

## INTERREG VI-A ITALIA SLOVENIJA 2021-2027

### **BeBlue Beyond Bluegrass:**

Rafforzare l'agroalimentare sostenibile mediante l'acquaponica  
Krepitev trajnostne agroživilske proizvodnje z akvaponiko

### **D1.1.1 Impianti pilota digitalizzati / Digitaliziran I akvaponski pilotni projekti**

INTERREG VI-A ITALIA SLOVENIJA 2021-2027

Bando di Capitalizzazione/ Poziv za Kapitalizacijo N. 01/2022R

Project code: ITA-SI0100069 BeBlue

Start date: September 1st, 2023 – Duration 24 months

#### **Partner di progetto/Projektni partnerji:**

Il progetto BeBlue è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.

Projekt BeBlue sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.

|                                                     |                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Progetto/ Projekt:</b>                           | Interreg Italia – Slovenia   <b>BeBlue – Beyond Bluegrass</b>                                                                                        |
| <b>No del Progetto/<br/>Številka projekta:</b>      | ITA-SI0100069                                                                                                                                        |
| <b>WP</b>                                           | <b>WP1</b> - Oltre Bluegrass: digitalizzazione e diversificazione dei prodotti/ Nadaljevanje Bluegrass: digitalizacija in diverzifikacija proizvodov |
| <b>Attività</b>                                     | <b>A1.1</b> - Digitalizzazione degli impianti pilota di Bluegrass/<br>Digitalizacija Bluegrass pilotnih akvaponskih sistemov                         |
| <b>Deliverable</b>                                  | <b>D1.1.1</b> Impianti pilota digitalizzati / Digitaliziran I akvaponski pilotni projekti                                                            |
| <b>Versione/ različica:</b>                         | 1                                                                                                                                                    |
| <b>Data di invio/ Datum odpreme:</b>                | 31/03/2024                                                                                                                                           |
| <b>Partner responsabile/<br/>Odgovorni partner:</b> | UNIVE                                                                                                                                                |
| <b>Autori/ Avtorji:</b>                             | Francesco Cavarro, Roberto Pastres, Ana Slatar, Andrej Udovč                                                                                         |

| <b>Tipo di Deliverable / Vrsta končnega izdelka</b> |                                                                   |   |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---|
| <b>R</b>                                            | Documento, Report / Dokument, poročilo                            | X |
| <b>DEM</b>                                          | Dimostratore, pilota, prototipo - Demo, pilotni projekt, prototip | X |
| <b>DEC</b>                                          | Websites, videos, etc. / Spletne strani, videoposnetki itd.       |   |
| <b>OTHER</b>                                        |                                                                   |   |

| <b>Livello di divulgazione / Stopnja razširjanja</b> |                                                                                                                                                                                                             |   |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>PU</b>                                            | Pubblico - Javni                                                                                                                                                                                            | X |
| <b>CO</b>                                            | Confidenziale, solo per i partners di progetto, il segretario tecnico e il Comitato di gestione del programma / zaupno, samo za projektne partnerje, tehničnega sekretarja in odbor za upravljanje programa |   |

| <b>Approvazione del deliverable / Odobritev izročka</b>   |                         |   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|---|
| <b>Approvato internamente<br/>Interno odobreno</b>        | 29/02/2024              | X |
| <b>Approvato dal WP Leader<br/>Odobril WP Leader</b>      |                         | X |
| <b>Approvato dal coordinatore<br/>Odobril koordinator</b> | Roberto Pastres (UNIVE) | X |

| <b>Contatti del coordinator / Kontakti koordinatorja</b> |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Project Coordinator Name</b>                          | Prof. Roberto Pastres                                                           |
| <b>Project Coordinator Organization</b>                  | Università Ca' Foscari di Venezia                                               |
| <b>Address</b>                                           | Via Torino 155, 30172, Mestre (VE) - Italia                                     |
| <b>E-mail</b>                                            | pastres@unive.it                                                                |
| <b>Project web-site</b>                                  | <a href="https://www.ita-slo.eu/it/beblue">https://www.ita-slo.eu/it/beblue</a> |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| <b>D1.1.1 IMPIANTI PILOTA DIGITALIZZATI</b>               | 4  |
| <b>BEBLUE IN SINTESI</b>                                  | 5  |
| <b>LISTA DEGLI ACRONIMI - SEZNAM AKRONIMOV</b>            | 6  |
| <b>SOMMARIO</b>                                           | 7  |
| <b>INTRODUZIONE</b>                                       | 8  |
| <b>1. GLI IMPIANTI DIGITALIZZATI BeBlue</b>               | 10 |
| 1.1 IP-UNIVE                                              | 10 |
| 1.2 IP-UNILJU                                             | 14 |
| <b>D1.1.1 DIGITALIZIRAN I AKVAPONSKI PILOTNI PROJEKTI</b> | 17 |
| <b>BEBLUE NA KRATKO</b>                                   | 18 |
| <b>SEZNAM AKRONIMOV</b>                                   | 19 |
| <b>POVZETEK</b>                                           | 20 |
| <b>UVOD</b>                                               | 21 |
| <b>1. BeBlue DIGITALIZIRANI SISTEMI</b>                   | 23 |
| 1.1 IP-UNIVE                                              | 23 |
| 1.2 IP-UNILJU                                             | 27 |

## **BeBlue Beyond Bluegrass:**

Rafforzare l'agroalimentare sostenibile mediante l'acquaponica

# **D1.1.1 IMPIANTI PILOTA DIGITALIZZATI**

*(Versione in italiano)*

## BEBLUE IN SINTESI

BeBlue - Beyond Bluegrass, contribuisce al raggiungimento dell'obiettivo specifico SO2.6 del programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Slovenia: "Promuovere la transizione verso un'economia circolare ed efficiente sotto il profilo delle risorse". Il progetto si propone di facilitare la diffusione dell'acquaponica. Mediante questa tecnologia circolare e sostenibile è possibile la co-produzione di pesce a specie vegetali in sistemi a ricircolo. BeBlue capitalizza i risultati conseguiti dal progetto di cooperazione transfrontaliera BLUEGRASS, (<https://2014-2020.ita-slo.eu/bluegrass>), che introdusse l'acquaponica nell'area di programma,

A tal fine, BeBlue predisporrà strumenti per:

- 1) ottimizzare la gestione degli impianti acquaponici, mediante la loro digitalizzazione e lo sviluppo di un prototipo di "Digital Twin";
- 2) dimostrare il potenziale utilizzo di sistemi acquaponici per ottenere prodotti innovativi ad alto valore aggiunto quali: i) macroalghe; ii) salicornia; iii) micro-ortaggi.
- 3) valutare la sostenibilità ambientale dei prodotti, mettendo a punto un calcolatore in grado di fornire l'impronta ambientale di prodotto (Product Environmental Footprint).
- 4) Valutare la sostenibilità economica di tali produzioni, mediante un'analisi di mercato, finalizzata a valutare l'accettabilità dell'uso della tecnologia acquaponica da parte di produttori e consumatori, lo sviluppo di uno strumento per valutare il ritorno sugli investimenti dei sistemi acquaponici.
- 5) Aumentare la conoscenza e visibilità dell'acquaponica tra gli operatori del settore e i potenziali investitori

Il piano di lavoro di BeBlue si articola in 3 pacchetti, o Work Package, i cui obiettivi specifici sono riassunti di seguito. Oltre ad attività di trasferimento tecnologico o networking, essi includono anche attività di comunicazione e divulgazione, mirate a diverse tipologie di potenziali fruitori.

### **WP1: Oltre Bluegrass: digitalizzazione e diversificazione dei prodotti**

Obiettivi: Migliorare gli impianti pilota messi a punto in BLUEGRASS e sviluppare, mettere alla prova e divulgare strumenti digitali per supportare la gestione e l'ottimizzazione di un impianto acquaponico.

### **WP2: Strumenti per la valutazione della sostenibilità ambientale ed economica.**

Obiettivi: Sviluppare strumenti a supporto degli investitori e operatori nella progettazione e gestione di sistemi acquaponici, fornendo linee guida per selezionare prodotti e strumenti web-based per la valutazione della sostenibilità economica e ambientale.

### **WP3: Networking e valorizzazione**

Obiettivi: favorire lo sviluppo e la valorizzazione delle conoscenze generate dal precedente progetto Bluegrass e dalle nuove attività, rinforzando il networking transnazionale con processi partecipativi e diffusione dei risultati.

## LISTA DEGLI ACRONIMI - SEZNAM AKRONIMOV

|           |                                                                                |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| DT        | Digital Twin                                                                   |
| IP-UNIVE  | Impianto pilota acquaponico situato presso l'Università Ca' Foscari di Venezia |
| IP-UNILJU | Impianto pilota acquaponico situato presso l'Università di Ljubljana           |

## SOMMARIO

Il presente deliverable descrive i risultati raggiunti nei primi sei mesi di lavoro nell'ambito dell'attività A1.1 "Digitalizzazione degli impianti pilota di Bluegrass". In questo progetto erano stati infatti messi a punto due impianti pilota, ora collocati presso l'Università Ca' Foscari di Venezia e l'Università di Ljubljana. Per brevità nel seguito saranno indicati come IP-UNIVE e IP-UNILJU. La digitalizzazione dei sistemi di monitoraggio degli impianti e, ove possibile, l'azionamento dei processi di controllo degli ingressi di materia ed energia e gestione dei parametri ambientali è indispensabile per raggiungere gli obiettivi del WP1, "Oltre Bluegrass: digitalizzazione e diversificazione dei prodotti", il cui risultato tecnico-scientifico principale è lo sviluppo di un "gemello digitale", o "Digital Twin", di un impianto acquaponico.

Oltre a digitalizzare gli impianti, è stato anche necessario adeguarli per dimostrare la fattibilità di produzioni innovative ad alto valore aggiunta a bassa, o nulla, richiesta di risorse idriche. A tal proposito, le modifiche maggiori hanno riguardato IP-UNIVE, che sarà adibito alla produzione di orate, macroalghe e salicornia, una pianta alofita in grado di crescere in suoli salini.

In sintesi, in entrambi gli impianti si è provveduto a:

- ✓ installare diversi sensori in grado di rilevare automaticamente ed alta frequenza temporale i più importanti parametri di qualità dell'acqua, quali, temperatura, concentrazione di ossigeno disciolto, pH, importanti sia per lo stato di salute delle specie animali e vegetali, sia per calibrare e validare i Digital Twin;
- ✓ installare sensori per il monitoraggio in tempo reale dei consumi energetici: la quantificazione dei consumi e del loro profilo giornaliero è per programmare interventi mirati all'efficientamento energetico, essenziale per garantire la sostenibilità economica ed ambientale dell'acquaponica.

Inoltre, ad IP-UNIVE sono stati apportati miglioramenti infrastrutturali, per aumentarne l'efficienza energetica, ed adeguamenti necessari all'utilizzo dell'impianto per la produzione di pesce marino, macroalghe e piante alofite. Tali interventi, finanziati in parte anche grazie a fondi aggiuntivi messi a disposizione da UNIVE, sono descritti in dettaglio nel presente documento.

## INTRODUZIONE

Durante il progetto di cooperazione transfrontaliera tra Italia e Slovenia BLUEGRASS (<https://2014-2020.ita-slo.eu/it/bluegrass>) vennero allestiti due impianti acquaponici pilota, originariamente situati presso la sede di Agroittica Friulana, partner associato, e di AGRARIA Koper. Successivamente i due impianti furono trasferiti presso le sedi di UNIVE e UNILJU. I due impianti erano stati realizzati con tecniche costruttive a finalità leggermente differenti. Inoltre, durante il progetto BeBlue, gli impianti saranno utilizzati per dimostrare la fattibilità di processi produttivi diversi. In particolare, **IP-UNIVE** produrrà **pesce marino, macroalghe e salicornia**, mentre **IP-UNILJU** produrrà **pesce di acqua dolce, lattuga e micro-ortaggi**. Gli interventi funzionali al raggiungimento degli obiettivi del progetto BeBlue sono quindi stati definiti in maniera specifica per ogni impianto dai gruppi di lavoro di UNIVE e UNILJU e sono stati realizzati nell'ambito dell'attività A1.1 "Digitalizzazione degli impianti pilota di Bluegrass" durante il primo semestre di lavoro.

La digitalizzazione degli impianti è il primo e fondamentale passo per conseguire gli obiettivi di BeBlue e, in particolare, del WP1, cioè sviluppare, mettere alla prova e divulgare strumenti digitali per assistere la gestione e l'ottimizzazione di un impianto acquaponico. Il principale risultato tecnico-scientifico atteso del WP1 è infatti un prototipo di gemello digitale, o "Digital Twin", DT nel seguito, di un impianto acquaponico. Per Digital Twin si intende una "rappresentazione virtuale di un sistema reale che venga continuamente aggiornata mediante il reciproco scambio di informazioni". Il DT, che sarà sviluppato nell'attività A1.4, è basato su modelli matematici dinamici, che simulano il metabolismo e l'accrescimento sia dei pesci sia delle specie vegetali, in relazione alle modalità di alimentazione dei pesci, al flusso idrico ed alle variabili ambientali, quali temperatura dell'acqua, pH, concentrazione di ossigeno disciolto, intensità luminosa, umidità relativa. I DT includeranno algoritmi di assimilazione di dati che consentono di fornire agli operatori previsioni affidabili a breve termine. Ad esempio, la razione alimentare giornaliera per i pesci sarà stabilita in base alle loro esigenze metaboliche, correlate alla temperatura ed alla concentrazione di ossigeno disciolto: in questo modo, si eviterà lo spreco di mangime. Poiché queste variabili cambiano rapidamente nel tempo, è necessario installare sistemi di monitoraggio in grado di rilevarle in maniera automatica e ad elevata frequenza temporale, rendendo i dati disponibili per le successive elaborazioni **in tempo reale**. Gli interventi per digitalizzare gli impianti sono stati quindi pianificati per installare un sistema di monitoraggio in grado di fornire queste prestazioni. Inoltre, la sostenibilità ambientale ed economica dell'acquaponica è strettamente legata all'efficienza energetica degli impianti: è stata quindi pianificata anche l'installazione di sensori in grado di monitorare in tempo reali i consumi energetici, quale presupposto indispensabile per programmare azioni di efficientamento energetico, utilizzando per tale scopo anche il prototipo di Digital Twin. Infine, come si è detto, in BeBlue gli impianti produrranno specie di pesce e vegetali diverse da quelle sperimentate in Bluegrass: ciò ha richiesto parziali adeguamenti infrastrutturali, soprattutto per IP-UNIVE. In sintesi, sono state effettuate tre tipologie di interventi:

- 1) **Miglioramenti infrastrutturali**, mirati ad aumentare, in generale, l'efficienza degli impianti;



- 2) **Digitalizzazione del monitoraggio**, mediante l'installazione di sensori in grado di rilevare in tempo reale dati relativi ai consumi energetici, alla qualità dell'ambiente di coltivazione/allevamento ed allo stato di salute dei pesci e delle specie vegetali.
- 3) **Adeguamenti strutturali** necessari per la produzione delle specie vegetali innovative e ad alto valore aggiunto di cui sarà valutata la potenziale redditività nel WP2 del progetto BeBlue.

Gli interventi sono stati discussi e pianificati congiuntamente dai gruppi di lavoro di UNIVE e UNILJU e poi messi in opera da ciascun partner nel proprio impianto. Nel prossimo capitolo verranno descritti in dettaglio per entrambi gli impianti.

# 1. GLI IMPIANTI DIGITALIZZATI BeBlue

In questo capitolo, vengono descritti separatamente gli interventi di miglioramento, digitalizzazione ed adeguamento di IP-UNIVE e IP-UNILJU in quanto, come si è detto nell'introduzione, i due impianti erano stati progettati nel progetto Bluegrass con diverse finalità e saranno utilizzati nel progetto BeBlue per ottenere prodotti differenti.

## 1.1 IP-UNIVE

L'impianto pilota gestito da UNIVE e situato nel Campus Scientifico dell'Ateneo veneziano verrà utilizzato per dimostrare la sostenibilità ambientale ed economica "dell'acquaponica marina". La produzione di pesce di mare combinata con piante tolleranti suoli salini, come la salicornia, o macroalghe, è già stata sperimentata con successo in recenti progetti di ricerca, quali SIMTAP, <https://www.simtap.eu/>, e NewTechAqua, <https://www.newtechqua.eu/>.

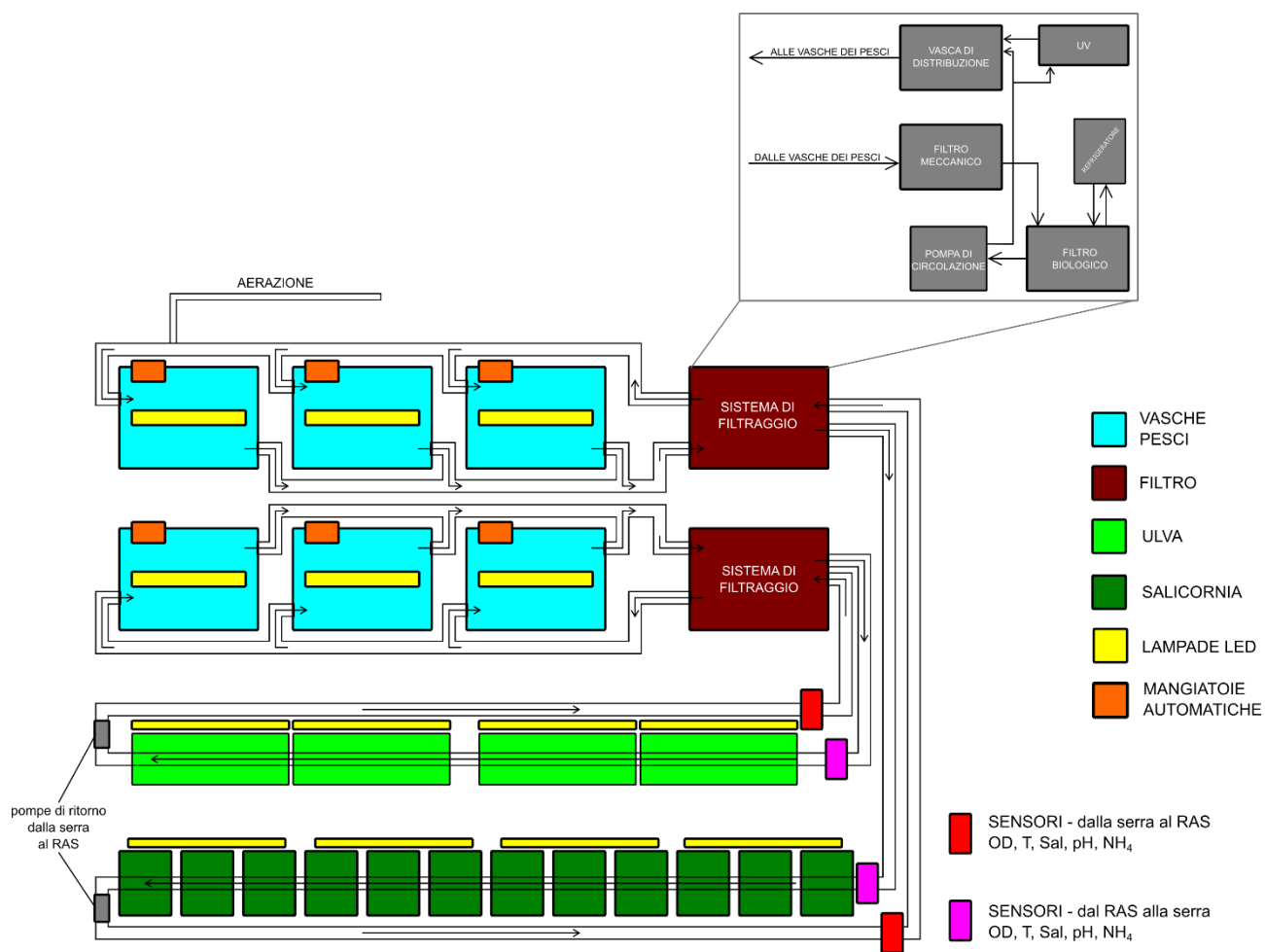
Questi prodotti, in particolare le specie vegetali, risultano di notevole interesse, in quanto:

- 1) ricche di principi nutritivi e sali minerali;
- 2) recentemente ricercate anche nella ristorazione di qualità;
- 3) possono essere ottenute senza intaccare le risorse idriche, sempre più scarse nell'area mediterranea a causa dei cambiamenti climatici.

Le modifiche apportate all'impianto pilota allestito in Bluegrass ed originariamente ospitato a Porcia da Agroittica Friulana, sono descritte in Tab. 1.1, mentre lo schema dell'impianto è rappresentato in Fig. 1.1. L'impianto è diviso in due comparti, dedicati rispettivamente all'allevamento del pesce, RAS, ed alla coltivazione delle alghe e della salicornia, serra idroponica. Il primo ospita le sei vasche di circa 0.6 m<sup>3</sup> l'una, già presenti nell'impianto originale. Le frecce indicano le direzioni dei flussi idrici, movimentati dal sistema di pompaggio: l'acqua fluisce dalle vasche al sistema di filtraggio, in alto a destra in Fig. 1.1, costituito da: 1) filtro meccanico a tamburo, per la rimozione delle particelle solide sospese; 2) biofiltro, per la conversione di azoto ammoniacale in azoto nitrico; 3) sistema di parziale condizionamento della temperatura dell'acqua, 4) unità per l'irraggiamento con raggi ultravioletti, per disinfettare l'acqua. L'acqua filtrata fluisce nella serra idroponica: in Fig. 1.2 sono visibili le due linee di produzione, una costituita da 4 vasche in cui vengono coltivate le macroalghe e l'altra costituita da 12 piccole vasche in cui sono alloggiare le piante di salicornia. I due flussi in uscita dalla serra idroponica vengono riconvogliati nel sistema di filtraggio e l'acqua viene infine reimpressa nelle vasche del comparto RAS. La figura 1.1 evidenzia anche la posizione dei sensori per il rilevamento di temperatura dell'acqua, salinità, concentrazione di ossigeno disciolto e pH: questi parametri saranno misurati nell'acqua in ingresso e in uscita dalla serra idroponica. Il monitoraggio sarà completato con la misura in continuo dell'azoto ammoniacale totale, TAN: la qualità dei dati raccolti sarà verificata mediante determinazioni spettrofotometriche settimanali, in cui saranno rilevati anche i livelli di nitrito e nitrato. Il sistema di monitoraggio è completato dalle misure di PAR e umidità relativa nella serra idroponica, importanti per la modellazione dell'accrescimento di macroalghe e salicornia. IP-UNIVE è stato collaudato dal punto di vista idraulico e verrà attivato a metà aprile.

**Tab. 1.1** Modifiche apportate all'impianto pilota IP-UNIVE.

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Miglioramenti infrastrutturali</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisto teloni per ombreggiamento dell'impianto, al fine di mitigare i picchi di temperatura interna durante il periodo estivo.</li> <li>• Rimodulazione del sistema di filtraggio, con sostituzione dei filtri a sabbia con filtri a tamburo, più efficienti energeticamente e di più agevole manutenzione.</li> <li>• Revisione dell'impianto di aereazione dell'acqua, essenziale per fornire ossigeno sia ai pesci sia alle radici delle piante;</li> <li>• Installazione di luci LED a basso consumo, sia nel comparto dedicato all'allevamento del pesce a ricircolo, RAS, sia nella serra in cui verranno prodotte le alghe e la salicornia.</li> </ul>                                                                                            |
| <b>Digitalizzazione del monitoraggio</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di sensori per il monitoraggio automatico in continuo dei parametri dell'acqua (pH, concentrazione di ossigeno disciolto, temperatura, salinità, Azoto Ammoniacale Totale o TAN, Total Ammonia Nitrogen), dell'intensità della radiazione solare in grado di stimolare o PAR (Photosynthetically Active Radiation) e dell'umidità relativa</li> <li>• Installazione di sensori per il monitoraggio automatico in continuo dei consumi di energia elettrica di tutte le principali utenze, quali: sistemi di pompaggio dell'acqua, refrigeratore, lampada UV, filtri a tamburo, luci e mangiatoie automatiche,</li> <li>• Installazione di una videocamera per l'osservazione dello stato di salute e del comportamento dei pesci.</li> </ul> |
| <b>Adegamenti strutturali</b>            | <p>Rinnovo della serra idroponica con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sostituzione della linea per la coltivazione idroponica di ortaggi utilizzando il sistema "deep water" con 12 vasche per la coltivazione di Salicornia,</li> <li>• sostituzione della linea per la coltivazione di ortaggi utilizzando il sistema "filler bed" con 4 vasche per la coltivazione di macroalghe.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



**Fig. 1.1.** Schema dell'impianto pilota per la produzione di orate, salicornia e alghe messo a punto da UNIVE.



**Fig. 1.2.** Serra idroponica dell'impianto, adattata alla coltivazione fuori suolo di salicornia (a sinistra) e produzione di macroalghe (a destra).

## 1.2 IP-UNILJU

Il sistema pilota, gestito dall'UNILJ e situato nella serra del Centro di Ricerca sullo Sviluppo per lo Studio della Crescita e dello Sviluppo delle Piante Agricole presso il Dipartimento di Agronomia della Facoltà di Biotecnologia, sarà utilizzato per dimostrare la sostenibilità ambientale ed economica della produzione di pesci e piante, che sono di interesse commerciale nel contesto sloveno. Per quanto riguarda le specie ittiche, abbiamo scelto di sperimentare la produzione della trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*), che è una delle specie più difficili da allevare in sistemi a ricircolo. Tuttavia, vogliamo incoraggiare gli operatori a scegliere questo prodotto, offrendo loro l'opportunità di apprendere come allevare una specie ittica interessante per il consumatore. A tal fine, abbiamo già inserito nel sistema pilota 5 kg di avannotti di questa specie in una delle vasche all'inizio di marzo. Carpe e carpe koi rimangono nella seconda vasca. Il sistema pilota, messo a punto durante il progetto Bluegrass e precedentemente installato presso Agraria a Koper, è già completamente operativo. Ciò significa che il biofiltro è stato attivato già a settembre e sono stati eseguiti due cicli di produzione di butterfly. Nel frattempo, il sistema di ventilazione della camera della serra in cui è posizionato il sistema è stato migliorato con il supporto del Centro Infrastrutture. Il sistema è composto da due vasche da 1 m<sup>3</sup>, pompe, un biofiltro, un serbatoio di decantazione e tre diversi sistemi idroponici (NFT, galleggiante e a letto profondo). È possibile osservare il sistema nella Figura 2.1, dove le frecce indicano la direzione del flusso dell'acqua.

La Figura 2.2 mostra le tre linee di produzione: una consiste in 5 canali per la coltivazione NFT, uno di questi sarà utilizzato per i micro-ortaggi. Per la coltivazione dei micro-ortaggi, abbiamo verificato l'idoneità di due supporti di crescita: in base ai risultati di un test preliminare, abbiamo optato per la lana di roccia. Le piante selezionate per la coltivazione idroponica sono: ravanelli, basilico rosso e coriandolo, le 3 piante a germoglio che sono anche le più ricercate dai consumatori. L'impianto comprende anche un sistema galleggiante e un sistema a letto profondo e consente di coltivare contemporaneamente 210 piante di lattuga. La Figura 2.1 mostra anche la posizione del sensore per misurare in continuo la temperatura dell'acqua, la conducibilità la concentrazione di ossigeno disciolto e il pH: questi parametri verranno misurati nell'acqua che entra nel sistema idroponico. Sono inoltre segnati sulla figura i punti di campionamento dove monitoreremo l'ammonio, l'azoto nitrico e, se necessario (a seconda dei segni di carenza che si manifestano sulle piante), altri elementi. Nella serra stessa, monitoreremo la temperatura, l'umidità e l'intensità della radiazione fotosinteticamente attiva, o PAR. Il sistema IP-UNILJ è attualmente operativo. Finora, abbiamo preparato i letti di coltura e condotto test sui micro-ortaggi. All'inizio di marzo, abbiamo piantato i germogli di lattuga. Per ottenere i migliori risultati economici, abbiamo scelto la linea di lattuga Salanova®. Salanova® è un tipo di lattuga gustosa e fresca che offre la comodità aggiuntiva del principio "Un Taglio, Pronto", consentendo di ottenere molti tipi di prodotto (morbido, croccante) con foglie più piccole. Tutti i tipi sono disponibili in rosso e verde e presentano caratteristiche aggiuntive eccezionali, quali una superficie fogliare pari a tre/ quattro volte maggiore rispetto alla lattuga normale. Tutti i germogli da coltivare nel sistema saranno prodotti da noi in una serra appositamente adattata. Il tempo di produzione stimato per la lattuga è di 30 giorni.

Tabella 1.1 Cambiamenti nel sistema pilota IP-UNILJ

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Miglioramenti infrastrutturali    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivi di ombreggiamento e automazione dell'ombreggiatura, finanziato dal Centro di Ricerca e Sviluppo per lo Studio della Crescita e dello Sviluppo delle Pianta Agricole.</li> <li>Acquisto di uno spettrofotometro per la misurazione di parametri di qualità dell'acqua, che sarà utilizzato sia per monitorare l'azoto ammoniacale totale, o TAN, e la concentrazione di nitrati, sia per eventualmente misurare altri parametri. Il dispositivo è stato acquisito a marzo, in seguito ad una procedura pubblica di selezione del fornitore. Nel secondo periodo di rendicontazione il personale di UNILJU sarà formato per utilizzarlo correttamente.</li> </ul> |
| Digitalizzazione del monitoraggio | <ul style="list-style-type: none"> <li>Installazione di sensori per il monitoraggio automatico continuo del consumo di elettricità di tutte le principali installazioni.</li> <li>Installazione di un sensore per la misura in continuo di temperatura dell'acqua, concentrazione di ossigeno disciolto, pH, conducibilità.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

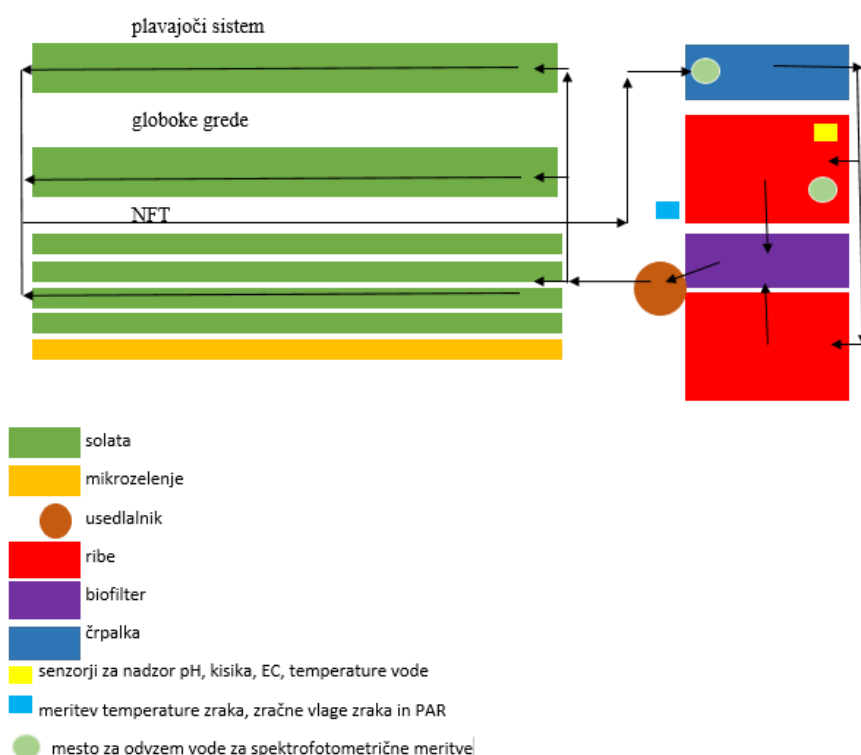




Figura 2.1. Schema del sistema pilota IP-UNILJU per la produzione di lattuga, microgreens e trota iridea.

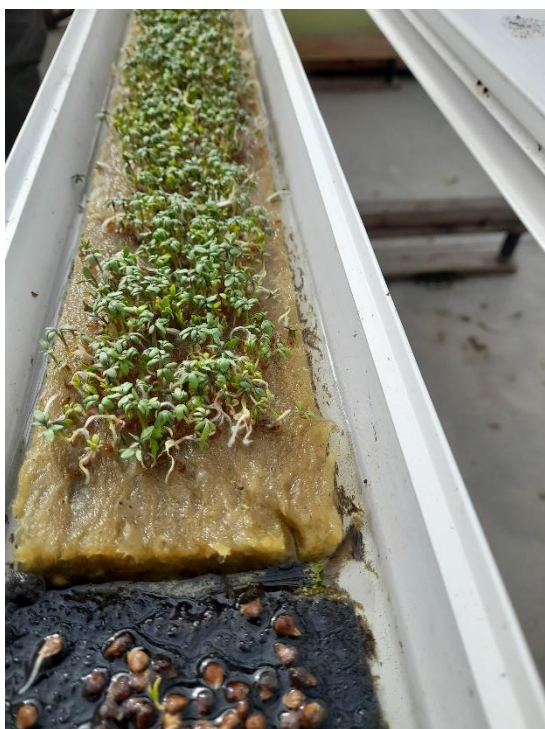


Figura 1.2: Linea di produzione di trota iridea, lattuga idroponica e micro-ortaggi.



## **BeBlue Beyond Bluegrass:**

Krepitev trajnostne agroživilske proizvodnje z akvaponiko

# **D1.1.1 DIGITALIZIRANI AKVAPONSKI PILOTNI PROJEKTI**

*(Slovenska različica)*

## BEBLUE NA KRATKO

Projekt BeBlue - Beyond Bluegrass prispeva k doseganju specifičnega cilja SO 2.6 Programa čezmejnega sodelovanja Italija-Slovenija: "Spodbujanje prehoda na krožno gospodarstvo, gospodarno z viri". Namen projekta je olajšati širjenje akvaponike. S to krožno in trajnostno tehnologijo je mogoča koprodukcija rib z rastlinskimi vrstami v recirkulacijskih sistemih. Projekt BeBlue temelji na rezultatih, doseženih v okviru projekta čezmejnega sodelovanja BLUEGRASS, <https://2014-2020.ita-slo.eu/bluegrass>, ki je na programskem območju uvedel akvaponiko.

V ta namen bo BeBlue vzpostavil orodja za:

- 1) optimizirati upravljanje akvaponskih sistemov z njihovo digitalizacijo in razvojem prototipa "digitalnega dvojčka";
- 2) prikazati možnosti uporabe akvaponskih sistemov za pridobivanje inovativnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo, kot so: i) makroalge; ii) slanuše; iii) mikrozelenjava (kalice).
- 3) oceno okoljske trajnosti proizvodov z razvojem kalkulatorja okoljskega odtisa proizvoda (Product Enviromental Footprint).
- 4) oceno ekonomske trajnosti teh proizvodov, tako da bomo z metodami tržne analize analizirali sprejemljivost uporabe akvaponske tehnologije pri proizvajalcih in potrošnikih in razvili za oceno donosnosti naložb v akvaponske sisteme.
- 5) povečanje znanja in prepoznavnosti akvaponike med proizvajalci in potencialnimi vlagatelji.

Delovni načrt BeBlue je razdeljen na tri sklope ali delovne pakete, katerih posebni cilji so povzeti v nadaljevanju. Poleg dejavnosti prenosa tehnologije ali mreženja vključujejo tudi dejavnosti komuniciranja in razširjanja, namenjene različnim vrstam potencialnih uporabnikov.

### **WP1: Beyond Bluegrass: digitalizacija in diverzifikacija proizvodov**

Cilji: Izboljšati pilotne rastline, razvite v okviru projekta BLUEGRASS, ter razviti, preizkusiti in razširjati digitalna orodja za podporo upravljanju in optimizaciji akvaponskih sistemov.

### **WP2: Orodja za oceno okoljske in ekonomske trajnosti**

Cilji: Razviti orodja za podporo vlagateljem in upravljavcem pri načrtovanju in upravljanju akvaponskih sistemov z zagotavljanjem smernic za izbiro proizvodov in spletnih orodij za oceno ekonomske in okoljske trajnosti.

### **WP3: Mreženje in promocija rezultatov**

Cilji: Spodbujanje razvoja in valorizacije znanja, pridobljenega v okviru prejšnjega projekta Bluegrass in novih dejavnosti, krepitev nadnacionalnega povezovanja v mreže s participativnimi procesi in razširjanje rezultatov.

## SEZNAM AKRONIMOV

|           |                                                              |
|-----------|--------------------------------------------------------------|
| DT        | Digital Twin                                                 |
| IP-UNIVE  | Akvaponski pilotni sistem na Univerzi Ca' Foscari v Benetkah |
| IP-UNILJU | Akvaponski pilotni sistem na Univerzi v Ljubljani            |

## POVZETEK

V tem dokumentu so opisani rezultati, doseženi v prvih šestih mesecih dela v okviru dejavnosti A1.1 "Digitalizacija pilotnih sistemov Bluegrass". V okviru tega projekta sta bila dejansko vzpostavljena dva pilotna sistema, ki se zdaj nahajata na Univerzi Ca' Foscari v Benetkah in Univerzi v Ljubljani, v nadaljevanju imenovana IP-UNIVE in IP-UNILJU. Digitalizacija sistemov za spremljanje rastlin in, kjer je to mogoče, aktiviranje procesov za nadzor vnosa materiala in energije ter upravljanje okoljskih parametrov je nujno potrebna za doseganje ciljev delovnega paketa 1, "Onkraj Bluegrass: digitalizacija in diverzifikacija proizvodov", katerega glavni znanstveni in tehnični rezultat je razvoj "digitalnega dvojčka" ali "Digital Twin" akvaponskega sistema.

Poleg digitalizacije je bilo treba rastline tudi prilagoditi, da bi dokazali izvedljivost inovativne proizvodnje z visoko dodano vrednostjo in majhno potrebo po vodnih virih ali brez nje. V zvezi s tem so bile največje spremembe izvedene na IP-UNIVE, ki se bo uporabljal za pridelavo morskega lista, makroalg in slanuše, halofitne rastline, ki lahko rastejo v slanih tleh.

Če povzamemo, je predvidevno v obeh sistemih:

- ✓ namestili več senzorjev, ki lahko samodejno in z visoko časovno frekvenco zaznavajo najpomembnejše parametre kakovosti vode, kot so temperatura, koncentracija raztopljenega kisika, pH, ki so pomembni tako za zdravstveno stanje živalskih in rastlinskih vrst, kot za umerjanje in potrjevanje digitalnega dvojčka;
- ✓ namestiti senzorje za spremljanje porabe energije v realnem času: količinska opredelitev porabe in njenega dnevnega profila je namenjena načrtovanju ukrepov za energetske učinkovitost, kar je bistveno za zagotavljanje gospodarske in okoljske trajnosti akvaponike.

Poleg tega so bile na IP-UNIVE izvedene infrastrukturne izboljšave za povečanje njene energetske učinkovitosti in prilagoditve, potrebne za uporabo sistema za proizvodnjo morskih rib, makroalg in halofitskih rastlin. Ti posegi, ki so bili delno financirani z dodatnimi sredstvi, ki jih je dala na voljo organizacija UNIVE, so podrobno opisani v tem dokumentu.

## UVOD

V okviru italijansko-slovenskega projekta čezmejnega sodelovanja BLUEGRASS (<https://2014-2020.ita-slo.eu/sl/bluegrass>) sta bila postavljena dva pilotna akvaponska sistema, ki sta bila prvotno postavljena v prostorih Agroittica Friulana, pridruženega partnerja, in AGRARIA Koper. Kasneje sta bila obrata prestavljena v prostore UNIVE in UNILJU. Zaradi kratkosti bosta v nadaljevanju imenovana IP-UNIVE oziroma IP-UNILJU. Oba objekta sta bila zgrajena z nekoliko različnimi gradbenimi tehnikami za nekoliko različne namene. Poleg tega bosta med projektom BeBlue uporabljena za prikaz izvedljivosti različnih proizvodnih postopkov. V obratu **IP-UNIVE** se bodo proizvajale **morske ribe, makroalge in slanušo**, v obratu **IP-UNILJU** pa sladkovodne **ribe, solata in mikrozelenjava**. Funkcionalne posege za doseganje ciljev projekta BeBlue sta zato delovni skupini UNIVE in UNILJU opredelili posebej za vsako rastlino in jih v prvem polletju dela izvajali v okviru dejavnosti A1.1 "Digitalizacija pilotnih sistemov Bluegrass".

Digitalizacija sistemov je prvi in temeljni korak za doseg ciljev projekta BeBlue in zlasti delovnega paketa 1, tj. razviti, preizkusiti in razširjati digitalna orodja za pomoč pri upravljanju in optimizaciji akvaponskega sistema. Glavni pričakovani znanstveni in tehnični rezultat delovnega paketa 1 je dejansko prototip digitalnega dvojčka ali "Digital Twin", DT v nadaljevanju, akvaponske rastline. Digitalni dvojček je opredeljen kot "virtualna predstavitev resničnega sistema, ki se nenehno posodablja z medsebojno izmenjavo informacij". DT ki bo razvit v aktivnosti A1.4, temelji na dinamičnih matematičnih modelih, ki simulirajo presnovo in rast ribjih in rastlinskih vrst glede na vzorce hranjenja rib, pretok vode in okoljske spremenljivke, kot so temperatura vode, pH, koncentracija raztopljenega kisika, jakost svetlobe in relativna vlažnost. DT bodo vključevali algoritme za asimilacijo podatkov, ki bodo upravljavcem zagotavljali zanesljive kratkoročne napovedi.

Na primer, dnevni obrok hrane za ribe bo stabilen glede na njihove presnovne potrebe, ki so povezane s temperaturo in koncentracijo raztopljenega kisika: na ta način se bo preprečilo prekomerno krmljenje. Ker se te spremenljivke s časom hitro spreminjajo, je treba namestiti nadzorne sisteme, ki lahko samodejno in z visoko časovno frekvenco zaznavajo podatke ter omogočajo, da so podatki na voljo za nadaljnjo obdelavo v **realnem času**. Pri digitalizaciji sistemov je bila zato načrtovana namestitev nadzornega sistema, ki bi zagotavljal to zmogljivost. Poleg tega je okoljska in gospodarska trajnost akvaponike tesno povezana z energetsko učinkovitostjo rastlin: zato je bila načrtovana tudi namestitev senzorjev, ki lahko spremljajo porabo energije v realnem času, kot predpogoj za načrtovanje ukrepov za energetsko učinkovitost, pri čemer je bil v ta namen uporabljen tudi prototip Digital Twin. Nazadnje, kot je bilo omenjeno zgoraj, bomo v BeBlue v sistemih gojili drugačne vrste rib in zelenjave od tistih, ki so bile preizkušene v sistemu Bluegrass: to je zahtevalo delne infrastrukturne prilagoditve, zlasti za IP-UNIVE. Skratka, izvedene so bile tri vrste posegov:

- 1) Izboljšave infrastrukture, namenjene splošnemu povečanju učinkovitosti objektov;

- 2) digitalizacija spremljanja z namestitvijo senzorjev, ki lahko v realnem času zbirajo podatke o porabi energije, kakovosti okolja za gojenje/vzrejo ter zdravstvenem stanju ribjih in rastlinskih vrst.
- 3) Strukturne prilagoditve, potrebne za proizvodnjo inovativnih rastlinskih vrst z visoko dodano vrednostjo, katerih potencialna donosnost bo ocenjena v drugem delovnem sklopu projekta BeBlue.

O posegih sta skupaj razpravljali in jih načrtovali delovni skupini UNIVE in UNILJU, nato pa jih je vsak partner izvedel v svojem sistemu. V naslednjem poglavju bodo podrobno opisani za oba sistema.



# 1. BeBlue DIGITALIZIRANI SISTEMI

V tem poglavju so nadgradnja, digitalizacija in prilagoditev IP-UNIVE in IP-UNILJU opisani ločeno, saj sta bili, kot je omenjeno v uvodu, v projektu Bluegrass zasnovani za različne namene, v projektu BeBlue pa se bosta uporabljali za pridobivanje različnih proizvodov.

## 1.1 IP-UNIVE

Pilotni sistem, ki ga upravlja UNIVE in se nahaja v znanstvenem kampusu Univerze v Benetkah, in bo služil za prikaz okoljske in gospodarske trajnosti "morske akvaponike". Proizvodnja morskih rib v kombinaciji z rastlinami, odpornimi na sol, kot so slanuša ali makroalge, je bila že uspešno preizkušena v nedavnih raziskovalnih projektih, kot sta SIMTAP, <https://www.simtap.eu/>, in NewTechAqua, <https://www.newtechaqua.eu/>.

Ti proizvodi, zlasti rastlinske vrste, so zelo zanimivi, ker so:

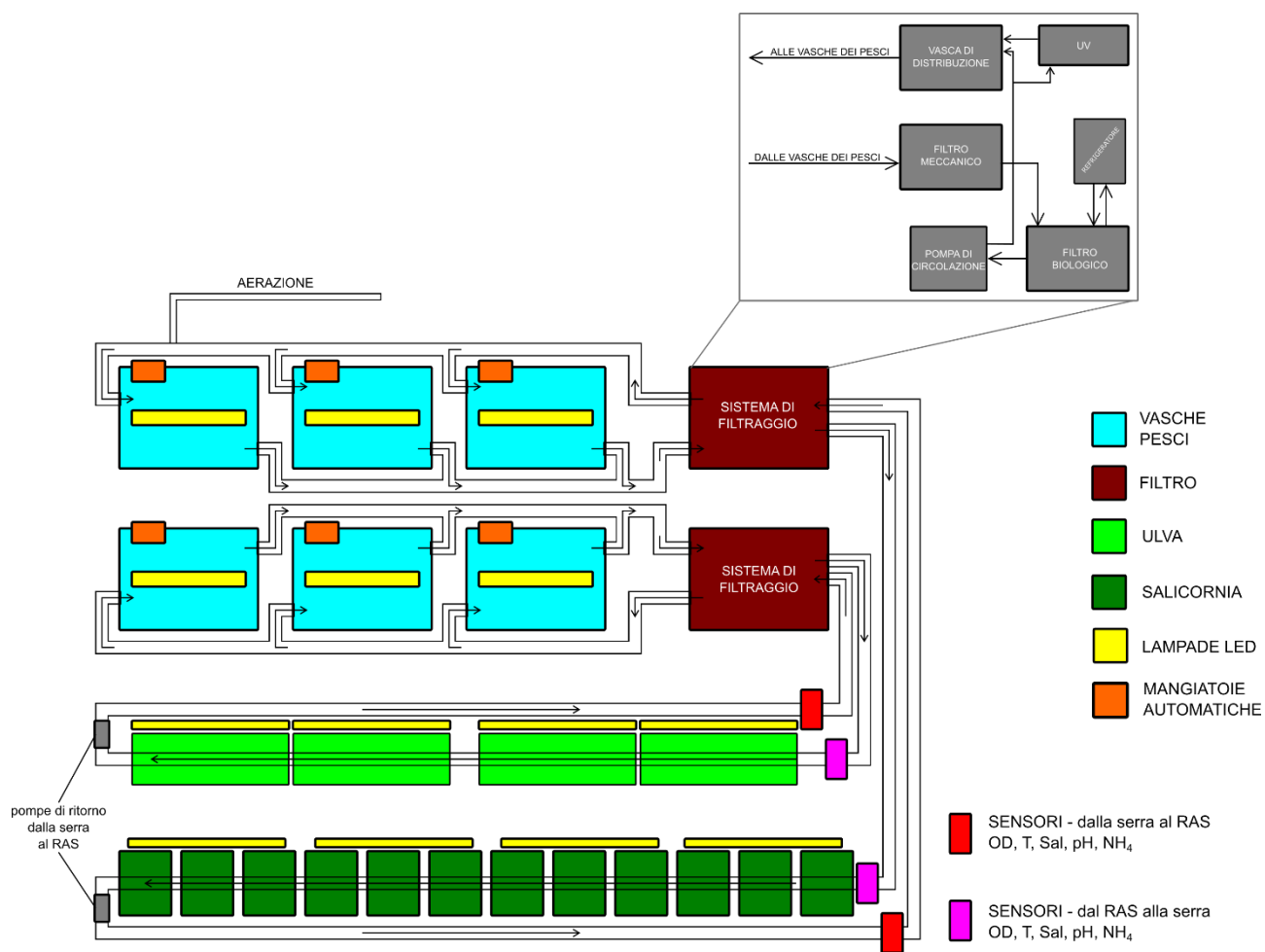
- 1) bogati s hranilnimi snovmi in mineralnimi solmi;
- 2) v zadnjem času iskani tudi v kakovostni gostinski ponudbi;

3) jih je mogoče pridobiti brez vpliva na vodne vire, ki jih na območju Sredozemlja zaradi podnebnih sprememb vse bolj primanjkuje.

Spremembe pilotnega sistema, ki je bil postavljen v Bluegrassu in ga je Agroittica Friulana prvotno gostila v Porcii, so opisane v preglednici. 1.1, postavitev sistema pa je prikazana na sliki 1.1. Sistem je razdeljen na dva predela, namenjena vzreji rib - RAS, ter gojenju alg in slanuše - hidroponski rastlinjak. V prvem je šest rezervoarjev s prostornino približno 0,6 m<sup>3</sup>, ki so bili že v prvotnem obratu. Puščice označujejo smeri vodnih tokov, ki jih premika črpalni sistem: voda teče iz rezervoarjev v filtrirni sistem, desno zgoraj na sliki 1.1, ki je sestavljen iz mehanskega bobenskega filtra za odstranjevanje suspendiranih trdnih delcev; 2) biofiltra za pretvorbo amonijevega dušika v dušikov dušik; 3) delnega sistema za kondicioniranje temperature vode, 4) enote za ultravijolično obsevanje za dezinfekcijo vode. Prefiltrirana voda teče v hidroponični rastlinjak: Slika 1.2 prikazuje dve proizvodni liniji: ena je sestavljena iz 4 rezervoarjev, v katerih se gojijo makroalge, druga pa iz 12 majhnih rezervoarjev, v katerih se gojijo rastline slanuše. Oba iztoka iz hidroponskega rastlinjaka se vodita nazaj v sistem za filtriranje, voda pa se nazadnje vrne v rezervoarje v oddelku RAS. Na sliki 1.1 je prikazana tudi lokacija senzorjev za merjenje temperature vode, slanosti, koncentracije raztopljenega kisika in pH: ti parametri se bodo merili v vodi, ki vstopa v hidroponični rastlinjak in izstopa iz njega. Spremljanje bo dopolnjeno s stalnim merjenjem skupnega amonijevega dušika (TAN): kakovost zbranih podatkov se bo preverjala s tedenskimi spektrofotometričnimi določitvami, pri katerih se bodo merile tudi ravni nitritov in nitratov. Sistem spremljanja dopolnjujejo meritve PAR in relativne vlažnosti v hidroponskem rastlinjaku, ki so pomembne za modeliranje rasti makroalg in slanuš. Sistem IP-UNIVE je bil hidravlično preizkušen in bo aktiviran sredi aprila.

**Tab. 1.1** Spremembe v pilotnem sistemu IP-UNIVE.

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Izboljšave infrastrukture</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nakup ponjav za senčenje obrata, da se ublažijo najvišje notranje temperature v poletnem obdobju.</li> <li>• Preureditev filtracijskega sistema, pri čemer so bili peščeni filtri zamenjani z bobenskimi filtri, ki so energetsko učinkovitejši in jih je lažje vzdrževati.</li> <li>• Prenova sistema za prezračevanje vode, ki je bistvenega pomena za oskrbo rib in korenin rastlin s kisikom;</li> <li>• Vgradnja svetil LED z nizko porabo, tako v oddelku za gojenje rib z recirkulacijo (RAS) kot v rastlinjaku, kjer se bodo gojile alge in slanuša.</li> </ul>                          |
| <b>Digitalizacija monitoringa</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Namestitev senzorjev za samodejno neprekinjeno spremljanje parametrov vode (pH, koncentracija raztopljenega kisika, temperatura, slanost, skupni amonijev dušik ali TAN), intenzivnost sončnega sevanja ali PAR (fotosintetsko aktivno sevanje) in relativne vlažnosti.</li> <li>• Namestitev senzorjev za neprekinjeno samodejno spremljanje porabe električne energije vseh glavnih naprav, kot so: sistemi za črpanje vode, hladilni sistemi, UV-žarnice, bobenski filtri, luči in samodejni hranilniki</li> <li>• Namestitev video kamere za opazovanje zdravja in obnašanja rib.</li> </ul> |
| <b>Strukturne prilagoditve</b>    | <p>Prenova hidroponskega rastlinjaka z:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zamenjavo linije za hidroponsko gojenje zelenjave z uporabo sistema "deep water" z 12 rezervoarji za gojenje slanuše,</li> <li>• zamenjavo linije za gojenje zelenjave z uporabo sistema "polnilne grede" s 4 rezervoarji za gojenje makroalg.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



**Slika 1.1.** Shema pilotnega sistema za proizvodnjo morskega lista, slanuše in morskih alg, ki ga je razvila UNIVE.



**Slika 1.2.** Hidroponski rastlinjak sistema, prilagojen za nadzemno gojenje slanuše (levo) in pridelavo makroalg (desno).

## 1.2 IP-UNILJU

Pilotni sistem, ki ga upravlja UNILJ in se nahaja v steklenjaku Razvojno raziskovalnega centra za proučevanje rasti in razvoja kmetijskih rastlin na oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete in bo služil za prikaz okoljske in gospodarske trajnosti pridelave rib in rastlin, ki sta v slovenskem prostoru tržno zanimiva. Od rib smo se tako odločili, da preizkusimo šarenko (*Oncorhynchus mykiss*). Omenjena vrsta sodi med bolj zahtevne za pridelavo v zaprtih sistemih, a želimo ravno z možnostjo pridelovanja za kupca zanimive vrste rib spodbuditi pridelovalce, da bi se odločali za takšen način pridelave. V ta namen smo v začetku marca testno že naseli 5 kg mladice omenjene vrste v en rezervar za ribe. V drugem rezervarju ostaja krap in koi krap.

Pilotni system, ki je bil postavljen v okviru Blegrass in je bil nameščen v Agrariji v Kopru je že delujoč. Kar pomeni, da smo v njem že v septembru vzpostavili delovanje biofiltra in na sistemu izvedli dva cikla pridelave motovilca. V tem času je bil s pomočjo infrastrukturnega centra posodobljen system zračenja komore steklenjaka v katerem se nahaja sistem. Sistem sestavljata dva rezervoarja za ribe z volumnom 1 m<sup>3</sup>, črpalke, biofilter, usedalnik in trije različni hidroponski sistemi (NFT, plavajoči sistem in sistem globokih gred). Sistem je prikazan na sliki 2.1., puščice na sistemu prikazujejo smer vodnega toka.

Slika 2.2 prikazuje tri proizvodne linije: ena je sestavljena iz 5 kanalov za NFT pridelavo, en kanal bo uporabljen za gojenje mikrozelenja. Za gojenje mikrozelenja smo preverili ustreznost dveh rastnih substratov in se na podlagi predtestov na sistemu odločili za kameno volno. Od rastlin smo izbrali redkvico, rdečo baziliko in koriander (3 kalice po katerih se vrši tudi največje zanimanje pri kupcih). Sistem sestavlja še plavajoči sistem in sistem globokih gred). Sistem omogoča pridelavo 210 kosov solate na enkrat (pri čemer je en NFT kanal prost za pridelavo mikrozelenja). Na sliki 2.1. je prikazana tudi lokacija senzorjev za merjenje temperature vode, slanosti, koncentracije raztopljenega kisika in pH: ti parametri se bodo merili v vodi, ki vstopa v hidroponski sistem. Na sliki sta označeni tudi točki za odvzem vzorcev, v katerih bomo spremljali amonijsko, nitratno obliko dušika in po potrebi (glede na znake pomankanja, ki se bodo pojavljali na rastlinah tudi druge elemente). V samem rastlinjaku bomo spremljali meritev temperature, zračne vlage in PAR. Sistem IP-UNILJ je aktiven in na njem ves čas teče pridelava. Do sedaj smo imeli motovilec in izvedli teste z mikrozelenjem. V začetku marca smo na sistemu posadili sadike solate. Zaradi največjih ekonomskih dosežkov smo se odločili za solato linije Salanova®. Salanova® je blagovna znamka za vrsto solate. Blagovna znamka pomeni okusno in svežo solato, ki nudi dodatno udobje po principu "En rez, pripravljeno", ki omogoča številne tipe (butter, crispy) solate z manjšimi listi. Vsi tipi so na voljo v rdeči in zeleni barvi ter imajo izjemne dodatne lastnosti, kot je tri- do štirikrat več listov kot običajna solata. Vse sadike, ki jih bomo pridelovali v sistemu bomo pridelali sami v za to popremljenjem steklenjaku. Predviden čas pridelave solate je 30 dni.







**Slika 1.2.** Naselitev šarenke, hidroponski sistem za gojenje solate in mikro zelenja.



