

PDC_RISC

Pompa Di Calore per RISCaldamento ambienti

- Manuale Utente -

Indice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Cos'è PDC_RISC? | 2 |
| 2 | I dati di input | 7 |
| 2.1 | Sezione "Requisiti Preliminari" | 7 |
| 2.2 | Sezione "Casa" | 16 |
| 2.3 | Sezione "Caldaia" | 21 |
| 2.4 | Sezione "Radiatori" | 28 |
| 2.5 | Sezione "Bollette" | 33 |
| 3 | L'algoritmo di calcolo | 41 |
| 4 | I risultati forniti da PDC_RISC | 57 |
| 5 | L'interfaccia utente di PDC_RISC e cinque casi studio. | 61 |
| 5.1 | Caso Studio 1: gas naturale, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale | 63 |
| 5.2 | Caso Studio 2: gas naturale, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza bimestrale e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale | 74 |
| 5.3 | Caso Studio 3: combustibile GPL, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale | 85 |
| 5.4 | Caso Studio 4: combustibile legna, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale | 95 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.5 | Caso Studio 5: gas naturale, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e sostituzione della caldaia tradizionale non possibile | 105 |
| 6 | Ringraziamenti | 115 |

Elenco delle figure

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Home page del web tool PDC_RISC. | 8 |
| 2.2 | Pagina web che informa l'utente della necessità di verificare i "Requisiti Preliminari" richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 8 |
| 2.3 | Pagina web dedicata alla verifica dei sei "Requisiti Preliminari" richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 9 |
| 2.4 | Menù a discesa per la selezione della tipologia di sistema di riscaldamento. | 10 |
| 2.5 | Pagina web in cui si riportano le motivazioni per le quali non è possibile utilizzare il web tool PDC_RISC. | 10 |
| 2.6 | Menù a discesa per la selezione della tipologia di intervento di efficientamento energetico precedentemente eseguito sull'immobile oggetto dell'analisi. | 12 |
| 2.7 | Alert grafico che indica all'utente la mancata selezione di almeno un intervento di riqualificazione energetica. | 12 |
| 2.8 | Alert grafico che indica all'utente la possibilità di cliccare sul pulsante "Prosegui". | 13 |
| 2.9 | Alert grafico che indica all'utente la possibilità di cliccare sul pulsante "Prosegui" nonostante una delle risposte non sia affermativa. | 14 |
| 2.10 | Alert grafico che indica all'utente l'impossibilità di cliccare sul pulsante "Prosegui". | 15 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.11 | Pagina web utilizzata per la raccolta dei dati relativi all'unità abitativa e denominata "Casa". | 15 |
| 2.12 | Esempio di auto-compilazione del campo "Comune" mediante l'inserimento del CAP. | 16 |
| 2.13 | Esempio di auto-compilazione del campo "Anno di costruzione" dell'immobile. | 17 |
| 2.14 | Menù a discesa per la selezione della tipologia di abitazione. | 18 |
| 2.15 | Menù a discesa per la selezione della tipologia di serramenti. | 18 |
| 2.16 | Messaggi di errore e alert grafici relativi alle sezioni "Mettratura" e "Altezza interna stanze". | 20 |
| 2.17 | Messaggi di errore relativi ai campi non compilati nella sezione "Casa". | 20 |
| 2.18 | Pagina web utilizzata per la raccolta dei dati relativi alla caldaia tradizionale e al sistema di gestione del riscaldamento interno all'unità abitativa in analisi. Sezione "Caldaia" del web tool PDC_RISC. | 21 |
| 2.19 | Esempio di auto-compilazione del campo "Anno di installazione della caldaia". | 22 |
| 2.20 | Esempio di errata compilazione del campo "Anno di installazione della caldaia". L'anno inserito risulta antecedente l'anno di costruzione dell'abitazione. | 23 |
| 2.21 | Menù di selezione della tipologia di regolazione della temperatura interna all'abitazione. | 23 |
| 2.22 | Menù di selezione del combustibile impiegato nella caldaia tradizionale. | 24 |
| 2.23 | Menù di selezione dell'efficienza della caldaia tradizionale. | 25 |
| 2.24 | Menù di selezione della metodologia di gestione dell'impianto di riscaldamento. | 26 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.25 | Menù per l’inserimento delle fasce orarie in cui il sistema di riscaldamento risulta attivo. Il menù risulta disponibile solo se l’utente seleziona come modalità operativa la voce “In alcune fasce orarie”. | 26 |
| 2.26 | Esempio di mancata compilazione di alcuni campi della sezione “Caldaia”. I box riquadrati di rosso (alert grafico) rappresentano le informazioni mancanti e necessarie per proseguire nella comparazione. | 27 |
| 2.27 | Pagina web della sezione “Radiatori”. | 28 |
| 2.28 | Pagina web della sezione “Radiatori” una volta aggiunto un modulo “Radiatore”. | 29 |
| 2.29 | Menù a discesa per la selezione del materiale costituente il “Radiatore”. | 29 |
| 2.30 | Messaggi di errore connessi all’errato inserimento sia della quantità dei radiatori che del numero di elementi di ciascuna unità. | 30 |
| 2.31 | Messaggi di errore connessi all’errato inserimento sia della larghezza che dell’altezza del/dei radiatori. | 31 |
| 2.32 | Esempio di corretta compilazione della sezione “Radiatori” che consente l’attivazione del pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web. | 32 |
| 2.33 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi di GPL in litri con intervallo temporale “mensile”. | 33 |
| 2.34 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi di gasolio in litri con intervallo temporale “mensile”. | 34 |
| 2.35 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi “mensili” di legna. | 35 |
| 2.36 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi “mensili” di pellet. | 35 |

| | | |
|------|--|----|
| 2.37 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla scelta della modalità di fatturazione nel caso in cui i consumi si riferiscano al combustibile gas naturale. | 36 |
| 2.38 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base “mensile”. | 37 |
| 2.39 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base mensile con modulo di auto-compilazione dell’anno di inizio fatturazione. | 37 |
| 2.40 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base mensile con modulo di verifica dell’anno di inizio fatturazione. | 38 |
| 2.41 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base “bimestrale”. | 39 |
| 2.42 | Pagina web della sezione “Bollette” che mostra il blocco nell’avanzamento. | 39 |
| 2.43 | Pagina web della sezione “Bollette” che mostra il pulsante “Calcola” attivo e cliccabile dall’utente. | 40 |
| 3.1 | Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Zone Climatiche”. | 42 |
| 3.2 | Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Climatico”. | 43 |
| 3.3 | Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Pompe di Calore”. | 44 |
| 3.4 | Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Efficienze”. | 45 |
| 3.5 | Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Irradianza”. | 46 |
| 3.6 | Primo step dell’algoritmo di calcolo: valutazione positiva/negativa dei “Requisiti Preliminari”. | 47 |
| 3.7 | Estrapolazione delle informazioni climatiche relative alla zona in cui è situato l’immobile in analisi. | 48 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.8 | Schema di calcolo dell'efficienza energetica del sistema di riscaldamento attualmente installato nell'immobile in analisi. | 49 |
| 3.9 | Schema adottato dall'algoritmo per verificare il numero di ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento e per calcolare la "Firma Energetica" dell'immobile. | 51 |
| 3.10 | Schema adottato dall'algoritmo interno di PDC_RISC per calcolare la "Firma Energetica" dell'immobile. | 52 |
| 3.11 | Schema adottato dall'algoritmo interno di PDC_RISC per determinare la taglia della pompa di calore. | 53 |
| 3.12 | Schema adottato dall'algoritmo per determinare gli output dell'analisi. | 55 |
| 5.1 | Home page del web tool PDC_RISC. | 62 |
| 5.2 | Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC. | 64 |
| 5.3 | Pagina web dedicata alla verifica dei sei "Requisiti Preliminari" richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 64 |
| 5.4 | Pagina web dedicata alla verifica dei "Requisiti preliminari" - Caso di totale asseverazione. | 65 |
| 5.5 | Pagina web della sezione "Casa" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 66 |
| 5.6 | Pagina web della sezione "Caldaia" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 67 |
| 5.7 | Pagina web della sezione "Radiator" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 68 |
| 5.8 | Pagina web della sezione "Bollette" dedicata alla selezione della cadenza con la quale vengono fatturati i consumi di combustibile. | 69 |
| 5.9 | Pagina web della sezione "Bollette" dedicata alla raccolta dei consumi su base mensile per il caso in esame. | 70 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.10 | Pagina web della sezione “Risultati” per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile. | 71 |
| 5.11 | Pagina web della sezione “Risultati” per un generico caso in cui non sia possibile effettuare la sostituzione della caldaia tradizionale con la pompa di calore. | 72 |
| 5.12 | Report scaricabile ed archiviabile dall’utente a valle della comparazione. | 73 |
| 5.13 | Home page del web tool PDC_RISC. | 75 |
| 5.14 | Pagina web che avvisa l’utente della necessità di verificare la sussistenza per l’immobile in analisi dei sei “Requisiti preliminari” necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC. | 75 |
| 5.15 | Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 76 |
| 5.16 | Pagina web dedicata alla verifica dei “Requisiti preliminari” - Caso di totale asseverazione. | 77 |
| 5.17 | Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 78 |
| 5.18 | Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 79 |
| 5.19 | Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 80 |
| 5.20 | Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla selezione della cadenza con la quale vengono fatturati i consumi di combustibile. | 81 |
| 5.21 | Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 82 |
| 5.22 | Pagina web della sezione “Risultati” per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile. | 83 |
| 5.23 | Report scaricabile ed archiviabile dall’utente a valle della comparazione. | 84 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.24 | Home page del web tool PDC_RISC. | 86 |
| 5.25 | Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC. | 86 |
| 5.26 | Pagina web dedicata alla verifica dei sei "Requisiti Preliminari" richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 87 |
| 5.27 | Pagina web dedicata alla verifica dei "Requisiti preliminari" - Caso di totale asseverazione. | 88 |
| 5.28 | Pagina web della sezione "Casa" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 89 |
| 5.29 | Pagina web della sezione "Caldaia" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 90 |
| 5.30 | Pagina web della sezione "Radiator" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 91 |
| 5.31 | Pagina web della sezione "Bollette" con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 92 |
| 5.32 | Pagina web della sezione "Risultati" per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile. | 93 |
| 5.33 | Report scaricabile ed archiviabile dall'utente a valle della comparazione. | 94 |
| 5.34 | Home page del web tool PDC_RISC. | 96 |
| 5.35 | Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC. | 96 |
| 5.36 | Pagina web dedicata alla verifica dei sei "Requisiti Preliminari" richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 97 |
| 5.37 | Pagina web dedicata alla verifica dei "Requisiti preliminari" - Caso di totale asseverazione. | 98 |

| | | |
|------|--|-----|
| 5.38 | Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 99 |
| 5.39 | Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 100 |
| 5.40 | Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 101 |
| 5.41 | Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 102 |
| 5.42 | Pagina web della sezione “Risultati” per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile. . | 103 |
| 5.43 | Report scaricabile ed archiviabile dall’utente a valle della comparazione. | 104 |
| 5.44 | Home page del web tool PDC_RISC. | 106 |
| 5.45 | Pagina web che avvisa l’utente della necessità di verificare la sussistenza per l’immobile in analisi dei sei “Requisiti preliminari” necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC. . | 106 |
| 5.46 | Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato. | 107 |
| 5.47 | Pagina web dedicata alla verifica dei “Requisiti preliminari” - Caso di totale asseverazione. | 108 |
| 5.48 | Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 109 |
| 5.49 | Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 110 |
| 5.50 | Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 111 |
| 5.51 | Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio. | 112 |

| | | |
|------|--|-----|
| 5.52 | Pagina web della sezione “Risultati” per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale non risulta possibile. | 113 |
| 5.53 | Report scaricabile ed archiviabile dall’utente a valle della comparazione. | 114 |

Il team di lavoro

Dipartimento di Ingegneria Industriale - Università degli Studi di Padova

- Prof.ssa Ing. Giovanna Cavazzini
- Prof. Ing. Alberto Benato
- Ing. Simone Peccolo
- Ing. Edoardo Sech
- Dott. Lorenzo Gasperin

ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo sostenibile

- Ing. Nicolandrea Calabrese
- Ing. Domenico Iatauro
- Ing. Carmen Lavinia

NablaWave Srl - Advanced Engineering

- Ing. Andrea Dal Monte, Ph.D.
- Dimitrios Stoupis, Ph.D.
- Ing. Valerio Giacomini

Capitolo 1

Cos'è PDC_RISC?

PDC_RISC, acronimo di “Pompa di Calore per Riscaldamento Ambienti”, è il web tool sviluppato nell’ambito della collaborazione tra l’Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo sostenibile (ENEA) e il gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII) dell’Università degli Studi di Padova nell’ambito del “Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale - Accordo di Programma Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA”.

Grazie alla sua semplicità e intuitività, PDC_RISC è uno strumento user-friendly in grado di fornire una valutazione preliminare della fattibilità di sostituzione della caldaia domestica tradizionale, accoppiata ad un sistema di riscaldamento con corpi radianti, con un generatore di calore basato sulla tecnologia a pompa di calore senza modificare né il circuito idraulico di veicolazione del calore stesso, né i corpi scaldanti, in un’unità abitativa sottoposta a precedenti interventi di riqualificazione. In particolare, PDC_RISC permette all’utente, in totale autonomia, di valutare la sostituzione del sistema di generazione del calore a partire da una serie di dati facilmente reperibili dall’utente stesso senza la necessità di contattare, nel corso della fase preliminare, un tecnico specializzato. Le informazioni richieste per la valutazione preliminare sono: località di ubicazione dell’immobile e da-

ti catastali dello stesso, bollette e/o fatture per l'acquisto del combustibile utilizzato per il riscaldamento, dati di targa sia della caldaia tradizionale, sia dei corpi scaldanti (radiatori).

Al fine di fornire all'utente le indicazioni relative alla possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale con un sistema a pompa di calore, in PDC_RISC sono implementati cinque database denominati come di seguito riportato:

- “Zone Climatiche”
- “Climatico”
- “Pompe di Calore”
- “Efficienze”
- “Irradianza”

I database consentono di ricavare informazioni relative ai dati climatici e ambientali delle varie municipalità italiane, nonché informazioni relative alle prestazioni delle pompe di calore, delle caldaie, dei terminali di veicolazione del calore e dei sistemi di distribuzione del fluido termovettore. L'unione dei database integrati in PDC_RISC con i dati forniti dall'utente consente di valutare la fattibilità della sostituzione e di ottenere una stima della taglia della pompa di calore da installare in sostituzione della caldaia tradizionale per soddisfare il fabbisogno termico dell'unità abitativa in esame.

Oltre alla valutazione della fattibilità di sostituzione della caldaia con la pompa di calore, PDC_RISC fornisce una stima dei risparmi economici e di emissioni equivalenti di anidride carbonica che si potrebbero ottenere con la tecnologia a pompa di calore. Inoltre, PDC_RISC calcola anche la potenza e la superficie dell'impianto fotovoltaico che, se installato dall'utente nel particolare caso analizzato e abbinato alla pompa di calore della taglia calcolata da PDC_RISC, potrebbe garantire il soddisfacimento del

fabbisogno elettrico della pompa di calore stessa durante il solo periodo di riscaldamento. Questa soluzione consente il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'unità abitativa analizzata, una riduzione delle emissioni di gas climalteranti e un effettivo risparmio economico e di energia primaria. Ovviamente, qualora la sostituzione della caldaia con la pompa di calore non risulti fattibile, una lista di possibili interventi per il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'unità abitativa considerata viene suggerita da PDC_RISC. A titolo esemplificativo, PDC_RISC può suggerire interventi quali l'installazione di una coibentazione del tetto o del soffitto, la sostituzione degli infissi, ecc. Tali interventi, se attuati dall'utente, potrebbero contribuire alla riduzione delle dispersioni di energia verso l'ambiente esterno, ottenendo così una riduzione della richiesta energetica necessaria per garantire il comfort all'interno dell'unità abitativa. Tale riduzione dei fabbisogni energetici potrebbe consentire la sostituzione del tradizionale sistema di riscaldamento con la pompa di calore.

È fondamentale ricordare che il web tool PDC_RISC fornisce stime qualitative e suggerimenti non esaustivi per il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'immobile analizzato. Infatti, l'utente interessato ad esplorare l'effettiva fattibilità tecnica e i relativi investimenti economici da porre in essere per effettuare la sostituzione dovrà rivolgersi ad un tecnico specializzato che procederà a tutte le valutazioni tecnico-economiche non implementabili in un web tool semplice, versatile e utilizzabile anche da un utente non esperto del settore.

Si ricordi inoltre che il web tool PDC_RISC, per essere utilizzato, deve applicarsi ad un immobile dotato dei seguenti sei "Requisiti preliminari":

- sistema di riscaldamento autonomo con caldaia accoppiata a radiatori;
- caldaia di tipo tradizionale ovvero non a condensazione;
- sistema di riscaldamento capace di garantire il comfort termico dell'utente;

- unità abitativa riqualificata dal punto di vista energetico (per esempio, con interventi quali l'installazione del cappotto termico oppure la sostituzione degli infissi, ecc.) da almeno un anno (12 mesi);
- unità abitativa occupata con continuità da almeno un anno (12 mesi) dopo gli interventi di riqualificazione energetica;
- disponibilità delle bollette e/o fatture relative l'acquisto del combustibile utilizzato nella caldaia tradizionale per un periodo di almeno 12 mesi dopo l'intervento di riqualificazione energetica.

Qualora uno dei “Requisiti preliminari” sopraccitati non sia disponibile per l'immobile oggetto dell'analisi, l'interfaccia utente del web tool PDC_RISC non consente di proseguire nella valutazione e rimanda a una pagina web che elenca le caratteristiche che l'immobile deve possedere per poter essere oggetto della comparazione utilizzando il web tool PDC_RISC.

Si consiglia, prima di utilizzare il web tool PDC_RISC, di consultare il presente “manuale utente” e di reperire (i) i dati catastali dell'immobile in oggetto; (ii) le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile utilizzato nella caldaia per un periodo di almeno 12 mesi successivi all'intervento di efficientamento energetico; (iii) una cordella metrica per la misurazione dei radiatori.

Si noti infine che il web tool PDC_RISC è stato sviluppato con un'interfaccia grafica completamente navigabile quindi l'utente, da qualsiasi pagina web, può navigare all'interno delle sezioni compilate e modificare i valori inseriti o le scelte operate. La modifica dei dati di input è possibile anche a valle dell'esecuzione della comparazione. La completa navigabilità delle sezioni garantisce un'esperienza flessibile soprattutto a un utente non esperto di applicativi web.

Nei Capitoli 2, 3 e 4 vengono dettagliatamente presentati i dati richiesti all'utente e come questi devono essere inseriti nel web tool PDC_RISC, i database integrati in PDC_RISC, la struttura del codice di calcolo che consente la comparazione e i risultati forniti da PDC_RISC all'utente. Nel

Capitolo 5, invece, mediante l'utilizzo di quattro casi studio reali e figure esemplificative, l'utente del web tool PDC_RISC può sia comprendere come utilizzare al meglio PDC_RISC, sia approfondire il metodo di calcolo sviluppato. Infine, nel Capitolo 6 vengono riportati i riferimenti principali al progetto che ha consentito di sviluppare il web tool PDC_RISC.

Capitolo 2

I dati di input

Per il corretto utilizzo del web tool PDC_RISC, l'utente è tenuto ad inserire, mediante l'apposita interfaccia grafica che si compone di quattro sezioni ("Casa", "Caldaia", "Radiatori", "Bollette") divise in quattro pagine web, una serie di informazioni relative sia all'unità abitativa in esame, sia ai consumi del combustibile utilizzato per alimentare la caldaia tradizionale ovvero non a condensazione.

Come presentato nel Capitolo 1, prima dell'inserimento dei dati relativi all'abitazione in analisi, l'utente deve rispondere ad una serie di quesiti che permettono di verificare la sussistenza dei sei "Requisiti preliminari" per l'unità abitativa che si intende analizzare (sezione "Requisiti Preliminari"). Di seguito si descrivono le sopraccitate sezioni che compongono il web tool PDC_RISC. Al fine di rendere il web tool PDC_RISC intuitivo e facilmente utilizzabile, ogni sezione viene implementata in un'apposita pagina web.

2.1 Sezione "Requisiti Preliminari"

L'utente, una volta raggiunta tramite browser web la "Home page" del web tool PDC_RISC (Figura 2.1) e avviata la comparazione mediante il tasto "Inizia la comparazione", viene informato della necessità di verificare che l'immobile da analizzare soddisfi i requisiti richiesti da PDC_RISC

(Figura 2.2) per essere utilizzato. Cliccando quindi sul tasto “Prosegui”, l’utente viene inviato alla pagina web dedicata alla verifica dei requisiti e denominata “Requisiti Preliminari” (Figura 2.3).



Figura 2.1: Home page del web tool PDC_RISC.

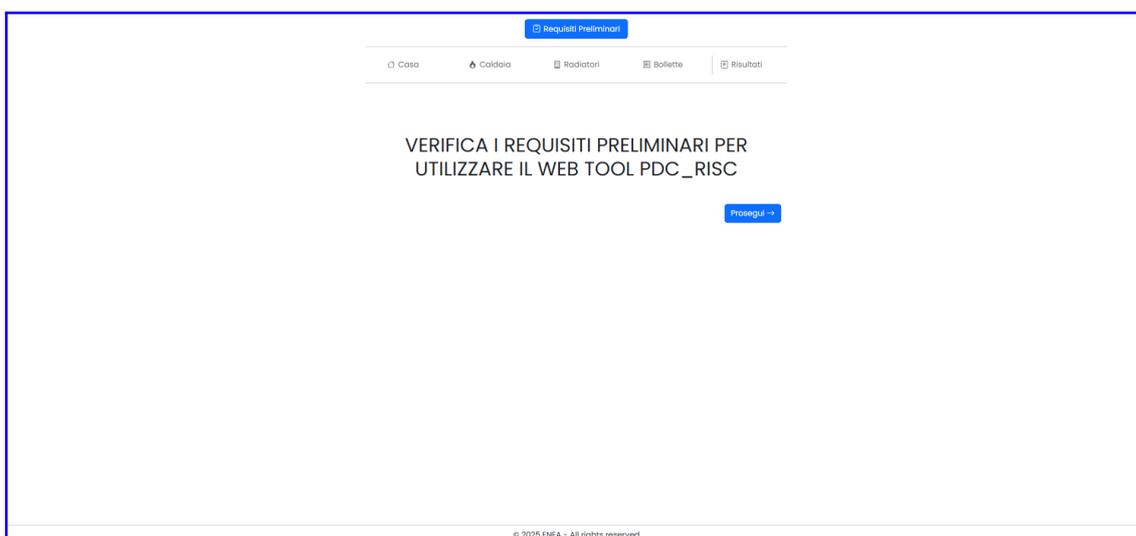


Figura 2.2: Pagina web che informa l’utente della necessità di verificare i “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

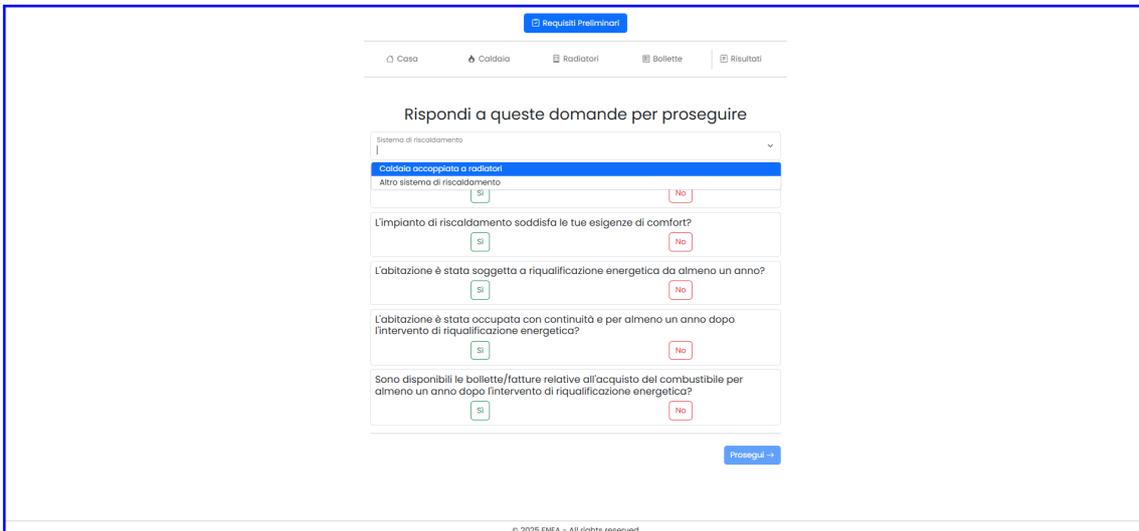
Figura 2.3: Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

Come indicato in precedenza, per poter utilizzare il web tool PDC_RISC è necessario che l’immobile per il quale si intende effettuare l’analisi rispetti tutti e sei i “Requisiti preliminari”. Di seguito si riportano i quesiti a cui deve rispondere l’utente prima di iniziare l’analisi comparativa vera e propria per verificare la sussistenza dei sei “Requisiti preliminari”.

1. Il primo quesito riguarda la tipologia di sistema di riscaldamento installato nell’unità abitativa per la quale si intende eseguire l’analisi. L’utente deve specificare se il sistema di riscaldamento è costituito da una “caldaia accoppiata a radiatori” oppure se si tratta di un “altro sistema di riscaldamento”. Come si evince da Figura 2.4, l’utente può selezionare una delle due alternative direttamente da un menù a discesa.

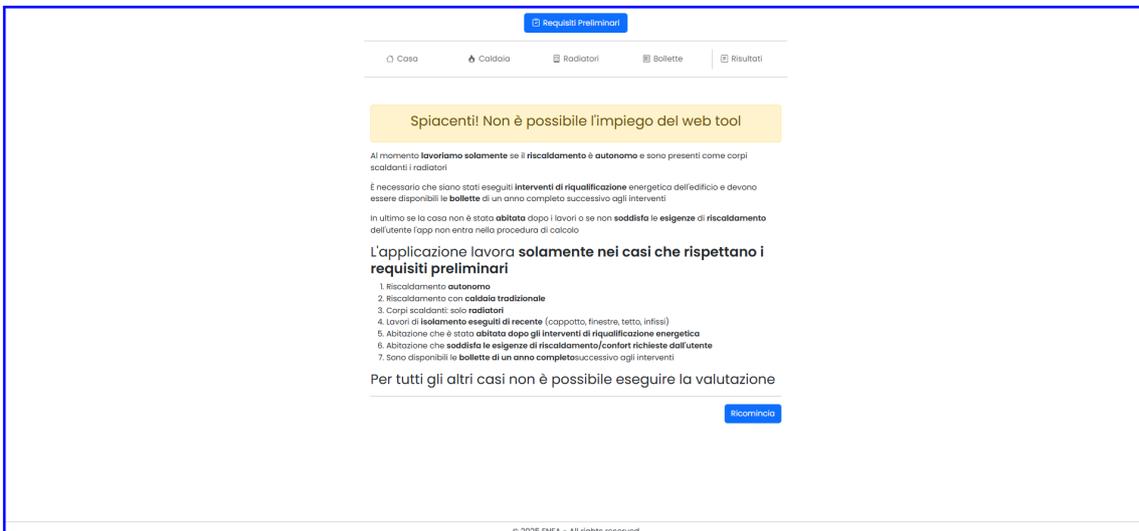
Si noti che il web tool PDC_RISC è stato sviluppato solo ed esclusivamente per operare in presenza di sistemi di riscaldamento costituiti da “caldaia accoppiata a radiatori”. In tutti gli altri casi, PDC_RISC non può essere impiegato e, una volta completata la schermata dei “Requisiti preliminari” e cliccato sul pulsante “Prosegui”, l’utente

viene indirizzato alla pagina web dedicata alla spiegazione delle motivazioni per le quali non è possibile utilizzare il web tool PDC_RISC (Figura 2.5).



The screenshot shows a web interface titled "Requisiti Preliminari". At the top, there is a navigation bar with icons for "Casa", "Caldaia", "Radiatori", "Bollette", and "Risultati". Below this, a section titled "Rispondi a queste domande per proseguire" contains a dropdown menu for "Sistema di riscaldamento". The dropdown is open, showing two options: "Caldaia accoppiata a radiatori" (highlighted in blue) and "Altro sistema di riscaldamento". Below the dropdown are five questions, each with "SI" and "NO" radio buttons. The questions are: "L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?", "L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?", "L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?", and "Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?". A "Prosegui" button is located at the bottom right of the form. The footer of the page reads "© 2025 ENEA - All rights reserved".

Figura 2.4: Menù a discesa per la selezione della tipologia di sistema di riscaldamento.



The screenshot shows a web interface titled "Requisiti Preliminari". At the top, there is a navigation bar with icons for "Casa", "Caldaia", "Radiatori", "Bollette", and "Risultati". Below this, a yellow banner reads "Spiacenti! Non è possibile l'impiego del web tool". The main content area contains the following text: "Al momento lavoriamo solamente se il riscaldamento è autonomo e sono presenti come corpi scaldanti i radiatori. È necessario che siano stati eseguiti interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e devono essere disponibili le bollette di un anno completo successivo agli interventi. In ultimo se la casa non è stata abitata dopo i lavori o se non soddisfa le esigenze di riscaldamento dell'utente l'app non entra nella procedura di calcolo. L'applicazione lavora solamente nei casi che rispettano i requisiti preliminari". A list of seven requirements follows: 1. Riscaldamento autonomo, 2. Riscaldamento con caldaia tradizionale, 3. Corpi scaldanti solo radiatori, 4. Lavori di isolamento eseguiti di recente (coppotto, finestre, tetto, infissi), 5. Abitazione che è stata abitata dopo gli interventi di riqualificazione energetica, 6. Abitazione che soddisfa le esigenze di riscaldamento/comfort richieste dall'utente, 7. Sono disponibili le bollette di un anno completo successivo agli interventi. Below the list, it states "Per tutti gli altri casi non è possibile eseguire la valutazione" and a "Ricomincia" button is located at the bottom right. The footer of the page reads "© 2025 ENEA - All rights reserved".

Figura 2.5: Pagina web in cui si riportano le motivazioni per le quali non è possibile utilizzare il web tool PDC_RISC.

2. Il secondo quesito mira ad appurare che la caldaia installata sia di tipo tradizionale ovvero non a condensazione.
3. Il terzo quesito è invece volto a verificare se l'attuale sistema di riscaldamento soddisfa le esigenze di comfort termico dell'utente.
4. Il quarto quesito pone l'attenzione sugli interventi di riqualificazione energetica effettuati sull'unità abitativa che si intende analizzate. L'utente deve indicare il o gli interventi posti in essere sull'immobile oggetto dell'analisi selezionando uno o più voci tra quelle disponibili nel menù a discesa (Figura 2.6). Le opzioni selezionabili dal menù a discesa vengono di seguito descritte.
 - “Cappotto” → L'utente seleziona questa voce se, tra gli interventi di riqualificazione energetica dell'immobile, è stata prevista l'installazione dell'isolamento a cappotto o cappotto termico.
 - “Isolamento soffitto o tetto” → L'utente seleziona questa voce se, tra gli interventi di riqualificazione energetica dell'immobile, è stata prevista l'installazione di un sistema di isolamento termico del soffitto o del tetto.
 - “Isolamento pavimento” → L'utente seleziona questa voce se, tra gli interventi di riqualificazione energetica dell'immobile, è stata prevista l'installazione di un sistema di isolamento termico del pavimento dell'unità abitativa.
 - “Sostituzione serramenti” → L'utente seleziona questa voce se, tra gli interventi di riqualificazione energetica dell'immobile, è stata prevista la sostituzione degli infissi.

Si noti che il web tool PDC_RISC non consente di proseguire nell'analisi se almeno uno degli interventi sopraccitati non viene selezionato dall'utente. L'utente viene avvisato della mancata selezione

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

Interventi eseguiti
Che interventi sono stati fatti?

Cappotto

Isolamento soffitto o tetto

Isolamento pavimenti

Sostituzione serramenti

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.6: Menù a discesa per la selezione della tipologia di intervento di efficientamento energetico precedentemente eseguito sull'immobile oggetto dell'analisi.

tramite la presenza di un “alert” grafico di colore rosso che contorna il box di selezione (Figura 2.7).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

Interventi eseguiti
Che interventi sono stati fatti?

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.7: Alert grafico che indica all'utente la mancata selezione di almeno un intervento di riqualificazione energetica.

5. Il quinto quesito mira ad appurare se l'unità abitativa oggetto dell'analisi sia stata occupata con continuità per almeno un anno (12 mesi) dopo l'intervento di riqualificazione energetica.
6. Il sesto ed ultimo quesito, invece, ha lo scopo di verificare che l'utente sia in possesso delle bollette o fatture relative all'acquisto del combustibile utilizzato per il riscaldamento di almeno un anno (12 mesi) successivo agli interventi di riqualificazione energetica dell'immobile. Questi dati di consumo sono fondamentali per la valutazione della richiesta energetica dell'abitazione in fase di valutazione.

Se l'utente ha risposto a tutti e sei i quesiti volti a verificare i “Requisiti preliminari”, il pulsante “Prosegui” si abilita (colore blu intenso) e consente all'utente, cliccando su di esso, di procedere alla pagina web successiva (Figura 2.8 e Figura 2.9).

The screenshot shows a web interface for 'Requisiti Preliminari' (Preliminary Requirements). The navigation bar includes 'Casa', 'Caldaia', 'Radiatori', 'Bollette', and 'Risultati'. The main content area is titled 'Rispondi a queste domande per proseguire' (Answer these questions to proceed). It contains a dropdown menu for 'Sistema di riscaldamento: Caldaia accoppiata a radiatori'. Below are five questions, each with 'SI' (Yes) and 'NO' (No) buttons. The 'SI' buttons are highlighted in green, indicating they are selected. The questions are: 1. 'La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?' (Your boiler is traditional (i.e., not condensing)?); 2. 'L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?' (The heating system meets your comfort needs?); 3. 'L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?' (The dwelling has been subject to energy renovation for at least one year?); 4. 'L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?' (The dwelling has been occupied continuously and for at least one year after the energy renovation intervention?); 5. 'Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?' (Are bills/invoices for fuel purchase available for at least one year after the energy renovation intervention?). At the bottom right, a blue 'Prosegui' button with a right-pointing arrow is highlighted by a red arrow pointing from the right.

Figura 2.8: Alert grafico che indica all'utente la possibilità di cliccare sul pulsante “Prosegui”.

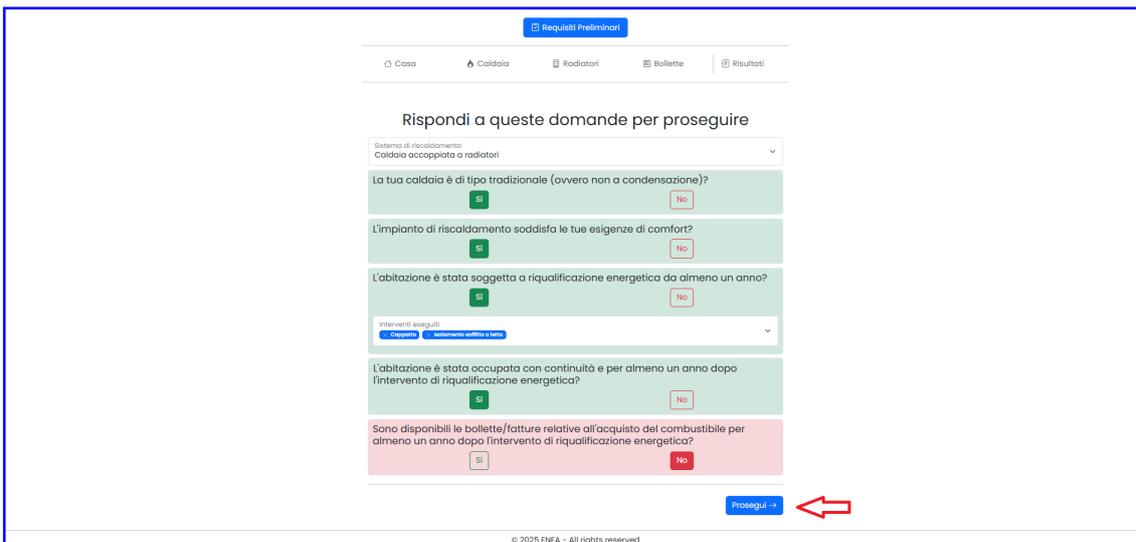


Figura 2.9: Alert grafico che indica all’utente la possibilità di cliccare sul pulsante “Prosegui” nonostante una delle risposte non sia affermativa.

Nel caso in cui una delle voci non sia stata selezionata correttamente (Figura 2.10), il pulsante “Prosegui” non viene abilitato dall’interfaccia web. L’utente viene avvisato della non abilitazione del pulsante mediante un “alert” grafico che rende il pulsante “Prosegui” di colore azzurro chiaro (Figura 2.10).

Se tutti e sei i “Requisiti preliminari” sono soddisfatti per l’unità abitativa oggetto dell’analisi, il web tool PDC_RISC consente di proseguire la comparazione e, una volta cliccato sul pulsante “Prosegui”, indirizza l’utente alla pagina web successiva ovvero quella demandata alla raccolta dei dati relativi all’unità abitativa e denominata, per semplicità, “Casa” (Figura 2.11).

Nel caso in cui uno o più “Requisiti preliminari” non siano soddisfatti, una volta cliccato sul pulsante “Prosegui”, il web tool invia l’utente a una pagina web dedicata alla spiegazione delle motivazioni per le quali non è possibile utilizzare PDC_RISC (Figura 2.5). L’utente, presa visione della suddetta pagina, può sempre modificare le selezioni operate e/o eseguire una nuova analisi cliccando sul tasto “Ricomincia” disponibile in basso a destra della pagina web (Figura 2.5).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

Interventi eseguiti
Che interventi sono stati fatti?

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.10: Alert grafico che indica all'utente l'impossibilità di cliccare sul pulsante "Prosegui".

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune Cerca per nome o per CAP...

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno Seleziona...

Tipologia Serramenti

Seleziona... Seleziona...

Metratura Altezza interna stanze

m² m

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.11: Pagina web utilizzata per la raccolta dei dati relativi all'unità abitativa e denominata "Casa".

Come descritto in precedenza, qualora tutti e sei i “Requisiti preliminari” siano soddisfatti per l’unità abitativa oggetto dell’analisi, il web tool PDC_RISC consente di proseguire la comparazione e indirizza l’utente alla pagina web demandata alla raccolta dei dati relativi all’unità abitativa e denominata, per semplicità, “Casa” (Figura 2.11).

2.2 Sezione “Casa”

In questa sezione del web tool (Figura 2.11), all’utente viene richiesto di inserire sia l’ubicazione dell’unità abitativa, sia alcuni dati catastali dell’abitazione stessa. In particolare, si richiede all’utente di completare i seguenti campi relativi all’unità abitativa.

- Comune in cui è ubicato l’immobile → Per facilitare la localizzazione dell’immobile l’utente deve indicare il codice di avviamento postale (CAP) del luogo di residenza. Il web tool è dotato di un sistema di auto-compilazione che assiste l’utente nella selezione del CAP in cui è ubicato l’immobile (Figura 2.12).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune 35

Anno (35000 San Giorgia in Bosco

In alternativa 35001 Compodarsego

Anno 51 35002 Composampiero

35003 Cittadella

35004 Fontaniva

35005 Galliera Veneta

Tipo 35006 Piazzola sul Brenta

35007 Piombino Dese

35008 San Martino di Lupatari

Metratura Altezza interna stanze

Prosegui

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.12: Esempio di auto-compilazione del campo “Comune” mediante l’inserimento del CAP.

- Anno di costruzione dell’abitazione → L’utente deve indicare l’anno di costruzione dell’immobile oppure fornire una stima indicativa dello stesso. Il web tool è dotato di un sistema di auto-compilazione che assiste l’utente nella selezione dell’anno di costruzione dell’abitazione (Figura 2.13).

Figura 2.13: Esempio di auto-compilazione del campo “Anno di costruzione” dell’immobile.

- Tipologia di unità abitativa → L’utente deve scegliere tra le tipologie di unità abitativa disponibili nel menù a discesa (Figura 2.14). Le opzioni disponibili sono: “Villetta singola”, “Appartamento in condominio a singolo piano”, “Appartamento in condominio a due piani”, “Appartamento in condominio a tre piani” e “Appartamento in condominio a quattro piani o più”. Il web tool consente una sola scelta tra le voci disponibili nel menù a discesa.
- Tipologia di serramenti installati → L’utente deve selezionare tra le tipologie di serramenti disponibili nel menù a discesa (Figura 2.15). Le opzioni disponibili sono: “Singolo vetro”, “Doppio vetro” e “Tripla vetro”. Il web tool consente una sola scelta tra le voci disponibili nel menù a discesa.

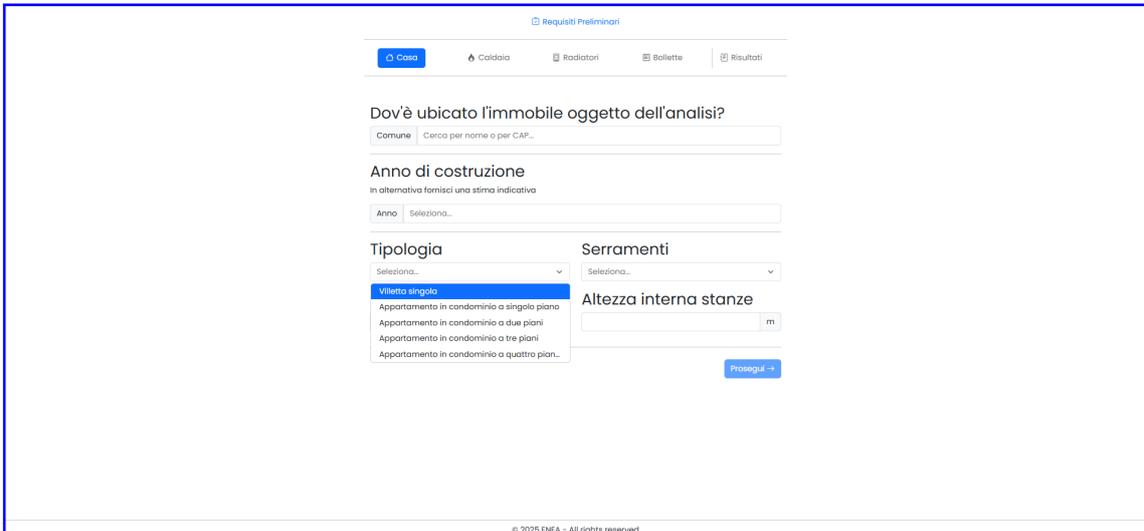


Figura 2.14: Menù a discesa per la selezione della tipologia di abitazione.

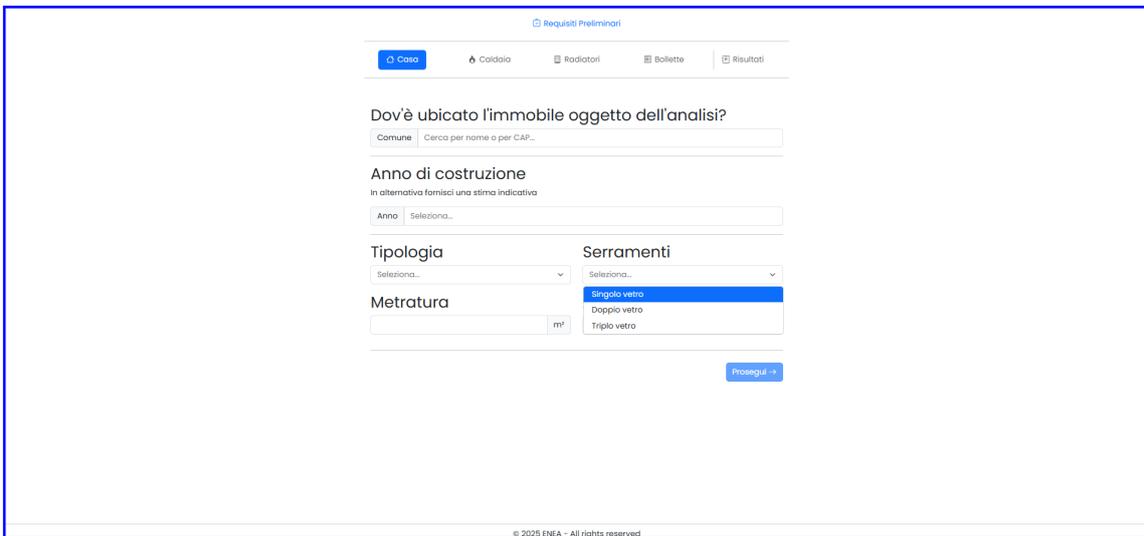


Figura 2.15: Menù a discesa per la selezione della tipologia di serramenti.

- Metratura dell'unità abitativa → L'utente deve indicare la metratura dell'immobile oppure fornire una stima indicativa della stessa. Per facilitare la compilazione, il web tool è dotato di un sistema di verifica della metratura inserita. Non è infatti possibile utilizzare PDC_RISC se l'unità abitativa presenta una superficie inferiore ai 28 m² o superiore ai 500 m². Nel caso in cui la metratura inserita sia al di fuori dei suddetti limiti, PDC_RISC fornisce, in colore rosso, il messaggio di errore “Inserisci un valore compreso tra 28 m² e 500 m²” sotto al campo “Metratura” e non consente di proseguire la comparazione (Figura 2.16).
- Altezza interna delle stanze dell'immobile → L'utente deve indicare l'altezza delle stanze oppure fornire una stima indicativa della stessa. Per facilitare la compilazione, il web tool è dotato di un sistema di verifica dell'altezza inserita. Non è infatti possibile utilizzare PDC_RISC se l'unità abitativa presenta stanze con un'altezza inferiore ai 2.4 m o superiore ai 5.0 m. Nel caso in cui l'altezza inserita sia al di fuori dei suddetti limiti, PDC_RISC fornisce, in colore rosso, il messaggio di errore “Inserisci un valore compreso tra 2.4 m e 5 m.” sotto al campo “Altezza interna stanze” e non consente di proseguire la comparazione (Figura 2.16).

Si noti che l'utente non può proseguire nella comparazione e compilare la pagina web successiva fintantoché non ha completato l'inserimento di tutte le voci richieste nella sezione denominata “Casa” poiché il tasto di avanzamento denominato “Prosegui” e posto in basso a destra della suddetta pagina web non viene attivato dal web tool e, quindi, non risulta selezionabile. Un'indicazione visiva dell'impossibilità di proseguire nell'analisi è fornita all'utente mediante il colore del pulsante “Prosegui”: fintantoché esso è di colore azzurro chiaro, non è possibile proseguire (Figura 2.16). A valle dell'inserimento di tutte le informazioni richieste, il pulsante denominato “Prosegui” acquisisce una colorazione blu intenso e diventa cliccabile

The screenshot shows a web form titled "Requisiti Preliminari" with a navigation bar containing "Casa", "Caldaia", "Radiatori", "Bolette", and "Risultati". The "Casa" tab is active. The form asks for the location of the property, the construction year, the type of property, window type, floor area, and room height. The "Metratura" and "Altezza interna stanze" fields are highlighted in red with error messages: "Inserisci un valore compreso tra 28m² e 500m²" and "Inserisci un valore compreso tra 2.4m e 5m" respectively. A "Prosegui" button is visible at the bottom right.

Figura 2.16: Messaggi di errore e alert grafici relativi alle sezioni “Metratura” e “Altezza interna stanze”.

da parte dell’utente. La mancata compilazione dei campi viene indicata all’utente mediante alert grafici di colore rosso nei box non compilati (Figura 2.17). La mancata compilazione dei campi evidenziati in rosso non consente l’attivazione del pulsante “Prosegui”.

This screenshot shows the same "Requisiti Preliminari" form, but with more fields highlighted in red to indicate errors. In addition to "Metratura" and "Altezza interna stanze", the "Anno di costruzione", "Tipologia", and "Serramenti" fields are also highlighted in red. The "Comune" field is filled with "32100 Belluno". The "Prosegui" button remains disabled.

Figura 2.17: Messaggi di errore relativi ai campi non compilati nella sezione “Casa”.

Una volta completato l’inserimento delle informazioni relative all’immobile e cliccato il pulsante denominato “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web denominata “Casa”, l’utente viene indirizzato alla pagina web demandata alla raccolta dei dati relativi alla caldaia tradizionale (ovvero non a condensazione) e al sistema di gestione del riscaldamento interno all’abitazione. Per semplicità, questa sezione è denominata “Caldaia” (Figura 2.18).

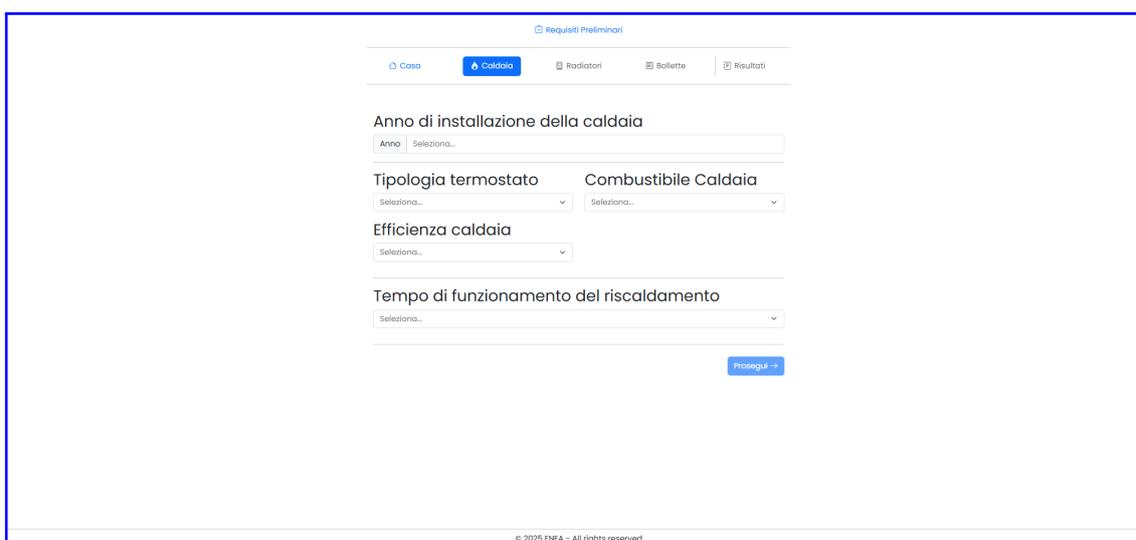


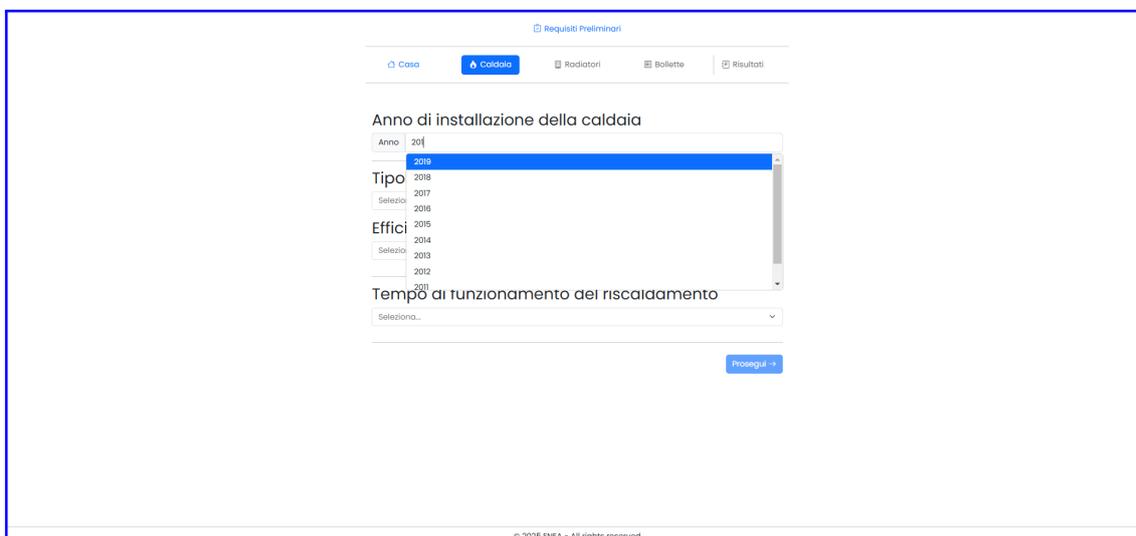
Figura 2.18: Pagina web utilizzata per la raccolta dei dati relativi alla caldaia tradizionale e al sistema di gestione del riscaldamento interno all’unità abitativa in analisi. Sezione “Caldaia” del web tool PDC_RISC.

2.3 Sezione “Caldaia”

In questa sezione del web tool (Figura 2.18), all’utente viene richiesto di inserire le informazioni relative alla caldaia tradizionale, al sistema di riscaldamento e al modo di esercire l’impianto di riscaldamento stesso. In particolare, si richiede all’utente di completare i seguenti campi.

- Anno di installazione della caldaia tradizionale → L’utente deve inserire l’anno di installazione della caldaia presente nell’immobi-

le oggetto della comparazione. Il web tool è dotato di un sistema di auto-compilazione che assiste l'utente nella selezione dell'anno di installazione della caldaia tradizionale (Figura 2.19).



The screenshot shows a web interface titled "Requisiti Preliminari". At the top, there are navigation tabs: "Casa", "Caldaia" (highlighted), "Radiatori", "Bollente", and "Risultati". Below the tabs, the form is divided into sections. The first section is "Anno di installazione della caldaia", with a dropdown menu currently showing "2018" selected. Below this, there are sections for "Tipo" (with options 2018, 2017, 2016 and a "Selezio" button), "Effici" (with options 2015, 2014, 2013, 2012 and a "Selezio" button), and "Tempo di funzionamento del riscaldamento" (with a "Selezio..." button). A "Prosegui" button is located at the bottom right of the form. At the very bottom of the page, there is a small copyright notice: "© 2025 ENEA - All rights reserved".

Figura 2.19: Esempio di auto-compilazione del campo “Anno di installazione della caldaia”.

Si noti che il web tool non consente di selezionare un anno di installazione della caldaia antecedente l'anno di costruzione dell'abitazione. Quindi, se l'utente inserisce un anno di installazione della caldaia antecedente quello di costruzione dell'immobile, il campo “Anno di installazione della caldaia” rimane evidenziato in rosso (alert grafico) e il web tool, anche a valle della compilazione degli altri campi, non consente di proseguire nell'analisi poiché non consente l'attivazione del pulsante di avanzamento denominato “Prosegui” (Figura 2.20).

- Tipologia termostato → L'utente, in questo campo, deve selezionare la tipologia di termostato utilizzato per regolare la temperatura interna all'abitazione oggetto di analisi. Le opzioni disponibili nel menù a discesa del web tool PDC_RISC sono: “Termovalvole”, “Centralizzato” e “Nelle singole stanze” (Figura 2.21).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Anno di installazione della caldaia
Anno 2005

Tipologia termostato Selezione...
Combustibile Caldaia Selezione...

Efficienza caldaia Selezione...

Tempo di funzionamento del riscaldamento Selezione...

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.20: Esempio di errata compilazione del campo “Anno di installazione della caldaia”. L’anno inserito risulta antecedente l’anno di costruzione dell’abitazione.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Anno di installazione della caldaia
Anno 2010

Tipologia termostato Selezione...
Termovalvole
Centralizzato
Nelle singole stanze

Combustibile Caldaia Selezione...

Tempo di funzionamento del riscaldamento Selezione...

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.21: Menù di selezione della tipologia di regolazione della temperatura interna all’abitazione.

- Combustibile caldaia → L'utente deve selezionare il combustibile utilizzato nella caldaia tradizionale installata presso l'abitazione oggetto della comparazione. I combustibili selezionabili dal menù a discesa disponibile nel web tool (Figura 2.22) sono: “Gas naturale”, “GPL”, “Gasolio”, “Legna” e “Pellet”.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollente Risultati

Anno di installazione della caldaia
Anno 2010

Tipologia termostato
Seleziona...

Efficienza caldaia
Seleziona...

Tempo di funzionamento dei riscaldamento
Seleziona...

Combustibile Caldaia
Seleziona...
Gas naturale
GPL
Gasolio
Legna
Pellet

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.22: Menù di selezione del combustibile impiegato nella caldaia tradizionale.

- Efficienza caldaia → L'utente deve selezionare dal menù a discesa disponibile nel web tool (Figura 2.23) l'efficienza della caldaia installata presso l'unità abitativa in analisi. Per semplicità, basta selezionare, dopo aver consultato il manuale della caldaia, il numero di “stelle” o “asterischi” corrispondenti a quanto riportato nel suddetto manuale del generatore termico.

Figura 2.23: Menù di selezione dell'efficienza della caldaia tradizionale.

- Tempo di funzionamento del riscaldamento → L'utente, in questo campo, deve selezionare la metodologia di gestione dell'impianto di riscaldamento. Le modalità operative disponibili e selezionabili dal menù a discesa riportato in Figura 2.24 sono:
 - “Tutto il giorno” → L'utente seleziona questa modalità di regolazione se il riscaldamento rimane sempre attivo nell'arco dell'intera giornata.
 - “In alcune fasce orarie” → L'utente seleziona questa modalità di regolazione se conosce le fasce orarie in cui l'impianto si accende/spegne. In questo caso l'utente deve anche indicare gli orari di accensione e spegnimento dell'impianto di riscaldamento come indicato in Figura 2.25.
 - “Non lo so” → L'utente seleziona questa opzione se non conosce la metodologia di regolazione dell'impianto di riscaldamento.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Anno di installazione della caldaia
Anno 2010

Tipologia termostato Seleziona... Combustibile Caldaia Seleziona...

Efficienza caldaia Seleziona...

Tempo di funzionamento del riscaldamento
Seleziona...
Tutto il giorno
In alcune fasce orarie
Non lo so

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.24: Menù di selezione della metodologia di gestione dell'impianto di riscaldamento.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Anno di installazione della caldaia
Anno 2010

Tipologia termostato Seleziona... Combustibile Caldaia Seleziona...

Efficienza caldaia Seleziona...

Tempo di funzionamento del riscaldamento
In alcune fasce orarie

Dalle --:--:-- ⓪ Alle --:--:-- ⓪
Dalle --:--:-- ⓪ Alle --:--:-- ⓪

Prosegui ->

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.25: Menù per l'inserimento delle fasce orarie in cui il sistema di riscaldamento risulta attivo. Il menù risulta disponibile solo se l'utente seleziona come modalità operativa la voce "In alcune fasce orarie".

Anche per questa sezione di raccolta dati, l'utente non può proseguire nella compilazione della pagina web successiva fintantoché non completa l'inserimento di tutte le voci richieste nella sezione denominata "Caldaia" poiché il tasto di avanzamento denominato "Prosegui" e posto in basso a destra della suddetta pagina web non viene attivato dal web tool e, quindi, non risulta selezionabile. Un'indicazione visiva dell'impossibilità di proseguire nell'analisi viene fornita all'utente mediante sia il colore rosso che riquadra i box dati non compilati (alert grafico), sia il colore del pulsante "Prosegui": fintantoché esso è di colore azzurro chiaro, non è possibile proseguire nell'analisi cliccando su di esso (Figura 2.26).

A valle dell'inserimento di tutte le informazioni richieste, il pulsante denominato "Prosegui" acquisisce una colorazione blu intenso e risulta cliccabile da parte dell'utente.

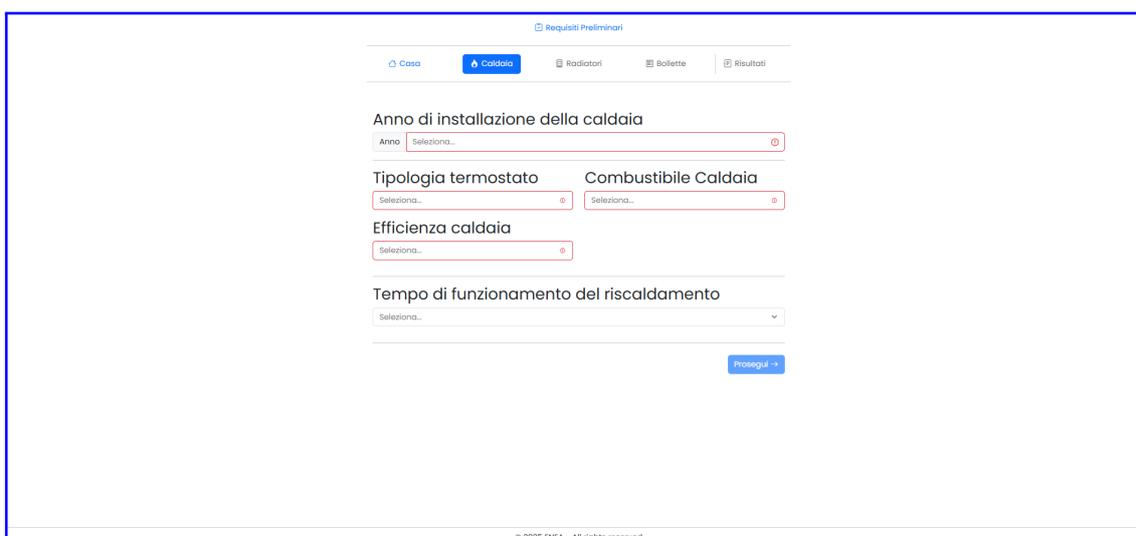


Figura 2.26: Esempio di mancata compilazione di alcuni campi della sezione "Caldaia". I box riquadrati di rosso (alert grafico) rappresentano le informazioni mancanti e necessarie per proseguire nella comparazione.

Completato sia l'inserimento dei dati relativi alla caldaia, al sistema di regolazione della temperatura interna all'abitazione e alla tipologia di gestione dell'impianto di riscaldamento (Sezione "Caldaia"), sia aver cliccato sul pulsante "Prosegui", il web tool PDC_RISC indirizza l'utente alla pagina

web dedicata alla raccolta dati relativi alle caratteristiche dei terminali di impianto ovvero dei radiatori. Anche in questo caso, per semplicità, la sezione viene denominata “Radiatori” (Figura 2.27).

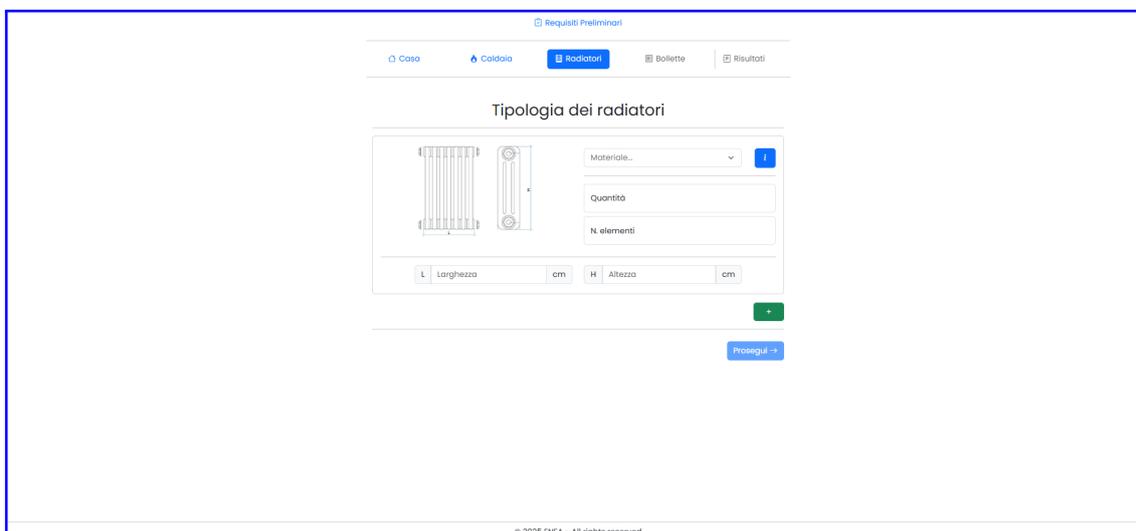


Figura 2.27: Pagina web della sezione “Radiatori”.

2.4 Sezione “Radiatori”

In questa sezione del web tool (Figura 2.27), si richiede all’utente di inserire le informazioni relative ai corpi scaldanti, ovvero ai radiatori. Essi devono essere gli unici dispositivi utilizzati nell’abitazione oggetto dell’analisi per veicolare il calore generato dalla caldaia tradizionale. L’utente può avvalersi di una cordella metrica per misurare i radiatori. Il pulsante verde con il simbolo “+” al centro (Figura 2.27) consente di aggiungere nuove finestre “Radiatore” mentre il pulsante rosso con il simbolo del “Cestino” consente all’utente di eliminare la finestra “Radiatore” (Figura 2.28).

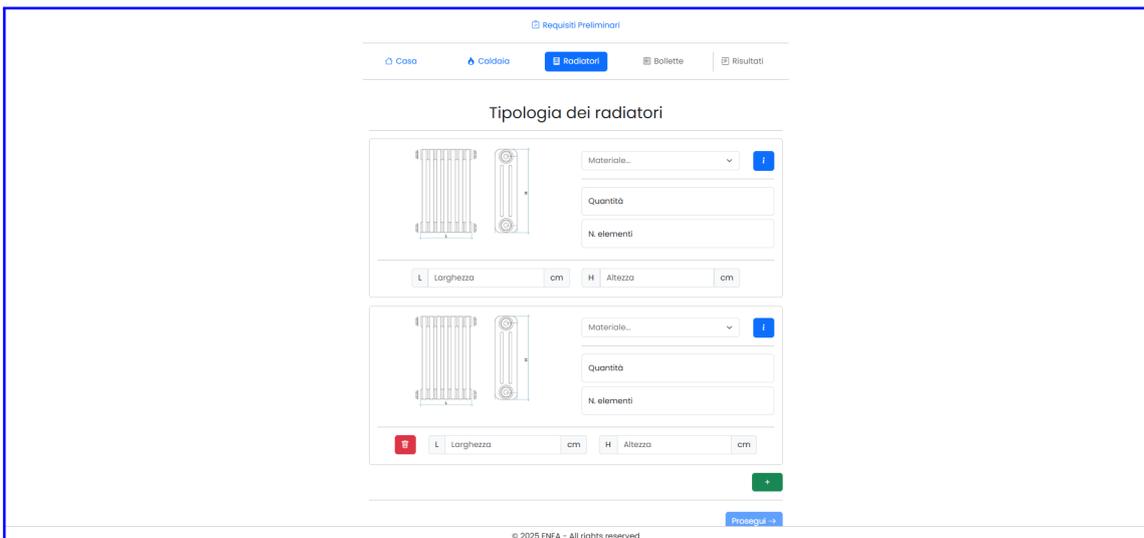


Figura 2.28: Pagina web della sezione “Radiatori” una volta aggiunto un modulo “Radiatore”.

Per ogni “Radiatore”, l’utente dovrà fornire le seguenti informazioni.

- Materiale → L’utente, dal menù a discesa (Figura 2.29) seleziona il materiale costituente il radiatore. I materiali implementati nel web tool sono: “Ghisa”, “Alluminio” e “Acciaio”.

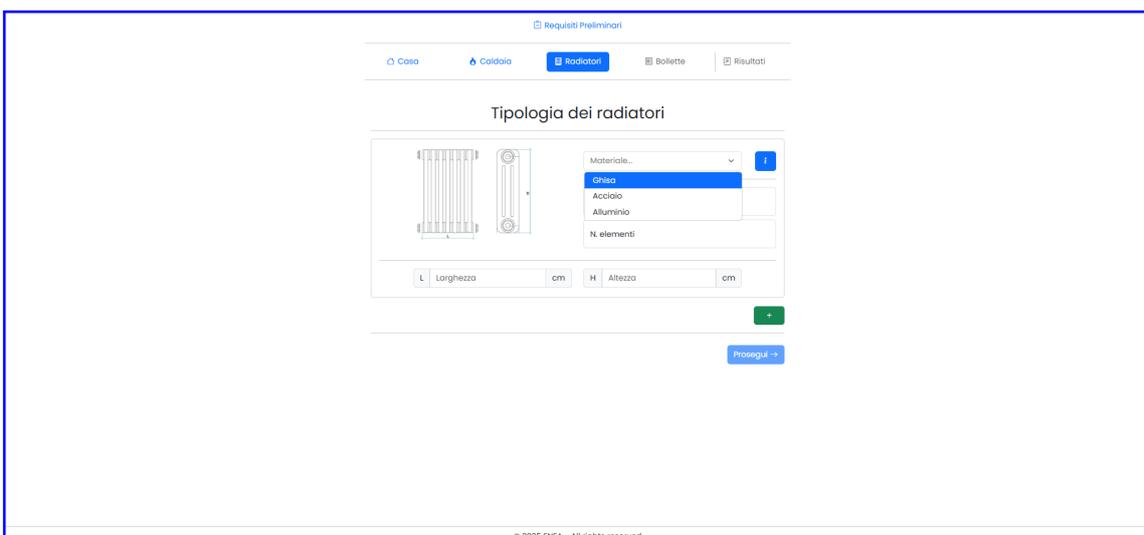


Figura 2.29: Menù a discesa per la selezione del materiale costituente il “Radiatore”.

- **Quantità** → L'utente indica il numero di radiatori che presentano le medesime caratteristiche e che sono installati nell'immobile in fase di valutazione. Il web tool presenta un controllo sul numero minimo e massimo di radiatori identici. Come si evince da Figura 2.30, il numero minimo di radiatori è pari ad 1 ed il massimo a 25. Se si eccedono i limiti sopra indicati, il web tool fornisce un messaggio di errore mediante un alert grafico (box di colore rosso).
- **N. elementi** → L'utente indica il numero di elementi costituenti il/i radiatori che presentano le medesime caratteristiche. Il web tool presenta un controllo sul numero minimo e massimo di elementi. Come si evince da Figura 2.30, il numero minimo di elementi è pari ad 1 ed il massimo a 50. Se si eccedono i limiti sopra indicati, il web tool fornisce un messaggio di errore. Ovviamente, nel caso in cui il numero di radiatori o elementi ecceda i limiti sopra indicati, l'utente può inserirli utilizzando il pulsante verde con il simbolo "+" al centro (Figura 2.27).

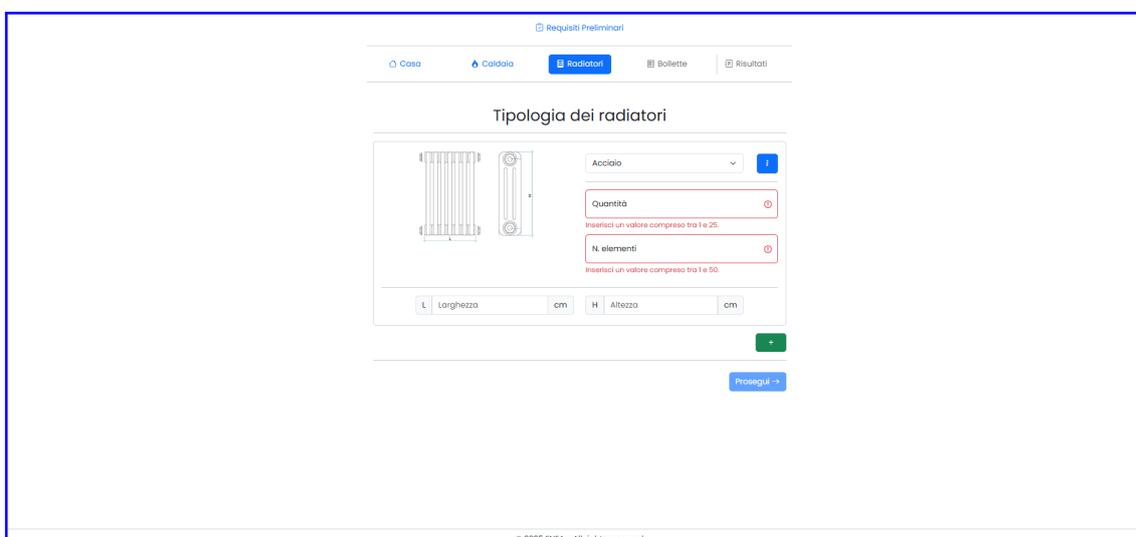


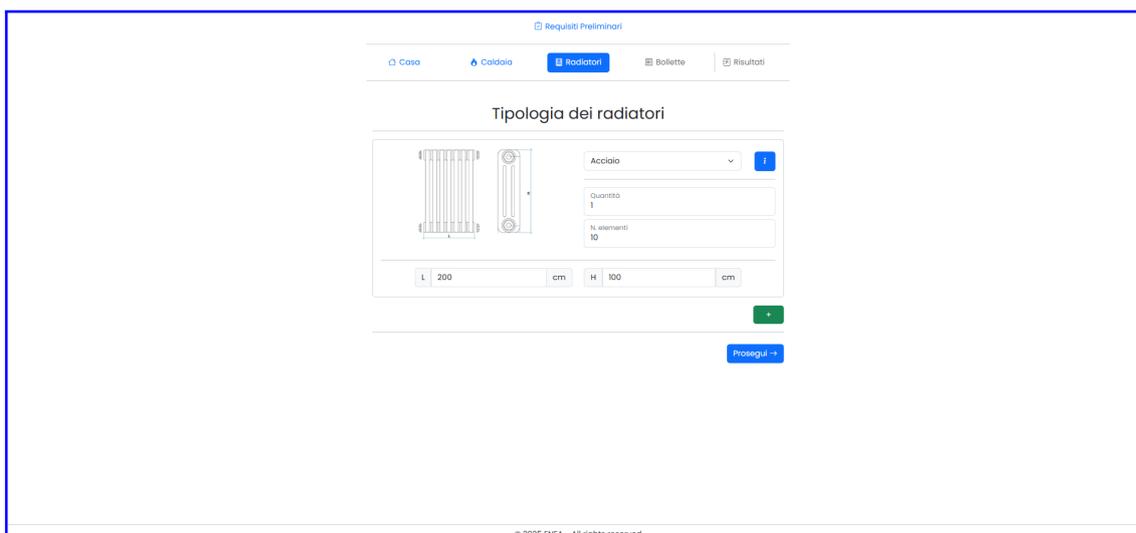
Figura 2.30: Messaggi di errore connessi all'errato inserimento sia della quantità dei radiatori che del numero di elementi di ciascuna unità.

- Larghezza → L'utente deve indicare la larghezza del radiatore in centimetri. Per identificare la larghezza, l'utente può far riferimento alla figura esemplificativa disponibile nell'interfaccia web. Il web tool presenta un controllo dimensionale. Come si evince da Figura 2.31, la larghezza del radiatore non può essere inferiore ai 20 cm e superare i 300 cm. Se si eccedono i limiti sopra indicati, il web tool fornisce un messaggio di errore.
- Altezza → L'utente deve indicare l'altezza del radiatore in centimetri. Per identificare l'altezza, l'utente può far riferimento alla figura esemplificativa disponibile nell'interfaccia web. Come si evince da Figura 2.31, l'altezza del radiatore non può essere inferiore ai 50 cm e superare i 200 cm.

Figura 2.31: Messaggi di errore connessi all'errato inserimento sia della larghezza che dell'altezza del/dei radiatori.

Qualora l'utente non inserisca alcun dato relativo ai radiatori, il web tool non consente di procedere con l'analisi poiché non viene attivato il pulsante "Prosegui". Come si evince dalle Figure da 2.27 a 2.31, in caso di mancata indicazione dei parametri relativi ai radiatori, il pulsante "Prosegui" permane di colore azzurro chiaro e non risulta cliccabile dall'utente. Nel

caso in cui l'utente compili tutti i campi rispettando i vincoli imposti dal web tool, il pulsante “Prosegui” si attiva (Figura 2.32) e, una volta cliccato dall'utente, consente l'accesso alla sezione successiva ovvero quella dedicata alla raccolta dei dati relativi ai consumi di combustibile della caldaia tradizionale. Per semplicità, la sezione è stata denominata “Bollette”.



The screenshot shows a web interface for configuring radiators. At the top, there is a navigation bar with tabs: 'Casa', 'Caldaia', 'Radiatori' (selected), 'Bollette', and 'Risultati'. Below the navigation bar, the title 'Tipologia dei radiatori' is displayed. The form contains the following fields and options:

- A dropdown menu for material type, currently set to 'Acciaio'.
- A numeric input field for 'Quantità' with the value '1'.
- A numeric input field for 'N. elementi' with the value '10'.
- Dimensions: 'L' 200 cm and 'H' 100 cm.
- A green '+' button to add more items.
- A blue 'Prosegui →' button at the bottom right, which is active.

At the bottom of the page, there is a small copyright notice: '© 2025 ENEA - All rights reserved'.

Figura 2.32: Esempio di corretta compilazione della sezione “Radiatori” che consente l’attivazione del pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web.

2.5 Sezione “Bollette”

In questa ultima sezione di inserimento dati nel web tool, si richiede all’utente di inserire le informazioni contenute nelle bollette o fatture relative all’acquisto del combustibile. L’utente, prima di iniziare la compilazione di questa sezione, deve disporre delle bollette o fatture relative all’acquisto del combustibile per almeno 12 mesi dopo l’intervento di efficientamento energetico dell’unità abitativa. La pagina web a cui viene indirizzato l’utente è differente a seconda della tipologia di combustibile utilizzato nella caldaia tradizionale ovvero non a condensazione. In particolare, se la caldaia presenta un’alimentazione a GPL o gasolio, il web tool indirizza l’utente a una pagina web in cui i consumi di combustibile sono da indicarsi in litri con un intervallo temporale “mensile”. Figura 2.33 presenta la pagina del web tool dedicata all’inserimento dei dati relativi ai consumi di GPL mentre Figura 2.34 mostra la struttura della pagina web dedicata alla raccolta dei dati nel caso in cui il combustibile sia gasolio.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori **Bollette** Risultati

Anno Seleziona...

| | |
|-----------|--|
| gennaio | |
| febbraio | |
| marzo | |
| aprile | |
| maggio | |
| giugno | |
| luglio | |
| agosto | |
| settembre | |
| ottobre | |
| novembre | |
| dicembre | |

Calcola

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.33: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi di GPL in litri con intervallo temporale “mensile”.

Figura 2.34: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi di gasolio in litri con intervallo temporale “mensile”.

Se la caldaia tradizionale invece presenta un’alimentazione a legna o pellet, il web tool indirizza l’utente a una pagina web in cui i consumi di combustibile sono da indicarsi in chilogrammi ma sempre con un intervallo temporale “mensile”. Figura 2.35 presenta la pagina del web tool dedicata all’inserimento dei dati relativi ai consumi di legna mentre Figura 2.34 mostra la struttura della pagina web dedicata alla raccolta dei dati nel caso in cui il combustibile sia pellet.

Infine, se la caldaia presenta un’alimentazione a gas naturale, il web tool indirizza l’utente a una pagina web in cui può scegliere, prima di iniziare l’inserimento dei valori relativi ai consumi, l’intervallo temporale con il quale riceve le fatture del combustibile. Come si evince da Figura 2.37, in questo caso, i valori possono essere inseriti o con cadenza “mensile” o con cadenza “bimestrale”.

Qualora l’utente selezioni un intervallo di fatturazione “mensile”, esso viene indirizzato a una pagina web nella quale, a valle della selezione dell’anno di riferimento del periodo di fatturazione, può inserire i consumi mensili espressi in standard metri cubi - Sm^3 (Figura 2.38). Il web tool presenta sia

The screenshot shows a web interface for entering monthly wood consumption. At the top, there is a navigation bar with 'Requisiti Preliminari' and a breadcrumb trail: 'Casa' > 'Caldaia' > 'Radiatori' > 'Bollette' > 'Risultati'. Below the navigation, there is a dropdown menu for 'Anno' with the text 'Seleziona...'. The main content area contains a table with 12 rows, one for each month of the year. Each row has a text input field for the consumption value and a unit selector set to 'kg'. The months listed are: gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre, ottobre, novembre, and dicembre. At the bottom right of the form area is a blue 'Calcola' button. The footer of the page contains the text '© 2025 ENEA - All rights reserved'.

Figura 2.35: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi “mensili” di legna.

This screenshot is identical in layout to Figure 2.35, showing the 'Bollette' section web page. It features the same navigation bar, breadcrumb trail, 'Anno' dropdown, and a table of 12 monthly input fields with 'kg' units. The 'Calcola' button and the footer '© 2025 ENEA - All rights reserved' are also present.

Figura 2.36: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata all’inserimento dei consumi “mensili” di pellet.

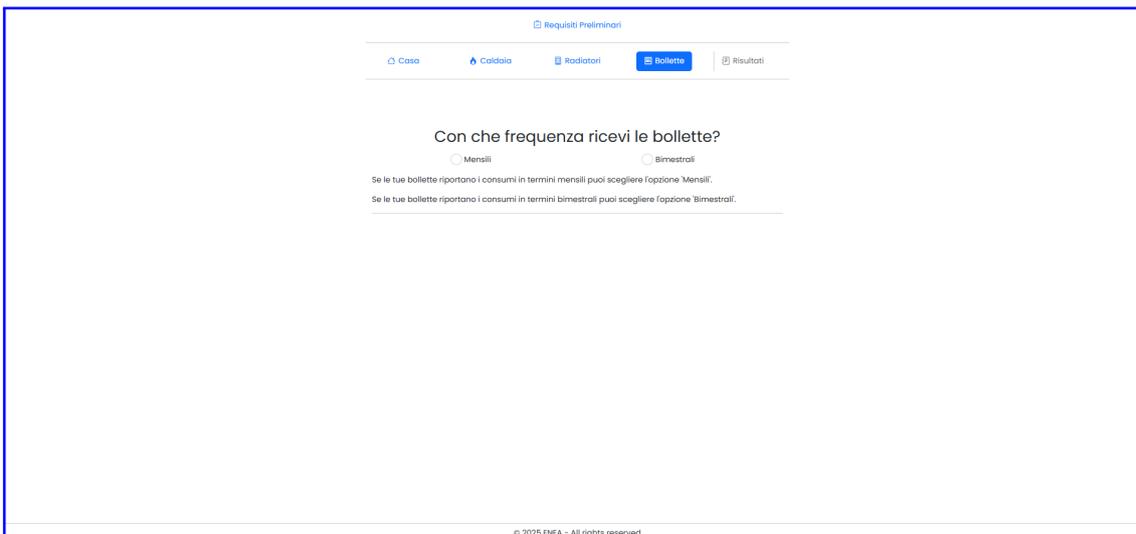


Figura 2.37: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla scelta della modalità di fatturazione nel caso in cui i consumi si riferiscano al combustibile gas naturale.

un modulo di auto-compilazione per la sezione “Anno” (Figura 2.39), sia un modulo di controllo sull’anno di fatturazione: esso non può essere antecedente l’anno di installazione della caldaia tradizionale (si ricordi che quest’ultimo non può essere a sua volta antecedente l’anno di costruzione dell’immobile). Se ciò dovesse accadere, l’utente viene avvisato con un alert grafico di colore rosso che contorna il box di inserimento denominato “Anno” (Figura 2.40). L’alert grafico è presente anche nel caso in cui l’utente inserisca un periodo di fatturazione inferiore ai 12 mesi. Sia il modulo di verifica, sia quello di auto-compilazione sono implementati in maniera analoga anche per i combustibili solidi (legna e pellet) e liquidi (GPL e gasolio).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaiola Radiatori **Bollette** Risultati

Con che frequenza ricevi le bollette?

Mensili Bimestrali

Se le tue bollette riportano i consumi in termini mensili puoi scegliere l'opzione 'Mensili'.
Se le tue bollette riportano i consumi in termini bimestrali puoi scegliere l'opzione 'Bimestrali'.

Anno Seleziona...

| | | |
|-----------|--|-----|
| gennaio | | sm³ |
| febbraio | | sm³ |
| marzo | | sm³ |
| aprile | | sm³ |
| maggio | | sm³ |
| giugno | | sm³ |
| luglio | | sm³ |
| agosto | | sm³ |
| settembre | | sm³ |
| ottobre | | sm³ |

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.38: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base “mensile”.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaiola Radiatori **Bollette** Risultati

Con che frequenza ricevi le bollette?

Mensili Bimestrali

Se le tue bollette riportano i consumi in termini mensili puoi scegliere l'opzione 'Mensili'.
Se le tue bollette riportano i consumi in termini bimestrali puoi scegliere l'opzione 'Bimestrali'.

Anno 2025

- 2025
- 2024
- 2023
- 2022
- 2021
- 2020

| | | |
|-----------|--|-----|
| gennaio | | sm³ |
| febbraio | | sm³ |
| marzo | | sm³ |
| aprile | | sm³ |
| maggio | | sm³ |
| giugno | | sm³ |
| luglio | | sm³ |
| agosto | | sm³ |
| settembre | | sm³ |
| ottobre | | sm³ |

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.39: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base mensile con modulo di auto-compilazione dell’anno di inizio fatturazione.

Requisiti Preliminari

Caso Calcola Radiatori **Bollette** Risultati

Con che frequenza ricevi le bollette?

Mensili Bimestrali

Se le tue bollette riportano i consumi in termini mensili puoi scegliere l'opzione 'Mensili'.

Se le tue bollette riportano i consumi in termini bimestrali puoi scegliere l'opzione 'Bimestrali'.

Anno 1995

| | | |
|-----------|--|-----------------|
| gennaio | | Sm ³ |
| febbraio | | Sm ³ |
| marzo | | Sm ³ |
| aprile | | Sm ³ |
| maggio | | Sm ³ |
| giugno | | Sm ³ |
| luglio | | Sm ³ |
| agosto | | Sm ³ |
| settembre | | Sm ³ |
| ottobre | | Sm ³ |

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 2.40: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base mensile con modulo di verifica dell’anno di inizio fatturazione.

Qualora l’utente selezioni un intervallo di fatturazione “bimestrale”, esso viene indirizzato ad una pagina web nella quale, a valle della sezione dedicata alla selezione dell’anno di riferimento per il periodo di fatturazione, può inserire i consumi su base bimestrale espressi anche in questo caso in standard metri cubi - Sm³ (Figura 2.41). Anche in questo caso, per supportare l’utente nella compilazione, il web tool presenta sia un modulo di auto-compilazione dell’anno di inizio fatturazione, sia un modulo di verifica per evitare che l’utente inserisca un anno di fatturazione antecedente l’anno di installazione della caldaia oppure un periodo di fatturazione inferiore ai 12 mesi.

Indipendentemente dalla tipologia di combustibile e intervallo di fatturazione selezionato, il web tool impedisce all’utente di proseguire nell’analisi non attivando il pulsante denominato “Calcola” fintantoché l’utente non compila tutti i campi della pagina web rispettando i vincoli. Come per il pulsante “Prosegui” delle precedenti sezioni, anche il pulsante “Calcola” rimane di colore azzurro chiaro ovvero non attivo e, quindi, non cliccabile dall’utente in caso di errati inserimenti (Figura 2.42).

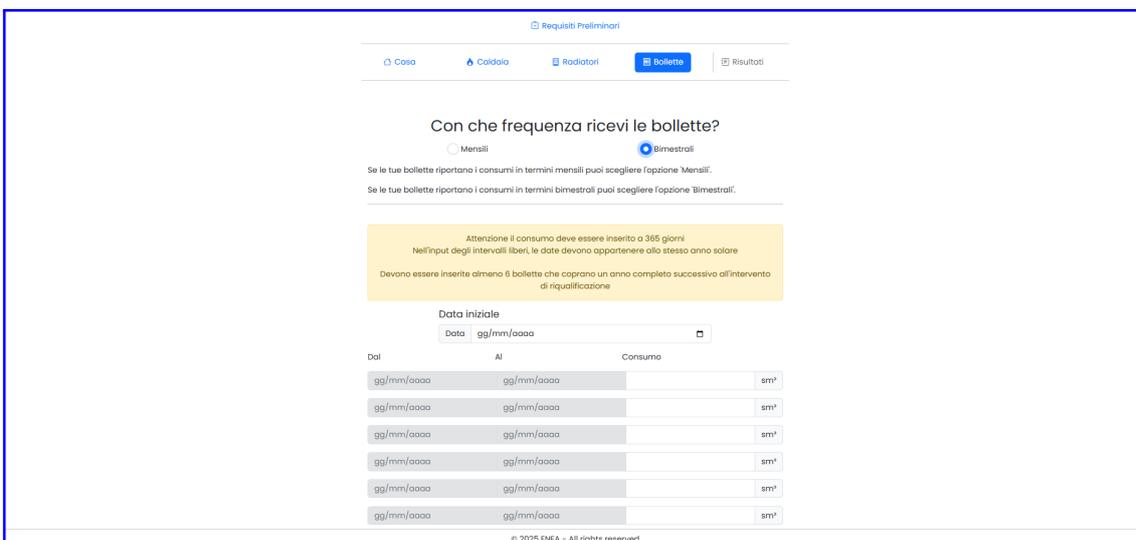


Figura 2.41: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi di gas naturale su base “bimestrale”.

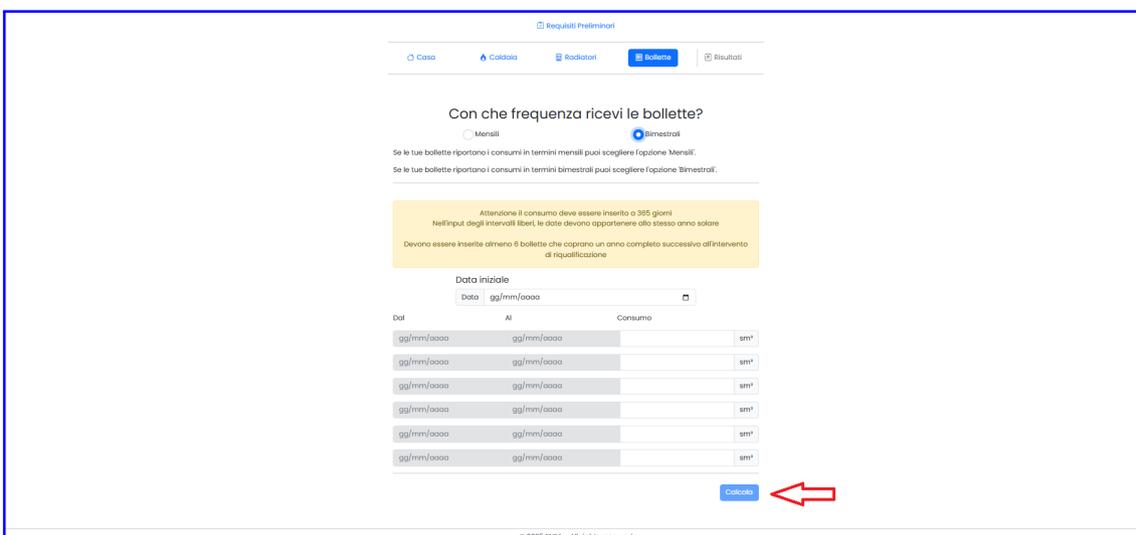


Figura 2.42: Pagina web della sezione “Bollette” che mostra il blocco nell’avanzamento.

Una volta completato l’inserimento dei consumi rispettando i vincoli temporali, il web tool attiva il pulsante “Calcola” (esso assume una colorazione blu intensa come visibile in Figura 2.43). L’utente, cliccando sul pulsante “Calcola” avvia la comparazione. L’algoritmo che esegue la comparazione viene dettagliatamente descritto nel Capitolo 3.

| Data | Al | Consumo | sm³ |
|------------|------------|---------|------|
| 12/12/2020 | 12/12/2021 | | 1000 |
| 12/02/2021 | 1/04/2021 | | 500 |
| 1/04/2021 | 1/06/2021 | | 150 |
| 1/06/2021 | 1/08/2021 | | 200 |
| 1/08/2021 | 1/10/2021 | | 300 |
| 1/10/2021 | 12/12/2021 | | 950 |

Figura 2.43: Pagina web della sezione “Bollette” che mostra il pulsante “Calcola” attivo e cliccabile dall’utente.

Capitolo 3

L'algoritmo di calcolo

Il cuore del web tool PDC_RISC è l'algoritmo di calcolo sviluppato ed ottimizzato per eseguire la comparazione e verificare la fattibilità di sostituire la caldaia tradizionale con la pompa di calore. Per fare ciò, l'algoritmo richiede l'interrogazione di cinque database appositamente creati ed integrati in PDC_RISC. I cinque database contengono le informazioni tecniche e ambientali richieste dall'algoritmo per eseguire il dimensionamento preliminare del sistema di riscaldamento sia nel caso di utilizzo della caldaia tradizionale, sia della pompa di calore e, di conseguenza, eseguire la comparazione. La grande mole di dati integrati nei cinque database garantisce sia una stima precisa dei fabbisogni energetici dell'edificio, sia l'adozione di dati basati sulle caratteristiche e i fabbisogni specifici dell'edificio in esame.

I cinque database integrati in PDC_RISC vengono di seguito descritti.

1. Database "Zone Climatiche" → Questo database raccoglie tutte le specifiche relative alle varie zone climatiche delle diverse municipalità italiane secondo la normativa vigente. Nel database sono incluse informazioni riguardanti i "gradi giorno" minimi e massimi associati ad ogni zona climatica, la data di inizio e fine del periodo di riscaldamento e il numero di ore massime consentite per il funzionamento del sistema di riscaldamento. Figura 3.1 mostra una rappresenta-

zione schematica delle informazioni contenute nel database “Zone Climatiche”.

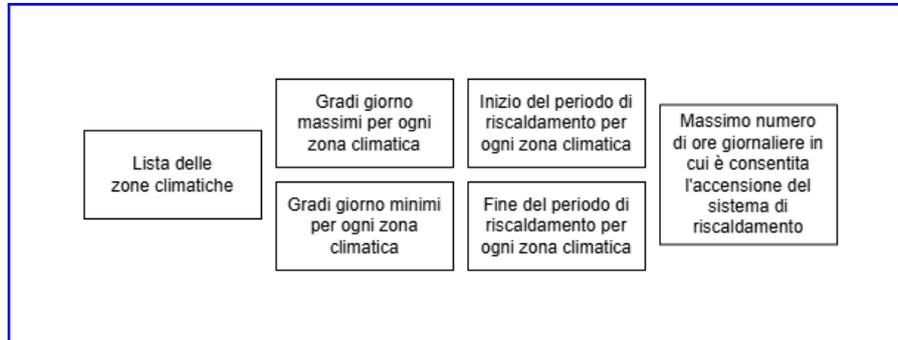


Figura 3.1: Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Zone Climatiche”.

2. Database “Climatico” → Questo database, la cui struttura viene presentata in Figura 3.2, raccoglie i dati meteorologici caratteristici per ciascuna municipalità italiana identificabile con il CAP. In particolare, viene calcolato per ciascun comune un “Anno Caratteristico” o “Anno Tipo”, costruito a partire dai dati climatici di almeno 10 anni, seguendo la procedura definita dalla normativa UNI EN ISO 15927. Pertanto, l’“Anno Tipo” si compone dei 12 mesi reali, selezionati tra quelli del set raccolto e integrato nel database, scegliendo i più rappresentativi secondo i criteri di natura statistica definiti nella normativa UNI EN ISO 15927.

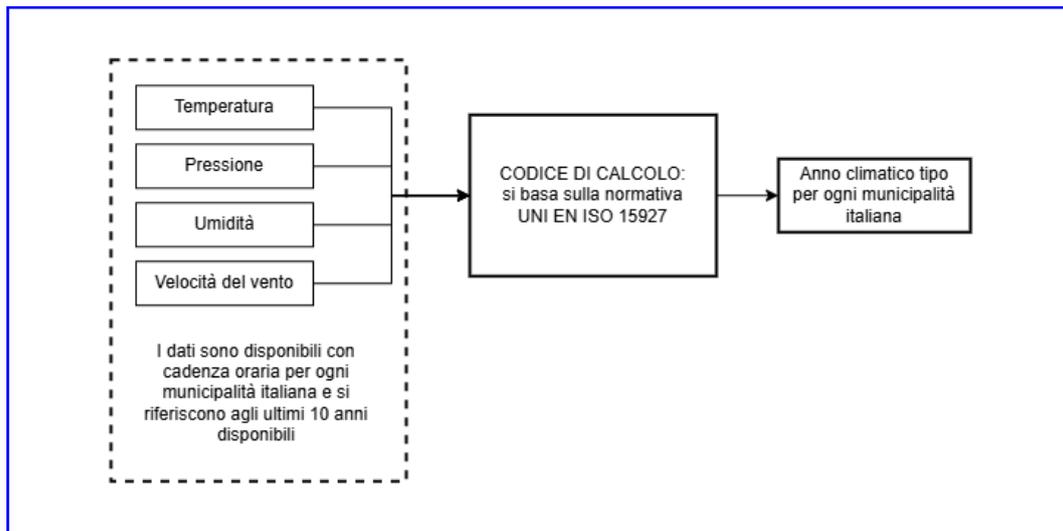


Figura 3.2: Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Climatico”.

3. Database “Pompe di Calore” → Questo database raccoglie le caratteristiche tecniche e operative di una serie di pompe di calore disponibili sul mercato italiano ed europeo. In particolare, l’analisi delle schede tecniche dei principali produttori di pompe di calore disponibili sul mercato ha consentito di raccogliere i dati di funzionamento delle macchine a determinate temperature esterne e condizioni di utilizzo. Quindi, seguendo la normativa UNI EN 14511-2:2022, si sono calcolati i punti di lavoro di ogni singola macchina a differenti temperature esterne (-7,2,7,12°C). Questi valori, una volta integrati nel database, permettono di definire una correlazione diretta tra l’andamento della potenza termica dalla macchina e la temperatura dell’ambiente esterno. In modo analogo, si sono ottenuti i valori riferiti al “Coefficient of Performance” (COP), parametro prestazionale delle pompe di calore. Nel database le taglie di pompa di calore considerate spaziano da 4 a 30 kW. L’intervallo di potenze considerato è sufficientemente ampio per coprire le esigenze di riscaldamento in ambito residenziale di tutte le municipalità italiane. Figura 3.3 riporta una rappresentazione schematica della struttura del database

“Pompe di Calore”.

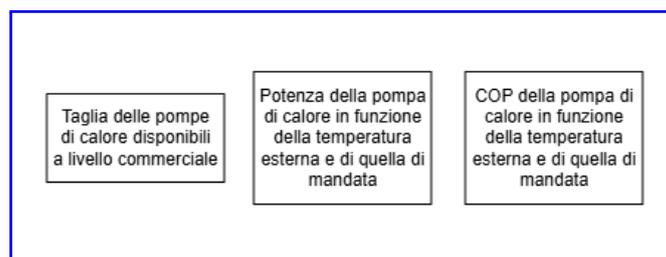


Figura 3.3: Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Pompe di Calore”.

4. Database “Efficienze” → Questo database racchiude i dati relativi alle efficienze delle caldaie tradizionali, dei sistemi di regolazione della temperatura interna dell’unità abitativa e dei sistemi di distribuzione del calore oltre alle prestazioni dei corpi scaldanti (“Radiator”). Il valore dell’efficienza della caldaia tradizione, come esPLICITATO in precedenza, viene contrassegnato con un numero di “stelle” o “asterischi” dal produttore del generatore di calore stesso. Tale valore è riportato nel manuale tecnico del dispositivo. Questi valori vengono calcolati seguendo le indicazioni dell’allegato 2 del D.P.R del 15 novembre 1996.

I valori di efficienza delle varie tipologie di impianto di regolazione della temperatura interna dell’unità abitativa si ricavano da dati disponibili in letteratura, così come i valori relativi sia ai sistemi di distribuzione del calore, sia ai corpi radianti. Nel database i vari valori vengono differenziati a seconda della tipologia di impianto presente nell’abitazione, agli aspetti geometrici dei radiatori e alle specifiche dell’edificio in analisi. Figura 3.4 mostra una rappresentazione schematica del contenuto del database “Efficienze”.

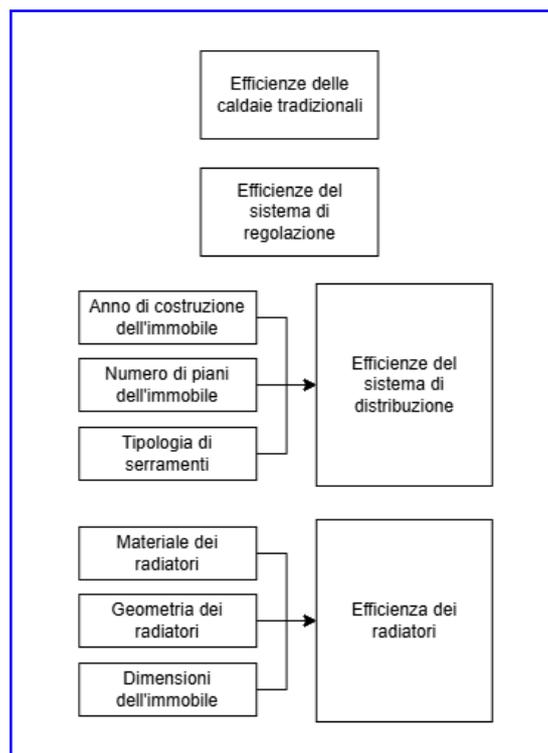


Figura 3.4: Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Efficienze”.

5. Database “Irradianza” → Questo database raccoglie i dati di irradianza caratteristici di ciascuna municipalità italiana. In particolare, viene calcolato per ciascun comune italiano un “Anno Caratteristico” o “Anno Tipo”. L’“Anno Tipo” viene costruito a partire dai dati di irradianza oraria di almeno 10 anni o più, seguendo la stessa procedura utilizzata per la costruzione del database “Climatico” e riportata nella normativa UNI EN ISO 15927. L’“Anno Tipo” si compone di 12 mesi reali, selezionati tra quelli del set raccolto, selezionando quelli più rappresentativi secondo i criteri statistici definiti nella normativa UNI EN ISO 15927. Figura 3.5 mostra una rappresentazione schematica del contenuto del database “Irradianza”.

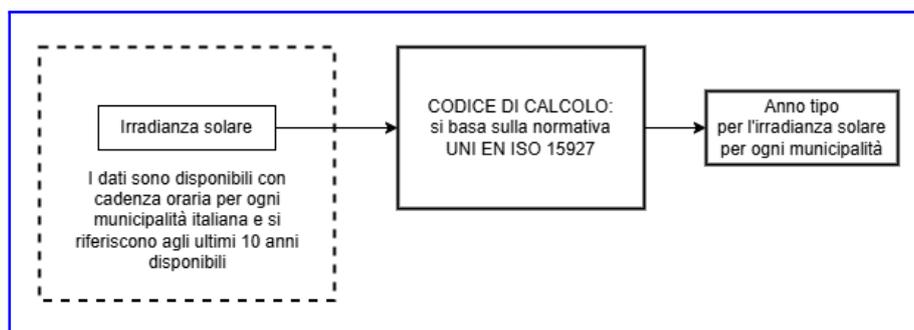


Figura 3.5: Rappresentazione schematica delle informazioni incluse nel database “Irradianza”.

Come esplicitato in precedenza, i cinque database contengono le informazioni tecniche e ambientali richieste dall’algoritmo per effettuare la comparazione. Ovviamente, queste informazioni devono essere abbinare ai dati forniti dall’utente (si veda il Capitolo 2 per i dati da fornire in input).

A livello procedurale, il web tool PDC_RISC inizialmente opera come schematizzato in Figura 3.6. Infatti, la verifica dei “Requisiti Preliminari” per l’utilizzo del web tool PDC_RISC rappresenta il primo step dell’algoritmo di calcolo. Nel caso in cui tutti e sei i “Requisiti Preliminari” siano soddisfatti, l’algoritmo procede al calcolo secondo lo schema di risoluzione dettagliatamente descritto di seguito. In caso contrario, l’utilizzo dell’algoritmo

ritmo non è consentito e l'utente viene indirizzato alla pagina web dedicata alla spiegazione delle motivazioni per le quali non è possibile utilizzare PDC_RISC (per maggiori informazioni si consulti il Capitolo 2 e la Figura 2.5).

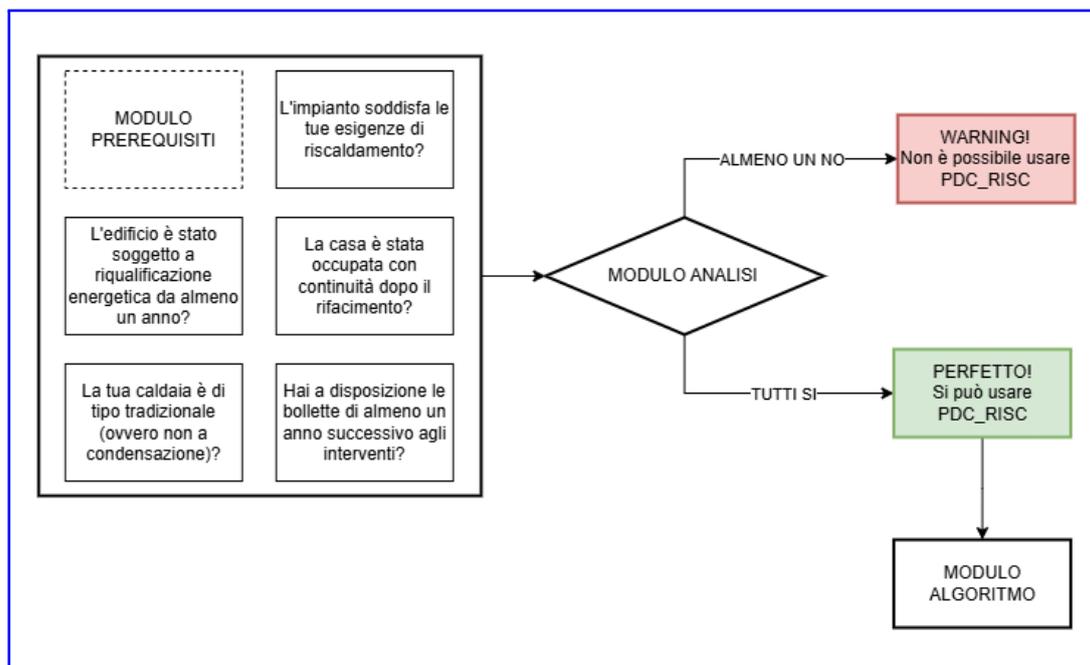


Figura 3.6: Primo step dell'algoritmo di calcolo: valutazione positiva/negativa dei "Requisiti Preliminari".

Verificata l'asseverazione dei "Requisiti Preliminari" da parte dell'immobile in fase di analisi, PDC_RISC consente all'utente di proseguire nell'inserimento dei dati di input. La procedura di inserimento dei dati richiesti viene dettagliatamente descritta nel Capitolo 2.

I dati forniti dall'utente sono essenziali sia per l'esecuzione della comparazione, sia per interrogare correttamente i database integrati in PDC_RISC. Infatti, grazie all'informazione relativa al "CAP" o al "Comune" in cui si colloca l'immobile in analisi, l'algoritmo di PDC_RISC ricava, mediante l'interrogazione dei database "Climatico" e "Irradianza", le caratteristiche meteorologiche ("Anno Tipo") della zona di ubicazione dell'immobile. Come riportato in Figura 3.7, dopo aver determinato l'"Anno Tipo",

PDC_RISC determina i gradi giorno della località di ubicazione dell'immobile e utilizza questa informazione per interrogare il database "Zone Climatiche" e determinare così la zona climatica in cui è ubicata l'abitazione in analisi. Tutte le informazioni appena ricavate/computate vengono conservate nella memoria dell'algoritmo per essere utilizzate in seguito poiché essenziali ai fini del calcolo del comportamento del sistema di riscaldamento basato sulla tecnologia a pompa di calore.

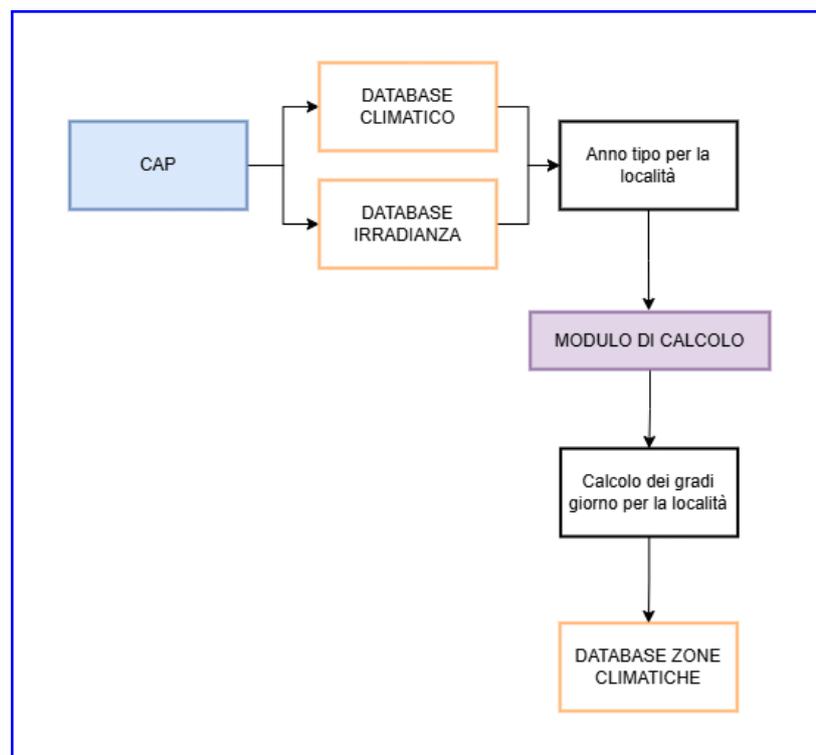


Figura 3.7: Estrapolazione delle informazioni climatiche relative alla zona in cui è situato l'immobile in analisi.

In parallelo all'interrogazione dei database "Climatico", "Irradianza" e "Zone Climatiche", PDC_RISC interroga anche il database "Efficienze" per determinare l'efficienza energetica del sistema di riscaldamento attualmente installato nell'immobile in fase di analisi. Come si evince dal diagramma di flusso riportato in Figura 3.8, per l'interrogazione del database "Efficienze", PDC_RISC necessita dei dati forniti dall'utente (per maggiori informazioni in merito ai dati di input che l'utente deve inserire si faccia

riferimento al Capitolo 2) e relativi (i) all'efficienza della caldaia, (ii) al sistema di regolazione della temperatura interna dell'abitazione, (iii) alle caratteristiche del sistema di distribuzione del calore e (iv) alle caratteristiche geometriche dei radiatori. Con queste informazioni, l'algoritmo determina l'efficienza energetica del sistema di riscaldamento in uso nell'abitazione. Questo valore è di fondamentale importanza per la valutazione dei consumi energetici dell'edificio.

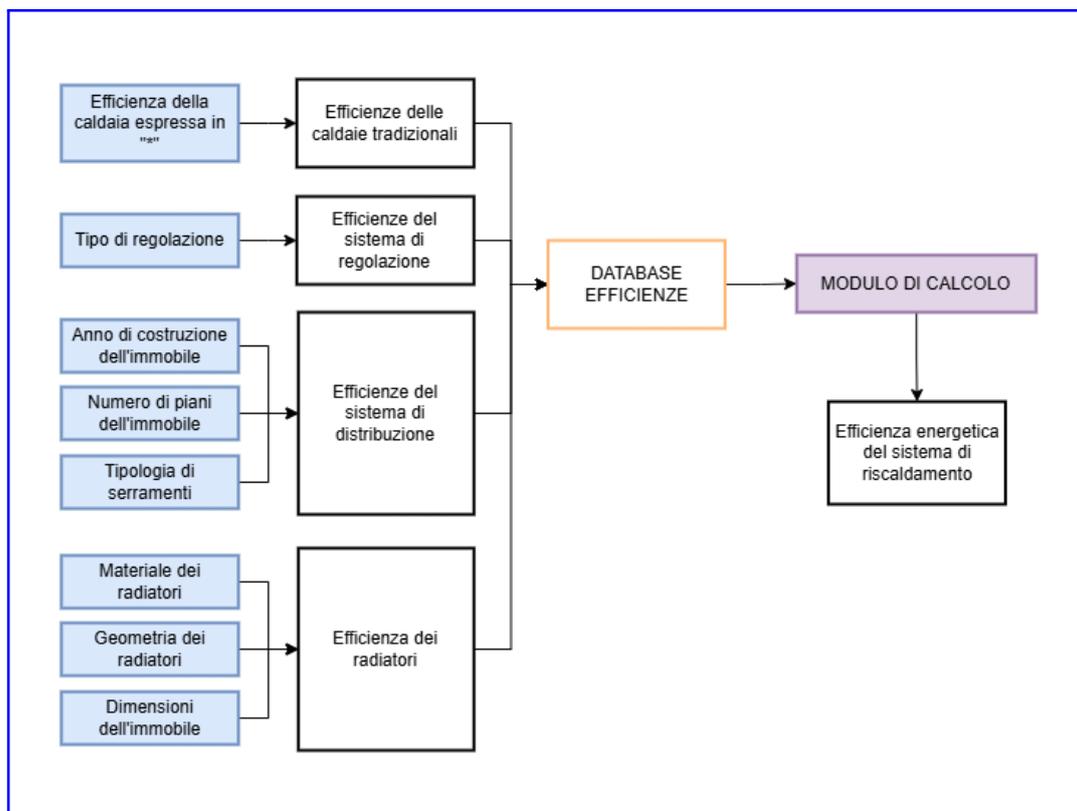


Figura 3.8: Schema di calcolo dell'efficienza energetica del sistema di riscaldamento attualmente installato nell'immobile in analisi.

Prima di procedere con ulteriori computazioni, l'algoritmo interno di PDC_RISC effettua una verifica sul numero di ore in cui il sistema di riscaldamento risulta in funzione. Il valore fornito dall'utente viene confrontato con quello contenuto nel database "Zone Climatiche" e relativo al luogo di ubicazione dell'immobile. Il valore inserito dall'utente non deve eccedere i limiti di legge per la zona climatica in cui è ubicato l'immobile analizzato

(valore contenuto nel database “Zone Climatiche”). Qualora il numero di ore inserite dall’utente ecceda quanto previsto a livello normativo per la zona climatica di interesse, PDC_RISC, ai fini del calcolo, ignora il valore inserito dall’utente e considera il numero di ore massimo di funzionamento previsto dalla normativa per la località considerata. La medesima procedura viene adottata nel caso in cui l’utente indichi di non conoscere la modalità di gestione dell’impianto di riscaldamento oppure dichiarare di mantenere in funzione l’impianto per tutto l’arco della giornata.

In Figura 3.9 si riporta una schematizzazione della procedura operativa interna al web tool PDC_RISC. Dal suddetto diagramma di flusso si evince inoltre che il numero di ore di funzionamento dell’impianto di riscaldamento è un dato essenziale, unitamente ai consumi di combustibile forniti dall’utente tramite le bollette/fatture e al valore dell’efficienza del sistema di riscaldamento ricavato in precedenza da PDC_RISC, per il calcolo della “Firma Energetica” dell’immobile.

L’elaborazione dei valori forniti dall’utente e relativi ai consumi di combustibile rappresenta un punto cruciale nella procedura di calcolo. Maggiore è la precisione con cui questi dati vengono inseriti dall’utente nell’interfaccia web di PDC_RISC, più accurata risulta la comparazione e, di conseguenza, attendibile la valutazione eseguita.

Si noti che, durante la procedura di inserimento dei dati relativi ai consumi di combustibile (si veda il Capitolo 2 - Sezione “Bollette”) viene richiesto all’utente di fornire sia la data di inizio che di fine del periodo di fatturazione, in modo da associare ciascuna bolletta al periodo di riscaldamento corrispondente e, quindi, correlare ogni singola bolletta ai dati climatici contenuti nei database “Zone Climatiche”, “Climatico” e “Irradianza” integrati in PDC_RISC.

Si noti inoltre che l’inserimento dei consumi di combustibile sia del periodo invernale, sia di quello estivo risulta fondamentale poiché consente il computo corretto dei consumi di combustibile associati al solo riscaldamento. Infatti, sottraendo i consumi estivi a quelli invernali si ottiene

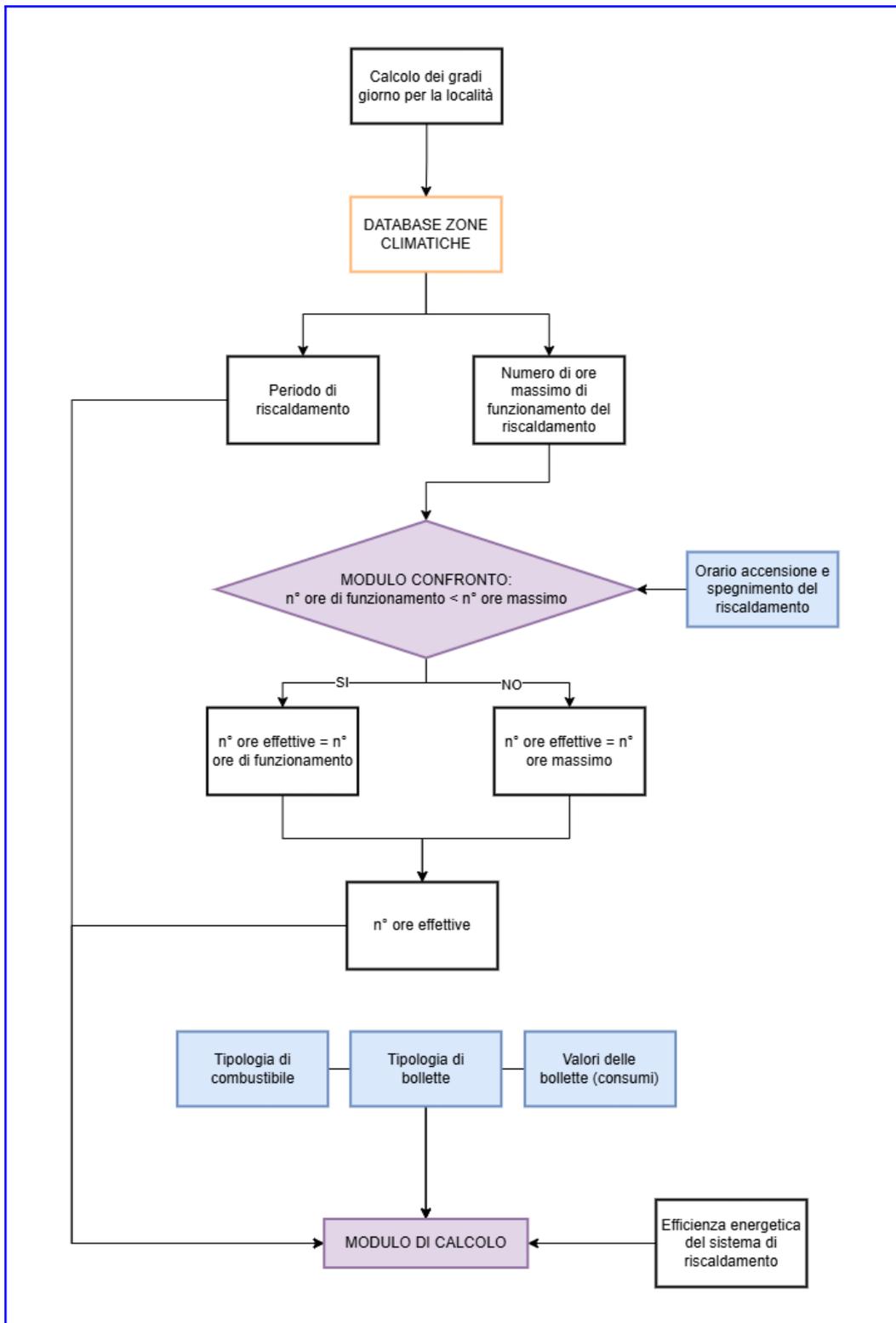


Figura 3.9: Schema adottato dall’algoritmo per verificare il numero di ore di funzionamento dell’impianto di riscaldamento e per calcolare la “Firma Energetica” dell’immobile.

il consumo di combustibile associato al solo riscaldamento poiché si associano i consumi estivi sia alla produzione di acqua calda sanitaria, sia ad uso alimentare (cottura dei cibi). Di conseguenza, utilizzando i valori di consumo del periodo invernale, che a questo punto non includono più le quote di energia impiegate per la produzione di acqua calda sanitaria e, eventualmente, per la cottura dei cibi, l’algoritmo determina la curva oraria di potenza che integrata consente di ottenere il valore di energia termica necessaria per il mantenimento del comfort nell’abitazione durante la stagione di riscaldamento.

Tutti i dati sin qui elaborati da PDC_RISC costituiscono gli input per il modulo di calcolo demandato alla determinazione della “Firma Energetica” dell’immobile.

Con il termine “Firma Energetica” si fa riferimento a uno strumento grafico e analitico che consente di determinare con esattezza i consumi energetici di un edificio. Utilizzando la “Firma Energetica” è possibile definire la richiesta massima dell’edificio, corrispondente alla temperatura esterna minima.

Lo schema di calcolo implementato in PDC_RISC per determinare la “Firma Energetica” viene presentato in Figura 3.10.

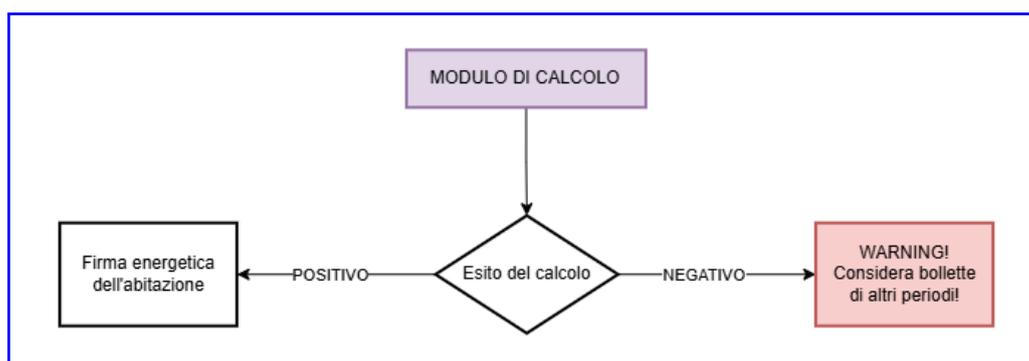


Figura 3.10: Schema adottato dall’algoritmo interno di PDC_RISC per calcolare la “Firma Energetica” dell’immobile.

La taglia della pompa di calore che può sostituire la caldaia tradizionale senza modificare né i corpi scaldanti, né il sistema di distribuzione del ca-

lore, viene scelta in modo tale da coprire il carico termico dell'edificio nella condizione di massima richiesta.

Mediante l'interrogazione del database "Pompe di calore", PDC_RISC individua la taglia adatta al caso in analisi e definisce le prestazioni energetiche della macchina, necessarie per il calcolo dei consumi energetici. L'algoritmo opera secondo lo schema riportato in Figura 3.11.

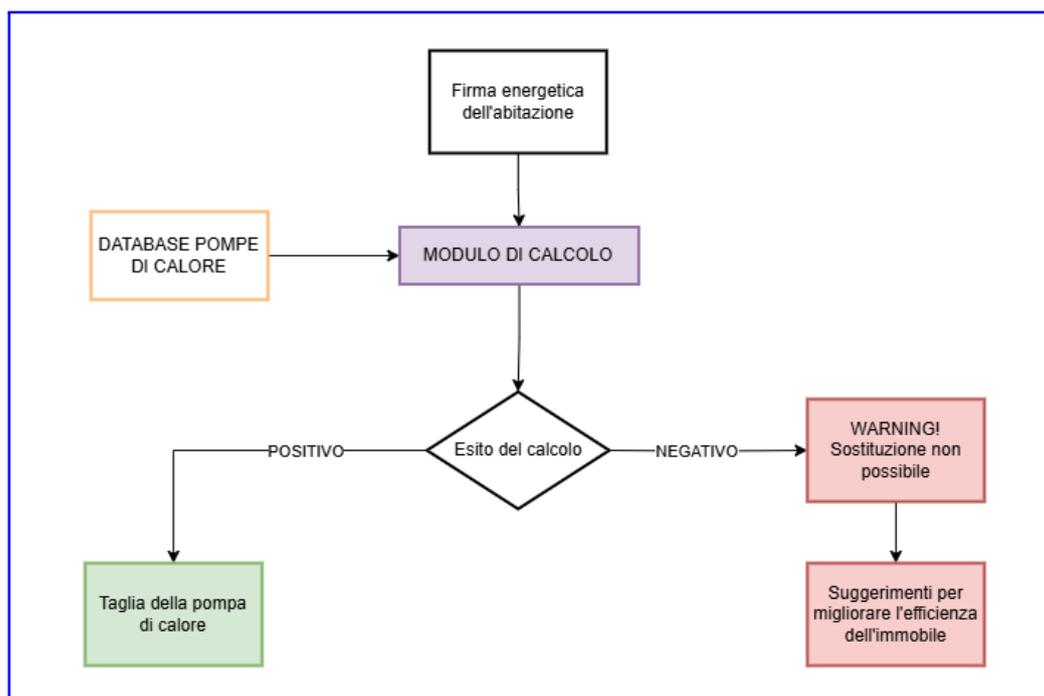


Figura 3.11: Schema adottato dall'algoritmo interno di PDC_RISC per determinare la taglia della pompa di calore.

Qualora i valori inseriti dall'utente non siano precisi o presentino delle incongruenze che danno luogo a consumi non in linea con le temperature esterne della località di ubicazione dell'immobile, l'algoritmo restituisce un risultato negativo e l'utente viene invitato a verificare i valori inseriti. Il messaggio di "avvertimento" viene visualizzato in un'apposita pagina web in cui l'utente viene indirizzato al termine della fase di calcolo.

Nel caso in cui nessuna pompa di calore sia in grado di soddisfare i fabbisogni termici dell'edificio considerato, il codice, anche in questo caso, restituisce un risultato negativo. L'interfaccia web di PDC_RISC provve-

de quindi ad inviare l'utente in una pagina web contenente un messaggio che riporta alcuni suggerimenti di intervento da porre in essere per migliorare le prestazioni energetiche dell'immobile. Tali interventi potrebbero comportare la riduzione della domanda di energia dell'abitazione e quindi consentire la sostituzione della caldaia tradizionale con la pompa di calore. Indipendentemente dal risultato dell'analisi, PDC_RISC genera un report che riporta sia i risultati dell'analisi, sia i dati inseriti dall'utente.

Il modulo di calcolo che fornisce all'utente i risultati della comparazione (per semplicità denominati "output") opera secondo lo schema riportato in Figura 3.12. Per ragioni di chiarezza espositiva, l'analisi dettagliata dei valori forniti in output da PDC_RISC viene presentata nel Capitolo 4.

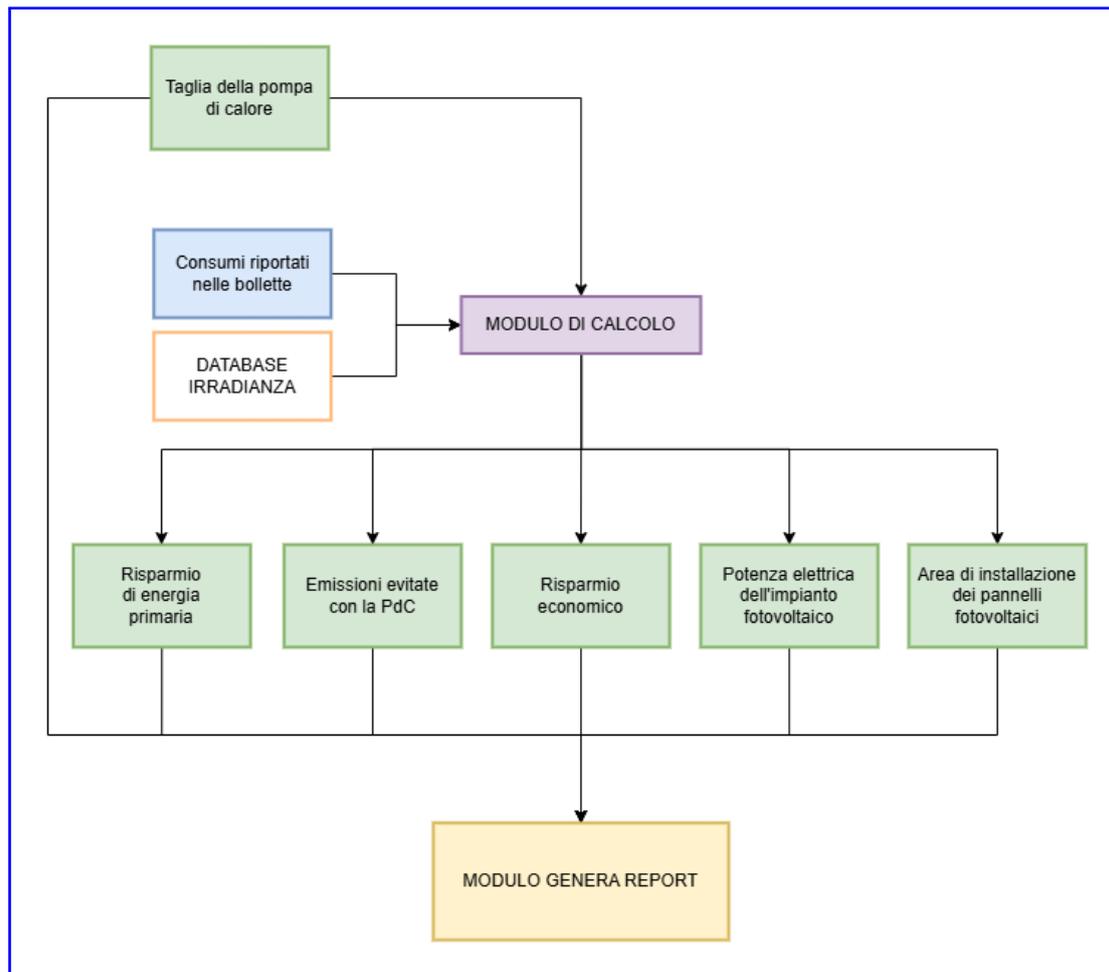


Figura 3.12: Schema adottato dall'algorithm per determinare gli output dell'analisi.

Si noti che risulta di fondamentale importanza per la corretta analisi dei risultati ottenuti specificare alcuni valori scelti per le computazioni interne all'algoritmo implementato nel web tool PDC_RISC. Tali scelte influenzano i valori quantitativi di output e, per una corretta interpretazione dei risultati, è necessario considerare le possibili oscillazioni nel tempo di alcuni parametri. A titolo di esempio si faccia riferimento ai prezzi dei combustibili o quelli dell'energia elettrica acquistata o venduta attraverso la rete. Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica viene assunto pari a 0.102 €/kWh: valore medio del PUN (Prezzo Unico Nazionale) nel 2024 (valore computato dai dati forniti dal GME - Gestore Mercati Energetici - Novembre 2024). Per quel che concerne invece la quantità di CO₂ emessa per unità di kWh caratterizzante il parco di generazione italiano si assume il valore di 0.280 kg/kWh (fonte: ISPRA).

In Tabella 3.1 vengono riportati i valori impiegati per ogni combustibile in termini di costo, emissioni di CO₂ equivalenti, potere calorifico inferiore (PCI) e fattore di utilizzo per l'energia primaria (f).

| Combustibile | Costo | CO₂ emessa | PCI | f |
|---------------------|-----------------------|---|---------------------------|----------|
| Gas Naturale | 0.4 €/Sm ³ | 0.202 kg _{CO₂} /kWh | 10.94 kWh/Sm ³ | 1.05 |
| Legna | 0.2 €/kg | 0.403 kg _{CO₂} /kWh | 4 kWh/kg | 0.2 |
| Pellet | 0.6 €/kg | 0.403 kg _{CO₂} /kWh | 4.6 kWh/kg | 0.2 |
| GPL | 0.8 €/l | 0.227 kg _{CO₂} /kWh | 6.66 kWh/l | 1.05 |
| Gasolio | 1.3 €/l | 0.267 kg _{CO₂} /kWh | 10.3 kWh/l | 1.07 |

Tabella 3.1: Valori dei parametri adottati per ogni combustibile.

Capitolo 4

I risultati forniti da PDC_RISC

Una volta completato l'inserimento dei dati di input secondo le specifiche presentate nel Capitolo 2 e cliccato sul pulsante denominato "Calcola", PDC_RISC esegue le operazioni descritte nel Capitolo 3. La fase di calcolo, a seconda della velocità della connessione internet, della versione del browser e dello stato di affollamento del server in cui è allocato PDC_RISC, presenta una durata variabile da qualche secondo a qualche minuto. Al termine della stessa PDC_RISC indirizza l'utente a una pagina web dedicata alla presentazione dei risultati della comparazione.

Il principale risultato dell'analisi è rappresentato ovviamente dalla possibilità o meno di sostituire la caldaia con una pompa di calore.

Nel caso in cui la sostituzione sia possibile, PDC_RISC fornisce una stima della taglia della pompa di calore da installare in sostituzione della caldaia tradizionale.

Oltre alla taglia della pompa di calore, nell'ottica di guidare l'utente nella valutazione dei benefici offerti dalla sostituzione della caldaia con la pompa di calore stessa, PDC_RISC fornisce cinque ulteriori stime.

1. Stima del risparmio di energia primaria conseguente alla sostituzione della caldaia con una pompa di calore.

2. Stima delle emissioni di CO₂ equivalente evitate grazie all'installazione della pompa di calore.
3. Stima del risparmio economico derivante dall'utilizzo della pompa di calore per il riscaldamento dell'immobile rispetto all'impiego della caldaia tradizionale.
4. Stima della potenza di picco dell'impianto fotovoltaico da installare per soddisfare il fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore per il solo periodo di riscaldamento.
5. Stima della superficie da destinare all'installazione di pannelli fotovoltaici per coprire il fabbisogno elettrico della pompa di calore nel periodo di riscaldamento.

E' importante sottolineare nuovamente come i risultati ottenuti possano essere influenzati sia dallo stato dell'arte, sia da oscillazioni del mercato dei combustibili e dell'energia elettrica. Ne consegue che nel caso si voglia procedere ad un confronto sistematico dei risultati, si debba tenere conto delle possibili oscillazioni, nel particolare periodo di riferimento, dei valori delle grandezze scelte.

Per quel che concerne la stima delle dimensioni dell'impianto fotovoltaico, la superficie da coprire con i pannelli fotovoltaici si deduce dal calcolo della potenza di picco del sistema in grado di soddisfare la totalità della richiesta di energia elettrica della pompa di calore nel solo periodo di riscaldamento. La potenza stimata non comprende il soddisfacimento dell'eventuale fabbisogno di acqua calda sanitaria o di condizionamento estivo. Tale valore viene calcolato sulla base dell'energia che i singoli pannelli commerciali sono in grado di produrre nella specifica località di installazione dell'immobile. Il valore non tiene conto né della superficie effettivamente disponibile e dedicabile all'installazione dei pannelli, né l'eventuale esposizione e orientazione dell'unità abitativa. Si noti inoltre che, considerando le attuali

direttive in materia di impianti fotovoltaici, la potenza minima dell'impianto viene imposta pari a 1 kW. Tale potenza risulta essere la potenza minima installabile per legge considerando il limite inferiore della superficie dell'unità abitativa (28 m²) e un intervento di riqualificazione di un immobile esistente. Di conseguenza, considerando una potenza nominale di 250 W per ciascun pannello fotovoltaico, PDC_RISC determina la superficie dell'impianto stesso.

Si precisa ancora una volta che PDC_RISC stima sia la potenza che la superficie dell'impianto fotovoltaico considerando il soddisfacimento del fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore in configurazione di solo riscaldamento. Sarà quindi necessario richiedere l'intervento di un tecnico specializzato per determinare la fattibilità tecnica dell'installazione in conformità con le normative vigenti e la convenienza economica dell'investimento.

Qualora non risulti possibile sostituire la caldaia con la pompa di calore, PDC_RISC fornisce una lista di interventi che, se posti in essere, potrebbero migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio e, di conseguenza, consentire la sostituzione della caldaia con la pompa di calore.

Le proposte di intervento previste in PDC_RISC sono tre.

1. Miglioramento degli infissi e dei serramenti. Sostituendo gli infissi a singolo vetro con infissi a vetro multiplo, si riducono le dispersioni di calore verso l'ambiente esterno. In questo modo la domanda di energia per il riscaldamento diminuisce.
2. Miglioramento dell'isolamento termico delle pareti mediante l'installazione di un isolamento a cappotto. La possibilità di incrementare l'isolamento delle pareti esterne dell'unità abitativa permette di ridurre le perdite di calore verso l'ambiente esterno. In questo modo il consumo energetico durante il periodo di riscaldamento diminuisce. Si hanno degli effetti positivi anche durante il periodo di raf-

frescamento: una maggiore resistenza termica delle pareti comporta una riduzione del calore in ingresso.

3. Coibentazione di tetto o pavimenti: anche in questo caso si aumenta la resistenza al passaggio del calore sia nei periodi freddi che in quelli caldi, riducendo la richiesta di calore da parte del sistema di riscaldamento.

Si noti che nella pagina web che riassume i risultati dell'analisi è presente un pulsante denominato "Genera Report". Cliccando su tale pulsante, l'utente genera un report in formato PDF che riporta sia i risultati della comparazione, sia i dati di input inseriti. L'utente può quindi salvare il report e disporre così dei risultati dell'analisi svolta. Se durante la consultazione del report l'utente desidera apportare delle modifiche ai dati inseriti, l'interfaccia web di PDC_RISC lo consente poiché interamente navigabile. Non è possibile effettuare modifiche ai dati inseriti dopo la chiusura della pagina web di PDC_RISC. In questo caso, l'utente dovrà reinserire i dati di input e svolgere nuovamente la comparazione.

Il report generato viene conservato anche nei server in cui è allocato PDC_RISC per fini statistici e analisi degli impatti del progetto di ricerca. Proseguendo la consultazione del presente manuale, al Capitolo 5 vengono presentati una serie di esempi di utilizzo del web tool PDC_RISC.

Capitolo 5

L'interfaccia utente di PDC_RISC e cinque casi studio.

In questo Capitolo vengono presentati sia l'interfaccia grafica del web tool PDC_RISC che cinque casi studio. In particolare, essendo presenti diversi combustibili e opzioni per le bollette/fatture del combustibile gassoso, nel seguito si riportano prima quattro casi studio nei quali risulta possibile la sostituzione della caldaia tradizionale con la pompa di calore (combustibile solido: legna, combustibile liquido: GPL, combustibile gassoso: gas naturale con fatturazione mensile e bimestrale), poi un caso studio in cui la caldaia tradizionale non può essere sostituita con la pompa di calore (combustibile gassoso: gas naturale con fatturazione mensile).

L'utente, una volta raggiunta tramite browser web la "Home page" del web tool PDC_RISC (Figura 5.1) può scaricare il presente manuale utente e prendere visione sia del team di lavoro che ha sviluppato il web tool PDC_RISC, sia del programma di ricerca all'interno del quale il web tool si inserisce.



Figura 5.1: Home page del web tool PDC_RISC.

5.1 Caso Studio 1: gas naturale, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale

Il primo caso studio si riferisce ad una villetta singola soggetta a riqualificazione energetica con interventi di “isolamento del tetto” e “isolamento a cappotto”, che presenta un sistema di riscaldamento con caldaia a gas naturale abbinata a radiatori e bollette contabilizzate con cadenza mensile. L’unità abitativa, costruita nel 1984, è situata nel comune di Teolo in provincia di Padova.

L’utente, una volta raggiunta tramite browser web la “Home page” del web tool PDC_RISC (Figura 5.1) e avviata la comparazione mediante il tasto “Inizia la comparazione”, viene informato della necessità di verificare che l’immobile da analizzare soddisfi i requisiti richiesti da PDC_RISC (Figura 5.2) per essere utilizzato. Cliccando quindi sul tasto “Prosegui”, l’utente viene inviato alla pagina web dedicata alla verifica dei requisiti e denominata “Requisiti Preliminari” (Figura 5.3).

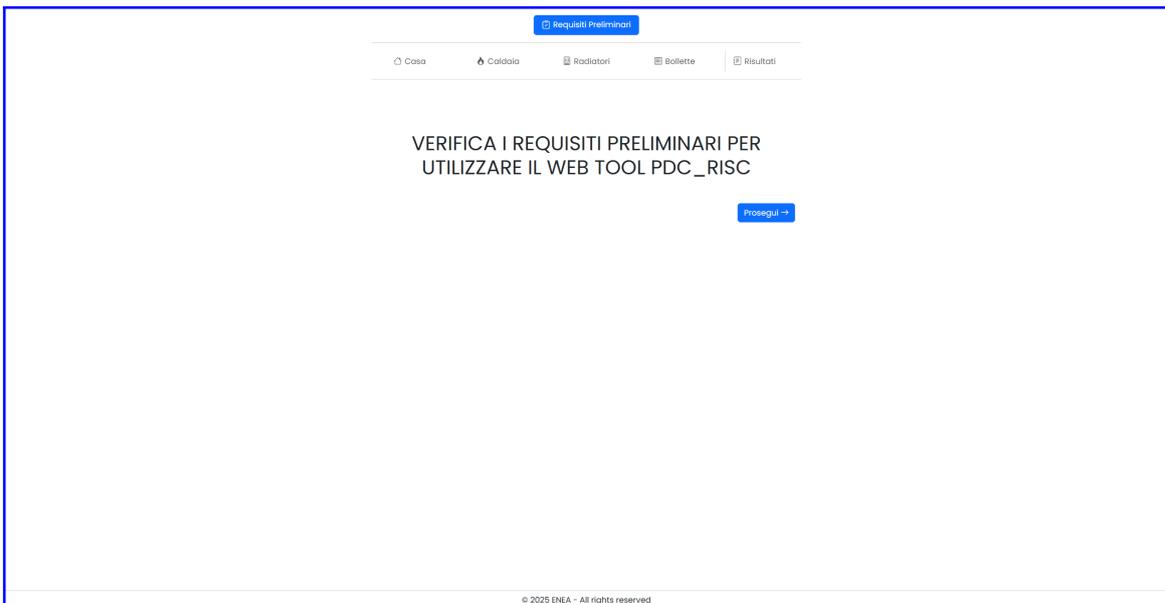


Figura 5.2: Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC.

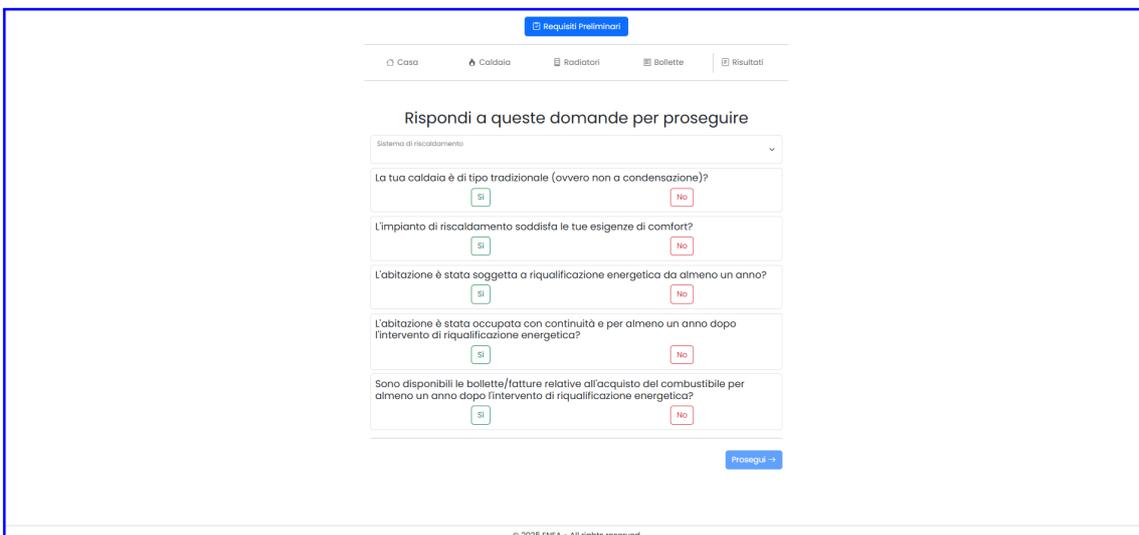


Figura 5.3: Pagina web dedicata alla verifica dei sei "Requisiti Preliminari" richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

Come precedentemente descritto, nel caso studio selezionato, si considera una villetta singola. Essa è situata nel comune di Teolo in provincia di Padova e presenta una caldaia tradizionale alimentata a gas naturale. L'a-

bitazione è stata oggetto di interventi di riqualificazione che hanno portato all'isolamento dell'immobile tramite cappotto e coibentazione del soffitto. L'edificio soddisfa le attuali esigenze degli utenti in termini di riscaldamento ed è stato abitato con continuità per almeno 12 mesi dopo l'intervento di riqualificazione. Pertanto, si dispone delle bollette per un periodo di almeno 12 mesi.

Come si evince da Figura 5.4, l'inserimento dei suddetti dati porta all'asseverazione dei "Requisiti preliminari". Quindi, l'immobile selezionato è idoneo e può essere eseguita la comparazione a valle dell'inserimento dei dati richiesti dal web tool.

Cliccando sul pulsante "Prosegui" posto in basso a destra, il web tool indirizza l'utente alla pagina dedicata alla raccolta dei dati relativi all'unità abitativa (Sezione "Casa").

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

Interventi eseguiti
Cappotto Sottintelo soffitti e tetti

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui ->

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.4: Pagina web dedicata alla verifica dei "Requisiti preliminari" - Caso di totale asseverazione.

Come detto, nel caso ivi presentato, si fa riferimento ad un immobile (Villetta singola) ubicato nel comune di Teolo (provincia di Padova). L'immobile è stato costruito nel 1984. I serramenti installati sono del tipo a doppio

vetro. Per quanto riguarda l'altezza delle stanze, invece, essa è pari a 2.70 m mentre la superficie dell'immobile è pari a 240 m².

Figura 5.5 presenta i campi compilati con i dati relativi all'immobile in analisi.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Casa”.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune 35037 Teolo

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno 1984

Tipologia Serramenti

Villetta singola Doppio vetro

Metraglia Altezza interna stanze

250 m² 2.7 m

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.5: Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

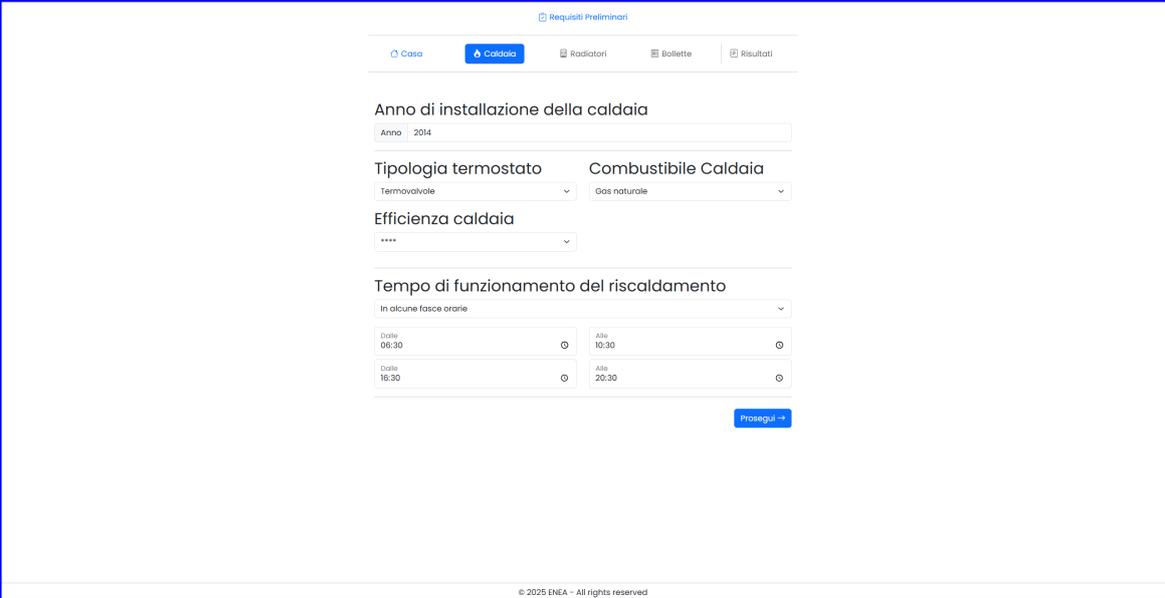
Cliccando sul pulsante “Prosegui”, il web tool indirizza l'utente alla sezione “Caldaia”.

Nel caso in esame, la caldaia è a gas naturale ed è stata installata nel 2014. Si tratta di una caldaia tradizionale con un'efficienza pari a 4 stelle.

Il sistema di regolazione prevede delle termovalvole, installate su ciascun radiatore, e il riscaldamento viene acceso in due fasce orarie: una al mattino (dalle 6:30 alle 10:30) e una alla sera (dalle 16:30 alle 20:30).

Figura 5.6 presenta i campi debitamente compilati nella sezione “Caldaia”.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Caldaia”.



The screenshot shows a web form titled "Requisiti Preliminari" with a navigation bar containing "Casa", "Caldaia", "Radiatori", "Bollette", and "Risultati". The "Caldaia" section is active. The form includes the following fields:

- Anno di installazione della caldaia: Anno 2014
- Tipologia termostato: Termovalvole
- Combustibile Caldaia: Gas naturale
- Efficienza caldaia: ****
- Tempo di funzionamento del riscaldamento: In alcune fasce orarie
- Time slots: 06:30 - 10:30 and 16:30 - 20:30

A "prosegui" button is located at the bottom right of the form. The footer of the page reads "© 2025 DNEA - All rights reserved".

Figura 5.6: Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi al generatore di calore, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla caratterizzazione dei corpi scaldanti (Sezione “Radiatori”). Si ricordi che, in questa pagina web, si devono inserire tutti i dati (geometria, numero di elementi e materiale) dei radiatori installati nell’immobile in analisi.

L’abitazione in analisi presenta 11 radiatori. In particolare, sei radiatori sono in acciaio mentre cinque sono in ghisa. I sei radiatori in acciaio presentano tutti 13 elementi, una lunghezza di 130 cm e un’altezza di 90 cm. I cinque radiatori in ghisa, invece, presentano tutti 10 elementi di lunghezza 200 cm e altezza 90 cm.

Figura 5.7 presenta i campi compilati della sezione “Radiatori” con i dati del caso studio.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Radiatori”.

The screenshot shows a web interface for configuring radiators. At the top, there is a navigation bar with 'Requisiti Preliminari' and tabs for 'Casa', 'Caldaia', 'Radiatori', 'Bollette', and 'Risultati'. The main section is titled 'Tipologia dei radiatori' and contains two configuration cards. The first card is for 'Acciaio' (Steel) radiators, with a quantity of 6 and 13 elements. The second card is for 'Ghisa' (Cast Iron) radiators, with a quantity of 5 and 10 elements. Both cards show a length of 200 cm and a height of 90 cm. A 'Prosegui' button is located at the bottom right of the configuration area. The footer of the page reads '© 2025 ENEA - All rights reserved'.

Figura 5.7: Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi ai corpi scaldanti, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati relativi ai consumi di combustibile (Sezione “Bollette”).

Si ricordi che i consumi andranno inseriti in modo diverso a seconda della tipologia di combustibile adottato, ma i dati che vengono richiesti devono coprire un intero anno solare (12 mesi).

Essendo il combustibile gas naturale, compare una pagina di selezione della modalità di inserimento dei dati relativi ai consumi in termini di bollette mensili oppure bimestrali, come si può osservare in Figura 5.8.

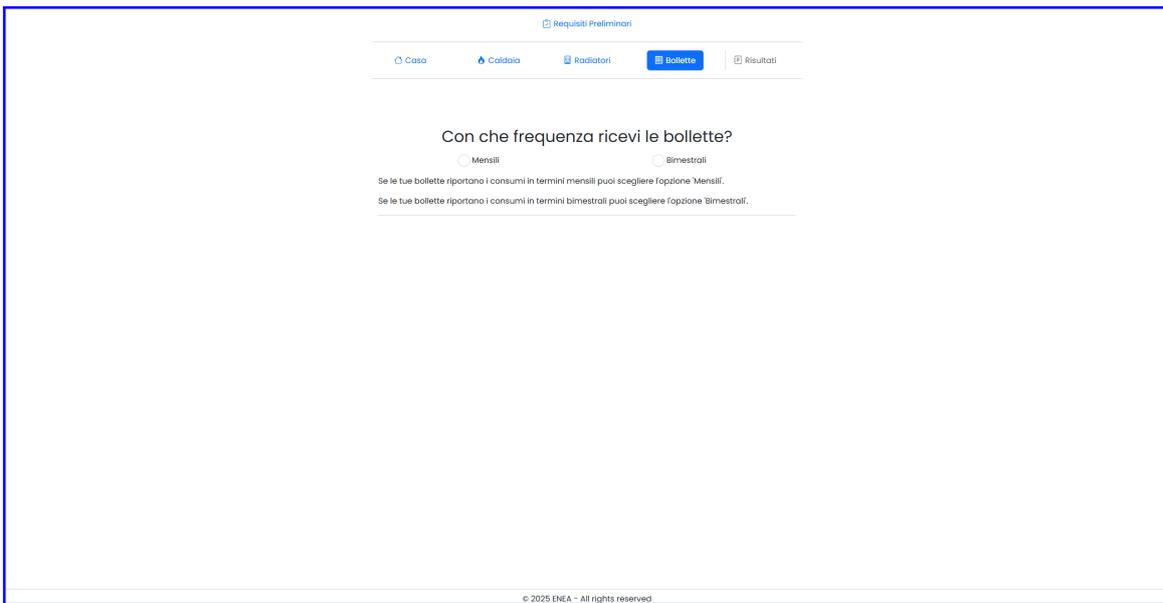


Figura 5.8: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla selezione della cadenza con la quale vengono fatturati i consumi di combustibile.

Nel caso in analisi, la fatturazione presenta una cadenza mensile, quindi, selezionando tale opzione, il web tool indirizza l'utente a una pagina web dedicata alla raccolta dei dati con cadenza mensile (si veda Figura 5.9).

Sempre Figura 5.9 riporta i dati di consumo inseriti per i vari mesi per il caso in esame. Si ricordi che i consumi di gas naturale devono essere espressi in Standard metri cubi.

Essendo i dati inseriti correttamente nei vari campi del web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Calcola” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Bollette”.

| Anno: 2023 | |
|------------|--------|
| gennaio | 280 m³ |
| febbraio | 220 m³ |
| marzo | 150 m³ |
| aprile | 120 m³ |
| maggio | 100 m³ |
| giugno | 50 m³ |
| luglio | 45 m³ |
| agosto | 30 m³ |
| settembre | 60 m³ |
| ottobre | 70 m³ |
| novembre | 130 m³ |
| dicembre | 250 m³ |

Figura 5.9: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla raccolta dei consumi su base mensile per il caso in esame.

Cliccando sul pulsante “Calcola”, PDC_RISC avvia la comparazione. Durante le operazioni di calcolo, che di norma hanno una durata di qualche secondo, appare in alto a destra un modulo di dialogo denominato “Calcolo in corso” che mostra il processo di avanzamento delle computazioni. Questo modulo è di norma non visibile data la celerità delle computazioni. Il messaggio, di norma, risulta visibile solo nel caso di connessioni estremamente lente.

Al termine delle operazioni di calcolo, PDC_RISC indirizza l'utente alla pagina web denominata "Risultati".

In particolare, se la comparazione ha esito positivo come nel caso in esame, la pagina web "Risultati" si presenta come in Figura 5.10 e mostra chiaramente la possibilità di sostituire la caldaia tradizionale con la pompa di calore mediante il messaggio "Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC."

Si noti che, nel caso in cui la comparazione abbia esito negativo, PDC_RISC indirizza l'utente alla pagina web "Risultati" riportata in Figura 5.11. Essa è facilmente identificabile grazie al messaggio riportato: "Spiacenti! Non è possibile la sostituzione della caldaia con la PDC".

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

Secondo le nostre stime

| | |
|---|---------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 6 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annuale) | 5266 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emessa all'anno) | 444 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 148 €/anno |

Impianto fotovoltaico

Puoi ridurre ancora costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinai alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzando l'autoconsumo.

| | |
|---|-------------------|
| Potenza di picco | 2 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 11 m ² |

⚠ Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

⚠ Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Ricomincia Scarica Report

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.10: Pagina web della sezione "Risultati" per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile.

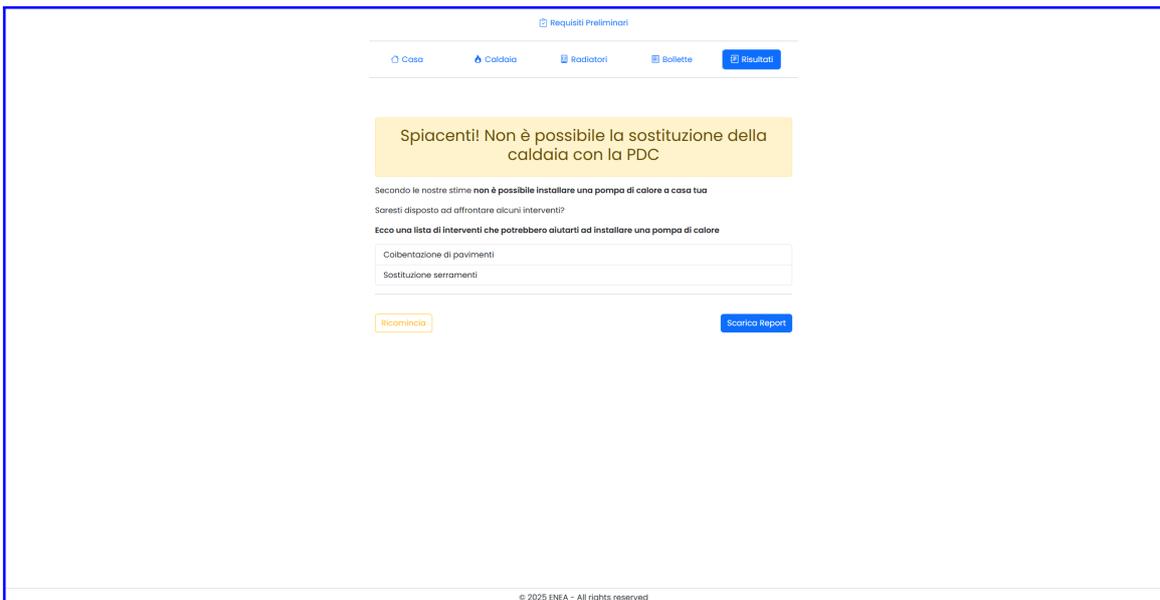


Figura 5.11: Pagina web della sezione “Risultati” per un generico caso in cui non sia possibile effettuare la sostituzione della caldaia tradizionale con la pompa di calore.

Essendo per il caso in esame possibile sostituire la caldaia tradizionale con la pompa di calore, la pagina web della sezione “Risultati” (Figura 5.10) presenta le informazioni riguardanti sia la taglia della pompa di calore suggerita per coprire i fabbisogni energetici dell’immobile analizzato, sia le stime di risparmio energetico ed economico unitamente a dati di targa di un impianto fotovoltaico in grado di soddisfare il fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore per il periodo di riscaldamento.

I risultati riportati in questa sezione del web tool possono essere scaricati dall’utente utilizzando il pulsante “Genera report” presente in basso a destra della pagina web.

Il report relativo al caso studio viene riportato in Figura 5.12. Si noti che il report riassume sia i risultati della comparazione, sia i dati di input inseriti dall’utente.

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

POMPA DI CALORE PER RISCALDAMENTO AMBIENTI

PDC_RISC

Valutazione della sostituzione della caldaia a combustibile con una pompa di calore elettrica per riscaldare gli ambienti

Secondo le nostre stime

| | |
|---|---------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 6 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annua) | 5266 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emesse all'anno) | 444 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 148 €/anno |

Impianto fotovoltaico
Puoi ridurre ancora i costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinati alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzando l'autoconsumo.

| | |
|---|------------------|
| Potenza di picco | 2 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 8 m ² |

Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Input - Casa

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune: 35037 Teolo

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno: 1984

Tipologia: Serramenti:

Villetta singola Doppio vetro

Metraglia: Altezza interna stanze:

250 m² 2,7 m

Input - Caldaia

Anno di installazione della caldaia: Anno: 2014

Tipologia termostato: Combustibile Caldaia:

Termovalvole: Gas naturale:

Efficienza caldaia:

Tempo di funzionamento del riscaldamento
In alcune fasce orarie

| | | |
|--------|-----|-------|
| Orario | dal | alla |
| 06:30 | | 10:30 |
| 16:30 | | 20:30 |

Input - Radiatori

Tipologia dei radiatori

Acacia

Quantità: 6

N. elementi: 13

L: 200 cm H: 90 cm

Ghisa

Quantità: 5

N. elementi: 10

L: 200 cm H: 90 cm

Input - Bollette

Con che frequenza ricevi le bollette?

Mensili Bimestrali

Se le tue bollette riportano i consumi in termini mensili puoi scegliere l'opzione 'Mensili'.
Se le tue bollette riportano i consumi in termini bimestrali puoi scegliere l'opzione 'Bimestrali'.

| Anno: 2021 | |
|------------|---------------------|
| gennaio | 280 sm ³ |
| febbraio | 220 sm ³ |
| marzo | 150 sm ³ |
| aprile | 120 sm ³ |
| maggio | 100 sm ³ |
| giugno | 50 sm ³ |
| luglio | 45 sm ³ |
| agosto | 30 sm ³ |
| settembre | 60 sm ³ |
| ottobre | 100 sm ³ |
| novembre | 130 sm ³ |
| dicembre | 250 sm ³ |

Dip. Ingegneria Industriale - Università di Padova

Prof. Giovanni Cavazzini
Prof. Alberto Bellato
Ing. Simone Piccollo
Ing. Edoardo Sech

ENEA
Ing. Nicolò Maria Calabrese
Ing. Domenico Iannaro
Ing. Carmen Lavina

NablaWave
PhD. Andrea Dal Monte
PhD. Dimitris Stoups
Ing. Valerio Giacomini

Figura 5.12: Report scaricabile ed archiviabile dall'utente a valle della comparazione.

5.2 Caso Studio 2: gas naturale, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza bimestrale e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale

Il secondo caso studio si riferisce ad un appartamento sito in un condominio di due piani. L'immobile si trova a Livorno ed è stato costruito nel 1987. L'unità abitativa è stata oggetto di un intervento di riqualificazione energetica con interventi di sostituzione degli infissi e di installazione della coibentazione del soffitto e dei pavimenti. Il sistema di riscaldamento è dotato di una caldaia a gas naturale abbinata a radiatori e l'intervallo di fatturazione dei consumi ha cadenza bimestrale.

L'utente, una volta raggiunta tramite browser web la "Home page" del web tool PDC_RISC (Figura 5.13) e avviata la comparazione mediante il tasto "Inizia la comparazione", viene informato della necessità di verificare che l'immobile da analizzare soddisfi i requisiti richiesti da PDC_RISC (Figura 5.14) per essere utilizzato. Cliccando quindi sul tasto "Prosegui", l'utente viene inviato alla pagina web dedicata alla verifica dei requisiti e denominata "Requisiti Preliminari" (Figura 5.15).



Figura 5.13: Home page del web tool PDC_RISC.



Figura 5.14: Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC.

Come precedentemente descritto, nel caso studio selezionato, si considera un appartamento allocato in un condominio di due piani dove il sistema di riscaldamento è dotato di una caldaia tradizionale alimentata a gas na-

Figura 5.15: Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

tuale. I terminali di impianto sono radiatori e il sistema di riscaldamento soddisfa le esigenze di comfort dell’utente. Gli interventi di riqualificazione energetica hanno riguardato gli infissi e l’isolamento del soffitto e dei pavimenti. L’edificio soddisfa le attuali esigenze degli utenti in termini di riscaldamento ed è stato abitato con continuità per almeno 12 mesi dopo l’intervento di riqualificazione. Pertanto, si dispone delle bollette per un periodo di almeno 12 mesi.

Come si evince da Figura 5.16, l’inserimento dei suddetti dati porta all’asseverazione dei “Requisiti preliminari”. Quindi, l’immobile selezionato è idoneo e può essere eseguita la comparazione a valle dell’inserimento dei dati richiesti dal web tool.

Cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina dedicata alla raccolta dei dati relativi all’unità abitativa (Sezione “Casa”).

The screenshot shows a web interface for 'Requisiti Preliminari' (Preliminary Requirements). The navigation bar includes 'Casa', 'Caldaia', 'Radiatori', 'Bollette', and 'Risultati'. The main heading is 'Rispondi a queste domande per proseguire'. The form contains the following questions and answers:

- System of heating: Caldaia accoppiata a radiatori
- La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)? **SI**
- L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort? **SI**
- L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno? **SI**
- Interventi eseguiti: Serramenti atermici, Involucro ottimo e molto
- L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica? **SI**
- Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica? **SI**

A 'Prosegui' button is located at the bottom right of the form area. The footer indicates '© 2025 ENEA - All rights reserved'.

Figura 5.16: Pagina web dedicata alla verifica dei “Requisiti preliminari” - Caso di totale asseverazione.

Come detto, nel caso ivi presentato, si fa riferimento ad un immobile (appartamento) ubicato nel comune di Livorno. L’immobile è stato costruito nel 1987. I serramenti installati sono del tipo a doppio vetro. Per quanto riguarda l’altezza delle stanze, invece, essa è pari a 2.80 m mentre la superficie dell’immobile è pari a 100 m².

Figura 5.17 presenta i campi compilati con i dati relativi all’immobile in analisi.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Casa”.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune 57121 Livorno

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno 1987

Tipologia Appartamento in condominio a due piani

Serramenti Doppio vetro

Metraglia 100 m²

Altezza interna stanze 2,8 m

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.17: Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Prosegui”, il web tool indirizza l’utente alla sezione “Caldaia”.

Nel caso in esame, la caldaia è a gas naturale ed è stata installata nel 2000. Si tratta di una caldaia tradizionale con un’efficienza pari a 2 stelle.

Il sistema di regolazione è di tipo centralizzato, i corpi scaldanti sono radiatori e il riscaldamento viene acceso in due fasce orarie: una al mattino (dalle 6:00 alle 12:00) e una alla sera (dalle 18:00 alle 23:00).

Figura 5.18 presenta i campi debitamente compilati nella sezione “Caldaia”.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Caldaia”.

Figura 5.18: Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi al generatore di calore, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla caratterizzazione dei corpi scaldanti (Sezione “Radiatori”). Si ricordi che, in questa pagina web, si devono inserire tutti i dati (geometria, numero di elementi e materiale) dei radiatori installati nell’immobile in analisi.

L’abitazione in analisi presenta 11 radiatori. In particolare, otto radiatori sono in ghisa mentre tre sono in acciaio. I radiatori in ghisa presentano tutti 10 elementi, una lunghezza di 110 cm e un’altezza di 95 cm. I radiatori in acciaio, invece, presentano tutti 8 elementi di lunghezza 80 cm e altezza 95 cm.

Figura 5.19 presenta i campi compilati della sezione “Radiatori” con i dati del caso studio.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Radiatori”.

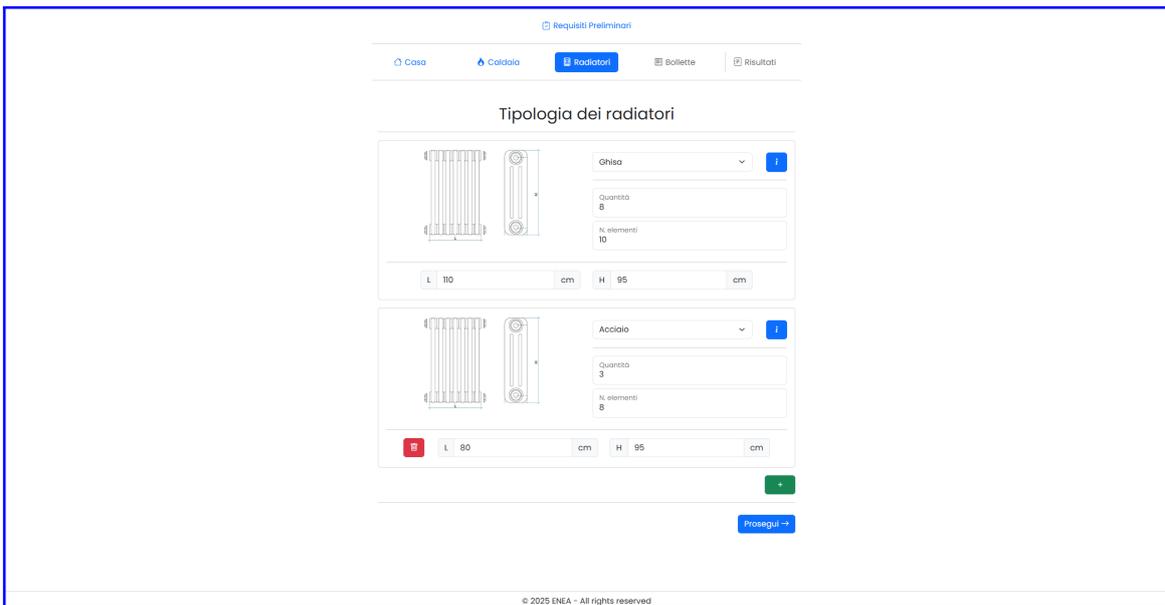


Figura 5.19: Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi ai corpi scaldanti, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati relativi ai consumi di combustibile (Sezione “Bollette”).

Essendo il combustibile gas naturale, compare una pagina di selezione della modalità di inserimento dei dati relativi ai consumi in termini di bollette mensili oppure bimestrali, come si può osservare in Figura 5.20.

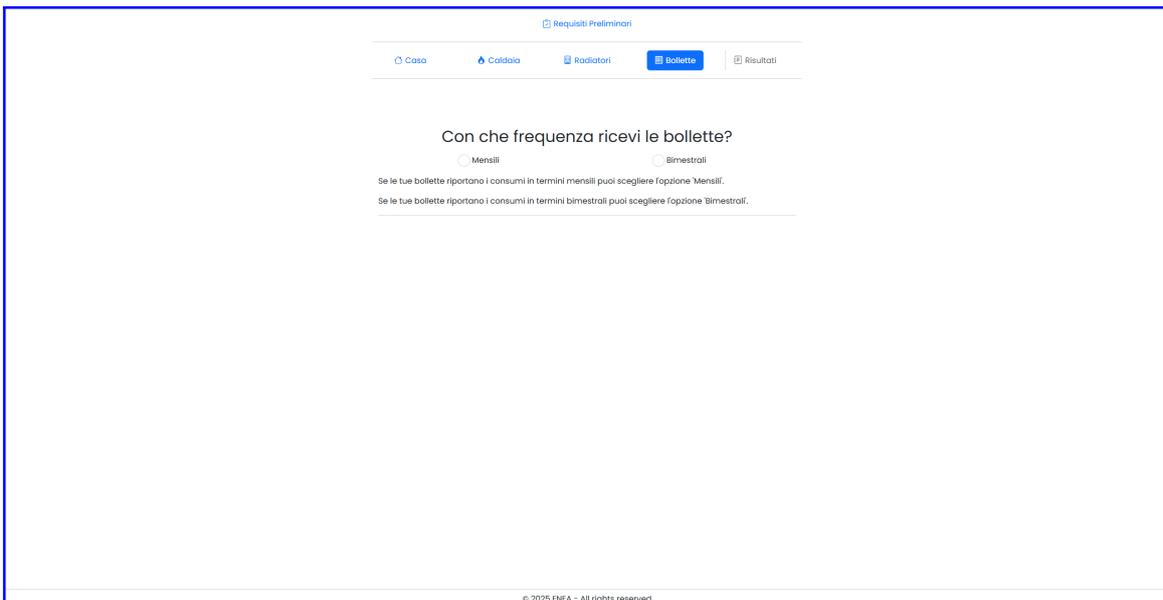


Figura 5.20: Pagina web della sezione “Bollette” dedicata alla selezione della cadenza con la quale vengono fatturati i consumi di combustibile.

Nel caso in analisi, la fatturazione presenta una cadenza bimestrale, quindi, selezionando tale opzione, il web tool indirizza l’utente a una pagina web dedicata alla raccolta dei dati con cadenza bimestrale (si veda Figura 5.21). Sempre Figura 5.21 riporta i dati di consumo inseriti per i vari bimestri per il caso in esame. Si ricordi che i consumi di gas naturale devono essere espressi in Standard metri cubi.

Essendo i dati inseriti correttamente nei vari campi del web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Calcola” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Bollette”.

Figura 5.21: Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Si noti che, nel caso di fatturazione bimestrale, è sufficiente inserire correttamente la data della prima bolletta e i vari campi si compilano in modo automatico, come si evince da Figura 5.21. Sono possibili piccoli scostamenti tra i periodi indicati dal compilatore automatico e il periodo reale di fatturazione, che compare nelle bollette dell’utente. Tali scostamenti non compromettono le computazioni e, quindi, i risultati ottenuti con PDC_RISC.

Cliccando sul pulsante “Calcola”, PDC_RISC avvia la comparazione. Durante le operazioni di calcolo, che di norma hanno una durata di qualche secondo, appare in alto a destra un modulo di dialogo denominato “Calcolo in corso” che mostra il processo di avanzamento delle computazioni. Questo modulo è di norma non visibile data la celerità delle computazioni. Il messaggio, di norma, risulta visibile solo nel caso di connessioni estremamente lente.

Al termine delle operazioni di calcolo, PDC_RISC indirizza l’utente alla pagina web denominata “Risultati”.

Essendo per il caso in esame possibile sostituire la caldaia tradizionale con

la pompa di calore, la pagina web della sezione “Risultati” (Figura 5.22) presenta le informazioni riguardanti sia la taglia della pompa di calore suggerita per coprire i fabbisogni energetici dell’immobile analizzato, sia le stime di risparmio energetico ed economico unitamente a dati di targa di un impianto fotovoltaico in grado di soddisfare il fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore per il periodo di riscaldamento.

I risultati riportati in questa sezione del web tool possono essere scaricati dall’utente utilizzando il pulsante “Genera report” presente in basso a destra della pagina web.

Il report relativo al caso studio viene riportato in Figura 5.23. Si noti che il report riassume sia i risultati della comparazione, sia i dati di input inseriti dall’utente.

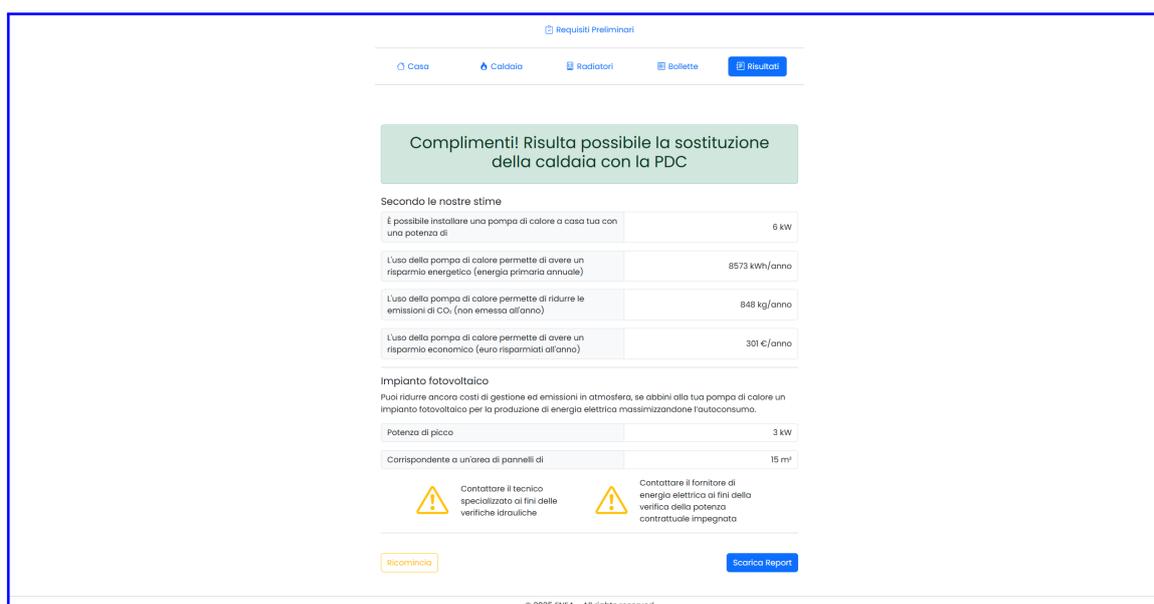


Figura 5.22: Pagina web della sezione “Risultati” per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile.

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

POMPA DI CALORE PER RISCALDAMENTO AMBIENTI

PDC_RISC

Valutazione della sostituzione della caldaia a combustibile con una pompa di calore elettrica per riscaldare gli ambienti

Secondo le nostre stime

| | |
|---|---------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 6 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annua) | 8573 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emesse all'anno) | 848 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 301 €/anno |

Impianto fotovoltaico
Puoi ridurre ancora i costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinati alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzando l'autoconsumo.

| | |
|---|-------------------|
| Potenza di picco | 3 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 15 m ² |

Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Input - Requisiti Preliminari

Systema di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)? Sì No

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort? Sì No

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno? Sì No

Interventi eseguiti:
[Riscaldamento a pavimento](#) [Sostituzione caldaia](#)

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica? Sì No

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica? Sì No

Input - Casa

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?
Comune: 5712 Livorno

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa
Anno: 1987

Tipologia
Appartamento in condominio o due piani

Serramenti
Doppio vetro

Metratura
100 m² 2,8 m

Input - Caldaia

Anno di installazione della caldaia
Anno: 2000

Tipologia termostato
Centralizzata

Combustibile Caldaia
Gas naturale

Efficienza caldaia
**

Tempo di funzionamento del riscaldamento
In alcune fasce orarie

| | | |
|--------|-----|-------|
| Orario | dal | alle |
| 06:00 | | 12:00 |
| 18:00 | | 23:00 |

Input - Radiatori

Tipologia dei radiatori

Quantità: 8

N. elementi: 10

L: 110 cm H: 95 cm

Quantità: 3

N. elementi: 8

L: 80 cm H: 95 cm

Input - Bollette

Con che frequenza ricevi le bollette?
 Mensili Bimestrali

Se le tue bollette riportano i consumi in termini mensili puoi scegliere l'opzione "Mensili".
Se le tue bollette riportano i consumi in termini bimestrali puoi scegliere l'opzione "Bimestrali".

Attenzione il consumo deve essere inserito a 95 giorni
Nell'input degli intervalli liberi, le date devono appartenere allo stesso anno solare
Devono essere inserite almeno 8 bollette che coprono un anno completo successivo all'intervento di riqualificazione

Data iniziale
Data: 2022-10-15

| Dal | Al | Consumo |
|------------|------------|---------------------|
| 2022-10-15 | 2022-12-14 | 309 sm ³ |
| 2022-12-15 | 2023-02-14 | 298 sm ³ |
| 2023-02-15 | 2023-04-14 | 132 sm ³ |
| 2023-04-15 | 2023-06-14 | 77 sm ³ |
| 2023-06-15 | 2023-08-14 | 0 sm ³ |
| 2023-08-15 | 2023-10-14 | 154 sm ³ |

Dip. Ingegneria Industriale - Università di Padova
Prof. Giovanni Covazzi
Prof. Alberto Bertato
Ing. Simone Peccato
Ing. Edoardo Siech

ENEA
Ing. Niccolò Maria Colabrese
Ing. Domenico Iaturo
Ing. Carmen Lovina

NablaWave
PhD. Andrea Dal Monte
PhD. Dimitrios Stouplis
Ing. Valerio Giacomini

Figura 5.23: Report scaricabile ed archiviabile dall'utente a valle della comparazione.

5.3 Caso Studio 3: combustibile GPL, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale

Il terzo caso studio si riferisce ad una villetta singola sita in Catania e costruita nell'anno 2000. L'unità abitativa è stata oggetto di un intervento di riqualificazione energetica con interventi di installazione della “coibentazione a cappotto”. Il sistema di riscaldamento è dotato di una caldaia a GPL abbinata a radiatori. I consumi di combustibile vengono contabilizzati dall'utente con cadenza mensile.

L'utente, una volta raggiunta tramite browser web la “Home page” del web tool PDC_RISC (Figura 5.24) e avviata la comparazione mediante il tasto “Inizia la comparazione”, viene informato della necessità di verificare che l'immobile da analizzare soddisfi i requisiti richiesti da PDC_RISC (Figura 5.25) per essere utilizzato. Cliccando quindi sul tasto “Prosegui”, l'utente viene inviato alla pagina web dedicata alla verifica dei requisiti e denominata “Requisiti Preliminari” (Figura 5.26).



Figura 5.24: Home page del web tool PDC_RISC.



Figura 5.25: Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC.

Come precedentemente descritto, nel caso studio selezionato, si considera una villetta singola unifamiliare dove il sistema di riscaldamento è dotato di una caldaia tradizionale alimentata a GPL. I terminali di impianto sono

Figura 5.26: Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

radiatori e il sistema di riscaldamento soddisfa le esigenze di comfort dell’utente. Gli interventi di riqualificazione energetica hanno riguardato l’involucro dell’edificio mediante l’installazione di un isolamento a cappotto. L’edificio soddisfa le attuali esigenze degli utenti in termini di riscaldamento ed è stato abitato con continuità per almeno 12 mesi dopo l’intervento di riqualificazione. Pertanto, si dispone delle bollette per un periodo di almeno 12 mesi.

Come si evince da Figura 5.27, l’inserimento dei suddetti dati porta all’asseverazione dei “Requisiti preliminari”. Quindi, l’immobile selezionato è idoneo e può essere eseguita la comparazione a valle dell’inserimento dei dati richiesti dal web tool.

Cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina dedicata alla raccolta dei dati relativi all’unità abitativa (Sezione “Casa”).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento: Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

Interventi eseguiti

Interventi

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.27: Pagina web dedicata alla verifica dei “Requisiti preliminari” - Caso di totale asseverazione.

Come detto, nel caso ivi presentato, si fa riferimento ad un immobile (villetta singola) ubicato nel comune di Catania. L’immobile è stato costruito nell’anno 2000. I serramenti installati sono del tipo a doppio vetro. Per quanto riguarda l’altezza delle stanze, invece, essa è pari a 3 m mentre la superficie dell’immobile è pari a 250 m².

Figura 5.28 presenta i campi compilati con i dati relativi all’immobile in analisi.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Casa”.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune 95121 Catania

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno 2000

Tipologia Serramenti

Villetta singola Doppio vetro

Metraglia Altezza interna stanze

250 m² 3 m

Prosegui →

© 2025 ENEC - All rights reserved

Figura 5.28: Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Prosegui”, il web tool indirizza l’utente alla sezione “Caldaia”.

Nel caso in esame, la caldaia è a GPL ed è stata installata nel 2007. Si tratta di una caldaia tradizionale con un’efficienza pari a 3 stelle.

Il sistema di regolazione è di tipo centralizzato, i corpi scaldanti sono radiatori e non è noto l’intervallo di accensione/spegnimento dell’impianto di riscaldamento.

Figura 5.29 presenta i campi debitamente compilati nella sezione “Caldaia”.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Caldaia”.

Figura 5.29: Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi al generatore di calore, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla caratterizzazione dei corpi scaldanti (Sezione “Radiatori”). Si ricordi che, in questa pagina web, si devono inserire tutti i dati (geometria, numero di elementi e materiale) dei radiatori installati nell’immobile in analisi.

L’abitazione in analisi presenta 12 radiatori. In particolare, cinque radiatori sono in ghisa mentre sette sono in alluminio. I radiatori in ghisa presentano tutti 10 elementi, una lunghezza di 100 cm e un’altezza di 80 cm. I radiatori in alluminio, invece, presentano tutti 10 elementi di lunghezza 120 cm e altezza 100 cm.

Figura 5.30 presenta i campi compilati della sezione “Radiatori” con i dati del caso studio.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Radiatori”.

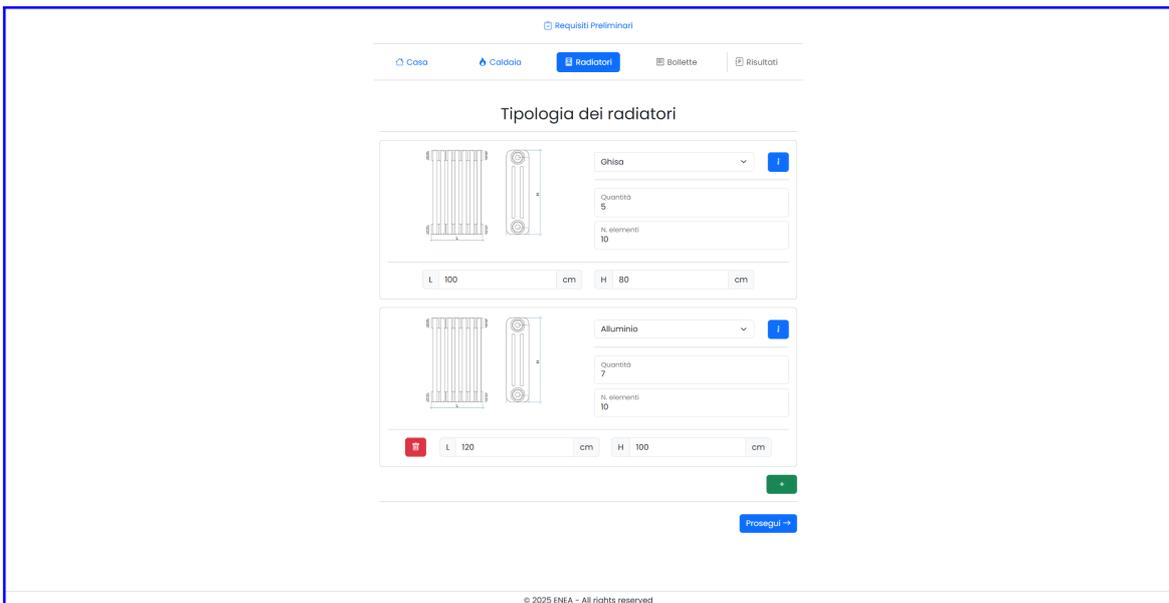


Figura 5.30: Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

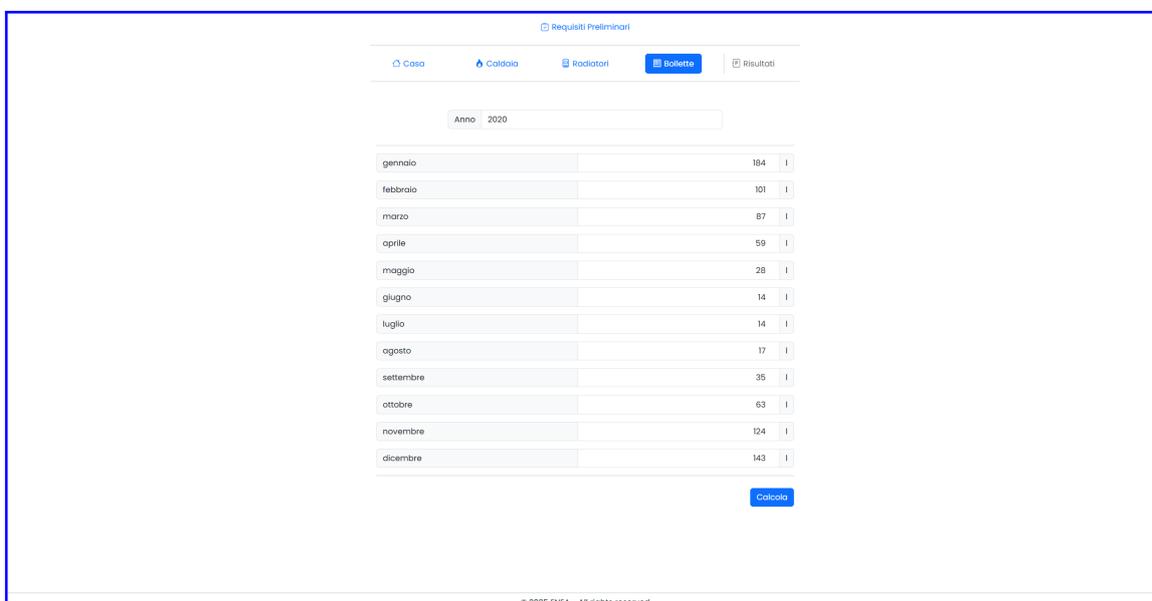
Completato l’inserimento dei dati relativi ai corpi scaldanti, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati relativi ai consumi di combustibile (Sezione “Bollette”).

Essendo il combustibile GPL, non è prevista una pagina di selezione della modalità di inserimento dei dati relativi ai consumi in termini di bollette mensili oppure bimestrali, poiché, per questa tipologia di combustibile, la fatturazione dei consumi è sempre mensile e legata ai rifornimenti di GPL. Si noti che è richiesto l’inserimento dei consumi associati a ciascun mese e non le quantità di combustibile acquistato. Qualora l’utente non disponga dei consumi esatti di ogni mensilità (ad esempio perché acquista il combustibile in specifici periodi dell’anno) è tenuto a indicare un valore approssimativo basato sui consumi e sulla gestione del proprio sistema di riscaldamento. Nel caso in analisi, l’utente ha stimato il consumo di GPL mese per mese basandosi sui quantitativi di combustibile consumati per il riscaldamento nelle diverse stagioni dell’anno e in base a quanto spesso ha provveduto al rifornimento della cisterna del GPL.

Nel caso in analisi, il web tool indirizza direttamente l'utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati di consumo con cadenza mensile (si veda Figura 5.31).

Sempre Figura 5.31 riporta i dati di consumo inseriti per i vari mesi dell'anno per il caso in esame. Si ricordi che i consumi di GPL devono essere espressi in litri.

Essendo i dati inseriti correttamente nei vari campi del web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Calcola” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Bollette”.



| Requisiti Preliminari | |
|-----------------------|-------|
| Anno: 2020 | |
| gennaio | 184 l |
| febbraio | 101 l |
| marzo | 87 l |
| aprile | 59 l |
| maggio | 28 l |
| giugno | 14 l |
| luglio | 14 l |
| agosto | 17 l |
| settembre | 25 l |
| ottobre | 63 l |
| novembre | 124 l |
| dicembre | 143 l |

Figura 5.31: Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Calcola”, PDC_RISC avvia la comparazione. Durante le operazioni di calcolo, che di norma hanno una durata di qualche secondo, appare in alto a destra un modulo di dialogo denominato “Calcolo in corso” che mostra il processo di avanzamento delle computazioni. Questo modulo è di norma non visibile data la celerità delle computazioni. Il messaggio, di norma, risulta visibile solo nel caso di connessioni estremamente lente.

Al termine delle operazioni di calcolo, PDC_RISC indirizza l'utente alla pagina web denominata "Risultati".

Essendo per il caso in esame possibile sostituire la caldaia tradizionale con la pompa di calore, la pagina web della sezione "Risultati" (Figura 5.32) presenta le informazioni riguardanti sia la taglia della pompa di calore suggerita per coprire i fabbisogni energetici dell'immobile analizzato, sia le stime di risparmio energetico ed economico unitamente a dati di targa di un impianto fotovoltaico in grado di soddisfare il fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore per il periodo di riscaldamento.

I risultati riportati in questa sezione del web tool possono essere scaricati dall'utente utilizzando il pulsante "Genera report" presente in basso a destra della pagina web.

Il report relativo al caso studio viene riportato in Figura 5.33. Si noti che il report riassume sia i risultati della comparazione, sia i dati di input inseriti dall'utente.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bolette Risultati

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

Secondo le nostre stime

| | |
|---|---------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 4 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annuale) | 2558 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emessa all'anno) | 340 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 433 €/anno |

Impianto fotovoltaico

Puoi ridurre ancora costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinai alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzandone l'autoconsumo.

| | |
|---|------------------|
| Potenza di picco | 1 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 5 m ² |

⚠ Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

⚠ Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Ricomincia Scarica Report

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.32: Pagina web della sezione "Risultati" per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile.

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

POMPA DI CALORE PER RISCALDAMENTO AMBIENTI

PDC_RISC

Valutazione della sostituzione della caldaia a combustibile con una pompa di calore elettrica per riscaldare gli ambienti

Secondo le nostre stime

| | |
|---|---------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 4 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annua) | 2958 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emesse all'anno) | 340 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 433 €/anno |

Impianto fotovoltaico
Puoi ridurre ancora costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinati alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzando l'autoconsumo.

| | |
|---|------------------|
| Potenza di picco | 1 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 5 m ² |

Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Input - Casa

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune: 9502 Catania

Anno di costruzione

In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno: 2000

Tipologia

Villetta singola

Serramenti

Doppio vetro

Metraglia

250 m²

Altezza interna stanze

3 m

Input - Caldaia

Anno di installazione della caldaia

Anno: 2007

Tipologia termostato

Centralizzata

Combustibile Caldaia

dPL

Efficienza caldaia

Tempo di funzionamento del riscaldamento

Non lo so

Input - Radiatori

Tipologia dei radiatori

Gtiso

Quantità: 5

N. elementi: 10

L: 100 cm H: 80 cm

Alluminio

Quantità: 7

N. elementi: 10

L: 100 cm H: 100 cm

Input - Bollette

Anno: 2020

| | | |
|-----------|-----|---|
| gennaio | 184 | 1 |
| febbraio | 103 | 1 |
| marzo | 87 | 1 |
| aprile | 59 | 1 |
| maggio | 28 | 1 |
| giugno | 14 | 1 |
| luglio | 14 | 1 |
| agosto | 17 | 1 |
| settembre | 35 | 1 |
| ottobre | 63 | 1 |
| novembre | 124 | 1 |
| dicembre | 143 | 1 |

Dip. Ingegneria Industriale - Università di Padova

Prof. Giovanni Covazzi
Prof. Alberto Bertato
Ing. Simone Peccato
Ing. Edoardo Siech

ENEA

Ing. Nicolantonio Colabrese
Ing. Domenico Iaturo
Ing. Carmen Lovina

NablaWave

PhD. Andrea Dal Monte
PhD. Dimitrios Stouplis
Ing. Valerio Giacomini

Input - Requisiti Preliminari

Stato di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

Interventi eseguiti

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

Figura 5.33: Report scaricabile ed archiviabile dall'utente a valle della comparazione.

5.4 Caso Studio 4: combustibile legna, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e possibilità di sostituzione della caldaia tradizionale

Il quarto caso studio si riferisce a un appartamento ubicato in un condominio a due piani di Aosta. L'unità abitativa, costruita nel 1995, è stata oggetto di un intervento di riqualificazione energetica con interventi sia di sostituzione degli infissi, sia di installazione di un sistema di coibentazione dei pavimenti. Il sistema di riscaldamento consta in una caldaia a legna abbinata a radiatori. I consumi di combustibile vengono contabilizzati dall'utente con cadenza mensile.

L'utente, una volta raggiunta tramite browser web la "Home page" del web tool PDC_RISC (Figura 5.34) e avviata la comparazione mediante il tasto "Inizia la comparazione", viene informato della necessità di verificare che l'immobile da analizzare soddisfi i requisiti richiesti da PDC_RISC (Figura 5.35) per essere utilizzato. Cliccando quindi sul tasto "Prosegui", l'utente viene inviato alla pagina web dedicata alla verifica dei requisiti e denominata "Requisiti Preliminari" (Figura 5.36).



Figura 5.34: Home page del web tool PDC_RISC.

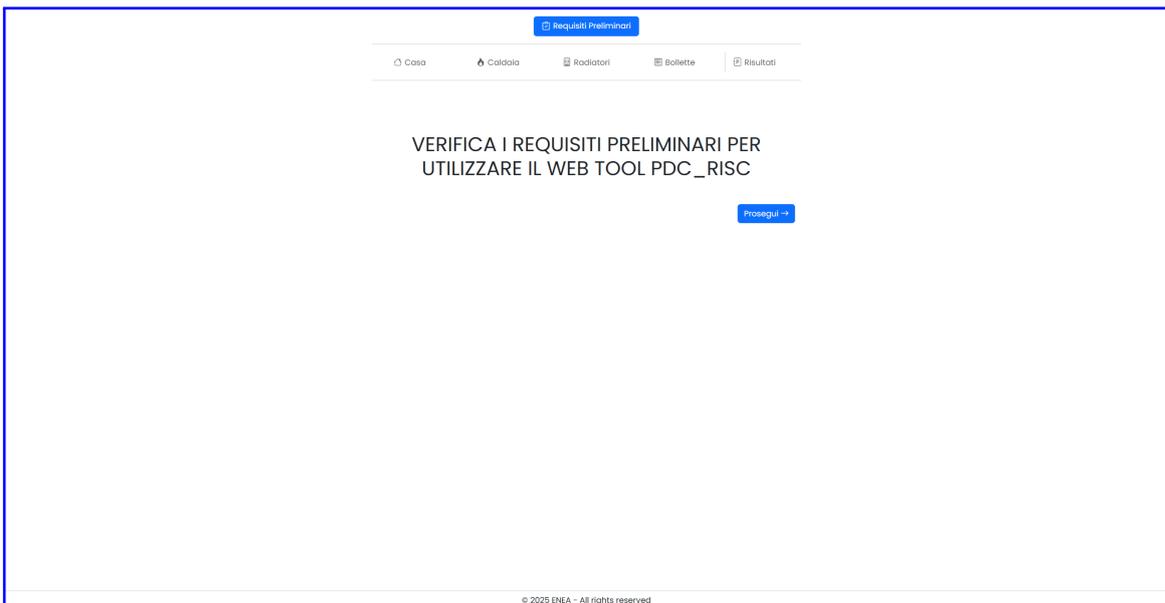


Figura 5.35: Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC.

Come precedentemente descritto, nel caso studio selezionato, si considera un appartamento dotato di un sistema di riscaldamento munito di una caldaia tradizionale alimentata a legna. I terminali di impianto sono radiatori

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui ->

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.36: Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

e il sistema di riscaldamento soddisfa le esigenze di comfort dell’utente. Gli interventi di riqualificazione energetica hanno riguardato sia gli infissi, sia la coibentazione dei pavimenti. L’edificio soddisfa le attuali esigenze degli utenti in termini di riscaldamento ed è stato abitato con continuità per almeno 12 mesi dopo l’intervento di riqualificazione. Pertanto, si dispone delle bollette per un periodo di almeno 12 mesi.

Come si evince da Figura 5.37, l’inserimento dei suddetti dati porta all’as-severazione dei “Requisiti preliminari”. Quindi, l’immobile selezionato è idoneo e può essere eseguita la comparazione a valle dell’inserimento dei dati richiesti dal web tool.

Cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina dedicata alla raccolta dei dati relativi all’unità abitativa (Sezione “Casa”).

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI No

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI No

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI No

Interventi eseguiti
Serramenti a triplo vetro Sostituzione serramenti

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI No

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI No

Prosegui →

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.37: Pagina web dedicata alla verifica dei “Requisiti preliminari” - Caso di totale asseverazione.

Come detto, nel caso ivi presentato, si fa riferimento ad un appartamento ubicato nel comune di Aosta. L’immobile è stato costruito nell’anno 1995. I serramenti installati sono del tipo a triplo vetro. Per quanto riguarda l’altezza delle stanze, invece, essa è pari a 3 m mentre la superficie dell’immobile è pari a 95 m².

Figura 5.38 presenta i campi compilati con i dati relativi all’immobile in analisi.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Casa”.

Figura 5.38: Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Prosegui”, il web tool indirizza l’utente alla sezione “Caldaia”.

Nel caso in esame, la caldaia è a legna ed è stata installata nel 2010. Si tratta di una caldaia tradizionale con un’efficienza pari a 4 stelle.

Il sistema di regolazione è di tipo centralizzato, i corpi scaldanti sono radiatori e l’impianto di riscaldamento rimane in funzione per tutto il giorno.

Figura 5.39 presenta i campi debitamente compilati nella sezione “Caldaia”.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Caldaia”.

Figura 5.39: Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi al generatore di calore, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla caratterizzazione dei corpi scaldanti (Sezione “Radiatori”). Si ricordi che, in questa pagina web, si devono inserire tutti i dati (geometria, numero di elementi e materiale) dei radiatori installati nell’immobile in analisi.

L’abitazione in analisi presenta 7 radiatori. In particolare, quattro radiatori sono in acciaio mentre tre sono in alluminio. I radiatori in acciaio presentano tutti 12 elementi, una lunghezza di 110 cm e un’altezza di 90 cm. I radiatori in alluminio, invece, presentano tutti 8 elementi di lunghezza 50 cm e altezza 110 cm.

Figura 5.40 presenta i campi compilati della sezione “Radiatori” con i dati del caso studio.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Radiatori”.

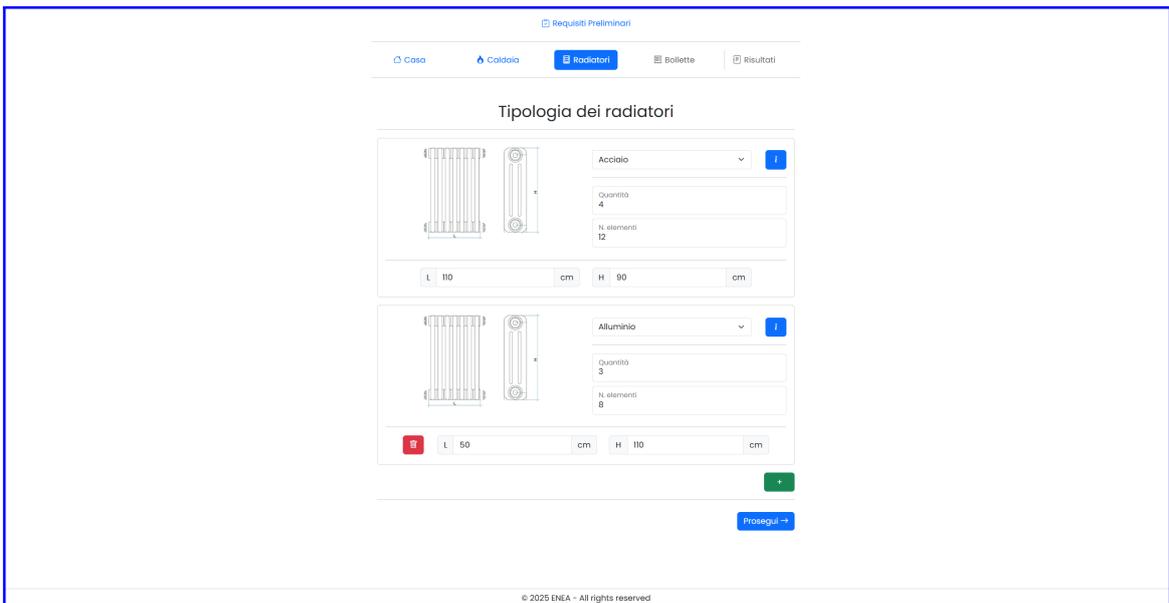


Figura 5.40: Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

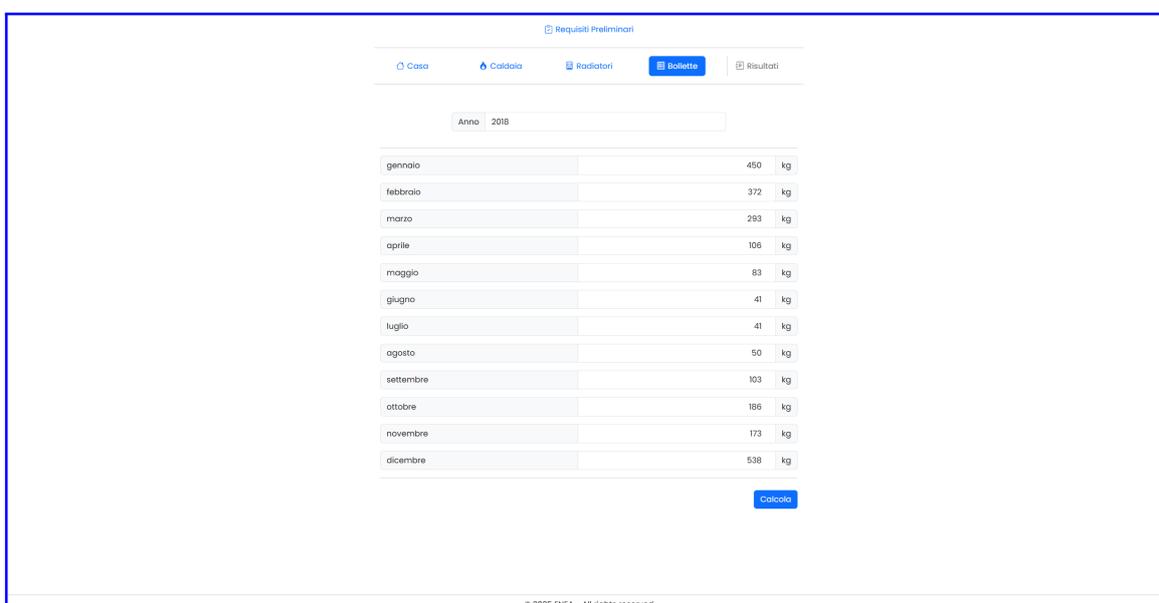
Completato l’inserimento dei dati relativi ai corpi scaldanti, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati relativi ai consumi di combustibile (Sezione “Bollette”).

Essendo il combustibile legna, non è prevista una pagina di selezione della modalità di inserimento dei dati relativi ai consumi in termini di bollette mensili oppure bimestrali, poiché, per questa tipologia di combustibile, la fatturazione dei consumi è sempre mensile e legata agli acquisti dei carichi di legna. Si noti che è richiesto l’inserimento dei consumi associati a ciascun mese e non le quantità di combustibile acquistato. Qualora l’utente non disponga dei consumi esatti di ogni mensilità (ad esempio perché acquista il combustibile in specifici periodi dell’anno) è tenuto a indicare un valore approssimativo basato sui consumi e sulla gestione del proprio sistema di riscaldamento. Nel caso in analisi, l’utente ha stimato il consumo di legna mese per mese basandosi sui quantitativi di combustibile consumato per il riscaldamento nelle diverse stagioni dell’anno e in base a quanto spesso ha provveduto all’acquisto dei carichi di legna.

Nel caso in analisi, il web tool indirizza direttamente l'utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati di consumo con cadenza mensile (si veda Figura 5.41).

Sempre Figura 5.41 riporta i dati di consumo inseriti per i vari mesi dell'anno per il caso in esame. Si ricordi che i consumi di legna devono essere espressi in chilogrammi.

Essendo i dati inseriti correttamente nei vari campi del web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Calcola” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Bollette”.



| Requisiti Preliminari | | | | |
|-----------------------|---------|-----------|-----------------|-----------|
| Casa | Caldala | Radiatori | Bollette | Risultati |
| Anno: 2018 | | | | |
| gennaio | | 450 | kg | |
| febbraio | | 372 | kg | |
| marzo | | 293 | kg | |
| aprile | | 106 | kg | |
| maggio | | 83 | kg | |
| giugno | | 41 | kg | |
| luglio | | 41 | kg | |
| agosto | | 50 | kg | |
| settembre | | 103 | kg | |
| ottobre | | 186 | kg | |
| novembre | | 173 | kg | |
| dicembre | | 538 | kg | |

Calcola

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.41: Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Calcola”, PDC_RISC avvia la comparazione. Durante le operazioni di calcolo, che di norma hanno una durata di qualche secondo, appare in alto a destra un modulo di dialogo denominato “Calcolo in corso” che mostra il processo di avanzamento delle computazioni. Questo modulo è di norma non visibile data la celerità delle computazioni. Il messaggio, di norma, risulta visibile solo nel caso di connessioni estremamente lente.

Al termine delle operazioni di calcolo, PDC_RISC indirizza l'utente alla pagina web denominata "Risultati".

Essendo per il caso in esame possibile sostituire la caldaia tradizionale con la pompa di calore, la pagina web della sezione "Risultati" (Figura 5.42) presenta le informazioni riguardanti sia la taglia della pompa di calore suggerita per coprire i fabbisogni energetici dell'immobile analizzato, sia le stime di risparmio energetico ed economico unitamente a dati di targa di un impianto fotovoltaico in grado di soddisfare il fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore per il periodo di riscaldamento.

I risultati riportati in questa sezione del web tool possono essere scaricati dall'utente utilizzando il pulsante "Genera report" presente in basso a destra della pagina web.

Il report relativo al caso studio viene riportato in Figura 5.43. Si noti che il report riassume sia i risultati della comparazione, sia i dati di input inseriti dall'utente.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

Secondo le nostre stime

| | |
|---|--------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 6 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annuale) | 478 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emessa all'anno) | 645 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 99 €/anno |

Impianto fotovoltaico

Puoi ridurre ancora costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinati alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzando l'autoconsumo.

| | |
|---|------------------|
| Potenza di picco | 1 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 6 m ² |

⚠ Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

⚠ Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Ricomincia Scarica Report

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.42: Pagina web della sezione "Risultati" per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale risulta possibile.

Complimenti! Risulta possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

POMPA DI CALORE PER RISCALDAMENTO AMBIENTI

PDC_RISC

Valutazione della sostituzione della caldaia a combustibile con una pompa di calore elettrica per riscaldare gli ambienti

Secondo le nostre stime

| | |
|---|--------------|
| È possibile installare una pompa di calore a casa tua con una potenza di | 6 kW |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio energetico (energia primaria annua) | 478 kWh/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di ridurre le emissioni di CO ₂ (non emesse all'anno) | 645 kg/anno |
| L'uso della pompa di calore permette di avere un risparmio economico (euro risparmiati all'anno) | 99 €/anno |

Impianto fotovoltaico
Puoi ridurre ancora costi di gestione ed emissioni in atmosfera, se abbinati alla tua pompa di calore un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica massimizzando l'autoconsumo.

| | |
|---|------------------|
| Potenza di picco | 1 kW |
| Corrispondente a un'area di pannelli di | 6 m ² |

Contattare il tecnico specializzato ai fini delle verifiche idrauliche

Contattare il fornitore di energia elettrica ai fini della verifica della potenza contrattuale impegnata

Input - Casa

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune:

Anno di costruzione
In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno:

Tipologia

Appartamento in condominio a due piani

Serramenti

Trippo vetro

Metratura

m² m

Input - Caldaia

Anno di installazione della caldaia
Anno:

Tipologia termostato

Centralizzato

Combustibile Caldaia

Legna

Efficienza caldaia

Tempo di funzionamento del riscaldamento

Tutto il giorno

Input - Radiatori

Tipologia dei radiatori

Acciaio

Quantità:

N. elementi:

L: cm H: cm

Alluminio

Quantità:

N. elementi:

L: cm H: cm

Input - Bollette

Anno:

| | |
|-----------|--------|
| gennaio | 450 kg |
| febbraio | 372 kg |
| marzo | 283 kg |
| aprile | 106 kg |
| maggio | 83 kg |
| giugno | 41 kg |
| luglio | 41 kg |
| agosto | 50 kg |
| settembre | 103 kg |
| ottobre | 188 kg |
| novembre | 173 kg |
| dicembre | 538 kg |

Dip. Ingegneria Industriale - Università di Padova

Prof. Giovanni Covazzi
Prof. Alberto Bertato
Ing. Simone Peccato
Ing. Edoardo Siech

ENEA

Ing. Nicola Maria Colabrese
Ing. Domenico Iaturo
Ing. Carmen Lovina

NablaWave

PhD. Andrea Dal Mon
PhD. Dimitrios Stouplis
Ing. Valerio Giacomini

Input - Requisiti Preliminari

Stato di riscaldamento
Caldaia accoppiata a radiatori

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

Interventi eseguiti

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

Figura 5.43: Report scaricabile ed archiviabile dall'utente a valle della comparazione.

5.5 Caso Studio 5: gas naturale, consumi di combustibile contabilizzati con cadenza mensile e sostituzione della caldaia tradizionale non possibile

Il quinto caso studio si riferisce ad un appartamento sito in condominio a singolo piano e ubicato nella città di Cagliari. L'unità abitativa, costruita nel 1985, è stata oggetto di un intervento di riqualificazione energetica volto alla sostituzione dei serramenti e all'isolamento del tetto e dei soffitti. Il sistema di riscaldamento è dotato di una caldaia alimentata a gas naturale abbinata a radiatori. L'intervallo di fatturazione dei consumi di combustibile ha cadenza mensile.

L'utente, una volta raggiunta tramite browser web la "Home page" del web tool PDC_RISC (Figura 5.44) e avviata la comparazione mediante il tasto "Inizia la comparazione", viene informato della necessità di verificare che l'immobile da analizzare soddisfi i requisiti richiesti da PDC_RISC (Figura 5.45) per essere utilizzato. Cliccando quindi sul tasto "Prosegui", l'utente viene inviato alla pagina web dedicata alla verifica dei requisiti e denominata "Requisiti Preliminari" (Figura 5.46).



Figura 5.44: Home page del web tool PDC_RISC.

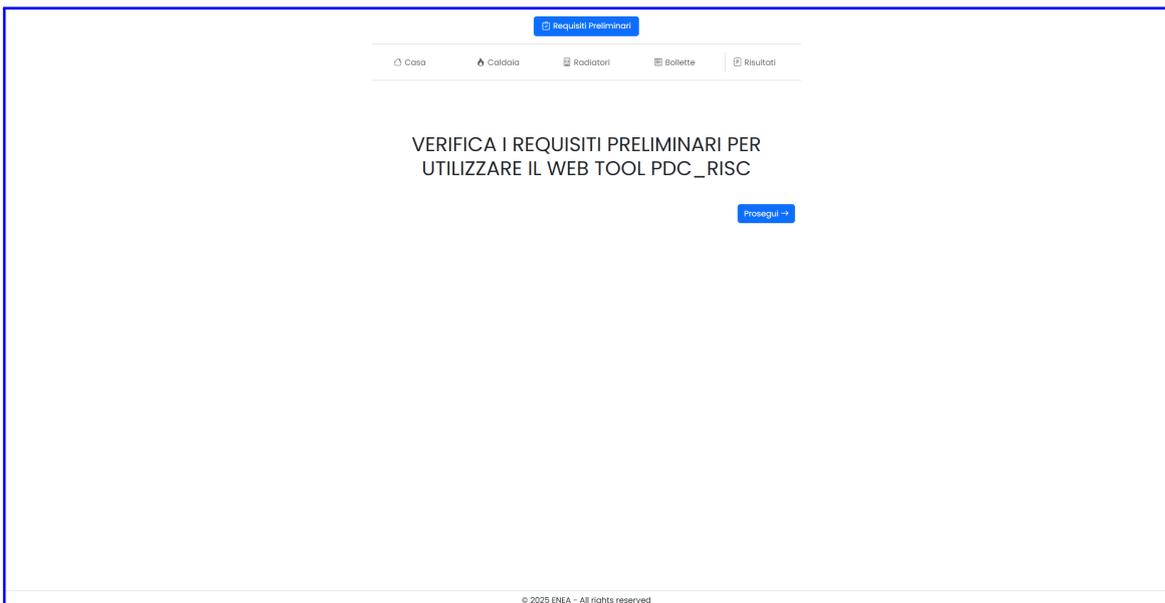


Figura 5.45: Pagina web che avvisa l'utente della necessità di verificare la sussistenza per l'immobile in analisi dei sei "Requisiti preliminari" necessari per utilizzare il web tool PDC_RISC.

Come precedentemente descritto, nel caso studio selezionato, si considera un appartamento in un condominio a singolo piano dotato di un sistema di riscaldamento munito di una caldaia tradizionale alimentata a gas naturale,

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Bollette Risultati

Rispondi a queste domande per proseguire

Sistema di riscaldamento

La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?

SI NO

L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?

SI NO

L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?

SI NO

L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?

SI NO

Prosegui ->

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.46: Pagina web dedicata alla verifica dei sei “Requisiti Preliminari” richiesti dal web tool PDC_RISC per essere utilizzato.

con terminali di impianto rappresentati da radiatori. Il sistema di riscaldamento è in grado di garantire le esigenze di comfort richieste dall’utente ed è stato abitato con continuità per almeno 12 mesi dopo l’intervento di riqualificazione. Gli interventi di riqualificazione energetica hanno riguardato la sostituzione dei serramenti e l’isolamento del tetto e dei soffitti.

Come si evince da Figura 5.47, l’inserimento dei suddetti dati porta all’asseverazione dei “Requisiti preliminari”. Quindi, l’immobile selezionato è idoneo e può essere eseguita la comparazione a valle dell’inserimento dei dati richiesti dal web tool.

Cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina dedicata alla raccolta dei dati relativi all’unità abitativa (Sezione “Casa”).

The screenshot shows a web interface for 'Requisiti Preliminari' (Preliminary Requirements). The navigation bar includes 'Casa', 'Caldaia', 'Radiatori', 'Bollette', and 'Risultati'. The main heading is 'Rispondi a queste domande per proseguire'. Below this, there are several questions, each with a 'SI' (Yes) button selected and a 'NO' (No) button unselected. The questions are:

- System of heating: 'Caldaia accoppiata a radiatori' (selected).
- 'La tua caldaia è di tipo tradizionale (ovvero non a condensazione)?' (Is your boiler traditional (i.e. non-condensing)?)
- 'L'impianto di riscaldamento soddisfa le tue esigenze di comfort?' (Does the heating system meet your comfort needs?)
- 'L'abitazione è stata soggetta a riqualificazione energetica da almeno un anno?' (Has the dwelling been subject to energy renovation for at least one year?)
- Interventi eseguiti: 'Serramenti sostituiti e vetri' (selected).
- 'L'abitazione è stata occupata con continuità e per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?' (Has the dwelling been occupied continuously and for at least one year after the energy renovation intervention?)
- 'Sono disponibili le bollette/fatture relative all'acquisto del combustibile per almeno un anno dopo l'intervento di riqualificazione energetica?' (Are bills/invoices for the purchase of fuel available for at least one year after the energy renovation intervention?)

A 'Prosegui' (Continue) button is located at the bottom right. The footer contains the text '© 2025 ENEA - All rights reserved'.

Figura 5.47: Pagina web dedicata alla verifica dei “Requisiti preliminari” - Caso di totale asseverazione.

Come descritto, nel caso ivi presentato, si fa riferimento ad un appartamento ubicato nel comune di Cagliari, costruito nell’anno 1985. I serramenti installati sono del tipo a doppio vetro. Per quanto riguarda l’altezza delle stanze, invece, essa è pari a 2.5 m mentre la superficie dell’immobile è pari a 70 m².

Figura 5.48 presenta i campi compilati con i dati relativi all’immobile in analisi.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Casa”.

The screenshot shows a web interface for a 'Casa' (Home) section. At the top, there is a navigation bar with a 'Casa' button and links for 'Caldaia', 'Radiatori', 'Bollette', and 'Risultati'. Below this, the form is titled 'Requisiti Preliminari' and asks 'Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?'. The 'Comune' is set to '09121 Cagliari'. The 'Anno di costruzione' is '1985'. The 'Tipologia' is 'Appartamento in condominio a singolo piano'. The 'Serramenti' are 'Doppio vetro'. The 'Metratura' is '70 m²' and the 'Altezza interna stanze' is '2.5 m'. A 'Prosegui' button is at the bottom right. The footer contains '© 2025 ENEA - All rights reserved'.

Figura 5.48: Pagina web della sezione “Casa” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Prosegui”, il web tool indirizza l’utente alla sezione “Caldaia”.

Nel caso in esame, la caldaia alimentata a gas naturale è stata installata nel 2010 ed è caratterizzata da un’efficienza pari a 3 stelle.

La regolazione del sistema di riscaldamento avviene attraverso dei termostati posti nelle singole stanze; i corpi scaldanti sono radiatori e l’utente non conosce l’intervallo di accensione/spegnimento del sistema di riscaldamento.

Figura 5.49 presenta i campi debitamente compilati nella sezione “Caldaia”.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Caldaia”.

Requisiti Preliminari

Casa Caldaia Radiatori Batterie Risultati

Anno di installazione della caldaia
Anno 2010

Tipologia termostato Nelle singole stanze Combustibile Caldaia Gas naturale

Efficienza caldaia ***

Tempo di funzionamento del riscaldamento Non lo so

Prosegui >>

© 2025 ENEA - All rights reserved

Figura 5.49: Pagina web della sezione “Caldaia” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi al generatore di calore, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla caratterizzazione dei corpi scaldanti (Sezione “Radiatori”).

L’abitazione presenta un totale di 5 radiatori in acciaio aventi differenti dimensioni. In particolare 3 radiatori presentano 20 elementi, una lunghezza di 120 cm e un’altezza di 95 cm, mentre i rimanenti 2 presentano 10 elementi di lunghezza 90 cm e altezza 150 cm.

Figura 5.50 presenta i campi compilati della sezione “Radiatori” con i dati del caso studio.

Essendo i dati idonei e conformi ai limiti presenti nel web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Radiatori”.

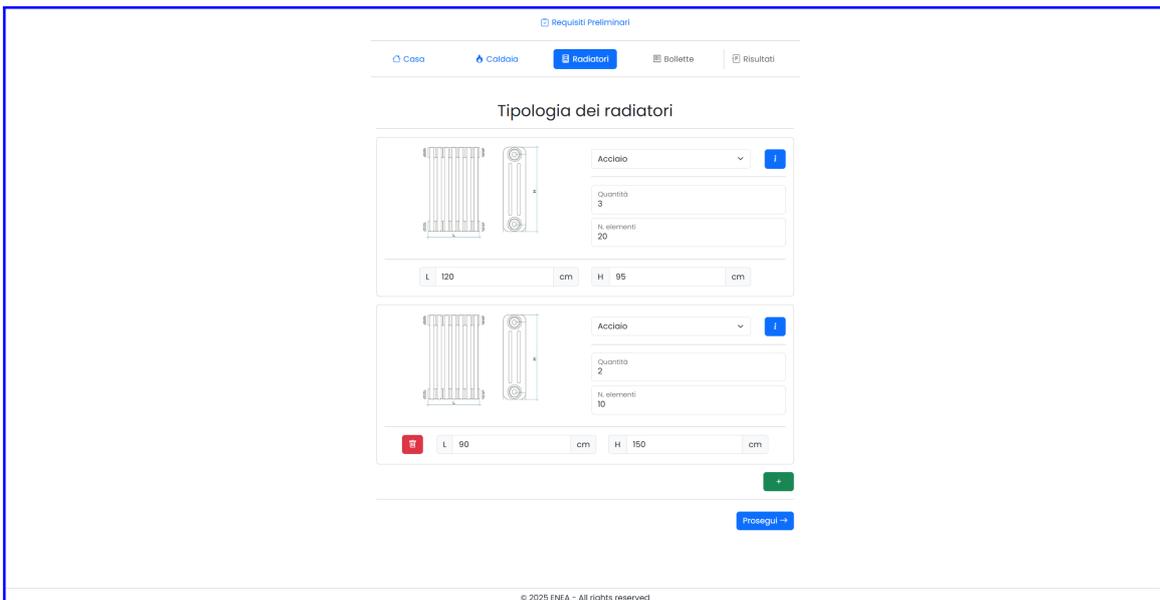


Figura 5.50: Pagina web della sezione “Radiatori” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Completato l’inserimento dei dati relativi ai corpi scaldanti, cliccando sul pulsante “Prosegui” posto in basso a destra, il web tool indirizza l’utente alla pagina web dedicata alla raccolta dei dati relativi ai consumi di combustibile (Sezione “Bollette”).

Essendo la caldaia alimentata a gas naturale, è prevista una doppia possibilità di inserimento dei dati relativi ai consumi, in termini di bollette mensili oppure bimestrali. Nel caso in esame, la fatturazione è di tipo mensile. L’utente sarà quindi indirizzato alla selezione della modalità corrispondente. Quindi, il web tool indirizza automaticamente l’utente alla pagina dedicata alla raccolta dei dati di consumo con cadenza mensile (si veda Figura 5.51). Sempre Figura 5.51 riporta i dati di consumo inseriti per i vari mesi dell’anno per il caso in esame. Si ricordi che i consumi di gas naturale devono essere espressi in Standard metri cubi.

Essendo i dati inseriti correttamente nei vari campi del web tool, è possibile procedere con la comparazione cliccando sul pulsante “Calcola” posto in basso a destra della pagina web della sezione “Bollette”.

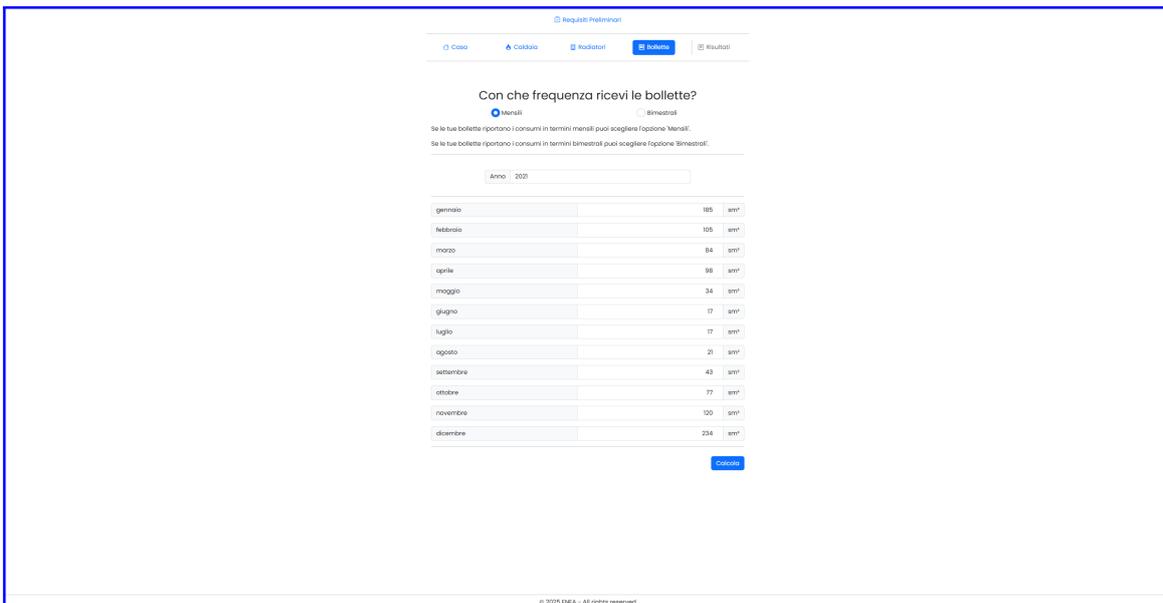


Figura 5.51: Pagina web della sezione “Bollette” con i dati inseriti e riferiti al caso studio.

Cliccando sul pulsante “Calcola”, PDC_RISC avvia la comparazione. Durante le operazioni di calcolo, che di norma hanno una durata di qualche secondo, appare in alto a destra un modulo di dialogo denominato “Calcolo in corso” che mostra il processo di avanzamento delle computazioni. Questo modulo è di norma non visibile data la celerità delle computazioni. Il messaggio, di norma, risulta visibile solo nel caso di connessioni estremamente lente.

Al termine delle operazioni di calcolo, PDC_RISC indirizza l’utente alla pagina web denominata “Risultati”. PDC_RISC indirizza l’utente alla pagina web “Risultati” riportata in Figura 5.52. Nel caso in esame si evidenzia l’impossibilità di sostituire la caldaia tradizionale con la pompa di calore. Essa è facilmente identificabile grazie al messaggio riportato: “Spiacenti! Non è possibile la sostituzione della caldaia con la PDC”. Diverse possono essere le ragioni per cui l’intervento non risulta possibile: valori dei consumi, mancanza di una taglia della pompa di calore adeguata, assenza di convenienza economica, errore nell’inserimento dei dati da parte dell’utente, ecc. Per questo motivo e al fine di supportare l’utente, nella pagina

web “Risultati”, viene presentata una breve lista degli interventi che potrebbero consentire la sostituzione possibile una volta posti in essere. Nel caso in esame, gli interventi consigliati sono il miglioramento dell’isolamento delle pareti attraverso l’isolamento a cappotto e la coibentazione dei pavimenti. Da notare come non siano presentati quegli interventi che già sono stati posti in essere nei precedenti interventi di riqualificazione, che nel caso in esame sono la sostituzione dei serramenti e l’isolamento del tetto e dei soffitti.

Anche nel caso di esito negativo, i risultati riportati in questa sezione del web tool possono essere scaricati dall’utente utilizzando il pulsante “Genera report” presente in basso a destra della pagina web. Il report relativo al caso studio in esame viene riportato in Figura 5.53. Si noti che il report riassume sia i dati di input inseriti dall’utente che gli interventi consigliati.

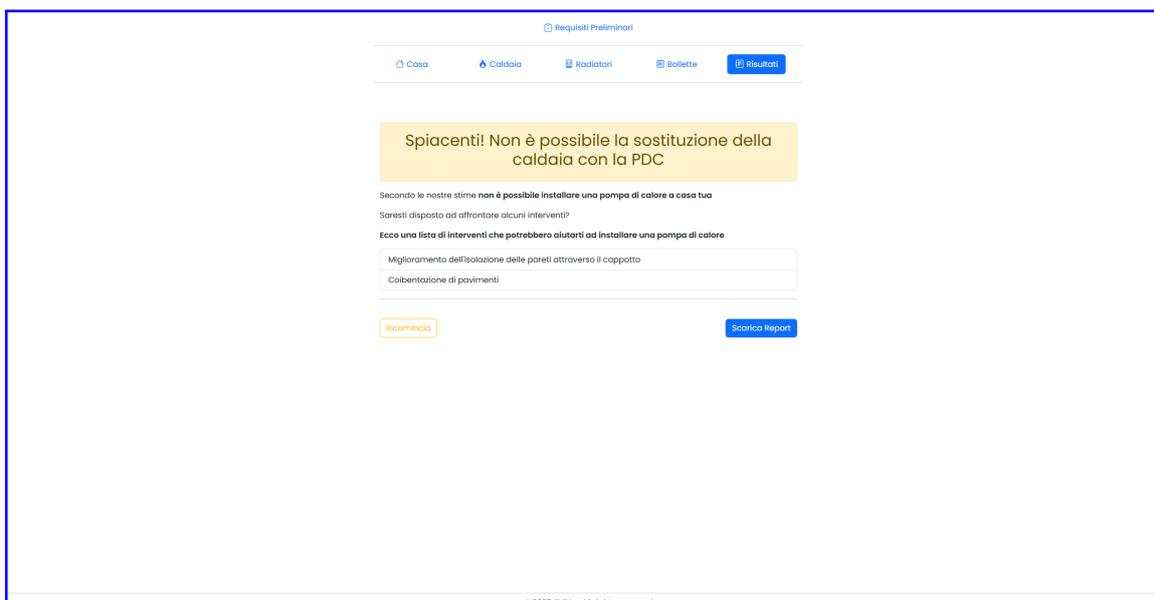


Figura 5.52: Pagina web della sezione “Risultati” per il caso in esame. La sostituzione della caldaia tradizionale non risulta possibile.





POMPA DI CALORE PER RISCALDAMENTO AMBIENTI

PDC_RISC

Valutazione della sostituzione della caldaia a combustibile con una pompa di calore elettrica per riscaldare gli ambienti

Spiacenti! Non è possibile la sostituzione della caldaia con la PDC

Secondo le nostre stime non è possibile installare una pompa di calore a casa tua. Saresti disposto ad affrontare alcuni interventi?

Ecco una lista di interventi che potrebbero aiutarti ad installare una pompa di calore:

- Miglioramento dell'isolazione delle pareti attraverso il cappotto
- Colibentazione di pavimenti

Input - Casa

Dov'è ubicato l'immobile oggetto dell'analisi?

Comune:

Anno di costruzione

In alternativa fornisci una stima indicativa

Anno:

Tipologia

Serramenti

Metraglia m² m

Input - Caldaia

Anno di installazione della caldaia

Anno:

Tipologia termostato

Combustibile Caldaia

Efficienza caldaia

Tempo di funzionamento del riscaldamento

Non lo so

Input - Radiatori

Tipologia dei radiatori

Acciaio

Quantità:

N. elementi:

L: cm H: cm

Acciaio

Quantità:

N. elementi:

L: cm H: cm

Input - Bollette

Con che frequenza ricevi le bollette?

Mensili Bimestrali

Se le tue bollette riportano i consumi in termini mensili puoi scegliere l'opzione 'Mensili'.
Se le tue bollette riportano i consumi in termini bimestrali puoi scegliere l'opzione 'Bimestrali'.

| Anno: 2021 | |
|------------|---------------------|
| gennaio | 185 sm ³ |
| febbraio | 105 sm ³ |
| marzo | 84 sm ³ |
| aprile | 98 sm ³ |
| maggio | 34 sm ³ |
| giugno | 17 sm ³ |
| luglio | 17 sm ³ |
| agosto | 21 sm ³ |
| settembre | 43 sm ³ |
| ottobre | 77 sm ³ |
| novembre | 120 sm ³ |
| dicembre | 224 sm ³ |

Dip. Ingegneria Industriale - Università di Padova

Prof. Giovanni Carozzini
Prof. Alberto Benato
Ing. Simone Peccolo
Ing. Edoardo Sech

ENEA

Ing. Nicolò Maria Calabrese
Ing. Domenico Iaturo
Ing. Carmen Lavina

NablaWave

PhD. Andrea Dal Monte
PhD. Dimitris Stoups
Ing. Valerio Giacomini

Figura 5.53: Report scaricabile ed archiviabile dall'utente a valle della comparazione.

Capitolo 6

Ringraziamenti

L'attività di ricerca e il conseguente sviluppo del web tool sono stati svolti nell'ambito dell'Accordo di programma MASE-ENEA, PTR 2022-2024 della Ricerca di Sistema elettrico, progetto 1.5: Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica, WP1: Strumenti e tecnologie per la riqualificazione del parco edilizio nazionale - Durata del progetto: 36 mesi.