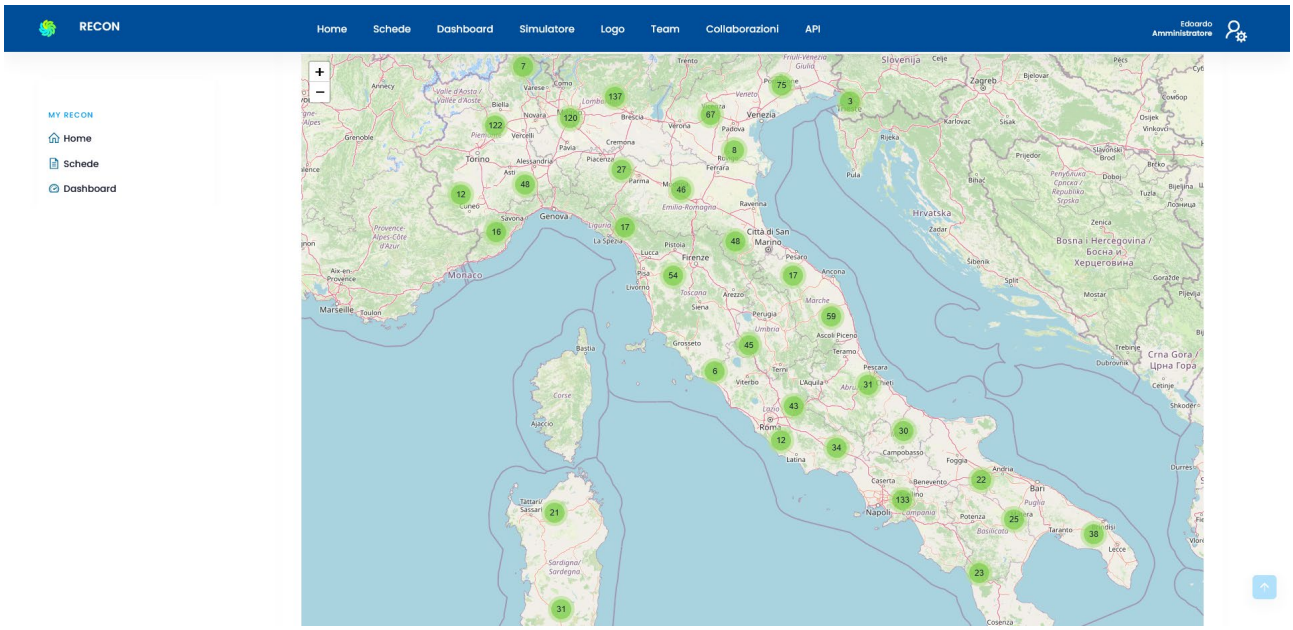

Figura 7. Widget geografico nella dashboard amministratore

L'interazione con la mappa è fluida e ottimizzata per diverse risoluzioni. L'implementazione di questo widget include diverse caratteristiche che ne ottimizzano l'utilizzo:

• gestione dinamica dei POI, che vengono caricati sulla mappa e raggruppati in cluster per migliorare la leggibilità e l'usabilità, è quindi possibile interagire con i cluster per espanderli e visualizzare i dettagli dei singoli POI;

• icone personalizzate, rappresentano i POI e possono essere personalizzate in base al tipo di punto di interesse, rendendo immediatamente riconoscibile la loro natura (es. impianti fotovoltaici, eolici, idroelettrici, ecc.);

• popup informativi: cliccando su un POI, viene visualizzato un popup che fornisce informazioni aggiuntive, come le coordinate geografiche, il nome della località e altre informazioni utili per l'analisi.

Per quanto riguarda l'inserimento delle località georeferenziate in fase di creazione delle schede, è stata implementata una funzionalità che permette agli utenti di selezionare una località a partire da un indirizzo (Figura 8). Durante la compilazione della scheda, l'utente può inserire un indirizzo specifico e ottenere suggerimenti dinamici, completati automaticamente, utilizzando una delle due modalità configurabili:

1. Nominatim (OpenStreetMap): un servizio di geo-codifica open-source che offre suggerimenti dinamici basati sugli indirizzi inseriti. Questa soluzione è gratuita e offre una buona copertura geografica, ideale per applicazioni che richiedono una soluzione priva di costi di licenza.

2. Google Maps API: come alternativa, è possibile configurare l'applicativo per utilizzare l'API di Google Maps. Questa soluzione offre maggiore precisione e copertura, oltre a suggerimenti più

sofisticati e dettagliati, ma richiede l'utilizzo di una chiave API e può comportare costi aggiuntivi in base all'uso.

La selezione tra Nominatim e Google Maps può essere configurata a livello di sistema, permettendo all'amministratore di scegliere la modalità più adatta alle esigenze del progetto.

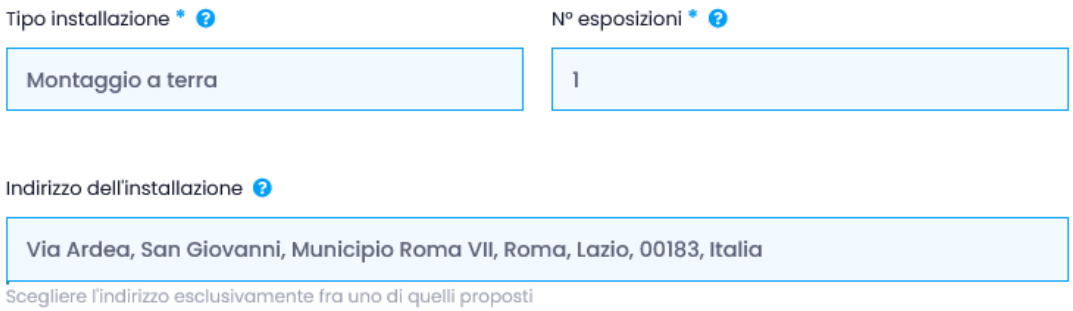

Figura 8. Inserimento georeferenziato nella creazione delle schede

7.10 Modulo per import dati da file in formato EXCEL

È stato implementato un modulo dedicato all'importazione da file in formato CSV o XLS, con l'obiettivo di consentire agli utenti di caricare alcune tipologie di dati, es. l'energia prelevata dalla rete e la portata oraria/giornaliera per il calcolo della resa di impianti idroelettrici. Questo modulo offre funzionalità avanzate, quali la gestione di diverse tipologie di dati, la validazione degli stessi e un sistema per garantire la sicurezza dei file caricati.

Il caricamento avviene tramite un'interfaccia intuitiva che consente di selezionare il file da caricare con l'uso di un campo di input di tipo "file". Una volta caricato, il file non viene salvato direttamente sul server ma i dati in esso contenuti vengono processati, validati e memorizzati nel database dell'applicativo. Tuttavia, gli utenti hanno la possibilità di rigenerare e scaricare il file XLS in qualsiasi momento.

Una volta caricato il file, il modulo esegue una serie di controlli per garantire che i dati siano conformi ai requisiti richiesti. La validazione viene eseguita sia a livello di formato del file che di contenuto dei dati. Se durante il processo di validazione viene rilevato un errore, il sistema notifica l'utente, evidenziando il primo errore trovato e suggerendo correzioni. Solo se la validazione ha esito positivo, i dati vengono accettati e memorizzati nel database. In qualsiasi momento, l'utente può caricare un nuovo file, che sovrascriverà i dati precedenti.

Per il caricamento dei file che contengono i dati di portata per impianti idroelettrici, i singoli dati vengono memorizzati direttamente nel database, ma non vengono visualizzati nell'interfaccia grafica. Tuttavia, l'utente ha sempre la possibilità di scaricare il file XLS con i dati importati. Invece, nel caso di file XLS relativi, ad esempio, ai prelievi di energia dalla rete, una volta caricato il file, i dati vengono automaticamente visualizzati nella GUI e i relativi grafici vengono aggiornati per riflettere i nuovi dati (Figura 9). Questo processo automatizzato semplifica notevolmente l'analisi e la gestione delle informazioni da parte dell'utente.

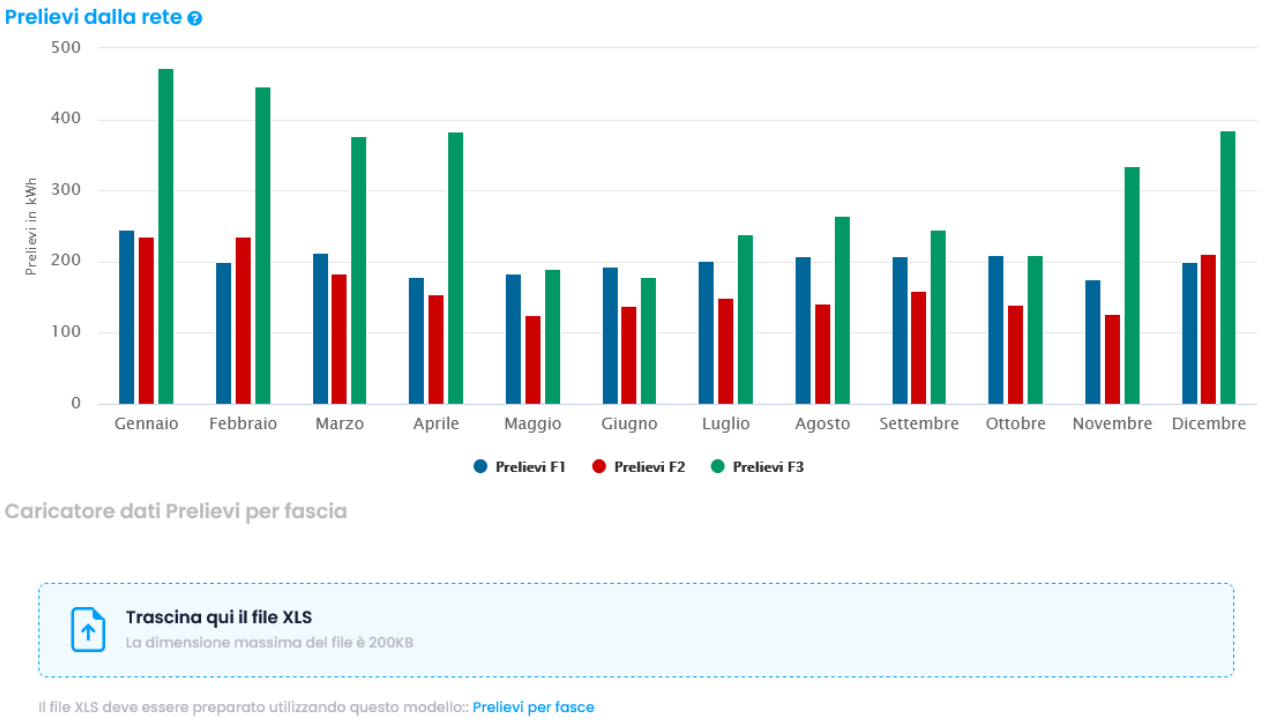

Figura 9. Widget per il caricamento del file sui prelievi di energia elettrica dalla rete

7.11 Implementazione di un set di API per la simulazione M2M delle schede

Si è implementato un primo set di API REST progettate per consentire il calcolo M2M (Machine to Machine) delle simulazioni. Queste API possono essere utilizzate da sistemi esterni per effettuare simulazioni basate su schede già compilate dall'utente tramite GUI di RECON. Le simulazioni eseguite tramite API non influiscono sulle logiche di attivazione/disattivazione dei campi nella GUI, ma si limitano a manipolare solo quei dati che possono essere modificati direttamente dall'utente tramite l'interfaccia web.

Le API sono pensate per fornire un'interfaccia semplificata per l'integrazione con altre applicazioni, consentendo di inviare input definiti, eseguire simulazioni e ottenere i risultati in modo rapido ed efficiente. Il risultato della chiamata viene restituito in formato JSON e la scheda viene automaticamente aggiunta all'elenco delle schede compilate dall'utente.

Le API sono protette da un sistema di autenticazione basato su token e sono soggette a rigorosi controlli di validazione sugli input per garantire la sicurezza e la correttezza delle operazioni. Inoltre, ogni richiesta alle API e ogni simulazione effettuata vengono tracciate per garantire la trasparenza, oltre alla possibilità di audit e di impostare un numero massimo di chiamate che lo stesso utente può eseguire tramite API in un determinato periodo temporale.

7.12 Inclusione dei sistemi di accumulo elettrico

Questa attività ha esteso le funzionalità di simulazione dell'applicativo, consentendo analisi sull'utilizzo dei sistemi di accumulo in ottica di valutazione energetica ed economica delle comunità energetiche rinnovabili.

È stata introdotta la possibilità di configurare i sistemi in modalità monodirezionale e bidirezionale. I campi aggiunti nel modulo di configurazione includono: capacità di accumulo e costo unitario di investimento dei sistemi di accumulo. Per la modalità di inserimento dati dettagliata (vedi paragrafo 7.13) sono attivate le seguenti opzioni: tecnologia degli accumuli

(piombo-acido, ioni di litio, nichel-metallo idruro), limiti di potenza, profondità di scarica, efficienza media del ciclo e tasso di autoscarica, che vengono gestiti attraverso controlli specifici nell'interfaccia utente.

7.13 Scelta della tipologia di inserimento dati: semplice e dettagliata

Questa funzionalità interattiva arricchisce l'esperienza utente. Il codice implementato prevede che, alla creazione di una nuova scheda, si attivi un popup che presenta un *modal dialog*. Quest'ultimo chiede all'utente di specificare la modalità con cui desidera inizializzare la scheda, offrendo un'interfaccia diretta che lo guida nelle fasi iniziali del setup della simulazione, Figura 10.

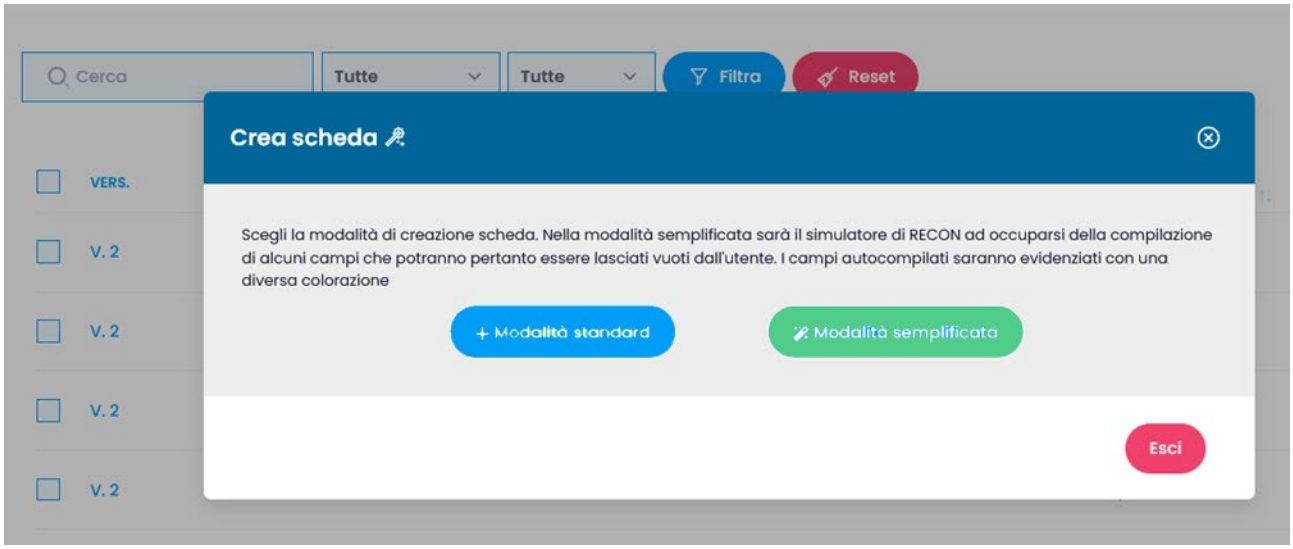

Figura 10. Popup per la scelta della modalità di creazione della scheda, semplificata o dettagliata

Per quanto riguarda la gestione dei campi all'interno delle due modalità - "Full" e "Easy" - è stata introdotta una distinzione visiva e funzionale. I campi configurati nella modalità “Easy” assumono una colorazione verde, distinguendosi dagli altri campi per sottolineare la loro particolare configurabilità, Figura 11. Inoltre, per tali campi l’utente può decidere se compilarli o meno. In questa modalità, il meccanismo semplifica e riduce il tempo per impostare una simulazione, rendendo l’applicativo più accessibile per utenti non esperti che necessitano di effettuare valutazioni preliminari potendo affidarsi a dati e librerie contenute in RECON.

Inoltre, per assistere ulteriormente l'utente, è stato implementato un *tooltip* speciale, per ricordare all'utente la particolare condizione del campo, informando che il campo può essere omesso senza compromettere la validità della simulazione.

Contrariamente, la versione "Full" consente il completo controllo di tutti gli input, ed è consigliata per gli utenti esperti o per coloro che dispongono dei dati di dettaglio (ad esempio, costi unitari dell’impianto attraverso preventivi già disponibili).

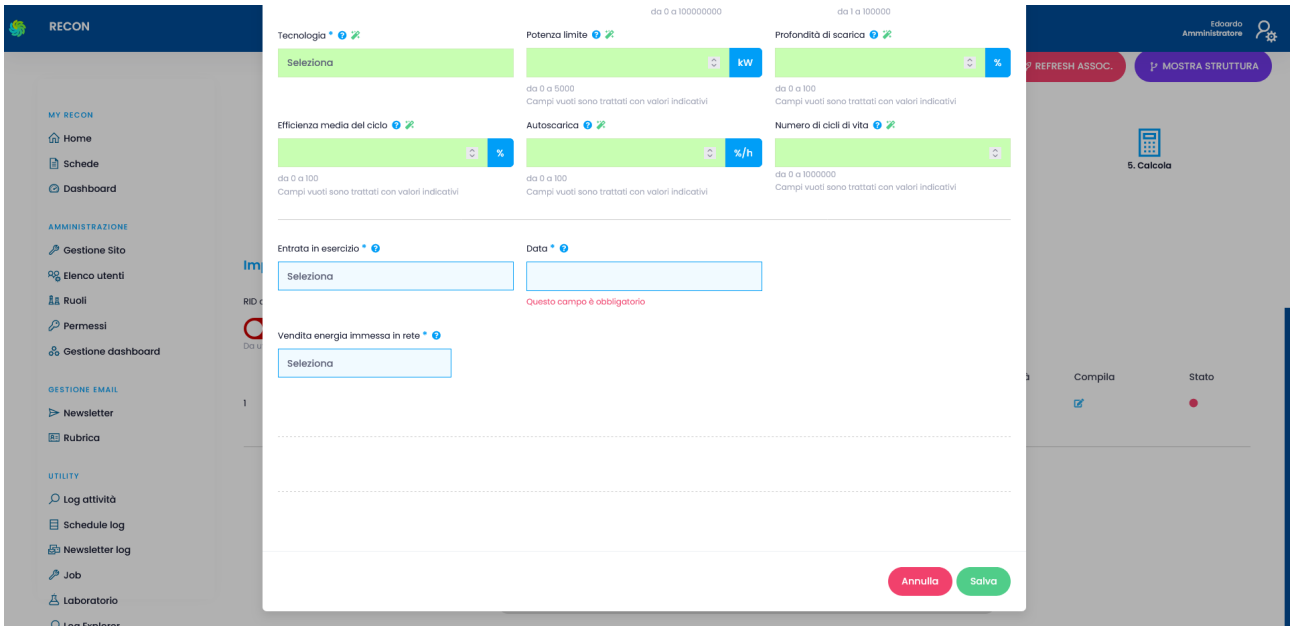

Figura 11. Form che contiene campi preimpostati con la modalità semplificata

7.14 Irrobustimento resilienza cyber-sicurezza

Lo sviluppo di RECON è stato condotto seguendo le più diffuse best practice per il miglioramento della sicurezza informatica dell'applicativo e per assicurare la conformità con le migliori pratiche di sviluppo sicuro, mantenendo un ambiente robusto e affidabile per la gestione dei dati.

Sono stati implementati avanzamenti significativi per migliorare la sicurezza delle interazioni tra il client e il backend. Questi includono robusti meccanismi di filtraggio Antispam e metodi di validazione e pulizia delle informazioni per prevenire l'inserimento di script malevoli o codice dannoso. Inoltre, la sanificazione degli input durante la compilazione delle schede è stata potenziata per incrementare la sicurezza delle interfacce utente, mitigando il rischio di potenziali exploit.

Ulteriori misure implementate riguardano la creazione di un middleware per il rafforzamento della sicurezza, log e monitoraggio e validazione degli input e dei file.

Audit di sicurezza periodici e aggiornamenti costanti delle politiche di sicurezza assicurano che RECON mantenga un alto livello di protezione contro le emergenti minacce informatiche.

Queste implementazioni di sicurezza sono orientate alla protezione avanzata dell'applicativo, rispettando le normative di sicurezza e le best practices del settore per assicurare che il sistema rimanga sicuro, affidabile e resiliente di fronte a vari tipi di minacce informatiche.

7.15 Manutenzione evolutiva e test

È stata effettuata la manutenzione evolutiva della piattaforma informatica, sia lato frontend sia lato backend, sulla base delle indicazioni ricevute da ENEA. In particolare, sono state incluse revisioni specifiche necessarie per perfezionare l'applicativo. Parallelamente, l'integrità e l'efficacia delle modifiche implementate sono state validate attraverso rigorosi test, garantendo il corretto funzionamento e l'integrazione con il sistema già in produzione oltre alla retrocompatibilità delle schede create.

La manutenzione evolutiva si è concentrata sul miglioramento continuo dell'applicativo, includendo l'aggiornamento di funzionalità esistenti e l'aggiunta di nuove capacità in risposta alle evoluzioni normative e del miglioramento della *user experience*. Questo processo ha consentito un aggiornamento continuo di RECON e un perfezionamento dell'architettura informatica nel corso della durata del contratto.

Per assicurare l'affidabilità e l'integrazione ottimale dell'architettura informatica, sono stati implementati una serie di test mirati. Questi test hanno lo scopo di confermare il corretto funzionamento delle componenti del sistema e la loro integrazione con l'ambiente di produzione.

Sono stati eseguiti *unit test* per verificare l'integrità e la correttezza di ciascun componente isolato del sistema. Questo approccio ha permesso di individuare e correggere precocemente eventuali difetti nel codice, ottimizzando le funzionalità specifiche di ogni modulo senza interferenze esterne.

Per *l'integration testing*, è stato adottato un approccio top-down che ha consentito di testare l'integrazione tra i vari livelli dell'applicazione, partendo dai controller fino alle view e ai modelli, assicurando che i componenti interagissero correttamente tra loro secondo le logiche definite.

Inoltre, è stato condotto il *performance testing* suddividendolo in *stress testing*, per valutare la resilienza del sistema sotto carichi di lavoro estremi, simulando condizioni di picco per identificare e risolvere i colli di bottiglia, e *volume testing*, per assicurare che l'applicazione gestisca efficacemente grandi volumi di dati. È stata testata la scalabilità del sistema incrementando progressivamente il numero di richieste e transazioni, monitorando le prestazioni del database e delle query.

Sono stati inoltre effettuati scenari di testing funzionale. Per la generazione del report PDF disponibile nella sezione degli Output è stato verificato che i dati I/O siano correttamente riportati, controllando la correttezza del layout, la completezza dei dati e l'assenza di errori di rendering. I test hanno verificato che i file PDF generati non contengano metadati sensibili o informazioni che possano essere sfruttate in attacchi di sicurezza. Infine, i test di regressione hanno incluso la verifica delle funzionalità preesistenti: dopo ogni aggiornamento o modifica al sistema, sono stati eseguiti test di regressione per assicurare che le nuove modifiche non abbiano introdotto problemi nelle funzionalità esistenti.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non applicabile.

9 Pubblicazioni scientifiche

Non applicabile.

10 Eventi di disseminazione

Non applicabile.