VFARM
Vertical Farming Sostenibile

W5.1 LINEE GUIDA PER CONTAINER-TYPE VERTICAL FARM

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

Acronimo:	**VFARM**
Titolo completo:	**Vertical Farming sostenibile**
Codice progetto:	**2020ELWM82**
Finanziamento	**PRIN**
Coordinatore:	**Università di Bologna**
Inizio del progetto:	**8 Maggio, 2022**
Durata del progetto:	**36 mesi**

	Caratteristiche documento
Titolo del documento	**Linee Guida per Container-Type Vertical farm**
Work Package:	**WP5**
Partner responsabile:	**University of Turin**
Autori principali:	**Cosimo Matteo Profico, Fabiana Marino, Silvana Nicola**
Altri autori:	
Numero di pagine:	**9**

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

1. Indice dei contenuti

2. Introduzione 3
2.1. Obiettivi Progetto 3
2.2. Obiettivi deliverable 4
3. Smart Mic: Progettazione Modulare Avanzata per la Ricerca in Ambienti di Coltivazione Indoor Containerizzati 6
3.1. Il Container come Ambiente di Ricerca e Coltivazione 6
3.2. Architettura e Funzionalità del Sistema Smart Mic 7
3.3. Scelte Tecnologiche e Progettuali 10
4. Attività Didattica per la Progettazione del Verde Integrato 12
5. Conclusioni 12
6. Appendice 13

2. Introduzione

2.1. Obiettivi Progetto

Il progetto VFarm – *Vertical Farming* sostenibile (CUP: J33C20002350001) è un progetto PRIN (progetti di ricerca di rilevante interesse nazionale) finanziato nell'ambito della call 2020. Il progetto mira all'identificazione di strategie innovative per il vertical farming, implementando un approccio interdisciplinare che integra orticoltura e fisiologia vegetale con applicazioni negli ambiti dell'ingegneria e delle scienze economiche ed ambientali. Il progetto mira a

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

definire le caratteristiche ottimali di sistemi di coltivazione e controllo climatico, adattando le tecnologie alle diverse specie coltivate e consentendo di progettare unità di coltivazione modulari ed adattabili a diversi contesti in città italiane. Inoltre, promuove collaborazioni tra le università partner e aziende operanti nel settore per consentire un rapido trasferimento delle conoscenze generate, permettendo infine l'identificazione e la validazione delle soluzioni tecnologiche ottimali per l'implementazione del vertical farming in Italia. VFarm è coordinato dall'Università di Bologna Alma Mater Studiorum, e ha come partner l'Università di Napoli Federico II, l'Università degli Studi di Torino e l'Università degli Studi di Padova.

Gli obiettivi specifici del progetto sono:

- Studiare l'adattabilità di 7 tipologie di prodotti al vertical farming (WP2)
- Progettare soluzioni tecnologiche ottimali in termini di sistemi di coltivazione, gestione della luce e controllo del clima (WP3)
- Valutare la sostenibilità sociale, ambientale ed economica delle vertical farm (VF) tramite analisi del ciclo di vita (LCA, eLCC e S-LCA) e con riferimento all'uso delle risorse (energia, acqua e nutrienti) (WP4)
- Definire le tecnologie ottimali, integrandole sia a VF di piccola scala realizzate all'interno di container sia a quelle a grande scala realizzate all'interno di magazzini industriali (WP5).

2.2. Obiettivi deliverable

Il WP5 del progetto VFarm ha previsto la progettazione e la definizione tecnico-funzionale di due principali modelli di *vertical farm*, ottimizzati per il contesto italiano e destinati a rispondere a esigenze produttive e sperimentali differenti:

- **Sistemi containerizzati (*container-type*)**: unità modulari installate all'interno di container marittimi, caratterizzate da elevata flessibilità logistica, costi di investimento contenuti e possibilità di impiego in scenari emergenziali (crisi umanitarie, pandemie, interruzioni di filiera).
- **Sistemi per magazzini industriali (*warehouse-type*)**: soluzioni pensate per la coltivazione su larga scala, integrabili in capannoni

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

dismessi o riqualificati, con particolare attenzione all'efficientamento energetico e all'ottimizzazione dello spazio disponibile.

Il presente deliverable 5.1 si concentra sul primo modello, approfondendo il caso studio denominato *Smart Mic*, una struttura containerizzata concepita come dimostratore sperimentale e tecnologico.

Il progetto *Smart Mic* si inserisce in un più ampio ecosistema di iniziative promosse dal progetto BioEnPro4TO, volto alla creazione di sinergie tra ricerca scientifica e innovazione industriale. Il modulo compost da container "*Smart Mic*" è concepito come:

- **Dimostratore tecnologico** per sistemi di agricoltura *indoor*;
- **Piattaforma sperimentale** per la coltivazione di piante ad alto valore aggiunto;
- **Unità replicabile** in contesti urbani e marginali;
- **Sistema modulare e flessibile**, in grado di essere esteso e adattato alle esigenze sperimentali.

Gli obiettivi specifici includono:

- Progettazione e realizzazione di un'unità containerizzata per coltivazione idroponica e aeroponica;
- Implementazione di tecnologie di monitoraggio e controllo remoto in logica Industria 4.0;
- Ottimizzazione dei consumi energetici e idrici;
- Integrazione di materiali e strategie per l'isolamento e la sanificazione.

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

3. *Smart Mic*: Progettazione Modulare Avanzata per la Ricerca in Ambienti di Coltivazione Indoor Containerizzati

3.1. Il Container come Ambiente di Ricerca e Coltivazione

Il sistema *Smart Mic* sfrutta le potenzialità del container marittimo standard (40' HC) come infrastruttura base per:

- **Modularità**: un'architettura flessibile e riconfigurabile;
- **Controllo ambientale totale**: gestione indipendente di ogni modulo;
- **Sicurezza biologica**: separazione fisica tra zona tecnica e camere di coltivazione;
- **Efficienza energetica**: coibentazione avanzata e impiego di LED multispettrali;
- **Ridotto consumo di risorse**: sistemi di ricircolo e fertirrigazione automatica.

La configurazione prevede tre moduli principali disposti a "T":

- **Modulo Tecnico**: vano tecnico, zona filtro, vano operativo;
- **Modulo Idroponico**: quattro scaffali + cella di calibrazione;
- **Modulo Aeroponico**: quattro scaffali + cella di calibrazione.

Tutti i moduli sono comunicanti mediante porte interne e sono dotati di uscite di emergenza. I container di coltivazione sono refrigerati e dotati di impianti autonomi per ogni scaffalatura.

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

3.2. Architettura e Funzionalità del Sistema *Smart Mic*

Il sistema *Smart Mic* localizzato a Grugliasco nel Dipartimento di Scienze, Agrarie e Alimentari (DISAFA) dell'università di Torino (Figura 1) si compone di tre container da 40 piedi disposti secondo un layout a forma di "T", configurazione che consente una netta separazione tra le aree funzionali: tecnica, operativa e di coltivazione. I moduli sono collegati tra loro mediante porte scorrevoli interne e sono dotati di due uscite di emergenza per garantire la sicurezza operativa (Figura 2).

Figura 1 Localizzazione del sito di installazione dei container nel DISAFA (Università di Torino)

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

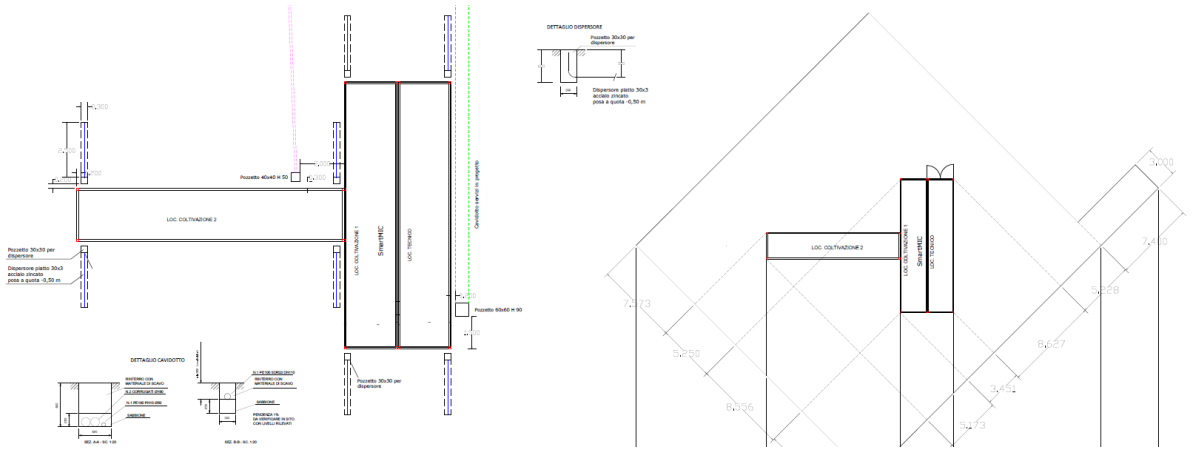

Figura 2 Planimetria dall'alto dei container

Modulo Tecnico: ospita il vano tecnico per impiantistica e centraline, la zona filtro per l'igienizzazione degli operatori, e il vano operativo con postazioni informatiche, armadietti e strumenti per la gestione (Figura 3)

Modulo Idroponico: contiene quattro scaffalature su due livelli, ciascuna dotata di sistema di irrigazione *Ebb & Flow* e illuminazione LED regolabile. Una scaffalatura è riservata alla calibrazione sperimentale (Figura 3).

Modulo Aeroponico: anch'esso dotato di quattro scaffalature con nebulizzazione automatica, controllo climatico e una struttura dedicata alle prove di calibrazione (Figura 3).

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

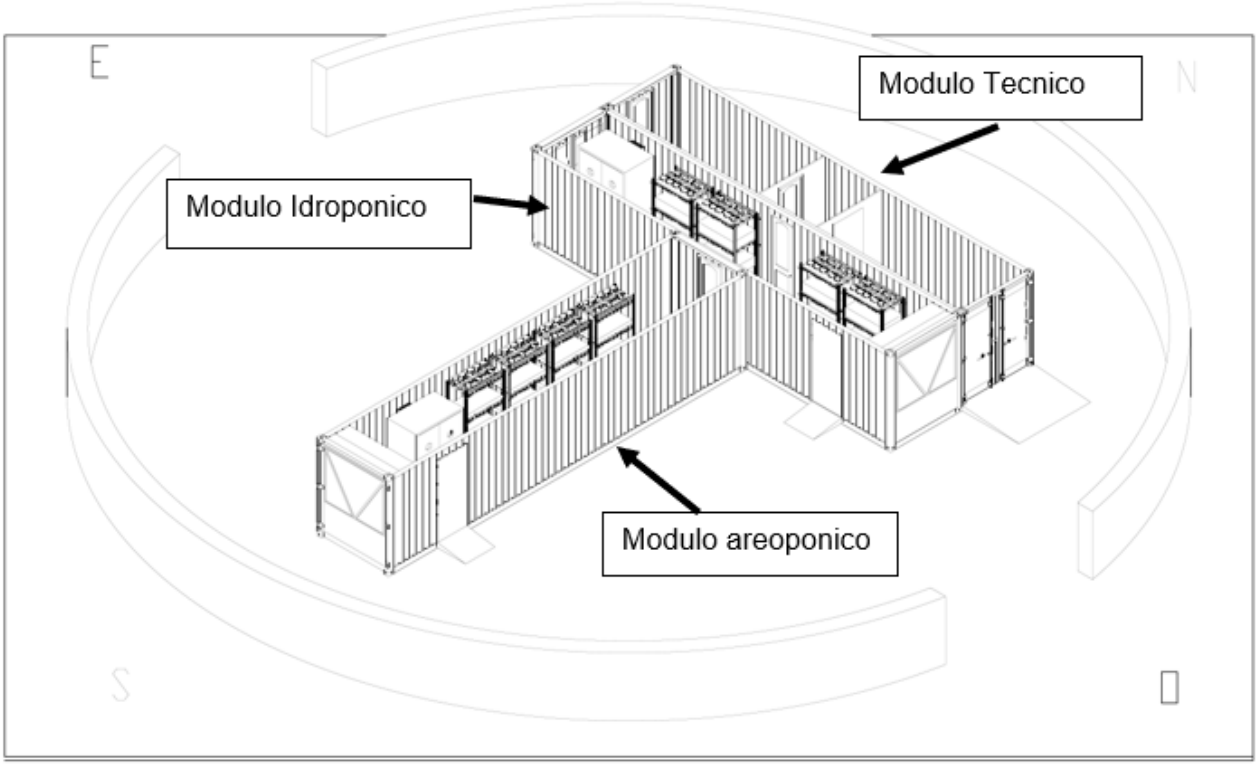

Figura 3 Layout planimetrico del sistema Smart Mic.

Questa struttura consente la separazione fisica dei flussi di lavoro, minimizzando i rischi di contaminazione incrociata e ottimizzando l'efficienza operativa. I container di coltivazione sono refrigerati autonomamente, mentre il vano tecnico è ventilato ma non climatizzato.

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

3.3. Scelte Tecnologiche e Progettuali

La progettazione del sistema *Smart Mic* ha posto particolare attenzione all'integrazione di tecnologie avanzate, alla facilità di gestione e manutenzione, e alla replicabilità del modello in altri contesti (Figura 4).

Materiali e rivestimenti: pannelli coibentati, lavabili, ignifughi e resistenti ai disinfettanti. Scelta mirata alla riduzione dei rischi fitosanitari.

Illuminazione: LED multispettrali a sei canali (UV-A, blu, verde, bianco, rosso, far-red) con controllo digitale dell'intensità e dello spettro.

Fertirrigazione: ogni scaffalatura è servita da un sistema autonomo con serbatoio, pompe dosatrici, sensori di pH/EC, livello acqua e possibilità di controllo remoto.

Climatizzazione e coibentazione: moduli coltivativi climatizzati singolarmente, con capacità di gestione indipendente di temperatura, umidità e CO_2.

Sensori e automazione: raccolta dati ambientali in continuo con interfaccia API per analisi e telecontrollo da dispositivi mobili.

Pareti verdi esterne: progettate per funzioni estetiche e termiche, integrate con sistemi di irrigazione e possibilità di utilizzo di acque di recupero.

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

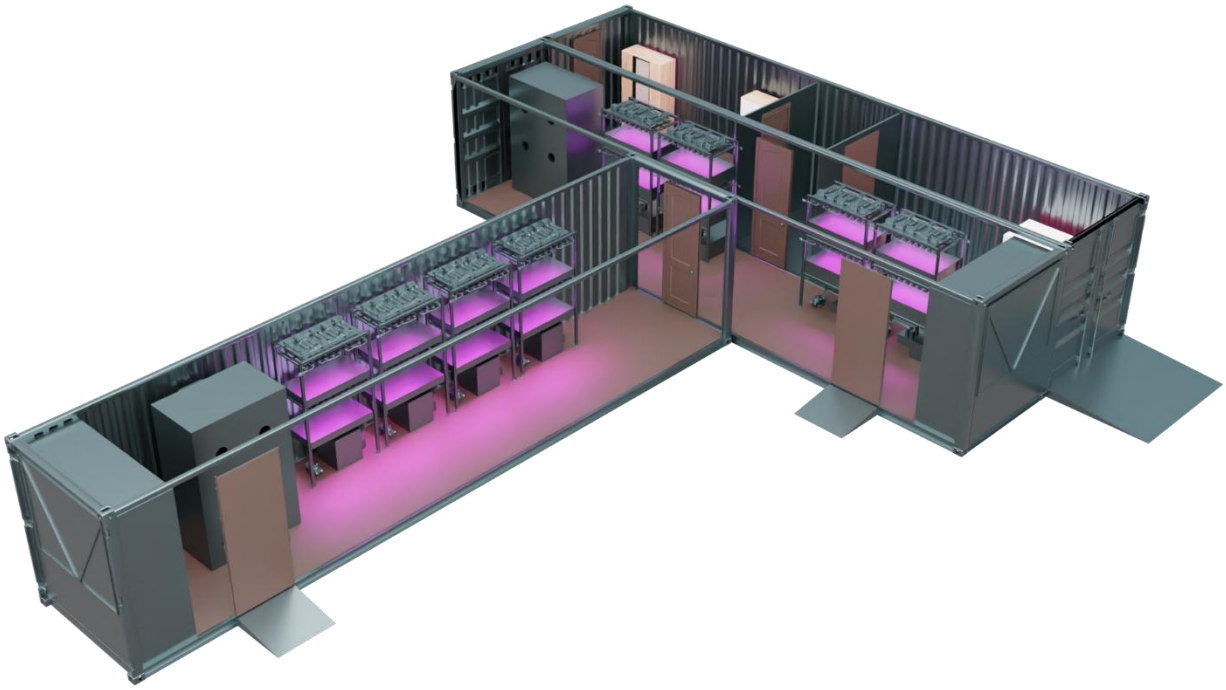

Figura 4 Rappresentazione digitale dettagliata dei container con dettaglio delle attrezzature presenti nei 3 moduli.

Il layout interno è stato pensato per garantire ergonomia operativa, minimizzare gli ingombri e agevolare la pulizia e la manutenzione delle attrezzature. Le porte scorrevoli tra i moduli permettono una continuità operativa fluida, mantenendo al tempo stesso l'isolamento sanitario tra le zone.

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

4. Attività Didattica per la Progettazione del Verde Integrato

Un elemento distintivo del progetto *Smart Mic* è la sua forte integrazione con le attività formative universitarie. In particolare, la progettazione del verde ornamentale e funzionale intorno ai container è stata oggetto di un'esperienza didattica attiva condotta nell'ambito del corso di Orticoltura Urbana e Ornamentale, erogato dal DISAFA dell'Università degli Studi di Torino.

Durante il corso, è stata organizzata una giornata di presentazione nella quale gli studenti del corso di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie hanno presentato, come parte dell'esame finale, proposte progettuali per la realizzazione di sistemi di verde perimetrale e pareti verdi da applicare alla struttura containerizzata *Smart Mic*. Le proposte includevano elementi di paesaggismo, selezione di specie vegetali autoctone, strategie di irrigazione e compatibilità con il microclima locale.

Al termine della sessione, è stato selezionato il progetto più convincente dal punto di vista dell'ideazione concettuale e della realizzabilità tecnica, che ha fornito l'ispirazione progettuale per lo sviluppo preliminare del rivestimento vegetale della struttura.

Questa esperienza ha rappresentato un esempio virtuoso di collaborazione tra didattica, ricerca e applicazione reale, offrendo agli studenti l'opportunità di contribuire concretamente a un progetto innovativo di agricoltura urbana.

(I progetti presentati dagli studenti sono riportati in appendice).

5. Conclusioni

Il progetto ***Smart Mic*** si presenta come un modello innovativo e multifunzionale per la realizzazione di sistemi di coltivazione indoor containerizzati, in grado di coniugare ricerca agronomica avanzata, sperimentazione tecnologica e

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

applicazioni didattiche. La struttura a tre moduli disposti a “T”, progettata con criteri di compartimentazione funzionale e indipendenza operativa, permette la gestione differenziata delle condizioni ambientali e sperimentali, massimizzando l’efficienza e il controllo dei parametri di coltivazione.

Le scelte progettuali, orientate alla modularità, alla replicabilità e all’integrazione con tecnologie digitali e sostenibili, delineano una piattaforma perfettamente coerente con i principi dell’agricoltura 4.0 e della bioeconomia circolare. Il sistema risponde, infatti, non solo a esigenze sperimentali in ambito universitario, ma anche a scenari futuri di produzione alimentare locale in contesti urbani e periurbani.

Un elemento di particolare valore è rappresentato dalla sinergia con la didattica universitaria, che ha permesso di coinvolgere attivamente gli studenti nella progettazione degli elementi paesaggistici e funzionali del verde perimetrale e verticale. Questo approccio integrato ha rafforzato il legame tra ricerca, formazione e innovazione, offrendo un esempio concreto di progettazione partecipata applicata a sistemi agro-tecnologici.

Smart Mic si configura pertanto come un **dimostratore strategico** per lo sviluppo di nuovi modelli di *vertical farming* adattabili, intelligenti e sostenibili, rappresentando una risorsa preziosa per la sperimentazione scientifica e l’educazione agronomica del futuro.

6. Appendice

Presentazione 1

Presentazione 2

Presentazione 3

Presentazione 4

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell’Università e della Ricerca (MUR) nell’ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).

Presentazione 5

Presentazione 6

Il progetto Vertical Farming Sostenibile (VFarm) è stato finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) (Codice progetto: 2020ELWM82; CUP: J33C20002350001).