



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo Agricolo  
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

## TIPO DI OPERAZIONE

### 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 1098 DEL 01/07/2019

FOCUS AREA  2A  4B

RELAZIONE TECNICA  INTERMEDIA  FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5148775

DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5517701

Titolo Piano	Fitodepurazione e riuso per la riduzione dei nutrienti e fitofarmaci nelle acque di superficie del reticolo di bonifica - Rephyt
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo - CER
Partner del GO	Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo – CER – capofila Alma Mater Studiorum – Università di Bologna – partner effettivo CAVIRO EXTRA S.p.A. – partner effettivo Ri.nova – partner effettivo DINAMICA S.c.a r.l. – partner effettivo Società Agricola Deltabio S.S. – partner associato SOCIETA' AGRICOLA PRA DA PO DI BENAZZI MARCO E C. S.S. – partner associato

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	30
Data inizio attività	01/04/2020
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	30/09/2022

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/04/2021	al	30/09/2022
Data rilascio relazione	16/11/2022		

Autore della relazione	Stefano Anconelli		
telefono	3357561660	email	anconelli@consorzioocer.it
pec	cer@pec.consorzioocer.it		

## Sommario

1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO.....	3
1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO .....	3
2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE.....	4
2.1 – AZIONE 1 .....	4
2.1.1 – Attività e risultati – AZIONE 1 .....	4
2.1.2 - PERSONALE – AZIONE 1.....	6
2.1.3 - Trasferte - AZIONE 1 .....	6
2.2 – AZIONE 3 .....	7
2.1.1 – Attività e risultati – AZIONE 3 .....	7
2.2.2 - Personale AZIONE 3 .....	13
2.2.3 - Trasferte AZIONE 3 .....	13
2.2.4 - Materiale consumabile - AZIONE 3.....	13
2.2.5 - COLLABORAZIONI, CONSULENZE – AZIONE 3 .....	14
2.3 – AZIONE 4 .....	15
2.3.1 – Attività e risultati – AZIONE 4 .....	15
2.3.2 - Personale AZIONE 4 .....	17
2.3.3 - Trasferte AZIONE 4 .....	17
2.3.4 - COLLABORAZIONI, CONSULENZE – AZIONE 4 .....	18
2.4 – ATTIVITA’ DI FORMAZIONE – AZIONE 5 (Dinamica) .....	18
3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL’ATTIVITÀ .....	21
4 - ALTRE INFORMAZIONI .....	21
5 - CONSIDERAZIONI FINALI.....	21
6 - RELAZIONE TECNICA.....	22

## 1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Tutte le azioni del piano sono state portate a conclusione secondo i protocolli sperimentali previsti. Gli obiettivi prefissati nel progetto sono stati raggiunti, senza particolari criticità. Sono stati eseguiti tutti i rilievi e i campionamenti di acque, suoli, vegetazione funzionali alla verifica delle capacità di miglioramento dei parametri qualitativi delle acque ad opera dei sistemi di fitodepurazione, sia a livello aziendale che di canale promiscuo di consorzio di bonifica (azioni 3.1 e 3.2). È stato testato un modello per lo studio dei rilasci agricoli sulle acque di distretto irriguo consortile, funzionale all'individuazione degli indicatori dell'efficacia dell'applicazione dell'agricoltura integrata e biologica (azione 3.2). Sono state portate a conclusione le prove con le acque reflue derivanti da processi di lavorazioni agroindustriali di CAVIRO EXTRA, per verificarne la possibilità di un riuso irriguo (azione 3.3) e studiato lo sviluppo della cimice asiatica e dei suoi antagonisti naturali nelle wetland con l'impiego di trappole (azione 3.4). È stata fatta una ricca attività divulgativa, con l'effettuazione di visite guidate, servizi su trasmissioni televisive, campagne social e un convegno finale. Per quanto riguarda la formazione, infine, è stato realizzato in ottobre 2021 un viaggio di istruzione in Sardegna con visite a sistemi di fitodepurazione e riuso.

### 1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
1.	CRPV / CER	Esercizio della cooperazione	1	1	30	-
3.1	CER/Unibo	Fitodepurazione aziendale	1	1	27	-
3.2	CER/Unibo	Fitodepurazione consortile	1	1	30	-
3.3	CER/Caviro/Unibo	Riuso acque reflue	1	1	27	-
3.4	CER	Monitoraggio Cimice	1	1	30	-
4.	CER/Ri.nova	divulgazione	12	7	30	-
5.	Dinamica	Formazione	18	18	24	-

## 2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

### 2.1 – AZIONE 1

#### 2.1.1 – Attività e risultati – AZIONE 1

Azione	<b>Azione 1 – Esercizio della cooperazione</b>
Unità aziendale responsabile	<b>Ri.nova - CER</b>
Descrizione delle attività	<p>Ri.Nova ha coadiuvato CER nel ruolo di coordinatore e gestore delle azioni del Piano d'innovazione, pianificando e mettendo in atto tutte le iniziative necessarie a realizzare l'attività progettuale e conseguire i risultati previsti dal Piano stesso.</p> <p>Ri.Nova, tramite proprio personale, ha seguito regolarmente e gestito con le necessarie e opportune documentazioni, tutte le fasi di sviluppo, dall'attivazione anche formale, alla rendicontazione conclusiva, del GO e del relativo Piano per assicurarne il corretto funzionamento e svolgimento attraverso: il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori; la valutazione dei risultati in corso d'opera; l'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi e l'eventuale definizione delle azioni correttive.</p> <p>In particolare, sono di seguito descritte le diverse attività di esercizio della cooperazione.</p> <p>A seguito dell'approvazione del Piano (Determina Reg. Emilia Romagna n° 4356 del 13/03/2020) è stata gestita la fase di costituzione dell'ATS con tutti i partner del Gruppo Operativo (GO) fino alla sua completa formalizzazione.</p> <p>In fase preliminare di avvio, i partner sono stati informati dell'approvazione della domanda e della conseguente attivazione del piano per mezzo di e-mail.</p> <p>In data 21 aprile 2020 si è tenuto un incontro in videoconferenza con tutto il GO per l'attivazione del Progetto dove sono state illustrate le varie fasi del Piano e si è proceduto alla pianificazione delle diverse attività per il 2020.</p> <p>L'incontro ha rappresentato anche il momento di costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO. Il CP è quindi composto da:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Responsabile Progetto RP (CER);</li><li>- Responsabile Scientifico RS (Distal UniBO);</li><li>- Ilaria Braschi (Distal UniBO);</li><li>- (Distal UniBO);</li><li>- (Caviro Extra);</li><li>- (Ri.Nova);</li><li>- (Dinamica).</li></ul> <p>Nelle date del 4 giugno 2020 e del 28 luglio si sono tenute due videoconferenze di coordinamento tra CER, UniBO e Consorzio della Bonifica Burana relativamente alle caratteristiche dell'area di fitodepurazione monitorata presso Manzolino (MO).</p> <p>In data 21 gennaio 2021 si è tenuta una videoconferenza di verifica dello stato di avanzamento, in cui si sono analizzate le attività svolte nel corso del 2020 e di pianificazione dei lavori da svolgere nel corso del 2021.</p> <p>Nel prosieguo del 2021 e nel corso del 2022 si sono poi tenute diverse riunioni di coordinamento operativo tra i componenti il GO e i collaboratori tecnici per pianificare al meglio le attività previste, sia in presenza che a distanza.</p> <p>In particolare, il 20 gennaio 2022 si è tenuta, presso il CER, una riunione per discutere lo stato di avanzamento dei lavori e per pianificare le attività dell'ultimo anno di Progetto.</p> <p>Successivamente, nel corso del 2022, si sono tenuti altri momenti di coordinamento tra i diversi componenti il gruppo di lavoro; infine, in data 13</p>

settembre 2022 si è tenuta una videoconferenza per l'organizzazione del convegno conclusivo, che si è tenuto il 24 ottobre 2022 presso la sede di Caviro Extra, e dove i diversi partner di progetto hanno presentato i risultati raggiunti.

In definitiva, CER e Ri.Nova si sono occupati di coordinare nel complesso tutte le attività, animando il GO, seguendone il percorso e verificandone la coerenza e buon sviluppo attraverso frequenti incontri, sopralluoghi, contatti telefonici ed e-mail; hanno inoltre favorito lo scambio di informazioni e il necessario supporto sia informativo che logistico per il buon sviluppo delle sinergie e attività previste dal piano.

Durante il costante monitoraggio dei lavori ed i risultati via via raggiunti, in caso di scostamenti, sono state valutate le necessarie azioni correttive.

Al termine del Progetto il RP, il RS e Ri.Nova, insieme ai partner coinvolti, hanno completato l'analisi dei risultati finali ottenuti e predisposto la relazione tecnica oltre alle altre documentazioni necessarie per la rendicontazione conclusiva amministrativo-economica. CER e Ri.Nova si sono occupati della gestione e predisposizione della documentazione e hanno opportunamente informato e supportato i partner nella fase di rendicontazione tecnica ed economica.

#### Autocontrollo e Qualità

Il CER come capofila del GOI applica all'esecuzione del piano le procedure interne di qualità afferenti al Sistema Qualità CER, certificato in base alle norme UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015.

La certificazione di Sistema Qualità CER informa e garantisce in merito alle procedure utilizzate per la gestione sia dei processi produttivi, sia di quelli di miglioramento del sistema. In ambito aziendale, la Politica di Qualità del CER sensibilizza il personale attraverso un processo di condivisione strategica e di progettazione responsabile, utilizzando la comunicazione interna insieme alla formazione per "contaminare" verticalmente e trasversalmente l'organizzazione e stimolare flussi di feed-back. Per questo il CER mette in atto con proprio personale tecnico competente delle azioni di pianificazione, monitoraggio e coordinamento, che agiranno come previsto dalle procedure e istruzioni operative del Sistema Qualità.

Il Sistema Qualità Ri.Nova è certificato dalla DNV GL in base alla norma UNI EN ISO 9001:2015 per il seguente campo applicativo: "organizzazione della domanda di ricerca a favore dei soci e di terzi nella filiera agroalimentare; organizzazione e gestione dei programmi di ricerca, sperimentazione e realizzazione delle iniziative nell'ambito delle filiere delle produzioni vegetali e divulgazione dei risultati; valorizzazione e protezione delle novità vegetali". Attraverso le Procedure e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, Ri.Nova ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia al progetto, attraverso:

#### Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento dell'intero progetto si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con i rappresentanti del Comitato di Piano.

#### Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata tramite:

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;

#### Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti

Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.

	Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità del Ri.Nova. Il Sistema Qualità Ri.Nova, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

## 2.1.2 - PERSONALE – AZIONE 1

### PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinamento	27	1.161,00
	Quadro	Coordinamento	28	1.204,00
			Totale:	2.365,00

### PERSONALE RI.NOVA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Impiegato	Supporto coordinamento	84	3.612,00
	Impiegato	Supporto coordinamento	126,5	3.415,50
	Impiegato	Supporto coordinamento	25	675,00
	Impiegato	Supporto coordinamento	31	1.333,00
			Totale:	9.035,50

## 2.1.3 - Trasferte - AZIONE 1

Nessuna trasferta per RI.NOVA

## 2.2 – AZIONE 3

### 2.1.1 – Attività e risultati – AZIONE 3

Azione	<b>3.1 - Studio della capacità depurativa di sistemi di fitodepurazione aziendale per la riduzione dei nutrienti e dei residui di diserbanti e fitofarmaci derivanti dall'inquinamento diffuso dell'attività agricola. Attività da svolgere presso Acqua Campus del CER</b>
Unità aziendale responsabile	<b>CER Partner: UNIBO DISTAL (Idraulica e Chimica Agraria)</b>
Descrizione delle attività	<p>Il sistema di fitodepurazione situato presso l'Acqua Campus del Canale Emiliano Romagnolo, a Budrio (BO), è stato monitorato per due anni (2020-2021). Sono stati presi in esame i dati dell'acqua, del suolo e delle piante. Il monitoraggio idrologico mostra che entrambe le annate, 2020 e 2021, sono state decisamente siccitose. Nel 2020 gli ingressi si sono registrati principalmente nei mesi di agosto e dicembre, nel 2021 nel periodo primaverile; oltre agli ingressi naturali della primavera, sono stati immessi artificialmente 4615 mc per consentire l'effettuazione di una prova di simulazione dell'abbattimento dei fitofarmaci immessi in quantitativi noti. A seguito della prova del 2021 nel mese di ottobre è stato registrato il maggior deflusso.</p> <p>Per quanto riguarda la qualità delle acque, nel 2020 si sono potute analizzare solo quelle in ingresso, non essendoci state uscite. In entrambi gli anni i valori di TSS sono i più elevati, con un abbattimento di circa l'80% nel 2021. Anche nella rimozione dei nutrienti il sistema è stato particolarmente performante. È stata anche analizzata la componente vegetale. Nel 2020 la quantità di nutrienti e metalli accumulati negli apparati delle piante è stato maggiore rispetto al 2021. D'altra parte, nel suolo l'andamento delle concentrazioni di nutrienti, metalli e carbonio rilevate rimane simile durante i due anni, con una tendenza a diminuire all'aumentare della profondità.</p> <p>Per valutare l'efficienza del sistema nell'abbattimento di prodotti chimici usati nel settore agricolo, è stato condotto un esperimento che intendeva simulare il run-off di fitofarmaci dovuto ad un evento piovoso. Sono stati campionati acqua e sedimenti della wetland, in seguito analizzati.</p> <p>Sono stati valutati i tempi di abbattimento al 50 e 90% dei diversi principi attivi immessi. Nessun campione di sedimento conteneva tracce di sostanze attive o metaboliti, solo le acque sono risultate positive alla presenza di fitofarmaci. Col passare del tempo è stata verificata la diminuzione delle concentrazioni nell'acqua di fitofarmaci: ciò sta a significare che la sostanza attiva che si dissipa seguendo una cinetica di prim'ordine (SFO) non viene trasferita in modo significativo al suolo, a differenza di altre sostanze che seguono una cinetica di second'ordine (multi-comparto) e che quindi tendono trasferirsi in altri compartimenti e a lasciare residui più a lungo.</p> <p>In definitiva, si può affermare che il sistema sia efficace sia per la rimozione dei nutrienti che dei fitofarmaci, anche dopo 20 anni dalla costruzione e una continua operatività.</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata negli allegati: Prog_RePhYT_Relaz_finale_Azione3_1.pdf</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Sono stati eseguiti tutti i rilievi e i campionamenti di acque, suoli, vegetazione funzionali alla verifica delle capacità di miglioramento dei parametri qualitativi delle acque in uscita da una azienda agricola ad opera dei sistemi di fitodepurazione, valutando la % di abbattimento dei nutrienti, anche in seguito alle stagioni siccitose che hanno consentito di immagazzinare nella wetland gran parte delle acque di drenaggio dell'azienda. Anche l'efficienza fitodepurante per la componente fitofarmaci è stata valutata in seguito a prove condotte su quantitativi noti e successive analisi temporali per la valutazione della dinamica di abbattimento.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione	<b>3.2 Studio della capacità depurativa di sistemi di fitodepurazione consortile per la riduzione dei nutrienti e dei residui di diserbanti e fitofarmaci derivanti dall'inquinamento diffuso dell'attività agricola nei canali irrigui consortili. Creazione di un modello numerico previsionale del trasporto e concentrazione di tali sostanze a livello di bacino scolante</b>
Unità aziendale responsabile	<b>CER Partner: UniBO, Consorzio della Bonifica Burana e Servizio Fitosanitario di Modena</b>
Descrizione delle attività	<p>Il lavoro relativo all'Azione è stato avviato ad aprile 2020, con una serie di riunioni fra CER, UniBO, Consorzio della Bonifica Burana e Servizio Fitosanitario di Reggio e Modena, volte a definire i seguenti obiettivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Acquisizione informazioni su uso del suolo e reticolo idrografico nel bacino scolante, sui parametri idrologici relativi al Canale di S. Giovanni (portate, sezioni, tirante nel corso dell'anno, Ksat) e sul bacino di fitodepurazione (dimensioni, livelli medi dell'acqua, volumi di acqua immessa etc.);</li> <li>(b) Impostazione del monitoraggio sull'area fitodepurante;</li> <li>(c) Identificazione dello stato di fatto relativo alla conduzione (tradizionale, integrata, agricoltura biologica) delle aziende agricole ricadenti nel bacino di scolo e applicazione del modello numerico più adatto alla creazione degli scenari previsti.</li> </ul> <p>Le attività di campionamento delle acque sono procedute dall'8 aprile 2020 per concludersi con l'ultimo campionamento del 22 settembre 2021, con la raccolta complessiva di 66 campioni, consegnati rispettivamente ad Analamb di Mirandola (MO), per la determinazione dei principali parametri chimico-fisici e microbiologici e ad Agriparadigma di Ravenna per la determinazione tramite analisi multiresiduale dei principi attivi di fitofarmaci.</p> <p>L'installazione dei contatori, del piezometro di 3 m e degli strumenti di misura in continuo per la registrazione dei livelli su canale di San Giovanni ed area fitodepurante, sono stati eseguiti fra il 22 luglio 2020 sino a fine progetto. Nel 2020 sono stati effettuati rilievi da drone dell'area fitodepurante, tramite sensore multispettrale e rgb, oltre ad una misura della velocità della corrente nel canale, tramite mulinello idrometrico.</p> <p>L'elaborazione preliminare dei dati rilevati e raccolti in bibliografia ha consentito di sviluppare dei prodotti intermedi quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilancio idraulico dell'area fitodepurante tramite il calcolo delle portate in entrata e uscita e stima dell'infiltrazione;</li> <li>- Bilancio di massa dei principali elementi chimici ed agrochimici dell'area di fitodepurazione e stime dell'efficienza di abbattimento;</li> <li>- Definizione sia della superficie liquida evaporante, sia della superficie di scolo tramite mappe di variazione dell'indice termico e dell'indice NDVI, da drone;</li> <li>- Variazione del livello annuo di falda;</li> <li>- Misura della conducibilità idraulica satura (slug test).</li> <li>- Pre-processamento dei dati di input del modello SWAT.</li> </ul> <p>Con le elaborazioni sopradescritte è stato possibile ottenere la stima dell'efficienza di abbattimento dell'area fitodepurante, in particolare effettuando un bilancio di massa della concentrazione di alcuni dei parametri chimico-fisici e microbiologici analizzati nel corso della stagione 2020 e 2021. La percentuale di rimozione dei principali inquinanti agricoli è risultata molto buona (<math>\pm 50\%</math> di Azoto e <math>\pm 40\%</math> di fosfati), con un notevole contenimento anche dei coliformi fino all'80-85% (si ricorda che il canale San Giovanni è anche recettore del troppo piano del depuratore di Castelfranco Emilia).</p> <p>Per quanto riguarda la qualità dell'acqua del canale di San Giovanni l'analisi comparata delle concentrazioni degli elementi chimici e degli agrochimici rilevati nel canale, dello strato uso suolo e dei quaderni di campagna, ha consentito di conseguire i seguenti risultati:</p>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impostazione dettagliata e verificata degli input del modello SWAT</li> <li>- Identificazione delle principali correlazioni tra elementi chimici nelle acque e gestione agricola.</li> <li>- Identificazione dei principali processi associati alla dinamica biogeochimica degli agrochimici rilevati.</li> <li>- Conferma della coerenza delle fonti informative identificate per lo sviluppo di indicatori.</li> </ul> <p>Le concentrazioni degli elementi analizzati nei campioni di acqua del canale di San Giovanni hanno manifestato valori sempre inferiori ai limiti di legge, qualora presenti. L'analisi comparata tra analisi chimiche e le altre fonti informative ha consentito inoltre di identificare alcuni driver che potrebbero influenzare la qualità delle acque rilevate: ad es. la variazione dell'uso suolo dal 2020 al 2021 relativamente alla coltura sorgo potrebbe essere connessa all'incremento della presenza del diserbante 2,4 D nelle acque. Per un maggior dettaglio sulle attività svolte e sull'analisi dei risultati si rimanda alla relazione allegata.</p> <p>L'applicazione del modello SWAT ha consentito di simulare le dinamiche di dei nitrati che potrebbero essere causa di eutrofizzazione delle acque nel bacino idrologico in questione. Le simulazioni di scenario sono state realizzate per valutare l'effetto che l'eventuale cambio di gestione/conduzione delle colture (da gestione integrata a biologico per tutte le colture del bacino) potrebbe portare sui carichi degli elementi chimici presenti nelle acque superficiali, in particolare passando ad una concimazione totalmente organica. Le simulazioni hanno evidenziato dei possibili abbattimenti per i nitrati fino al 60%, su alcuni tratti del reticolo idrografico minore.</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata negli allegati: Prog_RePhYT_Relaz_finale_Azione3_2.pdf e QDC_Rephyt_2020_2021.pdf</i></p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi dell'azione sono stati raggiunti, con alcune necessarie precisazioni di seguito descritte.</p> <p>L'esecuzione delle prime tre fasi è stata condotta senza grossi problemi ed ha fornito risultati attendibili da utilizzare nel modello.</p> <p>Il parametro fosfati, data la sua importanza come indicatore di eutrofizzazione, è stato rilevato fin dall'inizio sui campioni di acque consegnati al laboratorio (inizialmente non rientrava nel set dei parametri standard di analisi delle acque del Consorzio della Bonifica Burana).</p> <p>Inoltre, alcuni eventi hanno influenzato nel 2020, talvolta positivamente, lo svolgimento dei lavori:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ad inizio ottobre, il Consorzio della Bonifica Burana ha eseguito la risistemazione della canaletta che mette in comunicazione la fontana, alimentata dalle pompe di captazione delle acque del San Giovanni, con l'area fitodepurante;</li> <li>- Il tubo di calma infisso sul fondo del canale di San Giovanni si è successivamente inclinato ed ha dovuto essere risistemato in una posizione più arretrata rispetto all'opera di presa delle pompe;</li> <li>- A causa delle piogge invernali, si è verificata una risalita e limitata tracimazione delle acque presso il punto di deflusso dell'area fitodepurante, registrata anche dal locale strumento di misura in continuo del livello;</li> <li>- I lavori di sistemazione eseguiti dal Consorzio hanno anche consentito di osservare uno scavo verticale della profondità di circa 150 cm, posto in prossimità della fontana, e di effettuare una descrizione pedologica speditiva.</li> </ul>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Non ci sono attività ancora da realizzare.</p>

Azione	<b>3.3 – Riciclo acque di lavorazione ad uso irriguo: sarà valutata la possibilità di riutilizzare le acque derivanti dai processi di lavorazione degli scarti di diverse filiere agro-alimentari (viti-vinicola, produzioni di carni suine e avicole etc..) sia su un vigneto a pieno campo confinante con l’impianto CAVIRO EXTRA, che su colture arboree in vaso e su parcelline di colture erbacee, per valutare i limiti di tossicità e il loro accumulo nel tempo (presso az. sperimentale Unibo di Cadriano).</b>
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio CER Partner: UNIBO (gruppo ecofisiologia), CAVIRO EXTRA</b>
Descrizione delle attività	<p>Le attività condotte all’interno dell’azione 3.3 hanno permesso di valutare e verificare la possibilità di introdurre fonti alternative di acqua irrigua per soddisfare le esigenze di tipologie diversificate sia di coltura (arborea-orticola) che di gestione colturale (in campo ed in vaso) in modo tale da verificare gli effetti della salinità su un variegato panorama di coltivazione. Nello specifico, all’interno dei due anni di sperimentazione, sono state svolte attività ponendo l’attenzione agli effetti sulle piante e sulle produzioni, valutando in particolare la tossicità legata all’accumulo di sali nei confronti della produzione agricola e dello stato vegetativo delle colture, la presenza di residui nei prodotti agricoli commercializzabili, nonché l’opportunità di utilizzare acque cariche di nitrati per ridurre gli apporti nutrizionali con concimi di sintesi.</p> <p>La sperimentazione avvenuta il primo anno è servita anzitutto a disporre lo schema sperimentale delle prove, il posizionamento della sensoristica, la predisposizione dei piani di irrigazione e l’acquisizione dei dati relativi alla qualità delle acque ed alla caratterizzazione qualitativa del tipo di suolo.</p> <p>In prima battuta è stato possibile valutare la dinamica del contenuto di Sali nelle acque irrigue sulle influenze all’interfaccia suolo-pianta. Altresì, le analisi condotte sulla vegetazione e sulle produzioni hanno permesso di valutare l’effetto dei due diversi trattamenti irrigui sulla qualità delle produzioni e sugli stress vegetativi delle piante.</p> <p>I risultati ottenuti su Vite durante i due anni di sperimentazione sono risultati molto incoraggianti in quanto, guardando ai dati delle produzioni sia in termini quantitativi che qualitativi, non sono state riscontrate apprezzabili differenze in relazione al tipo di acqua utilizzato. Le analisi fisiologiche condotte sulle piante durante le due stagioni irrigue, inoltre, non hanno evidenziato cali di performances nelle piante e pertanto non si sono verificate condizioni di stress per le colture in relazione al tipo di acqua irrigua utilizzata.</p> <p>Anche in relazione alle analisi minerali, non sono stati riscontrati accumuli di elementi né all’interno della vegetazione e neanche nel suolo; si evidenziano invece accumuli di salinità nei carotaggi effettuati su suolo, tuttavia entro valori contenuti e non determinanti nel causare fenomeni di stress per la coltura. Peraltro, guardando allo storico del monitoraggio effettuato tramite sensoristica, è stato possibile verificare che, durante le stagioni dell’anno generalmente più piovose, seppur anormalmente siccitose nei due anni, il contenuto di Sali tende a riallinearsi per un dilavamento profondo causato dalle piogge.</p> <p>L’utilizzo dell’acqua reflua, peraltro, per i quantitativi di nutrienti che trasporta in relazione soprattutto all’elemento azotato, ha apportato quantitativi in grado di soddisfare parzialmente il fabbisogno stagionale della coltura e delineando pertanto la concreta possibilità di ridurre del 21% circa l’apporto di concimi minerali.</p> <p>Per quanto riguarda la sperimentazione condotta su Melo in vaso, nei due anni sono emersi effetti sulle piante e sulle produzioni derivanti dal tipo di utilizzo di acqua utilizzato. Le piante irrigate con acque reflue depurate hanno evidenziato significative variazioni negative in termini di produttività e qualità delle produzioni anche se non sono stati riscontrati accumuli di elementi fitotossici nei frutti commercializzabili.</p> <p>I rilievi fisiologici effettuati sulle piante hanno evidenziato sintomi di stress verso circa metà della stagione irrigua e che si sono accentuati via via verso fine stagione. Anche le analisi minerali sulle piante hanno evidenziato accumuli di elementi fitotossici.</p>

	<p>I risultati osservati su Melo emergono in seguito ad apporti puntuali e continuativi di acque con elevati contenuti di salinità all'interno di un volume ristretto di suolo rappresentato dal vaso. Va sottolineato, in questo caso, che le condizioni in vaso non sono rappresentative del pieno campo. Tale risultato conferma come la valutazione qualitativa sulle acque destinate al riuso debba essere combinata con una analisi di rischio con il fine di valutare eventuali effetti negativi associati a sistemi colturali e condizioni di gestione agronomica specifica.</p> <p>Per quanto riguarda il pomodoro, le rilevazioni fisiologiche effettuate sulla pianta durante la stagione non hanno evidenziato particolari stress se non a partire da metà stagione irrigua dove la pianta ha iniziato a risentire di uno stress nel fusto ma non, tuttavia, nelle foglie.</p> <p>Analizzate le produzioni alla raccolta, i due trattamenti irrigui non hanno evidenziato differenze significative né in termini quantitativi che qualitativi. È da riscontare invece un incremento dei valori di grado zuccherino e un decremento di quelli di durezza, indice di un probabile anticipo della maturazione indotto dal trattamento Caviro.</p> <p>I risultati osservati su Pomodoro evidenziano l'effettiva possibilità di un riuso di acque reflue per finalità irrigue.</p> <p>Le informazioni raccolte all'interno dei due anni di sperimentazione hanno consentito di ricostruire un ampio quadro conoscitivo sugli effetti derivanti dal riutilizzo di acque di lavorazione di tipo agro-industriale, sui principali parametri fisiologici, nutrizionali e di tossicità, su piante arboree ed orticole, sulle produzioni e sul suolo, senza trascurare gli aspetti di sicurezza alimentare e sanitaria.</p> <p>Per le motivazioni sopraelencate, i risultati ottenuti su Vite e Pomodoro evidenziano l'assoluta applicabilità del riutilizzo a fini irrigui di acque di recupero derivanti da processi di lavaggio degli scarti di lavorazione delle filiere agroalimentari. Tale riutilizzo, rientrando in un processo di economia circolare, economicamente conveniente ed in grado di fornire elementi nutrienti alle colture, può permettere di ridurre i prelievi di acque superficiali convenzionali sempre più scarse in seguito al cambiamento climatico in atto. È in ogni caso da tenere in considerazione il ruolo della pianificazione associata alla valutazione del rischio per la distribuzione di acque reflue di eterogenea provenienza all'idoneità di utilizzo sui differenti target di colture servite all'interno di un territorio.</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata negli allegati: Prog_RePhYT_Relaz_finale_Azione3_3.pdf</i></p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>L'obiettivo preventivato in fase di progetto e relativo alla valutazione di un'efficacia agronomica nel riutilizzo di acque reflue depurate è stato realizzato nei due anni di attività e non vi sono stati scostamenti rispetto al piano di lavoro.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Nessuna.</p>

Azione	<b>3.4 – Verifica della possibilità di applicare strategie di lotta biologica per il controllo della cimice asiatica con tecniche a basso impatto nei sistemi fitodepuranti</b>
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio CER - In collaborazione con il Consorzio Fitosanitario provinciale di Reggio Emilia</b>
Descrizione delle attività	<p>Il programma di lavoro si prefiggeva di approfondire la biologia e la fenologia della specie nell'ambiente prossimo ai sistemi fitodepuranti, al fine di valutare se queste aree e il relativo reticolo idrografico possano costituire zone di moltiplicazione indisturbata delle specie antagoniste nonché di collegamento fra aree naturali separate da coltivi sottoposti a trattamenti insetticidi, pertanto, inospitali per queste specie utili.</p> <p>Il contesto agroecologico di <i>AcquaCampus</i> si è rivelato differente rispetto alle situazioni solitamente oggetto di monitoraggio, in funzione di una minor diffusione di colture arboree a fronte di un contesto culturale che vede una spiccata presenza di seminativi fra loro "connessi" da corridoi rappresentati dal reticolo idrografico e irriguo.</p> <p>Il monitoraggio ha evidenziato popolazioni che ricalcano il dato territoriale ed i relativi condizionamenti derivanti dall'andamento meteorologico in particolare nelle fasi iniziali e centrali della stagione.</p> <p>Le popolazioni dell'ultima parte della stagione si discostano invece in maniera netta rispetto al dato aggregato degli andamenti dei monitoraggi territoriali. Questa situazione potrebbe essere riconducibile all'assenza di luoghi comunemente individuati dalla specie per lo svernamento nelle immediate vicinanze delle postazioni di rilievo ed il conseguente precoce allontanamento degli individui adulti dal sito; si ravvisa inoltre l'assenza delle specie (<i>Acer campestre</i>, <i>Frassino</i>, <i>Ailanto</i>) alle quali la cimice asiatica si rivolge per l'alimentazione tardiva in vista della fase di svernamento.</p> <p>Il tipo di vegetazione (se solo erbacea) e le necessità di gestione fossi e canali funzionale ad un adeguato flusso delle acque, determina un ambiente non particolarmente idoneo a cimice asiatica e conseguentemente alla deposizione delle uova.</p> <p>Ne consegue che la scarsa deposizione determini una modesta attrattività per specie antagoniste, situazione che si ritiene possa tradursi in un limitato ruolo di questo tipo di infrastruttura ecologica nella diffusione a livello territoriale dei parassitoidi.</p> <p>In ragione della necessità dell'auspicabile diffusione territoriale di parassitoidi il più uniforme e capillare possibile e del limitato ruolo che parrebbe attribuibile al reticolo irriguo con vegetazione adeguatamente gestita per ovvie necessità di flusso delle acque, si ritiene opportuno, in caso di prosecuzione del programma di lotta biologica territoriale, valutare la possibilità di rilasci anche in contesti agroecologici meno rilevanti o prioritari per cimice asiatica rispetto a quelli scelti nei primi anni.</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata nell'allegato: Prog_RePhYT_Relaz_finale_Azione3_4.pdf, a cura del Consorzio Fitosanitario provinciale di Reggio Emilia.</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Il lavoro è stato realizzato secondo il protocollo sperimentale previsto nella verifica degli obiettivi dell'azione.
Attività ancora da realizzare	Nessuna.

## 2.2.2 - Personale AZIONE 3

### PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Realizzazione/Prove in campo	328	14.104,00
	Quadro	Realizzazione/Prove in campo	249,25	10.717,75
	Impiegato	Realizzazione/Prove in campo	265,23	7.161,21
	Impiegato	Realizzazione/Prove in campo	342	9.234,00
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	335,92	6.550,44
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	303,50	5.918,25
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	316,50	6.171,76
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	340,12	6.632,33
			Totale:	66.489,74

### PERSONALE UNIBO

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Prof.ssa associato	Collaboratore	33	1.584,00
	Prof. Ordinario	Ricercatore scientifico	58	4.234,00
	Prof.ssa associato	Collaboratore	43	2.064,00
	Tecnico	Collaboratore	36	1.116,00
	Assegnista di ricerca	Collaboratore	1576	23.907,92
	Assegnista di ricerca	Collaboratore	1579	24.869,25
	Assegnista di ricerca	Collaboratore	1374	20.032,92
			Totale:	77.808,09

### PERSONALE CAVIRO EXTRA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Dirigente	Realizzazione	59	4.425,00
	Impiegata	Realizzazione	100	3.660,00
	Operaio	Prove in campo	198	3.861,00
			Totale:	11.946,00

## 2.2.3 - Trasferte AZIONE 3

### PERSONALE CER

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Rilievi sperimentali	538,69
	Rilievi sperimentali	277,26
		Totale:
		815,95

## 2.2.4 - Materiale consumabile - AZIONE 3

Nessuna spesa sostenuta per CER

## Spese UNIBO

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
	Materiale di consumo	2.037,10
	Bombole gas	402,11
	Prodotti chimici	37,94
	Materiale di consumo per laboratorio	749,22
	Totale:	3.226,37

## 2.2.5 - COLLABORAZIONI, CONSULENZE – AZIONE 3

### CONSULENZE - PERSONE FISICHE - CER

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	5.000,00	Collaborazione	2.500,00
		Totale:	2.500,00

### CONSULENZE – SOCIETÀ - CER

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		12.000,00	Servizi fitosanitari - entomologo	6.000,00
			Totale:	6.000,00

### CONSULENZE – SOCIETÀ - UNIBO

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
			Servizio analisi multiresiduali su campioni di acque	5.124,00
			Analisi multiresiduali di pesticidi	8.235,00
			Totale:	13.359,00

## 2.3 – AZIONE 4

### 2.3.1 – Attività e risultati – AZIONE 4

Azione	<b>Divulgazione</b>												
Unità aziendale responsabile	<b>CER/Ri.nova</b>												
Descrizione delle attività	<p>Le attività di divulgazione sono state rivolte prevalentemente agli operatori del settore agricolo ed agro-industriale e ad utenti esterni, con l'obiettivo generale di fornire elementi informativi e tecnici di base, per poter comprendere al meglio i principi su cui le innovazioni apportate dal Piano si fondano.</p> <p>Il programma delle attività di comunicazione ha previsto l'adozione di più tecniche e tecnologie, al fine di dare vita ad un piano di divulgazione efficace e di reale supporto alla diffusione nell'ambito di una filiera non solo intesa in senso produttivo, ma soprattutto territoriale e di sistema.</p> <p>Il programma di divulgazione è riportato nella tabella seguente.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>VIDEO</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Redazionale</td> <td> <p>E' stato realizzato un video della durata di circa 8 minuti, che ha illustrato ai cittadini e soprattutto a tecnici e agricoltori, di comprendere le ricadute positive dell'implementazione nella delle innovazioni sviluppate in questo progetto. Il Video è stato pubblicato sulle reti televisive all'interno della trasmissione "Con i piedi per terra". Il video ha avuto la seguente programmazione: TRC BOLOGNA (canale 15) per tutta l'Emilia-Romagna:</p> <p>domenica 13 dicembre ore 13.30 - 17.00 – 23.00 TRC MODENA (canale 11) per le province di Modena e Reggio Emilia:</p> <p>sabato 12 dicembre ore 17.15 – 23.00 domenica 13 dicembre ore 12.30 ER24 (canale 518 Sky) copertura nazionale: domenica 13 dicembre ore 10:00 e ore 17.45.</p> </td> </tr> <tr> <td>Video divulgativo</td> <td> <p>E' stato realizzato un video sui vantaggi di sistema che la realizzazione di aree fitodepuranti può apportare e su tutti i risultati del progetto. Sono state evidenziate, in pochi minuti e con un linguaggio tecnico ma di facile accesso, la facilità di realizzazione, le implicazioni con la produzione integrata, gli effetti benefici sull'ambiente e sull'economia. Lo strumento video è adatto alla diffusione su tutti i media, soprattutto i più immediati, come i social, ma anche sui canali istituzionali, tra i quali anche quelli della Regione.</p> </td> </tr> <tr> <th colspan="2"><b>STAMPA</b></th> </tr> <tr> <td>Coordinamento</td> <td> <p>Gestione ufficio stampa dedicato. L'ufficio stampa lavora sulle mailing list di giornalisti ed addetti ai lavori, per la conseguente pubblicazione di articoli / redazionali sulle riviste di riferimento.</p> <p>Lo scopo di questa attività è dare valore e alle innovazioni sviluppate dal GOI, raccontando in modo approfondito gli aspetti che riguardano il miglioramento delle performance che ciascuna azienda agricola della Regione può ottenere implementando le innovazioni proposte dal GOI.</p> </td> </tr> <tr> <td>Creazione di una campagna di stampa</td> <td> <p>La campagna stampa è stata veicolata tramite la pagine facebook Acqua Campus.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<b>VIDEO</b>		Redazionale	<p>E' stato realizzato un video della durata di circa 8 minuti, che ha illustrato ai cittadini e soprattutto a tecnici e agricoltori, di comprendere le ricadute positive dell'implementazione nella delle innovazioni sviluppate in questo progetto. Il Video è stato pubblicato sulle reti televisive all'interno della trasmissione "Con i piedi per terra". Il video ha avuto la seguente programmazione: TRC BOLOGNA (canale 15) per tutta l'Emilia-Romagna:</p> <p>domenica 13 dicembre ore 13.30 - 17.00 – 23.00 TRC MODENA (canale 11) per le province di Modena e Reggio Emilia:</p> <p>sabato 12 dicembre ore 17.15 – 23.00 domenica 13 dicembre ore 12.30 ER24 (canale 518 Sky) copertura nazionale: domenica 13 dicembre ore 10:00 e ore 17.45.</p>	Video divulgativo	<p>E' stato realizzato un video sui vantaggi di sistema che la realizzazione di aree fitodepuranti può apportare e su tutti i risultati del progetto. Sono state evidenziate, in pochi minuti e con un linguaggio tecnico ma di facile accesso, la facilità di realizzazione, le implicazioni con la produzione integrata, gli effetti benefici sull'ambiente e sull'economia. Lo strumento video è adatto alla diffusione su tutti i media, soprattutto i più immediati, come i social, ma anche sui canali istituzionali, tra i quali anche quelli della Regione.</p>	<b>STAMPA</b>		Coordinamento	<p>Gestione ufficio stampa dedicato. L'ufficio stampa lavora sulle mailing list di giornalisti ed addetti ai lavori, per la conseguente pubblicazione di articoli / redazionali sulle riviste di riferimento.</p> <p>Lo scopo di questa attività è dare valore e alle innovazioni sviluppate dal GOI, raccontando in modo approfondito gli aspetti che riguardano il miglioramento delle performance che ciascuna azienda agricola della Regione può ottenere implementando le innovazioni proposte dal GOI.</p>	Creazione di una campagna di stampa	<p>La campagna stampa è stata veicolata tramite la pagine facebook Acqua Campus.</p>
<b>VIDEO</b>													
Redazionale	<p>E' stato realizzato un video della durata di circa 8 minuti, che ha illustrato ai cittadini e soprattutto a tecnici e agricoltori, di comprendere le ricadute positive dell'implementazione nella delle innovazioni sviluppate in questo progetto. Il Video è stato pubblicato sulle reti televisive all'interno della trasmissione "Con i piedi per terra". Il video ha avuto la seguente programmazione: TRC BOLOGNA (canale 15) per tutta l'Emilia-Romagna:</p> <p>domenica 13 dicembre ore 13.30 - 17.00 – 23.00 TRC MODENA (canale 11) per le province di Modena e Reggio Emilia:</p> <p>sabato 12 dicembre ore 17.15 – 23.00 domenica 13 dicembre ore 12.30 ER24 (canale 518 Sky) copertura nazionale: domenica 13 dicembre ore 10:00 e ore 17.45.</p>												
Video divulgativo	<p>E' stato realizzato un video sui vantaggi di sistema che la realizzazione di aree fitodepuranti può apportare e su tutti i risultati del progetto. Sono state evidenziate, in pochi minuti e con un linguaggio tecnico ma di facile accesso, la facilità di realizzazione, le implicazioni con la produzione integrata, gli effetti benefici sull'ambiente e sull'economia. Lo strumento video è adatto alla diffusione su tutti i media, soprattutto i più immediati, come i social, ma anche sui canali istituzionali, tra i quali anche quelli della Regione.</p>												
<b>STAMPA</b>													
Coordinamento	<p>Gestione ufficio stampa dedicato. L'ufficio stampa lavora sulle mailing list di giornalisti ed addetti ai lavori, per la conseguente pubblicazione di articoli / redazionali sulle riviste di riferimento.</p> <p>Lo scopo di questa attività è dare valore e alle innovazioni sviluppate dal GOI, raccontando in modo approfondito gli aspetti che riguardano il miglioramento delle performance che ciascuna azienda agricola della Regione può ottenere implementando le innovazioni proposte dal GOI.</p>												
Creazione di una campagna di stampa	<p>La campagna stampa è stata veicolata tramite la pagine facebook Acqua Campus.</p>												

Articoli	Sono stati pubblicati diversi più di due articoli che sono stati raccolti in un unico file pdf, allegato.
<b>SOCIAL</b>	
Gestione social	La pagina Facebook Acqua Campus ha ripetutamente espresso i contenuti del progetto Rephyt, raggiungendo i portatori di interesse che hanno dimostrato maggior interesse per l'economia circolare e le tecniche innovative di fitodepurazione e riuso delle acque in irrigazione.
Creazione campagne social	Le campagne social sono state in grado di raggiungere il target degli agricoltori più innovativi.
<b>DIVULGAZIONE TRADIZIONALE</b>	
Articolo Tecnico	È in programma la pubblicazione di un articolo divulgativo sui risultati emersi nel corso del Progetto sulla rivista Frutticoltura.
Visita in campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 26 settembre 2020 - Fitodepurazione e riuso delle acque dei canali di bonifica, presso l'Area del Sic-Zps a Manzolino di Castelfranco E. (MO).</li> <li>- 18 maggio 2021 - Fitodepurazione delle acque di scolo agricole, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).</li> <li>- 15 giugno 2021 - Esperienze dell'azienda fitodepurativa, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).</li> </ul>
Materiale informativo	Per stimolare l'attenzione sulla mancanza di precipitazioni e sulla conseguente necessità di riutilizzare le acque di scolo e risultanti dagli impianti agroindustriali, sono stati prodotti e diffusi pluviometri che riportano il contributo del progetto Rephyt.
Convegno finale	Il giorno 24 settembre si è tenuto il convegno finale presso la sala multimediale del partner Caviro Extra. Nell'occasione i partner hanno illustrato i risultati del progetto, azione per azione.

In accordo con i partner del GO, il personale di Ri.Nova ha organizzato e gestito le 6 iniziative e azioni di diffusione che sono di seguito riportate:

Publicazioni

È in programma la pubblicazione di un articolo divulgativo sui risultati emersi nel corso del Progetto sulla rivista Frutticoltura.

Visite guidate

- 26 settembre 2020 - Fitodepurazione e riuso delle acque dei canali di bonifica, presso l'Area del Sic-Zps a Manzolino di Castelfranco E. (MO).
- 18 maggio 2021 - Fitodepurazione delle acque di scolo agricole, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).
- 15 giugno 2021 - Esperienze dell'azienda fitodepurativa, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).

Incontri tecnici

- 15 giugno 2021 - Esperienze dell'azienda fitodepurativa, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).



	<p>- 24 ottobre 2022 – Convegno conclusivo: Fitodepurazione e riuso: strumenti per la qualità delle acque, presso Caviro (Faenza – RA).</p> <p>Ri.Nova ha inoltre messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano fossero facilmente identificabili e fruibili dall’utenza. In particolare, all’interno del portale Ri.Nova è stata individuata una pagina dedicata al Piano (<a href="https://progetti.crpv.it/Home/ProjectDetail/70">https://progetti.crpv.it/Home/ProjectDetail/70</a>), composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto. Inoltre attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente Ri.Nova ha proceduto all’aggiornamento della pagina con il materiale divulgativo ottenuto nell’ambito del Piano.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti completamente, soprattutto in relazione alla diversificazione delle tecniche e tecnologie adottate per raggiungere differenti target. Si è spaziato dai social al convegno, dalla televisione, agli articoli di giornale, dal materiale divulgativo rivolto alle aziende agricole ai video dedicati all’espressione dei risultati.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività sono state realizzate.

## 2.3.2 - Personale AZIONE 4

### PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell’azione	Ore	Costo
	Impiegato	Divulgazione	77	2.079,00
	Quadro	Divulgazione	56,75	2.440,25
			Totale:	4.519,25

### PERSONALE RI.NOVA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell’azione	Ore	Costo
	Impiegato	Supporto divulgazione	80	3.440,00
	Impiegato	Supporto divulgazione	28	756,00
	Impiegato	Supporto divulgazione	40	1.080,00
			Totale:	5.276,00

## 2.3.3 - Trasferte AZIONE 4

Nessuna trasferta per RI.NOVA.

## 2.3.4 - COLLABORAZIONI, CONSULENZE – AZIONE 4

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
SBD srl Stile di Bologna		19.750,00	Servizi di divulgazione	7.900,00
SBD srl Stile di Bologna		19.750,00	Servizi di divulgazione	5.925,00
Totale:				13.825,00

## 2.4 – ATTIVITA' DI FORMAZIONE – AZIONE 5 (Dinamica)

Azione	Attività di formazione e consulenza
Unità aziendale responsabile	DINAMICA Scarl
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- “Fitodepurazione e riuso delle acque reflue: come applicare il REGOLAMENTO (UE) 2020/741 – Esperienze della Regione Sardegna” - Domanda di Sostegno n. 5357064 Periodo di Svolgimento: dal 21/09/2021 al 21/10/2021 Durata: 26 ore In linea con gli obiettivi del GOI 5148775 Fitodepurazione e riuso per la riduzione dei nutrienti e fitofarmaci nelle acque di superficie del reticolo di bonifica - REpHYT, lo scopo dell'attività formativa è stato quello di approfondire gli aspetti legati all'applicazione del REGOLAMENTO (UE) 2020/741 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua e alle green based solutions. La Sardegna nord occidentale e l'oristanese, per le proprie caratteristiche geografiche ed olografiche e per via delle opere di bonifica, talvolta molto pervasive, offrono un ambiente che raccoglie in sé diversi schemi ecologici. Le opere compiute dai consorzi di bonifica ospitanti e l'agricoltura di precisione attuata da prestigiose realtà vitivinicole ed estensive, alcune delle quali di proprietà emiliano romagnola, hanno dato ai partecipanti modo di verificare la validità ed i risultati di soluzioni applicate recentemente nel tentativo di risolvere problematiche legate all'agricoltura che anche l'Emilia Romagna si troverà presto ad affrontare. Grazie ai costanti interscambi di ANBI Sardegna e ANBI Emilia Romagna, finalizzati a maturare soluzioni innovative ed efficaci, l'attività formativa ha riguardato l'attivazione di un viaggio studio nell'ambito del quale sono state effettuate visite ad imprese, impianti di bonifica e incontri tecnici volti all'interscambio di esperienze.</li> <li>- “Fitodepurazione e riuso delle acque reflue: come applicare il REGOLAMENTO (UE) 2020/741 – Esperienze della Regione Sardegna” - Domanda di Sostegno n. 5358431</li> </ul>

	<p>Periodo di Svolgimento: dal 21/09/2021 al 21/10/2021</p> <p>Durata: 26 ore</p> <p>L'attività è stata realizzata contemporaneamente alla Domanda di Sostegno n. 5357064.</p> <p>Obiettivi, contenuti e modalità di realizzazione pertanto coincidono con quelli precedentemente descritti</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>L'attività, svolta nell'ambito del Viaggio Studio in Sardegna, nel periodo dal 21/09/2021 al 21/10/2021 ha visto realizzate le 26 ore previste in fase di proposta progettuale approvata dalla Regione Emilia-Romagna.</p> <p>Hanno partecipato al Viaggio Studio 38 utenti 19 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5357064 (di cui 1 utente non ha raggiunto il 70% delle ore di presenza) e 19 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5358431 tutti regolarmente frequentanti l'attività formativa, al termine della quale hanno raggiunto gli obiettivi preposti in termine di scambio di esperienze con le realtà della Sardegna.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Nessuna</p>

## 2.9 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA

*Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto*

<p>Viaggio Studio</p> <p>L'attività formativa "Fitodepurazione e riuso delle acque reflue: come applicare il REGOLAMENTO (UE) 2020/741 – Esperienze della Regione Sardegna" - Domanda di Sostegno n. 5357064 ha visto la partecipazione di 19 utenti.</p> <p>Hanno partecipato i seguenti utenti:</p>			
N.	NOME	COGNOME	NOME AZIENDA
1		CRISTOFORI GABRIELE	
2		CARLI CARLO	
3		MONTEMAGGI DANIELE	
4		AZIENDA AGRICOLA LA MARTINA DI DEGLI ESPOSTI ANDREA	
5		BOTTI MARCO	
6		VINCENZI FRANCESCO	
7		CERVI ANTENORE	
8		SOCIETA' AGRICOLA SAN LUCA S.S.	
9		SOCIETA' AGRICOLA AGRIMACCA S.S. DI MACCAFERRI PIERA E MACCAFERRI LUIGI	
10		SOCIETA' AGRICOLA DUE QUERCE DI FERRETTI LUCA E SARTORI ERIKA S.S.	

11	SOCIETA' AGRICOLA LA MADONNINA DI PAVESI E GORGATTI SOCIETA' SEMPLICE
12	DALMONTE GUIDO E VITTORIO S.S. SOCIETA' AGRICOLA
13	FUNGHI VALENTINA SOCIETA' AGRICOLA S.S.
14	AZIENDA AGRICOLA PARMIGIANI DI PARMIGIANI ANGELO E GIOVANNA S.S. SOCIETA' AGRICOLA
15	SOCIETA' AGRICOLA ALJANO SOCIETA' SEMPLICE DI OLEARI STEFANO & C.
16	"SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA LA LIBERTA'
17	SOCIETA' AGRICOLA LA ROVERE S.S.
18	MANTELLI GIANFRANCO
19	ALBERICI AMILCARE

Spesa 24.601,68 €  
 Contributo Unitario: 956,73€

Importo contributo richiesto 15.881,72 €  
 Costo Pro Capite: 1.366,76 €

#### Viaggio Studio

L'attività formativa "Fitodepurazione e riuso delle acque reflue: come applicare il REGOLAMENTO (UE) 2020/741 – Esperienze della Regione Sardegna" - Domanda di Sostegno n. 5358431 ha visto la partecipazione di 19 utenti.

Hanno partecipato i seguenti utenti:

N.	NOME	COGNOME	NOME AZIENDA
1			LAZZARIN FLAVIO
2			FERRARINI LORENZO
3			FERROZZI MAURO
4			SALVARANI GIOVANNI
5			PANIZZI LORENZO
6			CALEFFI MATTEO
7			MARCHETTI MERIS
8			AZ. AGR. FATTORI GUIDO
9			TECNICA VIVAI DI CANDINI LUCA
10			GRASELLI GIOVANNI
11			PODERE TERRA VIVA DI MONTANARI GIOVANNI
12			TOMASONI GIANFRANCO E DOMENICO S.S. SOCIETA' AGRICOLA
13			SOCIETA' AGRICOLA PEDROTTI - SOCIETA' SEMPLICE
14			AZIENDA AGRICOLA FUTURA DI MORI ENRICO BRUNO E DAVIDE SOCIETA' AGRICOLA
15			SOCIETA' AGRICOLA LA ROSALEA S.S.
16			TURCI LAURO E FIGLI SOCIETA' AGRICOLA
17			AZIENDA AGRICOLA PODERE GIARDINO DI CROTTI BRUNO, PAOLO E FEDERICA S.S. SOCIETA' AGRICOLA

18	FERROZZI MAURO
19	TECNICA VIVAI DI CANDINI LUCA

Spesa	25.968,44 €	Importo contributo richiesto	18.177,87 €
Contributo Unitario:	956,73€	Costo Pro Capite:	1.366,76 €

### 3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ

Lunghezza max 1 pagina

<b>Criticità tecnico-scientifiche</b>	Non si sono riscontrate criticità tecnico-scientifiche rispetto al piano presentato. Nel complesso le annate del progetto sono state caratterizzate da stagioni siccitose, in particolare nel periodo autunno-vernino, che hanno determinato una riduzione dei rilasci di drenaggio dai campi coltivati, limitando in parte l'impatto dell'inquinamento diffuso di origine agricola sulla qualità delle acque di superficie. In queste condizioni i sistemi fitodepuranti hanno potuto garantire ottime percentuali di abbattimento degli inquinanti.
<b>Criticità gestionali</b> (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	nessuna
<b>Criticità finanziarie</b>	nessuna

### 4 - ALTRE INFORMAZIONI

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

### 5 - CONSIDERAZIONI FINALI

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

## 6 - RELAZIONE TECNICA

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

I risultati innovativi ed i prodotti per singole azioni vengono riportati in maniera dettagliata negli allegati, come indicato nella descrizione delle attività del Piano.

Per quanto riguarda le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale, in base ai valori di abbattimento di nutrienti e fitofarmaci ottenuti nel corso delle sperimentazioni (Azioni 3.1 e 3.2) è possibile fornire a tutte le aziende operanti nel biologico e ai Consorzi di Bonifica regionali gli strumenti per stimare l'impatto positivo di zone di fitodepurazione funzionali all'abbattimento degli inquinanti e sostanzialmente fornire un servizio alla propria contribuenza agricola. Sulla base di quanto emerso nel presente piano, in relazione alle aree fitodepuranti, è stimabile una riduzione fino al 80% prendendo in esame il solo componente azoto: altrettanto rilevante è la riduzione attesa di fitofarmaci.

Le nuove fonti informative proposte (Azione 3.2) a supporto degli indicatori per valutare l'efficacia di alcune Operazioni del PSR 2014-2020 (*Produzione Integrata* - TO 10.1.01; *Mantenimento pratiche e metodi biologici* - TO 11.2.01) potrebbero consentire alla Regione Emilia-Romagna di fornire informazioni precise sull'efficacia delle Misure PSR all'ente incaricato di valutare l'efficacia delle misure ai fini del prosieguo del loro finanziamento da parte della UE.

I risultati ottenuti dall'azione 3.3 potranno fungere da riferimento scientifico per incentivare comportamenti virtuosi di economia circolare con recupero delle acque di scarto di lavorazione dei processi agro-industriali, affinché aziende come CAVIRO EXTRA possano ottenere permessi per l'utilizzo delle suddette acque in campo agricolo, per di più potendo contare su minori costi di trattamento, grazie alla possibilità di lasciare quote di nutrienti nelle acque a beneficio di un più ridotto ricorso ai fertilizzanti da parte degli utilizzatori.

L'azione 3.4 ha fornito fondamentali conoscenze sulle fasi di sviluppo della cimice asiatica e dei suoi antagonisti naturali negli habitat favorevoli alla sua proliferazione: tali conoscenze potranno essere funzionali alla messa a punto di una tecnica di controllo a basso impatto dell'Haliomorfa, che sta rappresentando una delle principali calamità, per i frutticoltori in particolare. Attualmente la difesa più diffusa consiste nell'impiego di costose reti antinsetto, poter contar su una efficace lotta biologica grazie ad una gestione "ecosistemica" della rete dei canali di bonifica, delle casse di espansione e delle wetland, potrebbe consentire un notevole risparmio nei costi di produzione, con il minor impatto ambientale.

Data  
16/11/2022

IL LEGALE RAPPRESENTANTE  
(NICOLA DALMONTE)  
Firmato digitalmente

# RELAZIONE TECNICA REpHYT

## Azione 3.1

L'obiettivo dell'azione è il monitoraggio del sistema di fitodepurazione, dei parametri fisico-chimici e la sua capacità di abbattere i fitofarmaci e nutrienti dalle acque di drenaggio aziendale.

### 1. Premessa

L'immissione di elevati quantitativi di inquinanti nei corsi d'acqua superficiali ne ha determinato il peggioramento qualitativo, generando problemi di eutrofizzazione ed inquinamento. Negli anni passati, in agricoltura, per la riduzione di tale inquinamento si è optato per la riduzione di concimi e ad un loro utilizzo con modalità tali da evitare conseguenze rilevanti per l'ambiente. Negli ultimi anni però, la ricerca ha mostrato la possibilità di miglioramento delle acque superficiali tramite la realizzazione di sistemi di depurazione naturale. A tal proposito il nostro obiettivo è proprio quello di studiare i sistemi di fitodepurazione aziendale attraverso una quantificazione dei residui di principi attivi di agrofarmaci e nutrienti nelle acque di drenaggio aziendale, la valutazione della capacità e velocità di tali inquinanti da parte di rimozione di suddetti sistemi e lo svolgimento di un'analisi con carichi noti di molecole frequentemente rinvenute nelle acque oggetto di studio.

### 2. Caso di studio

L'indagine sulla capacità autodepurativa di un'area umida aziendale ricostruita è stata avviata presso l'azienda Sperimentale sull'Irrigazione ed il risparmio idrico "Marsili" del Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo, situata a Ronchi di Budrio in provincia di Bologna. L'azienda presenta la classica regimazione delle acque meteoriche in eccesso mediante campi baulati divisi da scoline confluenti in un unico capofosso aziendale, che riceve tutte e solamente le acque di scolo dell'azienda agricola.

La costruzione dell'area umida, avvenuta nel 2001, ha interessato due appezzamenti contigui situati nella porzione altimetricamente più depressa dell'azienda. La zona umida arginata è stata realizzata con una superficie 5.555 m<sup>2</sup> al lordo dei setti interni non rettilinei, atti a creare un percorso idrico finalizzato ad allungare il più possibile il percorso dell'acqua, ad aumentare il contatto acqua-vegetazione e ad evitare corto circuiti idraulici (Fig.1); al netto dell'arginatura principale la superficie dell'area è invece di 3446 m<sup>2</sup>. Il massimo volume invasabile con altezza d'acqua di 90 cm è di 3600m<sup>3</sup> mentre quello imposto alla soglia di sfioro posta a 40 cm è di 1476 m<sup>3</sup>.

Lungo il capofosso aziendale è stato messo in opera uno stramazzo avente la funzione di separare il punto di immissione da quello di uscita dell'acqua della zona umida. Per l'immissione dell'acqua nella zona umida sono state installate due elettropompe sommergibili, il cui funzionamento è controllato da appositi sensori posti a monte dello stramazzo e all'interno dell'area umida. I sensori inviano i dati al datalogger cui sono collegati. A questo vengono anche inviate le informazioni relative al quantitativo d'acqua immesso nella zona umida e l'acqua eventualmente effluente, misurate tramite un contatore volumetrico ad impulsi. Il prelievo delle acque soggette ad analisi chimiche viene gestito attraverso due campionatori automatici refrigerati, posti in ingresso e uscita delle acque del sistema acquatico. Tutti i sensori e la strumentazione descritta sono collegati ad un acquirente dati.



Figura 1: Schema e vista dell'area fitodepurante

### 3. Monitoraggio idrologico

L'attività di monitoraggio nell'anno 2020 mostra un sistema acquatico asciutto in seguito alla scarsità di piogge verificatesi nel corso dell'anno. Dalla Tabella 1 è possibile fare un confronto tra l'afflusso e il volume di deflusso. Si può notare come in generale l'afflusso sia stato particolarmente ridotto, con solo qualche ingresso durante il periodo invernale, in particolare nel mese di dicembre, comportando il mancato rilascio di acque effluenti.

Stagione	Influente m <sup>3</sup>	Effluente m <sup>3</sup>
Inverno2020	1789	0
Primavera2020	4	0
Estate2020	452	0
Autunno2020	83	0
<b>Totale</b>	<b>2328</b>	<b>0</b>

Tabella 1: Totale afflussi e deflussi per l'anno 2020.

Maggiori ingressi, oltre che nel mese di dicembre, sono stati inoltre riscontrati ad agosto. In particolare, nel mese invernale quando la vegetazione si trova in condizioni di senescenza e la temperatura è bassa, l'evapotraspirazione nei campi agricoli è ridotta al minimo, causando un deflusso più rapido della portata idrica e di conseguenza un maggior afflusso d'acqua alla vasca fitodepurante. Al contrario, nel periodo estivo quando le precipitazioni scarseggiano, le colture richiedono una maggiore quantità di acqua restituendo un flusso di acqua molto più basso. Il grafico in Fig.2 fornisce gli andamenti degli eventi di afflusso e deflusso che si sono verificati durante il periodo di monitoraggio:



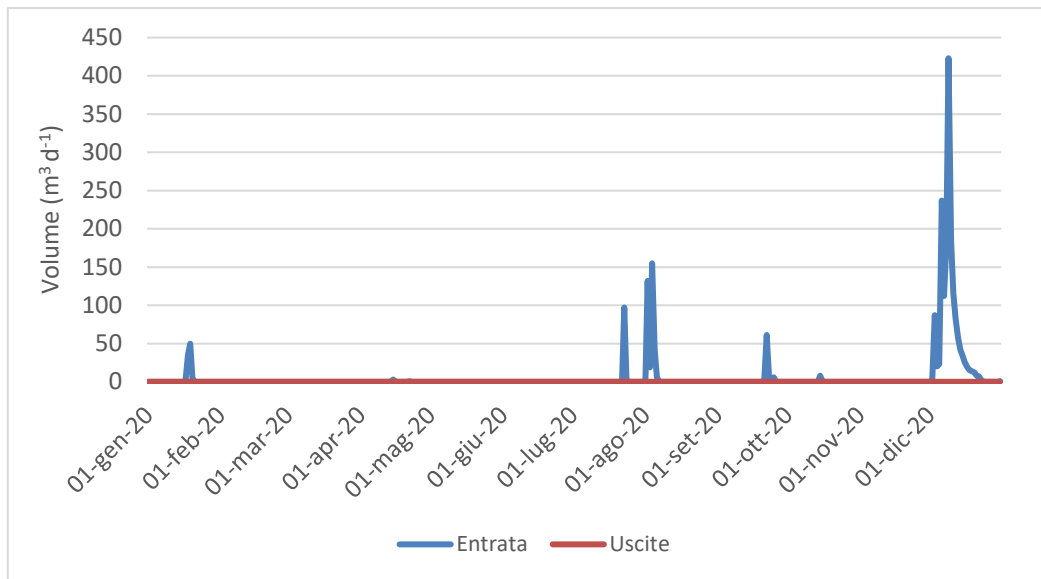


Figura 2: Afflussi e deflussi per l'anno 2020.

Anche nell'anno 2021, in seguito alla stagione siccitosa, il monitoraggio ha evidenziato che nel complesso l'afflusso naturale delle acque di drenaggio in ingresso nella wetland è stato scarso, limitato al periodo invernale e primaverile, con deflussi dall'area umida praticamente di poca rilevanza (tab. 2): il rilascio delle acque effluenti è tendente allo zero per la maggior parte dell'anno. I volumi influenti indicati in tab. 2 nel periodo estate-autunno, invece, non sono acque di drenaggio naturale dai campi aziendali, ma volumi provenienti dalla rete irrigua ed immessi artificialmente nella wetland per attivare il sistema fitodepurante e consentire l'esecuzione di una prova di simulazione per valutare la capacità e i tempi di abbattimento degli agrofarmaci, con l'introduzione di quantitativi noti di principi attivi di fitofarmaci. I volumi effluenti sono conseguenti alla prova: i dettagli dell'esperimento vengono di seguito riportati al paragrafo 7.

Stagione	Influente m <sup>3</sup>	Effluente m <sup>3</sup>
Inverno2021	597	6
Primavera2021	62	1
Estate2021	2205	3
Autunno2021	2410	1111
<b>Totale</b>	<b>5274</b>	<b>1121</b>

Tabella 2: Totale afflussi e deflussi per l'anno 2021.

La Fig.3 mostra gli andamenti di afflusso e di deflusso che si sono susseguiti durante l'anno:

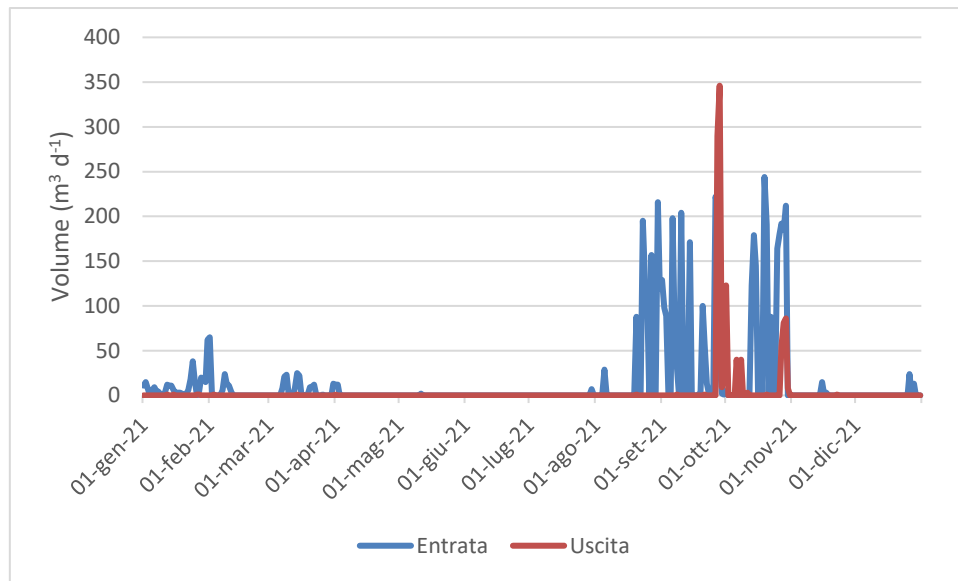


Figura 3: Afflussi e deflussi per l'anno 2021.

#### 4. Qualità dell'acqua

Di seguito una tabella con i valori delle concentrazioni e dei carichi dei principali contaminanti, in relazione al volume d'acqua prelevato durante i campionamenti eseguiti nell'anno 2020:

	Concentrazioni (mg L <sup>-1</sup> )	Carico di massa (kg)
COD	35,4 ± 20,5 (13)	34,7
TOC	32,3 ± 14,2 (13)	31,6
TSS	110,0 ± 53,4 (13)	142,6
TN	14,7 ± 14,7 (13)	31,9
NH <sub>4</sub> -N	0,1 ± 0,1 (13)	0,1
NO <sub>3</sub> -N	8,5 ± 10,7 (13)	20,3
TP	0,1 ± 0,1 (13)	0,1

Tabella 3: Concentrazione media (media ± dev.st (numero campioni) parametri di qualità delle acque influenti per l'anno 2020.

Il TSS è il parametro con il carico in ingresso più elevato. Le acque di drenaggio agricolo in genere contengono concentrazioni delle sostanze organiche non elevate, le quali però possono comunque contribuire al fenomeno dell'eutrofizzazione e all'esaurimento dell'ossigeno disciolto. Allo stato attuale non abbiamo ancora valori in uscita dei vari contaminanti ma sulla base dei risultati ottenuti durante i monitoraggi degli anni precedenti ci si aspetta una buona efficienza di abbattimento. La concentrazione media di TN è caratterizzata per lo più da una concentrazione di N-NO<sub>3</sub>, come avviene tipicamente per le acque di drenaggio agricolo.

Non essendoci state uscite nell'anno 2020, si può affermare che gli inquinanti siano stati rimossi del tutto. La Tab.4 mostra i valori delle concentrazioni e dei carichi dei principali contaminanti in relazione al volume d'acqua prelevato durante i campionamenti seguiti nell'anno 2021:

	Influente		Effluente		Bilancio complessivo 2021
	Concentrazioni (mg L <sup>-1</sup> )	Carico di massa (kg)	Concentrazioni (mg L <sup>-1</sup> )	Carico di massa (kg)	
TOC	23,8 ± 8,8 (5)	72,6	34,1 ± 1,6 (5)	42,6	-41,3%
TSS	125,3 ± 60,5 (5)	457,6	81,5 ± 36,4 (5)	91,9	-79,9%
TN	1,2 ± 0,4 (5)	3,9	1,1 ± 0,2 (5)	1,4	-64,6%
NO <sub>3</sub> -N	0,8 ± 0,8 (5)	3,0	0,4 ± 0,1 (5)	0,6	-79,0%
TP	0,1 ± 0,0 (5)	0,2	0,1 ± 0,0 (5)	0,1	-45,7%
PO <sub>4</sub> -P	0,1 ± 0,1 (5)	0,4	0,1 ± 0,0 (5)	0,09	-80,5%

Tabella 4: Concentrazione media (media ± dev.st (numero campioni) parametri di qualità delle acque influenti per l'anno 2021.

Il parametro in ingresso più elevato è il TSS. Si nota una riduzione dei solidi sospesi consistente, con un abbattimento di circa l'80%. Il sistema è stato particolarmente performante per il TN e i NO<sub>3</sub>-N che sono stati abbattuti rispettivamente del 64,6% e del 79%. Anche per il TP e i PO<sub>4</sub>-P è avvenuto un abbattimento rilevante. I dati mostrano che il sistema ha avuto un effetto significativo sulla rimozione dei principali inquinanti presi in esame.

## 5. Vegetazione

Le piante svolgono un ruolo positivo nel trattamento delle acque di drenaggio, fornendo un habitat per le comunità microbiche e favorendo il trasferimento di ossigeno, assorbimento di nutrienti e metalli pesanti, e facilitando alcuni meccanismi fisici come sedimentazione e filtrazione.

All'interno dell'area umida fitodepurante, negli anni, la composizione floristica che costituisce l'habitat dell'area ha subito un'evoluzione in termini di specie dominanti ed aree interessate e, nello specifico, con l'affermazione di una composizione specifica caratteristica formata da *Phragmites australis*, *Typha latifolia* e *Carex elata*, la cui disposizione nello spazio dell'area umida viene rappresentata all'interno della figura 4 che segue.

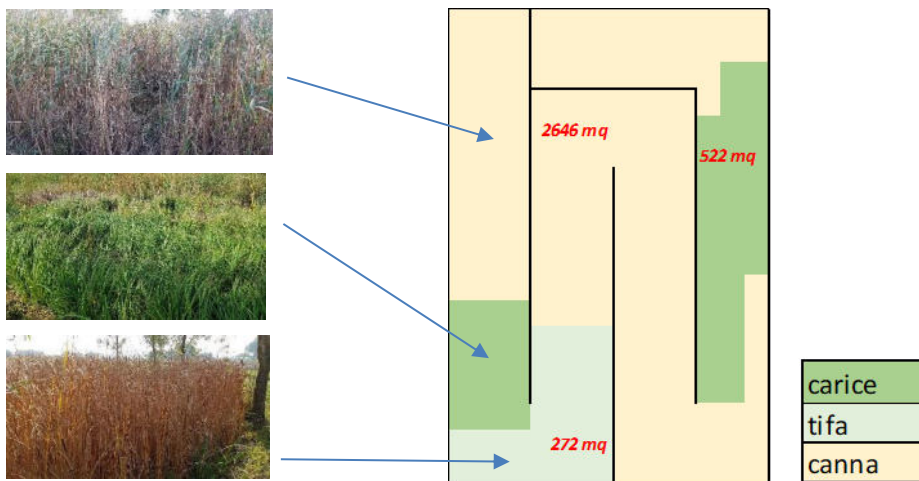


Figura 4: superfici delle tre specie prevalenti all'interno dell'area fitodepurante

Nelle stagioni 2020 e 2021, nel sito d'interesse, sono stati eseguiti i rilievi biometrici in aree di saggio nelle zone dominate dalle specie prevalenti, per la determinazione della biomassa totale, della disposizione areale delle specie, della crescita in termini di biomassa totale per specie (radici, vegetazione). I risultati ottenuti tramite tali rilevazioni vengono di seguito riportati all'interno delle tabelle 5 e 6.

VEGETAZIONE SPECIE prevalente	2020			2021		
	Peso SS (kg/mq)	superficie (mq)	biomassa (ton)	Peso SS (kg/mq)	superficie (mq)	biomassa (ton)
carice	1,669	522	0,871	2,545	550	1,400
tifa	0,422	272	0,115	1,404	240	0,337
phragmites	2,228	2646	5,896	5,146	2650	13,637

Tabella 5: risultati dei rilievi biometrici della Vegetazione epigea

RADICI SPECIE prevalente	2020			2021		
	Peso SS (kg/mq)	superficie (mq)	biomassa (ton)	Peso SS (kg/mq)	superficie (mq)	biomassa (ton)
radici carice	2,569	522	1,341	1,154	550	0,635
radici tifa	3,102	272	0,844	3,704	240	0,889
radici phragmites	3,431	2646	9,078	2,423	2650	6,422

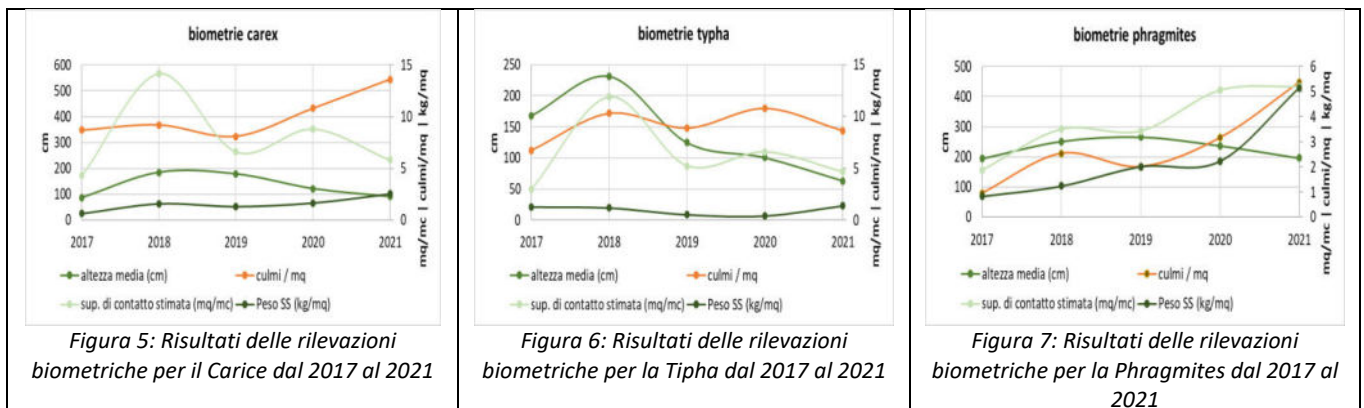
Tabella 6: risultati dei rilievi biometrici delle Radici

Tramite le misurazioni biometriche effettuate sulla vegetazione e nello specifico sulla geometria caratteristica per specie (diametro superiore, inferiore ed altezza) e sulla densità di specie per metro quadro, inoltre, è stato possibile stimare la superficie di contatto colonizzabile dalle comunità batteriche, parametro molto importante per la capacità fitodepurante dell'area di studio. I risultati di questa stima vengono riportati all'interno della tabella 7 che segue: si osserva che le tre specie, pur con morfologia e densità differenti, presentano una superficie di contatto risultante abbastanza simile tra loro.

SPECIE prevalente	2020				2021			
	numero di culmi / mq	diametro superiore (cm)	diametro inferiore (cm)	sup. di contatto stimata (mq/mc)	numero di culmi / mq	diametro superiore (cm)	diametro inferiore (cm)	sup. di contatto stimata (mq/mc)
carice	432	1,020	1,020	8,813	544	0,340	0,340	5,811
tifa	180	1,830	1,830	6,588	144	1,633	0,433	4,675
phragmites	264	0,610	0,610	5,059	448	0,370	0,370	5,208

Tabella 7: risultati dei rilievi biometrici delle Radici

I trend delle rilevazioni biometriche complessive per specie dal 2017 al 2021 vengono riportati nei grafici all'interno delle figure 5, 6 e 7. È interessante rilevare come naturalmente nel tempo si assiste ad un progressivo trend di crescita per la phragmites, che tende a diventare sempre più dominante all'interno della wetland, mentre rimane più stabile il carex e si rileva una costante contrazione della typha: quest'ultima era dominante dal 2003 fino agli anni in cui il livello dell'acqua nella wetland si è mantenuto costantemente di 30-40 cm per tutto il periodo autunno vernino primaverile in seguito a stagioni più piovose. La progressiva riduzione delle precipitazioni e i prolungati periodi in cui non c'è acqua nel sistema, stanno di fatto portando ad una naturale estinzione della typha a favore della phragmites.



In figura 8 è riportato l'andamento della biomassa rilevata dal 2017, anno in cui è stato eseguito uno sfalcio radicale con asportazione della parte epigea, per favorire i ricacci della vegetazione, successivamente si è lasciato il sistema alla sua naturale evoluzione: si osserva un progressivo effetto del taglio sulla crescita di biomassa della vegetazione fino al 2019, con una successiva inversione di tendenza, mentre continua lentamente ad aumentare la biomassa di radici e rizomi della parte ipogea.

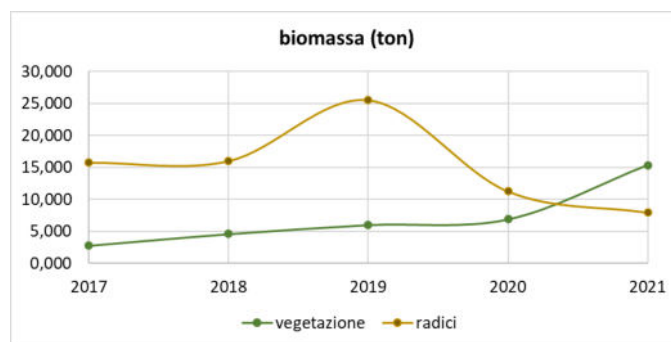


Figura 8: Risultati della biomassa totale dal 2017 al 2021

I risultati delle analisi condotte sui campioni di vegetazione prelevati durante le biometrie e successivamente analizzati in laboratorio vengono riportati all'interno delle figure 9 e 10.

Nei grafici è mostrato l'accumulo delle sostanze nutritive, carbonio e metalli. Possiamo notare come metalli e fosforo si accumulino maggiormente sotto il terreno mentre carbonio e azoto sono maggiormente accumulati nella parte fuori terra.

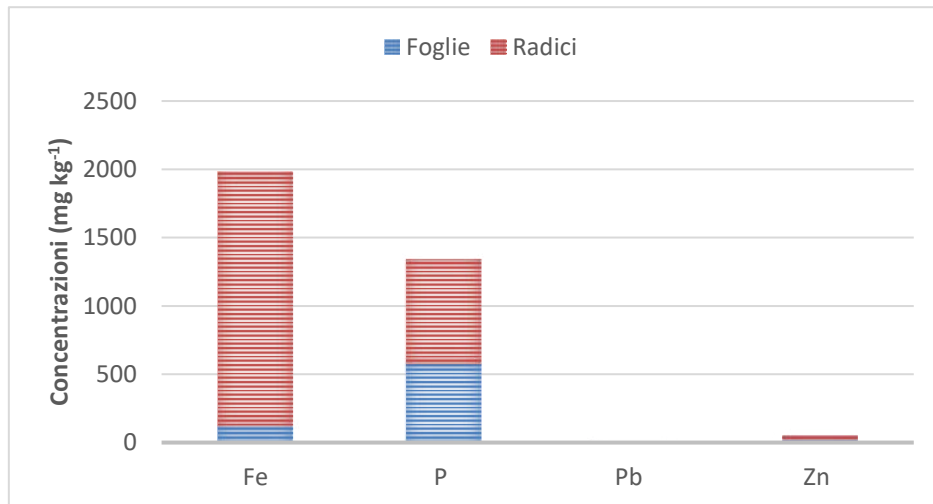


Figura 9: Concentrazioni cumulate metalli pesanti e nutrienti sotto e fuori terra.

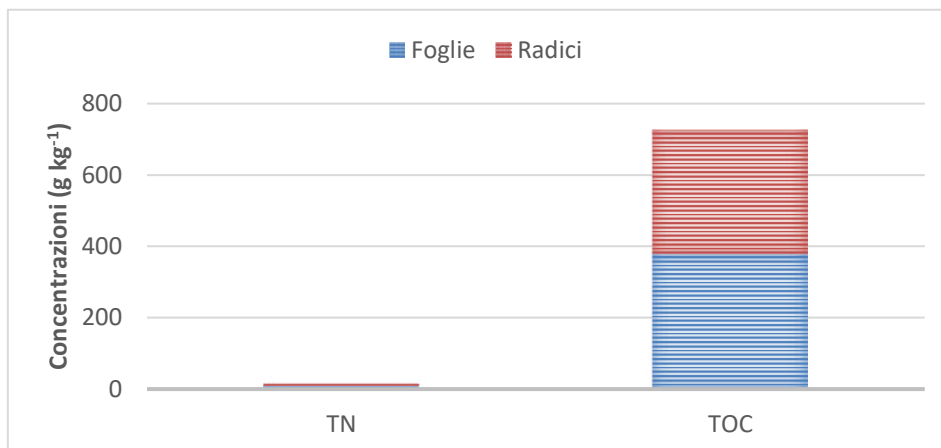


Figura 10: Concentrazione cumulata TOC e TN sotto e fuori terra.

I grafici delle figure 11 e 12 di seguito mostrano che le concentrazioni di elementi che sono stati accumulati dalla vegetazione nel 2021 sono inferiori rispetto all'anno 2020. Ad esempio, il Fe nel 2020 si aggirava attorno ai 2000 mg/kg, mentre nel 2021 supera di poco i 60 mg/kg.

Sono rimasti, invece, più costanti i valori di TN che si sono alzati e quelli di TOC che si sono abbassati, variando di poco.

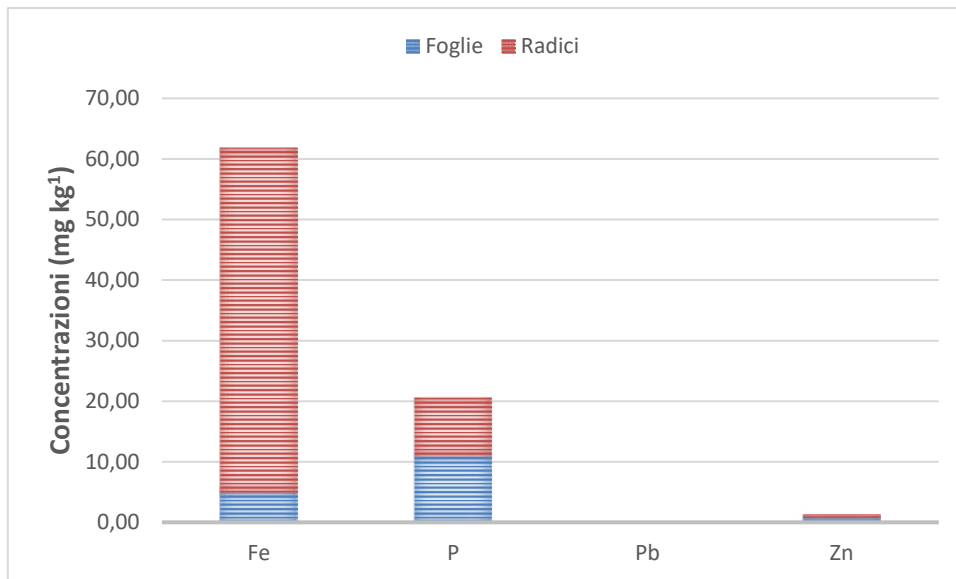


Figura 11: Concentrazioni cumulate metalli pesanti e nutrienti sotto e fuori terra.

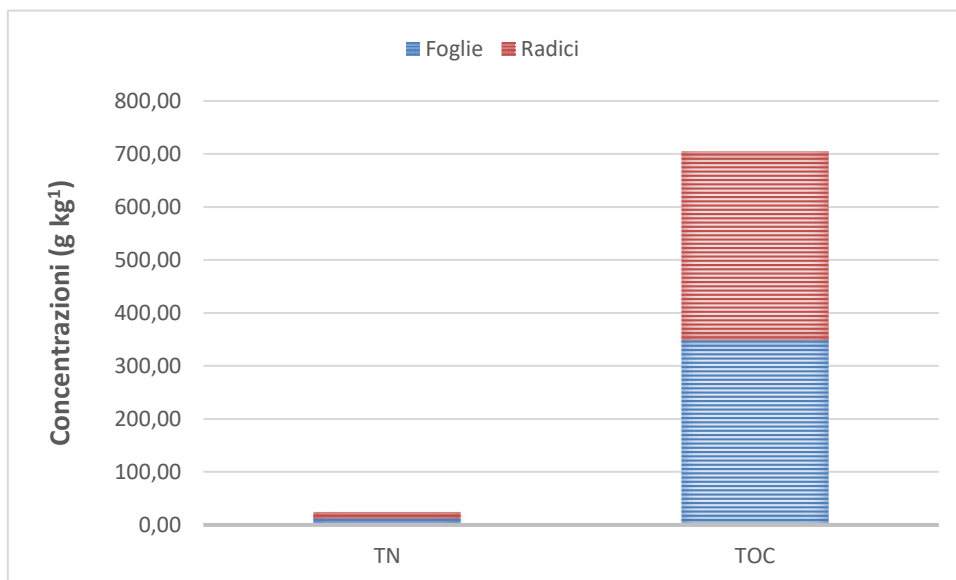


Figura 12: Concentrazione cumulata TOC e TN sotto e fuori terra.

## 6. Suolo

Il suolo rappresenta un elemento fondamentale nel processo di depurazione naturale delle acque in quanto funge da supporto per l'apparato radicale e per il biofilm batterico. È però anche in grado di accumulare contaminanti tipici delle acque di drenaggio agricolo.

Dai valori del 2020 riportati in tabella 8, possiamo notare come le concentrazioni rilevate si riducano con la profondità, in particolare riduzioni significative si hanno per il TOC. Lo zinco inoltre è quello che mostra una concentrazione più elevata, da 90.29 mg kg<sup>-1</sup> per lo strato più superficiale a 80.28 mg kg<sup>-1</sup> per quello più profondo esaminato.

Profondità (cm)	Fe (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	TN (g kg <sup>-1</sup> )	TOC (g kg <sup>-1</sup> )
0 - 5	27,4	0,7	23,9	90,3	1,8	18,5
5 -15	27,5	0,7	23,8	87,6	1,7	16,7
15 - 30	27,4	0,7	23,5	85,4	1,3	11,6
30 - 60	27,0	0,5	21,0	80,3	0,8	6,8

Tabella 8: Concentrazioni metalli pesanti alle varie profondità di campionamento per l'anno 2020.

La Tab.9 mostra che nel 2021 la concentrazione di Fe aumenta leggermente con la profondità. Il P e il Pb, invece, hanno una riduzione. Anche l'azoto totale tende a diminuire con la profondità, così come il TOC.

Profondità (cm)	Fe (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	TN (g kg <sup>-1</sup> )	TOC (g kg <sup>-1</sup> )
0 - 5	25,8	0,6	13,6	95,0	2,6	24,2
5 -15	26,4	0,6	13,7	95,6	2,2	20,8
15 - 30	27,0	0,5	13,5	95,8	1,5	13,3
30 - 60	27,1	0,5	12,8	89,3	1,1	9,2

Tabella 9: Concentrazioni metalli pesanti alle varie profondità di campionamento per l'anno 2020.

## 7. Fitofarmaci

### Obiettivi Attesi

Migliorare la qualità delle acque di superficie con tecniche di fitodepurazione relativamente agli inquinanti diffusi dell'attività agricola (nutrienti e pesticidi). In particolare, valutare su scala di azienda agricola la capacità di dissipazione di fitofarmaci operata da una area umida artificiale a scorrimento superficiale (Surface Flow Constructed Wetland).

L'esperimento effettuato intendeva simulare un evento di run-off accidentale di fitofarmaci dovuto a un evento piovoso violento e imprevisto. In assenza di aree umide o di altri sistemi di miglioramento della qualità delle acque, i fitofarmaci somministrati in campo verrebbero dilavati dalle acque meteoriche e, attraversando il sistema di regimazione idraulica aziendale, finirebbero per contaminare i canali collettivi e più in generale le acque superficiali di un comprensorio territoriale. Va precisato che eventi di questo tipo sono molto rari e che, normalmente, l'applicazione di fitofarmaci in campo è soggetta alle buone pratiche agricole (o GAP, Good Agricultural Practices) da parte del conduttore, che si assicura di evitare fenomeni di deriva o ruscellamento. Eventi piovosi eccezionali, sempre più frequenti per effetto delle alterazioni climatiche, possono comunque arrecare questo tipo di danno. Una piccola area umida aziendale è un utile buffer per limitare la quantità di nutrienti e fitofarmaci rilasciati nelle acque superficiali, limitare l'eutrofizzazione delle acque e le contaminazioni accidentali.



## Metodologia applicata

Come descritto in precedenza nella sezione dei volumi influenti/effluenti, a partire dall'agosto 2021 si è iniziato ad invadere artificialmente la wetland, per attivare il sistema fitodepurante, garantendo un livello iniziale d'acqua di 25 cm. Il 13 ottobre 2021 sono stati immessi nella wetland circa 1000 litri di acqua contaminati con 1) 108 g di Primigram (Metolachlor e terbutilazina, diserbante), 2) 625 g di Ridomil (Metalaxil, antiperonosporico), e 3) 250 g di Epik (Aceamiprid, insetticida). In questo modo è stato simulato il ruscellamento di una frazione dei fitofarmaci applicati sui circa 14 ettari aziendali serviti dalla wetland. L'area umida era già stata preventivamente riempita per 2/3 del proprio volume di invaso con acque provenienti dalla rete irrigua aziendale.

I formulati usati corrispondevano a: 1) 31,32 g di Metolachlor (erbicida), 2) 18,792 di Terbutilazina (erbicida), 3) 12,5 g di Metalaxil (fungicida), e 4) 11,675 g di Acetamiprid (insetticida).

Nelle settimane successive, è stata aggiunta progressivamente acqua alla wetland (sia per effetto delle precipitazioni, che intenzionalmente per pompaggio) come riportato nella Fig. 13. Al 15° giorno la wetland è stata portata a sfioramento.

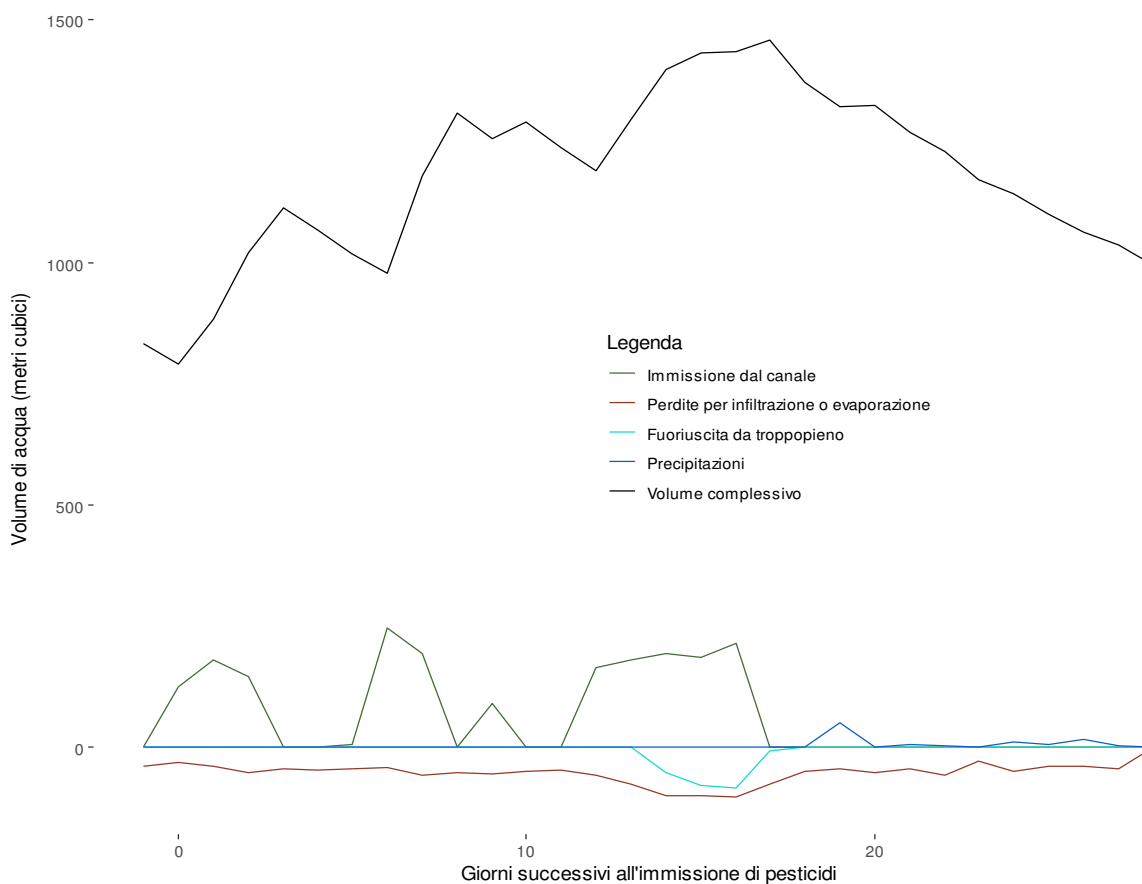


Fig.13: Bilancio idrico della wetland dei primi 30 giorni a partire dall'inizio dell'esperimento.

Al giorno 2, 7, 14, 21, 28, 58, 90, 120 rispetto all'evento di run-off simulato, sono stati campionati acqua e sedimenti della wetland nelle posizioni riportate in Fig. 14.

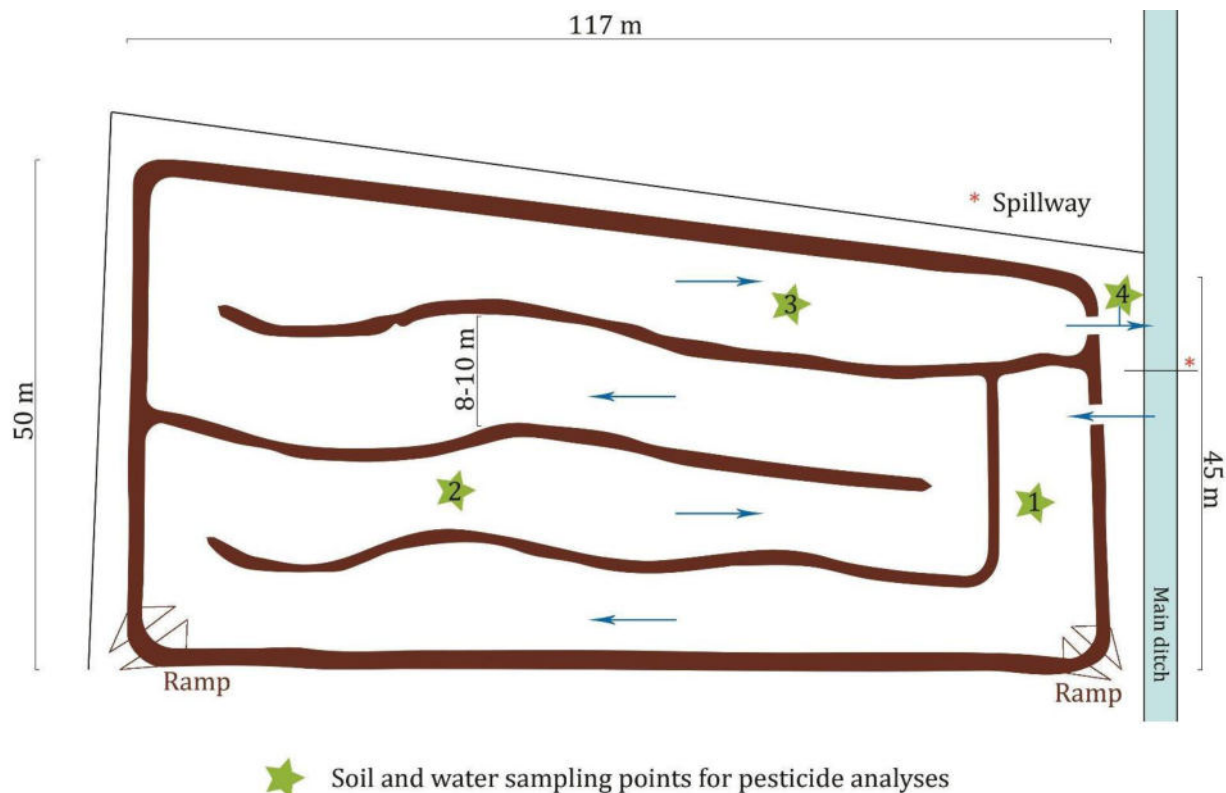


Fig. 14: Posizione dei punti di campionamento di suolo ed acqua.

Acqua e sedimenti sono stati estratti e analizzati tramite metodica accreditata da Agriparadigma (Laemme group s.r.l., a Tentamus company) in cromatografia liquida o gas con detector di massa a triplo quadrupolo (LC-MS/MS e GC-MS/MS).

I dati ottenuti sono stati modellizzati secondo le linee guida della Commissione Europea – Direzione Generale per la Salute e dei Consumatori (DG SANCO, oggi noto come DG SANTE, ossia Direzione Generale per la salute e sicurezza alimentare)<sup>1</sup> in ambiente R (versione 4.1.3.) utilizzando il pacchetto mkin.

## Risultati

Di tutti i campioni prelevati, solo quelli di acqua sono stati trovati positivi ai fitofarmaci ricercati e nessun campione di sedimento conteneva tracce di sostanze attive o metaboliti. La concentrazione di sostanza attiva nei tre punti è stata mediata per ogni tempo di prelievo. In generale, i campioni di acqua hanno mostrato una concentrazione decrescente al passare del tempo, come mostrato in Tab.10.

<sup>1</sup> Sanco/10058/2005 – Guidance Document on Estimating Persistence and Degradation Kinetics from Environmental Fate Studies on Pesticides in EU Registration

	Acetamiprid	Metalaxil	Metolachlor	Terbutilazina
Quantità iniziale stimata [mg]	11675	12500	31320	18972
Quantità iniziale misurata [mg]	13039	11231	31784	15317
Quantità percentuale residua al giorno:				
0 [%]	100	100	100	100
5 [%]	15.88	20.92	10.66	16.46
12 [%]	3.902	11.64	1.631	2.721
19 [%]	8.700	17.23	2.428	3.111
26 [%]	5.451	11.32	4.137	7.494
56 [%]	1.420	1.925	0.639	0.963
88 [%]	1.055	0.600	0.255	0.458
118 [%]	0.441	0.095	0.065	0.231
Errore di misura [%]	30	30	40	40

*Tabella 10: Variazione percentuale di sostanze attive al passare del tempo.*

La scelta del modello cinetico è stata condotta utilizzando le linee guida FOCUS. In generale, il modello cinetico di prim'ordine (SFO, Simple First Order) è sempre stato preferito, purché il fitting del modello fosse soddisfacente<sup>2</sup>. In caso il fitting non fosse accettabile, è stato valutato in seconda istanza il modello cinetico Multi-Comparto (First Order Multi Compartment, FOMC). I due modelli differiscono per la "forma" della curva logaritmica di dissipazione, più concava nel modello FOMC. Il diverso andamento della dissipazione sta a indicare un diverso comportamento della sostanza attiva nei confronti dell'ambiente in cui si trova.

In Tab.11 sono riassunti i parametri ottimizzati dei modelli che meglio hanno fittato i dati misurati di concentrazione dei fitofarmaci nella wetland. È possibile osservare che solo per il Metolachlor è stato accettato un SFO, mentre per le altre sostanze (Acetamiprid, Metalaxil e Terbutilazina) il SFO non è stato soddisfacente. Queste ultime tre hanno fittato in modo accettabile un modello FOMC con parametri ottimizzati riportati in tabella.

<sup>2</sup> L' accettazione del fitting è affidata alla statistica di  $\chi^2$ . La condizione di accettazione del fitting normalmente è:  $\chi^2$  minimum error [%] < errore di misura [%]. Nel presente lavoro l'errore di misura è stato dimezzato a scopo precauzionale.

	Acetamiprid	Metalaxil	Metolachlor	Terbutilazina
<b>Modello cinetico SFO</b>	Non accettato	Non accettato	Accettato	Non accettato
<u>Parametri ottimizzati:</u>				
P <sub>0</sub>	99,92	99,29	99,99	99,96
K	0,359	0,273	0,445	0,356
<u>Statistica <math>\chi^2</math>:</u>				
$\chi^2$	4,321	13,02	0,689	1,577
$\chi^2$ errore minimo [%]:	17,57	30,51	9,356	14,15
Estremi del modello cinetico:				
DT50 [giorni]	1,931	2,535	<b>1,557</b>	1,945
DT90 [giorni]	6,416	8,419	<b>5,173</b>	6,462
<b>Modello cinetico FOMC</b>	Accettato	Accettato	SFO preferito	Accettato
<u>Parametri ottimizzati:</u>				
P <sub>0</sub>	100,0	99,98		100,0
A	0,846	0,634		1,226
B	0,610	0,526		1,408
<u>Statistica <math>\chi^2</math>:</u>				
$\chi^2$	1,118	2,552		0,876
$\chi^2$ errore minimo [%]:	9,532	14,40		11,25
Estremi del modello cinetico:				
DT50 [giorni]	<b>0,774</b>	<b>1,044</b>		<b>1,069</b>
DT90 [giorni]	<b>8,657</b>	<b>19,39</b>		<b>7,794</b>

Tabella 11: Riassunto delle statistiche dei modelli cinetici SFO e FOMC per le sostanze attive.

La Tab.11 riporta i parametri ottimizzati della curva che meglio fitta i punti misurati. Il modello SFO è descritto dall'equazione:

$$P = P_0 e^{-kt}$$

In questo caso il parametro k (tasso di dissipazione, sempre costante) è ottimizzato risolvendo l'equazione differenziale ordinaria  $dP/dt = -km$ .

Il modello FOMC è invece descritto dall'equazione:

$$P = P_0 \left( \frac{t}{\beta} + 1 \right)^{-\alpha}$$

E i suoi parametri sono ottimizzati con metodo numerico. L'ottimizzazione dei parametri per trovare il modello dal miglior fitting è stata condotta con la funzione `mkfit` in ambiente R.

In Tab.11 è inoltre riportata la statistica  $\chi^2$  di ogni modello. Perché un modello abbia un fitting accettabile il chi quadrato ottenuto deve essere inferiore a un valore tabulato per  $\alpha = 0,05$  e  $m$  gradi di libertà (questi sono calcolati con numero di punti sperimentali – numero di parametri del modello). Per praticità, e per semplificare il confronto, le linee guida FOCUS suggeriscono di calcolare “ $\chi^2$  errore minimo”. Per determinare la validità di un fitting, è sufficiente che questo valore sia almeno inferiore all'errore di misura analitico.

In ultimo, vengono riportati i DT50 e DT90 di ciascuna curva di dissipazione. Questi sono i tempi, espressi in giorni, in cui la sostanza attiva si dissipa per il 50% e per il 90%, rispettivamente. Si tratta dei principali parametri rilevanti ai fini della valutazione del rischio (Fig.15).

Per Acetamiprid, la cinetica di prim'ordine semplice (SFO) ha un fitting subottimale, mentre quella multi-compartimento (FOMC) ha un fitting migliore. Relativamente a quest'ultimo modello cinetico, possiamo vedere come Acetamiprid si sia dissipato del 50% in 0,774 giorni e del 90% in 8,657 giorni. Studi riportano DT50 tipici nella colonna d'acqua tra i 3,6 e i 5,8 giorni<sup>3</sup>.

La concentrazione di Metalaxil nella wetland, invece, presenta un andamento certamente non riconducibile a una cinetica SFO, come evidenziato dall'elevato  $\chi^2$  errore minimo (maggiore dell'errore analitico riportato in Tab.11). Anche in questo caso, la cinetica FOMC fitta meglio l'andamento della concentrazione della molecola. Metalaxil si dissipa al 50% dopo 1,044 giorni e del 90% dopo 19,39 giorni. Studi precedenti di dissipazione effettuati sul suolo riportano DT50 tra i 21 e i 56 giorni<sup>4</sup>.

Metolachlor è l'unica sostanza attiva la cui dissipazione fitta una SFO in modo accettabile. Essa si dissipa del 44% ogni giorno ( $k = 0,445$ ), pertanto si abbatte per metà dopo 1,557 giorni e del 90% dopo 5,173 giorni. Crabtree (2014) riporta DT50 complessivi tra i 74 e i 97 giorni<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> COMMISSION WORKING DOCUMENT Acetamiprid. SANCO/1392/2001 – Final. 16 June 2004

<sup>4</sup> Sharom M.S. & Edgington, L.V. (1982). The adsorption, mobility, and persistence of metalaxyl in soil and aqueous systems, Canadian Journal of Plant Pathology, 4:4, 334-340, DOI: [10.1080/07060668209501273](https://doi.org/10.1080/07060668209501273)

<sup>5</sup> Crabtree, G. (2014). S-Metolachlor - Aerobic mineralization of <sup>14</sup>C-S-Metolachlor in surface water, Report No. 3200234, Syngenta file No. CGA077102\_11208

Infine, Terbutilazina segue una cinetica di dissipazione di tipo FOMC e si abbatte al 50% dopo 1,069 giorni e del 90% dopo 7,794 giorni. Mamouni (1995) riporta DT50 tra gli 84 e i 119 giorni<sup>6</sup>.

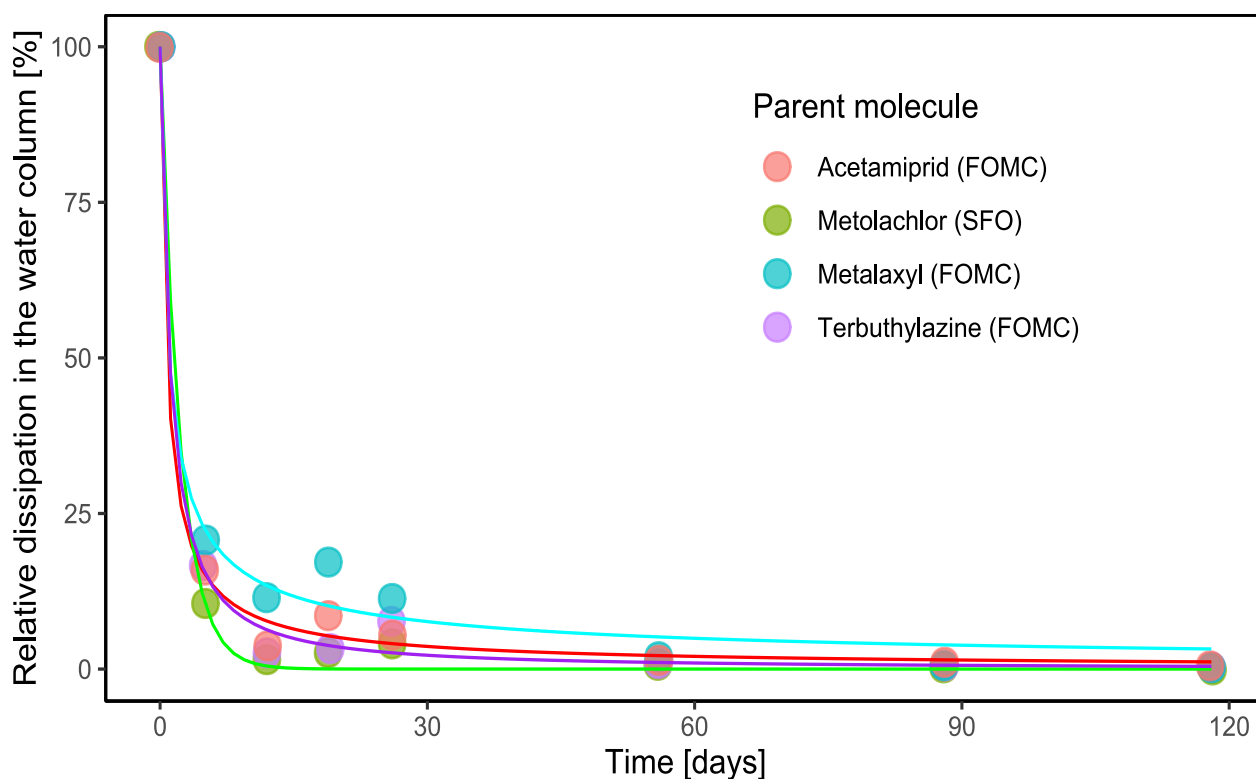


Fig.15: Tracciato dei modelli cinetici accettati e punti misurati.

## 8. Conclusioni

Il monitoraggio condotto nel 2020 ha mostrato che il sistema ha rimosso il 100% del carico in ingresso dei parametri fisico-chimici e quindi, anche dopo 20 anni di funzionamento, può essere considerato una valida opzione per la riduzione dell'inquinamento di origine diffusa proveniente dall'area agricola. L'anno 2020, come evidenziato anche in precedenza, è stato particolarmente siccitoso portando a registrare entrate molto basse e uscite praticamente nulle. Ciò comporta la necessità di dover continuare con l'osservazione per poter analizzare la complessità dei fattori caratterizzanti la wetland e capire come questa si comporta in condizioni ambientali e idrologiche differenti dall'anno studiato.

Nell'anno 2021 le concentrazioni dei contaminanti fisico-chimici nelle acque sono state inferiori rispetto al 2020. Avendo avuto delle uscite si è potuto fare un bilancio complessivo che ha evidenziato una effettiva diminuzione dei principali contaminanti nell'effluente fino all'80%, confermando così la funzionalità del sistema.

Per quanto riguarda l'abbattimento di fitofarmaci, la riduzione del 90% di sostanza attiva nella colonna d'acqua è stata raggiunta in meno di 10 giorni per Acetampirid, Metolachlor e Terbutilazina, mentre Metalaxil si è ridotto del 90% entro 20 giorni. La modellizzazione ha riguardato esclusivamente la colonna d'acqua, tuttavia i modelli

<sup>6</sup> Mamouni, A. (1995) [14C]-Terbutylazine Degradation and Metabolism in Water/Sediment Systems RCC AG., Itingen, Switzerland, Oxon Italia S.P.A, Pero, Italy, Report-no. 385593

prevalenti sono risultati perlopiù multi-comparto. Questo suggerisce che altri comparti della wetland siano coinvolti nella dissipazione, come la vegetazione o i sedimenti.

In termini pratici, se una sostanza attiva si dissipa nella colonna d'acqua secondo un modello di prim'ordine (SFO), significa che non si trasferisce (se non in modo trascurabile) ai sedimenti o al suolo, ma rimane presente nella colonna d'acqua suscettibile alla degradazione o alla volatilizzazione. D'altro canto, le sostanze attive che si dissipano secondo un modello multi-comparto (come il FOMC) hanno la tendenza a trasferirsi in altri comparti (sedimento o vegetali), pertanto: 1) sono meno suscettibili ai fenomeni degradativi o alla volatilizzazione, quindi si abbattano più lentamente e costituiscono una riserva latente, e 2) possono trasferirsi nuovamente in acqua. Questo ha la conseguenza di far rimanere una presenza residuale in acqua per molto tempo.

Confrontando l'abbattimento di Metolachlor (cinetica di tipo SFO) a quelli di Acetamiprid, Metalaxyl e Terbutilazina, risulta evidente come il primo si abbatta più rapidamente degli altri e lasci residui a lungo termine in misura minore nelle acque.

In definitiva, un'area umida aziendale come quella di acquacampus, se ben gestita, può costituire un importante buffer per degradare più efficacemente i fitofarmaci e prevenire la contaminazione dei corsi d'acqua. Tuttavia, è anche necessario comprendere i diversi tipi di dissipazione delle sostanze attive, e prevedere correttamente i tempi di dissipazione delle sostanze più usate in azienda, ai fini dell'analisi del rischio.

## Progetto RePhYt

**Relazione tecnica Azione 3.2: Studio della capacità depurativa di sistemi di fitodepurazione consortile per la riduzione dei nutrienti e dei residui di diserbanti e fitofarmaci derivanti dall'inquinamento diffuso dell'attività agricola nei canali irrigui consortili. Creazione di un modello numerico previsionale per la simulazione dell'inquinamento diffuso di origine agricola dal bacino di drenaggio del canale di San Giovanni.**

### **Obiettivi**

L'Azione in oggetto si poneva il raggiungimento di due principali risultati:

- Valutazione dell'efficacia delle tecniche di fitodepurazione per il miglioramento della qualità delle acque di un canale di bonifica promiscuo (irriguo e scolo), in conformità ai parametri restrittivi richiesti a chi pratica agricoltura biologica.
- Realizzazione di una metodologia di calcolo e di un modello validato, da applicare a contesti territoriali in cui si sovrapponga l'attività di scolo e la consegna di acqua irrigua alle aziende agricole, per ottenere una valutazione della ricaduta sul miglioramento della qualità delle acque dell'applicazione delle misure di *Produzione Integrata - TO 10.1.01*; e *Mantenimento pratiche e metodi biologici - TO 11.2.01*, operazioni previste nel PSR 2014-2020.

### **Inquadramento**

L'oggetto di studio è un sistema territoriale costituito dal canale di San Giovanni, il relativo bacino scolante ed un'area fitodepurante, alimentata dalle acque dal suddetto canale. L'insieme è situato nel comune di Castelfranco Emilia (MO) e la gestione idraulica fa capo al Consorzio della Bonifica Burana.

Il canale di San Giovanni ha origine a nord dell'abitato di Castelfranco Emilia ed è alimentato, sia dalle acque provenienti dal depuratore della stessa cittadina, sia da quelle dell'adiacente bacino scolante, dell'estensione di circa 2609 ha, facente capo ad alcuni corsi d'acqua effimeri, in passato vere e proprie risorgive (Fig. 1).



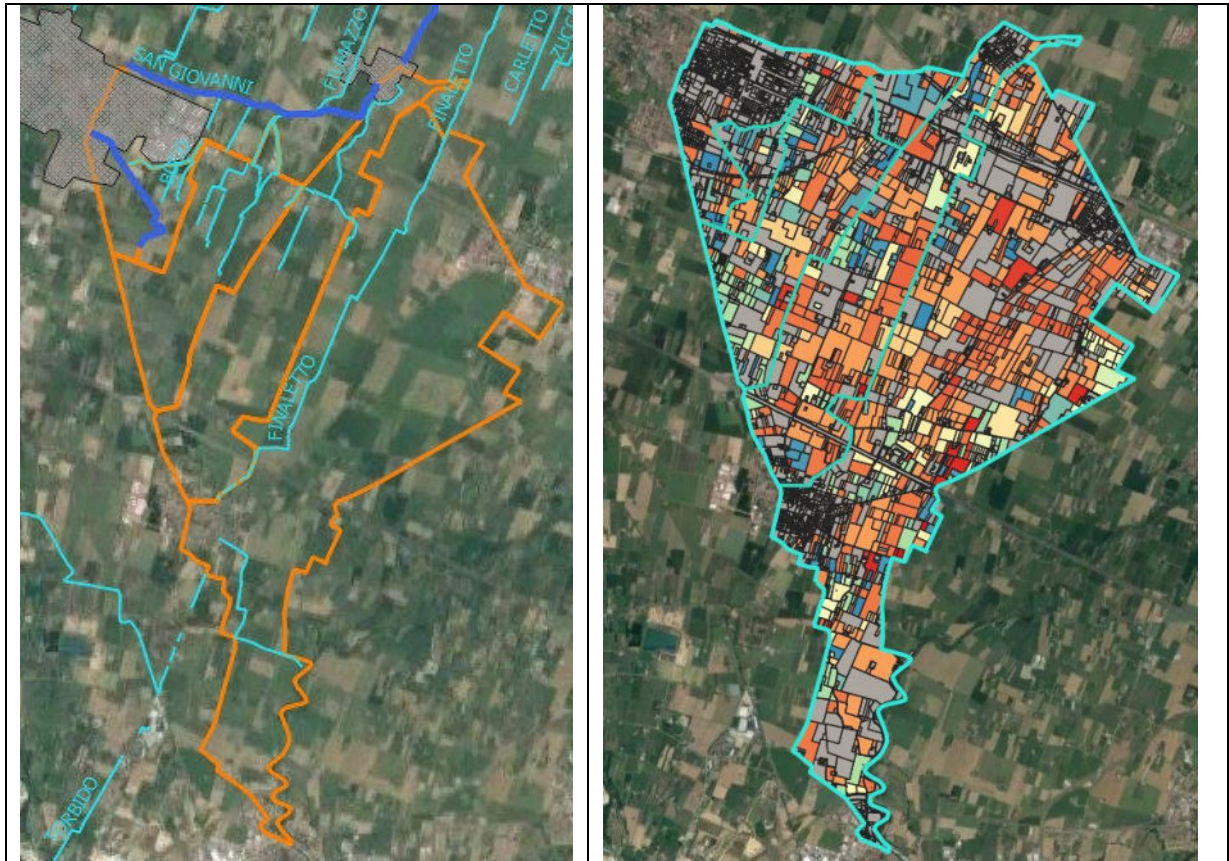


Figura 1: A sinistra: bacino scolante del canale di San Giovanni; in alto a sinistra il paese di Castelfranco Emilia. Il bacino è costituito dalla confluenza di cinque bacini di canali minori (Rio Fontana, Rio San Marco etc.). A destra: distribuzione dell'uso del suolo 2020 secondo lo strato AGREA.

L'uso del suolo nel bacino scolante è rappresentato prevalentemente (Grafico 1) da colture poliennali (erba medica: 662 Ha) e cereali autunno – vernini (548 Ha). Estensione minore hanno le extra-culture (in gran parte urbano: 509 Ha) e le arboree (pereto: 170 Ha; vite: 122 Ha).

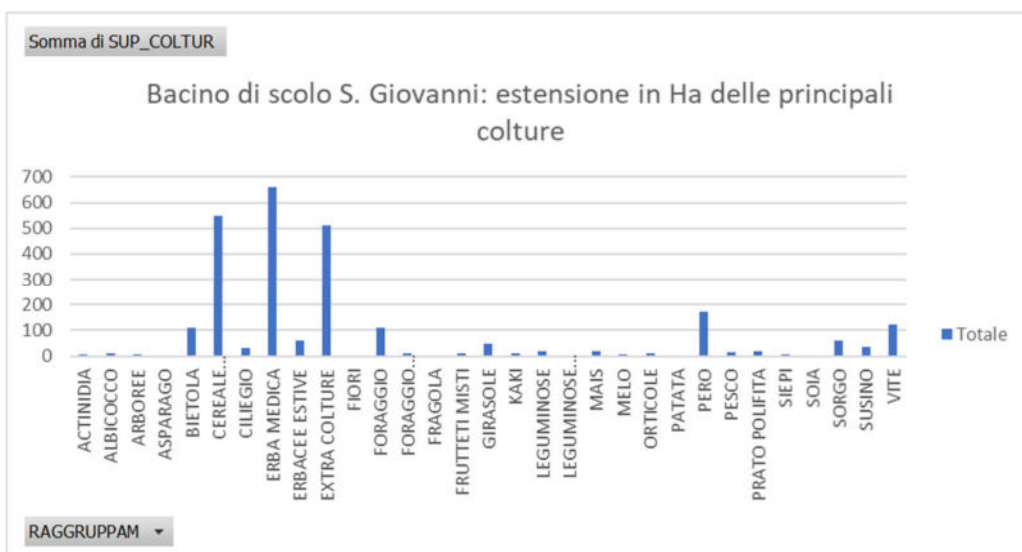


Grafico 1: Estensione delle colture nel bacino scolante (fonte: AGREA 2020).

Più a nord, dopo il paese di Manzolino (MO), il San Giovanni riceve le acque del canale Finaletto. Entrambi, nel periodo primaverile, alimentano la locale cassa di espansione di 32 Ha (area SIC ZPS), la quale funge da riserva irrigua, durante l'estate, per l'adiacente distretto irriguo di 1391 Ha. Sempre nei pressi della cassa, un gruppo pompe preleva una parte delle acque del San Giovanni, per immetterle, dopo un percorso di alcune centinaia di metri, in un bacino di fitodepurazione dell'estensione di circa 1,5 Ha. L'acqua, una volta depurata, esce per essere reimpressa nello stesso canale più a valle. Data la vulnerabilità dell'area, il Consorzio della Bonifica Burana ha effettuato negli ultimi anni periodici campionamenti delle acque sia nella zona di fitodepurazione, sia a monte di essa, per tenere sotto controllo i principali parametri chimico-fisici e microbiologici.



*Figura 2: Evidenziate a tratteggio: a sinistra, cassa di espansione; a destra, area fitodepurante. Fra le due, il percorso del canale San Giovanni. A sud-ovest, poco prima della cassa, è' anche visibile l'immissione del canale Finaletto nel San Giovanni. I punti identificati coi numeri 3 e 4 corrispondono a due dei quattro punti di campionamento acque sul canale di San Giovanni e nell'area fitodepurante.*

### **Fase 1: messa a punto della metodologia d'indagine da applicare ed acquisizione ed analisi di modelli numerici.**

Il Piano ha preso avvio tramite una serie di riunioni documentate, prima all'interno del gruppo ristretto di personale CER (riunioni del 23/04/20, 28/04/20, 18/05/20) poi coi partner di progetto (UniBO e Consorzio della Bonifica Burana, 04/06/20). In esse, si è provveduto a condividere lo stato di conoscenze sull'area, vagliare la documentazione presente e stabilire quella da acquisire, prevedere la scansione dei rilievi da eseguire in campo. Durante tali riunioni, in collaborazione con la sezione di Idraulica Agraria dell'UniBo, sono stati presi in considerazione diversi modelli per la simulazione dell'inquinamento diffuso, al fine di valutarne l'applicabilità nel contesto in esame ed in virtù degli obiettivi delle simulazioni, di cui riportiamo i punti salienti:

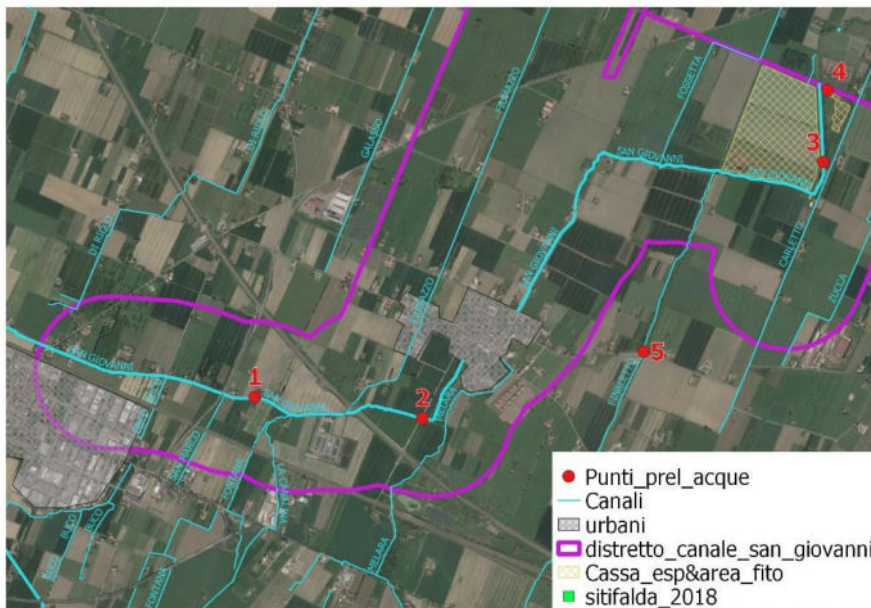
- Simulazione dell'inquinamento diffuso, associato ai macronutrienti ma anche ai fitofarmaci;
- Creazione di scenari associati a differenti pratiche agricole gestionali;
- Compromesso tra semplificazione dei processi biogeochimici del suolo e delle acque e facilità nell'utilizzo dello strumento modellistico.

La maggior parte delle scelte è stata influenzata dallo studio del materiale ricevuto dal Consorzio della Bonifica Burana e, in tal senso, la presente fase si è strettamente interfacciata con la

successiva, concernente la raccolta della documentazione necessaria al funzionamento del modello prescelto.

Le attività sopra indicate hanno portato alla condivisione delle seguenti decisioni:

- Definizione di 4 punti di prelievo delle acque lungo il canale di San Giovanni e l'area fitodepurante, due dei quali (3 e 4), già compresi nei consueti punti di campionamento del Consorzio della Bonifica Burana per il monitoraggio annuale della qualità delle acque. Gli altri due (1 e 2) sono stati posizionati, rispettivamente, poco dopo il depuratore e poco dopo un allevamento suinicolo di discrete dimensioni (Figura 3), potenziale fonte d'inquinamento da nitrati. Un quinto punto di campionamento è stato stabilito sul Finaletto.



Nomenclatura punti:

- 1: Monte allevamento;
- 2: Valle allevamento;
- 3: Monte depurazione;
- 4: Valle depurazione;
- 5: Finaletto

Figura 3: Ubicazione dei cinque punti di campionamento nell'area monitorata.

- Previsione di un minimo di otto date di campionamento, delle quali la prima da eseguire ad aprile (punto zero), per osservare la concentrazione dei soluti dopo un lungo periodo siccitoso (inverno 2020) e prima della successiva stagione irrigua. Sul Finaletto è stato analogamente previsto un unico campionamento “una tantum”, a inizio stagione, per poter verificare l'eventuale presenza di soluti in concentrazione sensibilmente diversa rispetto a quella presente nelle acque del corpo recettore del San Giovanni. Per questo canale non sono stati disposti successivi campionamenti, anche in considerazione del fatto che esso, dopo maggio, non conduce praticamente più acqua.
- Determinazione dei parametri chimico fisici e microbiologici da analizzare: si sono stabiliti gli stessi richiesti dal Consorzio della Bonifica Burana nei campionamenti delle acque degli anni precedenti, con la successiva introduzione nel 2020 del parametro fosfati (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>), in quanto elemento indicatore di eutrofizzazione e dei parametri Fosforo totale e Ferro nel 2021 (Tab. 1).
- Elenco dei principi attivi di fitofarmaci da analizzare e scelta del laboratorio certificato (Agriparadigma).
- Quaderni di campagna: si è stabilito di chiedere la collaborazione dei Consorzi Fitosanitari di Modena e Reggio Emilia per valutare l'esito delle analisi, di cui al punto precedente, per compilate “Quaderni di Campagna tipo”, simulanti una strategia di difesa plausibilmente applicata, in base al meteo e all'estensione e tipologia di colture praticate sia nel 2020, sia

nel 2021 (dalla fonte Uso Suolo AGREA 2020 e 2021, elaborata da CER per i piani di classifica dei Consorzi di Bonifica).

- Condivisione delle attività da svolgere in campo: da attuare nel corso della successiva fase di monitoraggio e finalizzate all'acquisizione di informazioni relative alle principali variabili idrologiche: portata del Canale di San Giovanni, portate dei flussi in entrata ed uscita dall'area fitodepurante, andamento della falda freatica, aspetti pedologici (in particolare permeabilità degli orizzonti).
- Scelta del modello previsionale dei flussi idrici: modello SWAT e più precisamente la sua interfaccia QSWAT, per la modellizzazione sull'applicativo QGIS degli input di inquinanti di origine agricola provenienti dal bacino di scolo.

N°	Parametro e Unità di Misura
1	pH (unità pH)
2	S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio)
3	Conducibilità (a 25°C) (µS/cm)
4	Solidi sospesi totali (mg/l)
5	Durezza (°F) - APAT2040C
6	Azoto totale Kjeldahl (TKN come N) (mg/l)
7	Azoto ammoniacale (come NH <sub>4</sub> ) (mg/l) - APAT4030A1
8	Nitrati (come NO <sub>3</sub> ) (mg/l)
9	Boro (mg/l)
10	Cadmio (mg/l)
11	Cromo totale (mg/l)
12	Cromo VI (mg/l)
13	Calcio (mg/l)
14	<b>Ferro (mg/l)</b>
15	Magnesio (mg/l)
16	Sodio (mg/l)
17	Nichel (mg/l)
18	Piombo (mg/l)
19	Rame (mg/l)
20	Zinco (mg/l)
21	Solfati (come SO <sub>4</sub> ) (mg/l)
22	Cloruri (mg/l)
23	Fosforo totale (mg/l)
24	<b>Fosfati (come PO<sub>4</sub>) (mg/l)</b>
25	Coliformi totali (UFC/100 ml)
26	E. Coli (UFC/100 ml)

*Tabella 1: Elenco dei parametri chimico-fisici e microbiologici delle acque indagati nel corso dei due anni. I due parametri in grassetto sono stati analizzati solo nel corso del 2021.*

## **Fase 2: raccolta d'informazioni sull'ambito territoriale oggetto d'indagine.**

Tramite il Consorzio della Bonifica Burana, è stato possibile identificare, mediante coperture GIS, le superfici interessate del bacino di scolo e relativo bacino irriguo insistente sul San Giovanni, potendo di conseguenza effettuare il ritaglio delle coperture AGREA degli usi del suolo 2019 e 2020 e

calcolarne pertanto la rispettiva frequenza e distribuzione. Tale attività è stata replicata anche nel 2021, sullo stesso tipo di coperture.

Analogamente, sono state ricevute tutte le informazioni relative ai principali aspetti idraulici del canale di San Giovanni (portate, pendenze, scabrezza etc.), per un elevato numero di sezioni, oltre alle caratteristiche tecniche delle pompe che prelevano le acque dal canale di San Giovanni e le immettono nell'area fitodepurante. Infine, sono stati messi a disposizione i referti analitici coi valori dei parametri chimico- fisici e microbiologici misurati nelle acque prelevate negli ultimi dieci anni nei due punti a monte e a valle dell'area fitodepurante.

Grazie al supporto del Servizio Fitosanitario di Modena, è stato inoltre stilato un elenco delle caratteristiche dei principali fitofarmaci utilizzati nel territorio, secondo le colture: categoria, periodo di impiego, tipo di avversità etc.

In relazione ai dati termo-pluviometrici, si è fatto riferimento a quanto disponibile nel sito ARPAE - Dext3r (<https://simc.arpae.it/dext3r>), tenendo conto che essi derivano da un'elaborazione geostatistica di dati rilevati da stazioni poste a una certa distanza dall'area di studio.

Per quanto riguarda la ricognizione delle aziende agricole, è stata avviata un'indagine sulle superfici coltivate, utilizzando i dati di AGREA e tenendo distinte le tipologie di conduzione (tradizionale, lotta integrata, conversione e agricoltura biologica). Di seguito, si riporta l'elenco con la distribuzione delle principali colture e le relative superfici secondo la conduzione:

coltura	ha	
	no bio	bio
actinidia	6,39	
albicocco	10,37	
arobree	7,65	
asparago	1,45	
bietola	110,3	
cereali invernali	531,71	9,1
ciliegio	33,12	
medica	665,65	21,1
extra colture	117	
foraggio	56,69	
girasole	48,99	
kaki	10,23	
mais	16,93	
pero	168	1,1
pesco	15,1	
prato	16,55	
sorgo	58,51	
susino	37,03	
vite	114,69	9,25
<b>TOTALE</b>	<b>2026,36</b>	<b>40,55</b>

*Tabella 2: Distribuzione degli ettari coltivati all'interno del bacino scolante del canale di San Giovanni, secondo la tipologia di conduzione (agricoltura biologica e non biologica).*

### **Fase 3: monitoraggio periodico delle acque**

Il monitoraggio si è svolto, come previsto, nei quattro punti previsti sul canale di San Giovanni e nell'area di fitodepurazione, durante le due stagioni irrigue 2020 e 2021. L'8 aprile del primo anno è stato disposto un campionamento delle acque anticipato ("punto zero"), come previsto in Fase 1

(osservare la concentrazione dei soluti dopo il siccitoso inverno 2020 e prima della successiva stagione irrigua). Il 5 maggio dello stesso anno, sempre come previsto in Fase 1, è stato effettuato l'unico prelievo di acque sul canale Finaletto. Sono poi seguite altre otto date di campionamento, dal 26 maggio all'8 settembre, per un totale di 36 campioni. Nel 2021, i campioni sono stati 30, sempre nell'arco di 8 date (Tab. 3). Nel sito CER II, non è stato possibile campionare l'acqua nel corso di tre date, a causa del tirante troppo basso in quel tratto di canale.

<b>Data di prelievo</b>	<b>Sigla Campioni</b>			
08/04/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
05/05/2020	FINALETTO			
26/05/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
10/06/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
23/06/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
14/07/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
29/07/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
11/08/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
18/08/2020	CER I		CER III	CER IV
08/09/2020	CER I	CER II	CER III	CER IV
12/05/2021	CER I	CER II	CER III	CER IV
01/06/2021	CER I	CER II	CER III	CER IV
17/06/2021	CER I	CER II	CER III	CER IV
01/07/2021	CER I	CER II	CER III	CER IV
13/07/2021	CER I	CER II	CER III	CER IV
12/08/2021	CER I		CER III	CER IV
26/08/2021	CER I		CER III	CER IV
22/09/2021	CER I	CER II	CER III	CER IV

*Tabella 3: Elenco dei campioni di acque prelevati e delle date di campionamento nel corso dei due anni 2020 e 2021. Le sigle dei campioni sono correlate ai numeri di identificazione dei punti di prelievo mostrati in Fig. 3 (per es. CER I = punto di prelievo 1 etc.). Le caselle vuote indicano un campione non raccolto a causa del tirante troppo basso nel tratto selezionato.*

Per ogni punto di prelievo, sono stati eseguiti campionamenti in doppio, al fine di consegnare la medesima acqua sia al laboratorio preposto alle analisi chimico-fisiche e microbiologiche (Analamb), sia a quello preposto alla ricerca di fitofarmaci (Agriparadigma). L'elenco dei fitofarmaci, determinati tramite analisi multiresiduale e il limite di quantificazione, è riportato in *Allegato 1*.

Per quanto concerne invece lo studio delle caratteristiche idrologiche, si è provveduto ad eseguire una serie di attività di monitoraggio, ripartite nel corso dei due anni, le quali hanno consentito di ottenere i dati in grado di alimentare il modello concettuale del sistema idraulico, messo a punto nella successiva Fase 4:

- Misura della velocità del flusso idrico nel canale San Giovanni, tramite mulinello idrometrico OTT C31, eseguita in data 13 agosto 2020, poco prima del punto di captazione acque per l'area fitodepurante (Fig. 4). Da tali misure, unitamente al rilievo della sezione idraulica nel punto di misura, è stata calcolata la portata media. Essa è risultata pari a 75,47 l/sec, valore molto simile a quello calcolato con apposite formule (Bazin), sullo stramazzo posto in corrispondenza del punto di captazione delle pompe per la derivazione delle acque nell'area fitodepurante (84,24 l/sec).



*Figura 4: A sinistra: operazioni di misura del flusso idrico sul canale di San Giovanni tramite mulinello idrometrico; a destra: prelievo rapido acque di falda dal piezometro per l'esecuzione di una prova di slug test.*

- Installazione di contatori orari in corrispondenza della centralina di controllo delle pompe, L'operazione è stata effettuata il 22 luglio 2020, mentre le letture dei contatori sono state eseguite periodicamente in corrispondenza di ogni data di prelievo delle acque. Conoscendo la portata delle due pompe (20 l/sec), è stato possibile stimare i volumi medi giornalieri delle acque inviate all'area fitodepurante (Tab. 4). La stessa Tabella ha consentito di misurare nel 2021, unico anno di cui si dispone di una sequenza continua di letture per tutta la stagione irrigua, un volume complessivo di acqua prelevata dal San Giovanni pari a 54360 m<sup>3</sup> (periodo dall'1 aprile al 22 settembre 2021). Facendo riferimento alla portata sullo stesso canale, misurata col mulinello idrometrico (75,47 l/sec), è stato possibile stimare, per il medesimo periodo di 187 giorni, il seguente volume complessivo:  $(75,47 * 86400^1 * 187) / 1000^2 = 1218223 \text{ m}^3$ . Di conseguenza, si stima che le pompe abbiano prelevato per la fitodepurazione, nella suddetta stagione irrigua:  $54360 * 100 / 1218223 = 4,46\%$  del volume idrico transitato nel San Giovanni. Tale valore, pur limitato ad un solo anno e in considerazione di molteplici fattori che regolano le portate nel canale e i prelievi da parte delle pompe, risulta indicativo dell'influenza complessiva che può operare l'area fitodepurante sulle acque provenienti dal bacino scolante, il quale, si ricorda, ha un'estensione di 2609 Ha.
- Installazione di misuratori in continuo di livello, per la registrazione delle variazioni di tirante all'interno dell'alveo del canale di San Giovanni e dell'area fitodepurante. Più specificatamente, è stato posizionato uno strumento HD Diver della Schlumberger all'interno

<sup>1</sup> Numero di secondi presenti in un giorno

<sup>2</sup> Divisione necessaria per operare la conversione da litri a m<sup>3</sup>

di un tubo di calma infisso sul fondo del canale, poco prima del punto di captazione delle pompe. Altri due strumenti dello stesso tipo (uno per la misura del livello, il secondo per la misura della pressione atmosferica) sono stati installati in un altro tubo di calma infisso poco prima del punto di deflusso delle acque dall'area fitodepurante (Fig. 5). Lo scarico dei dati è avvenuto periodicamente (circa ogni tre mesi).



*Figura 5: A sinistra: posa di un tubo di calma sul fondo del canale sul canale di San Giovanni; a destra: installazione di strumento di misurazione in continuo del livello dell'acqua nel punto di scarico dell'area fitodepurante.*

- Rilievi tramite sensori termico e multispettrale (Parrot Sequoia), montati su drone, per la misura della variazione dell'indice termico e dell'indice NDVI. Essi sono stati effettuati in data 13 agosto 2020 (Fig. 7).
- Installazione di un piezometro della profondità di 3 metri, con contestuale descrizione pedologica della trivellata eseguita per la posa, seguendo gli standard del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. In data 12 ottobre 2020, è stato effettuato uno *slug test* (Fig. 4, a destra), per la valutazione della conducibilità idraulica del suolo e successivo confronto di congruità con la stima delle perdite per infiltrazione dall'area fitodepurante (analisi nel capitolo successivo). Per quel che riguarda il livello di falda freatica, esso è da considerare rappresentativo di quello sottostante l'area fitodepurante, in quanto il piezometro è situato a soli 15 m dal bordo orientale di questo bacino. (Fig. 6). Le letture eseguite hanno mostrato variazioni contenute nel corso dell'anno, fra i 70 ed i 140 cm circa rispetto al piano campagna, con un massimo di risalita nel periodo invernale (dicembre 2021) e una graduale discesa fino a livelli minimi da aprile ad agosto. Come nota di carattere ambientale, si segnala inoltre che la salinità nelle acque di falda, misurata sul posto tramite conduttimetro, è risultata piuttosto alta, ammontando a 2960  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (classe di acqua moderatamente salina – FAO 1989).





Figura 6: A sinistra: in azzurro superficie dell'area fitodepurante; il pallino arancione in alto rappresenta il punto di prelievo acque CER IV; il pallino rosso, l'ubicazione del piezometro. A destra: grafico dell'andamento del livello di falda freatica rispetto al p.c. nel periodo di monitoraggio.

Data di misura	N° giorni fra le 2 date	Parziale ore funzionam.	Stima ore funzionam. giornaliera	Volumi medi giornalieri (m3/g)
18/08/2020	27	240	8,89	640,00
08/09/2020	21	192	9,14	658,29
26/09/2020	18	177	9,83	708,00
05/10/2020	9	93	10,33	744,00
27/11/2020	53	422	7,96	573,28
30/12/2020	33	96	2,91	209,45
19/03/2021	79	0	0,00	0,00
01/04/2021	13	62	4,77	343,38
12/05/2021	41	71	1,73	124,68
25/05/2021	13	9	0,69	49,85
17/06/2021	23	64	2,78	200,35
01/07/2021	14	80	5,71	411,43
13/07/2021	12	78	6,50	468,00
12/08/2021	30	130	4,33	312,00
26/08/2021	14	82	5,86	421,71
09/09/2021	14	89	6,36	457,71
22/09/2021	13	90	6,92	498,46
04/11/2021	43	359	8,35	601,12
18/11/2021	14	82	5,86	421,71

Tabella 4: Ore di funzionamento delle pompe e stima dei volumi medi di acqua apportati giornalmente all'area fitodepurante. Nel periodo dal 19 marzo al 1 aprile 2021, le pompe non sono state attivate.

Al fine di delineare con maggior precisione gli ambiti entro i quali si è mosso il monitoraggio, si segnalano anche i seguenti eventi verificatisi nel corso del periodo esaminato:

- Ad inizio ottobre 2020, il Consorzio della Bonifica Burana ha eseguito la risistemazione della canaletta che mette in comunicazione la fontana, alimentata dalle pompe di captazione delle acque del San Giovanni, con l'area fitodepurante. Tale intervento si è reso necessario per eliminare le perdite di acqua per percolazione e infiltrazione, divenute ormai eccessive e legate soprattutto alla proliferazione di tane di nutrie;
- Il tubo di calma infisso sul fondo del canale di San Giovanni si è inclinato verso la fine del 2020, forse a causa dell'opera di cavitazione della corrente ed adagiato sul fondo. Lo strumento di misura è stato recuperato nella primavera 2021 e sistemato in un nuovo tubo, posato sempre sul canale, ma maggiormente ancorato al fondo e posto in una posizione più arretrata rispetto allo stramazzo, presso il quale è presente l'opera di presa delle pompe;
- A causa delle piogge invernali 2020, si è verificata una risalita e limitata tracimazione delle acque presso il punto di deflusso dell'area fitodepurante, registrata anche dal locale strumento di misura in continuo del livello;
- I lavori di sistemazione eseguiti dal Consorzio hanno anche consentito di osservare uno scavo verticale della profondità di circa 150 cm, posto in prossimità della fontana, e di effettuarne una descrizione pedologica speditiva, da confrontare con quella effettuata in occasione della trivellata eseguita per la posa del piezometro.



Figura 7: A sinistra: immagine da ortofoto dell'area fitodepurante, con delimitazione del bacino e, in basso, della canaletta di adduzione delle acque; a destra: la stessa zona, rilevata da drone con sensore multispettrale ed evidenziazione della variazione dell'indice NDVI.

#### **Fase 4: Applicazione del modello concettuale del sistema idraulico, tramite tecniche GIS**

L'attività di monitoraggio 2020 e 2021, insieme al processamento dei dati ottenuti, ha portato alla stesura di alcuni elaborati intermedi quali:

1. Bilancio idraulico e di massa: calcolo delle portate in entrata e uscita, stima della percolazione nell'area fitodepurante e bilancio di massa dei principali elementi chimici analizzati;
2. Variazione del livello annuo di falda;
3. Misura della conducibilità idraulica satura (da *slug test*); (Fig. 7);
4. Mappe di variazione dell'indice termico e dell'indice NDVI nella zona compresa fra il punto di presa sul canale di San Giovanni e l'area di fitodepurazione. Tale operazione ha consentito la definizione sia della superficie liquida evaporante, sia della superficie del terreno scolante relativa alla zona di fitodepurazione.

Per quanto riguarda il bilancio idrico dell'area umida, a partire dalle ore di funzionamento delle pompe sul canale di San Giovanni e conoscendo la curva prevalenza-portata delle stesse, è stato calcolato il volume pompato nell'area umida durante il periodo di riferimento a passo giornaliero. I valori di portata uscente dall'area di fitodepurazione sono stati calcolati a partire dai rilievi, a passo orario, del tirante sullo stramazzo, applicando la classica formula di idraulica per il calcolo della portata effluente da stramazzo in parete sottile non rigurgitata.

Con i valori ottenuti, come descritto precedentemente, è stato applicato il calcolo del bilancio idrico dell'area umida usando la seguente equazione:

$$\frac{dV}{dt} = Q_i - Q_o + S_i - G_o + G_i + PA - EA$$

ove:

$dV/dt$  = Variazione del volume dell'area umida nel  $dt$  considerato

$Q_i$  = portata in ingresso [ $m^3/g$ ]

$Q_o$  = portata in uscita [ $m^3/g$ ]

$S_i$  = deflusso superficiale [ $m^3/g$ ]

$G_o$  = percolazione in uscita [ $m^3/g$ ]

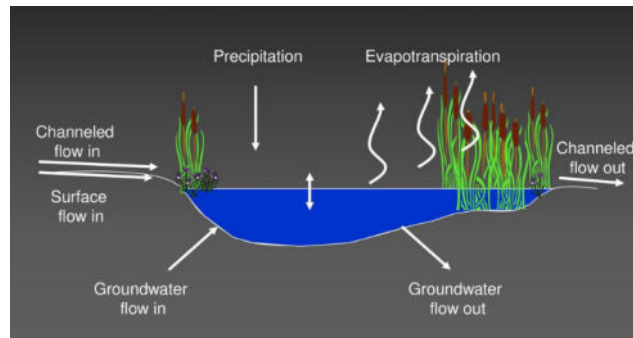
$G_i$  = drenaggio in entrata [ $m^3/g$ ]

$P$  = precipitazione [ $m^3/ m^2 *g$ ]

$E$  = evapotraspirazione [ $m^3/ m^2 *g$ ]

$A$  = area dello specchio liquido [ $m^2$ ]

Nella seguente Figura 7 è riportata una visualizzazione delle variabili presenti nell'equazione precedente.



*Figura 8: immagini dei parametri dell'equazione del bilancio idrico*

La variabile  $G_i$  è stata considerata trascurabile in virtù della posizione dell'area umida che si trova ad una altitudine di qualche metro maggiore rispetto al reticolo idrografico minore: ciò fa escludere la possibilità che l'area possa drenare acqua dalla falda. Il parametro  $S_i$  è stato considerato trascurabile e già integrato in PA, in quanto abbiamo considerato l'intero bacino di scolo di qualche ettaro maggiore rispetto alla superficie dello specchio liquido ed in considerazione del ridotto tempo di corrivazione. L'identificazione dell'area soggetta a deflusso superficiale non occupata dallo specchio liquido, utilizzata per il calcolo del bilancio idrico è stata monitorata con l'ausilio di rilievi fotogrammetrici e multispettrali da drone (Figura 7). L'evapotraspirazione e le piogge sono state rilevate dalla stazione afferente alla rete di ARPAE localizzata in località Castelfranco Emilia, come descritto precedentemente. La variazione del volume nel periodo di riferimento è stata considerata nulla o trascurabile applicando il bilancio in condizioni di stato stazionario. In base alle precedenti semplificazioni è stato possibile esplicitare la variabile  $G_o$  per il calcolo della percolazione verso l'acquifero. Nel Grafico 2 riportiamo l'andamento dei parametri rilevati e calcolati per gli anni 2020 e 2021.

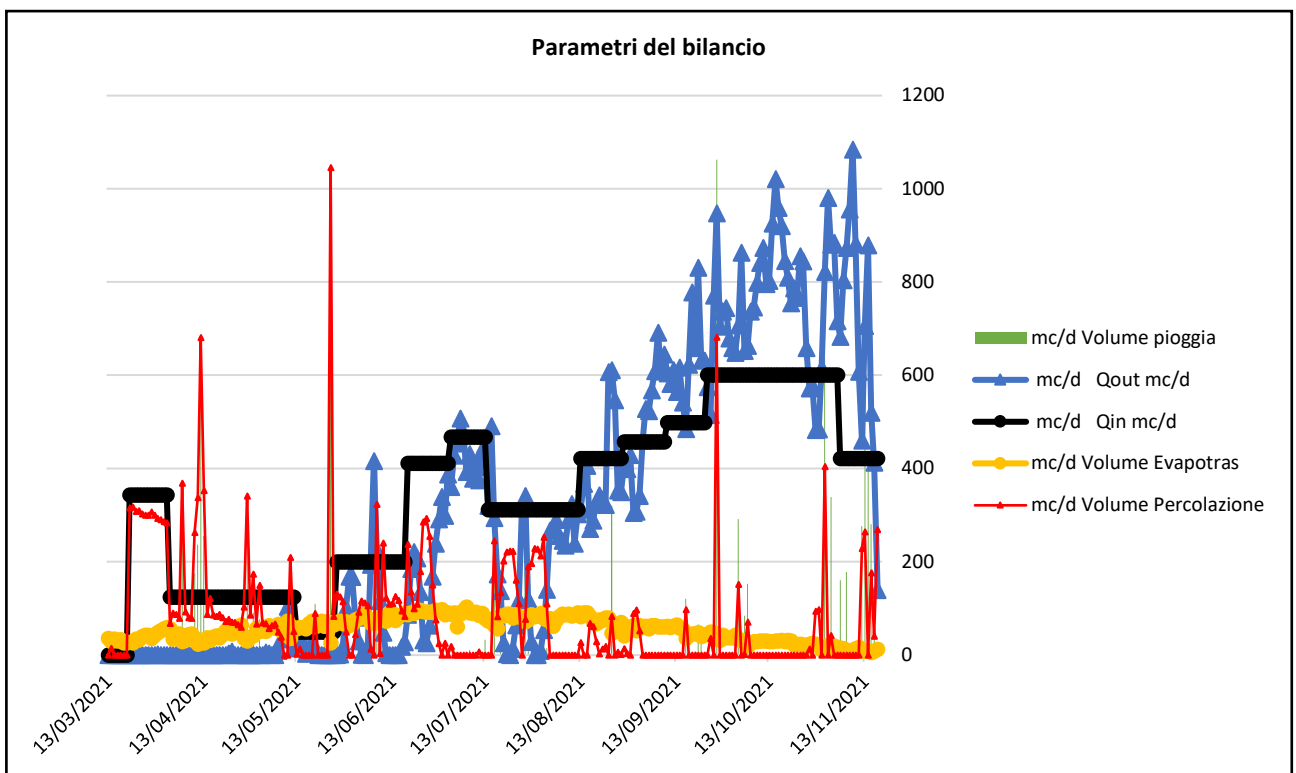
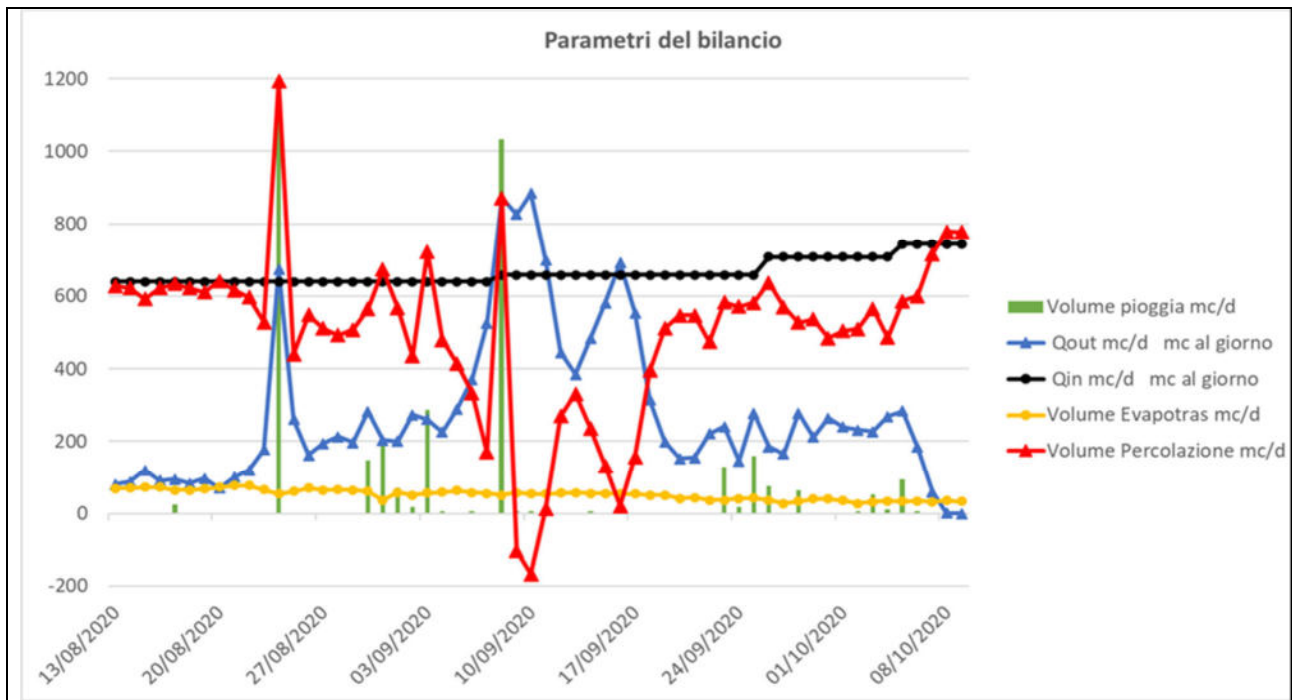


Grafico 2: Variazione nel tempo dei principali parametri costituenti il bilancio idrico dell'area fitodepurante per l'anno 2020 e 2021.

Il confronto fra i valori di conducibilità idraulica, derivata dalla prova di *slug test* effettuata nel piezometro e quelli di volume infiltrato nell'unità di tempo, calcolata nel bilancio idrico (Grafico 2) ha fornito risultati concordanti. Si sono infatti riscontrati 0,045 m/d (metri/giorno) nella prova su piezometro e 0,053 m/d nel calcolo di  $G_0$  da bilancio idrico. Essi pertanto, confermandosi a vicenda, attestano che un valore entro questo intervallo, sia da ritenere attendibile e quindi utilizzabile per la messa a punto del modello su QSWAT.

L'andamento del parametro  $Q_0$  ha una risposta temporale (lag time) molto ridotta agli eventi meteorici e ciò è associato al tempo di corrivazione del bacino. È da notare come, nonostante nel 2021 sia iniziato il riempimento dell'area di fitodepurazione a partire da fine marzo, non si siano evidenziati deflussi in uscita significativi sino a inizio giugno e ciò è probabilmente connesso all'annata particolarmente seccitosa che aveva asciugato il suolo fino a profondità anche rilevanti. Quindi il tempo di riempimento dell'area è stato ingente, perché connesso alla necessità di saturare gran parte dello strato parzialmente saturato di terreno localizzato tra il letto dell'area umida e il livello della falda ipodermica.

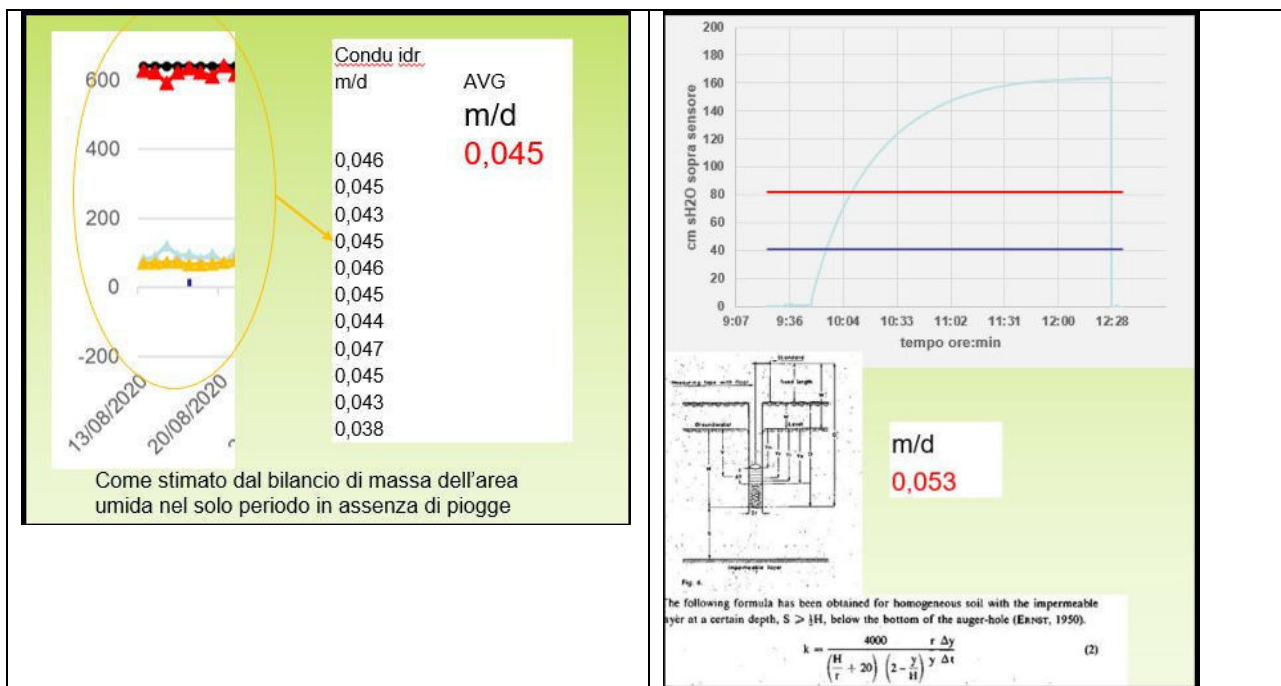


Figura 9; Confronto fra i valori calcolati della conducibilità idraulica saturata tramite rilievo di slug test nel piezometro (destra) e di bilancio idrico dell'area umida, nel periodo in assenza di piogge (sinistra).

Tramite lo stesso bilancio idrico, è stato possibile ottenere una prima stima dell'efficacia dell'area fitodepurante, applicando un bilancio di massa di alcuni elementi rilevati con il campionamento. I dati dei volumi del bilancio sono stati utilizzati insieme alle concentrazioni di alcuni dei parametri chimico-fisici e microbiologici analizzati nel corso della stagione 2020 e 2021. In questa fase, sono stati presi in considerazione i valori provenienti dai punti di prelievo 3 (Monte depurazione) e 4 (Valle depurazione), localizzati nella precedente Fig. 3. I parametri presi in esame sono: Solidi sospesi totali, Azoto totale, Azoto ammoniacale, Azoto nitrico, Solfati, Fosfati, Coliformi totali ed E. Coli. Il bilancio di massa 2020, così ottenuto, è riportato per esteso in *Allegato 2*. Nella sottostante tabella, è invece mostrato il calcolo della percentuale di rimozione dei soluti, determinata dall'azione dell'area fitodepurante.

PARAMETRO	BILANCIO DI MASSA COMPLESSIVO (Kg)	BILANCIO DI MASSA COMPLESSIVO (UFC)	PERCENTUALE DI RIMOZIONE (%)
Solidi Sospesi Totali (SST)	3330,00		22,8
Azoto Totale Kjeldahl (TKN come N)	296,26		39,8
Solfati (come SO4)	3437,52		33,4
Azoto ammoniacale (come NH4)	115,20		17,0
Nitrati (come NO3)	2465,23		57,6
Fosfati (come PO4)	252,33		58,8
Coliformi totali		3,17451E+13	68,2
E. Coli		1,41596E+13	82,3

Tabella 5: Bilancio di massa complessivo su alcuni dei parametri chimico-fisici e microbiologici analizzati e percentuale di rimozione stimata nel passaggio delle acque dal canale di San Giovanni all'area fitodepurante,

Di seguito riportiamo l'equazione del bilancio di massa:

$$\frac{dC}{dt}V = Q_i \cdot C_i - Q_o \cdot C + r \cdot V$$

ove:

C<sub>i</sub> = conc. In [gr/lit]

C = conc. Out [gr/lit]

V = volume fito [lit]

Q<sub>i</sub> = portata in [lit/s]

Q<sub>o</sub> = portata out [lit/s]

r = reaction rate [-]

La variabile r - reaction rate - può assumere valori positivi o negativi, in funzione del processo biogeochimico che si sviluppa a carico dell'elemento che viene considerato. Nel caso di presenza di batteri denitrificanti, l'azoto, sotto forma di ione nitrato, viene utilizzato come accettore di elettroni e si disperde nell'ambiente sotto forma di N<sub>2</sub> e quindi la variabile r avrà segno negativo.

Escludendo dalla presente analisi la valutazione delle dinamiche degli elementi in funzione dei processi di degradazione/sintesi associati a specifiche cinetiche chimiche, come trattato nel dettaglio nell'azione 3.1, nella presente azione è stata anche analizzata l'efficienza di abbattimento dei principali elementi monitorati. Per efficienza di abbattimento si intende il rapporto tra i carichi in uscita ed i carichi in entrate di un elemento nell'area fitodepurazione che rappresenta la capacità dell'impianto di asportare dall'input l'elemento considerato. Utilizzando i valori portata entrante [lit/s] ed uscente [lit/s] e le concentrazioni relative [gr/lit] abbiamo calcolato i carichi [kg] di alcuni inquinanti al fine di valutare l'efficienza di abbattimento stagionale. Nella figura seguente riportiamo i valori dell'efficienza di abbattimento per alcuni elementi relativamente agli anni 2020-2021.

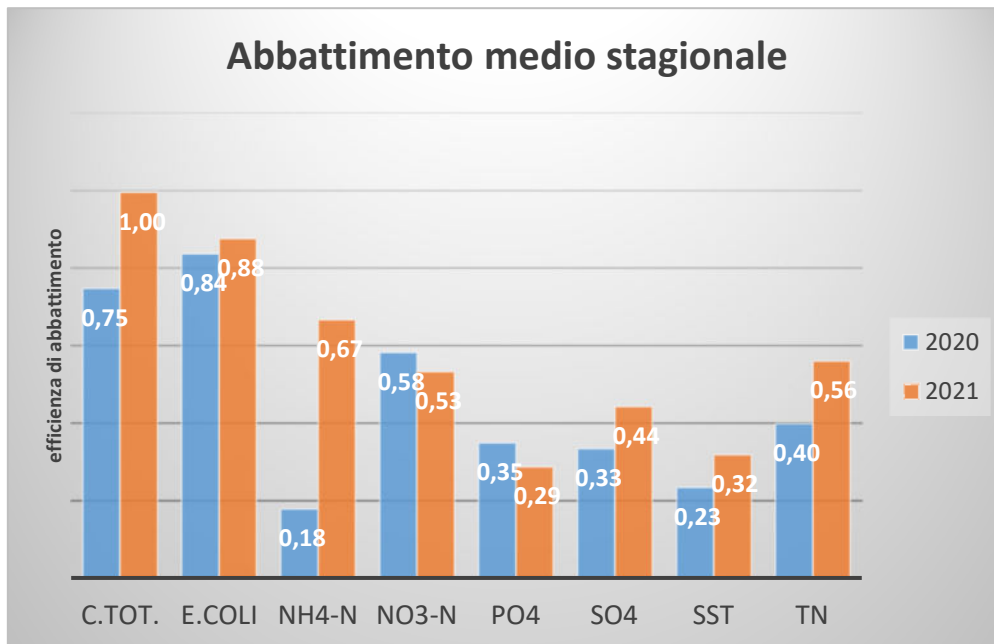


Grafico 10: efficienza di abbattimento dei principali elementi nell'area di fitodepurazione

Come si può notare dal grafico precedente sono stati raggiunti efficienze di abbattimento del 80% per alcuni microrganismi patogeni come coliformi totali ed escherichia coli. Per l'azoto, in tutte le sue forme, l'efficienza di abbattimento risulta del 50% circa, mentre per fosforo, zolfo e solidi sospesi risulta del 30%. Tali valori confermato quanto rilevato a livello sperimentale presso Acqua Campus del CER nell'azione 3.1.

Per tutti i parametri, escluso per l'azoto ammoniacale, l'efficienza di abbattimento è risultata costante per le due annate di prove nonostante le concentrazioni medie e l'andamento idrologico sia risultato molto diverso. A titolo esemplificativo riportiamo le concentrazioni medie stagionali dell'azoto nitrico per gli anni 2020 e 2021 rispettivamente di: 22,67 mg/lt e 2,63 mg/lt. Come si può notare i valori hanno una differenza di 1 ordine di grandezza. Nella tabella sottostante, riportiamo le concentrazioni delle acque in ingresso all'area di fitodepurazione differenziate per anno.

QIn [mg/lt]		
	2020	2021
NH4-N	2.84	0.65
NO3-N	22.67	2.63
PO4	0.67	1.95
SO4	61.89	62.75
SST	83.78	109.50
TN	6.01	6.80

Tabella 6: concentrazione media annuale nel punto di prelievo 3, differenziata per gli anni 2020-2021

Le differenze nelle concentrazioni non hanno influenzato l'efficienza di abbattimento dell'area di fitodepurazione, escluso per l'azoto ammoniacale. Per quest'ultimo probabilmente la sua alta mobilità e reattività anche al variare del pH si è manifestata con una variazione marcata dell'efficienza di abbattimento.

Per quanto riguarda gli agrochimici analizzati con le analisi multiresiduali, i dati di laboratorio sono stati analizzati solo qualitativamente al fine di valutare l'efficienza di abbattimento nell'area di fitodepurazione senza approfondire le dinamiche modellistiche di biodegradazione, accumulo e



trasformazione in metaboliti secondari. Nella tabella sottostante riportiamo le concentrazioni di ingresso ed in uscita dell'area umida per due dei principali agrochimici di interesse.

	2020	2021
<b>Dimetomorf</b>		
<b>Ci µg/l</b>	0.025	0.90
<b>Co µg/l</b>	0.010	NR
<b>Tebuconazolo</b>		
<b>Ci µg/l</b>	0.020	0.085
<b>Co µg/l</b>	0.018	0.020

*Tabella 7: concentrazione medie annuali in ingresso (Ci) ed in uscita (Co) per alcuni agrochimici relativamente al 2020 e 2021.*

I principi attivi Dimetomorf e Tebuconazolo hanno manifestato un abbattimento del 50-80% nei due anni di studio. Il Tebuconazolo, fungicida triazolico sistemico usato su molte colture, è una molecola recalcitrante con tempo di carenza che, in funzione di formulati, può arrivare sino a 90 giorni. Nonostante le sue caratteristiche, sono stati riscontrati abbattimenti del 10 e 70% rispettivamente per gli anni 2020 e 2021. Per un maggior dettaglio si rimanda alla parte generale di descrizione degli agrochimici rilevati.

Per quanto riguarda invece l'applicazione del modello previsionale SWAT per la stima degli input di inquinanti derivanti dal sistema agricolo ricadente sul bacino di scolo nel 2020 è stata attivata la prima fase di studio e test dell'interfaccia QSWAT. La fase più propriamente applicativa, di creazione degli scenari, da eseguire partendo dalla base informativa proveniente dal monitoraggio e dalla raccolta documentazione, è stata realizzata nel 2021. Utilizzando i dati forniti dal Consorzio di Burana è stata avviata l'elaborazione del modello.

La prima fase ha previsto l'integrazione della rete scolante e dei bacini di drenaggio: in tale *step* è stato necessario escludere la fase di calcolo automatico delle aree di scolo a partire dal DEM, essendo tale processo non efficacemente applicabile in territori di bonifica con pendenze minime e con idrografia non naturale. Quindi si è provveduto ad utilizzare i dati del Consorzio come input anche per la rete di canali, per i quali sono stati utilizzati i parametri idraulici e le geometrie (figura 11) come fornite dal Consorzio di Bonifica Burana. In questa fase, inoltre, si è avviato il pre-processamento della cartografia del tipo di suolo e dell'uso suolo per adattarli al modello inserendo un sistema di classificazione adatto all'esecuzione dei *run* delle simulazioni. Inoltre, ai fini dell'impostazione del modello, come meglio riportato nelle altre fasi della presente Azione, sono stati valutati i dati preliminari sulle tempistiche e sulle quantità della distribuzione delle concimazioni e degli eventuali agrochimici relativi alle colture presenti nel bacino. Tali dati, oltre ai parametri per la descrizione dei processi idrologici e chimico-fisici nel suolo e nell'acque, sono serviti a simulare i processi a scala di bacino.

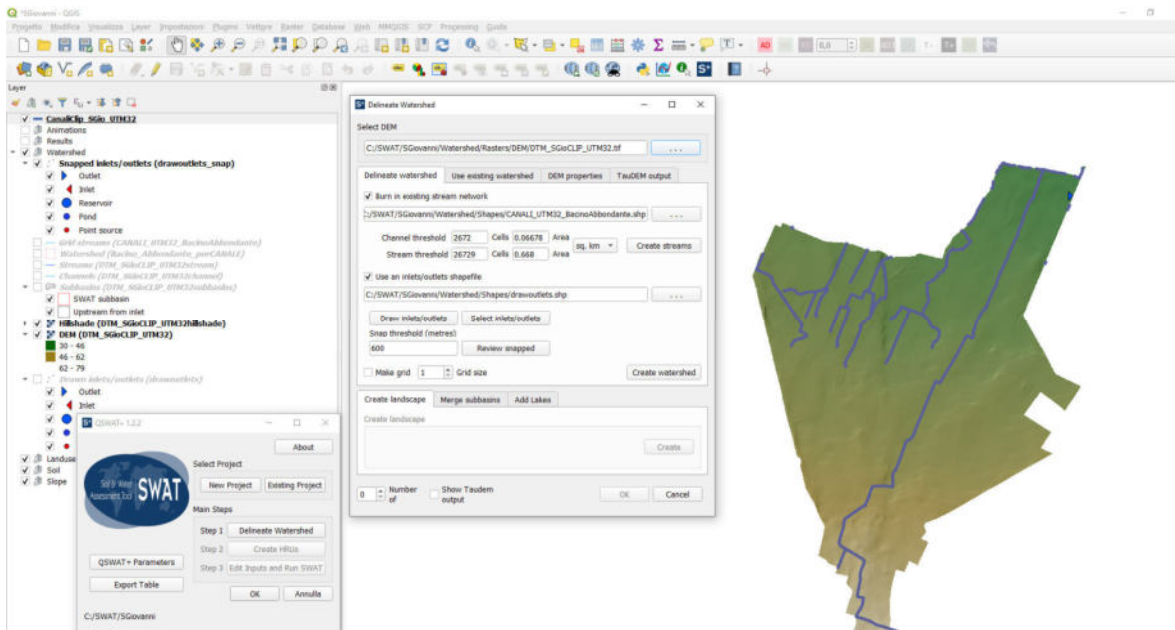
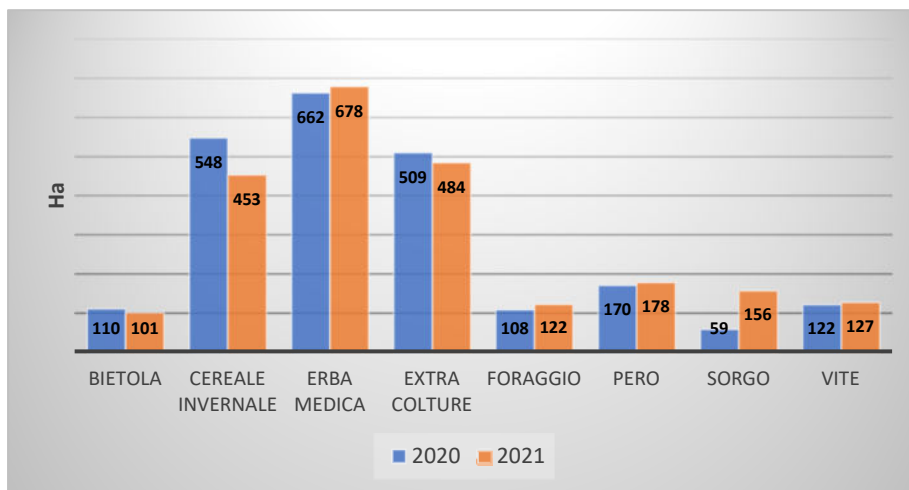


Figura 11: interfaccia grafica di QSWAT per la creazione del modello idrologico per la simulazione dell'inquinamento diffuso di origine agricola.

Per un maggior dettaglio riportiamo alcuni dettagli per l'impostazione del modello SWAT:

- Limiti del bacino di scolo. Utilizzando la cartografia fornita dal Consorzio di Burana del bacino e del reticolo di bonifica ed il DTM sono stati individuati le linee di compluvio dell'area di drenaggio del canale San Giovanni in funzione della sezione di chiusura.
- Impostazione e calcolo del reticolo idrografico. Il software QSWAT, come molti software GIS attraverso analisi spaziale su DTM, consente di definire i bacini, i sotto-bacini, il reticolo idrografico minore, le aree di scolo e il loro grado (sequenzialità). Tale funzionalità sono adeguate per bacini montani o che mostrano un'adeguata pendenza media. Il caso in esame, essendo con pendenze modeste o nulle, ha necessitato il pre-caricamento nel sistema del reticolo idrografico come rilevato dal Consorzio di Burana. Sulla base di questo il modello ha calcolato i bacini e sotto-bacini, adattandosi al reticolo presente ed aggiungendo la parte del reticolo minore necessaria al funzionamento del simulatore.
- Uso suolo. I dati vettoriali di uso suolo, come post-processati da CER a partire dai dati di AGREA, sono stati caricati sul sistema QSWAT.
- Tipo suolo. Le carte pedologiche disponibili dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia-Romagna sono state elaborate per generare il layer raster necessario dall'applicazione QSWAT per l'inizializzazione del modello SWAT.
- Per quanto riguarda i parametri colturali, sono stati utilizzati alcuni dei valori di default per le colture oggetto dello studio presenti nel bacino. Per i dati relativi alle date di semina e raccolta e la profondità massima dell'apparato radicale sono stati utilizzati i valori rappresentativi della zona. Particolare attenzione è stata riposta nell'impostazione dei dati relativi alle date di concimazione ed ai formulati, in stretta collaborazione con il Servizio Fitosanitario e le organizzazioni di produttori della zona, al fine di ottenere un set-up iniziale più conforme alla realtà.

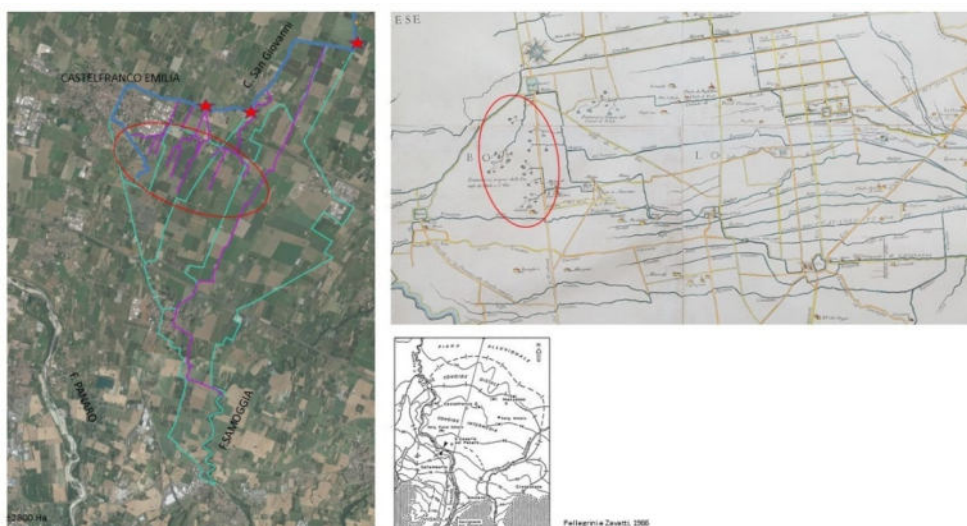
L'analisi preliminare dei dati si è focalizzata anche sullo studio delle variazioni tra il 2020 ed il 2021 dell'uso suolo nel bacino di studio. Nel grafico sottostante riportiamo la distribuzione dell'uso suolo nei due anni in esame.



*Grafico 3: distribuzione delle superfici per le diverse colture nei due anni di studio*

Come si può notare dal grafico precedente, non ci sono state variazioni significative nella distribuzione dell'uso suolo tra il 2020 ed il 2021, escluso per la coltura del sorgo dove si è osservato un incremento da 59 a 159 Ha coltivati. Le altre colture non evidenziano variazioni significative.

Per quanto riguarda gli aspetti idrologici del bacino, è da notare come nell'area di studio sia presente lo scarico del depuratore di Castelfranco Emilia, il quale contribuisce per una frazione ingente delle portate soprattutto nel periodo estivo. Oltre a ciò, è necessario rilevare che nella zona a sud dell'abitato di Castelfranco Emilia sono presenti delle risorgive che alimentano il Canale S. Giovanni. Nella figura seguente riportiamo la cartografia del reticolo idrografico del bacino, una cartografia storica dell'area e una mappa geologica dell'area.



*Figura 12: reticolo idrografico minore dell'area con evidenziata l'area dei fontanili e carta geologica dell'area*

Nella figura 12 abbiamo riportato il reticolo idrografico, con evidenziata l'area a sud dell'abitato di Castelfranco Emilia, ove sono presenti una serie di canalizzazioni minori che nascono da alcune risorgive, comunque già presenti in cartografie storiche. Tali risorgive, presenti peculiarmente a nord della via Emilia, sono state contestualizzate attraverso studi geologici ed idrologici da Pellegrini e Zavatti (1986) identificando nella zona il punto di contatto tra la conoide intermedia del Panaro e la piana alluvionale del Po. Il deposito di conoide va ad interdigitarsi sul deposito di materiali fini della piana alluvione: nei punti di contatto l'acquifero riemerge dando vita ai fontanili in questione. Il processo sopradescritto, come in altri bacini di pianura nella regione Emilia-Romagna, rende l'analisi

idrologica-idraulica abbastanza complessa perché porta alla luce l'annoso problema della sovrapposizione tra bacino idrologico e bacino idrogeologico. Nel caso dell'analisi in questione, ove il deflusso sotto-superficiale e profondo svolge un ruolo fondamentale, è comunque possibile soprassedere su una quantificazione di dettaglio di tali afflussi per l'evoluzione che tali fontanili hanno avuto negli ultimi anni: le risorgive per gran parte dell'anno sono totalmente secche per effetto dei cambiamenti climatici e dell'occupazione di suolo ed lo scarico del depuratore diventa uno dei principali tributari dal Canale S. Giovanni.

Per quanto riguarda l'analisi preliminare dei dati rilevati, particolare attenzione è stata riposta nella valutazione delle serie temporali e spaziali. Nella figura seguente riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni di azoto nitrico rilevati durante i campionamenti.

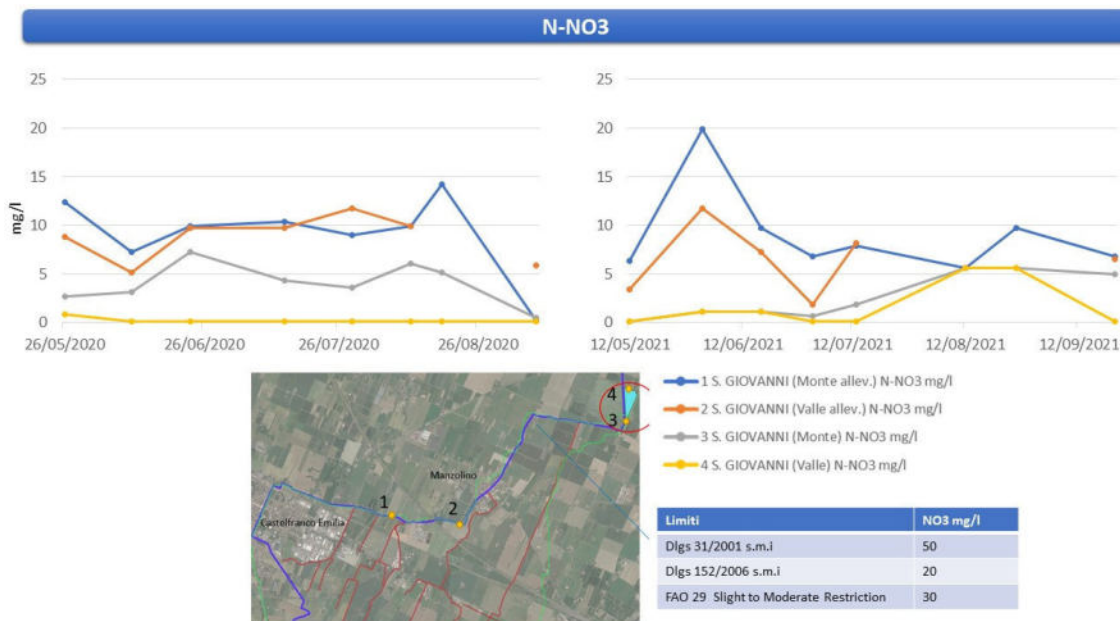


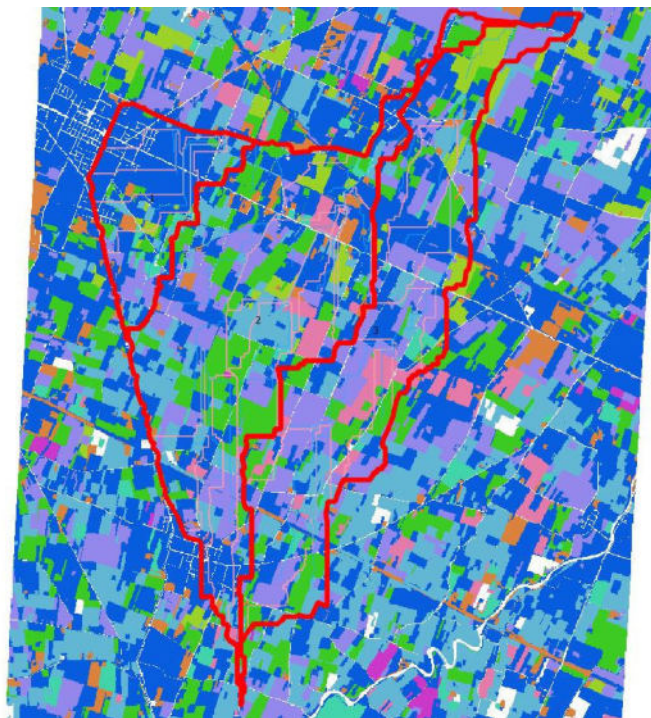
Figura 13: andamento dell'azoto nitrico nelle acque del canale San Giovanni

Nella figura precedente abbiamo riportato l'andamento della concentrazione di azoto nitrico nei punti di rilievo durante le 2 campagne di rilievo. A partire dal punto 1 sino al punto 3, per quasi tutte le date di campionamento, si nota una diminuzione della concentrazione per effetto delle dinamiche di degradazione in acqua associate alle chimiche cinetiche dell'elemento considerato; solo in alcune date troviamo valori più alti nel punto 2 rispetto al punto 1. Il reticolo di bonifica minore svolge anche la funzione di collettore di acque di drenaggio urbano, agro-industriale e proveniente da allevamenti. Quindi, per talune giornate di campionamento, è probabile si siano verificati sversamenti che hanno inciso sulle concentrazioni rilevate. Comunque, al punto 3 sono sempre stati trovati valori abbondantemente minori rispetto ai punti di campionamento a monte. Nella Figura 13 è riportata anche una tabella con i limiti di concentrazione dell'azoto nitrico, così come stabilito in varie leggi e documenti di settore: in tutti i casi, i valori riscontrati sono inferiori alle soglie di attenzione.

### ***Fase 5: creazione di scenari, per la simulazione dell'abbattimento dei nutrienti e dei principali inquinanti di origine agricola***

Utilizzando i dati del 2020, si è scelto di percorrere la strada dei quaderni di campagna come punto di partenza per la quantificazione degli input immessi nelle colture, da confrontarsi con i risultati delle analisi delle acque individuati come output dal sistema coltura/suolo/soluzione circolante. Sulla base della distribuzione delle colture nell'area interessata, rappresentata dalla tabella riportata nella sezione in cui si descrive la Fase 2, sono state individuate le colture più diffuse: vite, pero, frumento, bietole, medica. In sostanza, si è trattato di creare dei "quaderni di campagna tipo" che rappresentino la strategia di difesa tipo, messa in atto in quel territorio, in quel preciso anno, sulla base del relativo andamento meteo. I quaderni di campagna sono stati ricostruiti con la collaborazione del Servizio Fitosanitario di Modena e Reggio-Emilia, andando a definire le metodiche di gestione standard delle colture della zona in esame e validando quanto elaborato con le informazioni provenienti dai quaderni di campagna di alcune aziende localizzate nelle aree di studio. Tutti i dati sono riportati nel file QDC\_Rephyt\_2020\_2021.pdf, allegati alla presente relazione.

L'applicativo QSWAT è stato utilizzato per il pre-processamento dei dataset di input del modello SWAT. Nella figura seguente riportiamo lo strato uso suolo elaborato nell'applicativo QSWAT.



*Figura 14: elaborazione dello strato uso suolo per il pre-processamento in QSWAT*

Nella figura 14 abbiamo riportato l'immagine del file raster elaborato a partire dallo strato uso suolo per l'anno 2020 in formato .shp. Particolare attenzione è stata riposta nell'assegnare una chiave che consentisse l'identificazione della codifica della coltura nel database del software SWAT.

Nella figura 15 riportiamo a titolo esemplificativo il post-processamento che il software QSWAT esegue sui file di input combinando il reticolo idrografico preimpostato ed il modello digitale del terreno per identificare le HRU (hydrological recharge unit), che rappresentano le unità minime di simulazione.



Figura 15: successione dei processamenti di QSWAT da sx: delineazione dei sotto-bacini, individuazione delle linee di impluvio, creazione delle HRU

Gli step del processamento sono: il modello identifica le aree afferenti ad un sotto-bacino (in rosa) a partire dai bacini come preimpostati nel modello. Successivamente, il sistema provvede a tracciare le linee di impluvio a partire dal reticolo idrografico, anch'esso preimpostato nell'applicativo a partire dalle informazioni fornite dal Consorzio di Bonifica Burana. Nella terza fase, combinando anche l'uso suolo ed il tipo di suolo, il modello definisce le aree omogenee HRU, che saranno utilizzate per le simulazioni di SWAT. Per quanto riguarda le variabili meteorologiche degli anni in esame, sono stati utilizzati i dati di ARPAE relativi alla stazione meteo denominata Castelfranco Emilia [idrostr]. Nell'immagine seguente, riportiamo alcuni screen-shot del software SWAT+ che processa i dati geografici elaborati da QSWAT e consente l'editing dei database per effettuare le simulazioni.

Channels / Hydrology & Sediment hyd-seo-tte.cha

Search...

Showing 1 - 20 of 23 rows

NAME	ORDER	WD	DP	SLP	LEN	MANN	K	EROD_FACT	COV_FACT	WD_RTO	EQ_SLP	D50	CLAY	CARBON	DRY_RD	SIDE_SLP	BED_LOAD	T_CONC	SHEAR_BNK	HC_EROD	HC_HT	HC_LEN	DESCRIPTION
hydcha01	4	8.169	0.445	0.024	6.840	0.050	1	0.010	0.005	18.359	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha03	3	6.039	0.364	0.014	8.092	0.050	1	0.010	0.005	16.600	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha06	3	4.532	0.300	0.016	10.966	0.050	1	0.010	0.005	15.085	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha14	2	3.303	0.243	0.003	1.213	0.050	1	0.010	0.005	13.575	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha15	2	1.441	0.140	0.016	4.047	0.050	1	0.010	0.005	10.295	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha18	2	2.401	0.197	0	0.450	0.050	1	0.010	0.005	12.207	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha20	2	1.748	0.159	0.065	0.772	0.050	1	0.010	0.005	10.981	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha29	1	0.923	0.104	0.059	0.893	0.050	1	0.010	0.005	8.876	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha30	1	1.214	0.125	0.019	2.916	0.050	1	0.010	0.005	9.724	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha32	1	1.097	0.117	0.039	1.331	0.050	1	0.010	0.005	9.401	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha33	1	0.996	0.109	0.043	1.219	0.050	1	0.010	0.005	9.104	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha34	1	0.944	0.106	0.044	1.187	0.050	1	0.010	0.005	8.943	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha36	1	0.890	0.101	0.029	1.772	0.050	1	0.010	0.005	8.768	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha38	1	0.969	0.107	0.002	1.128	0.050	1	0.010	0.005	9.021	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha39	1	0.856	0.099	0.002	1.674	0.050	1	0.010	0.005	8.657	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha41	1	0.755	0.091	0.003	0.576	0.050	1	0.010	0.005	8.299	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha42	1	0.711	0.087	0.004	0.360	0.050	1	0.010	0.005	8.134	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha46	2	2.808	0.218	0.002	2.898	0.050	1	0.010	0.005	12.861	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha52	1	1.033	0.112	0.004	2.365	0.050	1	0.010	0.005	9.215	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x
hydcha53	1	1.617	0.151	0.004	2.648	0.050	1	0.010	0.005	10.699	0.001	12	50	0.040	1	0.500	0.500	10	0.750	0.100	0.300	0.300	x

Figura 16: interfaccia swat+ per il data entry dei valori relativi alla rete di canali



Le simulazioni sono state utilizzate per valutare l'effetto che l'eventuale cambio di gestione/conduzione delle colture (da gestione integrata a biologico per tutte le colture del bacino) avrebbe portato sui carichi di elementi chimici presenti nelle acque superficiali senza considerare aspetti che per chiarezza di trattazione riportiamo di seguito:

- Disponibilità per l'approvvigionamento di tutti i quantitativi necessari;
- Effetti sulla disponibilità degli elementi nutritivi nella soluzione circolante;
- Valutazioni degli effetti sulle produzioni in termini quantitativi;
- Valutazione degli effetti di eventuali accumuli di altri elementi;
- Effetti sulle caratteristiche fisiche dei terreni.

Nella figura successiva riportiamo il risultato delle simulazioni per l'anno 2020.

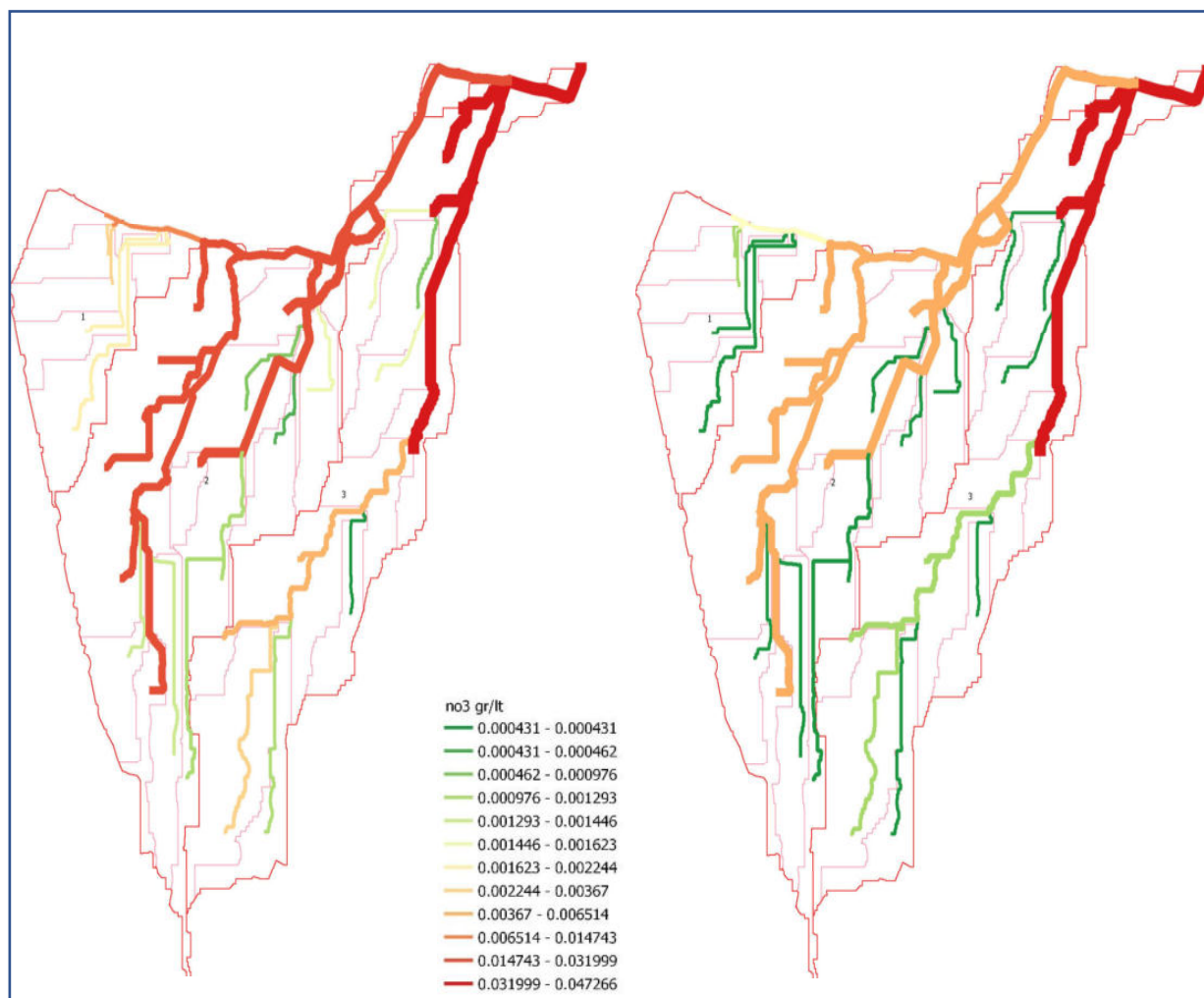


Figura 19: Risultati delle simulazioni espressi in gr/lt di azoto nitrico medio mensile presente nelle acque per l'anno 2020: sx agricoltura convenzionale, dx agricoltura biologica

Nella figura 19 abbiamo riportato i risultati delle simulazioni per i due scenari selezionati relativi all'anno 2020. Nelle immagini è riportato il contorno del bacino di studio ed i sotto-bacini identificati dal modello, come descritto nella sezione precedente. Inoltre, troviamo il reticolo idrografico reale ed il reticolo delle linee di impluvio, come simulato dal modello a partire dal DTM, rappresentato con colorazioni diverse dal verde al rosso in funzione della concentrazione di azoto nitrico simulato (come medie mensili). I differenti colori rappresentano differenti livelli di concentrazione di azoto



nitrico nelle acque superficiali espresso come valore medio mensile. I risultati confermano quanto previsto, il carico di azoto nitrico presente nelle acque superficiali connesso all'effetto dell'inquinamento diffuso di origine agricola tende ad essere minore in presenza di concimazioni organiche. Dalla figura precedente è possibile notare come per la maggior parte dei corpi recettori simulati nel modello il passaggio da una concimazione tradizionale ad una concimazione organica produce una riduzione fino al 60% dell'azoto nitrico nelle acque per l'anno simulato e date le condizioni pedologiche dell'area di studio.

Al fine di poter analizzare la correlazione tra i risultati della analisi multi-residuali delle acque, l'uso suolo ed i rispettivi quaderni di campagna, si è provveduto alla valutazione comparata dei dati sopraelencati. L'obiettivo di tale fase era quello di approfondire come le colture e le pratiche colturali potessero avere un effetto sulla qualità delle acque superficiali. Tale trattazione è molto complessa, perché dipende da una moltitudine di variabili difficilmente parametrizzabili, che rientrano nella modellistica associata al trasporto dei reattivi in cui, oltre a dinamiche fisiche, è necessario considerare dinamiche chimico-biologiche. Ci si è pertanto limitati ad una analisi qualitativa dei risultati, al fine di identificare eventuali fonti di indicatori del grado di esposizione di un territorio alla presenza di inquinamento diffuso di origine agricola. Per una trattazione di dettaglio dei 223 principi attivi analizzati si rimanda alla tesi di laurea della dott.ssa Elena Mellace allegata alla presente relazione. Nella presente trattazione, partiremo dall'identificare i principi attivi sui quali è possibile avviare delle analisi qualitative degne di una certa rilevanza e ciò è stato fatto con la stretta collaborazione del dott. Casoli direttore del Servizio Fitosanitario di Modena e Reggio-Emilia.

Nella Figura seguente abbiamo riportato le concentrazioni medie rilevata per i punti di campionamento 1, 2 e 3 espressa come media stagionale.

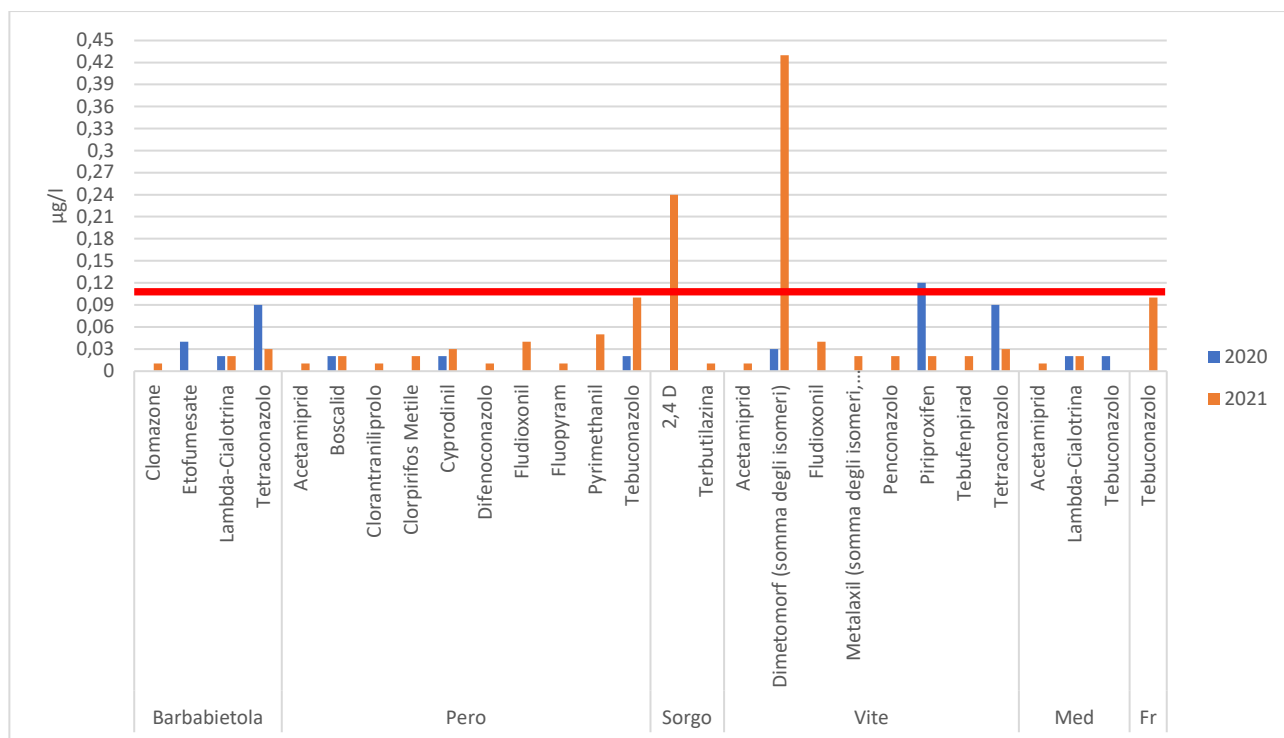


Figura 20: valori medi stagionali dei principi attivi divisi per coltura sulla quale vengono applicati

Per i principi attivi presenti nel grafico di Figura 20 non sono presenti valori soglia definiti da normativa: cautelativamente è stata imposta una soglia di 1 microgrammo per litro, rappresentata dalla linea rossa. Tra i vari principi attivi il 2,4D ed il Dimetomorf si manifestano con le concentrazioni maggiori.

Nella Figura seguente, riportiamo i valori rilevati dei principi attivi.

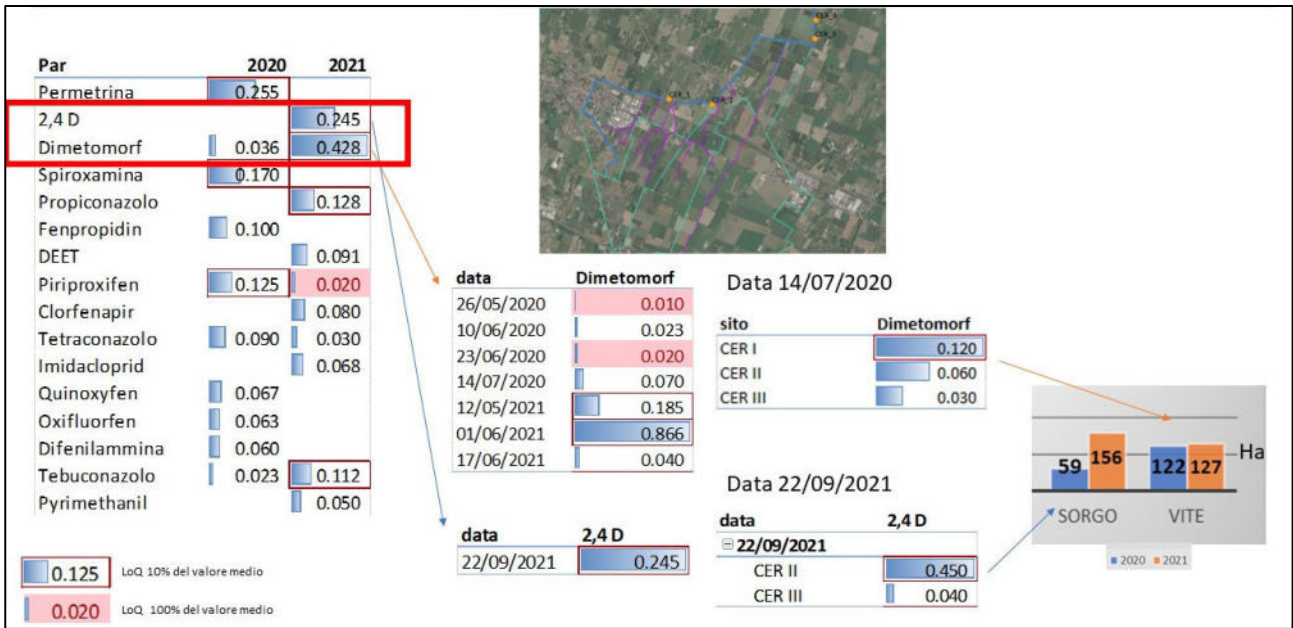


Figura 21: tabelle con concentrazioni medie annue di alcuni principi attivi; per alcuni viene anche esplicitata la distribuzione temporale e spaziale

Andando a valutare alcune peculiarità dei risultati dell'analisi multi-residuali, è possibile notare come il 2,4D, erbicida usato su sorgo in post-emergenza per il controllo delle malerbe, sia stato ritrovato solo nel 2021 ed in particolare nella data del 22/09. In tale data, inoltre, è stato ritrovato nel punto 2. La variazione di superficie destinata alla coltura di sorgo, passando dal 2020 al 2021, ha subito un incremento ingente andando a triplicarsi: la presenza di tale principio attivo potrebbe essere collegata a tale variazione dell'uso suolo. L'assenza di tale principio nel punto 1, più vicino allo sbocco dello scarico del depuratore, fa presumere che tale principio attivo possa realmente essere stato mobilizzato a partire dalle superfici destinate a sorgo, perché associato al flusso e deflusso superficiale dallo strato radicato.

L'altro principio attivo che ha manifestato concentrazioni abbastanza elevate è il Dimetomorf, fungicida generico utilizzato in viticoltura, che manifesta un'azione citotropica e translaminare a sistemicità locale. La sua attività è particolarmente elevata all'inizio dell'infezione, durante ed alla fine del periodo di incubazione, quando avviene la sporulazione. Viene assorbito rapidamente (1, 2 ore) per via fogliare, dove si sposta translaminarmente dalla pagina superiore a quella inferiore e dal centro verso i margini fogliari. Dal momento che la sua diffusione prosegue anche nei giorni successivi al trattamento, la sua protezione segue la crescita della foglia. Il Dimetomorf è una delle 5 molecole più ricorrenti nell'ambiente. La molecola ha un tempo di carenza abbastanza elevato in tutte le formulazioni. In generale, comunque, le concentrazioni medie trovate nel 2020 e 2021 hanno evidenziato dati molto differenziati con valori per il 2021 più elevati di un ordine di grandezza rispetto al 2020. Nonostante questo, la variazione nell'uso suolo per la coltura di vite è stata nulla. La variabilità potrebbe essere correlata alla variabilità climatica riscontrata nei due anni in esame ove temperatura, radiazione e idrologia hanno manifestato tendenze molto diversificate tale da incidere sui processi di biodegradazione della molecola in questione.

Per altri principi attivi trovati in concentrazioni minori riportiamo un breve commento:

Deet: repellente contro le zanzare. È probabile che in parte provenga da usi civili.

Spiroxamin: fungicida contro oidio per vite e cereali. È stato ritrovato solo nell'anno 2021, ma non è associato a nessuna variazione di uso suolo.

Tebuconazolo: fungicida usato su tutte le colture con elevata persistenza e tempo di carenza fino a 90 giorni per certe formulazioni.

## Conclusioni

Con la realizzazione dell'azione 3.2 del piano, è stato possibile valutare l'efficacia di abbattimento degli inquinanti dell'area fitodepurante, effettuando un bilancio di massa della concentrazione di alcuni dei parametri chimico-fisici e microbiologici analizzati nel corso della stagione 2020 e 2021. La percentuale di rimozione dei principali inquinanti agricoli è risultata molto buona ( $\pm 50\%$  di Azoto e  $\pm 40\%$  di Fosfati), con un notevole contenimento anche dei coliformi fino all'80-85% (si ricorda che il canale San Giovanni è anche recettore del troppo piano del depuratore di Castelfranco Emilia). Tali valori confermano quanto presente letteratura e quanto rilevato nell'area umida aziendale presente presso Acqua Campus, come descritto nell'Azione 3.1.

In previsione dell'applicazione del Regolamento EU n. 741/2020, il ruolo dei consorzi di bonifica sarà sempre più fondamentale per comprendere e gestire la qualità delle risorse idriche a scopi irrigui al fine di valutare gli effetti che l'uso di tali acque potrebbe avere sulle colture, ma soprattutto, gli impatti che eventuali "barriere" quali vegetazione ripariale, aree umide e bacini di stoccaggio potrebbero generare sulla qualità stessa e quindi sulle produzioni agricole.

Per quanto riguarda la qualità dell'acqua del canale di San Giovanni, l'analisi comparata delle concentrazioni degli elementi chimici e degli agrochimici rilevati nel canale, dello strato uso suolo e dei quaderni di campagna ha consentito di conseguire i seguenti risultati intermedi:

- Impostazione dettagliata e verificata degli input del modello agro-idrologico SWAT;
- Identificazione delle principali correlazioni tra elementi chimici nelle acque e gestione agricola;
- Identificazione dei principali processi associati alla dinamica biogeochimica degli agrochimici rilevati;
- Conferma della coerenza delle fonti informative identificate per la sviluppo di indicatori.

Le concentrazioni degli elementi analizzati nei campioni di acqua del canale di San Giovanni hanno manifestato valori sempre inferiori ai limiti di legge, qualora presenti. L'analisi comparata tra analisi chimiche e le altre fonti informative ha consentito inoltre di identificare alcuni driver che potrebbero influenzare la qualità delle acque rilevate, per es.: la variazione dell'uso suolo dal 2020 al 2021 relativamente alla coltura sorgo potrebbe essere connessa all'incremento della presenza del diserbante 2,4 D nelle acque. Tale principio attivo è stato rilevato solo per 1 data e principalmente nel punto di campionamento 2 e quindi per avere conferme estendibili ad altri contesti sarebbe comunque necessario un approfondimento sito-specifico e molecola-specifico; attività al di fuori degli obiettivi del piano. Per un maggior dettaglio sulle attività svolte e sull'analisi dei risultati si rimanda alla relazione allegata.

L'applicazione del modello SWAT ha consentito di simulare le dinamiche di dei nitrati che potrebbero essere causa di eutrofizzazione delle acque nel bacino idrologico in questione. Le simulazioni di scenario sono state realizzate per valutare l'effetto che l'eventuale cambio di gestione/conduzione delle colture (da gestione integrata a biologico per tutte le colture del bacino) potrebbe portare sui carichi di elementi chimici presenti nelle acque superficiali, in particolare passando ad una concimazione totalmente organica. Le simulazioni hanno evidenziato dei possibili abbattimenti per i nitrati fino al 60% su alcuni tratti del reticolo idrografico minore, come meglio dettagliato nell'allegato.

# PROGETTO REpHYT

## Azione 3.3

### Riciclo acque di lavorazione ad uso irriguo

La presente relazione descrive i risultati delle attività sperimentali relative all'azione 3.3 presente all'interno del Piano Operativo "Fitodepurazione e riuso per la riduzione dei nutrienti e fitofarmaci nelle acque di superficie del reticolo di bonifica" (acr. Rephyt), finanziato dal PSR 2014-2020, misura 16.1.01.

All'interno dell'azione in questione viene posto l'obiettivo di valutare la possibilità di riutilizzare in agricoltura le acque derivanti dai processi di lavorazione degli scarti di diverse filiere agroalimentari (viti-vinicola, lavorazioni di carni suine, avicole, etc.) su un vigneto a pieno campo confinante con l'impianto Caviro Extra, su colture arboree in vaso e su piccole parcelle di colture erbacee, al fine di valutare in seguito sia la tossicità legata all'accumulo di sali sia i risultati derivanti dall'utilizzo di acque cariche di nitrati per la riduzione degli apporti nutrizionali di concimi di sintesi.

Utilizzando il sistema irriguo dell'irrigazione localizzata sono state svolte le prove su tipologie diversificate sia di coltura (arborea-orticola) che di gestione dell'impianto (in campo ed in vaso) in modo tale da verificare gli effetti della salinità su un variegato panorama di coltivazione.

I trattamenti irrigui sono stati forniti seguendo il consiglio irriguo derivante dal sistema esperto *IrriFrame* su due tesi a differente qualità di acqua distribuita:

- Irrigazione con effluente depurato proveniente dall'impianto Caviro;
- Irrigazione con acqua proveniente dalla rete irrigua aziendale.

Su entrambi i trattamenti sono state poi valutate, durante la stagione, le performances fisiologiche delle piante (scambi gassosi fogliari e relazioni idriche), la composizione minerale dei tessuti (macro e micronutrienti) ed infine la resa e la qualità del prodotto alla raccolta. Sono stati inoltre monitorati i parametri del suolo riguardanti l'umidità e la conducibilità elettrica.

In particolare, le prove sono state svolte su:

- Vigneto in pieno campo (fig. 1);
- Parcelle di pomodoro da industria coltivato in campo (fig. 2);
- Astoni di melo di due anni di età in vaso (fig. 3).

L'attività sperimentale è stata condotta in maniera congiunta dal personale del Canale Emiliano Romagnolo e dai partner di progetto, il Gruppo di Ecofisiologia del DISTAL dell'Università di Bologna e la società Caviro Extra, ognuno dei quali ha messo a disposizione il proprio *know-how* per le varie fasi di sperimentazione.



Figura 1 Filari di vigneto a pieno campo



Figura 2 Parcelle di pomodoro da industria



Figura 3 Piante di melo in vaso

# Sommario

Risultati 2020.....	4
SPERIMENTAZIONE SU VIGNETO.....	4
Schema della prova .....	4
Meteo e irrigazioni .....	5
Qualità acque irrigazione e fertilizzazioni.....	6
Dati sensori.....	9
Dati fisiologici .....	9
Crescita vegetativa .....	9
Relazioni idriche .....	10
Scambi gassosi fogliari.....	11
Biometrie .....	12
Dati produttivi .....	13
Dati qualitativi .....	14
SPERIMENTAZIONE SU MELO E POMODORO.....	15
Sperimentazione su Melo.....	15
Dati produttivi .....	16
Sperimentazione su Pomodoro .....	16
Dati produttivi pomodoro .....	17
Conclusioni 2020 .....	17
Risultati 2021.....	19
SPERIMENTAZIONE SU VIGNETO.....	19
Meteo e irrigazioni .....	19
Qualità acque irrigazione e fertilizzazioni.....	21
Andamento della conducibilità elettrica apparente durante le due stagioni irrigue.....	22
Analisi chimiche su suolo.....	23
Dati fisiologici .....	23
Relazioni idriche .....	23
Scambi gassosi fogliari.....	24
Analisi nutrizionali .....	25
Dati produttivi .....	25
Dati qualitativi .....	27
SPERIMENTAZIONE SU MELO E POMODORO.....	27
Sperimentazione su Melo.....	27
Analisi chimiche su suolo.....	29

Analisi fisiologiche .....	30
Sperimentazione su Pomodoro .....	33
Analisi chimiche del suolo .....	34
Analisi fisiologiche .....	34
Dati produttivi e qualitativi.....	35
Conclusioni e considerazioni finali .....	36

# Risultati 2020

## SPERIMENTAZIONE SU VIGNETO

Il vigneto è situato nel territorio rurale del comune di Faenza (RA) nelle immediate vicinanze della cooperativa *Caviro* all'interno della quale vengono conferiti e lavorati i prodotti della filiera viti-vinicola.

Il vigneto in questione è un impianto che nel primo anno di sperimentazione risulta avere 4 anni di età (messo a dimora nel 2016) con cultivar di uva da vino *Pinot bianco* su portinnesto *Kober 5BB*, con sesto di impianto 2,9 x 1,3 m e coltivato a spalliera. L'irrigazione avviene tramite messa in pressione di linee gocciolanti *Netafim UNIRAM* di DN (diametro nominale) 20 mm con gocciolatori autocompensanti disposti *in-line* con passo 60 cm e di portata 2,3 l/h, per una portata complessiva dell'impianto di 1,32 mm/h ( $2,3 \text{ l/h} \div 0,6 \text{ m} \div 2,9 \text{ m} = 1,32 \text{ mm/h}$ ).

### Schema della prova

La sperimentazione avviene in pieno campo su due filari di vigneto. Ogni filare viene diviso in due parti in base alla tipologia di trattamento irriguo:

- Irrigazione con acqua prelevata da pozzo aziendale;
- Irrigazione con effluente depurato prelevato dall'impianto Caviro.

All'interno di ogni filare sono presenti 4 parcelle (2 per ogni tipo di trattamento irriguo) ciascuna composta da 3 piante per un totale di 12 piante per filare. In tutto sono presenti 8 parcelle ed un totale di 24 piante oggetto di analisi. La differenziazione del tipo di trattamento e dunque del tipo di qualità di acqua distribuita avviene grazie all'apertura di 4 valvole di derivazione autonome collegate ad altrettante linee gocciolanti (2 per filare). Ogni linea gocciolante, infatti, è stata debitamente predisposta per avere gli elementi distributori solamente in corrispondenza delle tesi da trattare e lasciando, dunque, delle parti cieche sulla tubazione in corrispondenza delle tesi opposte per tipo di trattamento. Sui filari sono stati inoltre installati i sensori idonei al monitoraggio delle variabili del suolo per ciò che riguarda l'umidità, la temperatura e la conducibilità elettrica. Lo schema della prova è apprezzabile all'interno della figura 4.

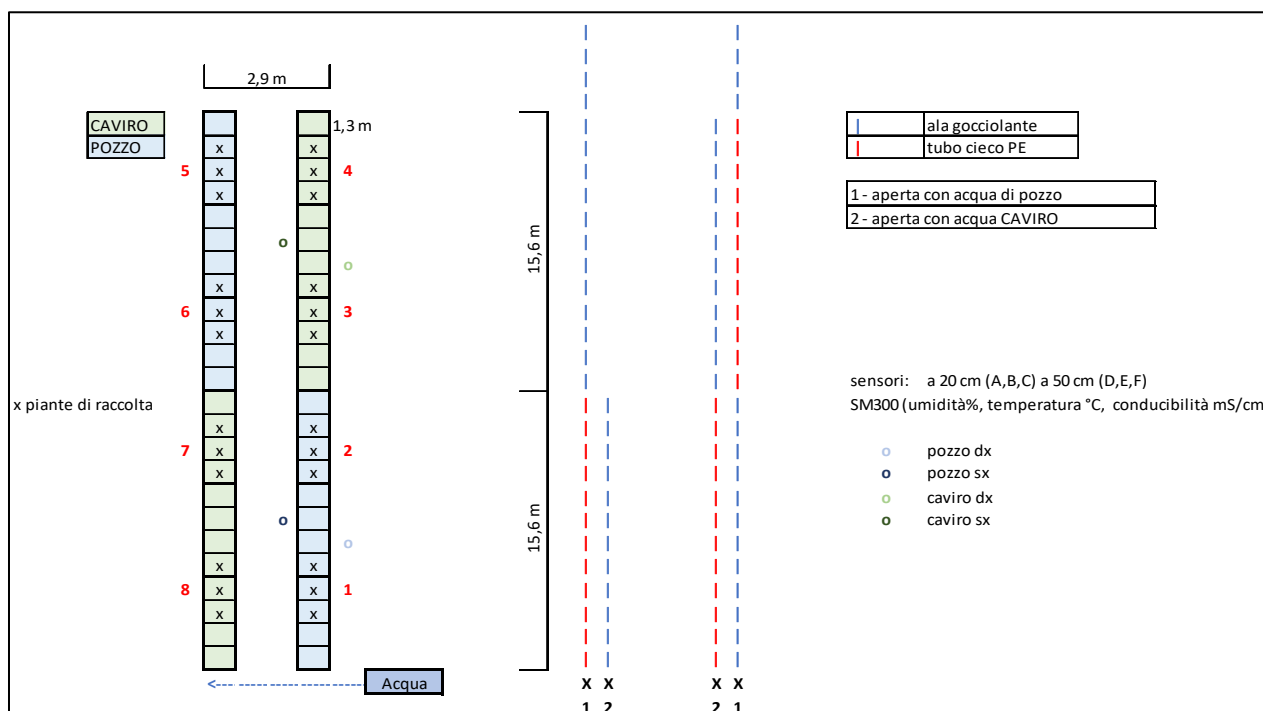


Figura 4 Schema sperimentale delle parcelle oggetto di studio e dei relativi trattamenti irrigui

## Meteo e irrigazioni

La stagione produttiva 2020 ha avuto inizio con la ripresa vegetativa in corrispondenza del 1° aprile e si è conclusa alla data di raccolta avvenuta il 24 agosto.

Nella figura 5 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento ( $ETo$ ), delle precipitazioni e delle irrigazioni effettuate mentre, all'interno della tabella 1, vengono riportati gli andamenti mensili delle precipitazioni, dei consumi idrici della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni.

L'andamento meteorologico della stagione 2020 è stato caratterizzato da una fase iniziale con precipitazioni piuttosto ridotte rispetto alla media, per un totale di 88,6 mm caduti nel trimestre aprile-giugno; seguito poi da un periodo estivo caratterizzato da una piovosità media con 60,7 mm caduti nei mesi estivi di luglio-agosto (sino al 24/08) per un totale di 149,3 mm caduti durante tutto l'arco stagionale (dalla ripresa vegetativa sino alla raccolta). Mentre, i valori di evapotraspirazione di riferimento ( $ETo$ ), pur nella media climatologica, hanno talvolta superato i 6 mm/giorno, in particolare tra giugno e luglio.

Grazie ad una stagione irrigua non particolarmente siccitosa e caratterizzata da alcuni eventi piovosi dai quali le piante hanno tratto beneficio, gli interventi irrigui sono stati contenuti, per un totale di 91 mm distribuiti in totale.

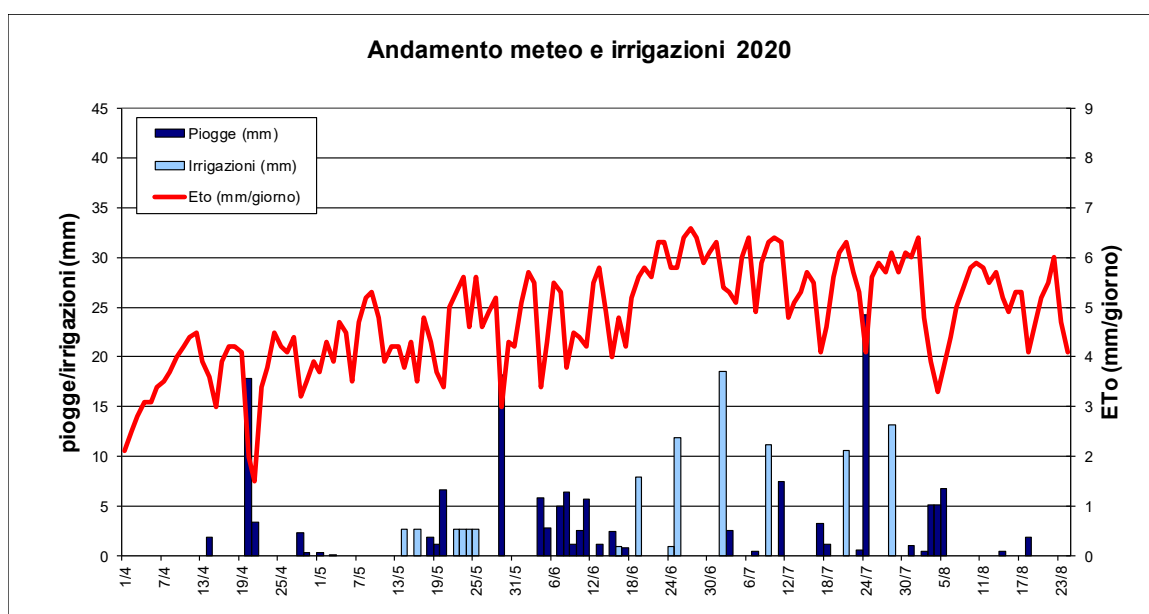


Figura 5 Andamento giornaliero meteo e irrigazioni vite CAVIRO 2020

Tabella 1 Andamenti mensili meteo e irrigazioni vite Caviro 2020

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	TOTALE
<b>piogge (mm)</b>	25,7	28,4	34,5	40,9	19,8	149,3
<b>Eto (mm/giorno)</b>	3,6	4,4	5,3	5,6	5,0	4,8
<b>Ete (mm/mese)</b>	63,6	81,3	95,2	85,2	39,9	365,1
<b>deficit (mm)</b>	37,9	52,9	60,7	44,3	20,1	215,8
<b>Irrigazione (mm)</b>	0,0	15,9	21,6	53,5	0,0	91

All'interno della figura 6 viene invece riportato l'andamento dell'umidità del terreno nel corso della stagione che è variabile per le piogge e le irrigazioni effettuate (variazioni positive) e per i consumi evapotraspirativi



(variazioni negative): tutti i valori sono espressi in mm di acqua disponibile presente nello strato interessato dall'apparato radicale. Per le specie arboree il modello *IrriFrame* calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm).

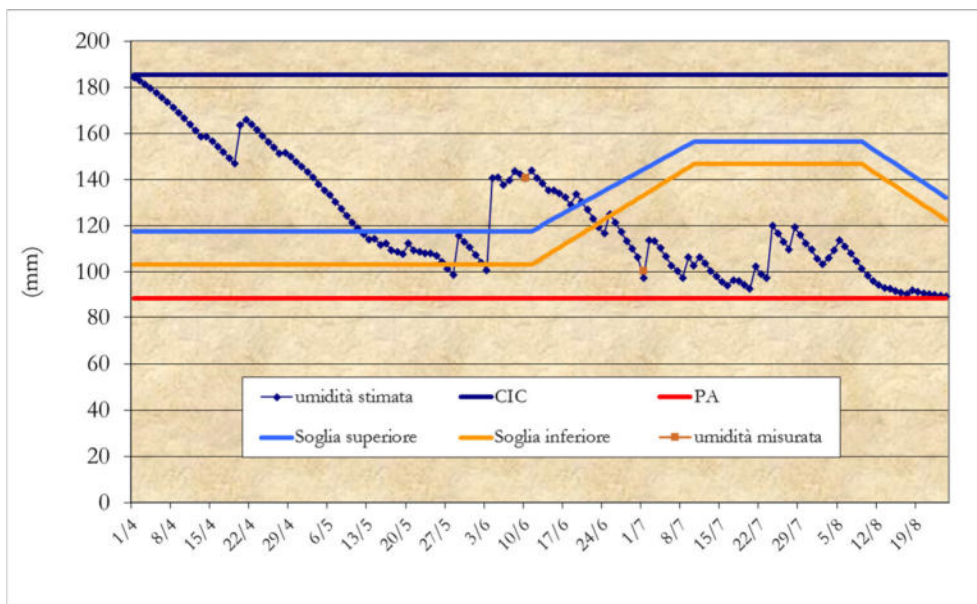


Figura 6 Andamento dell'umidità del terreno vite CAVIRO 2020

Infine, in figura 7 è riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata alla stazione associata al quadrante meteo della zona. In questo caso, non è stata mai rilevata una profondità di falda superiore ai 3 m rispetto al piano di campagna, pertanto ininfluenza nel bilancio idrico per quanto riguarda gli apporti di risalita capillare.



Figura 7. Andamento della falda ipodermica rilevata alla stazione di monitoraggio 07RA Fondo Canale, Faenza Nord-Ovest

### Qualità acque irrigazione e fertilizzazioni

Come già espresso, la sperimentazione è indirizzata a verificare l'applicabilità ed il riuso ai fini irrigui delle acque di scarto depurate. Sono state dunque eseguite le analisi di laboratorio volte a definire la qualità delle

acque utilizzate per l'irrigazione, l'effluente depurato proveniente dall'impianto *Caviro* e l'acqua prelevata alla fonte di approvvigionamento idrico in azienda. Le analisi, effettuate nel periodo antecedente l'inizio della sperimentazione irrigua ed apprezzabili nelle tab. 2 e 3, hanno condotto a differenti risultati tra le due tipologie di acque analizzate, con un contenuto di Sali disciolti nettamente maggiore nell'acqua proveniente da *Caviro* (tab.2) rispetto all'acqua captata dalle fonti di approvvigionamento aziendale (tab.3). Di conseguenza risulta una conducibilità elettrica di circa 7 volte maggiore nelle acque reflue rispetto a quelle prelevate nei pozzi aziendali.

*Tabella 2 Analisi degli effluenti depurati effettuata in data 12/05/2020. Analisi a cura di Caviro Extra.*

Campione	CAVIRO
COD (ppm)	148
NH4 (ppm)	0,19
NO3 (ppm)	7,99
NO2 (ppm)	0,07
Cl (ppm)	839
SO4 (ppm)	985
P (ppm)	6,49
pH	8,33
NO2+NO3 (ppm)	8,06
Solidi sospesi (mg/l)	45
N tot (ppm)	8,25
Conducibilità (mS/cm)	<b>7,11</b>

*Tabella 3 Risultati analisi delle acque rilevate ai 3 punti di captazione su pozzi presenti in azienda. Analisi effettuate in data 22/03/2019 a cura del laboratorio di analisi ENOMONDO s.r.l.*

Campione	1	2	3
COD (ppm)	7,65	5,97	8,12
NH4 ppm)	0,515	0,579	0,896
NO3 (ppm)	0,9	1,2	1,7
NO2 (ppm)	0,064	0,051	0,039
Cl (ppm)	62	41	115
SO4 (ppm)	27	29	41
pH	7,48	7,37	7,42
NO2+NO3 (ppm)	0,964	1,251	1,739
N tot (ppm)	1,479	1,83	2,635
Conducibilità (mS/cm)	<b>0,984</b>	<b>0,944</b>	<b>1,182</b>

Durante la campagna irrigua 2020 è stato effettuato un costante monitoraggio sulle acque reflue depurate provenienti dall'impianto *Caviro*, ciò al fine di verificarne l'applicabilità ai fini irrigui e l'eventuale carico di nutrienti da dover compensare nella tesi trattata con acqua proveniente dalle fonti di approvvigionamento aziendali.

Di seguito in tab. 4 vengono riportati i risultati delle analisi chimiche condotte durante la stagione sui reflui depurati, seguite dalle compensazioni di nutrienti fornite attraverso l'acqua prelevata all'azienda agricola (tab. 5). La compensazione di azoto è stata effettuata per riequilibrare gli apporti azotati su entrambe le tesi. Prendendo in considerazione il quantitativo di azoto totale contenuto nei reflui depurati da dover utilizzare per irrigare, è stata poi calcolata la corrispettiva quantità da distribuire (tab. 5) nella tesi irrigata con acque aziendali (sprovviste di un carico così alto di nutrienti azotati).

Tabella 4 Risultati delle analisi condotte sulle acque provenienti dall'impianto Caviro. Analisi condotte Caviro Extra.

Data	pH	C.O.D. (ppm O2)	N- NH4	NH3	P-PO4	Cl	N- NO2	N- NO3	NO2+NO3	SO4	Solidi Sospesi Totali	N tot in acque di scarico (ppm N)
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/l	ppm
01/06/2020	8,28	132	0,1	0,08	5,47	1075	0,21	8,42	8,63	458	30	8,73
04/06/2020	8,29	140	0,1	0,08	4,82	1116	0,14	7,74	7,88	339	-	7,98
08/06/2020	8,25	141	0,1	0,08	4,36	1123	0,1	19,67	19,76	279	50	19,86
09/06/2020	-	-	0,21	0,16	-	1108	0,15	34,7	34,85	282	-	35,06
10/06/2020	-	-	0,1	0,08	-	1100	0,1	53,25	53,35	282	-	53,45
11/06/2020	8,31	168	0,2	0,16	4,3	1077	0,11	49,98	50,09	270	-	50,29
15/06/2020	8,27	167	0,84	0,65	3,48	1068	0,24	29,1	29,34	218	30	30,18
18/06/2020	8,36	157	0,7	0,54	3,36	1047	0,07	23,61	23,68	225	-	24,38
22/06/2020	8,41	143	0,59	0,46	2,45	1040	0,16	18,19	18,35	216	55	18,94
25/06/2020	8,38	135	0,34	0,26	2,12	1032	0,08	15,6	15,67	189	-	16,01
29/06/2020	8,42	123	0,67	0,52	2,77	1017	0,1	6,73	6,82	183	55	7,49
02/07/2020	8,28	132	0,57	0,44	1,95	1005	0,01	6,34	6,35	195	-	6,92
06/07/2020	8,46	127	0,47	0,37	1,77	978	0,1	7,34	7,43	218	100	7,91
09/07/2020	8,37	129	0,36	0,28	2,06	960	0,05	19,73	19,78	226	-	20,13
13/07/2020	8,33	127	0,37	0,29	0,37	925	0,01	36,12	36,13	230	55	36,5
16/07/2020	8,25	125	0,4	0,31	1,33	919	0,01	35,87	35,87	227	-	36,27
20/07/2020	8,40	127	0,38	0,3	1,15	852	0,01	30,05	30,07	181	20	30,45

Il simbolo “-” indica la mancanza del risultato per quella data.

Tabella 5 Compensazioni di azoto applicate sulla superficie della prova.

Data	mm irrigazione	ppm N	Kg di N/ha	g di N/sup	g di Amnitra/sup	g di Amnitra/luce	
25/06/2020		11,9	16,01	1,90519	17,24	50	8
02/07/2020		18,5	6,92	1,2802	11,58	34	6
09/07/2020		11,2	20,13	2,25456	20,40	60	10
21/07/2020		10,6	30,45	3,2277	29,20	85	14
<b>TOT</b>				<b>9</b>	<b>78</b>	<b>229</b>	<b>38</b>

Gli apporti di nutrienti trattati sinora non sono stati gli unici. Il vigneto è stato comunque fertilizzato indistintamente con l'impianto fuori prova per un apporto kg/ha di nutrienti pari a 45,1 di Azoto, 29,8 di Fosforo e 71,8 di Potassio distribuiti nell'arco di tre interventi con prodotti fertilizzanti commerciali di cui si riporta il nome ed il titolo all'interno della tabella 6.

Tabella 6 Fertilizzazioni effettuate indistintamente su tutto il vigneto.

DATA	TITOLO N	TITOLO P2O5	TITOLO K2O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P2O5 kg/ha	Dose K2O kg/ha	Nome prodotto
24/06/2020	11	0	0	9,1	2,7	0	0	nitromag
24/06/2020	13,5	0	46,2	9,1	3,4	0	11,5	multi-K
24/06/2020	2	0	0	3,7	0,2	0	0	vagater
16/06/2020	11	0	0	9,1	2,7	0	0	nitromag
16/06/2020	13,5	0	46,2	9,1	3,4	0	11,5	multi-K
16/06/2020	2	0	0	3,7	0,2	0	0	vagater
15/04/2020	12	11	18	99	32,5	29,8	48,8	yara
<b>Totale</b>					<b>45,1</b>	<b>29,8</b>	<b>71,8</b>	

## Dati sensori

Sui filari sono stati installati dei sensori di tipo capacitivo FDR (Frequency Domain Reflectometry) per la misura dell'umidità del terreno, della temperatura e della conducibilità elettrica apparente. I risultati dei sensori applicati, *Waterscout SmeC 300*, sono apprezzabili in maniera grafica all'interno delle figure 8 e 9.

Con le irrigazioni il contenuto di umidità è stato mantenuto mediamente attorno a valori compresi tra il 15 ed il 45% del volume del suolo ad esclusione del periodo di agosto ove la coltura non è stata irrigata.

I valori di conducibilità hanno raggiunto valori differenti tra le due tesi ed in particolare:

- Il valore della conducibilità elettrica della soluzione acquosa, ricavato tramite relazioni empiriche (legge di Archie), raggiunge i valori di 7 mS/cm nella tesi Caviro; ciò accade quando il terreno risulta essere più asciutto e dunque i Sali più concentrati. Tali valori sono simili a quelli misurati sull'acqua distribuita (paragrafo qualità acque irrigazione e fertilizzazioni). Nella tesi opposta i valori di conducibilità della soluzione acquosa oscillano tra 1 e 3 mS/cm;
- Il valore della conducibilità elettrica apparente, riferita dunque resistività della matrice solida e liquida, è sempre più elevato sulla tesi Caviro anche se tale valore risulta sempre più elevato perché correlato sia al contenuto idrico che alla quantità di Sali disciolti nella soluzione acquosa;
- Confrontando le misurazioni inerenti alla conducibilità elettrica della soluzione acquosa (EC sensore ed EC acqua), queste tendono ad avere andamenti simili nella fase iniziale quando il terreno risulta avere contenuti di umidità più elevati. Nella fase intermedia questi due dati si separano nettamente, a conferma del fatto che la salinità rilevata è legata a quella della soluzione acquosa. Nella finestra temporale che va dal 20 settembre al 14 ottobre, l'effetto delle piogge sulla tesi Caviro ha portato ad una lisciviazione dei Sali negli strati più profondi. Lo stesso non è avvenuto sulla tesi opposta poiché non è avvenuto accumulo di Sali durante la stagione.

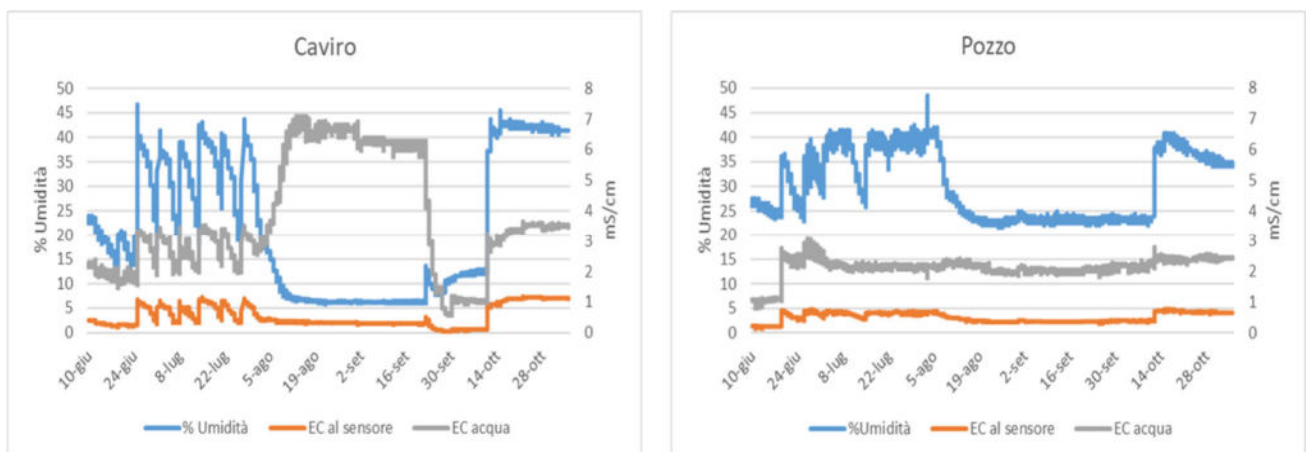


Figura 8 Risultati sensori SMEC 300 e inserimento calcolo della conducibilità della soluzione acquosa.

## Dati fisiologici

### Crescita vegetativa

Su 12 piante (6 per il trattamento irrigato con acqua di Pozzo e 6 irrigate con acqua Caviro) sono state misurate le lunghezze di 3 germogli per singola pianta. Le misurazioni sono state effettuate due volte, la prima il 1 luglio e la seconda il 29 luglio, utilizzando un classico metro a nastro.

Il tasso di crescita assoluto (AGR, mm giorno<sup>-1</sup>) dei germogli è stato quindi calcolato come segue:  $AGR = (D_{t1} - D_{t0}) / (t1 - t0)$ ; dove  $D_{t1}$  e  $D_{t0}$  sono la lunghezza dei germogli misurata in un dato giorno dell'anno ( $t1$ ) e nella data di campionamento precedente ( $t0$ ).

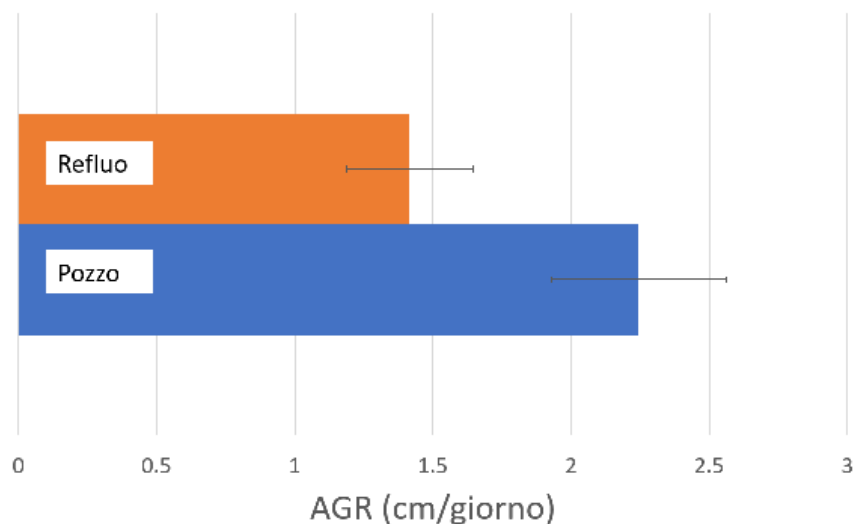


Figura 9 Crescita germogli (AGR; tasso di crescita assoluto)

Come è possibile osservare dalla Fig. 9, i germogli irrigati con acqua di Pozzo hanno avuto un tasso di crescita assoluto (AGR) più elevato rispetto a quelli irrigati con acque Caviro (Refluo), sebbene non sia stata osservata alcuna differenza statistica.

La limitata differenza di AGR, sebbene non significativa, potrebbe essere dovuta alla maggiore salinità dell'acqua Caviro rispetto a quella Pozzo (Tab.2).

## Relazioni idriche

Il potenziale idrico delle foglie e del fusto è stato misurato in data 01/07 ed in data 29/07 alle 12:30. Per le misurazioni è stata utilizzata una camera a pressione Scholander (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA).

Il potenziale idrico fogliare è stato misurato su una foglia ben esposta per singolo albero: 12 nella prima misurazione (6 per ogni tipo di trattamento irriguo) e 16 nella seconda misurazione (8 per ogni tipo di trattamento irriguo).

Allo stesso modo, il potenziale idrico del fusto è stato misurato su una foglia per albero precedentemente coperta con un foglio di alluminio per consentirne l'equilibrio con il fusto. Durante la prima misurazione (1° luglio) il potenziale del fusto è stato misurato su 12 foglie (6 per ogni tipo di trattamento irriguo), e durante la seconda misurazione (29 luglio) su 16 foglie (8 per ogni tipo di trattamento irriguo).

Nella seconda misurazione (29 luglio) è stato misurato anche il potenziale idrico dei grappoli (8 per ogni tipo di trattamento irriguo).

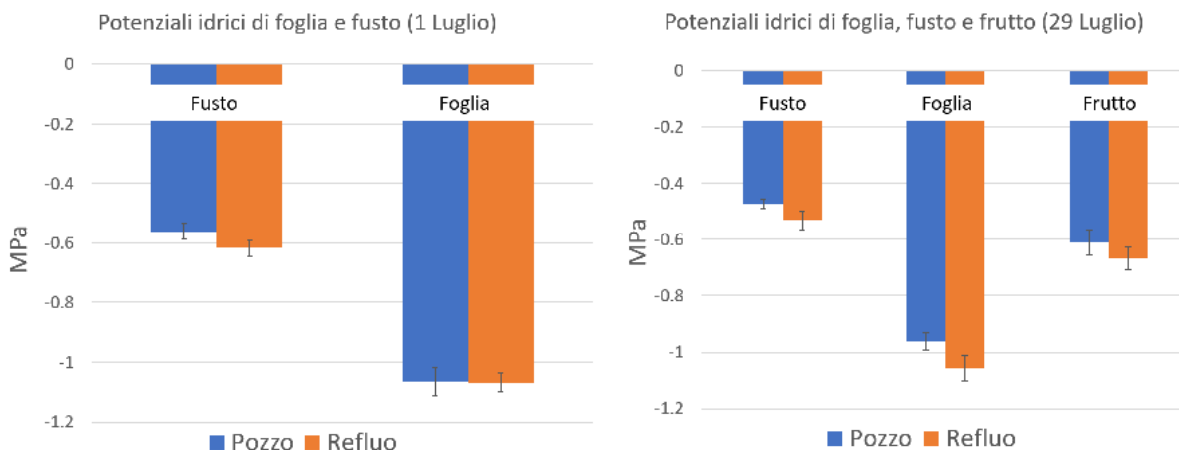


Figura 10 Dati relativi ai potenziali idrici misurati nelle due date di rilievo su foglie, fusti e frutti (solo 29/07).

Durante la prima misurazione (1 luglio), non sono state riscontrate differenze significative nei potenziali idrici tra i due trattamenti, né per la foglia né per il fusto (Fig. 10).

L'assenza di differenze significative tra i due tipi di trattamento, in particolare per quanto riguarda il potenziale fogliare, potrebbe essere legata al fatto che alla data del primo rilievo era stata effettuata una sola irrigazione con acque Caviro con un apporto totale di 11.9 mm.

Allo stesso modo, anche nella seconda misurazione, il 29 luglio, non sono state riscontrate differenze significative di potenziale idrico tra i due trattamenti, né per la foglia, né per il fusto e né per i grappoli (Fig. 10).

Il potenziale idrico di fusto, foglie e grappoli delle piante irrigate con acqua Caviro ha mostrato valori leggermente più negativi rispetto a quelli irrigati con acqua di Pozzo. I valori di potenziale idrico leggermente inferiori per la tesi Reflua potrebbero essere dovuti ad una maggiore salinità causata dai cloruri presenti nell'acqua (Tab.2), infatti le piante irrigate con acqua Caviro hanno potenziali idrici più negativi rispetto alle piante irrigate con acque di Pozzo, sebbene questa differenza sia minima.

### Scambi gassosi fogliari

Negli stessi giorni in cui sono stati misurati i potenziali idrici (1° luglio e 29 luglio) sono state anche misurate la fotosintesi, la traspirazione e la conduttanza stomatica, utilizzando un analizzatore di gas portatile (Li-COR 6400, LICOR, Lincoln, Nebraska, USA).

Durante ciascuna misurazione, l'intensità della luce all'interno della cuvetta è stata mantenuta costante impostando il livello di luce al livello di luce incidente registrato dal sensore PPFD immediatamente prima delle misurazioni.

Gli scambi gassosi fogliari sono stati misurati su una foglia per pianta, per un totale di 12 piante (6 irrigate con acqua di Pozzo e 6 irrigate con acqua di Caviro).

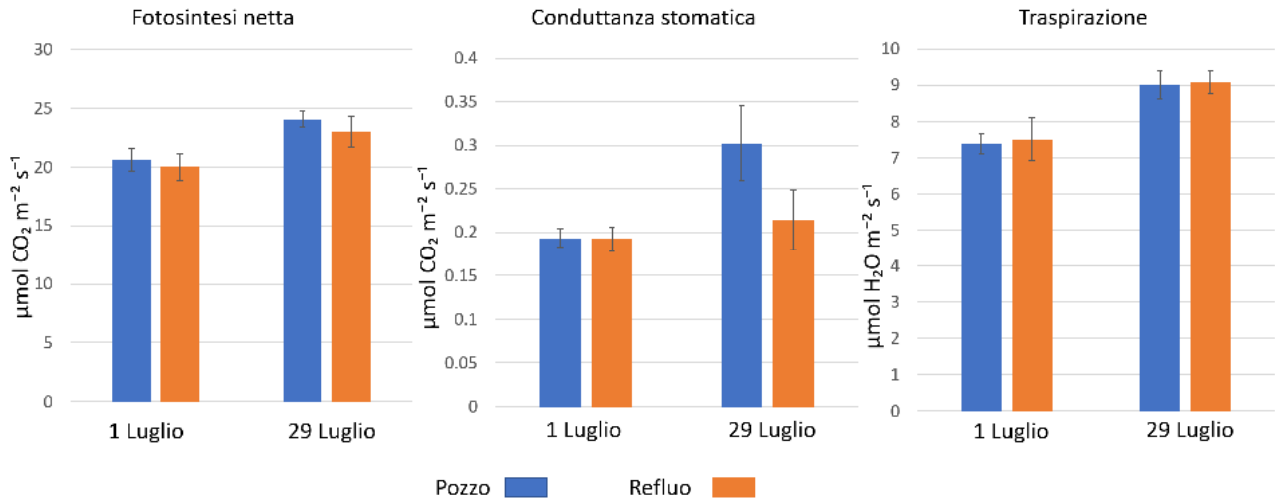


Figura 11 Scambi gassosi fogliari

Come si può notare dalla Fig.11, nella prima misura (1° luglio) non sono state riscontrate differenze significative tra i due trattamenti sugli scambi gassosi fogliari.

Anche ad un mese dall'inizio della prova, con una somministrazione di 65.4 mm di acqua Caviro, ovvero nella data del 29 luglio, non sono state riscontrate differenze significative tra le due tesi. Nonostante ciò, come per i potenziali idrici, c'è stata una limitata riduzione dei valori di scambi gassosi fogliari nelle piante irrigate con acqua Caviro.

## Biometrie

Come è stato già espresso la prova è stata articolata per tipologia di trattamento irriguo su due filari di vigneto come rappresentato nello schema apprezzabile all'interno della figura 12.

In corrispondenza di tutte le piante presenti nei due filari (24 piante per filare) sono state effettuate le rilevazioni biometriche riguardanti la circonferenza del fusto.

Le rilevazioni, effettuate in data 25/03/2021 a ridosso della ripresa vegetativa, sono state effettuate seguendo l'andamento dei filari in direzione CAVIRO 1-POZZO 2 per il filare n.1 ed in direzione CAVIRO 2-POZZO 1 per quanto riguarda il filare n.2.

All'interno della tabella 7 sono riportati i risultati delle rilevazioni biometriche.

Considerando i dati misurati, non si notano significative differenze nello spessore del fusto delle piante.

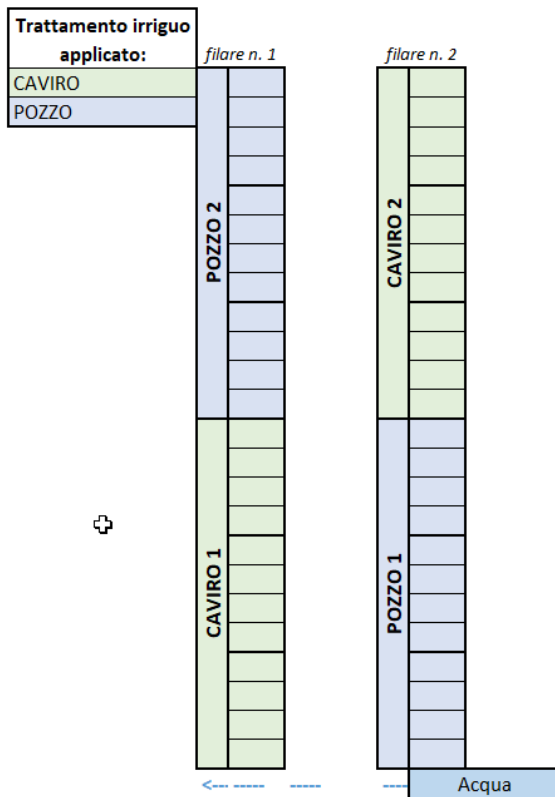


Figura 12 Distribuzione delle piante per filare e tipologia di trattamento irriguo.

Tabella 7 Misura del diametro delle piante di vite.

Circonferenza (cm)			
CAVIRO 1	CAVIRO 2	POZZO 1	POZZO 2
11	10	12,5	12
11	10,5	12	12
11	10,5	11	10
10	10,5	9	9,5
11	11	10,5	12
11,5	11	11,5	9
10,5	9,5	11,5	11
11	11	11,5	10,5
11	10	11	10,5
12	10	10	11,5
10	11,5	10,5	10
10,5	10,5	10,5	10,5
<i>Medie</i>			
<b>10,88</b>	<b>10,50</b>	<b>10,96</b>	<b>10,70</b>
<i>Significatività</i>			
<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

## Dati produttivi

I dati produttivi conseguenti la raccolta avvenuta in data 24/08/2020 e relativi al primo anno di sperimentazione, non hanno evidenziato differenze produttive tra le due tesi. La media produttiva delle due tesi è risultata pressoché identica e, pur effettuando il test statistico della varianza (ANOVA), non si evidenziano anche qui significative differenze produttive in relazione ai trattamenti effettuati.

I risultati produttivi vengono riassunti nelle tabelle 8 e 9 che seguono.



Tabella 8. Dati produttivi rilevati in campo e letture sensori 2020

Irrigazione	parcella	pianta	Kg	N. grappoli	note
Acqua di pozzo	1	1	9,32	79	37,20%
		2	7,48	60	24,1°C
		3	7,38	62	0,93 dsm
		totale pc.	24,18	201	
Acqua di pozzo	2	1	11,56	96	33,10%
		2	6,38	74	25,6°C
		3	12,62	79	0,05dsm
		totale pc.	30,56	249	
Acqua di laguna CAVIRO	3	1	4,64	52	21,80%
		2	8,98	70	26,2°C
		3	9,32	75	0,02 dsm
		totale pc.	22,94	197	
Acqua di laguna CAVIRO	4	1	4,74	50	49,90%
		2	8,44	67	25,8°C
		3	5,74	61	1,29 dsm
		totale pc.	18,92	178	
Acqua di pozzo	5	1	10,12	79	37,20%
		2	3,92	34	26,0°C
		3	9,04	73	0,40 dsm
		totale pc.	23,08	186	
Acqua di pozzo	6	1	9,04	100	21,8% 26,4°C
		2	10,94	107	0,35 dsm
		3	6,2	72	sostituita pianta
		totale pc.	26,18	279	
Acqua di laguna CAVIRO	7	1	8,48	98	34,90%
		2	7,92	81	27,1°C
		3	6,28	71	0,02 dsm
		totale pc.	22,68	250	
Acqua di laguna CAVIRO	8	1	17,38	121	6,32%
		2	11,76	118	25,5°C
		3	9,32	46	0,3 dsm
		totale pc.	38,46	285	

Tabella 9. Medie produttive relative ai due trattamenti

Medie	Kg/pianta	N. grappoli/pianta	q/ha	p.m. grappoli (g)
Pozzo	8,667	76,250	229,89	114,50
Caviro	8,583	75,833	227,67	114,61
significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

## Dati qualitativi

I dati qualitativi sull'uva sono riportati in tabella 10: non si rilevano differenze significative tra i trattamenti anche sulla qualità del prodotto.

Tabella 10 Medie dei parametri qualitativi relative ai due trattamenti.

Medie	Peso 30 acini (gr.)	°Brix	pH	Acidità g/l
pozzo	54,75	19,23	3,69	6,81
caviro	55,93	19,13	3,80	7,18
significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

## SPERIMENTAZIONE SU MELO E POMODORO

Entrambe le prove sono state svolte presso l'azienda sperimentale dell'università di Bologna sita a Cadriano e afferente al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari. Anche in questo caso la prova è stata condotta predisponendo due trattamenti irrigui differenti per qualità di acqua impiegata e dunque:

- Irrigazione con acqua derivante dalla rete consortile;
- Effluenti della ditta CAVIRO.

### Sperimentazione su Melo

La sperimentazione è avvenuta su astoni di melo di due anni di età della varietà *Ozark Gold* su portinnesto *M9*.

Anche in questo caso sono stati installati dei sensori di tipo capacitivo che, oltre al dato relativo al contenuto di umidità, sono in grado di rilevare la conducibilità elettrica apparente del suolo. I sensori sono stati installati in data 22/06 alla profondità di 20 cm.

All'interno della stagione irrigua sono stati distribuiti in tutto 120 litri di acqua per pianta distribuiti attraverso 31 interventi irrigui da 3,87 litri pianta<sup>-1</sup> nell'arco di tempo che va dal 22/06 al 10/09.

Di seguito, all'interno della fig. 13, è possibile apprezzare l'andamento dell'umidità del suolo (misurato tramite sensoristica) in funzione degli apporti idrici avvenuti per pioggia ed irrigazioni nel periodo considerato. Inoltre, all'interno della tab. 11, vengono riportati i volumi distribuiti settimanalmente.

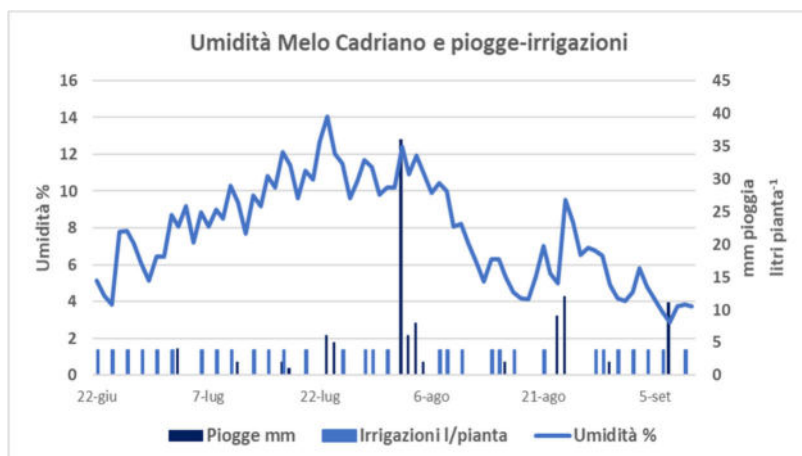


Figura 13 Rappresentazione esemplificativa dell'andamento dell'umidità misurata al suolo in funzione degli apporti idrici per pioggia ed irrigazione.

Tabella 11 Registro dei volumi idrici apportati per irrigazione settimanalmente. È possibile risalire al numero di interventi dividendo il volume per 3,87.

Registro settimanale delle irrigazioni	
Date	volume (l/pianta)
22/06-28/06	15,48
29/06-05/7	7,74
06/07-12/07	11,61
13/07-19/07	11,61
20/07-26/07	7,74
27/07-02/08	11,61
03/08-09/08	7,74
10/08-16/08	11,61
17/08-23/08	7,74
24/08-30/08	7,74
31/08-06/09	15,48
07/09-09/09 fine irrig.	3,87
<b>TOTALE</b>	<b>120</b>

All'interno delle figure 14 e 15 vengono riportate le rilevazioni dei sensori mediate con dettaglio giornaliero dal 22/06, momento dell'installazione dell'apparato di rilievo, sino al 31/07, data finale delle rilevazioni (in realtà la rilevazione sarebbe continuata ma è stata interrotta a causa di un malfunzionamento nei datalogger).

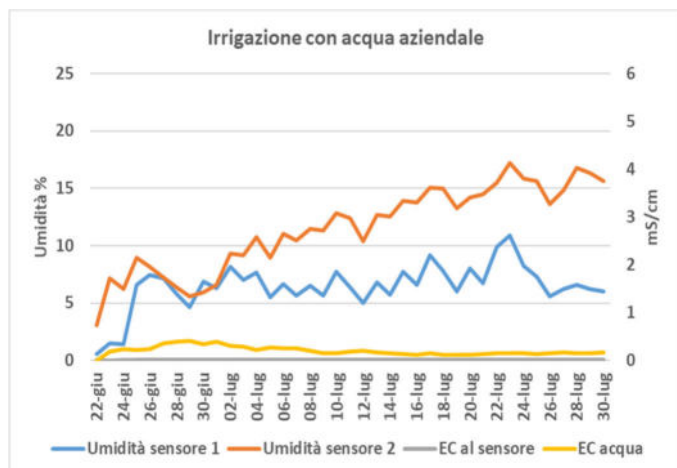


Figura 14 Rilevazioni tramite sensoristica posta in loco per quanto riguarda Umidità, Conducibilità elettrica apparente e conducibilità della soluzione acquosa nella tesi trattata con acqua aziendale.

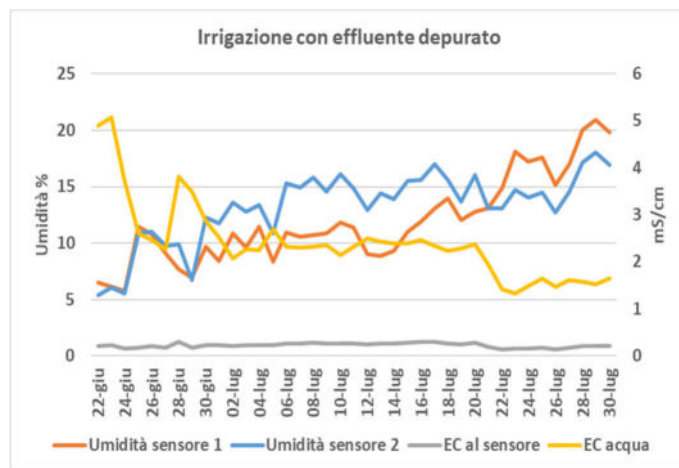


Figura 15 Rilevazioni tramite sensoristica posta in loco per quanto riguarda Umidità, Conducibilità elettrica apparente e conducibilità della soluzione acquosa nella tesi trattata con effluente depurato.

Se l'umidità del suolo si mantiene su valori simili per entrambe le tesi ovvero per valori compresi mediamente tra il 5 ed il 20%, ciò non accade per la conducibilità elettrica misurata sia al suolo che nella soluzione circolante.

Si denotano infatti valori differenti di conducibilità tra le due tesi trattate con differente tipologia di acqua di irrigazione, con minime differenze nella misura della conducibilità elettrica apparente (EC al sensore) e notevoli differenze nella misura della salinità all'interno della soluzione circolante (EC acqua). Quest'ultimo dato è di gran lunga più alto nella tesi trattata con effluente depurato che, presentando sostanziali quantità di Sali disciolti, riflette all'interno della soluzione circolante un aumento della conducibilità.

## Dati produttivi

Per quanto riguarda i risultati prodotti dalle piante di melo, non essendo ancora queste in età produttiva, non è stato possibile trarre significativi dati al fine della valutazione. Non sono stati comunque riportati problemi di stress salini e di fitotossicità. Si rimanda comunque alla stagione successiva per trarre dei risultati più rappresentativi.

## Sperimentazione su Pomodoro

Il pomodoro, trapiantato in data 08/06 e raccolto il 09/09, è stato coltivato per tutto il periodo di sperimentazione in campo su parcelle di 15 mq ed irrigato con ala gocciolante con portata di 1 l/h, per una portata complessiva dell'impianto di 3,57 mm/h. Sulle parcelle in campo, differenti ciascuna per qualità di acqua utilizzata, sono state effettuate in tutto 29 ore di irrigazione, distribuite su 17 interventi irrigui per un volume totale distribuito di 104 mm. All'interno della figura 16 è possibile osservare l'andamento giornaliero stagionale dell'acqua disponibile in relazione al tipo di terreno ed allo strato esplorato dalle radici.

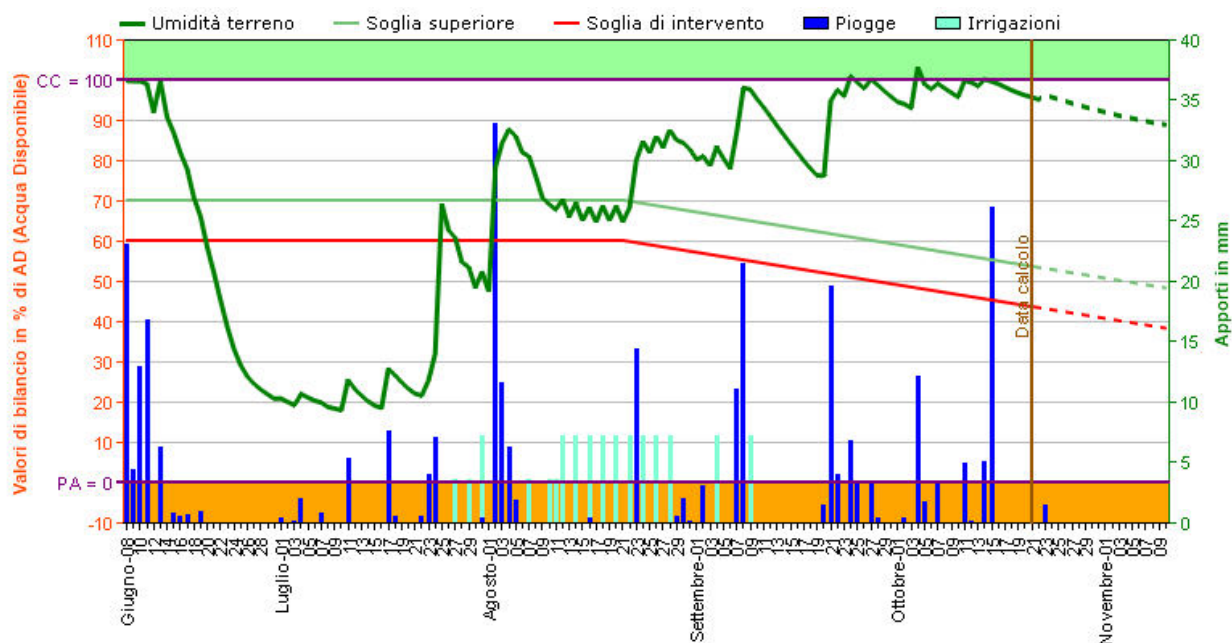


Figura 16. Andamento dell'umidità del terreno in relazione agli apporti idrici di pioggia ed irrigazione.

### Dati produttivi pomodoro

All'interno della tabella 12 è possibile osservare il dettaglio dei dati qualitativi relativi alle due tesi. In merito ai risultati ottenuti, non sono state registrate differenze significative di peso medio delle bacche e di ° brix tra le due tesi. Ciò confermerebbe che è possibile un utilizzo di acqua salmastra anche per il tipo di coltivazione erbacea-orticola.

Tabella 12 Risultati qualitativi pomodoro 2020.

	Peso	Solidi solubili
	g	Brix
Pozzo	56,22	5,24
Caviro	59,97	5,29
significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

### Conclusioni 2020

La sperimentazione avvenuta il primo anno è servita anzitutto a disporre lo schema sperimentale delle prove, il posizionamento della sensoristica, la predisposizione dei piani di irrigazione e l'acquisizione dei dati relativi alla qualità delle acque ed alla caratterizzazione qualitativa del tipo di suolo.

In prima battuta è stato possibile valutare la dinamica del contenuto di Sali nelle acque irrigue sulle influenze all'interfaccia suolo-pianta. Altresì, le analisi condotte sulla vegetazione e sulle produzioni hanno permesso

di valutare l'effetto dei due diversi trattamenti irrigui sulla qualità delle produzioni e sugli stress vegetativi delle piante.

I risultati ottenuti su Vite durante il primo anno di sperimentazione non hanno prodotto apprezzabili differenze produttive nelle tesi trattate, lasciando aperta la concreta possibilità di un'efficacia nel riuso irriguo delle acque depurate per l'irrigazione e la concimazione delle colture. I risultati ottenuti, tuttavia, andrebbero rivisti anche alla luce di una irrigazione condotta in maniera continuativa con acque salmastre rispetto ad un trattamento tradizionale aziendale.

Su melo invece, vista la giovane età, non è stato possibile analizzare le produzioni poiché assenti. Non si denotano comunque effetti di stress salino e di fitotossicità.

Su pomodoro, analizzate le produzioni, non vi sono significative differenze tra le due tesi.

Alla luce dei risultati ottenuti in questo primo anno, la sperimentazione programmata per la stagione irrigua 2021 sarà predisposta a verificare la ripetibilità di tali risultati, verificando altresì gli eventuali accumuli salini all'interfaccia suolo-pianta e le interazioni sull'insorgenza di malattie, carenze e/o modificazioni nella differenziazione dei germogli, resa e qualità delle piante arboree e erbacee oggetto di studio.

## Risultati 2021

### SPERIMENTAZIONE SU VIGNETO

#### Meteo e irrigazioni

La stagione produttiva 2021 ha avuto inizio con la ripresa vegetativa in corrispondenza del 31 marzo e si è conclusa alla data di raccolta avvenuta il 23 agosto.

Nella figura 17 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (*ETo*), delle precipitazioni e delle irrigazioni effettuate mentre, all'interno della tabella 13, vengono riportati gli andamenti mensili delle precipitazioni, dei consumi idrici della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni.

L'andamento meteorologico della stagione 2021 è stato caratterizzato, come nella stagione precedente, da una apertura stagionale carente di precipitazioni, per un totale di 100,9 mm caduti nel trimestre aprile-giugno e seguito poi da un periodo estivo caratterizzato da una intensa siccità che ha apportato 41,4 mm nei mesi estivi di luglio-agosto (sino al 23/08) per un totale di 142,3 mm caduti durante tutto l'arco stagionale (dalla ripresa vegetativa sino alla raccolta). I valori di evapotraspirazione di riferimento (*ETo*), pur nella media climatologica, hanno talvolta superato i 6 mm/giorno, in particolare tra giugno e luglio.

Gli interventi irrigui, di conseguenza, sono stati calibrati per apportare maggiori volumi rispetto alla precedente stagione per un totale di 113 mm distribuiti in 9 interventi.

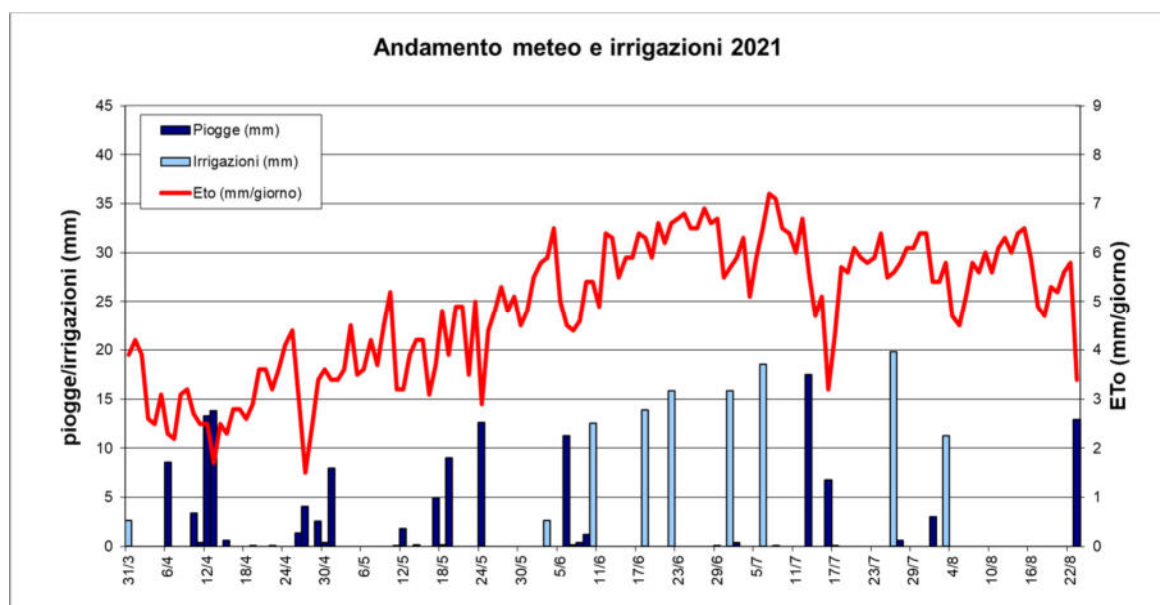


Figura 17 Andamento giornaliero meteo e irrigazioni vite CAVIRO 2021

Tabella 13 Andamenti mensili meteo e irrigazioni vite Caviro 2021

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	TOTALE
<b>piogge (mm)</b>	48,8	36,9	15,2	25,5	15,9	142,3
<b>Eto (mm/giorno)</b>	2,9	4,2	5,9	5,9	5,5	4,7
<b>Ete (mm/mese)</b>	52,7	77,2	99,1	108,9	64,3	404,4
<b>deficit (mm)</b>	3,9	40,3	83,9	83,4	48,4	257,8
<b>Irrigazione (mm)</b>	0,0	0,0	44,9	54,2	11,2	113

All'interno della figura 18 viene invece riportato l'andamento dell'umidità del terreno nel corso della stagione che è variabile per le piogge e le irrigazioni effettuate (variazioni positive) e per i consumi evapotraspirativi (variazioni negative): tutti i valori sono espressi in mm di acqua disponibile presente nello strato interessato dall'apparato radicale. Per le specie arboree il modello *IrriFrame* calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm).

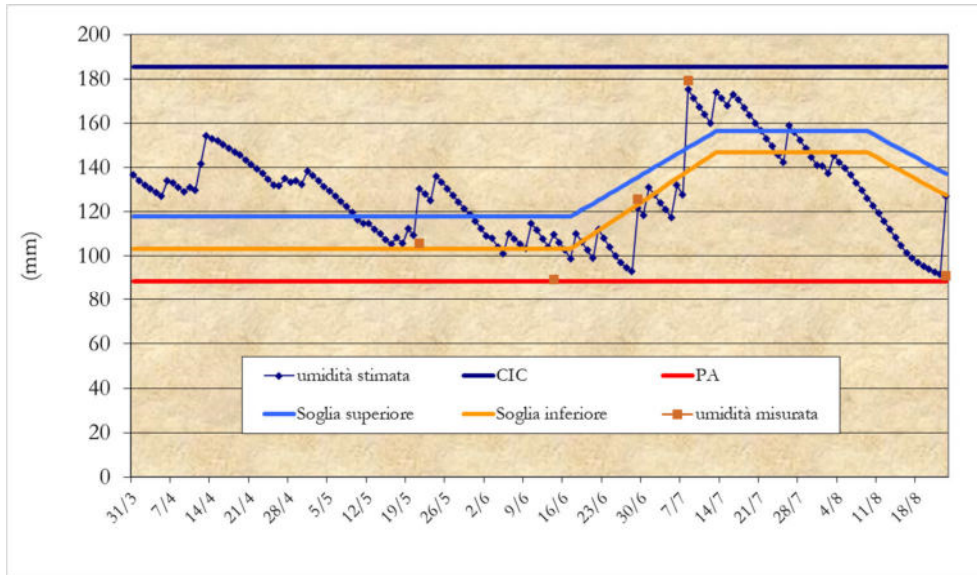


Figura 18 Andamento dell'umidità del terreno vite CAVIRO 2021 in relazione alle costanti idrologiche ed alle soglie irrigue

Infine, in figura 19 è riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata alla stazione associata al quadrante meteo della zona. In questo caso, non è stata mai rilevata una profondità di falda superiore ai 3 m rispetto al piano di campagna ed è pertanto ininfluenza nel bilancio idrico per quanto riguarda gli apporti di risalita capillare.

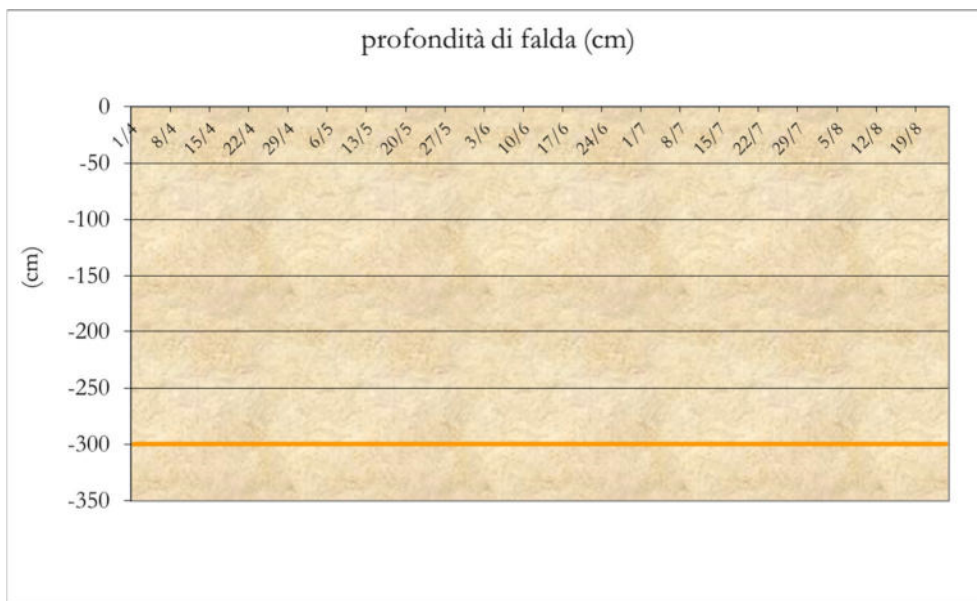


Figura 19. Andamento della falda ipodermica rilevata alla stazione di monitoraggio 07RA Fondo Canale, Faenza Nord-Ovest

## Qualità acque irrigazione e fertilizzazioni

Anche durante il secondo anno di sperimentazione, sulle acque impiegate per l'irrigazione, sono state effettuate le analisi qualitative, le quali hanno evidenziato valori molto distanti tra loro in particolar modo per quanto riguarda i valori di conducibilità elettrica (5-7 volte superiori nell'acqua Caviro) ed i contenuti elementari di Na, Cl, S, Mg, P e K e dell'azoto in diverse forme (tab 14).

Tabella 14 Analisi delle acque irrigue. Medie stagionali

Parametri chimici	Acqua irrigua	
	Caviro	Pozzo
pH	8.00 ± 0.04	7.85 ± 0.09
EC (dS m <sup>-1</sup> )	5.25 ± 0.35	0.91 ± 0.01
SAR	14.3 ± 0.90	2.30 ± 0.01
NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0.19 ± 0.01	0.13 ± 0.02
NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	17.6 ± 4.40	0.36 ± 0.04
P (mg L <sup>-1</sup> )	0.19 ± 0.03	0.06 ± 0.01
K (mg L <sup>-1</sup> )	70.7 ± 6.68	0.09 ± 0.01
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	15.9 ± 0.55	13.6 ± 0.01
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	7.80 ± 0.34	3.81 ± 0.01
S (mg L <sup>-1</sup> )	4.32 ± 0.61	1.26 ± 0.01
Na (mg L <sup>-1</sup> )	49.3 ± 3.47	6.68 ± 0.03
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	86.4 ± 4.34	10.7 ± 1.12

La compensazione di azoto è stata effettuata per riequilibrare gli apporti azotati su entrambe le tesi. Prendendo in considerazione il quantitativo di azoto totale contenuto nei reflui depurati da dover utilizzare per irrigare, è stata poi calcolata la corrispettiva quantità da distribuire nella tesi irrigata con acque aziendali (sprovviste di un carico così alto di nutrienti azotati) distribuendo circa 10 kg/ha di azoto tramite concimi minerali.

Gli apporti di nutrienti trattati sinora non sono stati gli unici. Il vigneto è stato comunque fertilizzato indistintamente con l'impianto fuori prova per un apporto kg/ha di nutrienti pari a 43,8 di Azoto, 33 di Fosforo e 70,9 di Potassio distribuiti nell'arco di tre interventi con prodotti fertilizzanti commerciali di cui si riporta il nome ed il titolo in tab. 15.



Tabella 15 Fertilizzazioni effettuate indistintamente su tutto il vigneto.

DATA	TITOLO N	TITOLO P2O5	TITOLO K2O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P2O5 kg/ha	Dose K2O kg/ha	Nome prodotto
02/04/2021	12	11	18	100	36	33	54	Yara Mila
10/05/2021	13	0	46	6,85	2,4	0	8,6	Nitrato di potassio
10/05/2021	18	0	44	6,85	3,3	0	8,3	Urea
10/05/2021	11	0	0	6,85	2,1	0	0	Fosfato
Totale					43,8	33	70,9	Magnitron

### Andamento della conducibilità elettrica apparente durante le due stagioni irrigue

All'interno delle figure 20 e 21 viene riportato l'andamento della conducibilità elettrica apparente del suolo misurata a 50 cm di profondità tramite sensori di tipo capacitivo *SMEC-300* in funzione degli apporti idrici nelle due tesi oggetto della sperimentazione.

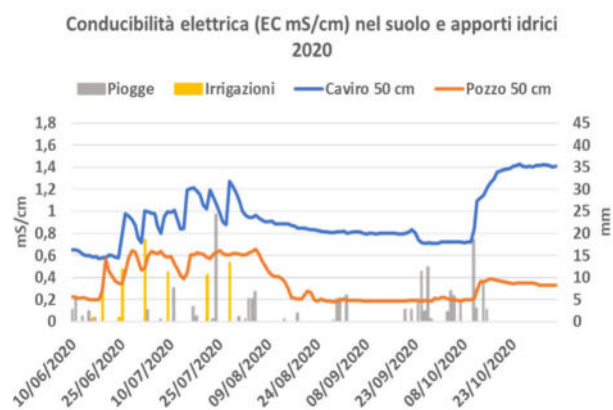


Figura 20 Andamento della conducibilità elettrica apparente nel suolo nelle due tesi in funzione degli apporti idrici per l'anno 2020

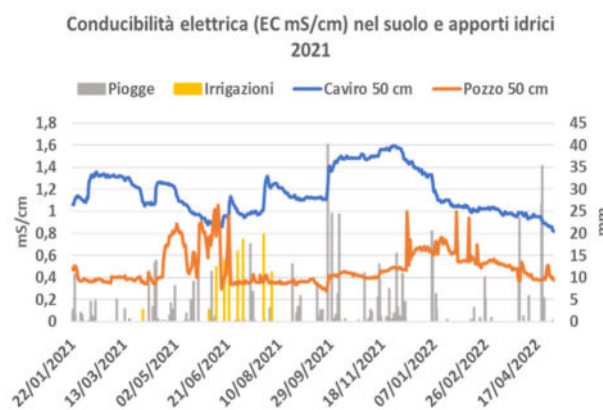


Figura 21 Andamento della conducibilità elettrica apparente nel suolo nelle due tesi in funzione degli apporti idrici per l'anno 2021

Nelle figure sopraindicate è possibile osservare come la salinità misurata dai sensori sia differente tra le due tesi ed in particolar modo più alta nella tesi irrigata con acqua di Caviro rispetto a quella irrigata con acqua aziendale. Tale andamento rispecchia l'incremento di salinità dovuto al tipo di acqua impiegata e pertanto lo si osserva maggiormente in corrispondenza degli apporti irrigui.

È anche possibile osservare che, nei periodi più piovosi, i Sali vengono lisciviati verso il basso dalle acque di drenaggio e tale processo, seppur le due stagioni abbiano avuto piovosità autunno-invernale al di sotto della media storica, tende a riportare le concentrazioni dei Sali verso valori più contenuti.

La tabella 16 riporta i valori di conducibilità elettrica misurata nel suolo alla fine della sperimentazione in campo (12/09/2021) tramite analisi di laboratorio. I valori rilevati, seppur evidenziano un accumulo di Sali nella tesi irrigata con effluente depurato, se confrontati con la bibliografia in materia (tab 17), non risultano essere decisivi nel determinare un decremento di resa per la coltura della vite.

Tabella 16 Analisi di laboratorio effettuate su suolo per la determinazione di pH e Conducibilità elettrica

Conducibilità elettrica del Suolo*		
Trattamento	pH	EC dS m <sup>-1</sup>
Pozzo	8.24	0.21
Caviro	8.22	0.50
Significatività	ns	**

\* Analisi effettuate su estratto saturo del suolo

Tabella 17 Soglie di tolleranza alla salinità della vite secondo Mass e Hoffman (1977) riproposte dalla Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) nel 1988

Crop	Salt Tolerance Threshold <sup>a</sup> dS/m <sup>d</sup>	Percent Yield Decline <sup>b</sup> %/(dS/m)	Qualitative Salt Tolerance Rating <sup>c</sup>
Grape	1.5	9.6	MS

## Analisi chimiche su suolo

In data 12/9, ovvero al termine della sperimentazione, sono stati effettuati dei carotaggi a livello di suolo (0-40 cm di profondità) per valutare eventuali accumuli di metalli pesanti ed elementi in traccia.

A parte un lieve accumulo di sodio nel profilo 0-40 cm del suolo, non si sono evidenziate differenze significative per tutti gli altri elementi (tab. 18-19)

Tabella 18 Caratterizzazione chimica del suolo in g kg<sup>-1</sup>

Suolo	Al	Ca	Cr	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	P	S	Sr	V
	g kg <sup>-1</sup>												
Pozzo	50.5	66.8	0.11	31.7	12.6	0.06	14.2	0.92	2.14	0.44	0.28	0.19	0.10
Caviro	52.1	65.0	0.11	32.0	13.8	0.06	13.9	0.72	2.65	0.44	0.28	0.18	0.10
Significatività	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Tabella 19 Caratterizzazione chimica del suolo in mg kg<sup>-1</sup>

Suolo	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	As	B	Ba	Be	Cu	Co	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Se	Ti	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>															
Pozzo	6.19	1.33	6.00	13.6	257	0.71	70.7	15.8	1.17	71.0	25.6	2.75	2.15	1.52	915	103
Caviro	9.84	1.50	6.30	12.4	260	0.76	73.0	14.9	1.14	66.5	26.6	2.66	2.10	1.44	928	105
Significatività	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

## Dati fisiologici

### Relazioni idriche

Il potenziale idrico delle foglie e del fusto è stato misurato in data 24/06, 8/7 e 28/7 al mezzogiorno solare. Per le misurazioni è stata utilizzata una camera a pressione Scholander (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA).

Il potenziale idrico fogliare è stato misurato, in tutte e tre le date di rilievo, su una foglia ben esposta per singolo albero, con 12 piante per ogni trattamento irriguo. Allo stesso modo, il potenziale idrico del fusto è

stato misurato su una foglia per albero precedentemente coperta con un foglio di alluminio per consentirne l'equilibrio con il fusto.

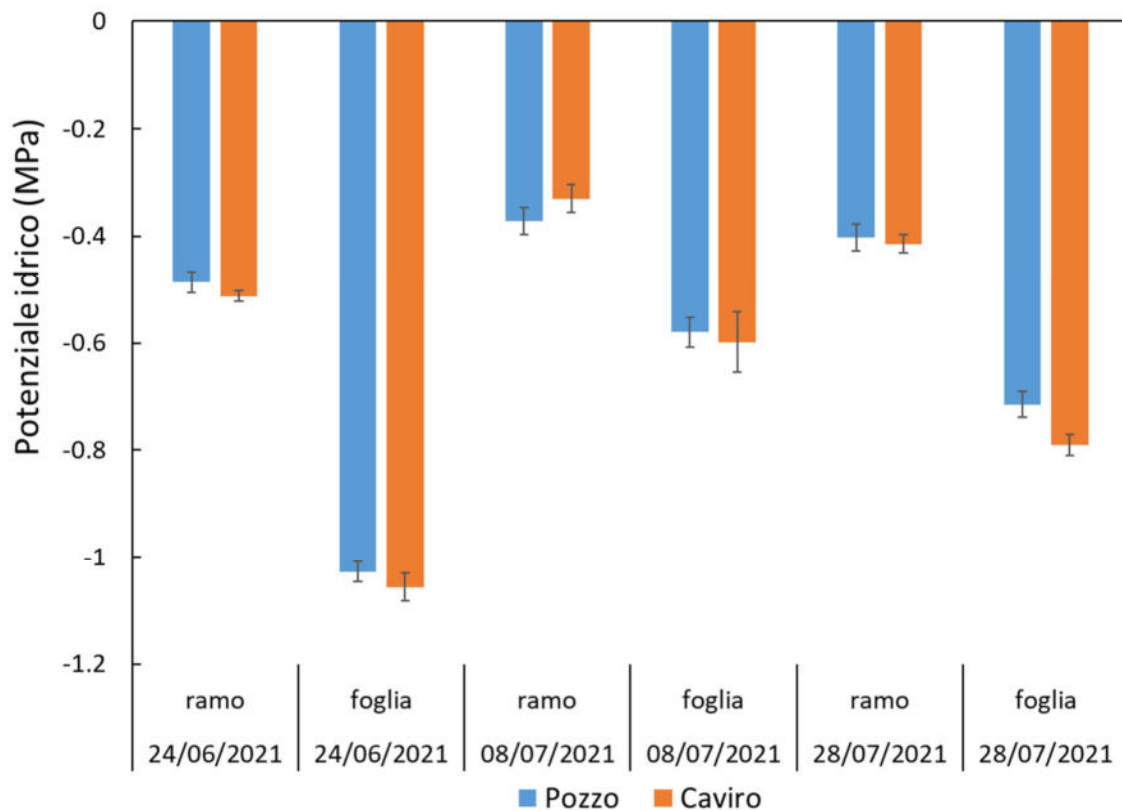


Figura 22 Dati relativi ai potenziali idrici misurati nelle tre date di rilievo su foglie e fusto

Durante tutte e tre le misurazioni non sono state riscontrate differenze significative nei potenziali idrici tra i due trattamenti, né per la foglia né per il fusto (fig. 22).

I potenziali idrici di fusto e foglie delle piante irrigate con acqua Caviro hanno mostrato valori leggermente più negativi per tutte le date tranne per il fusto in data 8/7, rispetto a quelli irrigati con acqua di Pozzo. I valori di potenziale idrico leggermente inferiori per la tesi Reflua sono presumibilmente da associare ad una maggiore salinità causata dai cloruri presenti nell'acqua (Tab. 14).

### Scambi gassosi fogliari

Negli stessi giorni in cui sono stati misurati i potenziali idrici (24/06, 8/7 e 28/7) sono state anche misurate la fotosintesi, la traspirazione e la conduttanza stomatica, utilizzando un analizzatore di gas portatile (Li-COR 6400, LICOR, Lincoln, Nebraska, USA).

Durante ciascuna misurazione, l'intensità della luce all'interno della cuvetta è stata mantenuta costante impostando il livello di luce al livello di luce incidente registrato dal sensore PPFD immediatamente prima delle misurazioni.

Gli scambi gassosi fogliari sono stati misurati su una foglia per pianta, per un totale di 24 piante (12 irrigate con acqua di Pozzo e 12 irrigate con acqua di Caviro).

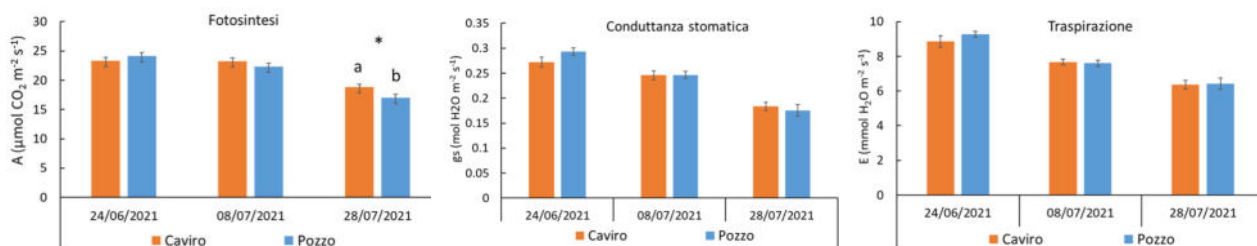


Figura 23 Scambi gassosi fogliari

Come si può notare dalla figura 23, non sono state riscontrate differenze significative per nessuno dei parametri analizzati in nessuna delle date di rilievo ad eccezione della fotosintesi in data 28/7, con valori più elevati per il trattamento Caviro. L'utilizzo di acque Caviro non ha quindi comportato effetti negativi a livello di performances fisiologiche, con valori del tutto simili al controllo (Pozzo).

## Analisi nutrizionali

In data 28/7 e 23/8 sono stati campionati rispettivamente foglie e acini per la valutazione dello status nutrizionale delle piante e qualitativo dei frutti.

Per quanto riguarda lo status nutrizionale, si può confermare che le piante hanno ricevuto lo stesso apporto di azoto (tab. 20) come da impostazione della prova. Inoltre non si sono evidenziati accumuli significativi di metalli pesanti od elementi in traccia nelle piante irrigate con acqua Caviro (tab. 20), escludendo quindi effetti fitotossici per le piante. Lo stesso si può dire per la contrazione minerale negli acini, sebbene qui si evidenziano leggeri incrementi per N, Mg, S, Li, Mn, Sr nel trattamento irrigato con acque Caviro.

Tabella 20 Analisi nutrizionali su foglie e acini

Trattamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Na	Al	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mn	Si	Sr	Zn	
	g kg <sup>-1</sup>									mg kg <sup>-1</sup>									
Foglia																			
Pozzo	28.0	1.96	6.79	22.8	5.04	2.03	1.12	0.94	30.5	65.3 a	4.92	6.80	58.9	4.59	38.2	170	18.3	193	11.0
Caviro	28.8	1.83	6.67	21.7	5.61	2.00	1.77	0.92	38.4	53.9 b	10.7	6.67	62.5	4.56	39.1	177	23.3	226	12.0
Significatività	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Acino																			
Pozzo	0.50 b	0.10	1.07	0.06	0.06 b	0.05 b	0.06 a	0.05	2.16	6.16	0.04	1.84	2.30	0.24 b	0.14 b	2.52	1.73	0.40 b	0.18
Caviro	0.70 a	0.10	1.13	0.06	0.08 a	0.06 a	0.04 b	0.05	1.81	6.18	0.04	1.72	2.07	0.25 a	0.16 a	2.42	1.74	0.49 a	0.15
Significatività	**	ns	ns	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns

## Dati produttivi

I dati produttivi sono stati acquisiti tramite raccolta sperimentale in campo e successive analisi effettuate in laboratorio. La raccolta sperimentale è avvenuta in data 23/08/2021 effettuando la raccolta completa su ogni pianta oggetto di sperimentazione e riferendo i dati di raccolta al trattamento irriguo applicato. I dati completi della raccolta in campo del 2021 vengono riportati all'interno della tab. 21

Tabella 21 Dati produttivi rilevati in campo e letture sensori 2021

Irrigazione	parcella	pianta	Kg	N. grappoli	note
Acqua di pozzo	1	1	6,36	80	% 54
		2	7,08	88	°C 24
		3	8,62	85	dsm 1,41
		totale pc.	22,06	253	
Acqua di pozzo	2	1	7	106	% 47,9
		2	8,02	103	°C 26,2
		3	4,96	76	dsm 0,09
		totale pc.	19,98	285	
Acqua di laguna CAVIRO	3	1	4,8	110	% 44,3
		2	5,2	75	°C 25,9
		3	5,5	83	dsm 0,53
		totale pc.	15,5	268	
Acqua di laguna CAVIRO	4	1	5,58	115	% 39,6
		2	4,86	102	°C 24,9
		3	5,06	87	dsm 0,63
		totale pc.	15,5	304	
Acqua di pozzo	5	1	3,88	73	% 24
		2	3,62	91	°C 25,9
		3	3,02	54	dsm 0
		totale pc.	10,52	218	
Acqua di pozzo	6	1	2,14	35	% 49,9
		2	6,02	112	°C 25,4
		3	3,6	44	dsm 1,13
		totale pc.	11,76	191	
Acqua di laguna CAVIRO	7	1	7,72	92	% 37,8
		2	7,52	96	°C 24,8
		3	5,3	76	dsm 0,02
		totale pc.	20,54	264	
Acqua di laguna CAVIRO	8	1	7,02	71	% 17
		2	4,16	46	°C 25,4
		3	5,2	53	dsm 0,02
		totale pc.	16,38	170	

La media produttiva delle due tesi è risultata pressoché identica e, pur effettuando il test statistico della varianza (ANOVA), non si evidenziano, anche qui, significative differenze produttive in relazione ai trattamenti effettuati.

I risultati produttivi delle due annate vengono riassunti all'interno della tabella 22 che segue.

Tabella 22 Risultati produttivi medi complessivi del periodo di sperimentazione 2020-21

**Risultati Produttivi 2020/21**

	Tesi	Kg/pianta	N. grappoli/pianta	q/ha	p.m. grappoli (g)
2020	Pozzo	8,67	76,25	229,89	114,50
	Caviro	8,58	75,83	227,67	114,61
	Significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2021	Pozzo	5,36	78,92	142,18	68,01
	Caviro	5,66	83,83	150,13	71,08
	Significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

*n.s.* test statistico non significativo

## Dati qualitativi

I dati qualitativi sull'uva sono riportati all'interno della tabella 23: non si rilevano differenze significative tra i trattamenti anche sulla qualità del prodotto ad eccezione di un leggero incremento del pH nel secondo anno di sperimentazione; ad ogni modo, tale incremento, risulta essere molto contenuto (+0,05 pH).

Tabella 23 Risultati qualitativi medi complessivi del periodo di sperimentazione 2020-21

### Risultati Qualitativi 2020/21

	Tesi	Peso 30 acini (g)	°Brix	pH	Acidità totale (g/l)
2020	Pozzo	55,33	19,43	3,71	6,65
	Caviro	57,63	20,09	3,88	7,41
	Significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2021	pozzo	52,8	19,2	3,44	7,47
	Caviro	52,5	18,4	3,49	7,63
	Significatività	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>

n.s. test statistico non significativo; \* p-value<0,05

## SPERIMENTAZIONE SU MELO E POMODORO

Entrambe le prove sono state svolte presso l'azienda sperimentale dell'università di Bologna sita a Cadriano e afferente al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari. Anche in questo caso la prova è stata condotta predisponendo due trattamenti irrigui differenti per qualità di acqua impiegata e dunque:

- Irrigazione con acqua derivante dalla rete consortile;
- Effluenti della ditta CAVIRO.

### Sperimentazione su Melo

La sperimentazione è avvenuta su astoni di melo in vaso (fig. 24) di tre anni di età della varietà *Ozark Gold* su portinnesto *M9*.



Figura 24 Astoni di melo in vaso presso l'azienda sperimentale di Unibo

Anche in questo caso sono stati installati dei sensori di tipo capacitivo che, oltre al dato relativo al contenuto di umidità, sono in grado di rilevare la conducibilità elettrica apparente del suolo. I sensori sono rimasti in loco dalla precedente stagione e sono stati riprogrammati a maggio prima dell'inizio della stagione irrigua. All'interno della stagione irrigua sono stati distribuiti circa 170 litri di acqua per pianta nell'arco di tempo che va dal 24/05 al 12/09.

Di seguito, all'interno della fig. 25, è possibile apprezzare l'andamento dell'umidità del suolo (misurato tramite sensoristica) in funzione degli apporti idrici avvenuti per pioggia ed irrigazioni nel periodo considerato. Inoltre, all'interno della tab. 24, vengono riportati i volumi distribuiti settimanalmente.

Tabella 24 Registro dei volumi idrici apportati per piante per irrigazione settimanalmente.

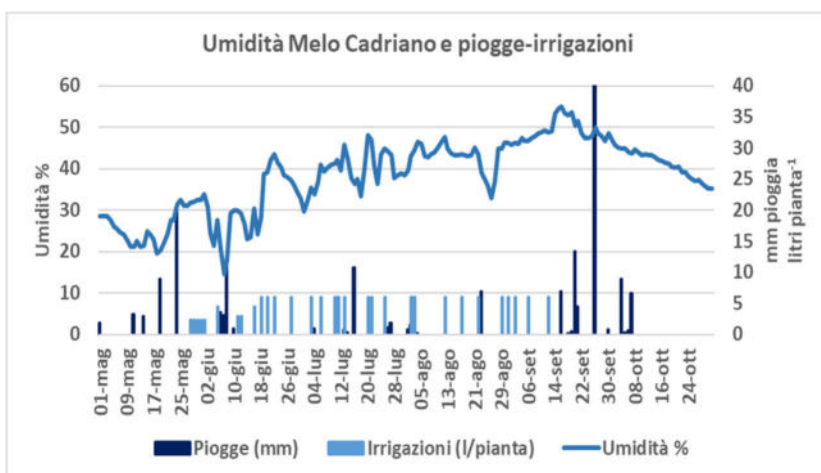


Figura 25 Rappresentazione esemplificativa dell'andamento dell'umidità misurata al suolo in funzione degli apporti idrici per pioggia ed irrigazione.

Registro settimanale delle irrigazioni	
Date	volume (l/pianta)
24/5-30/5	5,80
31/5-06/6	13,54
07/6-13/6	7,74
14/6-20/6	17,4
21/6-27/6	11,6
28/6-04/7	5,8
05/7-11/7	17,4
12/7-18/7	7,74
19/7-25/7	17,4
26/7-01/8	0
02/8-08/08	15,48
09/08-15/08	7,74
16/8-22/8	11,6
23/8-29/8	5,8
30/8-05/9	11,6
06/9-12/9 fine irrig.	11,6
<b>TOTALE</b>	<b>168,25</b>

All'interno delle figure 26 e 27 vengono riportate le rilevazioni dei sensori mediate con dettaglio giornaliero dal 01/05, momento in cui è stata effettuata la programmazione dell'apparato di registrazione, sino al 31/10.



Figura 26 Rilevazioni tramite sensoristica posta in loco per quanto riguarda Umidità e Conducibilità elettrica apparente nella tesi trattata con acqua aziendale.

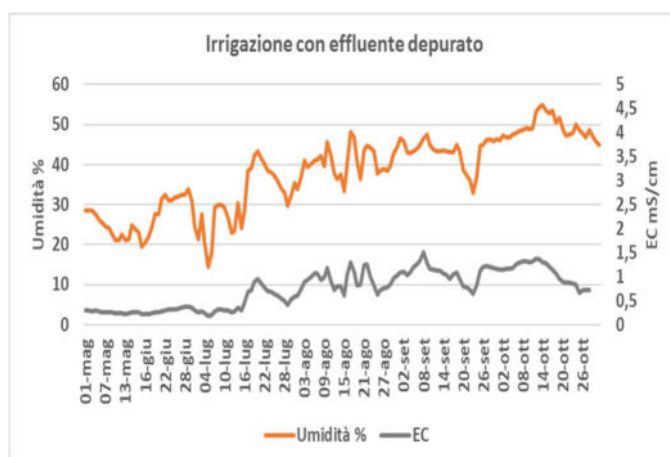


Figura 27 Rilevazioni tramite sensoristica posta in loco per quanto riguarda Umidità e Conducibilità elettrica apparente nella tesi trattata con effluente depurato.

Prendendo in considerazione i dati relativi alla conducibilità elettrica si denotano valori differenti tra le due tesi. In particolar modo, confrontando le fig. 26 e 27 è possibile constatare valori di conducibilità elettrica apparente misurata al suolo maggiori nella tesi irrigata con effluente depurato e ciò è dovuto al tipo di acqua utilizzata per irrigare.

Anche le analisi di laboratorio effettuate su suolo (tab. 25) alla fine delle due stagioni irrigue denotano incrementi nel contenuto dei Sali nella tesi irrigata con effluente depurato in ragione del tipo di acqua utilizzato. In questo caso anche il pH risulta essere influenzato per via della scarsa capacità tampone della matrice suolo.

Tabella 25 Analisi di laboratorio effettuate su suolo per la determinazione di pH e Conducibilità elettrica

Analisi su suolo*		
Trattamento	pH	EC
		dS m <sup>-1</sup>
Rete	8.00	0.42
Caviro	8.96	1.06
<i>Significatività</i>	***	*

\*Analisi effettuate su estratto in pasta satura del suolo

### Analisi chimiche su suolo

In data 12/9, ovvero al termine della sperimentazione, sono stati effettuati dei carotaggi a livello di suolo (0-40 cm di profondità) per valutare eventuali accumuli di metalli pesanti ed elementi in traccia.

Per l'As, B, Li e Na, si sono riscontrati significativi incrementi nel suolo irrigato con acque Caviro rispetto al suolo di controllo (tab 26 e 27). Per quest'ultimo elemento l'incremento è stato di circa un 30% per il trattamento irrigato con acque Caviro, indicando quindi un potenziale effetto di sodicizzazione a carico del suolo. Quanto appena riscontrato in merito a potenziali effetti di sodicizzazione del suolo, si evince anche per la salinizzazione (tab.28), dove infatti i valori di EC (conducibilità elettrica) del suolo sono più del doppio per il suolo irrigato con acque Caviro rispetto al suolo irrigato con acqua di rete.



Tabella 26 Caratterizzazione chimica del suolo in g kg<sup>-1</sup>

Suolo														
Trattamento	N	Al	Ca	Cr	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	P	S	Sr	V
	g kg <sup>-1</sup>													
Rete	0.90	22.0	58.6	0.07	18.1	5.81	0.01	7.28	0.67	1.65	0.47	0.41	0.23	0.04
Caviro	1.00	23.0	53.0	0.06	18.6	7.81	0.03	7.64	0.65	2.37	0.61	0.30	0.21	0.04
Significatività	ns	ns	*	ns	ns	***	**	ns	ns	**	**	ns	*	ns

Tabella 27 Caratterizzazione chimica del suolo in mg kg<sup>-1</sup>

Suolo												
Trattamento	As	B	Ba	Cu	Co	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>											
Rete	3.92	9.23	138	20.6	7.33	1.26	36.8	14.5	1.63	1.89	609	73.5
Caviro	4.67	11.8	132	21.4	7.70	1.13	36.9	15.7	1.72	0.99	625	67.9
Significatività	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabella 28 pH e conducibilità elettrica del suolo

Suolo		
Trattamento	pH	EC
		dS m <sup>-1</sup>
Rete	8.00	0.42
Caviro	8.96	1.06
Significatività	***	*

## Analisi fisiologiche

Il potenziale idrico delle foglie e del fusto è stato misurato in data 8/7, 3/8 e 18/8 al mezzogiorno solare. Per le misurazioni è stata utilizzata una camera a pressione Scholander (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA).

Il potenziale idrico fogliare è stato misurato, in tutte e tre le date di rilievo, su una foglia ben esposta per singolo albero. Allo stesso modo, il potenziale idrico del fusto è stato misurato su una foglia per albero precedentemente coperta con un foglio di alluminio per consentirne l'equilibrio con il fusto.

Durante il primo rilievo della stagione non si notano differenze significative tra i trattamenti, né per quanto concerne il potenziale idrico del fusto né della foglia (fig. 28). Le differenze tra i due trattamenti iniziano invece ad osservarsi in data 3/8 per il solo potenziale del fusto ed in data 18/8 per entrambi i potenziali (fusto e foglie), con valori di potenziale idrico significativamente più negativi, indice di un forte stress salino per il trattamento Caviro (fig. 28).

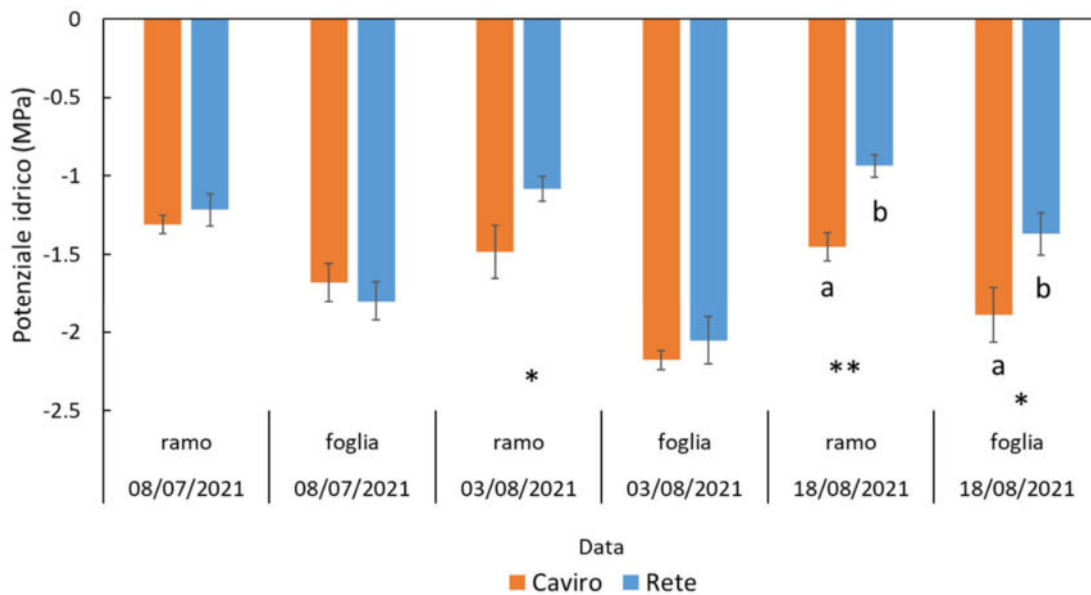


Figura 28 Dati relativi ai potenziali idrici misurati nelle tre date di rilievo su foglie e rami

Negli stessi giorni in cui sono stati misurati i potenziali idrici (8/7, 3/8, 18/8) sono state anche misurate la fotosintesi, la traspirazione e la conduttanza stomatica, utilizzando un analizzatore di gas portatile (Li-COR 6400, LICOR, Lincoln, Nebraska, USA).

Durante ciascuna misurazione, l'intensità della luce all'interno della cuvetta è stata mantenuta costante impostando il livello di luce al livello di luce incidente registrato dal sensore PPFD immediatamente prima delle misurazioni. Gli scambi gassosi fogliari sono stati misurati su una foglia per singola pianta.

A parte i valori di fotosintesi che non hanno mostrato differenze significative in tutte e tre le date di rilievo, i dati di conduttanza stomatica e di traspirazione (tranne in data 8/7) hanno mostrato valori più bassi per il trattamento Caviro rispetto al trattamento irrigato con acque reflue (fig. 29). Questo dato conferma quanto già riportato per i potenziali idrici.

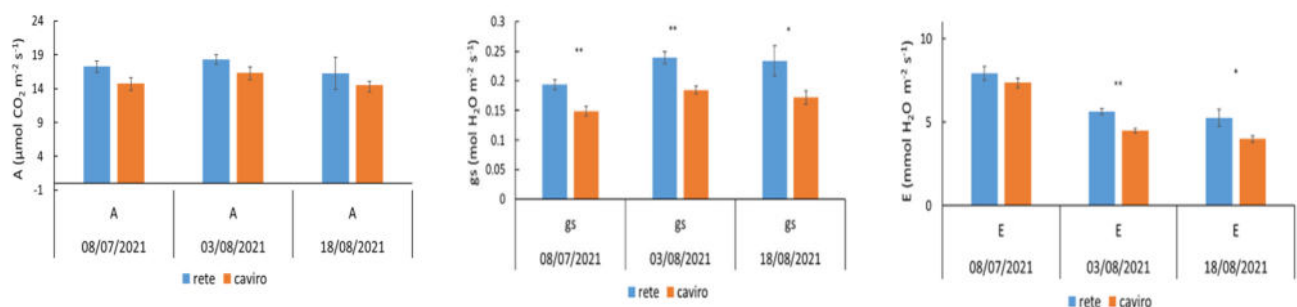


Figura 29 Scambi gassosi fogliari

Durante l'intera stagione sono stati calibrati, a cadenza settimanale, le dimensioni dei frutti, tramite l'utilizzo di un calibro digitale.

I trattamenti non hanno mostrato differenze significative di crescita fino all'ultima data di rilievo (18/8) dove il trattamento irrigato con acque Caviro ha mostrato un accrescimento nettamente più ridotto rispetto a quello irrigato con acqua di rete. In ogni caso sebbene le differenze tra i trattamenti siano risultate essere statisticamente significative solamente nell'ultima giornata di rilievi, la riduzione della crescita dei frutti del trattamento Caviro ha iniziato a mostrarsi già ad inizio luglio (fig. 30).

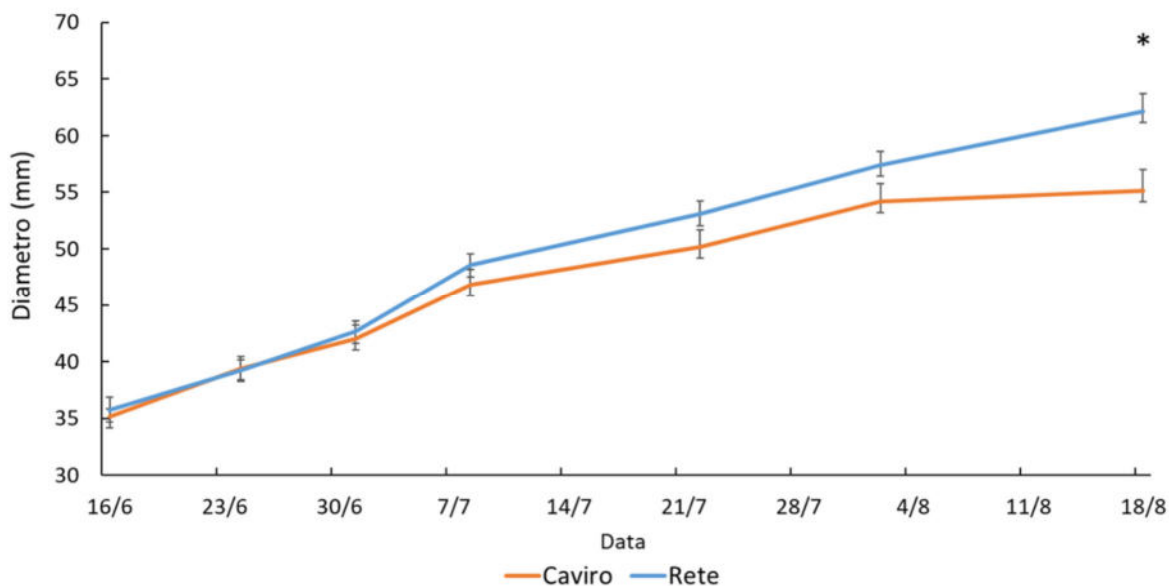


Figura 30 Crescita stagionale, in diametro, del frutto

### Dati produttivi e qualitativi

I dati delle produzioni sono stati indagati durante la stagione con misure sulla crescita del frutto ed a fine stagione con la raccolta completa dei frutti sulle piante.

Nel caso dei meli in vaso, durante la stagione, sono state rilevate delle anomalie di crescita dei frutti della tesi irrigata con effluente depurato rispetto a quelli delle piante trattate con acqua aziendale (fig. 30). Anche i risultati delle produzioni rilevati a fine ciclo produttivo confermano uno stress delle piante dovuto all'impiego di acqua con salinità non conforme per questo genere di coltura.

I risultati sulle produzioni (tab. 29), unitamente alla qualità dei frutti, evidenziano significative variazioni dei parametri indagati. In particolar modo, se non vi sono variazioni in termini di sostanza secca, maturazione (DA) e durezza dei frutti, le piante che hanno ricevuto acqua reflua evidenziano calibri ridotti ed un peso medio dei frutti minore. Risulta essere influenzato anche il pH dei frutti, l'acidità totale ed il grado brix.

Tabella 29 Analisi qualitative dei frutti

Trattamento	Peso (g frutto <sup>-1</sup> )	Calibro (mm)	pH	Acidità (g l <sup>-1</sup> )	Sostanza secca (%)	DA	Durezza (kg cm <sup>-2</sup> )	SST (°Brix)
Rete	123 a	65.5 a	3.73 b	3.71 b	16.1	0.44	7.99	12.3 b
Caviro	108 b	62.5 b	3.88 a	4.95 a	16.4	0.51	8.01	13.2 a
Significatività	*	*	**	***	ns	ns	ns	*

In data 28/7 e 18/8 sono stati inoltre campionati ripettivamente foglie e frutti per la valutazione dello status nutrizionale delle piante e qualitativo dei frutti.

Per quanto riguarda lo status nutrizionale, si può confermare che le piante hanno ricevuto lo stesso apporto di azoto e fosforo (tab. 30) come da impostazione della prova. L'utilizzo di acqua Caviro ha però comportato incrementi significativi della concentrazione di alcuni elementi (es. Na, Li), a livello fogliare, con potenziali

effetti di fitotossicità per la pianta. Tali incrementi sono stati rilevati anche a livello del frutto sebbene con una minore intensità (tab. 30).

Tabella 30 Analisi nutrizionali e dello stato minerale di foglie e frutti

Trattamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Na	Al	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mn	Sn
Foglia	g kg <sup>-1</sup>								mg kg <sup>-1</sup>							
Rete	17.7	1.90	15.5	19.3	3.22	1.02	5.11	0.92 a	74.6	53.1	30.6	37.6	80.5	5.23 b	30.5 a	28.6
Caviro	18.1	1.94	18.5	15.4	1.87	1.02	6.25	1.64 b	91.7	50.0	21.6	35.6	87.8	13.8 a	21.3 b	29.0
Significatività	ns	ns	***	*	**	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	*	ns
Frutto																
Rete	2.10	0.46	4.41	0.49	0.30	0.20	1.81	0.76	5.88	56.1	0.75	0.80	10.7 b	4.34	1.16	32.5
Caviro	2.50	0.47	7.88	0.43	0.37	0.23	2.09	0.82	6.88	48.3	1.22	0.81	17.1 a	4.73	1.94	30.7
Significatività	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	*	ns	**	ns

## Sperimentazione su Pomodoro

Il pomodoro, trapiantato in data 28/05 e raccolto il 25/08, è stato coltivato per tutto il periodo di sperimentazione in campo su parcelle di 15 mq ed irrigato con ala gocciolante con portata di 1 l/h, per una portata complessiva dell'impianto di 3,33 mm/h.

La sperimentazione in campo è avvenuta entro un periodo particolarmente siccitoso che ha visto soli 38 mm di precipitazioni durante il periodo di coltivazione e, di contro, temperature al di sopra delle medie stagionali. È stato dunque necessario intervenire con l'irrigazione per gran parte del ciclo produttivo.

Sulle parcelle in campo, differenti ciascuna per qualità di acqua utilizzata, sono state effettuate in tutto 95 ore di irrigazione, distribuite su 71 interventi irrigui per un volume totale distribuito di 316 mm. All'interno della figura 31 è possibile osservare l'andamento giornaliero stagionale dell'acqua disponibile in relazione al tipo di terreno ed allo strato esplorato dalle radici.

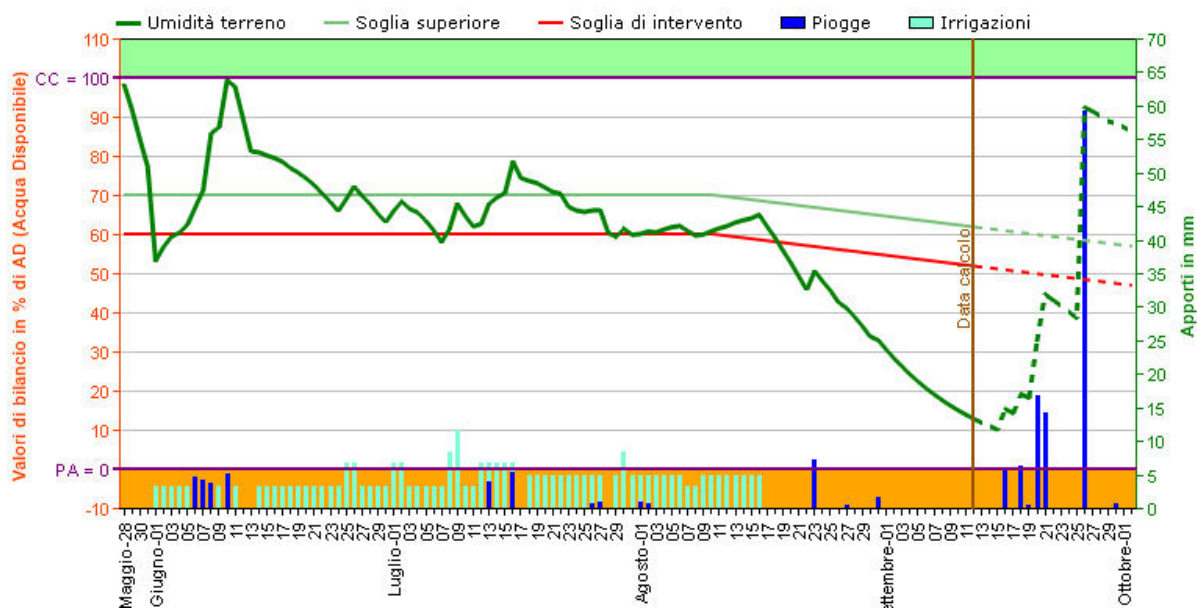


Figura 31. Andamento dell'umidità del terreno in relazione agli apporti idrici di pioggia ed irrigazione.

## Analisi chimiche del suolo

In data 12/9, ovvero al termine della sperimentazione, sono stati effettuati dei carotaggi a livello di suolo (0-40 cm di profondità) per valutare eventuali accumuli di metalli pesanti ed elementi in traccia.

Per nessuno degli elementi analizzati, a parte il sodio, sono stati rilevati accumuli significativi a livello del suolo dovuti all'irrigazione con acque Caviro (tab. 31 e 32). Per il sodio l'incremento è stato di circa un 25 % per il trattamento irrigato con acque Caviro, indicando quindi un potenziale effetto di sodicizzazione a carico del suolo. Quanto appena detto per la sodicizzazione si evince anche per la salinizzazione (tab. 33) dove, infatti, i valori di EC (conducibilità elettrica) del suolo sono significativamente più del doppio per il suolo irrigato con acque Caviro rispetto al suolo irrigato con acqua di rete.

Tabella 31 Caratterizzazione chimica del suolo in g kg<sup>-1</sup>

Suolo														
Trattamento	N	Al	Ca	Cr	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	P	S	Sr	V
	g kg <sup>-1</sup>													
Rete	0.90	40.0	9.62	0.08	28.1	8.58	0.04	6.80	0.82	1.61	0.45	0.18	0.07	0.07
Caviro	0.90	38.5	7.24	0.08	27.8	8.97	0.04	6.46	0.81	2.05	0.43	0.18	0.06	0.06
Significatività	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns

Tabella 32 Caratterizzazione chimica del suolo in mg kg<sup>-1</sup>

Suolo														
Trattamento	As	B	Ba	Be	Cu	Co	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Se	Ti	
	mg kg <sup>-1</sup>													
Rete	6.21	12.5	197	0.41	34.5	13.0	1.30	50.0	32.3	2.34	2.02	0.46	770	
Caviro	6.07	10.5	188	0.38	33.0	13.5	1.25	48.1	31.0	2.47	2.15	0.59	788	
Significatività	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabella 33 pH e conducibilità elettrica del suolo

Suolo		
Trattamento	pH	EC
		dS m <sup>-1</sup>
Rete	7.80	0.18
Caviro	7.94	0.47
Significatività	ns	***

## Analisi fisiologiche

Il potenziale idrico delle foglie e del fusto è stato misurato in data 9/7 al mezzogiorno solare. Per le misurazioni è stata utilizzata una camera a pressione Scholander (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA).

Il potenziale idrico fogliare è stato misurato su una foglia ben esposta per singola pianta. Allo stesso modo, il potenziale idrico del fusto è stato misurato su una foglia per pianta precedentemente coperta con un foglio di alluminio per consentirne l'equilibrio con il fusto.

Non sono state riscontrate differenze per quanto riguarda il potenziale fogliare tra i due trattamenti mentre il potenziale del fusto ha mostrato valori significativamente più negativi per il trattamento irrigato con acque Caviro, indice di un probabile leggero stress salino indotto dal trattamento Caviro (fig 32).

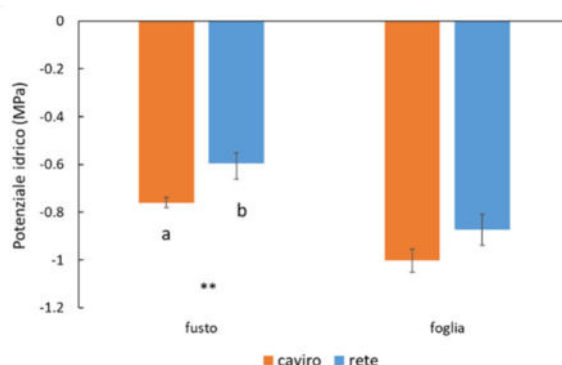


Figura 32 Relazioni idriche

Nella stessa giornata e nello stesso orario di rilievo dei potenziali idrici, sono state anche misurate la fotosintesi, la traspirazione e la conduttanza stomatica, utilizzando un analizzatore di gas portatile (Li-COR 6400, LICOR, Lincoln, Nebraska, USA).

Durante ciascuna misurazione, l'intensità della luce all'interno della cuvetta è stata mantenuta costante impostando il livello di luce al livello di luce incidente registrato dal sensore PPFd immediatamente prima delle misurazioni. Gli scambi gassosi fogliari sono stati misurati su una foglia per singola pianta.

A parte i valori di fotosintesi che non hanno mostrato differenze significative, i dati di conduttanza stomatica e di traspirazione hanno mostrato valori ridotti per il trattamento Caviro rispetto al trattamento irrigato con acque reflue (tab. 34). Questo dato conferma quanto discusso per i potenziali idrici.

Tabella 34 Scambi gassosi fogliari

Trattamento	Fotosintesi (A) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Traspirazione (E) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Conduttanza stomatica ( $g_s$ ) ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
Rete	28.0	14.8 a	0.56 a
Caviro	25.7	13.5 b	0.41 b
Significatività	ns	*	**

### Dati produttivi e qualitativi

I dati produttivi sono stati acquisiti effettuando la raccolta completa in parcella alla data del 25/08. Prendendo in considerazione la produzione totale parcellare, non emergono differenze produttive tra le due tesi e pertanto sia in termini di peso medio dei frutti ( $\text{g frutto}^{-1}$ ) che di resa media per pianta ( $\text{g pianta}^{-1}$ ) non si evidenziano differenze tra i due trattamenti irrigui (tab. 35). Lo stesso vale per la maggior parte delle analisi qualitative (pH, acidità, sostanza secca, peso fresco) e di resa, che si mantiene con valori simili tra i due trattamenti. E' da riscontare invece un incremento dei valori di grado zuccherino e un decremento di quelli di durezza, indice di un probabile anticipo della maturazione indotto dal trattamento Caviro.

Alla raccolta sono state inoltre effettuate analisi chimiche e qualitative su un pool rappresentativo di frutti.

Dal punto di vista dell'analisi minerale (tab. 36), si riscontra un incremento significativo di Na e Cl per il trattamento Caviro. La stessa tesi Caviro ha quantitativi significativamente inferiori rispetto alla tesi irrigata con acque aziendali per quanto riguarda Alluminio, Bario, Ferro, Zolfo e Calcio ed un leggero incremento di Potassio.

Tabella 35 Analisi produttive e qualitative dei frutti

Trattamento	Peso	Resa	pH	Acidità	Sostanza secca	Durezza	SST
	(g frutto <sup>-1</sup> )	(g pianta <sup>-1</sup> )		(g l <sup>-1</sup> )	%	(kg cm <sup>-2</sup> )	(°Brix)
Rete	54.9	566	4.66	3.80	5.70	1.11 a	4.14 b
Caviro	52.8	622	4.67	4.34	5.93	0.90 b	4.54 a
Significatività	ns	ns	ns	ns	ns	***	*

Tabella 36 Analisi minerali del frutto

Trattamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Na	Al	B	Ba	Cu	Fe	Mn	Sn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>								mg kg <sup>-1</sup>							
Rete	23.4	4.59	24.2	1.40	1.56	1.84	12.8	1.21	45.1	42.9	6.32	9.55	61.6	12.9	22.1	20.2
Caviro	22.8	4.32	25.7	1.20	1.50	1.74	26.6	1.42	22.3	42.1	1.35	10.3	49.4	11.8	19.9	19.7
Significatività	ns	ns	**	*	ns	*	*	***	*	ns	***	ns	*	ns	ns	ns

## Conclusioni e considerazioni finali

Le attività condotte all'interno dell'azione 3.3 hanno permesso di valutare e verificare la possibilità di introdurre fonti alternative di acqua irrigua per soddisfare le esigenze di tipologie diversificate sia di coltura (arborea-orticola) che di gestione colturale (in campo ed in vaso) in modo tale da verificare gli effetti della salinità su un variegato panorama di coltivazione. Nello specifico, all'interno dei due anni di sperimentazione, sono state svolte attività ponendo l'attenzione agli effetti sulle piante e sulle produzioni, valutando in particolare la tossicità legata all'accumulo di sali nei confronti della produzione agricola e dello stato vegetativo delle colture, la presenza di residui nei prodotti agricoli commercializzabili, nonché l'opportunità di utilizzare acque cariche di nitrati per ridurre gli apporti nutrizionali con concimi di sintesi.

La sperimentazione avvenuta il primo anno è servita anzitutto a disporre lo schema sperimentale delle prove, il posizionamento della sensoristica, la predisposizione dei piani di irrigazione e l'acquisizione dei dati relativi alla qualità delle acque ed alla caratterizzazione qualitativa del tipo di suolo.

In prima battuta è stato possibile valutare la dinamica del contenuto di Sali nelle acque irrigue sulle influenze all'interfaccia suolo-pianta. Altresì, le analisi condotte sulla vegetazione e sulle produzioni hanno permesso di valutare l'effetto dei due diversi trattamenti irrigui sulla qualità delle produzioni e sugli stress vegetativi delle piante.

I risultati ottenuti su Vite durante i due anni di sperimentazione sono risultati molto incoraggianti in quanto, guardando ai dati delle produzioni sia in termini quantitativi che qualitativi, non sono state riscontrate apprezzabili differenze in relazione al tipo di acqua utilizzato. Le analisi fisiologiche condotte sulle piante durante le due stagioni irrigue, inoltre, non hanno evidenziato cali di performances nelle piante e pertanto non si sono verificate condizioni di stress per le colture in relazione al tipo di acqua irrigua utilizzata.

Anche in relazione alle analisi minerali, non sono stati riscontrati accumuli di elementi né all'interno della vegetazione e neanche nel suolo; si evidenziano invece accumuli di salinità nei carotaggi effettuati su suolo, tuttavia entro valori contenuti e non determinanti nel causare fenomeni di stress per la coltura. Peraltro, guardando allo storico del monitoraggio effettuato tramite sensoristica, è stato possibile verificare che, durante le stagioni dell'anno generalmente più piovose, seppur anormalmente siccitose nei due anni, il contenuto di Sali tende a riallinearsi per un dilavamento profondo causato dalle piogge.

L'utilizzo dell'acqua reflua, peraltro, per i quantitativi di nutrienti che trasporta in relazione soprattutto all'elemento azotato, ha apportato quantitativi in grado di soddisfare parzialmente il fabbisogno stagionale della coltura e delineando pertanto la concreta possibilità di ridurre del 21% circa l'apporto di concimi minerali.

Per quanto riguarda la sperimentazione condotta su Melo in vaso, nei due anni sono emersi effetti sulle piante e sulle produzioni derivanti dal tipo di utilizzo di acqua utilizzato. Le piante irrigate con acque reflue depurate hanno evidenziato significative variazioni negative in termini di produttività e qualità delle produzioni anche se non sono stati riscontrati accumuli di elementi fitotossici nei frutti commercializzabili.

I rilievi fisiologici effettuati sulle piante hanno evidenziato sintomi di stress verso circa metà della stagione irrigua e che si sono accentuati via via verso fine stagione. Anche le analisi minerali sulle piante hanno evidenziato accumuli di elementi fitotossici.

I risultati osservati su Melo emergono in seguito ad apporti puntuali e continuativi di acque con elevati contenuti di salinità all'interno di un volume ristretto di suolo rappresentato dal vaso. Va sottolineato, in questo caso, che le condizioni in vaso non sono rappresentative del pieno campo. Tale risultato conferma come la valutazione qualitativa sulle acque destinate al riuso debba essere combinata con una analisi di rischio con il fine di valutare eventuali effetti negativi associati a sistemi colturali e condizioni di gestione agronomica specifica.

Per quanto riguarda il pomodoro, le rilevazioni fisiologiche effettuate sulla pianta durante la stagione non hanno evidenziato particolari stress se non a partire da metà stagione irrigua dove la pianta ha iniziato a risentire di uno stress nel fusto ma non, tuttavia, nelle foglie.

Analizzate le produzioni alla raccolta, i due trattamenti irrigui non hanno evidenziato differenze significative né in termini quantitativi che qualitativi. È da riscontare invece un incremento dei valori di grado zuccherino e un decremento di quelli di durezza, indice di un probabile anticipo della maturazione indotto dal trattamento Caviro.

I risultati osservati su Pomodoro evidenziano l'effettiva possibilità di un riuso di acque reflue per finalità irrigue.

Le informazioni raccolte all'interno dei due anni di sperimentazione hanno consentito di ricostruire un ampio quadro conoscitivo sugli effetti derivanti dal riutilizzo di acque di lavorazione di tipo agro-industriale, sui principali parametri fisiologici, nutrizionali e di tossicità, su piante arboree ed orticole, sulle produzioni e sul suolo, senza trascurare gli aspetti di sicurezza alimentare e sanitaria.

Per le motivazioni sopraelencate, i risultati ottenuti su Vite e Pomodoro evidenziano l'assoluta applicabilità del riutilizzo a fini irrigui di acque di recupero derivanti da processi di lavaggio degli scarti di lavorazione delle filiere agroalimentari. Tale riutilizzo, rientrando in un processo di economia circolare, economicamente conveniente ed in grado di fornire elementi nutrienti alle colture, può permettere di ridurre i prelievi di acque superficiali convenzionali sempre più scarse in seguito al cambiamento climatico in atto, obiettivo in linea con i nuovi indirizzi comunitari in vigore dal 2023. È in ogni caso da tenere in considerazione il ruolo della pianificazione associata alla valutazione del rischio per la distribuzione di acque reflue di eterogenea provenienza all'idoneità di utilizzo sui differenti target di colture servite all'interno di un territorio.

Per quanto riguarda la tematica del riuso, la normativa italiana consente il recupero delle acque reflue a destinazione irrigua nel rispetto dei molteplici e spesso limitanti parametri (concentrazione minime in N e P)



riportati nel D.M. 185/2003. La cospicua dote di acque reflue di tipo secondario (D.Lgs 152/2006), con costi più bassi di processo depurativo e con un maggior contenuto di elementi minerali necessari al fabbisogno nutrizionale delle piante, possono sicuramente rappresentare un ulteriore supporto all'irrigazione tradizionale delle colture.

## Verifica della possibilità di applicare strategie di lotta biologica per il controllo della cimice asiatica con tecniche a basso impatto nei sistemi fitodepuranti

### Azione 3.4

#### Contesto

L'incidenza della Cimice Asiatica risulta particolarmente rilevante in Emilia Romagna costituendo ormai da anni uno dei principali obiettivi di lavoro in ambito entomologico per le strutture tecniche del territorio, che si sono profuse in un grande sforzo operativo nel valutare ed attuare le possibili strategie di contenimento e convivenza, non lasciando intentata alcuna tecnica ad integrazione della classica difesa diretta mediante insetticidi.

Cimice asiatica è una specie estremamente polifaga che si sviluppa a carico sia di colture agrarie che di specie spontanee. Questa caratteristica ne rende particolarmente difficoltoso il controllo in funzione di una costante e continua pressione di re-infestazione, costituendo al contempo un elemento potenzialmente vantaggioso sulla possibilità di raggiungere un equilibrio ecosistemico delle popolazioni. La predilezione al riprodursi in aree esterne ai coltivi costituisce infatti un elemento da cogliere per raggiungere un futuro livello di contenimento soddisfacente.

Tali aree risultano infatti essere l'habitat naturale per la riproduzione della cimice asiatica dove è pertanto possibile contare sul controllo operato da insetti antagonisti autoctoni ed eventualmente esotici.

In funzione questi elementi, il programma di lavoro si prefigge di approfondire la biologia e la fenologia della specie nell'ambiente prossimo ai sistemi fitodepuranti, al fine di valutare se queste aree e il relativo reticolo idrografico possano costituire zone di moltiplicazione indisturbata delle specie antagoniste nonché di collegamento fra aree naturali separate da coltivi sottoposti a trattamenti insetticidi pertanto inospitali per queste specie utili.

Il sito oggetto delle osservazioni è particolarmente funzionale a questo tipo di valutazione in quanto caratterizzato da aree naturali e coltivate unite da quello che si può considerare un corridoio ecologico.

L'attività risulta pertanto propedeutica alla verifica di come si possa raggiungere l'auspicato riequilibrio delle popolazioni fitofago / antagonista anche in contesti agrari differenti dalle aree frutticole specializzate.

#### Analisi del sito di studio

Le attività si sono svolte presso Acqua Campus a Mezzolara di Budrio, Bologna (44°34'13.7"N - 11°32'04.9"E)

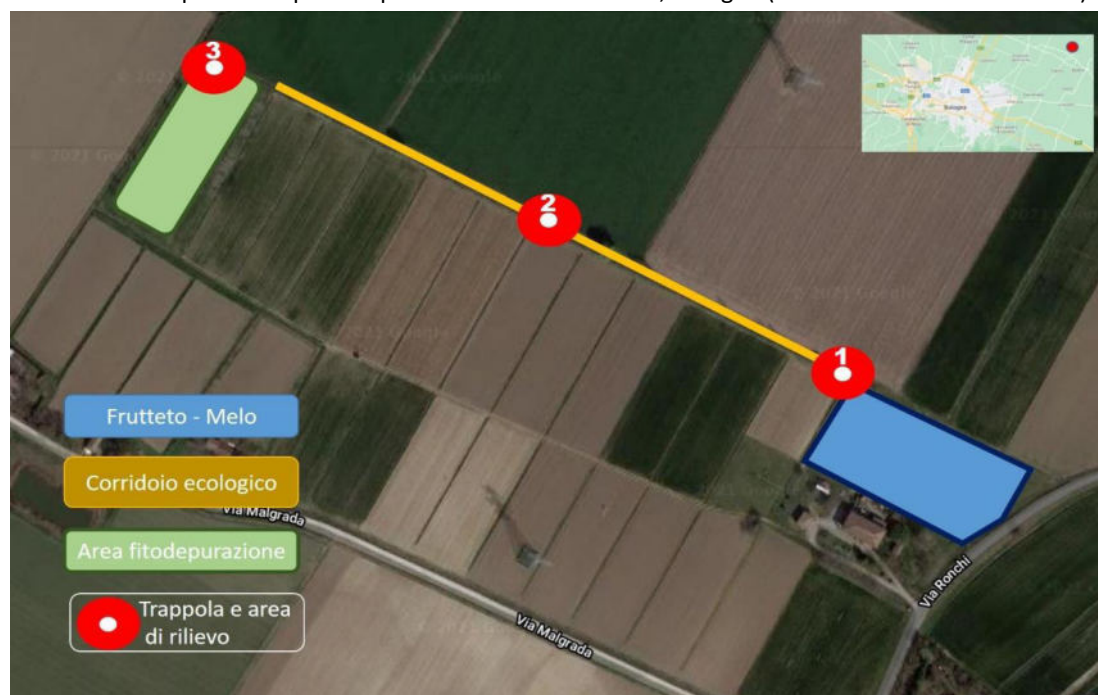


Fig. 1: disposizione del sito oggetto di studio

### Composizione floristica:

Area frutteto: melo

Corridoio ecologico:

Arboree, arbustive - pioppo (*Populus sp.*), sambuco (*Sambucus sp.*), corniolo (*Cornus sp.*), Erbacee: Canne, Equiseto (*Phragmites sp.*, *Typha sp.*, *Equisetum sp.*)

Area fitodepurazione - arboree: Salice bianco (*Salix sp.*), Pioppo (*Populus sp.*). Erbacee: Canne (*Phragmites sp.*)



Fig. 2 - 3: contesto ambientale del corridoio ecologico e dell'area di fitodepurazione

La vegetazione dell'area di fitodepurazione e del corridoio ecologico è stata mantenuta per l'intero periodo di verifica.

Il manto erboso della carraia e del frutteto è stato ripetutamente sfalciato.

### Materiali e metodi

Il programma di lavoro è stato avviato con un inevitabile ritardo causato dall'emergenza sanitaria che fino a stagione primaverile avanzata ha limitato gli spostamenti con conseguente impossibilità nel visitare il sito nonché procedere all'installazione precoce delle trappole destinate al monitoraggio. A seguito del primo sopralluogo congiunto effettuato in data 7 maggio si è provveduto all'installazione di trappole Resque innescate con lo specifico attrattivo Trecè.

Le trappole sono state posizionate fra la vegetazione in prossimità del bordo frutteto e sul lato ovest dell'area di fitodepurazione mentre la terza trappola è stata installata lungo il fossato, lasciato integro nella vegetazione. In ciascuna postazione è stato curato il posizionamento delle trappole in maniera da avere le alette di risalita a contatto con la vegetazione.



Fig. 4 - 5: postazione 3 (area di fitodepurazione); postazione 2 (corridoio ecologico)

Il monitoraggio effettuato mediante conteggio delle catture realizzate con le trappole è iniziato il 9 maggio, concludendosi con l'ultima verifica del 10 ottobre, mentre la verifica ed il prelievo delle ovature, effettuato nel raggio di 10 metri dal punto di installazione delle trappole, si è mantenuto dal 30 maggio al 24 agosto con rilievi concomitanti a 10 – 12 giorni.

Gli individui catturati ad ogni rilievo sono stati conteggiati e nel caso vitali destinati ad attività di laboratorio e allevamento.

Le ovature individuate sono state codificate e destinate al mantenimento in laboratorio per verificare l'eventuale parassitizzazione naturale.

In corrispondenza del periodo di deposizione tipico della specie, in 2 momenti della stagione, sono state esposte 4 ovature sentinella fresche per postazione.

Le ovature esposte sono state ritirate in occasione del successivo rilievo e mantenute al fine di constatare eventuali parassitizzazioni naturali, qualora non ancora schiuse o, in caso contrario, per l'analisi dei meconi.

### Risultati del monitoraggio

In ciascun rilievo si sono verificati adulti e forme giovanili catturati e conteggiati nel loro complesso.

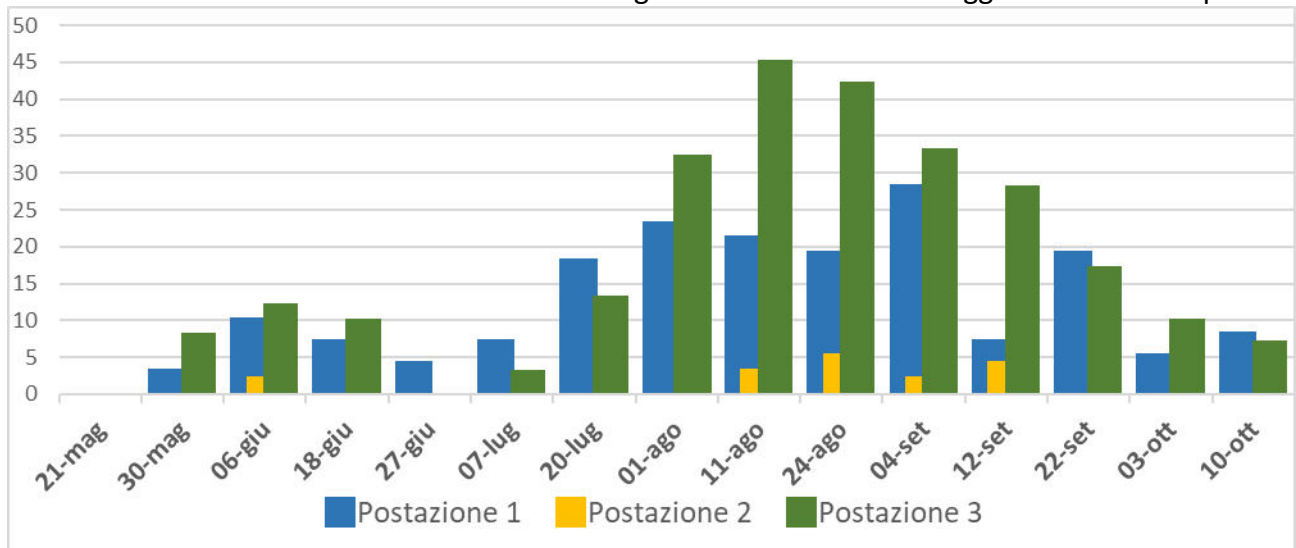


Fig. 6: numero di catture per data di rilievo

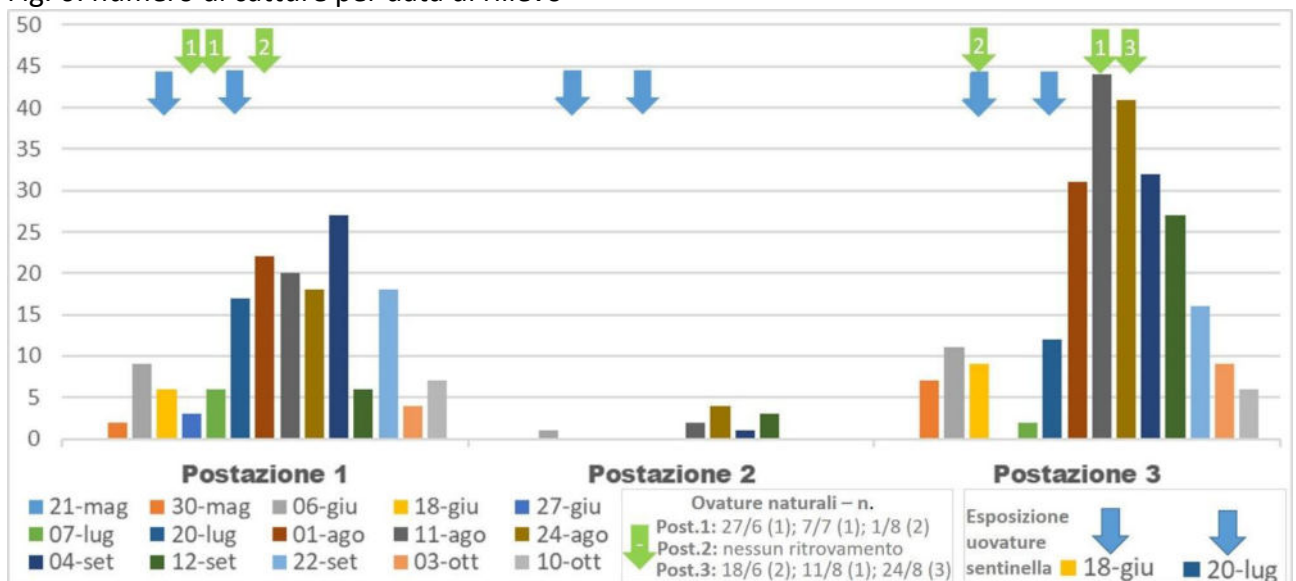


Fig. 7: numero di catture, ovature individuate e posizionamento ovature sentinella per postazione

### **Considerazioni preliminari anno 2020**

Nel complesso nell'area non si è rilevata una popolazione particolarmente consistente rispetto a quanto constatato in altri contesti di monitoraggio.

Nel dettaglio si rileva una significativa differenza del numero di individui rilevati nelle postazioni 1 e 3 rispetto alla postazione 2.

In considerazione dell'impiego del medesimo modello di trappola e innesco si può ipotizzare che l'assenza di specie arboree - arbustive nelle immediate vicinanze della trappola costituisca un fattore limitante per le popolazioni di cimice.

Per quanto concerne la distribuzione temporale delle catture si osserva una situazione che ben ricalca le dinamiche delle popolazioni che generalmente si osservano nei nostri territori, anche se il calo di catture nell'ultima fase del monitoraggio appare più marcata di quanto non si osservi normalmente.

Questa situazione potrebbe essere riconducibile all'assenza di luoghi comunemente individuati dalla specie per lo svernamento nelle immediate vicinanze delle postazioni di rilievo ed il conseguente allontanamento degli individui adulti dal sito.

Per quanto concerne la deposizione naturale di ovature si rileva una completa assenza di ritrovamenti in prossimità della postazione 2 a fronte di una più significativa deposizione nelle restanti due aree di verifica.

Questo numero potrebbe apparire limitato, ma in considerazione della composizione floristica e della definizione precisa dell'area di ricerca è da ritenersi sicuramente significativo.

Nel sito non è stato effettuato alcun rilascio di parassitoidi in quanto l'area non rientrava nell'elenco dei punti autorizzati dal Decreto ministeriale 0042969/2020.

Relativamente alla verifica degli antagonisti naturali si è ritenuta opportuna l'integrazione mediante l'esposizione di ovature naturali con timing individuato secondo la biologia della specie.

Il posizionamento è risultato leggermente sfalsato rispetto alla deposizione naturale constatata mediante il monitoraggio delle ovature, ma questo fattore ha sicuramente contribuito ad ampliare il periodo di verifica.

Le complessive 24 ovature esposte in due momenti della stagione non sono state oggetto di parassitizzazione, tant'è che al rilievo successivo sono state ritrovate regolarmente schiuse con meconi integri e normale mortalità naturale.

Dal mantenimento delle complessive 10 ovature naturali individuate è stata verificata un'unica parassitizzazione di una delle tre ovature prelevate nell'area di rilievo prossima alla postazione 3 in data 24 agosto. Da questa ovatura interessata per il 50% sono sfarfallati 11 *A. bifasciatus* su 14 uova parassitizzate delle 28 complessive.

Considerata la particolarità del sito nel suo complesso, appare prematuro trarre conclusioni, le osservazioni che verranno effettuate nell'anno in corso potranno essere funzionali a definire meglio le dinamiche delle popolazioni in contesti differenti da quelli investiti a frutticoltura intensiva o con presenza di essenze alle quali la specie risulta tipicamente più legata.

## Rendicontazione attività anno 2021

### Sito di studio

Le attività 2021 si sono svolte nel medesimo sito oggetto del monitoraggio 2020 mantenendo la stessa disposizione delle trappole. Nel secondo anno di monitoraggio è in parte variata la gestione della vegetazione lungo il corridoio ecologico rappresentato dal fossato che si trova tra l'area frutteto e la zona di fitodepurazione. In particolare nella prima parte della stagione la vegetazione è stata mantenuta mentre a seguire, dal mese di giugno sono invece stati effettuati più interventi di controllo della vegetazione spontanea attraverso ripetuti interventi di trinciatura e la realizzazione di un tratto di impermeabilizzazione del fossato.

Analogamente alla precedente stagione anche il manto erboso della carraia e del frutteto è stato ripetutamente sfalciato.

### Materiali e metodi

A differenza del primo anno di monitoraggio le attività di verifica sono iniziate in tempi allineati all'etologia della specie con posizionamento delle trappole a fine marzo e primo rilievo il 3 aprile. Le trappole sono state posizionate nei medesimi punti e come nella prima stagione sono state impiegate trappole *Resque* innescate con lo specifico attrattivo Trecè curando il posizionamento in maniera da avere le alette di risalita a contatto con la vegetazione.

Il monitoraggio effettuato mediante conteggio delle catture realizzate da inizio aprile si è concluso con l'ultima verifica del 1 ottobre, mentre la verifica ed il prelievo delle ovature, effettuato con i medesimi criteri della precedente stagione, si è realizzato in tempi allineati allo scorso anno nonostante il ritardo cumulato dalla specie a causa delle basse temperature della prima decade di aprile ed ancora costantemente sotto media per l'intero mese di maggio.

Gli individui catturati ad ogni rilievo sono stati conteggiati, e solamente in alcuni momenti della stagione destinati ad attività di laboratorio e allevamento. Le ovature individuate sono state codificate e destinate al mantenimento in laboratorio per verificare l'eventuale parassitizzazione naturale. Mantenendo il protocollo della precedente stagione, in corrispondenza del periodo di massima deposizione della specie sono state esposte 4 ovature sentinella per postazione. Le ovature esposte sono state ritirate in occasione del successivo rilievo e mantenute al fine di constatare eventuali parassitizzazioni naturali, qualora non ancora schiuse o, in caso contrario, per l'analisi dei meconi.

### **Risultati del monitoraggio**

In ciascun rilievo si sono verificati adulti e forme giovanili catturati e conteggiati nel loro complesso.

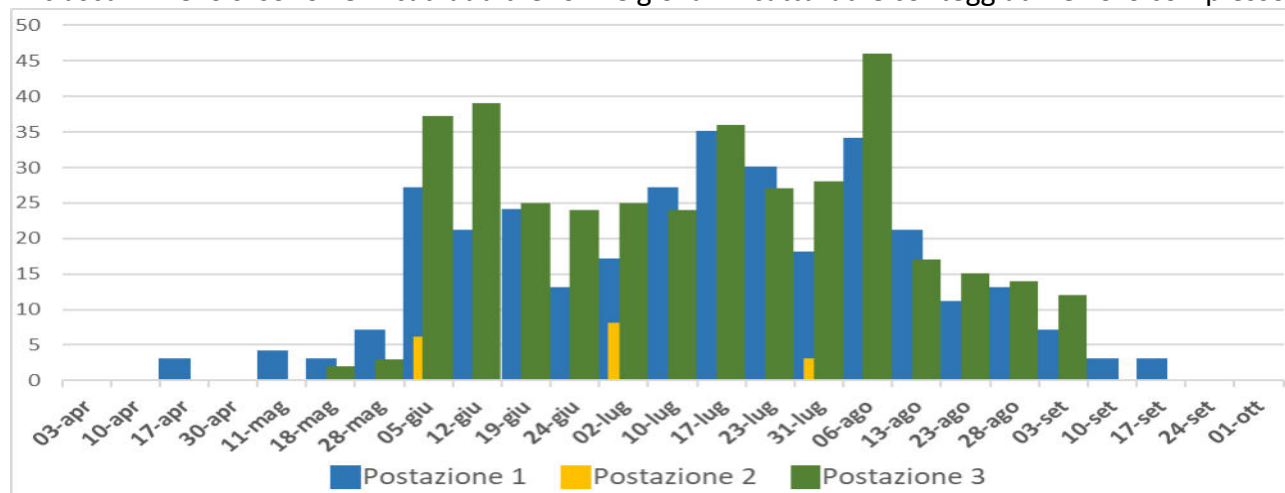


Fig. 8: numero di catture per data di rilievo (anno 2021)

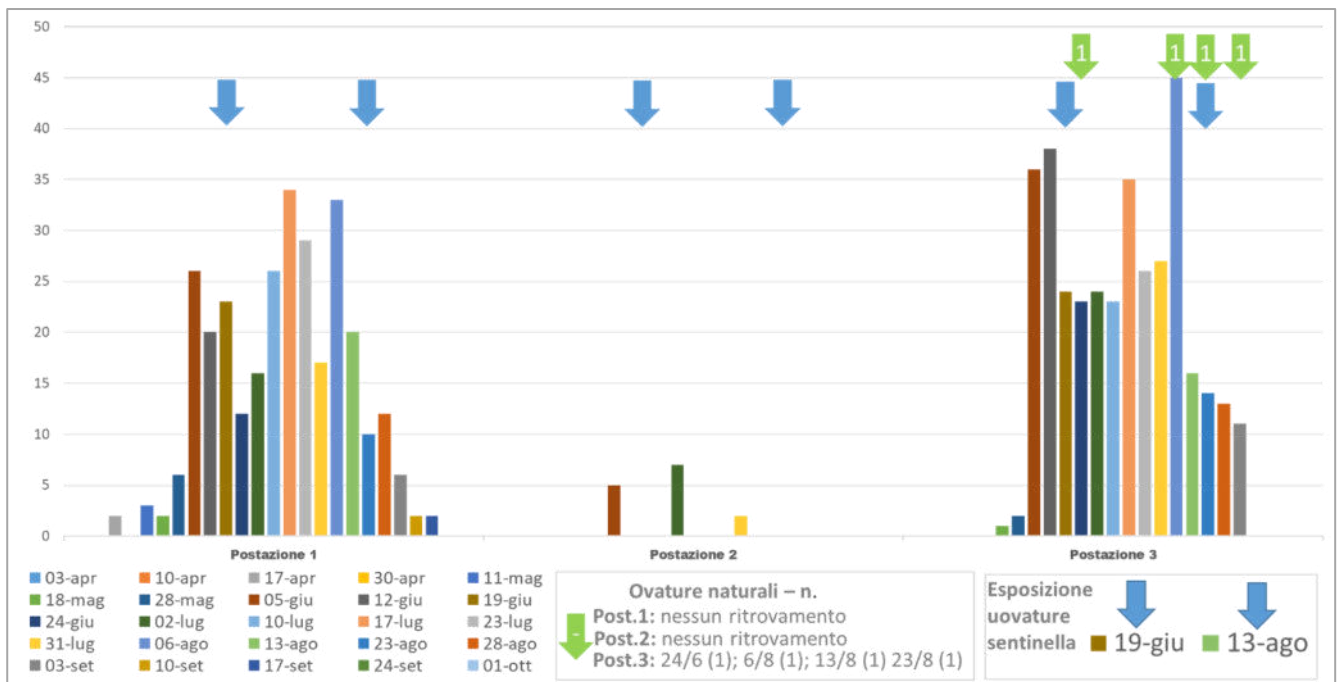


Fig. 9: numero di catture, ovature individuate e posizionamento ovature sentinella per postazione

### Considerazioni 2021

Anche nel 2021 nel complesso non si è rilevata una popolazione particolarmente consistente rispetto a quanto constatato in altri contesti di monitoraggio.

Si conferma una significativa differenza del numero di individui rilevati nelle postazioni 1 e 3 rispetto alla postazione 2 con un divario ancor più marcato rispetto al 2020 a differenza di una maggior uniformità rilevata fra le postazioni 1 e 3.

Le catture contenute rilevate nella postazione 2, ulteriormente inferiori al 2020, sono attribuibili all'assenza di specie arboree - arbustive nelle immediate vicinanze a cui si aggiunge nel 2021 la pressoché assenza di vegetazione a crescita annuale a seguito degli sfalci ripetuti.

Per quanto concerne la distribuzione temporale delle catture, anche per il 2021 si rileva una situazione che ben ricalca le dinamiche delle popolazioni osservate nei nostri territori, compresa la scalarità delle popolazioni svernanti probabilmente imputabile alle temperature sotto media stagionale rilevate a inizio aprile e per buona parte del mese di maggio '21.

Permane un anomalo andamento delle popolazioni nell'ultima fase del monitoraggio con una flessione anticipata delle catture rispetto a quanto non si osservi normalmente.

Per quanto concerne la deposizione naturale di ovature si rileva una completa assenza di ritrovamenti nelle aree 1 e 2 a fronte di una deposizione comunque contenuta in prossimità nell'area di fitodepurazione.

Relativamente alla verifica degli antagonisti si è ripetuta l'integrazione attraverso l'esposizione di ovature sentinella fresche con timing allineato alla biologia della specie.

Sono state esposte 24 ovature in due momenti della stagione a livello delle quali non sono state rilevate parassitizzazioni e/o predazioni.

A differenza della precedente stagione, dal mantenimento delle 4 ovature naturali individuate non è stata rilevata alcuna parassitizzazione.

### Analisi e raffronto dati 2020 - 2021

In considerazione di alcuni elementi particolari rilevati già dalla prima stagione di monitoraggio in merito all'andamento delle popolazioni, in particolare nella fase finale, si è ritenuto di effettuare un confronto con i risultati del monitoraggio territoriale realizzato attraverso la rete di rilievo e

condivisione attuata attraverso il progetto “Cimica.net” finanziato dalla Regione Emilia Romagna nell'ambito del PSR 2014-2020 Op. 16.1.01 - Go Pei-Agri Focus Area 4B, con il coordinamento del CRPV e la partecipazione di svariate strutture che hanno contribuito al rilievo settimanale effettuato con analogo sistema di monitoraggio e posizionamento di trappole in molteplici punti del territorio, rispettivamente 139 nel 2020 e 165 nel 2021.

Link: <https://big.csr.unibo.it/projects/cimice/monitoring.php>

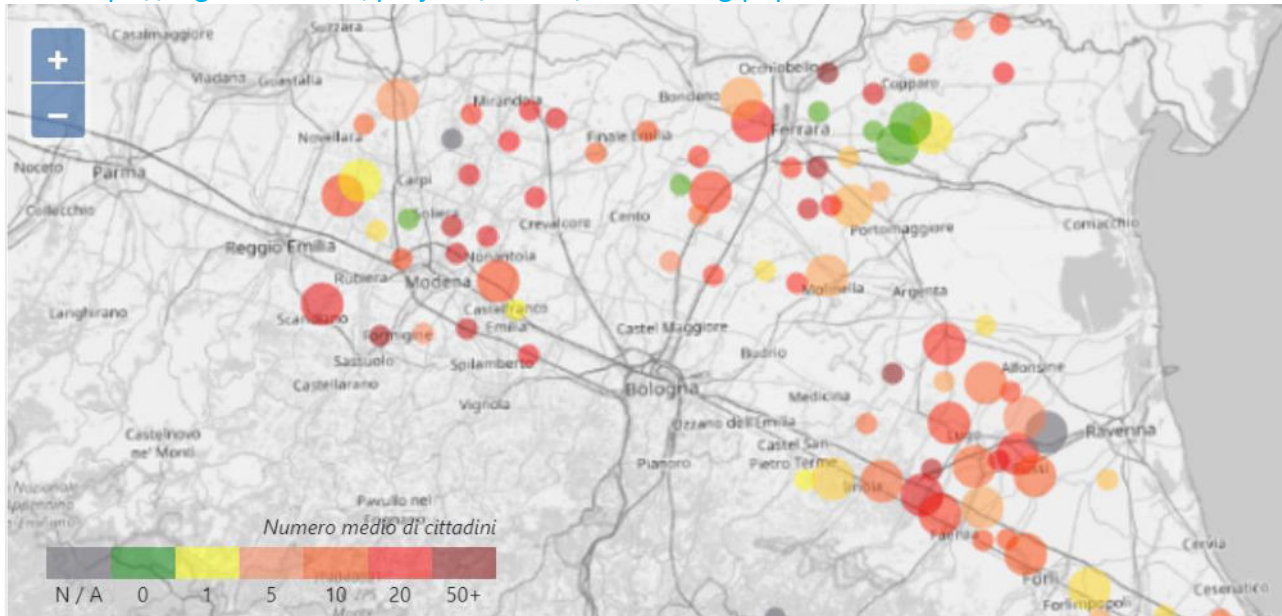


Fig. 10: rete di monitoraggio RER 2020

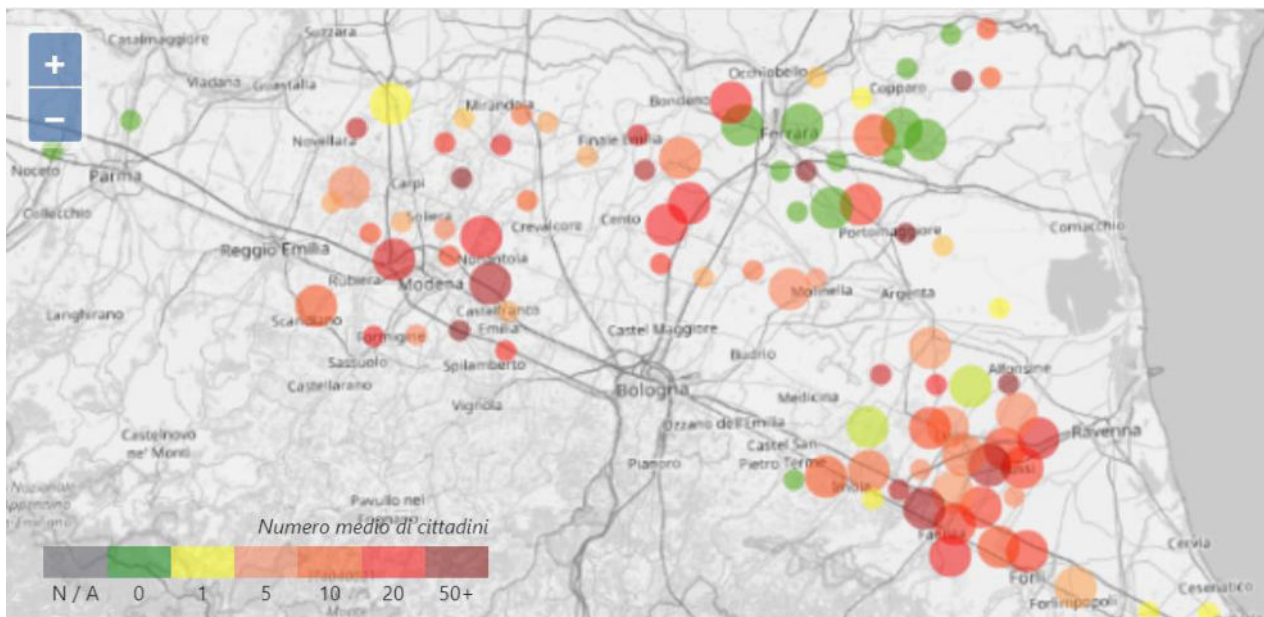


Fig. 11: rete di monitoraggio RER 2021

Il raffronto fra il dato aggregato territoriale e l'andamento delle popolazioni rilevate nell'area *AcquaCampus* conferma quanto osservato e riportato per ciascuna annata in termini di una buona rispondenza per buona parte della stagione a differenza di quanto si è osservato da inizio settembre e metà agosto rispettivamente nel 2020 e 2021.



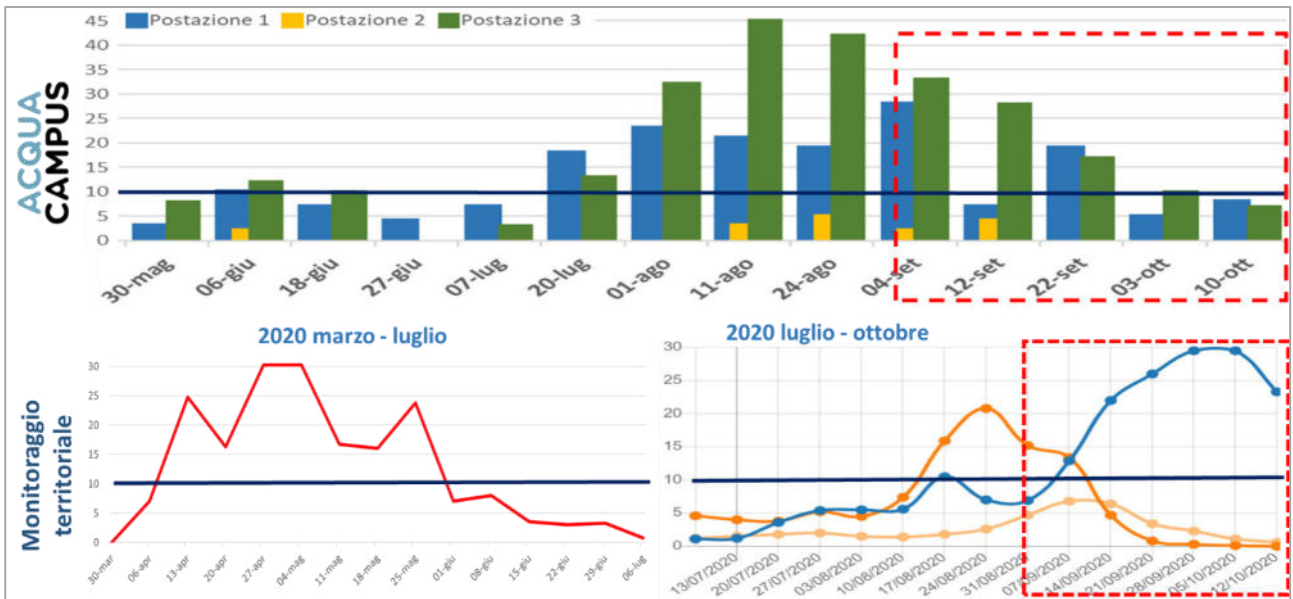


Fig. 12: raffronto fra le popolazioni di cimice rilevata presso AcquaCampus rispetto al dato aggregato territoriale (2020\*)

\* il dato aggregato 2020 è rappresentato in due grafici separati in quanto il monitoraggio territoriale di quell'anno si è realizzato a partire dalla prima decade di luglio. Le popolazioni della prima parte della stagione derivano dall'accorpamento di un inferiore numero di postazioni relative alla provincia di Modena.

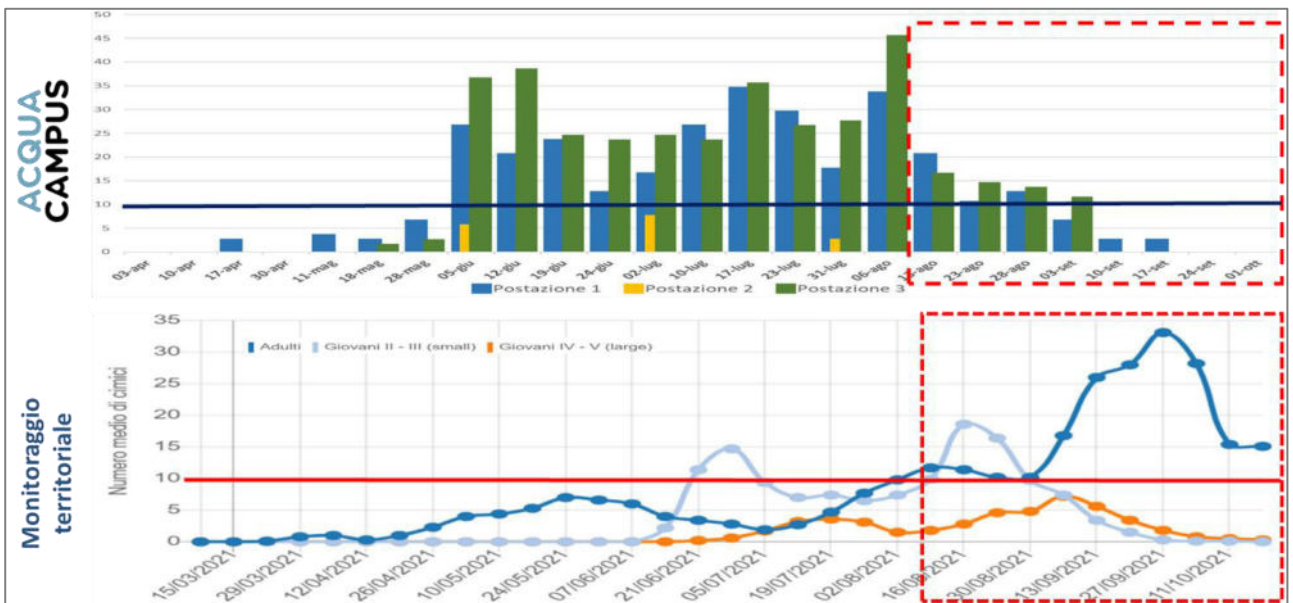


Fig. 13: raffronto fra le popolazioni di cimice rilevata presso AcquaCampus rispetto al dato aggregato territoriale (2021)

In merito ai fattori naturali di contenimento rappresentati da parassitoidi e/o predatori non è possibile procedere a specifici approfondimenti in ragione di un limitato numero di ovature e parassitizzazioni rilevate.

## **Conclusioni**

Il contesto agroecologico di *AcquaCampus* si è rivelato differente rispetto alle situazioni solitamente oggetto di monitoraggio, in funzione di una minor diffusione di colture arboree a fronte di un contesto colturale che vede una spiccata presenza di seminativi fra loro “connessi” da corridoi rappresentati dal reticolo idrografico e irriguo.

Il monitoraggio ha evidenziato popolazioni che ricalcano il dato territoriale ed i relativi condizionamenti derivanti dall’andamento meteorologico in particolare nelle fasi iniziali e centrali della stagione.

Le popolazioni dell’ultima parte della stagione si discostano invece in maniera netta rispetto al dato aggregato degli andamenti dei monitoraggi territoriali.

Questa situazione potrebbe essere riconducibile all’assenza di luoghi comunemente individuati dalla specie per lo svernamento nelle immediate vicinanze delle postazioni di rilievo ed il conseguente precoce allontanamento degli individui adulti dal sito; si ravvisa inoltre l’assenza delle specie (Acerò campestre, Frassino, Ailanto) alle quali la cimice asiatica si rivolge per l’alimentazione tardiva in vista della fase di svernamento.

Il tipo di vegetazione (se solo erbacea) e le necessità di gestione fossi e canali funzionale ad un adeguato flusso delle acque, determina un ambiente non particolarmente idoneo a cimice asiatica e conseguentemente alla deposizione delle uova.

Ne consegue che la scarsa deposizione determini una modesta attrattività per specie antagoniste, situazione che si ritiene possa tradursi in un limitato ruolo di questo tipo di infrastruttura ecologica nella diffusione a livello territoriale dei parassitoidi.

In ragione della necessità dell’auspicabile diffusione territoriale di parassitoidi il più uniforme e capillare possibile e del limitato ruolo che parrebbe attribuibile al reticolo irriguo con vegetazione adeguatamente gestita per ovvie necessità di flusso delle acque, si ritiene opportuno, in caso di prosecuzione del programma di lotta biologica territoriale, valutare la possibilità di rilasci anche in contesti agroecologici meno rilevanti o prioritari per cimice asiatica rispetto a quelli scelti nei primi anni.



# Rassegna Stampa

dei consorzi di bonifica dell'Emilia Romagna



**Martedì, 25 ottobre 2022**



## ANBI Emilia Romagna

24/10/2022 SKYTG24	Intervista a Francesco Vincenzi	1
24/10/2022 SKYTG24	Intervista a Nicola Dalmonte	2
25/10/2022 Affari Italiani	ANBI al nuovo Governo: "Priorità alla cura del territorio e..."	3
24/10/2022 Agra Press	CER: IL MODELLO REPHYT VINCE LA SFIDA GRAZIE ALLA FITODEPURAZIONE	4
25/10/2022 agricoltura.regione.emilia-romagna.it	Un convegno a Faenza il 24 ottobre su fitodepurazione e riuso dell'acqua	5
24/10/2022 distal.unibo.it	Fitodepurazione e riuso: strumenti per la qualità delle acque di...	6
24/10/2022 it.geosnews.com	Miglioramento della qualità dell'acqua a beneficio...	7
24/10/2022 Ravenna Today	Miglioramento della qualità dell' acqua a beneficio dell'...	8
24/10/2022 RavennaNotizie.it	Qualità dell' acqua in agricoltura: a Faenza il modello Rephyt...	10
24/10/2022 ravennawebtv.it	Miglioramento della qualità dell' acqua a beneficio dell'...	12
24/10/2022 Virgilio	Miglioramento della qualità dell'acqua a beneficio...	14
25/10/2022 Corriere di Romagna Pagina 22	Emergenza siccità e dissesto idrogeologico Ecco come uscirne	15

## Consorzi di Bonifica

24/10/2022 TRC	Siccità piaga anche autunnale	17
24/10/2022 Il Piacenza	La Cassazione respinge il ricorso del Comune contro il Consorzio di...	18
25/10/2022 Gazzetta di Reggio Pagina 13	ELEZIONI PER IL RINNOVO DEL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE DEL CONSORZIO...	19
24/10/2022 Ravenna24Ore.it	Due nuove aree verdi intitolate all' ingegnere Alberto Dacome e alla...	20
24/10/2022 Forlì Today	Castrocaro, gli studenti di terza media studiano l' acqua e le sue...	21
25/10/2022 Il Resto del Carlino (ed. Forlì) Pagina 43	Da Ridracoli al Vajont: i ragazzi studiano l' acqua	23

## Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po

25/10/2022 Gazzetta di Parma Pagina 41	Il ruolo del paesaggio nel contemporaneo: a Parma il terzo convegno...	25
24/10/2022 gazzettadiparma.it	A Parma il terzo convegno internazionale sul paesaggio	27

## Comunicati Stampa Emilia Romagna

24/10/2022 Comunicato stampa	Taglio del nastro per il restauro del lavatoio storico a Pian del Voglio	29
24/10/2022 Comunicato stampa	Miglioramento della qualità dell'acqua a beneficio...	30

## Comunicati stampa altri territori

24/10/2022 Comunicato stampa	ANBI BUON LAVORO AL NUOVO GOVERNO: AUSPICHIAMO CHE LA SALVAGUARDIA DEL...	32
------------------------------	---	----

## Acqua Ambiente Fiumi

25/10/2022 Gazzetta di Parma Pagina 19	Al via i lavori del canale che metterà in salvo Gaiano	33
25/10/2022 Gazzetta di Parma Pagina 21	L' appello di Friggeri: «Insieme per ridare decoro a via Resga»	34
25/10/2022 Il Resto del Carlino (ed. Reggio Emilia) Pagina 43	Nuovi disagi vicino al ponte del Po per sistemare il metanodotto	35
24/10/2022 Reggio2000	Chiusure notturne su Diramazione per Ravenna, A1 e A13	36
24/10/2022 Reggio2000	Entro il 2022 l' assegnazione dei lavori per la realizzazione del primo...	37
25/10/2022 Il Resto del Carlino (ed. Modena) Pagina 41	«Casse d' espansione inadeguate»	39

25/10/2022 <b>Il Resto del Carlino (ed. Modena)</b> Pagina 47	
Rilevazioni record al lago Baccio Acqua calata di 1,6 metri per...	40
24/10/2022 <b>Modena2000</b>	
Chiusure notturne su Diramazione per Ravenna, A1 e A13	41
24/10/2022 <b>Modena2000</b>	
Entro il 2022 l' assegnazione dei lavori per la realizzazione del primo...	42
24/10/2022 <b>Bologna2000</b>	
Chiusure notturne su Diramazione per Ravenna, A1 e A13	44
24/10/2022 <b>Bologna2000</b>	
Entro il 2022 l' assegnazione dei lavori per la realizzazione del primo...	45
25/10/2022 <b>La Nuova Ferrara</b> Pagina 11	
Irrigazione a goccia contro la siccità	47
25/10/2022 <b>Il Resto del Carlino (ed. Ferrara)</b> Pagina 44	
Siccità, c' è l' irrigazione a goccia «Si...	48
25/10/2022 <b>Estense</b>	
Alla Sala 2000 si parla di irrigazione a goccia con testimonianze...	49
25/10/2022 <b>Il Resto del Carlino (ed. Ravenna)</b> Pagina 45	
Laghetti abusivi per irrigare le albicocche, azienda a processo	51
25/10/2022 <b>Corriere di Romagna (ed. Ravenna-Imola)</b> Pagina 5	
Primi effetti negativi sull' agricoltura a rischio la semina di grano e...	53
25/10/2022 <b>Il Resto del Carlino (ed. Forlì)</b> Pagina 46	
Protezione civile, cessa l' allarme per l' allerta	54
25/10/2022 <b>Corriere di Romagna (ed. Forlì-Cesena)</b> Pagina 35	
Viabilità alternativa Baccini batte cassa dal ministro Salvini	55
25/10/2022 <b>Corriere di Romagna</b> Pagina 15	
Dai grandi viali fino al porto: ecco 1,1 milioni	57
25/10/2022 <b>Corriere di Romagna</b> Pagina 23	
Nuove idee: desalinizzare il mare e offshore	58
25/10/2022 <b>Corriere di Romagna</b> Pagina 33	
Manutenzioni dei fiumi opposizioni mobilitate per chiedere pulizia	60
25/10/2022 <b>Il Resto del Carlino (ed. Rimini)</b> Pagina 44	
Un milione di euro per ripensare Riccione	62
25/10/2022 <b>Il Resto del Carlino (ed. Rimini)</b> Pagina 45	
Ventena e Tavollo Incontro pubblico sulla pulizia dei fiumi	64
24/10/2022 <b>altarimini.it</b>	
Riccione, più di un milione di euro per rifare le aree commerciali...	65

*Andrea Oliva.*