

Ricerca di Sistema elettrico



Realizzazione software e hardware di un sistema di monitoraggio real time di sistemi di mitigazione del clima urbano basati su raffrescamento evaporativo (LA1.24)

B. Zampetti, A. Calìo

Realizzazione software e hardware di un sistema di monitoraggio real time di sistemi di mitigazione del clima urbano basati su raffrescamento evaporativo

LA 1.24 - Sviluppo e primi test per servizi energetici aggiuntivi a supporto della comunità energetica: Smart Buildings, hub energetici multi-vettore, isola di calore (LA1.24)

B. Zampetti, A. Calìo (Tecno.el)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

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

Obiettivo: Decarbonizzazione

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

Linea di attività:1.24

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo, Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Sabrina, Romano, ENEA

Mese inizio previsto: 19

Mese inizio effettivo:19

Mese fine previsto: 36

Mese fine effettivo: 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno contratto dal titolo: "Realizzazione software e hardware di un sistema di monitoraggio real-time di sistemi di mitigazione del clima urbano basati su raffrescamento evaporativo".

Indice

1	Risultati attesi	4
1.1	Attività hardware	4
1.2	Attività software.....	4
2	Risultati ottenuti.....	5
2.1	Attività hardware.....	5
2.2	Attività software.....	5
3	Prodotti attesi	6
4	Prodotti sviluppati	7
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati.....	8
6	Sintesi delle attività svolte	9
7	Dettaglio delle attività svolte.....	10
7.1	Fornitura e installazione del sistema per il monitoraggio di sistemi evaporativi.....	10
7.2	Sviluppo software la visualizzazione web-based dei dati in campo per impianti di raffrescamento evaporativo	11
7.2.1	Architettura del sistema.....	12
7.2.2	Descrizione dei dati	13
7.2.3	Frontend: Dashboard ReactJS.....	13
8	Pubblicazioni scientifiche	15
9	Eventi di disseminazione	16

Indice delle figure

<i>Figura 1 – Sistema di acquisizione dati e controllo</i>	10
<i>Figura 2 – Postazione sensori aria mitigata</i>	11
<i>Figura 3 – Esempio di visualizzazione della mappa per la geolocalizzazione degli impianti</i>	14
<i>Figura 4 – Esempio di schermata informativa per un impianto evaporativa</i>	14

1 Risultati attesi

La lista dei risultati attesi come, da contratto, prevedeva lo sviluppo hardware e software di un sistema di monitoraggio real-time di sistemi di mitigazione del clima urbano basati su raffrescamento evaporativo.

1.1 Attività hardware

Fornitura, posa in opera e verifica di un sistema di monitoraggio di sistemi evaporativi secondo specifiche fornite da ENEA per quanto attiene la sensoristica la misura dei parametri ambientali e l'elaborazione di indici di stress termico.

1.2 Attività software

Sviluppo di una piattaforma web-based per la visualizzazione dei dati acquisiti in campo in *tempo reale* (intervallo 15 minuti) e la geo-localizzazione delle stazioni di misura

2 Risultati ottenuti

In conformità con quanto esplicitato nel contratto, i risultati ottenuti sono stati i seguenti:

2.1 Attività hardware

Corretta esecuzione di quanto richiesto, ossia la fornitura, posa in opera e verifica di un sistema di monitoraggio di sistemi evaporativi secondo specifiche fornite da ENEA per quanto attiene la sensoristica la misura dei parametri ambientali e l'elaborazione di indici di stress termico.

2.2 Attività software

Sviluppo e realizzazione in versione demo di una piattaforma web-based per la visualizzazione dei dati acquisiti in campo in *tempo reale* (intervallo 15 minuti) e la geo-localizzazione delle stazioni di misura

3 Prodotti attesi

Il prodotto atteso, come da contratto, era la realizzazione hardware e software di un sistema di monitoraggio real-time di sistemi di mitigazione del clima urbano basati su raffrescamento evaporativo.

4 Prodotti sviluppati

Il prodotto sviluppato, come da contratto, è un prodotto, che combina una parte fisica (hardware) e una di tipo informatico (piattaforma software) per monitoraggio real-time di sistemi di mitigazione del clima urbano basati su raffrescamento evaporativo.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non si sono verificati scostamenti tra quanto previsto nel contratto e quanto realizzato al termine del medesimo.

6 Sintesi delle attività svolte

L'attività hardware è consistita nella realizzazione di un sistema di monitoraggio ambientale, realizzato con due stazioni di misura delle principali grandezze influenzanti il comfort termico (temperatura, umidità e velocità dell'aria, temperatura media radiante), una interna e una esterna alla zona mitigata, e da un datalogger in grado di leggere le grandezze con intervalli di cinque minuti, elaborare gli indicatori derivati (ossia quelli che a partire dalle misure in campo calcolano gli indici integrati di calore) ed inviare i dati alla piattaforma online. L'attività software ha riguardato lo sviluppo di una piattaforma con interfaccia web-based con due funzioni principali: 1) schermata iniziale con una mappa urbana con visualizzazione e geo-localizzazione degli impianti evaporativi; 2) per ogni impianto una pagina contenente foto e descrizione del sito, informazioni pratiche, e dati di temperatura dell'aria e dell'indice di calore (con cruscotto colorato) aggiornati ogni 15 minuti.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 Fornitura e installazione del sistema per il monitoraggio di sistemi evaporativi

Fornitura e installazione nei siti prescelti di un sistema di acquisizione e controllo, completo di sensoristica per il monitoraggio dei parametri ambientali, e sistema di trasmissione dei dati integrato.

L'impianto consta di due stazioni di misura delle principali grandezze influenzanti il comfort termico (temperatura, umidità e velocità dell'aria, temperatura media radiante) montati su un tripode ad altezza indicata dalle norme tecniche di riferimento. Le stazioni sono posizionate una internamente alla zona mitigata dall'impianto evaporativo e l'altra a distanza, così da risultare indisturbata e quindi rappresentativa delle condizioni esterne. In entrambe le postazioni, per favorire strumentalmente il confronto dei parametri, sono stati utilizzati la stessa marca e modello di sensori, quindi con le medesime caratteristiche tecniche.

A partire dalle grandezze fisiche è quindi calcolato un indice di calore complesso che indica se e quanto ci si distanzia dalle condizioni di comfort termico. Tale indice è anche utilizzato per attivare l'accensione dell'impianto solo quando necessario, in relazione alle condizioni microclimatiche in un dato momento.

Il datalogger contenuto nel sistema, è configurato e programmato con diverse strategie e algoritmi (accensione manuale, accensione temporizzata, accensione con soglie legate all'indice di calore): esso inoltre controlla attraverso le sue interfacce hardware tutti i sensori necessari, l'accensione del sistema di nebulizzazione dell'acqua, la memorizzazione dei dati raccolti e infine attraverso il sistema di trasmissione su rete cellulare, l'invio dei dati sulla piattaforma web predisposta. Figura 1 riporta una vista dell'armadietto contenente il datalogger, la batteria di sicurezza, l'interruttore elettrico e il sistema per invio dei dati.



Figura 1 - Sistema di acquisizione dati e controllo

L'operatore attraverso il sistema di trasmissione dati ha la possibilità di interagire con il sistema da remoto, per il fine di impostare e/o affinare le soglie d'intervento della regolazione, oltre che per le operazioni di controllo e telegestione. Il sistema di monitoraggio è stato installato nei siti prescelti, e configurato per confrontare i parametri ambientali con due postazioni distinte collegate allo stesso datalogger, collocate una all'interno dell'area di mitigazione e una all'esterno.

I parametri ambientali rilevati che hanno alimentato l'algoritmo di controllo, e gli indici di comfort termico per l'area mitigata e per l'area esterna, sono stati: velocità e direzione del vento; temperatura e umidità relativa dell'aria; temperatura media radiante.



Figura 2 - Postazione sensori aria mitigata

Tutti i dati raccolti dal sistema di monitoraggio, sono stati trasmessi attraverso il sistema di comunicazione sulla piattaforma web, sia per alimentare il database storico, che per visualizzare su di un sinottico appositamente sviluppato, gli indici di comfort termico a confronto in real-time. La figura 2 presenta una visione dei sensori posizionati nella zona mitigata.

7.2 Sviluppo software la visualizzazione web-based dei dati in campo per impianti di raffrescamento evaporativo

Nell'ambito del progetto è stata sviluppata una web app full responsive, progettata per essere accessibile da qualsiasi browser e garantire una visualizzazione chiara e intuitiva dei dati raccolti dagli impianti di raffrescamento evaporativo. L'obiettivo principale di questa applicazione è fornire agli utenti un'interfaccia moderna e funzionale che permetta di monitorare in tempo reale le condizioni ambientali, rendendo fruibili informazioni cruciali attraverso una rappresentazione visiva efficace e facilmente interpretabile.

Le potenzialità di questa web app vanno oltre la semplice consultazione dei dati. Grazie alla sua natura dinamica e interattiva, gli utenti possono non solo accedere ai valori aggiornati degli impianti, ma anche visualizzarli su una mappa per una contestualizzazione immediata delle informazioni. L'interfaccia, basata su ReactJS, consente di navigare in modo fluido tra le

diverse sezioni, offrendo un'esperienza utente altamente reattiva e ottimizzata per qualsiasi dispositivo, sia desktop che mobile.

L'uso di una web app per questo scopo porta numerosi vantaggi rispetto a soluzioni più tradizionali come software desktop o report statici. Innanzitutto, la possibilità di accedere ai dati in qualsiasi momento e da qualsiasi luogo senza dover installare software aggiuntivi rappresenta un enorme passo avanti in termini di praticità. Inoltre, grazie all'integrazione con un backend basato su Node.js, la web app può ricevere e aggiornare i dati in tempo reale, garantendo che le informazioni visualizzate siano sempre aggiornate e affidabili.

Un altro aspetto fondamentale è la possibilità di analizzare i dati attraverso grafici e indicatori visivi, come misuratori radiali che si adattano dinamicamente ai valori rilevati. Questa soluzione non solo migliora la comprensione immediata dei dati, ma aiuta anche gli utenti a identificare eventuali criticità senza dover analizzare manualmente lunghe tabelle numeriche.

La dashboard è accessibile liberamente al seguente link: <https://coolshelter.apio.network/>

7.2.1 Architettura del sistema

L'applicazione è basata su una architettura a microservizi, con un backend sviluppato in Node.js e un frontend costruito utilizzando il framework ReactJS.

È stato sviluppato un microservizio in Node.js che gestisce le richieste di dati e li espone tramite due endpoint REST, utilizzati dalla dashboard per ricevere informazioni sui due impianti.

Chiamata impianto ENEA:

GET: <https://api.apio.network/coolshelter/data?table=dati3492stazioneA>

Chiamata impianto Asilo nido Maramao

GET: <https://api.apio.network/coolshelter/data?table=dati3492stazioneB>

Questi endpoint differiscono solo per il parametro table ed eseguono query su un database SQL gestito da TECNO.EL, la ditta responsabile dell'installazione degli impianti. Ogni impianto ha una propria tabella nel database e le API restituiscono sempre l'ultimo dato disponibile.

Le risposte alle API hanno la seguente struttura JSON:

```
{  
  
  "status": true,  
  
  "data": {  
  
    "Timestamp": "2025-02-26T17:00:00.000Z",
```

```
"AT01_Avg": 12.44,  
  
"MOCL_TMR01": -1.842,  
  
"AT02_Avg": 12.22,  
  
"MOCL_TMR02": -1.908  
  
}  
  
}
```

I vantaggi dell'utilizzo di questa architettura sono:

- Reattività e aggiornamento in tempo reale grazie a reactJS
- Scalabilità del backend con microservizi in Node.js
- Flessibilità e manutenibilità con un'architettura basata su API REST

7.2.2 Descrizione dei dati

- Timestamp: Data in formato ISO string dell'ultima rilevazione
- AT01_Avg: Temperatura media quart'oraria urbana
- AT02_Avg: Temperatura media quart'oraria shelter
- MOCL_TMR01: Indice calore Urbano
- MOCL_TMR02: Indice calore Shelter

L'indice di calore è un valore che indica il livello di comfort termico percepito, e viene mostrato su un grafico radiale con diverse categorie di rischio:

indice \leq 0.75 Benessere / Verde

$0.75 <$ indice \leq 1.5 Leggermente caldo / Giallo

$1.5 <$ indice \leq 2.25 Caldo / Arancione

Indice $>$ 2.25 Molto caldo / Rosso

7.2.3 Frontend: Dashboard ReactJS

L'interfaccia grafica è stata realizzata utilizzando come framework ReactJS e presenta una homepage in cui è possibile visualizzare i due impianti sia geolocalizzati su mappa sia su tabella, come riportato nelle Figure 3 e 4.

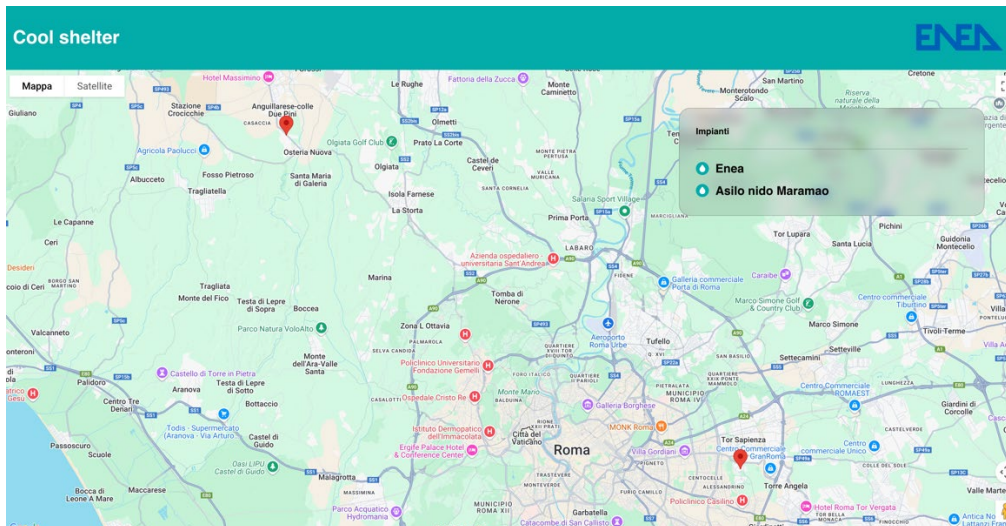


Figura 3 – Esempio di visualizzazione della mappa per la geolocalizzazione degli impianti

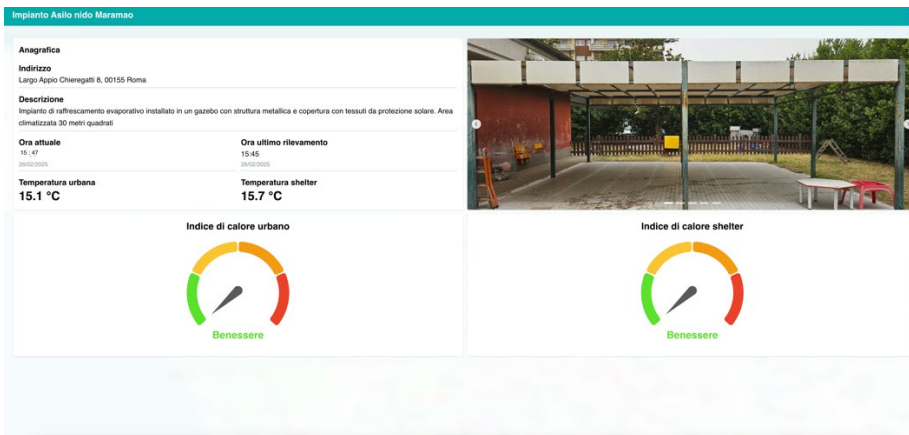


Figura 4 – Esempio di schermata informativa per un impianto evaporativa

Cliccando su un impianto è possibile visualizzare nel dettaglio i dati dell'impianto che vengono aggiornati in automatico ogni minuto:

- Indirizzo
- Descrizione
- Ora attuale
- Ora ultimo rilevamento
- Temperatura urbana
- Temperatura shelter
- Indice calore urbano
- Indice calore shelter

Inoltre un carosello permette di visualizzare più foto dell'installazione

8 Pubblicazioni scientifiche

Nell'ambito della consulenza non sono state effettuate pubblicazioni scientifiche

9 Eventi di disseminazione

Nell'ambito della consulenza non si sono svolti eventi di disseminazione.