

Ricerca di Sistema elettrico



Analisi sperimentale di un prototipo di "Tetto *Blue-Green*" - parte 1

Latini A., De Rossi P., Colasuonno L.

Titolo: Analisi sperimentale di un prototipo di "Tetto *Blue-Green*" - parte 1

A, Latini, P. De Rossi, L. Colasuonno (ENEA)

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: 1.5 - Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica

Linea di attività: LA2.3)

Responsabile del Progetto: G. Puglisi (ENEA)

Responsabile del Work Package: G. Puglisi (ENEA)

Responsabile Linea di Attività: ENEA

Mese inizio previsto: gennaio 2022

Mese inizio effettivo: gennaio 2022

Mese fine previsto: giugno 2023

Mese fine effettivo: dicembre 2024

Indice

1	Risultati attesi	3
2	Risultati ottenuti.....	4
3	Prodotti attesi	6
4	Prodotti sviluppati	7
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati.....	8
6	Sintesi delle attività svolte	10
7	Dettaglio delle attività svolte.....	11
7.1	Analisi delle principali tipologie di Tetto <i>Blue-Green</i> con funzione di sistema per il drenaggio urbano sostenibile (SUDS) offerte dal mercato.....	11
7.2	Individuazione dell'edificio target per l'installazione del Tetto <i>Blue-Green</i>	13
7.3	Definizione delle caratteristiche e dei parametri tecnici del prototipo di Tetto <i>Blue-Green</i>	14
7.3.1.	Caratteristiche della vegetazione e del substrato per la sperimentazione sul Tetto <i>Blue-Green</i>	14
7.3.2.	Definizione del sistema di monitoraggio del Tetto <i>Blue-Green</i> DAKU.....	15
7.3.3.	Analisi energetica	17
7.3.3.1	Monitoraggio dei flussi termici	17
7.3.3.2	Monitoraggio delle temperature superficiali.....	18
7.4	Installazione e collaudo del prototipo di Tetto <i>Blue-Green</i>	20
8	Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte.....	25
9	Pubblicazioni	26
10	Eventi di disseminazione	28

1 Risultati attesi

I risultati attesi dalla LA2.3 come descritti nella proposta progettuale sono riassunti nei seguenti punti:

- Analisi e studio delle principali tipologie di Tetto *Blue-Green* con funzione di sistema per il drenaggio urbano sostenibile (SUDS);
- Definizione delle caratteristiche e dei parametri tecnici (*requirements*) del prototipo di Tetto *Blue-Green* da realizzare su un edificio presso il C.R. ENEA Casaccia (Roma);
- Installazione del prototipo di Tetto *Blue-Green* e della sensoristica associata;
- Collaudo del prototipo di Tetto *Blue-Green* e test di funzionamento della sensoristica associata.

2 Risultati ottenuti

I risultati ottenuti nella LA2.3 sono fortemente allineati con le previsioni esplicitate nella proposta progettuale. Rispetto ai risultati attesi menzionati nella sezione precedente si riportano i seguenti commenti:

- Analisi e studio delle principali tipologie di Tetto *Blue-Green* con funzione di sistema per il drenaggio urbano sostenibile (SUDS). Lo studio delle principali soluzioni disponibili sul mercato di Tetto-Verde con l'ulteriore funzionalità di trattenimento dell'acqua piovana per la facilitazione del drenaggio urbano ha messo in evidenza come l'adozione e la diffusione di queste tecnologie siano all'inizio di una fase di ascesa, confermando la rilevanza di questa attività di ricerca nel generare ed ampliare i pochi dati disponibili sugli effetti ambientali ed energetici. Lo scopo di questa ricerca infatti è quello di ampliare le conoscenze sulle infrastrutture verdi per edifici, non solo per la comunità scientifica ma anche i cittadini ed i *policy maker*, col fine di promuovere l'*uptake* di queste tecnologie che rappresentano un *tool* efficace per il risparmio d'acqua e la gestione degli eventi meteorici intensi, fornendo ulteriori servizi ecosistemici ai cittadini e all'ambiente circostante, e, consentendo al tempo stesso di risparmiare elettricità per la climatizzazione degli ambienti interni. Sono emerse diverse tipologie di soluzioni, specificamente adattabili a diverse situazioni. Seppur ben distinti, i sistemi analizzati in maggior dettaglio, quali il *Polder Roof* proposto da Wavin, il *Blue-Green Roof (BGR)* di DAKU e il Tetto Verde a Ritenzione Idrica di ZinCo, sono risultati tutti molto validi per le caratteristiche tecniche, il sistema di raccolta dell'acqua e la possibilità di integrare un sistema di monitoraggio adattabile agli scopi specifici della ricerca. Alla fine, per la sperimentazione da condurre in ENEA, è stato selezionato il sistema BGR di DAKU per motivazioni pratiche, legate ad una facilitazione anche logistica motivata dalla presenza di collaboratori sul territorio.
- Definizione delle caratteristiche e dei parametri tecnici (*requirements*) del prototipo di Tetto *Blue-Green* da realizzare su un edificio presso il C.R. ENEA Casaccia (Roma). È stato eseguito un grosso lavoro di squadra, anche con il supporto tecnico della ditta selezionata per l'installazione del sistema (DAKU) e del personale tecnico responsabile delle infrastrutture presso il C.R. ENEA di Casaccia, che ha finalmente portato alla definizione di tutti i requisiti che il sistema Tetto *Blue-Green* doveva avere, a partire dal progettazione del campo sperimentale, comprendente la definizione dei parametri microclimatici da misurare, del sistema per il monitoraggio dei flussi termici attraverso la stratigrafia, degli input e degli output idrico del sistema Tetto *Blue-Green*. Sono state considerate e selezionate tutte le grandezze da misurare per il monitoraggio ambientale, la gestione dell'acqua e la prestazione energetica del sistema. In particolare, è stata pianificata una centralina specifica per la sensoristica microclimatica, la gestione dell'irrigazione ed il livello dell'acqua; una seconda centralina è stata dedicata alla sensoristica installata al piano sottostante, per monitorare le temperature superficiali di contatto col soffitto, le temperature ambiente ed umidità dell'aria nelle stanze sottostanti il tetto per la valutazione termica dell'impatto del sistema *Blue-Green*. Infine, è stato definito un sistema con una centralina indipendente dedicata ai termoflussimetri, per la misurazione dei flussi termici attraverso il soffitto delle stanze utilmente selezionate a questo scopo, includendo una stanza al di sotto del Tetto *Blue-*

Green (in particolare, al di sotto della Parcella n° 4) e due stanze come controllo negativo, rispettivamente, C₋₁ più vicina al campo prova e C₋₂ al lato opposto del lastrico solare dell'edificio.

La messa a punto del sistema ha riguardato anche la tipologia di essenza vegetale da mettere a dimora sul Tetto Verde ed a questo proposito sono state selezionate una copertura a *Sedum* ed una copertura a Prato Fiorito. Inoltre, è stata valutata la tipologia e la composizione del substrato di crescita della vegetazione e le proprietà dell'ammendante Biochar da aggiungere al substrato per valutarne l'efficacia rispetto alle altre due parcelle con substrato privo di Biochar. In definitiva, un ulteriore valore aggiunto di questo campo prova è dato dall'aver pianificato n° 4 zone (Parcelle) indipendenti del campo prova, ciascuna con un sistema di monitoraggio indipendente e specifico ed una combinazione unica di vegetazione + substrato.

Installazione del prototipo di Tetto *Blue-Green* e della sensoristica associata. L'attività di installazione del sistema *Blue-Green* e di tutta la sensoristica associata ha subito un ritardo di circa un semestre dovuto a questioni non dipendenti dalle attività di ricerca e della sensoristica associata. Ciò nonostante, una volta predisposto e attivato il contratto con la ditta, i lavori d'installazione sono stati avviati subito dopo secondo le condizioni del contratto di fornitura e di servizi, in rispetto del DUVRI (Documento Unico di Valutazione dei Rischi da Interferenze) predisposto da ENEA per la sicurezza sul lavoro, e si sono conclusi con successo. Al momento dell'installazione (dicembre 2023) sono state propagate delle talee di *Sedum* nelle parcelle corrispondenti. Una seconda propagazione di talee di *Sedum* e la semina delle specie vegetali per il Prato Fiorito sono state programmate tra la fine di febbraio e l'inizio di marzo 2024.

- Collaudo del prototipo di Tetto *Blue-Green* e test di funzionamento della sensoristica associata. Dovuto al ritardo nell'installazione, il collaudo del sistema *Blue-Green* è stato posticipato di conseguenza. Ciò nonostante, il sistema, incluso la sensoristica sul tetto e quella al piano sottostante, risulta essere funzionante per la fine del 2023, ad esclusione dei termoflussimetri che, causa un ritardo dell'ordine, sono stati soltanto posizionati nelle stanze opportune e saranno collegati alla centralina e resi poi disponibili su una piattaforma online tra gennaio e febbraio 2024.

3 Prodotti attesi

I *deliverable* previsti come da proposta progettuale per la LA2.3 sono:

- Rapporto tecnico di sintesi delle attività e dei risultati attesi sopra descritti;
- Realizzazione del prototipo di Tetto *Blue-Green* su un edificio presso il C.R. ENEA Casaccia (Roma), collaudato e sottoposto a monitoraggio microclimatico, termico e idraulico.

4 Prodotti sviluppati

Sono stati sviluppati e realizzati i *deliverable* menzionati nella sezione precedente come previsto nella proposta progettuale.

- Il rapporto tecnico dettagliato che contiene le attività ed i risultati della sperimentazione svolta per la LA2.3 a partire da gennaio 2022 a dicembre 2023, in aggiunta a questo stesso Report Sintetico.
- La realizzazione del prototipo di Tetto *Blue-Green* sull'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia comprensivo del sistema di monitoraggio microclimatico, idrico ed energetico. L'infrastruttura è stata installata e collaudata, anche la sensoristica del sistema di monitoraggio è stata installata e testata con esito positivo.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

la LA2.3 non presenta nessuno scostamento, avendo svolto le attività e raggiunto i risultati previsti da capitolato.

Questa attività di ricerca è stata contrassegnata in fase di proposta da un rischio di insuccesso (con un impatto pari a 5 in una scala di valutazione da 0 a 5) nella realizzazione del Tetto *Blue-Green* che avrebbe potuto concretizzarsi se non fosse stato individuato, all'interno del Centro Ricerche ENEA Casaccia (Roma), un sito idoneo all'installazione del prototipo. In questo caso è stata trovata la soluzione più opportuna, ovvero un tetto di recente ristrutturazione, dotato di parapetto, logisticamente comodo e facilmente accessibile per la sperimentazione (edificio denominato F64). Una volta identificato l'edificio con il lastrico solare risultante più adatto all'attività di ricerca, è stato necessario verificare sperimentalmente la solidità della struttura, per accertare e asseverare che il carico aggiuntivo dovuto alla stratigrafia del sistema *Blue-Green* non comportasse alcun rischio significativo di deformazione strutturale (Fig. 1). La prova di carico, realizzata applicando un peso fino a 300 kg/m^2 , molto maggiore rispetto al carico del peso saturo del sistema *Blue-Green* in presenza del massimo contenuto d'acqua che il sistema può assumere, ci ha consentito di prediligere sistemi con una stratigrafia leggera, piuttosto che essere condizionati a soluzioni ultra-leggere, che avrebbero limitato in maniera consistente lo spessore utilizzabile di substrato e pertanto il quantitativo di Biochar da aggiungere al substrato, condizionando la possibilità di valutare e comparare la *performance* di differenti specie vegetali (Prato Fiorito e *Sedum*).

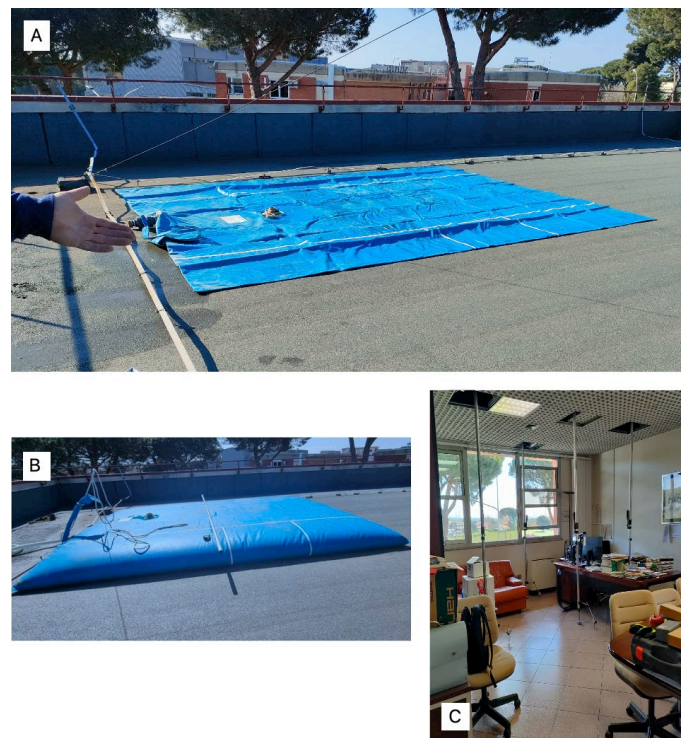


Figura 1 – Prova di carico sul lastrico solare dell'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia (Roma). A) Materasso in PVC steso sul tetto dell'edificio; B) materasso a pieno carico di prova testato di 300 kg/m^2 ; C) stanza sottostante il tetto a livello del carico ove sono stati posizionati n° 5 comparatori che registravano gli spostamenti verticali durante la prova e gli eventuali spostamenti residui al termine della stessa.

Un altro rischio importante di questa attività di ricerca è stato correlato all'implementazione del sistema di monitoraggio per il rilievo dei parametri ambientali, in modo da consentire l'integrazione e la sincronizzazione di dati provenienti da sensori con diverse tecnologie di misura, digitali e analogici, tenendo in considerazione il numero di datalogger, le distanze e i numerosi punti di misura. Dopo aver definito la localizzazione dei sensori si è scelto di utilizzare due centraline separate, una per la sensoristica sul tetto ed un'altra per la sensoristica sul piano sottostante. Ovviamente sono stati presi in considerazione i vari vincoli per consentire un cablaggio ottimale. È stata discussa l'opzione di accessibilità da remoto alle centraline attraverso una connessione ad internet fisica via ethernet, ma si è finalmente optato per l'implementazione di un sistema di trasferimento tramite scheda SIM, per ovviare sia a delle problematiche meccaniche per portare il cablaggio di rete sul tetto che a problemi di proprietà, sicurezza e privacy della rete ENEA.

È stata valutata la connessione delle piastre di flusso alla centralina fornita da DAKU già dedicata alla sensoristica del piano sottostante. Purtroppo, nonostante sia stata valutata la possibilità di far comunicare le piastre di flusso con il datalogger DAKU predisposto, sono emerse numerose criticità dovute soprattutto alla integrazione tra due sistemi di comunicazione analogico/digitale e relativa configurazione, ma anche al sistema di trasmissione dati. Per questo motivo, alla fine si è scelto di realizzare un sistema indipendente per la registrazione e la gestione dei dati misurati dai termoflussimetri.

6 Sintesi delle attività svolte

Di seguito, come elenco puntato, una sintesi delle principali attività svolte.

- Analisi delle principali tipologie di Tetto *Blue-Green* per il drenaggio urbano sostenibile (SUDS), allo scopo di selezionare la tipologia da installare come prototipo per la sperimentazione proposta. Finalmente è stato selezionato il *Blue-Green Roof* di DAKU, che consente di riutilizzare l'acqua piovana per l'irrigazione della vegetazione sul tetto.
- Individuazione dell'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia in cui installare il di Tetto *Blue-Green*, seguita da verifica di sicurezza e prova di carico del solaio, che ha consentito di asseverarne la stabilità in presenza di un carico aggiuntivo superiore significativamente rispetto al previsto.
- Definizione delle caratteristiche del Tetto *Blue-Green*, incluso il sistema di monitoraggio per la stima del risparmio energetico associato a queste infrastrutture verdi, del microclima, nonché dei flussi idrici per la valutazione dell'efficienza nella gestione dell'acqua in area Mediterranea.
- Installazione e collaudo del sistema *Blue-Green* pianificato.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 Analisi delle principali tipologie di Tetto *Blue-Green* con funzione di sistema per il drenaggio urbano sostenibile (SUDS) offerte dal mercato

Lo scopo di questa analisi preliminare è stato quello di selezionare il sistema *Blue-Green* più consono per il raggiungimento degli obiettivi di questa sperimentazione. Abbiamo focalizzato sui seguenti sistemi: il *Polder Roof* di Wavin¹, il *Blue-Green Roof* di DAKU² ed il Tetto Verde a Ritenzione di Zinco³. Finalmente è stato selezionato il *BGR* di DAKU, che presenta un bacino primario di raccolta dell'acqua alla base della stratigrafia che assicura l'acqua all'irrigazione. Al di sopra del bacino primario vi è un bacino secondario al quale l'acqua viene trasferita attraverso un sistema di pompaggio. Infine, dal bacino secondario l'acqua passa al substrato di crescita percorrendo un sistema di "camini capillari", minimizzando le perdite di acqua e promuovendo un riutilizzo efficiente della risorsa idrica (Fig. 2).

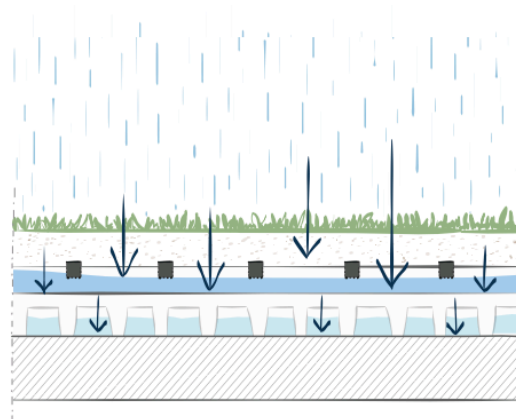
¹ <https://wavin.com/en-en>

² https://www.daku.it/storage/media/pdf/rtSiiv/2023_brochure_definitivo_per-web_compressed_6mb.pdf

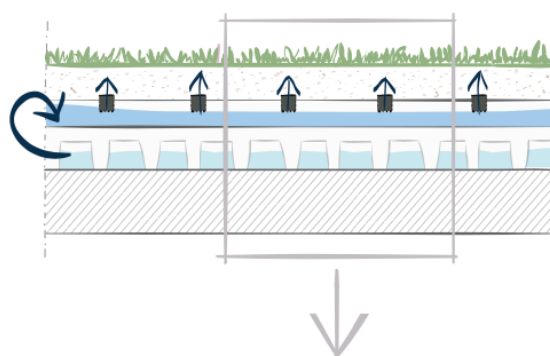
³ <https://zinco-italia.it/sistemi/tetto-verde-ritenzione>

FUNZIONAMENTO SISTEMA BGR + IRRIGA

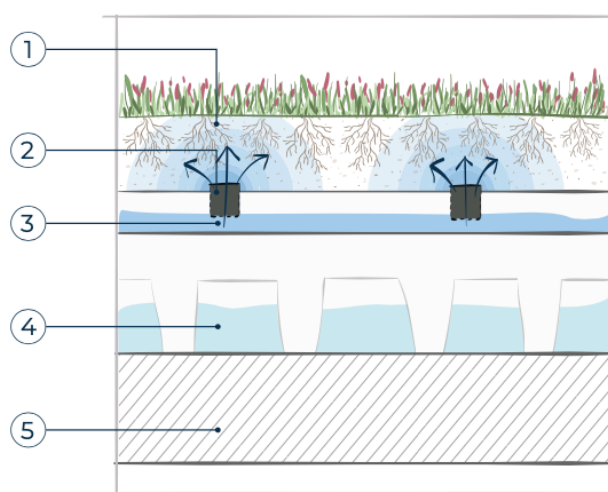
**1 / ACCUMULO/LAMINAZIONE
CON IL BACINO PRIMARIO**



**2 / POMPAGGIO DELL'ACQUA
DAL BACINO PRIMARIO AL
BACINO SECONDARIO**



**3 / RISALITA CAPILLARE
DELL'ACQUA E SVILUPPO
DELL' APPARATO RADICALE**



1. Substrato DAKU
2. Camino capillare
3. Bacino secondario
4. Bacino primario
5. Solaio strutturale

Figura 2 - Rappresentazione schematica del funzionamento del sistema BGR DAKU Irriga⁴.

⁴ https://www.daku.it/storage/media/pdf/rtSiiv/2023_brochure_definitivo_per-web_compressed_6mb.pdf

7.2 Individuazione dell'edificio target per l'installazione del Tetto Blue-Green

È stato individuato l'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia in cui installare il di Tetto Blue-Green (cfr. Sezione 5; Fig. 3).

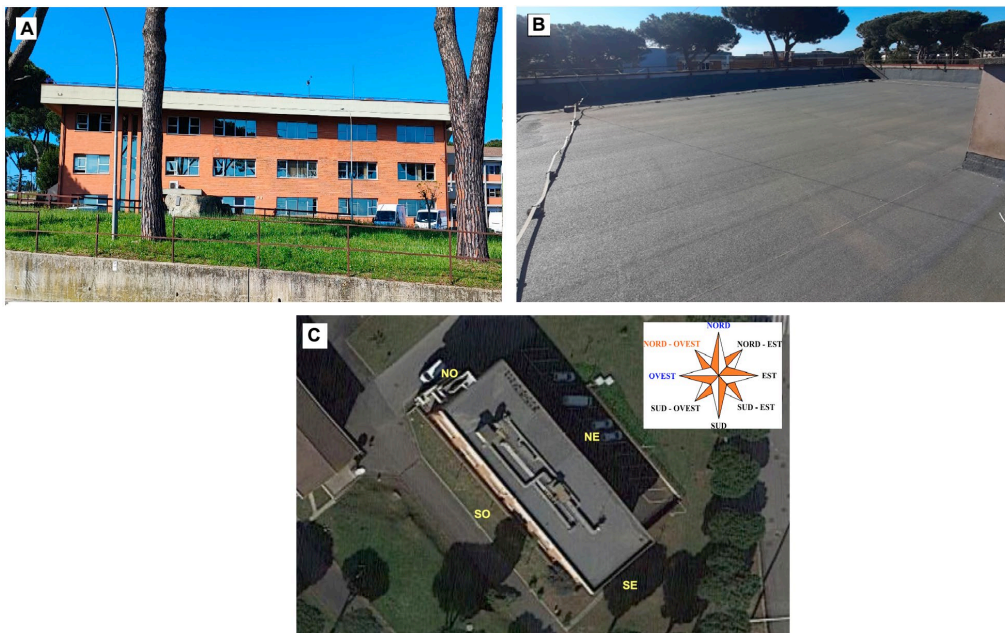


Figura 3 - A) Vista frontale dell'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia; B) vista della porzione di lastrico solare interessato dalla sperimentazione; C) localizzazione GPS dell'edificio, coordinate 42.04181221974353, 12.30312208931327 (immagine da Google Maps).

Si è deciso di eseguire in modo accurato una verifica della sicurezza del lastrico svolgendo una serie di indagini strutturali e, finalmente, una prova di carico con materasso in PVC (Fig. 1), che ha consentito di asseverarne la stabilità in presenza di un carico aggiuntivo di 300 kg/m^2 , risultante a tutti gli effetti superiore rispetto al peso massimo raggiungibile dal sistema Blue-Green in condizione di saturazione idrica.

La porzione esposta a sud-est (SE) del lastrico solare dell'edificio è stata l'area dedicata alla sperimentazione, realizzando n° 4 parcelle inverdite, come mostrato schematicamente in Figura 4.

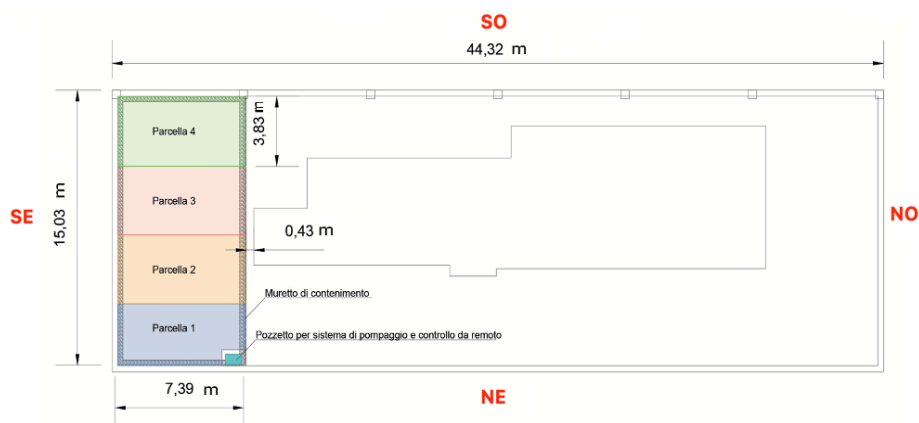


Figura 4 - Vista del tetto (dimensioni circa 44 x 15 m) dell'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia con in evidenza la porzione in cui è pianificata l'installazione del Tetto Blue-Green in 4 Parcelle ed indicazione della localizzazione geografica in base ai punti cardinali.

7.3 Definizione delle caratteristiche e dei parametri tecnici del prototipo di Tetto *Blue-Green*

La definizione dei requisiti del Tetto *Blue-Green* include la pianificazione del sistema di monitoraggio per l'analisi dei flussi di energia per la stima del risparmio energetico associato a queste infrastrutture verdi, dei principali parametri microclimatici, nonché dei flussi idrici per la valutazione dell'efficienza di questi sistemi per il drenaggio urbano sostenibile (*Sustainable Urban Drainage System*, SUDS) nella gestione dell'acqua in area Mediterranea.

7.3.1. Caratteristiche della vegetazione e del substrato per la sperimentazione sul Tetto *Blue-Green*

Il Tetto *Blue-Green* finalmente realizzato si estende su una superficie di circa 100 mq sul lato sud-est (SE) del lastrico solare dell'edificio interessato. L'inverdimento, come anticipato, sarà di tipo estensivo. È prevista la realizzazione di n° 4 parcelle affiancate, ma separate ed indipendenti (ad esclusione del bacino primario che è unico per le 4 parcelle) l'una dall'altra (vedi Fig. 4), ciascuna delle quali caratterizzata da un tipo di vegetazione e da un tipo di substrato tali da consentirne un'analisi comparativa. In particolare, verranno utilizzati due differenti tipi di vegetazione - *Sedum* e Prato Fiorito - e due differenti tipi di substrato - con e senza Biochar. Pertanto, le parcelle saranno così costituite:

- Parcella 1 - Prato Fiorito, con Biochar
- Parcella 2 - *Sedum*, con Biochar
- Parcella 3 - Prato Fiorito, senza Biochar
- Parcella 4 - *Sedum*, senza Biochar.

Numerose specie vegetali di *Sedum* sono notoriamente adatte a questo tipo di coperture, ma anche il Prato Fiorito risulta crescere bene nei Tetti Verdi, aumentando la naturalità di queste infrastrutture e riducendone l'impatto ambientale. Ambedue le tipologie di vegetazione risultano resistenti allo stress idrico; tuttavia, nel caso del Prato Fiorito bisognerà prestare particolare attenzione al programma di irrigazione in base al periodo e alle condizioni climatiche. Inoltre, per il prato fiorito bisogna mantenere una profondità del terreno di poco superiore rispetto al caso del *Sedum*, in cui 8 cm di substrato sono appurati essere più che sufficienti. Nella nostra sperimentazione opteremo ugualmente per uno spessore di substrato un pochino inferiore anche per il caso del Prato Fiorito, utilizzando 12 cm piuttosto che i 15 cm comunemente utilizzati. In Figura 5, si mostrano delle realizzazioni di Tetto Verde estensivo con *Sedum* e con Prato Fiorito.



Figura 5 - A sinistra, fotografia di copertura a *Sedum* coltivato sul Tetto Verde presso l'edificio della Scuola delle Energie in ENEA; a destra, verde pensile con Prato Fiorito (immagine tratta dal sito web di Perlite Italiana).

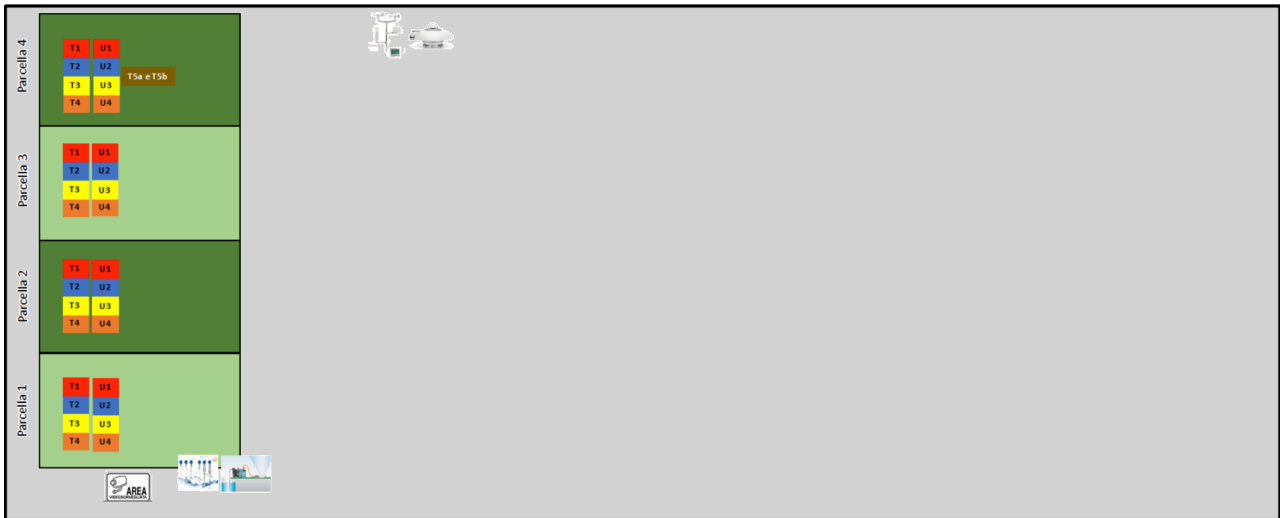
Per quanto riguarda il substrato di crescita, è stato selezionato il "DAKU ROOF SOIL 2 IRRIGA"⁵ per le sue caratteristiche di leggerezza e la presenza di una quantità consistente di sostanza organica. Questo substrato verrà utilizzato tal quale nelle Parcelle 3 e 4, mentre sarà miscelato con il 10% in volume di Biochar nelle Parcelle 1 e 2. Il Biochar è stato scelto nella sperimentazione in quanto è in grado di migliorare la struttura chimica, fisica e microbiologica del suolo creando un'intelaiatura stabile, porosa e alleggerita e allo stesso tempo di ridurre la frequenza e la quantità di acqua per l'irrigazione. Verrà utilizzato un Biochar prodotto da pirogassificazione con una temperatura massima di 400°, utilizzando cippato di legno vergine (pioppo, rubinia, carpine e simili), con un basso contenuto in cenere (possibilmente < 10% m/m s.s.) e alto contenuto in carbonio (> 70%).

7.3.2. Definizione del sistema di monitoraggio del Tetto *Blue-Green* DAKU

La sperimentazione prevede la realizzazione di un sistema intelligente ed efficiente per la gestione ed il monitoraggio del Tetto *Blue-Green* sfruttando tecnologie basate sull'IoT. Numerosi sensori di parametri ambientali (microclimatici) verranno installati nel sistema BGR. In particolare, il sistema BGR verrà realizzato nella parte sud-est (SE) del lastrico solare.

Nella [Figura 6](#) sono rappresentati i principali sensori e le loro caratteristiche per la misura dei parametri microclimatici scelti a consentire un monitoraggio puntuale ed appropriato del sistema. In ciascuna delle n° 4 Parcelle, vi saranno n° 4 sensori di temperatura (T1-T4) e n° 4 sensori di umidità dell'aria (U1-U4). Solo nella Parcella n° 4 verranno installati n° 2 sensori di temperatura di contatto con il lastrico solare (T5a e T5b). Al di sotto delle n° 4 Parcelle vi sarà un unico bacino primario collegato ad un'unica pompa per l'irrigazione che funzionerà per tutto il sistema, ci sarà un sensore che misurerà il livello dell'acqua nel bacino primario e, infine, n° 2 videocamere consentiranno la visualizzazione ed il controllo continuo ed in tempo-reale della vegetazione sul tetto. In zona centrale del lastrico solare verranno installati sia una centralina meteo che un piranometro per la misura della radiazione solare globale.

⁵ https://www.daku.it/storage/media/pdf/x6VtaQ/it-soil_2_irriga_rev.23-03.pdf



- | | | | |
|-----------|---|-----------|--|
| T1 | T fuori terra (20 cm) | U1 | RH fuori terra (20 cm) |
| T2 | T fuori terra (2 cm) | U2 | RH fuori terra (2 cm) |
| T3 | T substrato zona superiore (1/3 dall'alto dello spessore del substrato) | U3 | RH substrato zona superiore (1/3 dall'alto dello spessore del substrato) |
| T4 | T substrato zona inferiore (1/3 dal basso dello spessore del substrato) | U4 | RH substrato zona inferiore (1/3 dal basso dello spessore del substrato) |

su ciascuna delle n° 4 Parcelle

T5a e T5b T a contatto col lastrico solare (TS, temperature superficiale, che dovrebbe corrispondere al sensore esterno della termocoppia, il cui sensore interno sarà ubicato a livello del soffitto della stanza sottostante.). Un unico sensore di temperatura ubicato a contatto col lastrico solare, non immerso direttamente in acqua in quanto protetto da una box apposita realizzata in materiale con coefficiente di conduttività adeguato allo scopo, quindi simile all'acqua. (Per info: http://www.cornaviera.it/pagina.asp?codice=conduttivita%EO_materiali <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/assorbimento-dacqua-e-conduttivita-termica-dei-materiali-isolanti/>). T5a e T5b sono 2 sensori equivalenti, uno è in più per provvedere all'eventuale registrazione dei dati nel caso si danneggiasse quello in funzione. Questi sensori andranno localizzati sotto la parcella 4 (nella posizione rispetto al TS e alle piastre di flusso). Nello studio si assumerà che la temperatura misurata dai T5 sia una media delle temperature misurate sul lastrico sotto le quattro diverse parcelle.

solo sulla Parcella n° 4

- Centralina meteo (componenti minime: termigigrometro, anemometro e banderuola, pluviometro). Nel catalogo che ci ha mandato Piero Schiavuta, ci sono la Ultrasonic, la Integrated o la Professional weather station. E' possibile aver una quotazione di ciascuna? Ovviamente sarebbe preferibile quella professionale multi-sensore, anche per l'accuratezza...
- Piranometro, sensore radiazione solare globale (può essere incluso nella centralina meteo)

al centro del lastrico solare

- Un'unica pompa d'irrigazione che funzionerà per tutto il sistema, posta all'interno di un pozzetto (probabilmente all'estremità della parcella 1)
- Sensore livello acqua nel bacino (valutazione del costo con sensibilità di 1 mm o di 1 um)
- Telecamera con possibilità di fare fotografie. Installata in modo opportuno per consentire un'osservazione e valutazione della performance di crescita della vegetazione. Si sta valutando di mettere 2 telecamere, una per le parcelle 1-2 e un'altra per le parcelle 3-4.
- Servizio previsioni meteo

a livello del sistema BGR

Figura 6 - In alto, rappresentazione schematica del lastrico solare dell'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia. Nella parte sinistra (esposizione SE) è localizzato il campo prova di Blue-Green Roof con le n° 4 Parcelle. In basso, rappresentazione schematica della sensoristica che verrà installata per il monitoraggio del sistema BGR e principali caratteristiche.

7.3.3. Analisi energetica

7.3.3.1 Monitoraggio dei flussi termici

Mentre l'analisi della performance di crescita delle piante e della performance idrica sul tetto saranno concentrate in modo specifico su tutte e 4 le Parcelle, l'analisi della performance energetica del sistema di Tetto *Blue-Green* si concentrerà sulla Parcella n° 4 e su due distinte posizioni di tetto non inverdito.

Al fine di stimare l'effetto del Tetto *Blue-Green* sui flussi termici attraverso la stratigrafia sul solaio dell'edificio F64, la misurazione di questi è stata pianificata in due posizioni distinte sul solaio: una a livello del Tetto *Blue-Green* (tetto inverdito) ed una a livello del tetto non inverdito, con funzione di controllo negativo (C-). Per quanto riguarda il tetto inverdito, si prevede la collocazione di un termoflussimetro al centro della Parcella 4. Diversamente, per quanto riguarda il tetto non inverdito, sono state selezionate due possibili collocazioni come controllo negativo, rispettivamente C₋₁ e C₋₂. In particolare, C₋₁ corrisponde ad una zona vicina al Tetto *Blue-Green* e C₋₂ corrisponde ad una posizione simmetricamente opposta alla Parcella 4 (Fig. 7).

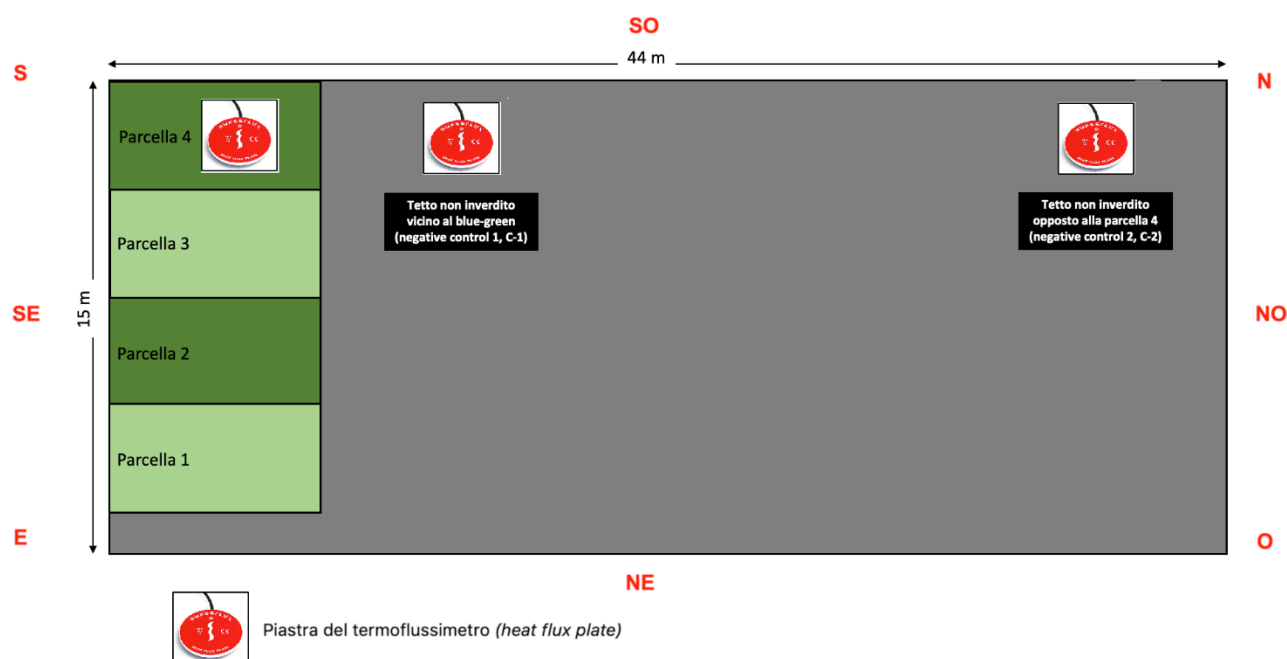


Figura 7 - Schema del lastrico solare sull'edificio F64 presso il C.R. ENEA Casaccia; in verde, a sinistra, l'area corrispondente al Tetto *Blue-Green*, mentre in grigio l'area del tetto non inverdita. L'immagine della piastra del termoflussimetro viene qui utilizzata per evidenziare le posizioni dove verranno collocate sia a livello della Parcella 4 inverdita che a livello dei controlli negativi C₋₁ e C₋₂. Esternamente, in rosso, è riportato l'orientamento geografico (punti cardinali).

I sensori di flusso del tipo HFP01 di Hukseflux Thermal Sensor⁶ (Fig. 8) sono stati selezionati per determinare sperimentalmente la trasmittanza termica di una parete opaca, in quanto molto utilizzati nella ricerca sulla misurazione del flusso di calore attraverso le pareti e gli involucri degli edifici.

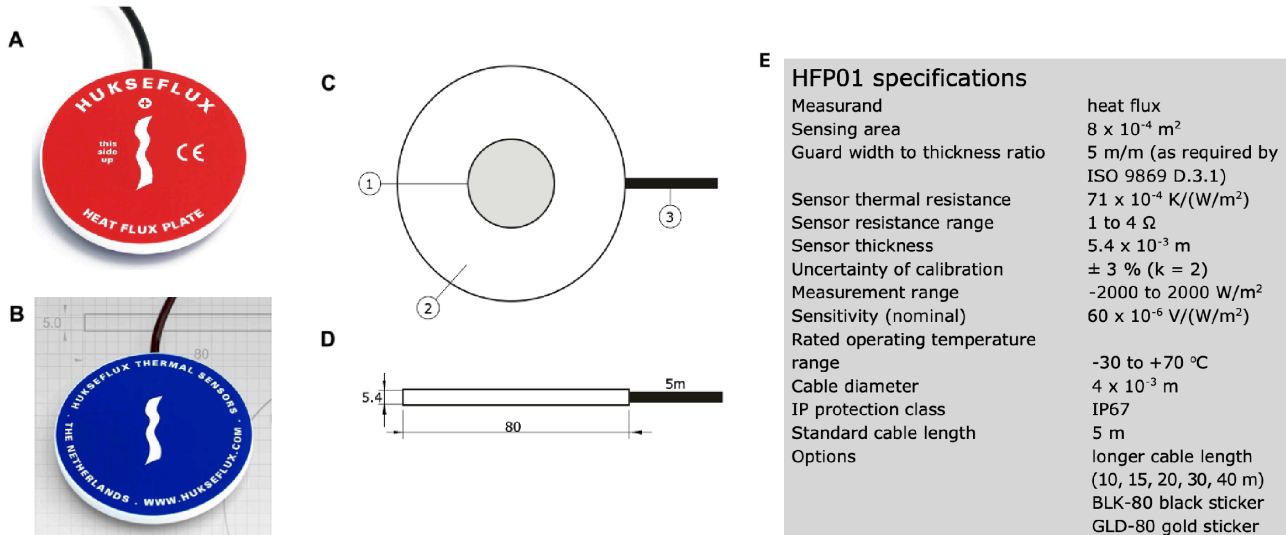


Figura 8 - Piastra di flusso termico (*Heat Flux Plate*) HFP01 di Hukseflux. A) Il lato rosso è quello a contatto con l'ambiente esterno, B) il lato blu è quello a contatto con la superficie di cui si vuole misurare la trasmittanza. C) Immagine schematica di una piastra di flusso, dove 1) è l'area di rilevamento, 2) è la protezione del corpo composito in ceramica-plastica e 3) è il cavo lungo 5 metri. D) Lo spessore complessivo del sensore, incluso le coperture, è di 5,4 mm ed il diametro della piastra è di 8 cm. E) Specifiche tecniche dei dispositivi.

7.3.3.2 Monitoraggio delle temperature superficiali

Come schematizzato in Figura 9, le temperature superficiali (riferite al lastrico solare) verranno misurate:

- a livello del Tetto *Blue-Green* (tetto inverdito) al di sotto della Parcella n° 4 (in prossimità del termoflussimetro);
- nella posizione selezionata come controllo negativo C₋₁, ovvero nella zona vicina al Tetto *Blue-Green*
- nella posizione selezionata come controllo negativo C₋₂, ovvero nella posizione simmetricamente opposta ai sensori installati a livello della Parcella n° 4.

⁶ <https://www.hukseflux.com/>

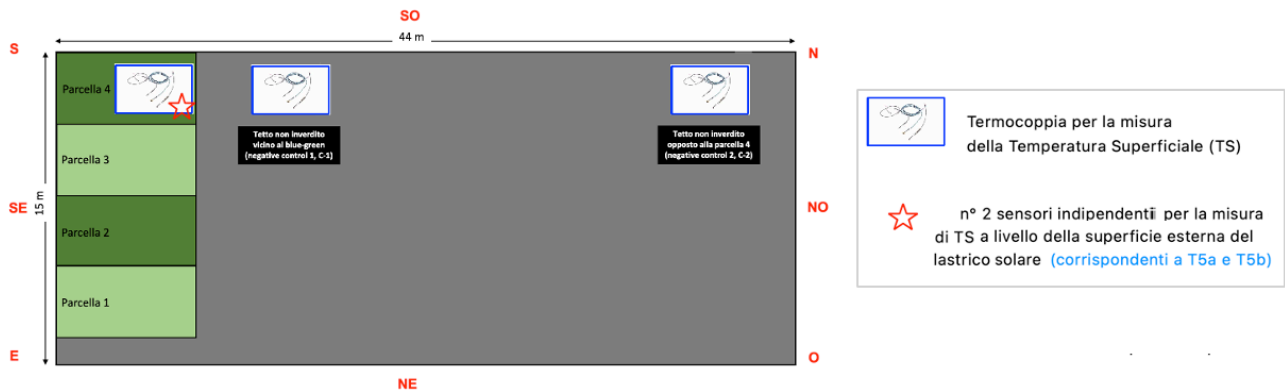


Figura 9 - Sensori per la misura della Temperatura Superficiale (TS).

Specificamente per l'analisi energetica del BGR, per riassumere, la sensoristica che verrà predisposta risulta:

- A livello della Parcella n° 4 ed in corrispondenza della stanza sottostante: un sensore di temperatura per la TS esterna ed uno per la TS interna + termoflussimetro (n.b.: TS esterna a livello della Parcella n° 4 corrisponde a T5).
- Sul lastrico solare non inverdito, entro pochi metri dalla superficie Blue-Green: un sensore di temperatura per la TS esterna ed uno per la TS interna + termoflussimetro (Controllo negativo C_{-1}).
- Sul lastrico solare non inverdito, nella posizione opposta e simmetrica ai sensori della Parcella n° 4: un sensore di temperatura per la TS esterna ed uno per la TS interna + termoflussimetro (Controllo negativo C_{-2}).
- Nelle tre stanze sottostanti da monitorare (una sotto la Parcella n° 4, una sotto il Controllo negativo C_{-1} e una sotto il Controllo negativo C_{-2}): n° 3 termoigrometri.

7.4 Installazione e collaudo del prototipo di Tetto *Blue-Green*

Il campo prova è stato installato nel mese di dicembre 2023. Seguono alcune fotografie a documentare i lavori di installazione del sistema BGR.



Figura 10. Fotografie sul tetto durante il cantiere per l'installazione del sistema BGR. A) Posa in opera delle travi a costituire il profilo di contenimento per delimitare la superficie del campo prova; B) posa in opera dei pannelli pendenzati; C) particolare del posizionamento della coppia di sensori di contatto per la misura della temperatura superficiale del lastrico solare, sotto manto, a livello della parcella P4; D) e E) posa in opera della guaina.

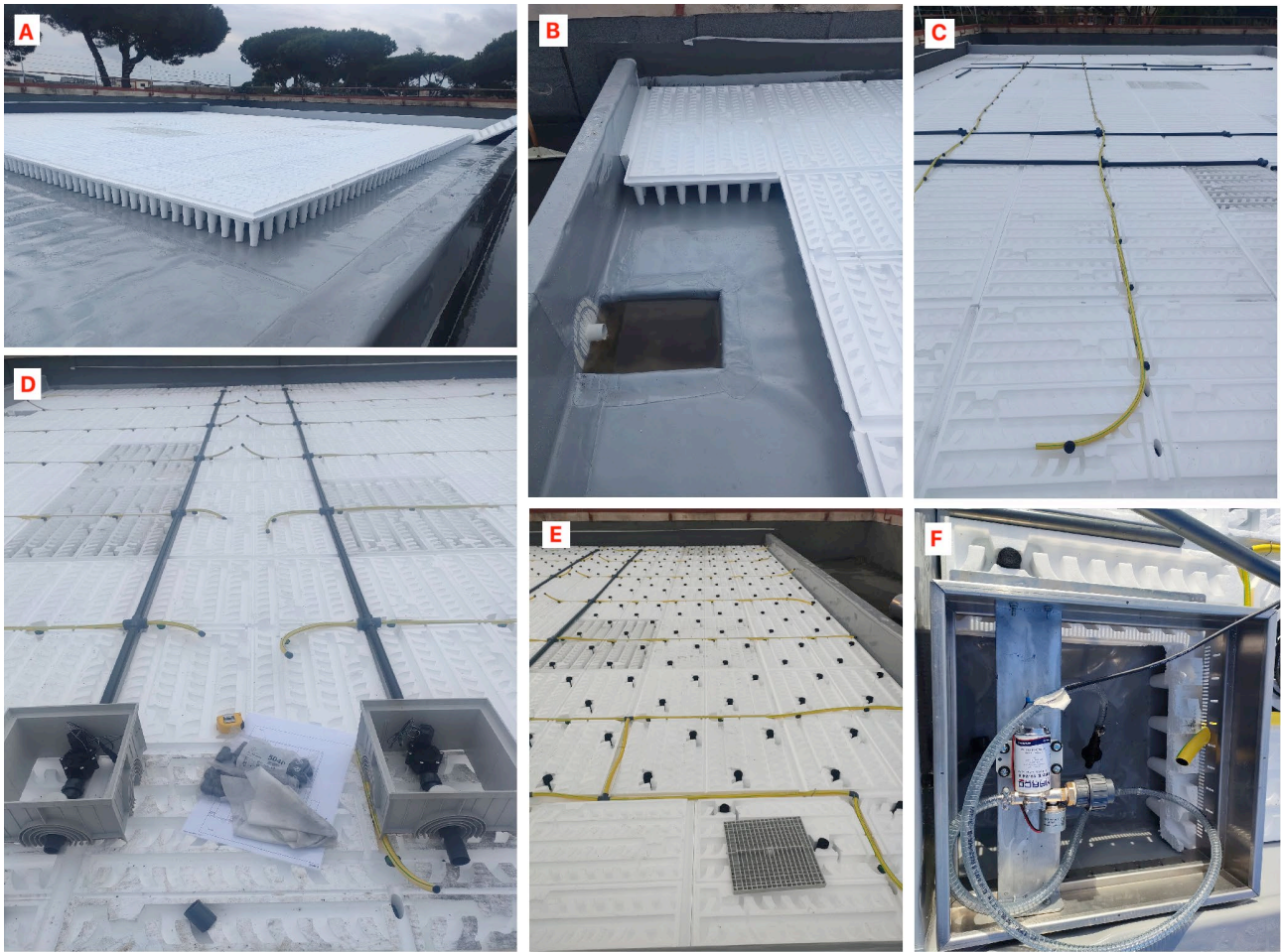


Figura 11 - Fotografie sul tetto durante il cantiere per l'installazione del sistema BGR. A) Posa in opera dei pannelli di accumulo e drenaggio sulla guaina del campo prova; B) posizione del sistema di scarico e troppopieno correlato al sensore di livello posizionato; C) posa in opera dell'impianto d'irrigazione. La rete è costituita da tubazioni rigide nere (diametro 36 mm) da cui dipartono tubi flessibili gialli (diametro 16 mm) dotati di gocciolatori autocompensanti, a garantire una portata che non varia con la pressione di esercizio della pompa. D) Le due scatole grigie sono i pozzetti per l'irrigazione, il campo prova è stato dotato di un pozzetto per ciascuna delle 4 parcelle, consentendo l'applicazione di protocolli d'irrigazione differenziati e indipendenti. Ciascun pozzetto contiene un contalitri analogico che misura i metri cubi di acqua in ingresso e di una elettrovalvola; l'apertura delle elettrovalvole permette il passaggio dell'acqua, mentre la loro chiusura interrompe l'irrigazione. E) Alloggiamento dei camini capillari all'interno dei pannelli di accumulo e drenaggio (8 pezzi per mq di pannello); questi, grazie alle elevate proprietà di assorbimento, portano l'acqua per capillarità dal bacino secondario al geotessuto e poi al substrato posizionati al di sopra. F) Sistema di pompaggio unico collegato al bacino secondario, alla centralina di programmazione dell'irrigazione e alle 4 elettrovalvole.



Figura 12 - Fotografie sul tetto durante il cantiere per l'installazione del sistema BGR. A) Applicazione del filtro in geotessuto (tessuto non tessuto) come strato di separazione tra il pannello ed il substrato. Il geotessuto, oltre ad impedire a piccoli frammenti di terriccio di penetrare nella stratigrafia sottostante, assorbe e trattiene sia l'acqua piovana che l'acqua d'irrigazione proveniente dal bacino secondario. B) Il geotessuto viene disposto sulle 4 parcelle del campo prova; in seguito, al centro di ogni parcella, viene collocata una colonnina metallica per l'ancoraggio della sensoristica (temperatura e umidità del suolo e dell'aria, ovvero T1, U1, T2, U2, T3, U3, T4, U4; vedi Fig. 31). C) Particolare della sensoristica, sono visibili le custodie protettive dei sensori per la temperatura e umidità dell'aria e i due sensori per la temperatura e l'umidità del suolo con la sonda ancora coperta, che andranno collocati a diverse altezze a partire dalla base di geotessuto. D) Le videocamere sono state posizionate, una a cavallo delle parcelle P1 e P2, l'altra a cavallo delle parcelle P3 e P4; attraverso i tubi corrugati neri verranno fatti passare i cavi elettrici di collegamento con la centralina del sistema e alla presa elettrica. E) Aggiunta del substrato posato sopra il geotessuto; F) il substrato è stato posato nello spessore stabilito (8 cm per il *Sedum* in P2 e P4; 12 cm per il prato fiorito in P1 e P3) e miscelato al Biochar in P1 e P3; in P2 e P4 il *Sedum* è stato già messo a dimora per spargimento di talee.

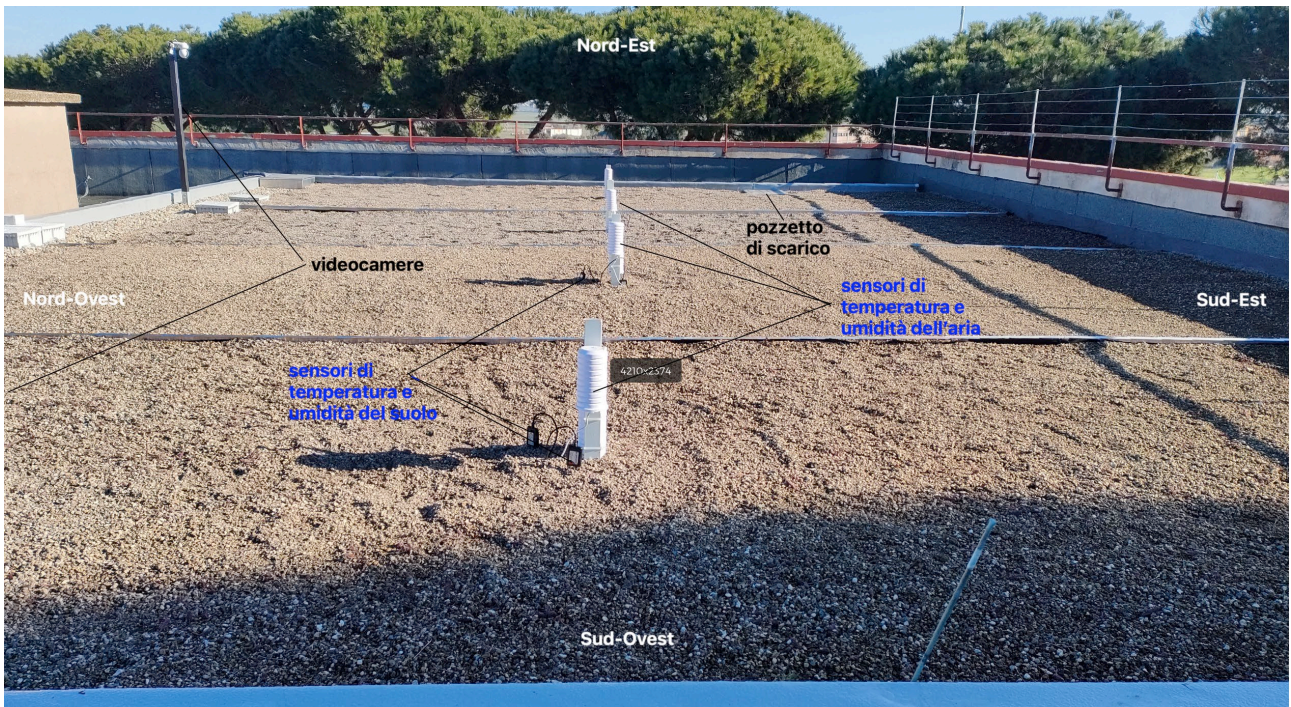


Figura 13 - Fotografia del campo prova del sistema BGR. È indicato l'orientamento nello spazio, la posizione delle due videocamere, i sensori per la temperatura e l'umidità dell'aria e del suolo.



Figura 14 - Fotografia del campo prova del sistema BGR. Sono indicate le 4 differenti Parcelle, la posizione ed il contenuto dei diversi pozzetti, la centralina ed il quadro elettrico.

protolabio.it/#

Blue Green Roof

Home Logout

arianna.lattini@enea.it

This is: Garden id: Casaccia Esterno Device id: DGR12b4728e Page: setup

BGR Configuration Get Config Edit Submit

Connection

Message Date: 2024-02-01 14:16:42

Customer ID: ENEA Garden ID: Casaccia f

Position - Lat: DeviceId: BGR12b4728e Lon:

General Relays

Pump: 9 Charge: 11 Wakeup: 8 Alwayson: 7 Discharge: 12

Irriga relays

1	Zone: 1	Sector: 1	Relay: 13
2	Zone: 2	Sector: 1	Relay: 14
3	Zone: 3	Sector: 1	Relay: 15
4	Zone: 4	Sector: 1	Relay: 16

Rain relays

Sensors

Centralina esterna - Tetto

Level Sensor: RK-PM200	address: 10		
Label 1: Air I/H P11	Sensor 1: RS-WS	Address: 11	Zone: 1
Label 2: Air T/H P12	Sensor 2: RS-WS	Address: 12	Zone: 1
Label 3: Soil T/H P13	Sensor 3: RS-WS	Address: 13	Zone: 1
Label 4: Soil T/H P14	Sensor 4: RS-WS	Address: 14	Zone: 1
Label 5: Air T/H P21	Sensor 5: RS-WS	Address: 21	Zone: 2
Label 6: Air T/H P22	Sensor 6: RS-WS	Address: 22	Zone: 2
Label 7: Soil T/H P23	Sensor 7: RS-WS	Address: 23	Zone: 2
Label 8: Soil T/H P24	Sensor 8: RS-WS	Address: 24	Zone: 2
Label 9: Air T/H P31	Sensor 9: RS-WS	Address: 31	Zone: 3
Label 10: Air T/H P32	Sensor 10: RS-WS	Address: 32	Zone: 3
Label 11: Soil T/H P33	Sensor 11: RS-WS	Address: 33	Zone: 3
Label 12: Soil T/H P34	Sensor 12: RS-WS	Address: 34	Zone: 3
Label 13: Air T/H P41	Sensor 13: RS-WS	Address: 41	Zone: 4
Label 14: Air T/H P42	Sensor 14: RS-WS	Address: 42	Zone: 4
Label 15: Soil T/H P43	Sensor 15: RS-WS	Address: 43	Zone: 4
Label 16: Soil T/H P44	Sensor 16: RS-WS	Address: 44	Zone: 4
Label 17: ST Roof P4	Sensor 17: RS-WS	Address: 45	Zone: 4
Label 18: ST Roof C1	Sensor 18: RS-WS	Address: 46	Zone: 4
Label 19: ST Roof C2	Sensor 19: RS-WS	Address: 47	Zone: 4
Label 20: Meteo Air TH	Sensor 20: RS-WS	Address: 15	Zone: 1
Label 21: Meteo RG	Sensor 21: RS-WS	Address: 16	Zone: 1
Label 22: Meteo WS	Sensor 22: RS-WS	Address: 17	Zone: 1
Label 23: Meteo WD	Sensor 23: RS-FXJT	Address: 18	Zone: 1
Label 24: Meteo GR	Sensor 24: RS TBQ	Address: 19	Zone: 1

Sensors

Centralina interna -Stanze sotto tetto

Level Sensor: RK-PM200	address: 10		
Label 1: ST Ceiling C2	Sensor 1: RS-WS	Address: 11	Zone: 1
Label 2: Air Room T/H C2	Sensor 2: RS-WS	Address: 21	Zone: 1
Label 3: ST Ceiling C1	Sensor 3: RS-WS	Address: 17	Zone: 1
Label 4: Air Room T/H C1	Sensor 4: RS-WS	Address: 22	Zone: 1
Label 5: ST Ceiling P4	Sensor 5: RS-WS	Address: 13	Zone: 1
Label 6: Air Room I/H P4	Sensor 6: RS-WS	Address: 23	Zone: 1

Figura 15 - Screenshot della piattaforma di gestione e visualizzazione dati misurati delle centraline del sistema BGR, rispettivamente la centralina esterna relativamente a tutta la sensoristica sul tetto e la centralina interna relativamente alla sensoristica sui soffitti e al centro delle stanze sottostanti, rispettivamente sotto la parcella 4 e nelle due posizioni controllo negativo C-1 e C-2.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

L'obiettivo principale della LA2.3 è stata la pianificazione e l'installazione del Tetto *Blue-Green*. Dopo un'ampia ricerca iniziale delle ditte del settore verde pensile ed infrastrutture verdi per edifici, è stata selezionata la DAKU Italia, per il sistema di *Blue-Green Roof* da loro commercializzato. Alla ditta è stato richiesto un contratto di fornitura e di servizi, nell'ambito del quale è stata fornita ampia consulenza da parte di esperti sul disegno sperimentale tanto dal punto di vista dell'installazione e delle componenti quanto dal punto di vista del sistema di monitoraggio *customerizzato* che è stato infine implementato. Durante il percorso di sviluppo tecnologico dei propri sistemi, DAKU ha collaborato a stretto contatto con enti di ricerca pubblici e privati nell'ambito di progetti sulle prestazioni energetiche (termoisolanti) dei substrati per il verde pensile, ma anche su sistemi di irrigazione ed ovviamente su tecnologie per Tetti *Blue-Green*. Pertanto, la ditta ha mostrato un *imprinting* fortemente collaborativo con ENEA, anche nell'ottica di un progetto sperimentale per la valorizzazione dei dati acquisiti, riservandoci inoltre prezzi favorevoli per alcuni prodotti.

9 Pubblicazioni

Per la LA2.3 non erano previste pubblicazioni scientifiche considerato che l'analisi dei dati ed i risultati definitivi della sperimentazione verranno ottenuti nel corso della LA2.4. Tuttavia, sono stati sviluppati i seguenti prodotti, frutto dell'esperienza e delle conoscenze maturate nella Ricerca di Sistema Elettrico ed in questa specifica LA2.3.

- Latini A, De Rossi P, Susca T, Campiotti CA. "ENEA: NBS – Efficienza energetica degli edifici e premialità fiscale." TOPOSCAPE/Paysage (<https://paysage.it/numero-toposcape/toposcape-47/enea-nbs-efficienza-energetica-degli-edifici-e-premialita-fiscale/>) 2022, N° 47, Sezione CONTROCAMPO, pag. 65-68.
- Campiotti CA, De Rossi P, Latini A, Pace S. "La tecnologia dei tetti verdi: tipologie e stratigrafia" (<https://www.ingenio-web.it/articoli/la-tecnologia-dei-tetti-verdi-tipologie-e-stratigrafia/>), 04-03-2022, ultima modifica 15-12-2023.
- Campiotti CA, De Rossi P, Latini A. "Quali sono i benefici climatici dei tetti verdi?" (<https://www.ingenio-web.it/articoli/quali-sono-i-benefici-climatici-dei-tetti-verdi/>), 21-07-2022.
- Campiotti CA, De Rossi P, Latini A. "Il tetto verde per la sostenibilità energetica degli edifici" (<https://www.ingenio-web.it/articoli/il-tetto-verde-per-la-sostenibilita-energetica-degli-edifici/>), 08-03-2022.
- Latini A, De Rossi P, Pace S. "Energia: 3 °C in meno in casa d'estate con tetti e pareti verdi." (<https://www.enea.it/it/Stampa/news/energia-3-gradi-in-meno-in-casa-destate-con-tetti-e-pareti-verdi/>). Comunicato Stampa ENEA, 09-06-2022, ultima modifica 26-08-2022.
- Brochure "Tetti e Pareti Verdi su edifici" (<https://www.energiaenergetica.enea.it/pubblicazioni/tetti-e-pareti-verdi-su-edifici.html>); <https://www.energiaenergetica.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=578&catid=40&Itemid=101>), maggio 2023. A cura di: A. Latini, P. Pistochini, P. De Rossi, I. Sergi, A. Federici, G. Puglisi, in coprogettazione con il Programma Nazionale per l'Informazione e Formazione sull'Efficienza Energetica "Italia in Classe A". Editore Agenzia Nazionale Efficienza Energetica ENEA.
- De Rossi P, Latini A. "Tetti verdi, come combattere l'afa senza usare il condizionatore" ([Tetti verdi, come combattere l'afa senza usare il condizionatore - Il Fatto Quotidiano; https://www.ow27.rassegnestampa.it/OwEnea/PDF/2023/2023-05-01/2023050191336924.pdf](https://www.ow27.rassegnestampa.it/OwEnea/PDF/2023/2023-05-01/2023050191336924.pdf)), pubblicazione on line, maggio 2023.
- De Rossi P. "Troppo Caldo" ([Troppo caldo - Gaia Squarci - Internazionale](https://www.internazionale.it/cultura/2023/06/09/troppo-caldo)), mostra sulle soluzioni per il raffrescamento estivo pubblicata sulla rivista settimanale "Internazionale", pag. 69, 09-06-2023.

- Technical Report del Progetto EU REHOUSE (No 101079951). "Proposal of a Green Wall for Margherita di Savoia Living Lab" (https://eneait-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/monica_misceo_enea_it/EXxys1bmam9LlyFeqr7pKDYBSbpLy00dHyRPfxrOrH9BkQ, PROT: ENEA/2023/0065583/DUEE-SIST-SUD), settembre 2023. A cura di: A. Latini, M. Misceo, P. De Rossi.

10 Eventi di disseminazione

Di seguito gli eventi di disseminazione scaturiti dall'attività svolta per la LA2.3:

- ECOTECHGREEN Forum, Natura Ecologia e tecnologia per la sostenibilità e il paesaggio, Padova 22-04-2022 (https://pocket-paysage.emailsp.com/frontend/nl_preview_window.aspx?idNL=3475). Relazione di A. Latini "Nature-Based Solution per edifici e possibilità di accesso ai benefici premiali".
- De Rossi P, Latini A. "Il "cappotto verde" di ENEA" (<https://www.youtube.com/watch?v=gGCPk5HjPPE&t=118s>). Videointervista su news ENEA ed ENEA channel, 08-06-2022.
- RaiNews24 - Futuro24, 07-02-2023. "Risparmio energetico e m'illumino di meno". In studio Puglisi G. e in collegamento dal C.R. ENEA Casaccia De Rossi P. e Latini A.
- "Tutti i vantaggi del verde verticale" (<https://www.raiplay.it/video/2022/07/Tutti-i-vantaggi-del-verde-verticale--Unomattina-estate--25072022-350be243-9622-490e-8b1a-87ad59bbc2d6.html>). Unomattina Estate, 25-07-2022. In studio Latini A. e in collegamento dal C.R. ENEA Casaccia De Rossi P.
- Giornata a catalogo - Nell'ambito del Progetto "Scuola delle Energie 2016 - 2020" cofinanziato dall'Unione Europea. Relatore De Rossi P. "Il caso studio di tetto verde e parete verde presso il C.R. ENEA Casaccia di Roma", 29-11-2022.
- European Alliance to Save Energy (EUASE) - Workshop on line: Buone pratiche di riqualificazione energetica per un'efficace implementazione dei programmi FESR 2021-2027 Edilizia residenziale pubblica, comunità energetiche rinnovabili e infrastrutture verdi. Lecture di P. De Rossi "Progetto ENEA - Infrastrutture verdi per migliorare l'efficienza energetica degli edifici e la qualità del microclima nelle aree urbane", 22-02-2023 (<https://www.efficienzaenergetica.enea.it/vi-segnaliamo/tetti-e-pareti-verdi-a-workshop-euase-su-programmi-fesr-2021-2027.html>).
- EnergyMed - Workshop del Progetto Clever Cities "Risparmiare con la natura" (<https://www.efficienzaenergetica.enea.it/vi-segnaliamo/la-presenza-di-enea-duee-a-energymed-2023.html>; <https://italiainclassea.enea.it/la-presenza-di-enea-duee-a-energymed>), Napoli, 31 marzo 2023. Lecture di P. De Rossi "I vantaggi energetici e ambientali delle infrastrutture verdi per edifici ed il caso studio ENEA".
- Almanacco settimanale dei progetti sostenibili, Edizioni Green Planner srl SB, ed. magazine XI 2023 "Metti il cappotto verde avrai meno freddo (o caldo)". A cura di M. Cristina Ceresa, P. De Rossi. [GreenPlanner 2023](https://www.greenplanner.it/greenplanner-2023)
- Giornata formativa per il Master in Energy Management e in Sustainability Management del POLIMI, collaborazione ENEA-JRC presso il Centro Comune di Ricerche della Commissione Europea ad ISPRA (<https://www.efficienzaenergetica.enea.it/vi->

[segnaliamo/master-in-energy-management-e-in-sustainability-management-del-polimi-a-ispra-giornata-formativa-enea-ccr.html](https://www.energia.enea.it/segna...);
<https://italiainclassea.enea.it/master-in-energy-management-e-in-sustainability-management-del-polimi>), 19-04-2023. Relazione di A. Latini "*Nature-Based Solutions (NBSs) for building energy efficiency and ecological regeneration of cities.*"

- The Cooling Solution – Workshop finale del Progetto ERC ENERGYA coordinato dall'Università Cà Foscari di Venezia (<https://www.energia.enea.it/vi-segnaliamo/la-partecipazione-di-enea-duee-al-workshop-conclusivo-del-progetto-erc-energya-alla-ca-foscari-di-venez...>); <https://italiainclassea.enea.it/la-partecipazione-di-enea-duee-al-workshop-conclusivo-del-progetto-erc>), 19-05-2023. Lecture di A. Latini "*Greenery systems for energy efficiency of buildings and ecological regeneration of cities.*"