



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. 754 DEL 16/05/2022

FOCUS AREA 4 B

RELAZIONE TECNICA

DOMANDA DI SOSTEGNO N. 5518241

DOMANDA DI PAGAMENTO N. 5848283

Titolo Piano	Ottimizzazione dell'irrigazione di superficie nelle colture tradizionali del prato polifita e del riso per la tutela delle falde - SUPERIRRI
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 Centro Ricerche Produzioni Animali Soc. Cons. p. A. - partner effettivo Pelosi Pier Antonio – partner effettivo Soc. Agr. Tenuta Florio – partner effettivo DINAMICA S.c.a r.l. – partner effettivo Az. Agr. Marangon Valentino – partner associato Soc. Agr. Vallazza s.s. - partner associato Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara – partner associato Consorzio di Bonifica dell'Emilia centrale – partner associato Consorzio della Bonifica Parmense – partner associato

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)

15

Data inizio attività	02/01/2023
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	05/08/2024

Relazione relativa al periodo di attività dal	02/01/2023	al	05/08/2024
Data rilascio relazione	17/09/2024		

Autore della relazione	Francesco Cavazza		
telefono		email	cavazza@consorzioicer.it
pec	cer@consorzioicer.it		

Sommarrio

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	5
2.2 – AZIONE 3	5
2.2.1 – Attività e risultati – AZIONE 3	5
2.2.2 - Personale AZIONE 3	10
2.3 – AZIONE 4	10
2.3.1 – Attività e risultati – AZIONE 4	10
2.3.2 - Personale AZIONE 4	12
2.3.3 - COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI – AZIONE 4	13
2.4 – ATTIVITA’ DI FORMAZIONE – AZIONE 5 (Dinamica).....	13
2.9 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA.....	14
3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL’ATTIVITÀ	14
4 - ALTRE INFORMAZIONI	14
5 - CONSIDERAZIONI FINALI.....	14
6 - RELAZIONE TECNICA	15

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 allo studio dell'interazione tra acque irrigue e acqua di falda. Il progetto ha coinvolto varie attività di monitoraggio e ricerca per valutare l'interazione tra acque irrigue, nutrienti nel suolo e corpi idrici sotto-superficiali. L'Azione 3.1 ha monitorato le aziende Tenuta Florio e Az. Agr. Pelosi, dotate di paratoie automatizzate, per quantificare la variazione dei nutrienti nelle acque e nel suolo durante la stagione irrigua 2023, estendendo il monitoraggio fino ad agosto 2024. Sono state svolte analisi preliminari anche nelle aziende Az. Agr. Marangon e Soc. Agr. Vallazza. È stata effettuata la caratterizzazione pedologica dei siti e il monitoraggio dei livelli di falda e dei volumi d'acqua tramite piezometri. Nel 2023 sono stati installati piezometri per monitorare il livello dell'acqua e la conducibilità elettrica, con ulteriori installazioni nel 2024 nella Tenuta Florio. Sono stati condotti campionamenti delle acque per analizzare parametri come azoto nitrico, fosfati e pH, con cinque campionamenti presso la Tenuta Florio, tre nell'Az. Agr. Pelosi e due nelle altre risaie. Le analisi del suolo hanno valutato azoto, fosforo e carbonio organico a diverse profondità, monitorando la fertilità e le variazioni indotte dall'irrigazione. L'Azione 3.2 ha esaminato le dinamiche malerbologiche e fitopatologiche nel prato stabile e nelle risaie, con rilievi floristici per studiare l'interazione tra gestione agronomica e biodiversità. Sono stati raccolti campioni di foraggio per determinare la qualità e la produzione di sostanza secca nel prato, valutando l'effetto dell'irrigazione. Nel riso, sono stati monitorati i cicli di asciutta e riempimento delle casse in relazione alla diffusione della malattia fungina del brusone. L'Azione 3.3 si è concentrata sull'automazione dell'irrigazione, installando paratoie automatizzate nelle aziende Pelosi e Tenuta Florio per ridurre l'inquinamento e adattarsi ai cambiamenti climatici. Lisimetri a suzione sono stati utilizzati per analizzare azoto e pH durante eventi irrigui e piovosi. L'Azione 3.4 ha verificato la capacità di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici attraverso i protocolli sviluppati, analizzando il contenuto di carbonio organico nel suolo e calcolando l'impronta carbonica tramite l'analisi LCA. I risultati, integrati con una valutazione dei servizi ecosistemici, hanno fornito una visione complessiva della sostenibilità ambientale del prato stabile e delle risaie. Il progetto ha incluso attività di formazione e divulgazione per garantire la diffusione dei risultati e favorire l'adozione delle innovazioni nelle aziende agricole.

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	CER – CRPA	Esercizio della cooperazione	1	1	15	18
3.1	CER – CRPA – PELOSI – TENUTA FLORIO	Valutazione dell'interazione tra le acque irrigue, la mobilità dei nutrienti nel suolo e i corpi idrici sotto-superficiali	4	4	14	18
3.2	CER – CRPA – PELOSI – TENUTA FLORIO	Identificazione delle dinamiche nell'evoluzione malerbologica e fitopatologica nelle colture del prato e del riso	4	4	14	18
3.3	CER – CRPA – PELOSI – TENUTA FLORIO	Automazione e ottimizzazione dell'irrigazione di superficie per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la minimizzazione dell'inquinamento delle acque	5	5	14	18
3.4	CER – CRPA – PELOSI – TENUTA FLORIO	Verifica della capacità di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici perseguibili attraverso i protocolli sviluppati per l'automazione e ottimizzazione dell'irrigazione di superficie	10	10	15	18

4	CER – CRPA – PELOSI – TENUTA FLORIO	Divulgazione	4	4	15	18
5	Dinamica	Formazione	10	10	15	15

2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

2.1 – AZIONE 1

2.1.1 – Attività e risultati – AZIONE 1

Azione	Azione 1 – Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	CER - CRPA
Descrizione delle attività	<p>Il CER, in qualità di coordinatore del Piano d'innovazione, ha collaborato con il CRPA e gli altri partner per pianificare e attuare le azioni necessarie al conseguimento degli obiettivi del Piano. Il personale del CER ha seguito e documentato tutte le fasi del progetto, dalla sua attivazione fino alla rendicontazione finale, monitorando l'avanzamento dei lavori, valutando i risultati e analizzando eventuali scostamenti rispetto agli obiettivi prefissati, intervenendo con azioni correttive quando necessario. Dopo l'approvazione del Piano, è stata formalizzata la costituzione dell'ATS con i partner del Gruppo Operativo (GO). I partner sono stati informati dell'attivazione del piano tramite e-mail, e si è tenuta la prima riunione di avvio del progetto SUPERIRRI. Durante l'incontro sono state pianificate le attività, verificate le risorse economiche, affrontati gli aspetti amministrativi e definiti i primi sei mesi di operazioni, inclusa la divulgazione e formazione. Nel corso del 2023 e fino a luglio 2024, si sono svolti ulteriori incontri tra i membri del gruppo di lavoro, inclusi bilaterali per coordinare le attività di ricerca, sperimentazione, comunicazione e formazione. Tra luglio e settembre 2024, si sono tenute videoconferenze per analizzare i risultati raggiunti e predisporre la relazione tecnica. A causa degli eventi estremi di maggio 2023, il CER ha richiesto una proroga alle autorità regionali competenti. Il CER, con il supporto del CRPA, ha coordinato le attività del GO attraverso incontri frequenti, sopralluoghi, contatti telefonici ed e-mail, favorendo lo scambio di informazioni e garantendo il supporto logistico e informativo. Durante il monitoraggio costante, in caso di scostamenti, sono state valutate e implementate azioni correttive. Alla conclusione del progetto, il CER e il CRPA, insieme ai partner, hanno completato l'analisi dei risultati finali e predisposto la relazione tecnica e la documentazione necessaria per la rendicontazione economica e amministrativa, fornendo il supporto richiesto ai partner coinvolti.</p> <p><u>Autocontrollo e Qualità</u></p> <p>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.</p> <p>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.</p>

	<p>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;</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO. A partire da dicembre 2023 si sono verificate alcune criticità nel contattare l'Azienda Agricola Pelosi Pierantonio da parte di CER e CRPA per raccogliere i dati aziendali, in particolare sulle irrigazioni effettuate nel 2024. Tale criticità non ha tuttavia compromesso il raggiungimento degli obiettivi delle attività previste nel progetto. Si segnala tuttavia che nonostante i ripetuti tentativi, non è stato possibile raccogliere in tempo utile i dati per la rendicontazione finanziaria della suddetta azienda.</p>
Attività ancora da realizzare	<p>Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.</p>

2.1.2 - PERSONALE – AZIONE 1

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinamento	80	6.000,00
	Quadro	Coordinamento	80	3.440,00
			Totale:	9.440,00

PERSONALE CRPA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinamento attività	40	1.720,00
	Impiegato	Coordinamento amministrativo	23	989,00
	Impiegato	Segreteria tecnica	21	567,00
			Totale:	3.276,00

2.2 – AZIONE 3

2.1.1 – Attività e risultati – AZIONE 3

Azione	3.1 - Valutazione dell'interazione tra le acque irrigue, la mobilità dei nutrienti nel suolo e i corpi idrici sotto-superficiali
Unità aziendale responsabile	CER Partner: PELOSI – TENUTA FLORIO - CRPA
Descrizione delle attività	<p>All'interno di quest'azione sono state incluse tutte le attività di monitoraggio previste all'interno delle aziende agricole interessate dall'installazione delle paratoie automatizzate: Tenuta Florio e Az. Agr. Pelosi. Alcune operazioni di studio iniziale dei suoli e delle acque sono state svolte anche nelle altre due aziende associate: Az. Agr. Marangon e Soc. Agr. Vallazza.</p> <p>Le fasi operative si sono così articolate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caratterizzazione pedologica dei siti monitorati, tramite l'esecuzione di trivellate, posizionate e descritte secondo le metodologie previste dall'Area Geologia, Suoli e Sismica della RER. Essa è stata eseguita, nel 2023, in tutte le aziende, con l'esclusione del sito nella Soc. Agr. Vallazza, già ampiamente studiato nel corso del Piano 5206511 Gestfalda, pure gestito da CER. Tutte le osservazioni hanno mostrato suoli coerenti con le

Unità Tipologiche di Suolo (UTS) descritte dalla Carta dei suoli regionale 1:50k: suoli JOLANDA franco argilloso limosi, con sostanza organica miscelata alla frazione minerale (JOL2) nella risaia di Tenuta Florio, suoli RONCOLE VERDI argilloso limosi (RNV2) nel prato dell'Az. Agr. Pelosi e Valle Pioppa franco argillosi limosi (VPO1) nella risaia di Az. Agr. Marangon, appartenenti alla stessa UTS individuata presso la risaia di Soc. Agr. Vallazza. In tutti i siti è stata ipotizzata la presenza di una buona omogeneità pedologica, con l'esclusione della Tenuta Florio, con maggiore variabilità nella composizione dell'orizzonte superficiale, legata al rimescolamento di frazione organica e minerale dovuta alle lavorazioni. Nel 2024, si è provveduto ad eseguire un'ulteriore osservazione pedologica nella nuova risaia monitorata, verificando la presenza della stessa tipologia di suolo individuata nel 2023, ossia JOL2.

- Monitoraggio sia della variazione del livello di falda ipodermica, sia dei volumi di acque superficiali transitanti nei siti durante il periodo colturale. A tal fine, si è provveduto a posizionare piezometri con adeguati strumenti di lettura, che potessero registrare in continuo tali variazioni. Nel 2023, sono stati posizionati: (a) due piezometri nel prato dell'Az. Agr. Pelosi (in prossimità della paratoia e nella parte terminale, presso lo scolo); (b) quattro piezometri in Tenuta Florio. Data la complessità relativa alla gestione delle acque, sono stati posizionati nella canaletta irrigua gestita dal Consorzio di Bonifica, nel pozzetto di derivazione gestito dall'azienda, presso la travata di deflusso delle acque di risaia e in corrispondenza del canale di scolo Seminiato; (c) due piezometri nel campo a risaia dell'Az. Agr. Marangon, presso il canale d'immissione delle acque irrigue del Consorzio di Bonifica e presso il canale nella parte terminale di scolo; (d) un piezometro presso l'argine di contenimento della risaia gestita dalla Soc. Agr. Vallazza. In tutti questi piezometri era presente uno strumento di registrazione in continuo del livello di acqua; inoltre, presso tutte e tre le risaie, alcuni piezometri contenevano strumenti CTD Diver, in grado di registrare anche le variazioni di conducibilità elettrica. Nel 2024, in occasione dell'estensione del monitoraggio presso il nuovo campo a risaia nella Tenuta Florio, sono stati posizionati altri quattro piezometri, due all'interno delle due camere in cui era suddivisa la risaia, uno presso la travata di deflusso delle acque ed uno in corrispondenza del canale di scolo Seminiato. Anche in tutti questi piezometri sono stati installati strumenti di registrazione in continuo del livello di acqua e della conducibilità elettrica.
- Determinazione della qualità delle acque superficiali e di falda, tramite opportuni campionamenti e analisi per la determinazione dell'andamento stagionale di alcuni parametri scelti come indicatori: azoto nitrico (come N-NO3), fosfati (come P-PO4), pH e conducibilità elettrica (ECw). I campionamenti sono stati effettuati, tramite campionatore di tipo *Bailer*, in punti a valle e monte degli appezzamenti e in alcuni dei piezometri installati. In totale, contando anche il periodo di proroga, nelle risaie della Tenuta Florio si sono effettuati cinque turni di campionamento delle acque; tre volte sono state prelevate le acque presso l'appezzamento dell'Az. Agr. Pelosi; solo due volte, nel 2023, presso le risaie dell'Az. Agr. Marangon e Soc. Agr. Vallazza. Le analisi sui campioni, come previsto, sono state svolte presso il laboratorio interno gestito da CER. Talvolta, oltre ai parametri sopra indicati, sono state effettuate determinazioni di durezza, calcio, magnesio, solfati e cloruri nelle acque di Tenuta Florio e Az. Agr. Pelosi; lo scopo era di acquisire ulteriori elementi per evidenziare differenze fra le acque irrigue a monte e quelle in uscita a valle.
- Campionamento del suolo a due diverse profondità negli appezzamenti monitorati, secondo le metodiche indicate nei Disciplinari di produzione integrata 2022 della RER. Nelle risaie delle Az. Agr. Marangon e Soc. Agr. Vallazza, non gestite da paratoia automatizzata, è stato effettuato un solo campionamento per la caratterizzazione dei suoli, e la verifica della presenza di eventuali valori anomali. Per quanto riguarda, invece, Tenuta Florio e l'Az. Agr. Pelosi, sono stati eseguiti due campionamenti nel 2023, ad inizio e fine stagione irrigua ed uno nel 2024 (solo azienda Pelosi, ad opera di CRPA). I parametri studiati sono stati: azoto totale (N) azoto nitrico (come N-NO3), fosforo assimilabile (P), carbonio organico (C), pH e conducibilità elettrica (ECe). Tali parametri sono stati prescelti come specifici indicatori di variazioni apportate dalle acque irrigue nel corso

	<p>della stagione (ad es. ECe) o da fertilizzanti e dal consumo delle colture (nitrati e fosforo assimilabile) o ancora indicatori di fertilità (rapporto C/N).</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è riportata nell'allegato tecnico</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti e le attività di campo hanno fornito dati in numero e qualità tali, da permettere la verifica e la validazione del lavoro svolto nelle Azioni successive.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.

Azione	3.2 - Identificazione delle dinamiche nell'evoluzione malerbologica e fitopatologica nelle colture del prato e del riso
Unità aziendale responsabile	CER Partner: PELOSI – TENUTA FLORIO - CRPA
Descrizione delle attività	<p>Questa azione ha previsto un'estensiva raccolta dati di tipo meteorologico, agronomico e fitosanitario. In particolare...</p> <p>L'azione ha inoltre previsto i rilievi sulla composizione floristica al fine di identificare le dinamiche nell'evoluzione malerbologica e fitopatologica del prato stabile e del riso.</p> <p>I rilievi floristici, svolti dai tecnici del CER e del CRPA nelle aziende Pelosi, Tenuta Florio, Vallazza e Marangon sono stati volti ad identificare possibili interazioni tra la gestione agronomica di questi ecosistemi (fertilizzazioni, irrigazioni ed in generale interventi colturali) e i loro livelli di biodiversità/evoluzione malerbologica e fitopatologica. Nello specifico i dati raccolti nelle aziende partner sono relativi a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operazioni agronomiche e trattamenti fitosanitari e relative attrezzature impiegate; - Interventi irrigui effettuati; - Caratterizzazione degli effluenti di allevamento utilizzati ai fini fertilizzanti (volumi e caratteristiche chimiche); - Produzioni vegetali (quantità/qualità); - Dati meteorologici. <p>Nel caso del prato polifita, per ciascuno dei tagli di foraggio (nell'anno del progetto sono stati raccolti 4 tagli) sono state determinate le produzioni di sostanza secca e le asportazioni di azoto e fosforo al fine di verificare se le irrigazioni hanno influenzato le caratteristiche quali-quantitative dei foraggi. Per raggiungere tale obiettivo sui campioni prelevati sono state condotte le caratterizzazioni qualitative complete con metodologia NIRS (che include umidità, ceneri, proteine grezze, fibre grezze e frazioni delle fibre, grassi, amido, zuccheri, vari elementi minerali), integrate con le informazioni relative alle caratterizzazioni quantitative.</p> <p>Per quanto riguarda il riso, sono state analizzate i periodi di asciutta/riempimento della cassa di risaia in relazione alla presenza del Brusone (<i>Pyricularia grisea</i>), malattia fungina estremamente dannosa per le produzioni risicole sia in termini qualitativi che quantitativi. L'alternanza di fasi di asciutta e riempimento della cassa hanno duplice ruolo chiave per la difesa fitosanitaria del riso, limitando sia la diffusione delle malerbe sia la diffusione del brusone.</p> <p>In accordo con gli obiettivi dell'azione i dati delle aziende partner relativi alla gestione agronomica sono stati messi in correlazione con i rilievi floristici effettuati sia nelle risaie e sia nel prato stabile e con le caratteristiche quali-quantitative dei foraggi del prato stabile.</p>

	<i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è riportata nell'allegato tecnico</i>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Sono stati raggiunti tutti gli obiettivi previsti dall'azione del progetto. Seppur l'attività di pianificazione irrigua e raccolta dati non fosse prevista per il 2024 nella coltura del prato stabile, da CRPA e CER sono state raccolte comunque informazioni relative alla qualità delle acque ma non agli interventi irrigui effettuati (date e volumi utilizzati e rilevati dalla paratoia) per indisponibilità dell'Azienda Agricola Pelosi Pierantonio
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.

Azione	3.3 – Automazione e ottimizzazione dell'irrigazione di superficie per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la minimizzazione dell'inquinamento delle acque
Unità aziendale responsabile	CER Partner: PELOSI – TENUTA FLORIO - CRPA
Descrizione delle attività	<p>Le attività di questa azione hanno previsto l'installazione di paratoie automatizzate con la relativa sensoristica nel prato stabile dell'azienda <i>Pelosi</i> e nella risaia dell'azienda <i>Tenuta Florio</i>.</p> <p>L'Azione 3.3 del progetto SUPERIRRI ha avuto come obiettivo l'automazione e l'ottimizzazione dell'irrigazione di superficie per favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici e ridurre l'inquinamento delle acque. Una parte significativa di questa azione ha introdotto nuove soluzioni per minimizzare la lisciviazione, utilizzando strumenti avanzati come lisimetri (per il prato stabile posti a distanza crescente dalla paratoia) e freatimetri (per il riso, posti nelle sezioni di entrata e uscita dell'acqua nella camera di risaia). In prossimità di eventi piovosi ed irrigazioni sono stati analizzati nei campioni di acqua ottenuti dai lisimetri la concentrazione di azoto nitrico, ammoniacale e pH. In questo modo è stato possibile un monitoraggio accurato della percolazione dell'acqua e della profondità della falda, contribuendo a prevenire l'inquinamento delle acque sotterranee.</p> <p>Presso l'Azienda Agricola Pelosi Pier Antonio, è stata installata una seconda paratoia automatizzata ETG, integrata con sensori di umidità e di livello dell'acqua e con la paratoia già presente (installata nel GOI PRATISMART). Questo sistema ha permesso di gestire l'irrigazione in modo automatico, ottimizzando i volumi d'acqua erogati da due paratoie poste "a cascata" rispetto alle pratiche tradizionali. I dati raccolti nel 2023 hanno mostrato un significativo risparmio idrico, con volumi erogati che sono stati monitorati e analizzati per migliorare l'efficienza del sistema.</p> <p>Nelle risaie della Tenuta Florio è stata installata una paratoia automatizzata RUBICON, utilizzata per gestire l'irrigazione del riso. Questa paratoia, equipaggiata con un misuratore di portata ad ultrasuoni e sensori per monitorare il livello di sommersione, ha consentito un'irrigazione precisa e automatizzata. Grazie a questi sistemi avanzati, il volume d'acqua erogato nel 2023 ha raggiunto 209.414 mc, mentre nel 2024, a fronte di un'estensione delle risaie, è aumentato a 431.889,84 mc. Questi interventi hanno migliorato</p>

	<p>la sostenibilità idrica, riducendo gli sprechi e ottimizzando l'uso delle risorse idriche in risposta alle esigenze climatiche mutevoli.</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è riportata nell'allegato tecnico</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Sono stati raggiunti tutti gli obiettivi previsti dall'azione del progetto.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.

Azione	3.4 – Verifica della capacità di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici perseguibili attraverso i protocolli sviluppati per l'automazione e ottimizzazione dell'irrigazione di superficie
Unità aziendale responsabile	CER Partner: PELOSI – TENUTA FLORIO - CRPA
Descrizione delle attività	<p>La regione Emilia-Romagna e la stessa Unione Europea identifica nel suolo un ruolo chiave nella mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici del settore agricolo. Le attività dell'azione si sono incentrate su un'analisi del contenuto di carbonio organico nel prato stabile e nelle risaie. Gli indicatori utilizzati sono (i) Dotazione % di sostanza organica; (ii) Rapporto carbonio/azoto (C/N); (iii) Stock di carbonio organico, calcolato applicando la formula di Batjes (1996). Gli indicatori sopracitati sono stati calcolati sulla base dei valori analitici riscontrati nei campioni di suolo prelevati nel corso dell'Azione 3.1, nelle aziende <i>Pelosi</i> e <i>Tenuta Florio</i>, e sono stati determinati all'inizio (fase <i>ante-operam</i>) e alla fine del progetto (fase <i>post-operam</i>).</p> <p>La capacità di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici del prato stabile e della risaia è stata valutata elaborando un'impronta carbonica mediante l'applicazione dell'analisi LCA. Il risultato è stato espresso utilizzando le seguenti due unità di misura i) kg di CO₂ equivalente su ettaro ii) kg di CO₂ equivalente su unità di prodotto (tonnellata di sostanza secca per il prato stabile e tonnellata di tal quale di risone).</p> <p>L'impronta Carbonica del prato stabile è risultata di 2825 kg di CO₂ eq/ha pari a 237 kg di CO₂ eq/t SS, quella del riso 3940 kg di CO₂ eq/ha pari a 662 kg di CO₂ eq/t tq. Il prato stabile dell'azienda <i>Pelosi</i> e la risaia dell'azienda <i>Tenuta Florio</i> sono risultati più sostenibili rispetto ai valori riportati in letteratura per questi sistemi agricoli, grazie ad un utilizzo più efficiente della risorsa irrigua e degli input aziendali.</p> <p><i>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è riportata nell'allegato tecnico</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Sono stati raggiunti tutti gli obiettivi previsti dall'azione del progetto. Rispetto a quanto previsto dal progetto, l'azione LCA applicata al prato stabile ha determinato non solo gli impatti per la fase di coltivazione ma si è arrivati fino alla produzione del kg di latte FPCM, includendo nello studio anche la fase zootecnica.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.

2.2.2 - Personale AZIONE 3

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Realizzazione/Prove in campo	220	16.500,00
	Impiegato	Realizzazione/Prove in campo	574,50	15.511,50
	Quadro	Realizzazione/Prove in campo	440,50	18.941,50
	Impiegato	Realizzazione/Prove in campo	158	4.266,00
	Impiegato	Realizzazione/Prove in campo	213	5.751,00
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	130,75	2.549,63
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	95	1.852,50
	Operaio agricolo	Realizzazione/Prove in campo	130,75	2.549,63
			Totale:	67.921,76

PERSONALE CRPA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Impiegato	Rilievi e campionamenti	123	3.321,00
	Impiegato	Analisi di laboratorio	241	6.507,00
	Impiegato	Elaborazione dati	102	2.754,00
	Quadro	Coordinamento attività	63	2.709,00
	Impiegato	Elaborazione dati, analisi ambientale ed economica	76	3.268,00
	Impiegato	Coordinamento attività, elaborazioni	80	2.160,00
	Impiegato	Coordinamento attività, elaborazioni	16	688,00
	Impiegato	Elaborazione e analisi dati	219	9.417,00
	Impiegato	Elaborazione e analisi dati	178	4.806,00
	Impiegato	Coordinamento attività, elaborazione e analisi dati	342	9.234,00
	Impiegato	Rilievi e campionamenti	253	6.831,00
	Impiegato	Rilievi e campionamenti	36	972,00
	Impiegato	Rilievi e campionamenti	69	1.863,00
			Totale:	54.530,00

PERSONALE PELOSI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Realizzazione		
			Totale:	

PERSONALE TENUTA FLORIO

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Operaio agricolo	Realizzazione	560	10.920,00
			Totale:	10.920,00

2.3 – AZIONE 4

2.3.1 – Attività e risultati – AZIONE 4

Azione	Divulgazione
--------	--------------

Unità aziendale responsabile	CRPA Partner: PELOSI – TENUTA FLORIO - CRPA
Descrizione delle attività	<p>Il CRPA in collaborazione con il CER e gli altri partner, ha dato supporto alla realizzazione di tutte le attività previste per la diffusione dei risultati del progetto SUPERIRRI.</p> <p>Nei primi mesi di avvio del progetto è stata ideata una linea grafica comune per tutti i prodotti divulgativi.</p> <p>E' stata attivata una pagina dedicata sul sito Gruppi Operativi per l'innovazione del CRPA con news (https://goi.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=24929&tt=t_bt_app1_www&aa=superirri), con descrizione degli obiettivi del progetto e delle attività, finanziamento, partner e link al sito del capofila. Qui sono stati caricati e resi disponibili tutti i prodotti della divulgazione realizzati nel corso del progetto.</p> <p>Si è dato comunicazione dell'inizio del piano tramite la newsletter aziendale CRPA Informa n. 6 marzo 2023, inviata con la piattaforma CRM ad un indirizzario aziendale di oltre 20.000 contatti.</p> <p>E' stato stampato un roll up da utilizzarsi in tutte le iniziative legate a Superirri. Sono stati inviati a riviste del settore n. 2 articoli tecnico/divulgativi + n. 4 articoli pubblicati su riviste digitali che parlano del progetto Superirri:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Superirri, paratoie automatizzate per uno scorrimento 4.0</i> di Francesco Cavazza - CER, Arianna Pignagnoli e Paolo Mantovi - CRPA, Roberto Genovesi - Stefano Anconelli - CER; pubblicato sulla rivista Terra è Vita n. 5-2024, pag. 33-35 (https://goi.crpa.it/media/documents/goi_www/SuperIrri/pubblicazioni/SuperIrri-TerraeVita5-2024.pdf?v=20240214); • <i>L'ottimizzazione della risorsa irrigua per il mantenimento del prato stabile e della risaia</i> di Arianna Pignagnoli e Paolo Mantovi - CRPA, Francesco Cavazza, Maria Chiara Molino, Tommaso Letterio - CER; inviato a luglio 2024 alla rivista L'Informatore Agrario; • <i>Con Superirri colture più sostenibili e di qualità</i>, pubblicato su ParmaToday, il 19/07/2024 (https://www.parmatoday.it/attualita/con-superirri-colture-piu-sostenibili-e-di-qualita.html); • <i>ANBI, il progetto SuperIrri assicura colture più sostenibili e di qualità</i>, uscito su Affaritaliani.it, il 22/07/2024 (https://www.affaritaliani.it/green/anbi-il-progetto-superirri-assicura-colture-piu-sostenibili-e-di-qualita.html?refresh_ce); • <i>Con SUPERIRRI colture più sostenibili e di qualità</i>, uscito sulla Gazzetta dell'Emilia, il 24/07/2024 (https://www.gazzettadellemilia.it/economia/item/46493-con-superirri-colture-pi%C3%B9-sostenibili-e-di-qualit%C3%A0); • <i>La ricerca Anbi ottimizza l'irrigazione confermando la funzione indispensabile anche per l'ambiente</i>, uscito su Agricolae.eu (https://agricolae.eu/la-ricerca-anbi-ottimizza-lirrigazione-confermando-la-funzione-indispensabile-anche-per-lambiente/?print=print). <p>E' stato predisposto un comunicato stampa inviato da parte del CER, a luglio 2024, con i risultati del progetto e condiviso sul sito (https://goi.crpa.it/media/documents/SuperIrri/SuperIrri-CS-1.pdf?v=20240723).</p> <p>Una visita guidata alla Tenuta Florio a Jolanda di Savoia (FE) è stata organizzata nello stesso giorno del convegno finale con tavola rotonda all'impianto di Codigoro (FE) il 26/06/2024. Per gli eventi è stata fatta preparata una locandina con il programma, inviata tramite la newsletter aziendale, CRPA Informa n. 10 (16/06/2024). Durante il convegno è stata distribuita una cartellina personalizzata con materiale del progetto ai n. 27 portatori d'interesse. Di seguito le presentazioni dei risultati:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>I risultati dell'analisi LCA</i> di Arianna Pignagnoli - CRPA (https://goi.crpa.it/media/documents/goi_www/SuperIrri/presentazioni-cf-26062024/AriannaPignagnoli_SUPERIRRI_260624.pdf?v=20240723); • <i>Automazione dell'irrigazione di superficie, le soluzioni proposte dal progetto SuperIrri</i> di Francesco Cavazza, Maria Chiara Molino, Valeria Ferrarini, Stefano Raimondi, Tommaso Letterio, Stefano Anconelli, Raffaella Zucaro - Consorzio CER (https://goi.crpa.it/media/documents/goi_www/SuperIrri/presentazioni-cf-26062024/Cavazza_SUPERIRRI_evento_finale_26062024.pdf?v=20240723). <p>Sono stati realizzati alcuni prodotti multimediali:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • un video clip di progetto, versione in italiano: https://www.youtube.com/watch?v=tYUkk3fHLvA e una versione in inglese: https://www.youtube.com/watch?v=WQ-ITaCAkEo; • un pacchetto di n. 5 video pillole da diffondere sui canali social: <ul style="list-style-type: none"> ◦ videopillola 1 L'irrigazione di superficie (a scorrimento) spiegata da SuperIrri: https://www.youtube.com/watch?v=mhBrsduYGZA; ◦ videopillola 2 Paratoia automatizzata nel prato stabile: https://www.youtube.com/watch?v=tPIVxYB5mAk; ◦ videopillola 3 Sequestro di carbonio nei prati stabili: https://www.youtube.com/watch?v=9Tc5MD9ysPQ; ◦ videopillola 4 Paratoia automatizzata nel riso: https://www.youtube.com/watch?v=aTf0c4MXIXs; ◦ videopillola 5 Innovazione nell'irrigazione del prato stabile e del riso: https://www.youtube.com/watch?v=7Vh0fDB48-o • un servizio televisivo con riprese effettuate durante il convegno finale e la visita guidata il giorno 26 giugno 2024. Diffusione del servizio nel format dedicato all'agricoltura <i>A cielo Aperto Con i Frutti della Terra</i>, su emittenti regionali: Teleromagna, TvQui, ETV-RETE7 dal 07/07/2024 con repliche infrasettimanali. Di seguito il servizio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Automatizzare la gestione dell'acqua - parte 1: https://www.youtube.com/watch?v=kinueyImIZE ◦ Automatizzare la gestione dell'acqua - parte 2: https://www.youtube.com/watch?v=O9RXVJPnsdU • una presentazione multimediale dell'intero progetto: https://sway.cloud.microsoft/eHHJhGdrY9uHAAuT?ref=Link&loc=play. <p>Le attività e i risultati del progetto sono state diffuse con news sul sito CRPA e sulla pagina di progetto e sui canali social LinkedIn e X (link nell'allegato). A chiusura del piano si è condivisa la notizia tramite la newsletter CRPA Informa n. 13 agosto 2024. Superirri si è reso partecipe in ulteriori iniziative non fra quelle in programma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • visita di una delegazione francese di agricoltori alle paratoie Prati Smart, per approfondire il sistema smart per l'irrigazione a scorrimento del prato polifita, sistema sviluppato in collaborazione con il CRPA (Centro Ricerche Produzioni Animali), presso l'azienda agricola Pelo Pier Antonio; • partecipazione al convegno "Paesaggio della Val d'Enza fra storia, economia e nuove sfide", a Bibbiano (RE); • presentazione di Superirri a "La Filiera dell'acqua per il sostegno delle produzioni agricole", al Consorzio della Bonifica Parmense.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Le attività sono state completate, per i dettagli tecnici specifici si rimanda ai materiali disponibili nel sito di progetto. Grazie alla proroga concessa al progetto, è stato possibile condurre le riprese TV e la visita guidata nei periodi iniziali della stagione irrigua risicola, quando le paratoie automatizzate esprimono il loro massimo potenziale.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.

2.3.2 - Personale AZIONE 4

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Divulgazione	74	5.550,00
	Impiegato	Divulgazione	45	1.215,00
	Impiegato	Divulgazione	26	702,00
	Quadro	Divulgazione	65	2.795,00
	Impiegato	Divulgazione	45	1.215,00
			Totale:	11.477,00

PERSONALE CRPA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Impiegato	Supporto attività di divulgazione	8	216,00
	Impiegato	Supporto attività di divulgazione	32	864,00
	Impiegato	Supporto attività di divulgazione	32	864,00
	Impiegato	Attività di divulgazione	16	432,00
	Quadro	Coordinamento attività	45	1.935,00
			Totale:	4.311,00

2.3.3 - COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI – AZIONE 4**CRPA**

Ragione sociale della società di consulenza	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo	
	1.620,00	Attività di divulgazione - Consulente a costo standard	1.620,00	
	4.104,00	Attività di divulgazione - Consulente a costo standard	4.104,00	
	1.164,32	Attività di divulgazione - Servizio catering	1.164,32	
	2.350,00	Attività di divulgazione - Realizzazione videoclip	2.350,00	
	1.700,00	Attività di divulgazione - Realizzazione videopillole	1.700,00	
Agricoltura è vita soc.coop	700,00	Attività di divulgazione - Servizio televisivo	700,00	
			Totale:	11.638,32

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

Azione	Attività di formazione e consulenza
Unità aziendale responsabile	DINAMICA Scarl
Descrizione delle attività	<p>Sono stati svolti i seguenti corsi di formazione: Proposta formativa 5518777 "Tecniche innovative per la gestione delle acque irrigue, mediante tecniche di distribuzione a gravità" con le seguenti domande di avvio formazione GOI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - n. 5700734 con 16 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 14.568.96 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5713346 con n. 16 partecipanti per un totale di € 14.568.96
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Sono stati raggiunti tutti gli obiettivi previsti dall'azione del progetto.

Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste dal progetto sono state tutte portate a termine.
-------------------------------	---

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

Sono stati svolti i seguenti corsi di formazione:

Proposta formativa 5518777 “**Tecniche innovative per la gestione delle acque irrigue, mediante tecniche di distribuzione a gravità**” con le seguenti domande di avvio formazione GOI:

- n. 5700734 con 16 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 14.568.96 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5713346 con n. 16 partecipanti per un totale di € 14.568.96

3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	Non si sono riscontrate criticità tecnico-scientifiche rispetto al piano presentato.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	nessuna
Criticità finanziarie	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

La relazione tecnica di dettagli è riportata nel documento allegato

Data

IL LEGALE RAPPRESENTANTE
(NICOLA DALMONTE)
Firmato digitalmente

¹ (*) In caso di firma autografa allegare copia di un documento di identità in corso di validità
(**) Ai sensi dell'art. 24 del D.Lgs. 82/2005

Relazione Tecnica di dettaglio del progetto SUPERIRRI

**Ottimizzazione dell'irrigazione di superficie nelle
colture tradizionali del prato polifita e del riso per la
tutela delle falde**

DOMANDA DI SOSTEGNO: 5518241

Focus area 4B

Sommario

INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO AMBIENTALE DELLE AZIENDE PARTNER DEL GOI	3
AZIONE 3.1 VALUTAZIONE DELL'INTERAZIONE TRA LE ACQUE IRRIGUE, LA MOBILITÀ DEI NUTRIENTI NEL SUOLO E I CORPI IDRICI SOTTO-SUPERFICIALI	7
3.1.1 CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA INIZIALE	7
3.1.2 MISURA DEL LIVELLO PERIODICO DI FALDA IPODERMICA	10
3.1.3 ESECUZIONE DELLE ANALISI DEL SUOLO.	24
AZIONE 3.2: IDENTIFICAZIONE DELLE DINAMICHE NELL'EVOLUZIONE MALERBOLOGICA E FITOPATOLOGICA NELLE COLTURE DEL PRATO E DEL RISO	27
3.2.1 RILIEVI EFFETTUATI	27
3.2.2 ANDAMENTO METEOROLOGICO	28
3.2.4 OPERAZIONI COLTURALI	34
3.2.4 RILIEVI FLORISTICI	42
AZIONE 3.3: AUTOMAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DELL'IRRIGAZIONE DI SUPERFICIE PER L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E LA MINIMIZZAZIONE DELL'INQUINAMENTO DELLE ACQUE	45
3.3.1 NUOVE SOLUZIONI VOLTE ALLA MINIMIZZAZIONE DEI FENOMENI DI LISCIVIAZIONE	45
3.3.2 PARATOIE AUTOMATIZZATE: OTTIMIZZAZIONE DELL'IRRIGAZIONE DI SUPERFICIE	50
AZIONE 3.4: VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI PERSEGUIBILI ATTRAVERSO I PROTOCOLLI SVILUPPATI PER L'AUTOMAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DELL'IRRIGAZIONE DI SUPERFICIE	61
3.4.1 IL CARBONIO ORGANICO NEL TERRENO	61
3.4.2 ANALISI DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	63
3.4.3 I SERVIZI ECOSISTEMICI FORNITI DAL PRATO STABILE E DALLA RISAIA	69
BIBLIOGRAFIA	73

Introduzione e inquadramento ambientale delle aziende partner del GOI

Il progetto SUPERIRRI ha permesso l'ottimizzazione dell'irrigazione di superficie nelle colture tradizionali del prato polifita e del riso per la tutela delle falde. Tale ottimizzazione basata sull'utilizzo di paratoie automatizzate ha previsto un'intensa attività di campo e ufficio per la raccolta ed elaborazione dati. Tali informazioni sono riportate nella presente relazione tecnica di dettaglio e costituiscono la fondazione scientifica dei sistemi di ottimizzazione proposti, nonché il relativo strumento di misura delle performance ambientali.

La presente sezione introduttiva è frutto della raccolta dati nelle azioni del progetto ed in particolare dell'azione 3.2. Viene tuttavia riportata in introduzione per facilitare la comprensione dei risultati ottenuti. Inoltre si segnala che per il forte legame di connessione tra le azioni proposte, alcuni dei risultati ottenuti in un'azione sono descritti nell'azione successiva o nell'azione 3.1 per contestualizzarne l'uso

Gli appezzamenti pilota delle aziende partner del GOI sono stati identificati come segue:

- **Tenuta Florio:** tre appezzamenti complessivi a risaia, uno monitorato nel 2023, delle dimensioni di circa 10 ha, e due nel 2024, delle rispettive dimensioni di circa 15 e 7 ha. Tutti si trovano nel Comune di Jolanda di Savoia (FE), su valli torbose bonificate. Le quote del piano campagna sono decisamente sotto il livello del mare (almeno -3 m slm), mentre a bassa profondità, in genere attorno ai 70-80 cm, è presente una falda salina legata all'antico fondale lagunare. Un apposito sistema di drenaggi situato a circa 60 cm dal p.c. consente di mantenere un franco di bonifica, evitando la sua risalita. I suoli hanno spesso spiccate caratteristiche idromorfe (imperfetta disponibilità di ossigeno), sono non calcarei e da salini a estremamente salini in profondità; spesso gli orizzonti sotto-superficiali sono da moderatamente a fortemente acidi. Le risaie sono invasate periodicamente tramite acque provenienti da una canaletta in cemento (Condotto 2), gestita dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. Lo scolo avviene invece agendo sul livello di apposite travate, situate in corrispondenza del canale di scolo Seminiato. Gli appezzamenti sono rappresentati in *Figura 1*.



Figura 1 - Appezamenti Tenuta Florio

- **Azienda Marangon Valentino:** una di risaia delle dimensioni di circa 8 ha, posta in prossimità dell'argine del Po di Goro. Le camere sono invasate periodicamente con acque in parte provenienti dal *Canal Bianco*, in parte dal Po di Goro, tramite appositi sifoni. Entrambi sono gestiti dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. L'appezzamento viene rappresentato in *Figura 2*



Figura 2 - Appezamento Azienda Marangon Valentino

- **Azienda Agricola Vallazza:** una camera di risaia delle dimensioni di circa 5 ha, presso l'azienda Vallazza, in località Gorino, Comune di Goro. Si trova in stretta prossimità della precedente Azienda Marangon Valentino e presenta le medesime caratteristiche geomorfologiche, pedologiche e idrogeologiche. Analoga provenienza per quanto riguarda le acque irrigue. L'appezzamento viene rappresentato in Figura 3.

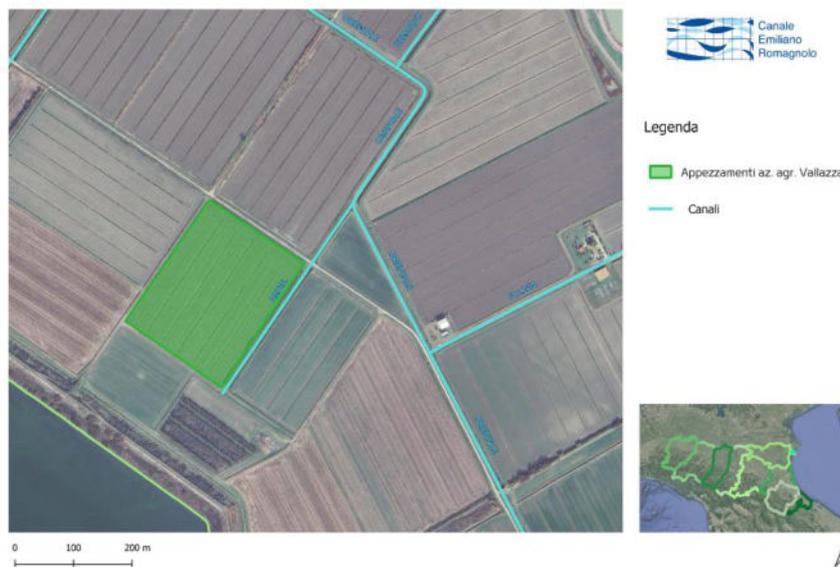


Figura 3 - Appezamento Azienda Vallazza

Tutte le risaie di entrambe presentano giacenze sotto il livello del mare, generalmente fra -1,5 e -2 m slm ed è presente una falda salina, in diretto collegamento col mare, situata a circa un metro dal piano campagna. I suoli di gran lunga prevalenti, hanno caratteristiche idromorfe (imperfetta disponibilità di ossigeno), mentre le maggiori problematiche ambientali concernono il contrasto alla risalita della falda e l'approvvigionamento di acque irrigue di buona qualità, sempre più difficoltoso a causa della risalita del cuneo salino lungo i rami del Po. Infatti, solitamente, le acque irrigue, veicolate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, provengono da sifoni ubicati in prossimità del ramo del Po di Goro. In situazioni climatiche, sempre meno rare, in cui l'ingressione del cuneo salino renda scadente la qualità delle acque all'interno del ramo, si prelevano le acque dal relativamente vicino (5 km) Canal Bianco. In entrambi i casi, le acque giungono al Collettore Orientale, sono prelevate dalle aziende tramite pompe ed immesse negli appezzamenti. Al centro dell'immagine seguente

quello che viene indicato come rete di canali irrigui è una canalizzazione di tipo promiscuo. Quando dai sifoni sul Po di Goro non è possibile derivare acqua con bassa salinità, il cui limite di solito è 2-2,5 mS/cm, viene attivata l'adduzione alternativa dal Canal Bianco e pompata nel canale raffigurato. Escluso che nel caso precedente descritto, il canale centrale serve per lo scolo delle acque in eccesso ed il flusso si muove in direzione est-ovest, sino ad arrivare all'impianto Bonello, ove le idrovore allontanano le acque in eccesso verso la sacca di Goro.



Figura 4 – Dinamica della circolazione delle acque irrigue, di scolo e dei punti di prelievo all'interno del ramo di Goro nel delta del Po. Il circoletto verde indica la risaia Vallazza, monitorata nell'ambito del progetto GESTFALDA nel 2021-2022.

- **Azienda Pelosi Pier Antonio:** il caso di studio è costituito da tre appezzamenti successivi a prato polifita delle dimensioni complessive di circa 5 ha, in località Calerno, Comune di Sant'Ilario d'Enza (RE), in ambiente di alta pianura. La pendenza media delle superfici, con vergenza verso NNE, è attorno allo 0,5%, mentre la falda freatica è solitamente assente entro i 3 m di profondità, risalendo solo in periodi estremamente piovosi. Per quanto riguarda i suoli, essi sono solitamente non calcarei e debolmente alcalini, mentre in profondità è frequente riscontrare orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio, che possono limitare l'approfondimento radicale. Inoltre, essi hanno deboli caratteristiche idromorfe (da moderata a buona disponibilità di ossigeno) e una certa tendenza alla fessurazione nei periodi più caldi. Gli appezzamenti pilota sono quelli adiacenti al centro aziendale e automatizzati con 2 paratoie 4.0 poste sequenzialmente ("a cascata"), sono irrigati a scorrimento con acque superficiali di derivazione dal canale Demaniale d'Enza, integrate nel corso dei mesi più siccitosi con acque di pozzo aziendale. Gli appezzamenti vengono rappresentati in *Figura 5*.



Figura 5 - Appezamento Azienda Pelosi Pier Antonio

AZIONE 3.1 Valutazione dell'interazione tra le acque irrigue, la mobilità dei nutrienti nel suolo e i corpi idrici sotto-superficiali

L'azione ha previsto l'esecuzione di attività di caratterizzazione delle matrici suolo e acqua e di monitoraggio della variazione di alcuni parametri, all'interno delle aziende agricole interessate dall'installazione delle paratoie automatizzate: Tenuta Florio e Az. Agr. Pelosi. Il lavoro è stato svolto nel corso delle stagioni irrigue 2023 e 2024, quest'ultima fino al 5 agosto 2024, ossia a scadenza del periodo semestrale di proroga ottenuto dalla Regione. Alcune operazioni di caratterizzazione iniziale sono state svolte anche nelle altre due aziende associate: Az. Agr. Marangon e Soc. Agr. Vallazza.

3.1.1 Caratterizzazione pedologica iniziale

Questa sotto-azione riporta i risultati della caratterizzazione pedologica effettuata presso i siti sperimentali. Il quadro complessivo dei rilievi pedologici eseguiti è pertanto il seguente, ricordando che, per ciascun'azienda, si sono seguiti gli standard di rilevamento e di descrizione delle osservazioni (schede e Guida di campagna 2020) previsti dall'Area Geologia, Suoli e Sismica della Regione Emilia-Romagna.

Azienda Agricola Tenuta Florio: Una trivellata fino alla profondità di 120 cm per la caratterizzazione del suolo è stata eseguita al centro della camera di risaia 2023. Essa non è stata approfondita ulteriormente, in quanto è stato raggiunto, già a 90 cm, il fondale lagunare inalterato (orizzonte Cg2), chiaro indicatore dell'assenza di ulteriori orizzonti diagnostici per la classificazione del suolo. Si è osservato un orizzonte superficiale grigio, argilloso limoso, non calcareo, miscelato con abbondante materiale organico parzialmente decomposto ed orizzonti profondi relativi al substrato, grigi e con abbondanti screziature rossastre, calcarei e franco argilloso limosi o franco limosi. La disponibilità di ossigeno è imperfetta e la falda è stata osservata alla profondità di 110 cm. L'osservazione, in accordo con l'Area Geologia, Suoli e Sismica, è stata attribuita all'Unità Tipologica di Suolo regionale (UTS) *JOLANDA franco argilloso limosi, con sostanza organica miscelata alla frazione minerale* (JOL2). Tale UTS rappresenta una fase, meno argillosa superficialmente e con orizzonti organici meno espressi rispetto alla fase tipica JOL1, descritta nella Carta di suoli 1:50000. Vi è infine da sottolineare che tali suoli possono talvolta presentare fenomeni di acidificazione degli orizzonti-sotto-superficiali, legati all'ossidazione dei solfuri presenti in falda.

Nel 2024, in occasione del monitoraggio della nuova risaia, suddivisa in una parte nord ed in una parte sud, si è provveduto a descrivere una trivellata fino alla profondità di 120 cm, in prossimità di uno dei due piezometri installati per il monitoraggio. Essa ha presentato un suolo analogo a quello riscontrato nella risaia 2023, differenziandosene soprattutto per la profondità del fondale lagunare (65 cm anziché 75 cm), per la tessitura meno argillosa ed orizzonte superficiale moderatamente calcareo. Anch'esso è stato comunque attribuito all'UTS *JOLANDA franco argilloso limosi, con sostanza organica miscelata alla frazione minerale* (JOL2).

Nell'autunno 2023, su richiesta dell'Azienda, si è anche provveduto ad effettuare due trivellate di controllo in un vicino campo coltivato a soia, la cui parte nord aveva presentato la quasi totale moria delle piante e perdita della produzione. Le due trivellate, siglate come E5047T0004 (parte nord) e E5047T0005 (parte sud) hanno effettivamente mostrato due differenti tipologie di suolo: la già citata *JOLANDA argillosi e argilloso limosi* (JOL1) per la parte sud e *CANALE DEL SOLE franco argilloso limosi* (CDS2) per quella nord. Questi ultimi suoli sono attestati come estremamente salini entro il metro di profondità ed è probabilmente questa la causa dei problemi riscontrati; anche l'osservazione in campo di efflorescenze saline in superficie, converge verso questa interpretazione (Figura 6).



Figura 6: A sinistra, campo di soia con evidente moria, visibile nella parte bassa dell'immagine; a destra, particolare delle efflorescenze saline osservabili in superficie.

Azienda Agricola Marangon Valentino: In questo sito a risaia, è stata eseguita una trivellata fino alla profondità di 115 cm (identificato il fondale lagunare – orizzonte Cg – alla profondità di 75 cm). Essa presenta un orizzonte superficiale grigio, franco argilloso e calcareo. Più in profondità è presente un orizzonte idromorfo Bg (forse un orizzonte sotto-superficiale Ap2 compattato per ridurre l'infiltrazione dell'acqua in risaia) franco argilloso, calcareo; sotto i 45 cm, si trovano orizzonti profondi, corrispondenti al fondale deltizio, grigi e con abbondanti screziature rossastre, calcarei. La disponibilità di ossigeno è imperfetta e non è stata rilevata presenza di falda. L'osservazione è stata attribuita all'UTS *VALLE PIOPPA franco argilloso limosi* (VPO1), la quale concorda con quanto riportato nella Carta di suoli 1:50000. Tale UTS è molto diffusa nel delta del Po ed è caratterizzata da tessitura da media a moderatamente fine, drenaggio imperfetto e salinità in aumento con la profondità (anche > 8 mS/cm).

Azienda Agricola Vallazza: Nel 2021, nell'ambito del già citato Piano GESTFALDA e nello stesso appezzamento poi preso in esame in SUPERIRRI, furono effettuate tre trivellate, disposte a triangolo e distanziate fra loro di circa 150 m, al fine di cogliere statisticamente eventuali variazioni pedologiche. Tutte le osservazioni furono attribuite all'UTS *Valle Pioppa (VPO1) franco argillosi limosi*, concordemente con quanto riportato nella Carta di suoli 1:50000. La falda ipodermica fu osservata, nel corso dei rilievi, fra i 65 ed i 75 cm dal p.c. apparendo associata agli orizzonti profondi più grossolani (franchi), con colore di matrice grigia o grigio bluastra (Hue da 5Y a 5B delle Munsell Soil Color Charts). Complessivamente, fu riscontrata una discreta omogeneità in tutto l'appezzamento.

Azienda Agricola Pelosi Pier Antonio: Nell'appezzamento a prato polifita, è stata eseguita una trivellata in prossimità del margine nord e fino alla profondità di 260 cm, descrivendo direttamente gli orizzonti estratti in occasione della posa di un piezometro (si veda Fase b). Si è osservato un orizzonte superficiale bruno scuro, argilloso limoso, moderatamente calcareo, sovrastante orizzonti profondi bruni e bruno giallastri, argilloso limosi e franco argilloso limosi, calcarei. A 105 cm è presente un accumulo di concrezioni di carbonato di calcio, in aumento fino alla massima profondità d'indagine (260 cm). La disponibilità di ossigeno è stata valutata moderata e non è stata rilevata presenza di falda. L'osservazione è stata attribuita all'UTS *RONCOLE VERDI argilloso limosi* (RNV2), la quale rappresenta una fase leggermente più argillosa rispetto a quella descritta nella Carta di suoli 1:50000: *RONCOLE VERDI franco argillosi limosi* (RNV1). Quest'ultima fase fu anche identificata nel campo adiacente, preso in considerazione durante la sperimentazione di PRATISMART.

Azienda	Sito	Id osservazione	UTS	UC Carta suoli 1:50000	Note
Marangon	Risaia 2023	E5047T0001	VPO1	VPO1	Bg che in realtà è un Ap2 compatto
Florio	Risaia 2023	E5047T0002	JOL2	JOL1	Da analisi di laboratorio, orizzonte superficiale argilloso limoso, ma per l'assegnazione all'UTS prevale l'assenza di orizzonte organico
Pelosi	Prato 2023-2024	E5047T0003	RNV2	RNV1	
Florio	Soia 2023 parte nord	E5047T0004	CDS2	JOL1	Attribuzione ad UTS molto incerta
Florio	Soia 2023 parte sud	E5047T0005	JOL1	CLN1	
Florio	Risaia nord 2024	E5047T0006	JOL2	JOL1	Come per E5047T0002
Vallazza	Risaia 2021-2022	E7616T0001	VPO1	VPO1	
Vallazza	Risaia 2021-2022	E7616T0002	VPO1	VPO1	
Vallazza	Risaia 2021-2022	E7616T0003	VPO1	VPO1	

Tabella 1: Quadro riassuntivo delle osservazioni pedologiche prese in esame nel Piano SUPERIRRI. Id osservazione = sigla applicata secondo la nomenclatura dell'Area Geologia, Suoli e Sismica. UTS = Unità Tipologica di Suolo regionale. UC Carta Suoli 1:50000 = Nome dell'Unità Cartografica riportata nella Carta dei Suoli 1:50000 ed. 2021.

Nel complesso, nei siti oggetto di studio, le tipologie di suolo osservate risultano le stesse o differiscono per pochi marginali caratteri (*similar soils*, secondo USDA Soil Survey Manual) rispetto a quelle descritte nella Carta dei suoli regionale. Questo implica che anche il loro comportamento agronomico non cambia sostanzialmente rispetto a quello dei suoli cartografati in zona. L'unica eccezione può essere costituita dal suolo identificato nel campo di soia (osservazione E5047T0004), il quale, effettivamente, ha palesato, nella parte settentrionale del campo, caratteristiche negative legate alla forte salinità, non riscontrate nelle aree vicine e neppure nel resto del campo.

Inoltre, tutti i suoli rilevati nelle risaie hanno presentato, come caratteristica più limitante, l'imperfetta disponibilità di ossigeno, da porsi in relazione alla presenza di acqua di falda prossima alla superficie, la quale dev'essere continuamente allontanata tramite drenaggi. Tale caratteristica, negativa per gran parte delle colture, poiché limita fortemente l'approfondimento radicale, non lo è per il riso, il quale, anzi, trova in queste zone l'ambiente ideale per svilupparsi. Il problema risulta semmai la salinità delle acque, a cui viene ovviato utilizzando acque di buona qualità provenienti dal Po e veicolate dal locale Consorzio di Bonifica.

Per quanto riguarda invece il suolo rilevato nel prato polifita, gli aspetti più impattanti sono relativi al forte contenuto di argille espandibili, le quali determinano ampie e profonde fessurazioni nei periodi siccitosi. Meno impattante, per quanto riguarda la radicazione, l'elevato contenuto di concrezioni di carbonato di calcio, presenti attorno al metro di profondità.

Infine, è opportuno evidenziare come alcune delle attività sopra riportate sono state svolte ampliando le conoscenze pregresse maturate in GOI a cui hanno partecipato CER, CRPA, Tenuta Florio e Az. Agr. Pelosi e Soc. Agr. Vallazza. Nella fattispecie si trattava dell'Azienda Pelosi, un appezzamento della quale, posto ad est dell'attuale, fu studiato nel corso del Piano PRATISMART e dell'Azienda Vallazza, la cui risaia fu invece indagata nell'ambito del Piano GESTFALDA.

3.1.2 Misura del livello periodico di falda ipodermica

In questa fase, si è provveduto ad installare in ogni sito uno o più piezometri, utilizzando la stessa strumentazione e metodologia in uso presso la Regione Emilia-Romagna per la gestione e manutenzione dei siti regionali di misura della falda ipodermica. All'interno dei piezometri è stata poi prevista la collocazione di strumenti automatici di lettura e registrazione in continuo del livello di falda, quali i noti Diver della *Schlumberger* o i lettori PR36-Xi W della *Keller*.

Lo scopo di quest'attività era triplice:

- monitorare l'andamento della falda freatica, in quanto componente del modello di calcolo del bilancio idrico delle colture prese in esame; in particolare, negli appezzamenti a risaia, era importante anche conoscere l'influsso della falda salina, in relazione all'apporto di acque irrigue poco saline. A tale scopo, era stata prevista all'interno dei piezometri l'installazione di strumenti più evoluti, quali i CTD Diver, composti da un misuratore in continuo del livello di falda abbinato ad uno di conducibilità elettrica;
- consentire il campionamento delle acque di falda per la determinazione delle componenti ioniche, come previsto nel Piano;
- non meno importante, utilizzare i livelli registrati in campo durante le irrigazioni, per controllare e validare le informazioni fornite dalle centraline delle paratoie automatizzate e relative ai volumi irrigui immessi.

In ogni appezzamento, il posizionamento dei piezometri e dei relativi strumenti ha dovuto seguire inevitabilmente criteri legati alla struttura e complessità del sistema irriguo, degli spazi a disposizione e dei rischi di danneggiamenti e/o perdite di strumenti connessi alle lavorazioni. Questo lavoro è stato relativamente semplice sull'appezzamento a prato gestito dall'azienda Pelosi, mentre si è dovuto risolvere una serie di problemi di posizionamento in un sistema relativamente poco accessibile come le risaie. Ad ogni modo, sia nel 2023 che nel 2024, si sono adottate soluzioni ritenute soddisfacenti per l'esecuzione dei monitoraggi richiesti. Si specifica, inoltre, che l'intersezione fra il piezometro ed il piano campagna e la bocca di ogni piezometro sono stati misurati con GPS di precisione, per ottenere la loro quota in m s.l.m. con precisione centimetrica. Questo ha consentito di correlare la quota a cui erano sospesi gli strumenti di lettura, posti ad una certa distanza gli uni dagli altri, col piano campagna. Lo scarico dei dati, tramite pc portatile ed apposito software e periferica è stato eseguito mediamente ogni tre mesi, tenendo però conto che alcuni piezometri troppo vicini alla risaia o all'interno della medesima, hanno potuto essere raggiunti solo dopo lo svaso finale e la trebbiatura del riso.

Di seguito si riportano, per ogni azienda, gli schemi delle disposizioni dei piezometri e delle tipologie di strumenti presenti al loro interno, nonché lo scopo di ogni specifica installazione:

Azienda Agricola Tenuta Florio

In quest'azienda è stata disposta la rete più complessa ed articolata di piezometri, sia perché, essendovi collocata la paratoia automatizzata, si voleva ottenere un congruo numero di dati di livello dell'acqua a supporto, sia perché lo stesso sistema irriguo era più complesso di quelli utilizzati nelle altre aziende. Inoltre, per necessità legate alla rotazione delle colture, l'appezzamento a risaia monitorato nel 2024 è risultato differente da quello indagato nel 2023 e questo ha comportato nuove installazioni. Oltre a ciò, è stato anche necessario effettuare un trasferimento della paratoia automatizzata, come sarà meglio specificato successivamente.

Anno 2023

Il sistema di gestione delle acque era composto da una canaletta irrigua in cemento gestita dal locale Consorzio di Bonifica, da un pozzetto di derivazione pure in cemento, a più uscite e gestito dall'azienda, da un ulteriore fosso di collegamento fra il pozzetto e la paratoia automatizzata. L'allontanamento delle acque dalla risaia era gestito manualmente tramite una travata posta in comunicazione, tramite apposito tubo, al canale di scolo

Semiato. In prossimità di ciascuno di questi manufatti era stato collocato un piezometro, la cui posizione è riportata nella mappa seguente, mentre i dettagli relativi alla strumentazione sono mostrati in Tabella 2.



Figura 7: Appezamento a risaia dell'azienda Tenuta Florio, anno 2023. I quadrati rossi indicano l'ubicazione dei piezometri e la paratoia automatizzata; in colore giallo i limiti dell'appezzamento; in azzurro i canali irrigui e/o di scolo afferenti all'appezzamento. Infine, in verde chiaro, il fosso di alimentazione che consente il trasferimento dell'acqua dal pozzetto alla paratoia.

ID	Modello	H Strumento da bocca pozzo (cm)	Data installazione	Data asportazione	Tubo	Note
X3749	CTD DIVER	238	08/06/2023	09/05/2024	3 m	In travata per lo scolo della risaia; fino al 08/06/2023 lo strumento era un TD Diver (Id CD439)
EH038	BARO DIVER	0	08/06/2023	09/05/2024	3 m	In piezometro fissato al pozzetto di derivazione, per la misura della pressione atmosferica
CD443	TD DIVER	147	12/04/2023	12/10/2023	3 m	Su canale di scolo Seminato
CD429	TD DIVER	182	22/06/2023	12/10/2023		In piezometro fissato al pozzetto di derivazione
BX859	TD DIVER	110	22/06/2023	12/10/2023	1,30 m	Su canaletta irrigua in cemento

Tabella 2: Identificativo e modello degli strumenti installati in ogni piezometro, profondità degli stessi rispetto all'imboccatura del rispettivo piezometro, periodo di funzionamento, profondità del piezometro e dettagli di posizionamento. Il Baro Diver, dovendo solo misurare la pressione atmosferica, è ubicato in prossimità dell'imboccatura del piezometro (H strumento = 0 cm).



Figura 8: Fasi dell'installazione dei piezometri in prossimità della risaia 2023. A sinistra, acquisizione della quota slm tramite GPS di piezometro. A destra, posa del piezometro sul canale Seminato.

I dati scaricati successivamente dai vari strumenti hanno consentito la realizzazione di grafici, nei quali risultava evidente il livello raggiunto periodicamente dall'acqua rispetto allo strumento e, in relazione alle quotature eseguite sui manufatti e in campo con GPS, anche rispetto al piano campagna. Analogamente, è stato possibile anche indagare, coi CTD Diver, i reciproci rapporti dinamici fra livello dell'acqua immesso in risaia e salinità della sottostante falda. Di seguito, sono riportati alcuni grafici relativi a queste situazioni:

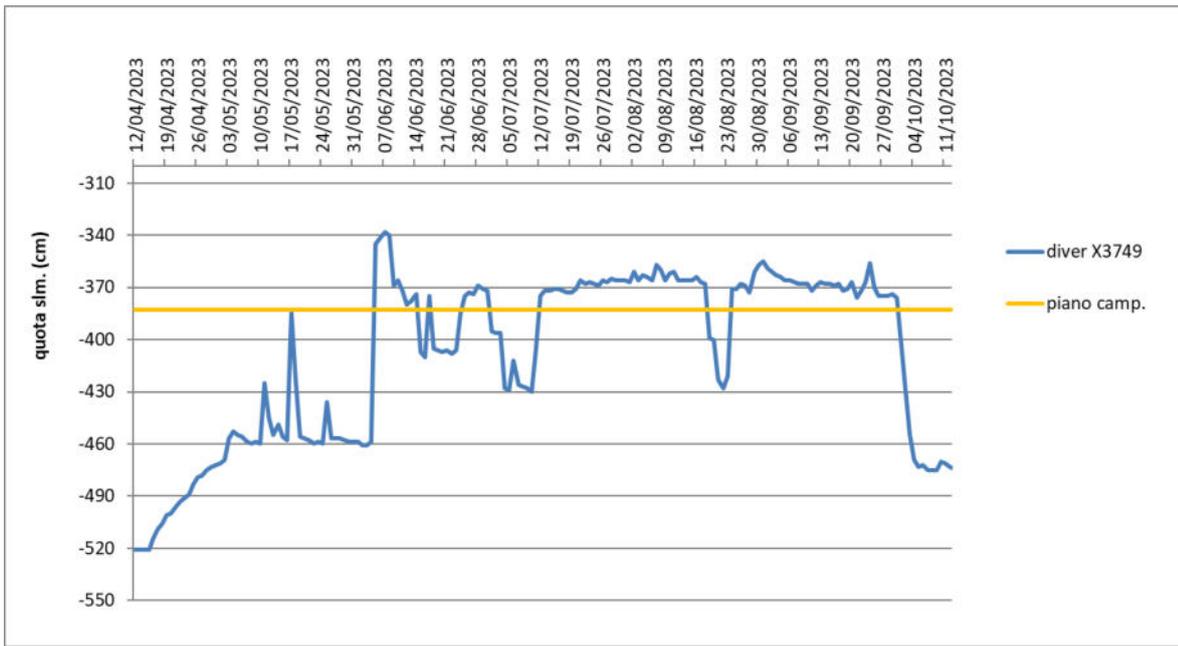


Grafico 1: Prevalenza del livello dell'acqua in risaia rispetto al p.c. registrata nel corso della stagione 2023 dal CTD Diver posizionato in prossimità della travata di scolo in comunicazione col canale Seminiato.

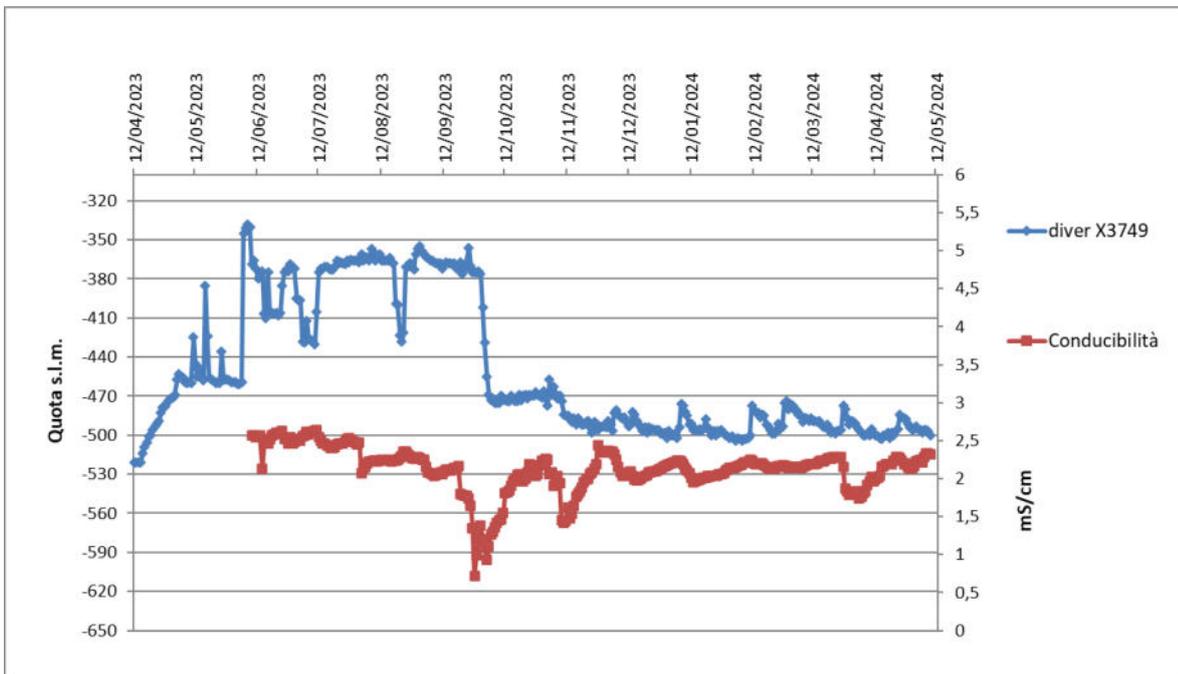


Grafico 2: Andamento della conducibilità elettrica (salinità) in risaia rispetto ai livelli di acqua invasati, sempre registrati nel 2023 dal CTD Diver posizionato in prossimità della travata di scolo. Si nota la graduale riduzione dei valori in mS/cm dal momento dell'invaso fino allo svaso finale iniziato a fine settembre. Da quel momento i valori tendono di nuovo alla risalita, fino a giungere ad un punto di stabilità attorno ai 2,3 mS/cm.

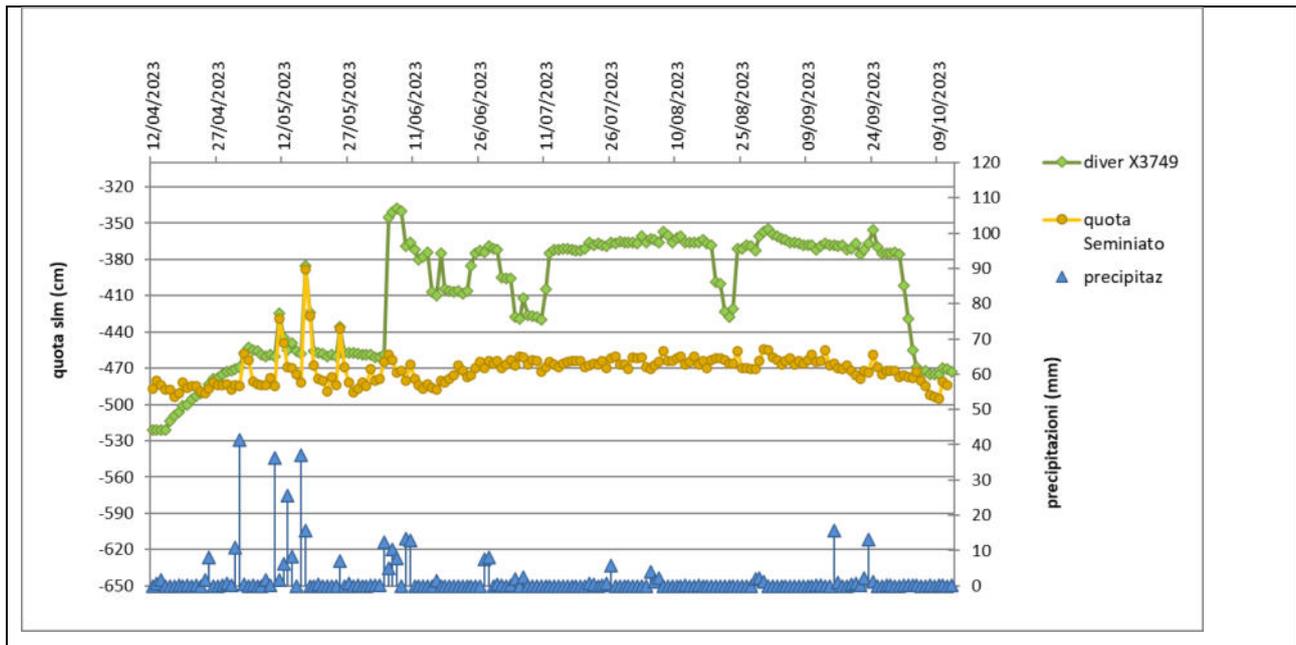


Grafico 3: Confronto fra i livelli registrati dal CTD Diver posizionato in prossimità della travata di deflusso delle acque della risaia e dal TD Diver sul canale Seminiato, in relazione anche alle precipitazioni. Si notano le repentine risalite del livello del Seminiato in occasione delle abbondanti precipitazioni di maggio 2023, come anche le differenze di livello che intercorrono fra l'acqua alla travata e quella presente nel canale di scolo Seminiato.

Tali grafici, come quelli mostrati successivamente, testimoniano della complessità delle interazioni all'interno dei sistemi irrigui studiati.

Anno 2024

Per quanto riguarda tale anno, il monitoraggio ha dovuto essere trasferito ad una risaia posta più ad est rispetto alla precedente o, meglio, a due camere di risaia adiacenti (designate come risaia nord e risaia sud), alimentate dalla stessa derivazione nel pozzetto. Questo ha comportato la riconfigurazione della rete di piezometri e una nuova disposizione degli strumenti; l'attività più dispendiosa è però senz'altro consistita nel trasferimento della paratoia all'interno del pozzetto alimentato dalle acque della canalina in cemento del Consorzio di Bonifica.

D'altro canto, è stato possibile misurare in maniera più puntuale e precisa gli afflussi alla risaia 2024, senza dover tener conto di eventuali dispersioni lungo il fosso di collegamento, come avvenuto nel 2023. Nel piezometro collocato nel pozzetto sono rimasti il Baro Diver per la registrazione della pressione atmosferica ed un TD Diver per verificare i livelli di acqua presenti nel pozzetto e quindi gestiti dalla paratoia. Altri due piezometri con strumenti misuratori del solo livello dell'acqua sono stati rispettivamente posizionati su un fianco della travata per il deflusso delle acque e sull'argine prospiciente il tubo di uscita sul canale Seminiato. Gli ultimi due piezometri, con CTD Diver, sono stati rispettivamente posizionati ed adeguatamente segnalati all'interno della risaia a nord e di quella a sud, presso scoline non trafficate dai mezzi agricoli. Al momento della chiusura del progetto non è stato possibile accedervi e scaricare i corrispondenti dati, operazione che si prevede di effettuare verso metà-fine settembre. Il quadro riassuntivo è mostrato nella successiva Tabella 3.

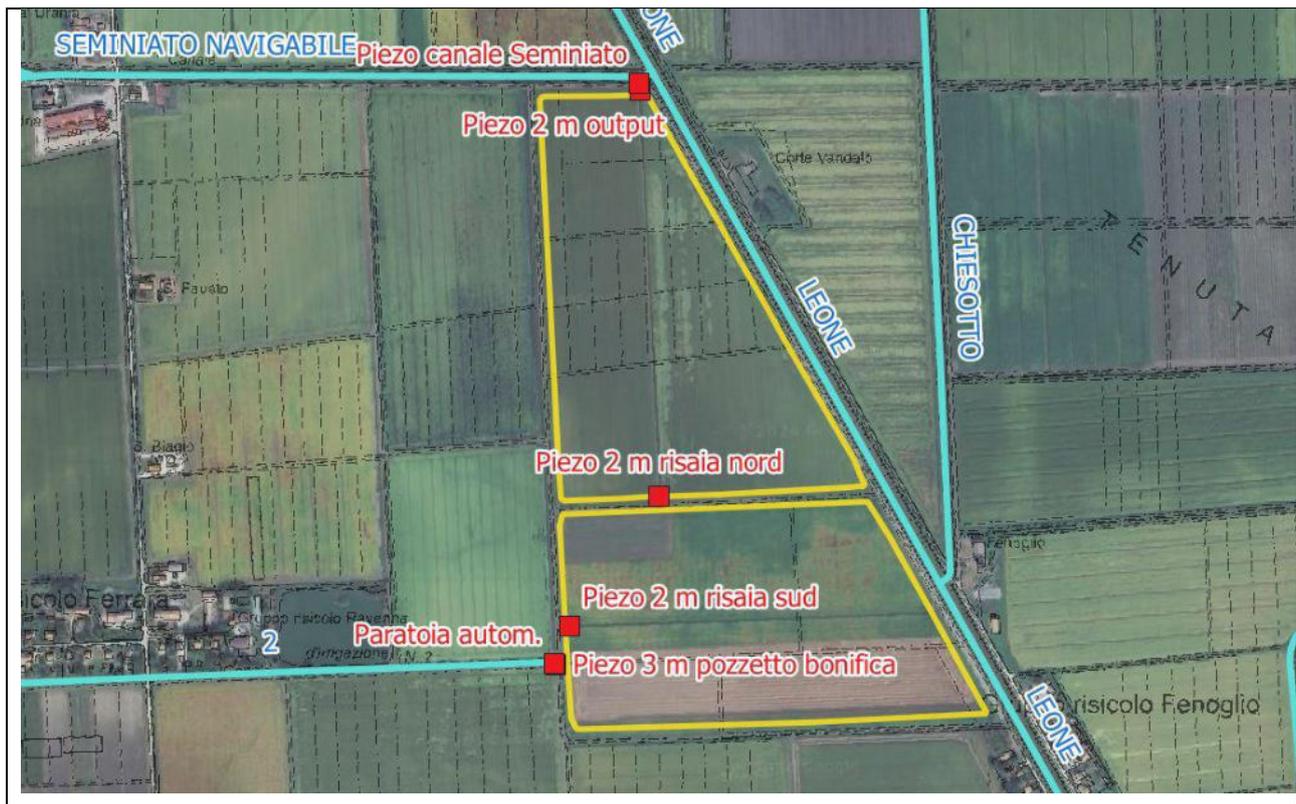


Figura 9: Appezamento a risaia dell'azienda Tenuta Florio anno 2024. I quadrati rossi indicano l'ubicazione dei piezometri; in colore giallo i limiti dei due appezzamenti a risaia, nord e sud; in azzurro i canali irrigui e/o di scolo afferenti all'appezzamento. La paratoia è posizionata nello stesso pozzetto in cui si trova il piezometro a 3 m.

ID	Modello	H Strumento da bocca pozzo (cm)	Data installazione	Data asportazione	Tubo	Note
BX664	DIVER	135	10/06/2024	no	2 m	Di fianco travata scolo risaia nord
BX834	DIVER	229	10/06/2024	no	3 m	Su sponda canale Seminiato vicino travata scolo risaia nord
EH038	BARO DIVER	0	10/06/2024	no	3 m	In pozzetto di fronte a nuova paratoia
BU579	DIVER	191	10/06/2024	no	3 m	In pozzetto di fronte a nuova paratoia
X3749	CTD DIVER	184	10/05/2024	no	2 m	presso scolina Risaia nord
X4155	CTD DIVER	226	10/05/2024	no	2 m	presso scolina Risaia sud

Tabella 3: Identificativo e modello degli strumenti installati in ogni piezometro, profondità degli stessi rispetto all'imboccatura del rispettivo piezometro, periodo di funzionamento, profondità del piezometro e dettagli di posizionamento. Il Baro Diver, dovendo solo misurare la pressione atmosferica, è ubicato in prossimità dell'imboccatura del piezometro (H strumento = 0 cm).



Figura 10: A sinistra, pozzetto in cemento con paratoia automatizzata installata nella primavera 2024: in primo piano, il piezometro fissato alla parete e il TD Diver fissato con un cavo. In basso, si intravede il tubo nero d'invito delle acque all'interno della paratoia. A destra, piezometro installato presso una scolina nella risaia nord.

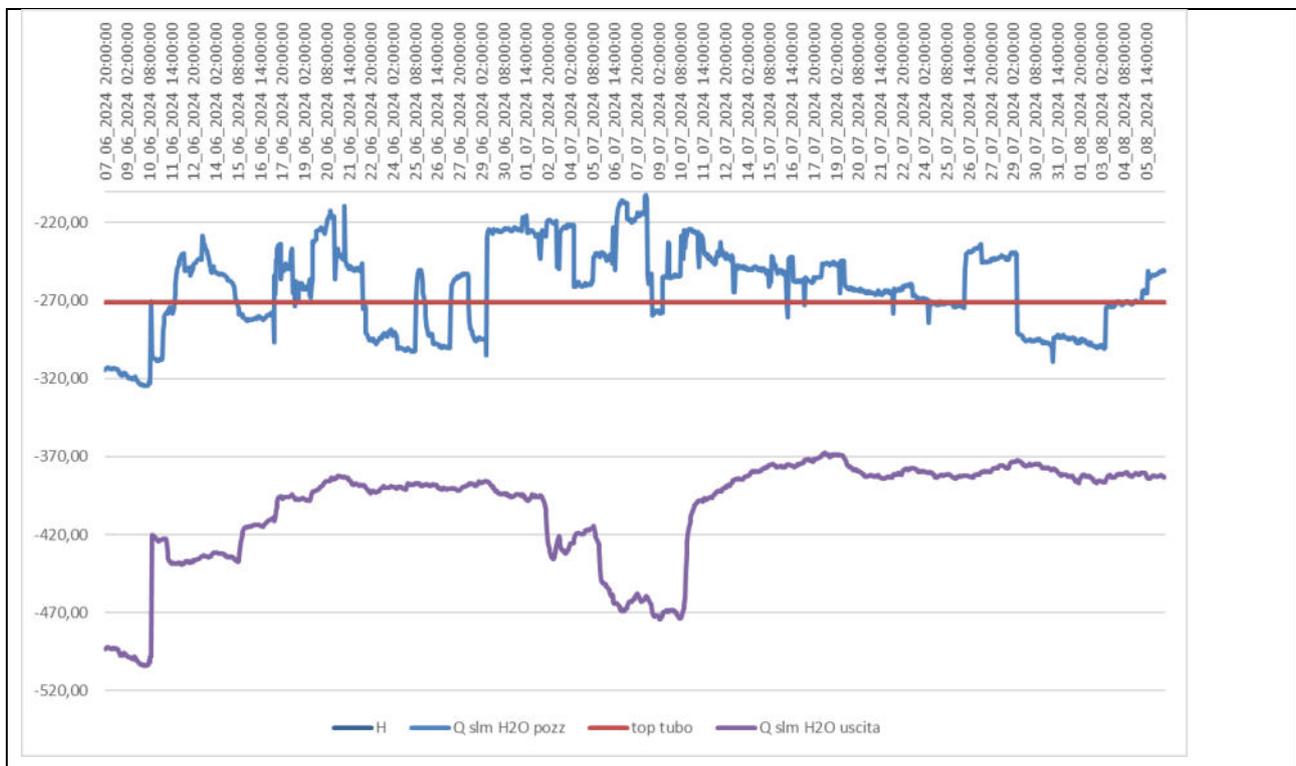


Grafico 4: Confronto fra le quote slm nel tempo degli afflussi nel pozzetto registrati dal TD Diver inserito nell'adiacente piezometro ($Q\text{ slm H}_2\text{O pozz}$) e i deflussi provenienti, invece, dalle letture del TD Diver posizionato nel piezometro fissato alla spalla della travata di scolo nella risaia nord ($Q\text{ slm H}_2\text{O uscita}$). Top tubo = parte alta del tubo di invito delle acque all'interno della paratoia.

Azienda Agricola Marangon Valentino

L'irrigazione della risaia monitorata nell'azienda Marangon, dell'estensione di quasi 8 Ha, avviene tramite il prelievo con pompa dell'acqua di Po, immessa nel canale Crocale, dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. In prossimità di tale punto, è stato posizionato un piezometro profondo 3 m (input), al cui interno si è provveduto all'installazione di uno strumento CTD Diver, per la contemporanea registrazione delle variazioni del livello dell'acqua e della salinità. In prossimità del punto di scolo delle acque, situato nell'angolo sud-ovest, è stato invece collocato un piezometro profondo 2 m (output); lo strumento installato era un normale TD Diver misuratore di livello, in quanto la salinità era già monitorata a monte.



Figura 11: A sinistra, tubo di immissione acque in risaia e tubo arancione di protezione del piezometro. A destra, operazioni di posa del piezometro da 2 m nella zona di scolo delle acque di risaia.



Figura 12: Appezamento a risaia dell'azienda Marangon anno 2023. I quadrati rossi indicano l'ubicazione dei piezometri; in colore giallo i limiti dell'appezzamento; in azzurro i canali irrigui e/o di scolo afferenti all'appezzamento.

Nella tabella successiva sono elencate le specifiche di ogni installazione piezometrica:

ID	Modello	H Strumento da bocca pozzo (cm)	Data installazione	Data asportazione	Tubo	Note
X4155	CTD DIVER	238	30/03/2023	12/10/2023	3 m	Input acque
CD420	TD DIVER	128	30/03/2023	12/10/2023	2 m	Output acque

Tabella 4: Identificativo e modello degli strumenti installati in ogni piezometro, profondità degli stessi rispetto all'imboccatura del rispettivo piezometro, periodo di funzionamento, profondità del piezometro e tipo di acque monitorate (input od output).

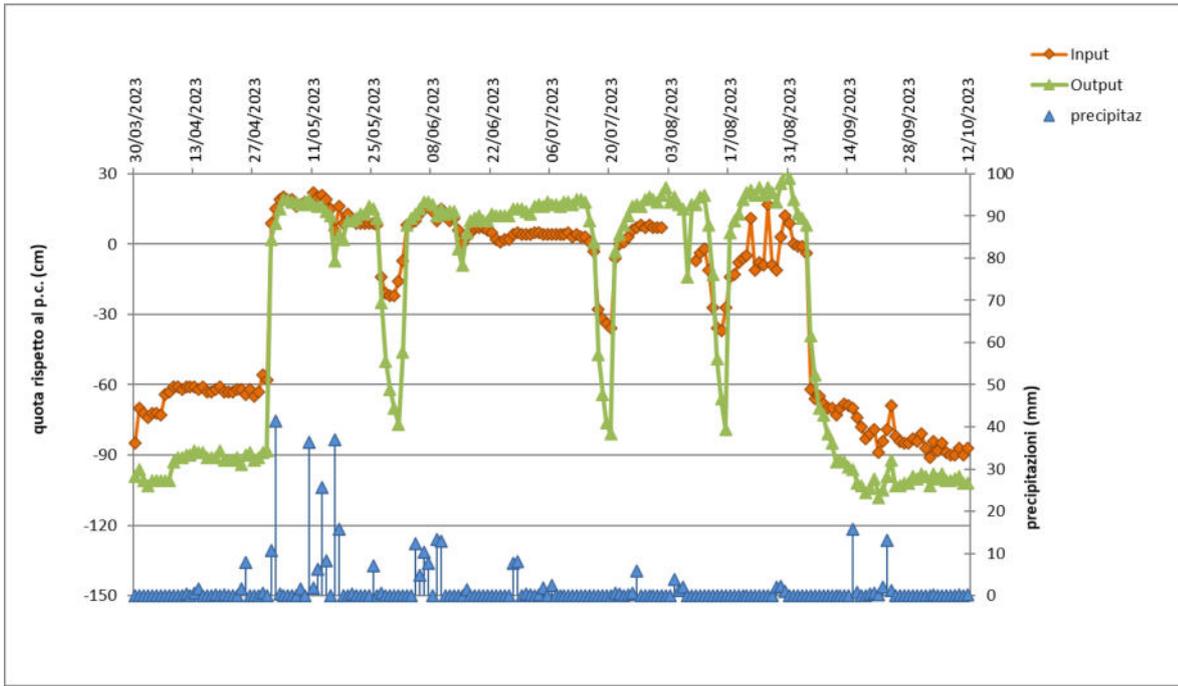


Grafico 5: Confronto fra le quote dell'acqua in risaia rispetto al p.c. nei due piezometri in input e output nel corso della stagione 2023. In azzurro, le precipitazioni.

Il grafico precedente (Grafico 5) mostra livelli simili raggiunti nei piezometri durante l'invaso e analoghe flessioni nei rari periodi di svasamento della risaia per l'effettuazione di operazioni colturali. Prima di maggio e dopo lo svaso di settembre si osserva una falda più elevata di circa 30 cm nella zona a monte, più vicina al mare e probabilmente da esso maggiormente influenzata. La differenza decimetrica di livello fra le parti in input ed output durante le fasi di invasione, più evidente in agosto, è probabilmente legata alla differenza di quota del p.c. nei due punti.

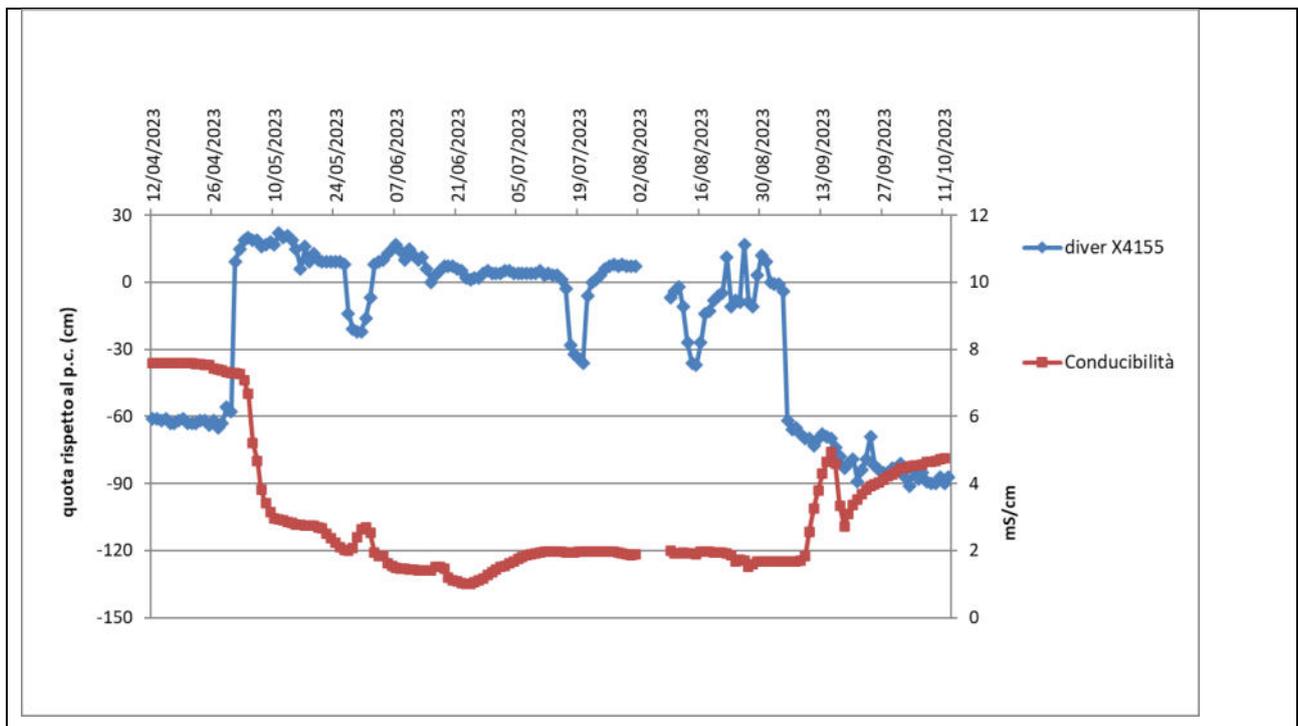


Grafico 6: Confronto fra le quote dell'acqua in risaia rispetto al p.c. e la conducibilità elettrica (salinità) rilevate dal CTD Diver nel piezometro in input.

Il Grafico 6 mostra in maniera estremamente evidente l'influsso sulla sottostante falda salina da parte delle attività di invaso delle risaie in queste zone del delta del Po. La conducibilità elettrica scende rapidamente a inizio maggio di oltre 5 mS/cm per poi risalire, ma più lentamente, dopo la fine della stagione irrigua.

Azienda Agricola Vallazza

Come indicato in precedenza, lo studio della gestione delle acque irrigue in tale risaia fu portato a termine nel 2021-2022 nell'ambito del Piano GESTFALDA. Per quanto riguarda l'attività di monitoraggio SuperIrri, si è mantenuto attivo il solo piezometro da 3 m con CTD Diver, il quale ha raggiunto circa 3 anni di registrazioni, fornendo importanti informazioni per quanto riguarda l'interazione fra acque irrigue immesse e sottostante falda salina alimentata dal mare.

ID	Modello	H Strumento da bocca pozzo (cm)	Data installazione	Data asportazione	Tube	Note
X2642	CTD DIVER	265	29/06/2021	30/04/2024	3 m	Su argine est risaia, per lo studio dell'interazione acque di risaia e falda salina.

Tabella 5: Identificativo e modello dello strumento installato nel piezometro, profondità dello stesso rispetto all'imboccatura, periodo di funzionamento e profondità del piezometro.



Figura 13: Appezamento a risaia dell'azienda Vallazza anno 2023. Il quadrato rosso indica l'ubicazione del piezometro; in colore giallo i limiti dell'appezzamento; in azzurro i canali irrigui e/o di scolo afferenti all'appezzamento.

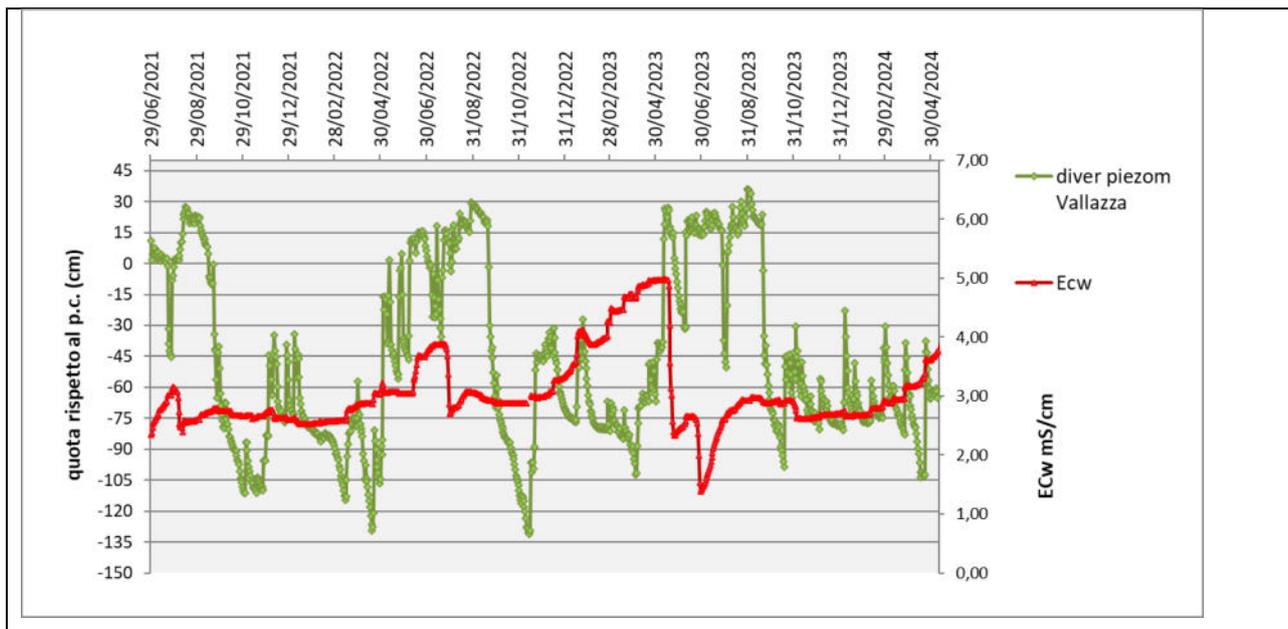


Grafico 7: Andamento del livello di falda e di acqua d'invaso registrato dal CTD Diver, presente nel piezometro da 3 m situato nella parte arginale della risaia. Il valore "0" di quota funge da riferimento per valutare la variazione del livello dell'acqua rispetto al p.c.

Il Grafico 7 precedente, commentato, all'interno della relazione sul Piano GESTFALDA, solo fino al 2023, rappresenta chiaramente l'effetto degli invasi in risaia sulla salinità della falda sottostante, non solo relativamente a un periodo irriguo, ma a ben tre periodi. In particolare, risulta evidente il graduale aumento di conducibilità elettrica avvenuto dopo il periodo siccitoso 2022 e all'inizio del 2023 (fino ad oltre 5 mS/cm), seguito dal crollo subito dopo gli invasi 2023, fino a circa 1,5 mS/cm. Questo rappresenta l'innegabile contributo delle risaie, in queste zone al confine col mare, per il mantenimento di livelli di salinità accettabili nelle acque superficiali di falda e nel suolo.

Azienda Agricola Pelosi Pier Antonio

Il criterio di sistemazione della rete di piezometri all'interno dell'appezzamento a prato gestito dall'azienda Pelosi è stato relativamente semplice, trattandosi di solo due piezometri dotati di misuratori in continuo PR36-Xi W. Il primo è stato posizionato circa 80 m a nord-est dalla nuova paratoia (in prossimità ne esiste una precedente, utilizzata nel corso del precedente piano PRATISMART); il secondo al termine settentrionale del campo, a pochi metri dalla scolina che funge da capofosso.

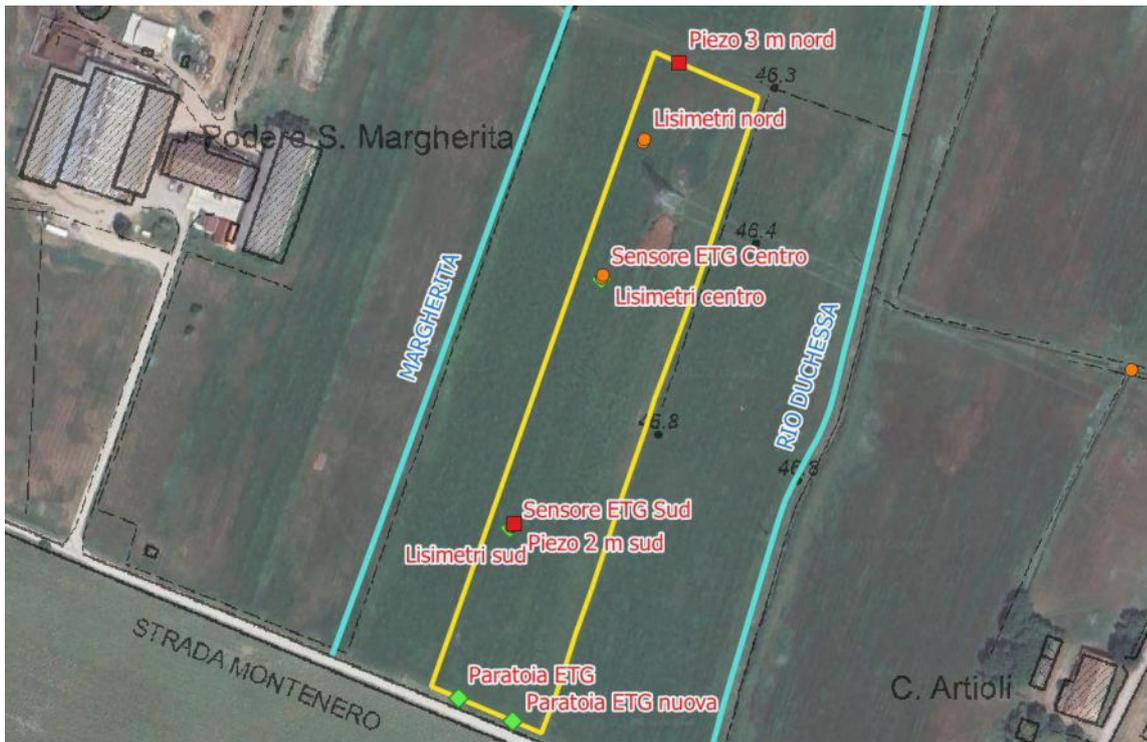


Figura 14: Appezamento a prato polifita dell'azienda Pelosi, anni 2023-2024. I quadrati rossi indicano l'ubicazione dei piezometri, i rombi verdi le due paratoie ed i sensori ETG in campo; i pallini arancioni i lisimetri; in colore giallo i limiti dell'appezzamento; in azzurro i canali irrigui e/o di scolo afferenti all'appezzamento.

Oltre ai piezometri, sono presenti in campo due sensori di livello, che comunicano direttamente con la centralina della paratoia e tre batterie di lisimetri, poste a diverse profondità e diverse distanze dalla paratoia (si veda Figura 14). Ove possibile, per evitare eccessivi intralci ai mezzi agricoli, tutti gli strumenti di rilievo sono stati raggruppati in un'unica stazione (Figura 15, a sinistra); nel punto più meridionale, ad esempio, erano compresenti, su una striscia di circa 2 m, sensore ETG, piezometro e lisimetri. Tornando ai piezometri, nella successiva tabella sono riportate le principali caratteristiche degli strumenti installati al loro interno

ID	Modello	H Strumento da bocca pozzo (cm)	Data installazione	Data asportazione	Tubo	Note
PR36-Xi W	1036144	230	21/06/2023	20/08/2024	3 m	Presso scolina a nord
PR36-Xi W	1036157	0	21/06/2023	20/08/2024	3 m	Presso scolina a nord e utilizzato per la misura della pressione atmosferica
PR36-Xi W	203575	85	21/06/2023	20/08/2024	2 m	A circa 80 m da lato sud appezzamento

Tabella 6: Identificativo e modello degli strumenti installati in ogni piezometro, profondità degli stessi rispetto all'imboccatura del rispettivo piezometro, periodo di funzionamento, profondità del piezometro e posizione nel campo.

Da conoscenze pregresse, fra cui anche il Piano PRATISMART, era nota l'assenza di falda entro 3 m di profondità. Mancando questa variabile, le variazioni di livello riscontrate, hanno potuto quindi essere associate agli episodi di irrigazione per scorrimento e ad eventuali, intensi, eventi meteorici.



Figura 15: A sinistra, piezometro da 2 m nella parte centrale del campo, assieme alla centralina ETG e nastro segnaletico. A destra, creazione, tramite pompa, del differenziale di pressione rispetto all'atmosfera, in uno dei lisimetri posizionati nel terreno.

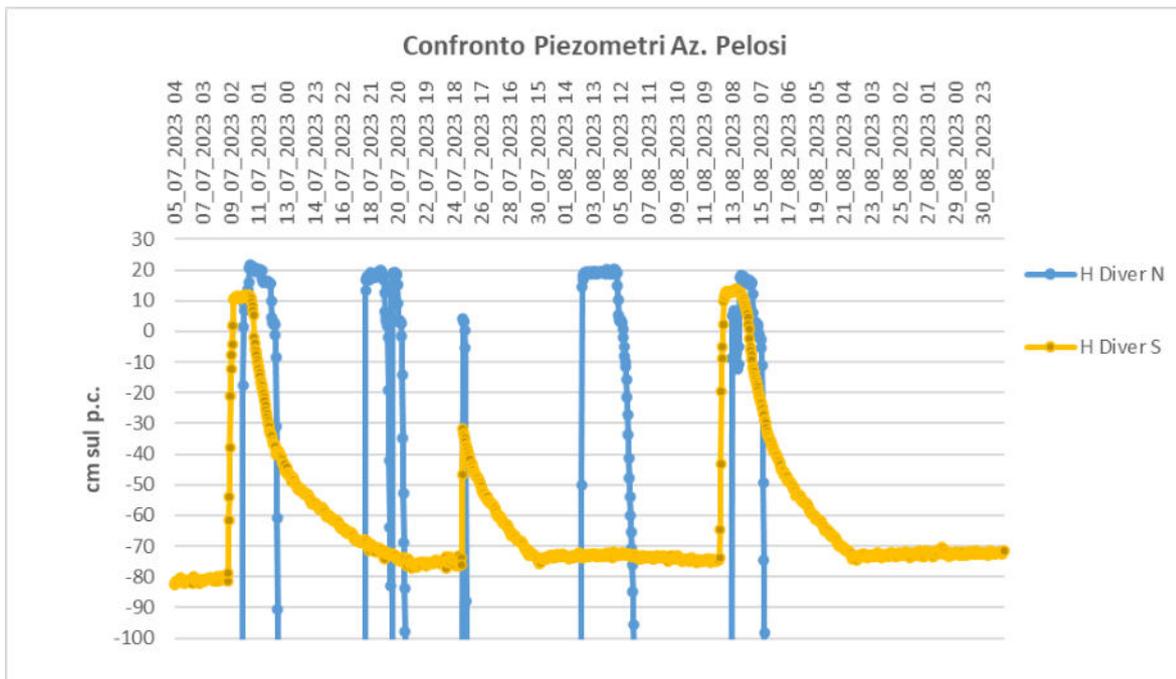


Grafico 8: Confronto fra i livelli di acqua nei due piezometri sistemati nel prato polifita. Diver S(ud) è posto a circa 80 m dalla paratoia, mentre Diver N(ord) è situato al margine settentrionale del campo.

Il Grafico 8 mostra i livelli di acqua raggiunti nei piezometri durante le irrigazioni per scorrimento. Come evidente nella curva gialla, sono registrati tre episodi, corrispondenti alle date dell'8 luglio, 24 luglio e 12 agosto. L'episodio del 24 luglio è, in realtà, legato ad un evento precipitativo di circa 20 mm avvenuto il giorno precedente e le cui acque si sono brevemente infiltrate nei due piezometri. La curva azzurra (Diver N) mostra altri due punti di risalita (18 luglio e il 2 agosto), ma sono legati all'influsso di un'adiacente canaletta irrigua diretta ad un altro campo, lo sbordo delle cui acque è giunto casualmente ad interessare il piezometro.

La sensoristica installata così come le analisi delle acque e le relative elaborazioni hanno consentito di perseguire i risultati sulla stima dei volumi di acque superficiali transitati nei siti che la qualità delle acque superficiali e di falda descritte sopra e più dettagliatamente nelle azioni 3.3 e 3.4. In particolare, la parte concernente il calcolo dei volumi di acque superficiali transitanti nei siti durante il periodo colturale, sia in entrata che in uscita è direttamente integrata all'interno dei successivi calcoli effettuati per la determinazione del bilancio di massa e sul funzionamento delle paratoie (Azione 3.3).

3.1.3 Esecuzione delle analisi del suolo.

Una volta verificata la corrispondenza delle UTS di suolo rilevate in campo con la cartografia pedologica, si è proceduto al campionamento del terreno, seguendo le metodiche indicate nei Disciplinari di produzione integrata della Regione Emilia – Romagna 2022 (Norme generali – All. 4). In ognuno degli appezzamenti 2023 si è provveduto a raccogliere, tramite trivella, un campione composto proveniente da diversi punti e su due profondità, avendo cura di eliminare le parti estranee (eventuale cotico, rammenti di conchiglie e/o mattoni, radici etc.). Le due profondità di campionamento, come da DPI, sono state sempre 0-15 cm e 15-30 cm, escluso che in: (1) risaia 2023 della Tenuta Florio, ad inizio stagione irrigua (12/04/2023), poiché gli orizzonti di suolo erano esattamente profondi 0-20 cm e 20-40 cm e, per ottenere un risultato più aderente alla realtà, si è deciso di adottare queste due profondità di prelievo; (2) risaie nord e sud 2024, sempre in Tenuta Florio, le cui maggiori profondità sono state determinate dal campionamento durante la posa dei piezometri.

Tutti i campioni, del peso di circa 1 Kg, sono stati conservati in sacchetti di polietilene etichettati e poi inviati ad apposito laboratorio per la determinazione dei parametri analitici previsti. Rispetto a quanto indicato nel Piano, si è fatto ricorso a laboratori certificati e non al laboratorio interno CER; quasi tutti i campioni sono stati pertanto analizzati dal laboratorio Agri-Bio-Eco di Pomezia (RM), già fornitore qualificato di analisi del suolo per l'Area Geologia, Suoli e Sismica regionale. Per il solo prato dell'azienda Pelosi, per situazioni logistiche, si è fatto ricorso, in due occasioni, al vicino laboratorio gestito da CRPA.

Di seguito (Tabella 7: Schema riassuntivo delle date e profondità di prelievo nelle aziende monitorate) è riportato l'elenco delle aziende, delle date di campionamento e delle relative profondità

Azienda	Profondità (cm)	Data prelievo
FLORIO	0-20	12/04/2023
FLORIO	20-40	12/04/2023
FLORIO	0-15	12/10/2023
FLORIO	15-30	12/10/2023
FLORIO RISAIA NORD	0-30	10/05/2024
FLORIO RISAIA NORD	30-60	10/05/2024
FLORIO RISAIA SUD	0-30	10/05/2024
FLORIO RISAIA SUD	30-60	10/05/2024
MARANGON	0-15	30/03/2023
MARANGON	15-30	30/03/2023
VALLAZZA	0-15	06/04/2023
VALLAZZA	15-30	06/04/2023
PELOSI	0-15	28/06/2023
PELOSI	15-30	28/06/2023
PELOSI	0-15	13/10/2023
PELOSI	15-30	13/10/2023
PELOSI	0-15	25/01/2024
PELOSI	15-30	25/01/2024

Tabella 7: Schema riassuntivo delle date e profondità di prelievo nelle aziende monitorate.

Come si vede, nelle due aziende associate Marangon e Vallazza si è provveduto ad effettuare un solo campionamento ad inizio stagione irrigua 2023, al fine di ottenerne una prima caratterizzazione analitica ed escludere la presenza di valori anomali (per es. di salinità). Per quanto riguarda, invece, la risaia 2023 di Tenuta Florio e l'appezzamento a prato dell'azienda Pelosi, sui quali si è svolta la sperimentazione di gestione irrigua tramite paratoia automatizzata, sono stati effettuati rispettivamente tre campionamenti nel corso del periodo di monitoraggio. Infatti, anche se non esplicitamente previsto nel Piano, si è voluto tener conto di eventuali variazioni in alcuni valori analitici del suolo rilevati prima e dopo la stagione irrigua, per poter meglio studiare la dinamica di trasferimento dei nutrienti stoccati nel suolo, in funzione degli interventi irrigui e delle operazioni colturali eseguite.

Il set minimo analitico previsto dal Piano era composto da: azoto totale (N) azoto nitrico (come N-NO₃), fosforo assimilabile (P), carbonio organico (C), conducibilità elettrica in pasta satura (ECe) e pH. I nutrienti sono stati utilizzati nel calcolo del bilancio di massa, il carbonio è stato prescelto per la determinazione di indicatori agronomici ed ambientali (rapporto C/N, Stock di CO). Gli ultimi due parametri sono stati presi in esame per tener conto di eventuali fenomeni di salinizzazione del suolo e di acidificazione negli orizzonti sotto-superficiali.

Oltre a questi, il laboratorio ha anche determinato ulteriori parametri analitici non previsti nel Piano, per meglio caratterizzare gli aspetti chimico-fisici dei suoli indagati: tessitura, CSC (capacità di scambio cationico), cationi di scambio, boro solubile, cloruri e solfati.

La tabella contenente i valori analitici di tutti i parametri presi in considerazione, è collocata in fondo alla relazione, in Allegato 1. Infine, risulta opportuno specificare come le analisi sopra riportate, il posizionamento

dei piezometri, delle paratoie e relativa sensoristica siano stati coadiuvati da sistemi GIS basati su ortofotogrammetria e GPS-RTK come riportato in Figura 16

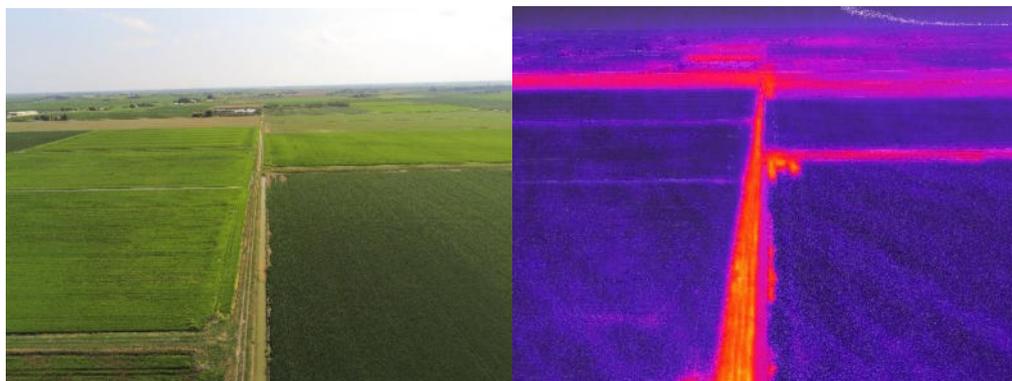


Figura 16 – Esempio di rilievo tramite drone termico e ottico in seguito utilizzato per supportare la realizzazione dei sistemi informativi geografici riportati nella presente relazione

Azione 3.2: Identificazione delle dinamiche nell'evoluzione malerbologica e fitopatologica nelle colture del prato e del riso

3.2.1 Rilievi effettuati

Nel contesto degli interventi agronomici, sono stati esaminati i sistemi aziendali volti a ridurre al minimo l'uso di erbicidi nelle risaie e a prevenire episodi di decadimento della biodiversità nei prati polifiti, che potrebbero comportare perdite qualitative e quantitative nella produzione. I tecnici del CER e del CRPA, con il supporto del personale delle aziende partner del GOI, hanno effettuato rilievi sulla composizione floristica in prati e risaie. Tali rilievi hanno messo a confronto la gestione automatizzata dei sistemi irrigui superficiali con quella tradizionale. L'attenzione è stata rivolta principalmente ai principali interventi colturali, con l'obiettivo di evidenziare possibili interazioni e sinergie tra fertilizzazione e irrigazione calibrate in modo adeguato. Nel dettaglio, sono state raccolte le seguenti informazioni presso le aziende agricole ove è stata condotta l'attività sperimentale:

- operazioni agronomiche e trattamenti fitosanitari e relative attrezzature impiegate;
- interventi irrigui effettuati;
- caratterizzazione degli effluenti di allevamento utilizzati ai fini fertilizzanti (volumi e caratteristiche chimiche);
- produzioni vegetali (quantità/qualità);
- dati meteorologici.

Inoltre, si è proceduto a quantificare gli apporti di ammendanti, come liquami e letame di origine bovina, insieme ai fertilizzanti di sintesi e alle loro caratteristiche.

Nel caso del prato polifita, per ciascuno dei tagli di foraggio (da 4 a 6 all'anno), sono state determinate le produzioni di sostanza secca e le asportazioni di azoto e fosforo. Anche in questo caso, sono stati effettuati tre campionamenti a distanze crescenti dal punto di immissione delle acque irrigue, con l'obiettivo di verificare se e in che misura la qualità dei foraggi fosse influenzata dalle diverse condizioni di bagnatura. Complessivamente, sono stati prelevati almeno 45 campioni di foraggio (5 prelievi x 3 distanze x 3 ripetizioni), sui quali sono state condotte caratterizzazioni qualitative complete utilizzando la metodologia NIRS, che ha incluso analisi di umidità, ceneri, proteine grezze, fibre grezze e frazioni delle fibre, grassi, amido, zuccheri, e vari elementi minerali.

Per quanto riguarda il riso, sono state analizzate le alternative di semina in asciutto, come avviene solitamente presso la tenuta Florio, e di semina in irriguo, come abitualmente praticato presso le tenute Vallazza e Marangon Valentino. Inoltre, sono state studiate le diverse epoche caratterizzate dall'alternanza di sequenziali periodi di asciutta e riempimento della cassa di risaia.

Per entrambe le colture, in relazione a ciascuna operazione agronomica svolta nei due siti di monitoraggio, sono stati rilevati i tempi di esecuzione e stimati i consumi energetici, in base alla trattrice e alle attrezzature utilizzate. Considerando anche i dati relativi ai volumi irrigui e ai tempi di lavoro necessari per l'irrigazione, è stato possibile effettuare un calcolo analitico dei costi di produzione, riferiti alle unità foraggere latte (UFL) o alla produzione di risone ad umidità commerciale, sia nella situazione con la soluzione Smart sperimentata, sia in quella senza. Mediante l'utilizzo di drone sono state ottenute ortofotogrammetrie utili alla descrizione degli appezzamenti presi in esame (Figura 17).



Figura 17 – Rilievo tramite drone dell'appezzamento della Tenuta Florio.

3.2.2 Andamento meteorologico

Nel corso del 2023, abbiamo osservato un andamento meteorologico variegato nelle tre località prese in esame; La località di Jolanda di Savoia, dove si trova l'appezzamento della tenuta Florio, nella località di Gorino dove si trovano gli appezzamenti di Vallazza e Marangon e nella località di Cavriago dove si trova l'appezzamento di Pelosi.

Temperature medie

Le temperature medie giornaliere (Tabella 8) registrate sono state generalmente elevate durante i mesi estivi, con picchi che hanno superato i 28°C in tutte le località. In particolare, Gorino ha registrato le temperature più alte, con un massimo di 29,9°C a luglio. Anche Jolanda di Savoia e Cavriago hanno visto temperature simili, ma con leggere variazioni a causa delle differenze microclimatiche locali.

Tabella 8 - Temperature medie mensili, suddivise per località

	Loc. Jolanda di Savoia	Loc. Gorino	Loc. Cavriago
Maggio	19,39	16,60	17,98
Giugno	22,84	22,26	23,62
Luglio	25,29	25,48	26,36
Agosto	24,79	24,93	25,54
Settembre	22,13	22,28	22,90

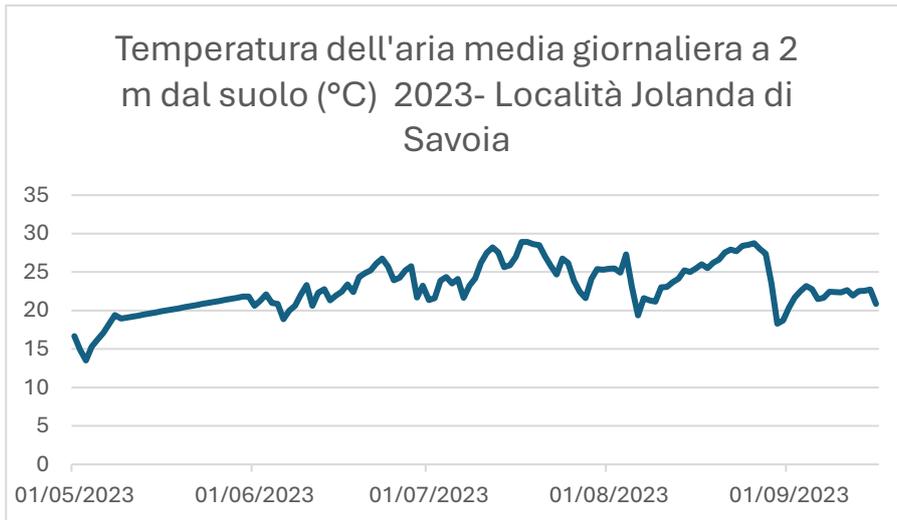


Grafico 9 - Temperatura dell'aria media giornaliera a 2 m dal suolo (°C) 2023- Stazione metereologica ARPAE Jolanda di Savoia

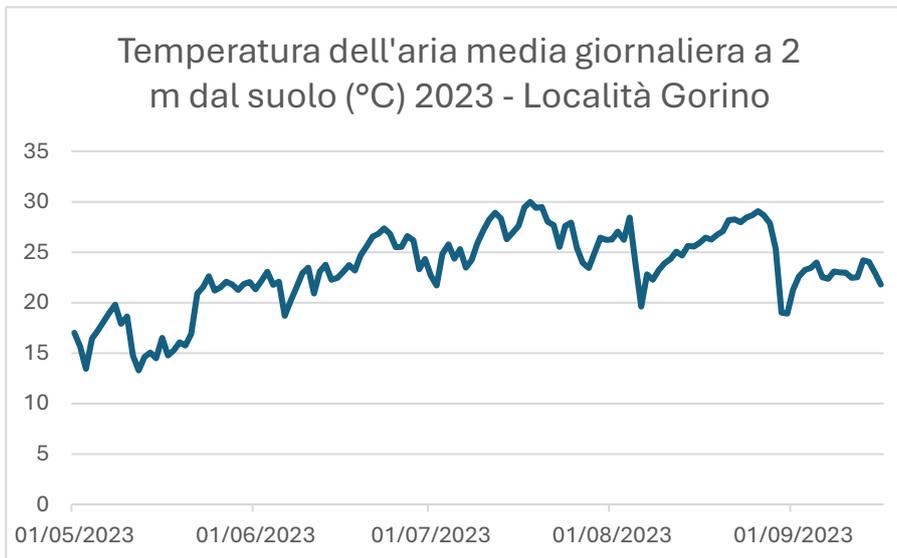


Grafico 10 - Temperatura dell'aria media giornaliera a 2 m dal suolo (°C) 2023- Stazione metereologica ARPAE Giralda

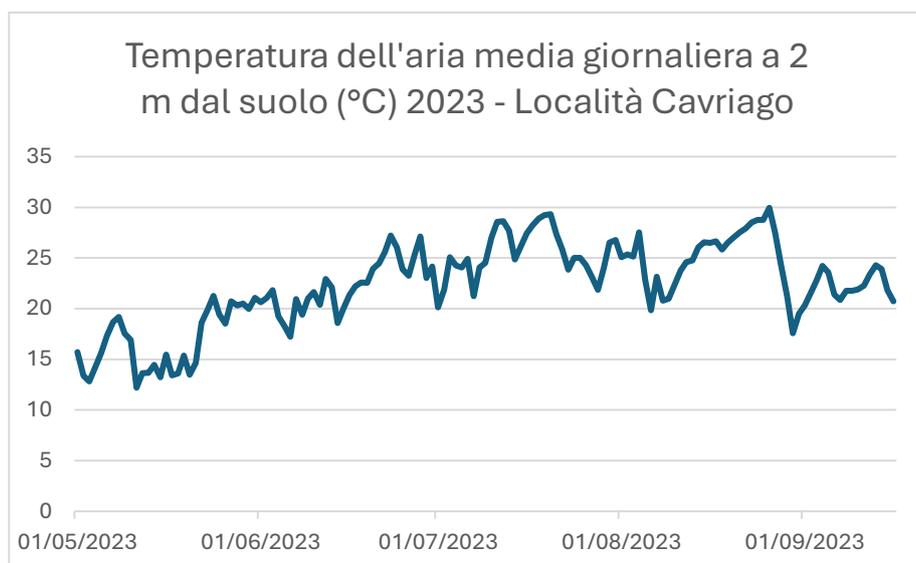


Grafico 11 - Temperatura dell'aria media giornaliera a 2 m dal suolo (°C) 2023- Stazione metereologica ARPAE Cavriago

Umidità relativa

L'umidità relativa, come mostrato in Tabella 9, ha mostrato fluttuazioni interessanti, con i valori elevati osservati a Jolanda di Savoia, che ha mantenuto un'umidità media mensile costante superiore al 70%. Gorino, invece pur presentando dei picchi di umidità più alti, ha registrato un'umidità media mensile leggermente inferiore, con minimi che hanno toccato il 60% in alcune giornate di alta pressione atmosferica. Cavriago, pur mostrando un profilo simile a Jolanda di Savoia, ha avuto giornate con umidità media mensile maggiore, soprattutto durante i mesi più caldi. Nel mese di luglio si raggiungano dei picchi di umidità superiore all'80%, caratterizzati da una maggiore suscettibilità alle infezioni fungine, in particolare al brusone del riso. Come si vedrà nelle sezioni seguenti, i trattamenti fitosanitari sono stati effettuati in questi periodi maggiormente critici per la difesa fitosanitaria

Tabella 9 - Umidità relative medie mensili, suddivise per località

	Loc. Jolanda di Savoia	Loc. Gorino	Loc. Cavriago
Maggio	78,70	79,81	82,71
Giugno	73,93	70,37	75,43
Luglio	75,06	65,45	78,42
Agosto	72,00	61,26	76,77
Settembre	73,94	64,13	79,38

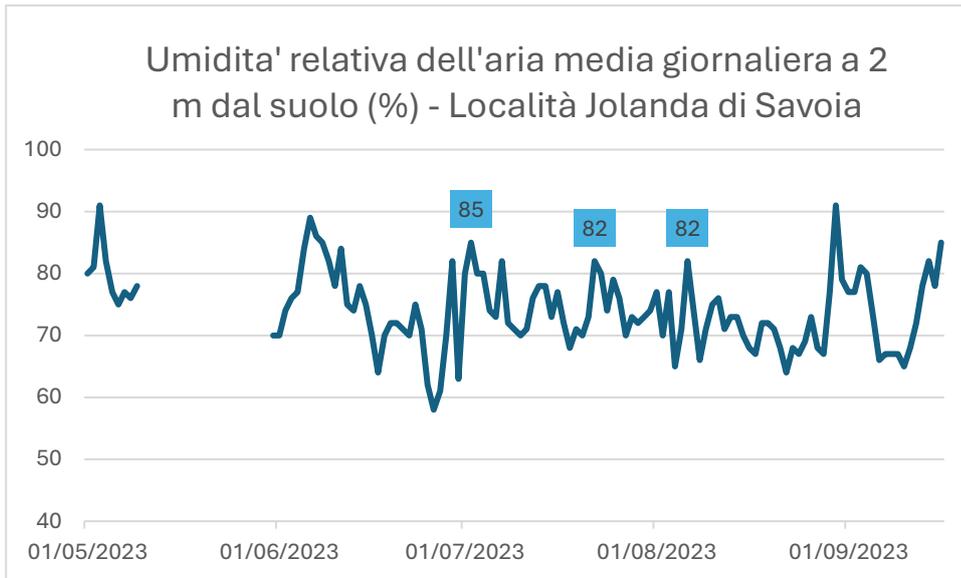


Grafico 12 - Umidità relativa dell'aria media giornaliera a 2 m dal suolo (%) – Stazione metereologica ARPAE Jolanda di Savoia

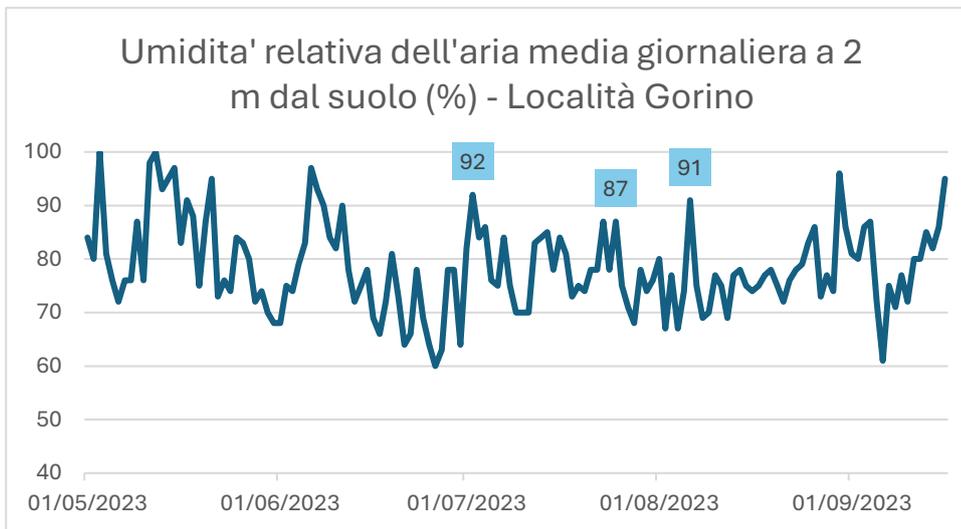


Grafico 13 - Umidità relativa dell'aria media giornaliera a 2 m dal suolo (%) – Stazione metereologica ARPAE Giralda

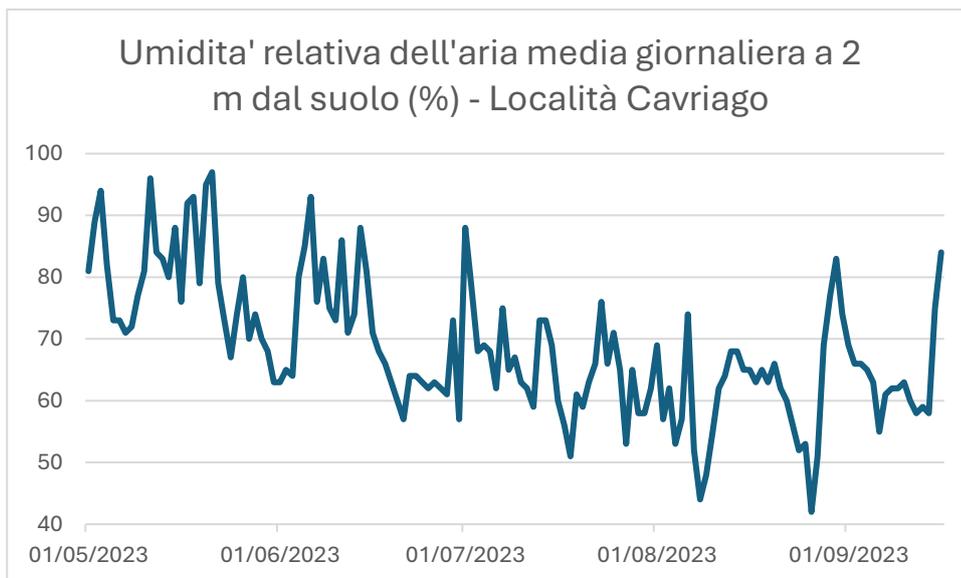


Grafico 14 - Umidità relativa dell'aria media giornaliera a 2 m dal suolo (%) – Stazione metereologica ARPAE Cavriago

Precipitazioni

Le precipitazioni cumulate giornaliere (Tabella 10) mostrano una notevole variabilità tra le diverse località. Il mese di maggio 2023 è stato estremamente piovoso in tutte le località prese in esame, con un'incidenza maggiore nella zona di Jolanda di Savoia. Essendo stato il mese di maggio, caratterizzato da intense precipitazioni e temperature basse non è stato possibile praticare la semina in asciutta presso la Tenuta Florio, contrariamente a quanto previsto nel piano e dalla normale prassi dell'azienda agricola in oggetto. Infatti, entrambe le annate 2023 e 2024 non hanno consentito una tempestiva preparazione del letto di semina. Per evitare fenomeni di de-strutturazione del suolo e costipamento, dannosi dal punto di vista ambientale per la tutela della fertilità del suolo, ed economico per la produttività della coltura, si è pertanto deciso di optare per la semina su risaia invasata.

Tabella 10 - Precipitazione cumulata mensile, suddivise per località

	Loc. Jolanda di Savoia	Loc. Gorino	Loc. Cavriago
Maggio	254,9	206,4	198,4
Giugno	45	30,2	60,6
Luglio	41,4	47,6	34
Agosto	61,6	7,2	42,2
Settembre	1,6	5,4	8,8

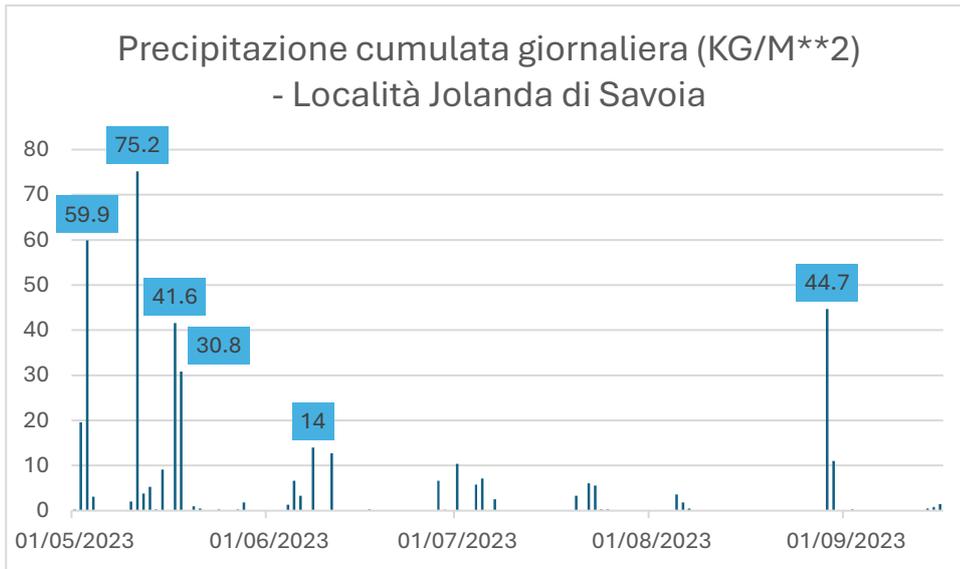


Grafico 15 - Precipitazione cumulata giornaliera (KG/M**2) - Stazione Metereologica ARPAE Final di Rero

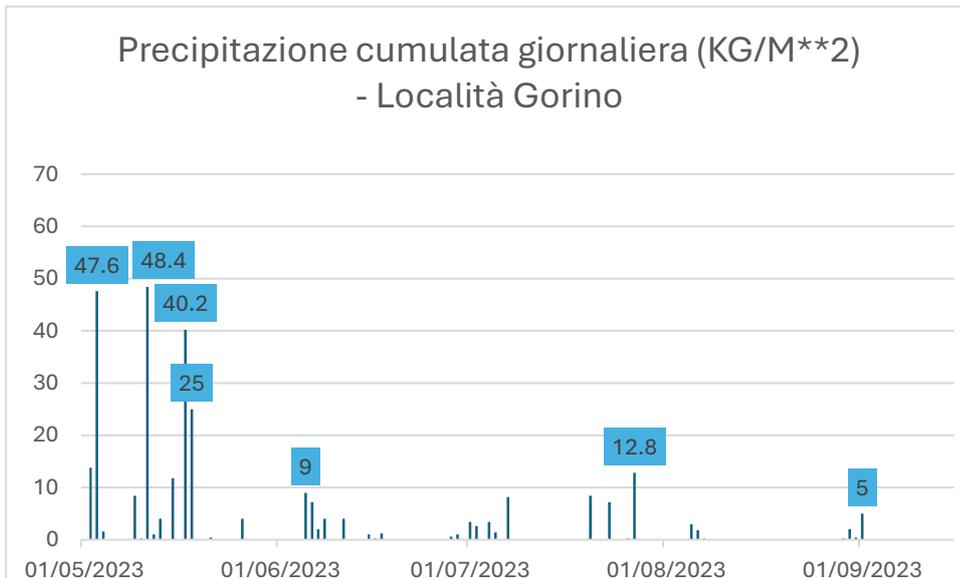


Grafico 16 - Precipitazione cumulata giornaliera (KG/M**2) - Stazione Metereologica ARPAE Guagnino

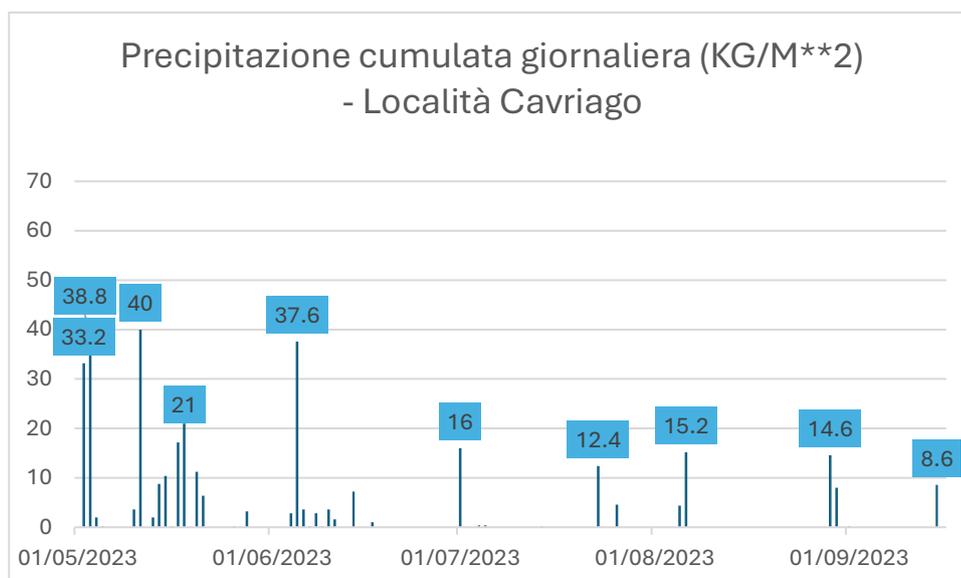


Grafico 17 - Precipitazione cumulata giornaliera (KG/M**2) - Stazione Metereologica ARPAE Cavriago

3.2.4 Operazioni colturali

Tenuta Florio

Nell'appezzamento pilota della tenuta Florio è stata seminata in sommersione la varietà di riso "Isabella". Sarebbe stata prevista la semina in asciutta, invece viste le condizioni meteo climatiche caratterizzate da abbondanti piogge nel periodo primaverile non è stato possibile.

Le operazioni di preparazione del terreno, la cui durata è indicativa sono le seguenti: ripuntatura da 1 h/ha, vangatura da 0,5 h/ha, erpicatura da 0,5 h/ha, livellatura da 0,5 h/ha, passaggio con il vibrocoltivatore da 0,5 h/ha e erpicatura da 0,5 h/ha, mentre la semina ha previsto un lavoro di 1,5 h/ha. In *Tabella 11* sono elencate le altre operazioni colturali, la data di esecuzione, eventuali note relative all'operazione e alla situazione della risaia.

Tabella 11 - Operazione colturali appezzamento Tenuta Florio

Operazione colturale	Data	Note
Diserbo pre-semina		Glifosate: 1,8 lt./ha;
Concimazione presemina	22/05/2023	Superalba max Concime organo-minerale NPK (SO3) con Zinco (Zn): 2 q.li/ha
Semina	05/06/2023	Risaia invasata
Diserbo	09/06/2023	Risaia in asciutta, prodotti fitosanitari utilizzati: Clincher one (Cialofop-butile): 1,5 lt./ha; Loyant 25 Neo EC (florpyrauxifen-benzyl): 1,2 lt./ha; Aura (Profoxydim): 0,3 lt./ha;
Concimazione	24/06/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: Solfato ammonico 2 q.li/ha
Asciutta per accestimento	04/07/2023 - 12/07/2023	

Asciutta per test spiga/pannocchia	19/08/2023	
Trattamento biostimolante	24/08/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: Blackjak Biostimolante: 1 Lt./ha; Flint Riso fungicida (oximinoacetati)
Concimazione	28/08/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: ONE 23.0.30: 1 q/ha
Asciutta per raccolta	01/10/2023	
Trebbiatura	14/10/2023	

Per quanto riguarda le concimazioni, in totale sono stati apportati 79 kg/ha di azoto (N), 18 kg/ha di Fosforo (P) e 66 kg/ha di Potassio (K).

Azienda Marangon Valentino

Negli appezzamenti dell'azienda Marangon Valentino sono state seminate tre diverse varietà di riso, il riso "Carnaroli" in un appezzamento e le varietà "CL 388" e "Leonidas CL" in un altro appezzamento, è stata effettuata una semina in sommersione per arginare i problemi di salinità, tipici di questi appezzamenti.

Sull'appezzamento è stata effettuata una ripuntatura, un passaggio con l'erpice rotante, una livellatura, un'ulteriore erpicatura e una ripuntatura. Nelle tabelle (*Tabella 12, Tabella 13*) sono elencate le operazioni colturali, la data di esecuzione, eventuali note relative all'operazione e alla situazione della risaia.

Tabella 12 - Operazioni colturali Azienda Marangon Valentino, varietà Carnaroli

Operazione colturale	Data	Note
Concimazione presemina	27/04/2023	Risaia in asciutta, prodotti fitosanitari utilizzati :Urea: 1.5q.li/ha, concime 8/15/15: 1.2 1.5q.li/ha
Semina	30/04/2023	Risaia invasata
Trattamento erbicida	01/06/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: LOYANT™ 25 Neo EC
Trattamento erbicida	22/06/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: Dash® HC, A U R A® 2023
Concimazione	14/06/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: EMMER 35 a lenta cessione 1.9q.li in acqua
Invaso	23/06/2023	Misura acqua conducibilità 1.3-1.4 millisiemens/cm il 26/06/2023 + 10cm di h20
Trattamento fungicida	21/07/2023	Risaia invasata, trattamento brusone
Mantenimento vaso: 10 cm al 27/07/2023; massimo 15 cm		Rimangono ricacci di crongia (malerba)
Trattamento fungicida	28/07/2023	Prodotti fitosanitari utilizzati: Amistar, THIOPRON
Asciutta per raccolta	07/09/2023	
Trebbiatura	19/09/2023	

Per quanto riguarda le concimazioni, in totale sono stati apportati 147 kg/ha di azoto (N), 22,5 kg/ha di Fosforo (P) e 22,5 kg/ha di Potassio (K).

Tabella 13 - Operazioni colturali Azienda Marangon Valentino, varietà CL 388 e Leonidas CL

Operazione colturale	Data	Note
Concimazione presemina	27/04/2023	Risaia in asciutta, prodotti fitosanitari utilizzati: Urea: 1.5q.li/ha + concime 8/15/15: 1.3 q.li/ha
Semina	30/04/2023	Risaia invasata
asciutta	16/05/2023	
Trattamento erbicida	01/06/2023	Risaia in asciutta, prodotti fitosanitari utilizzati: KARATE ZEON, LOYANT™ 25 Neo EC, Dash® HC.
Concimazione	14/06/2023	Risaia invasata, prodotti fitosanitari utilizzati: EMMER 35 a lenta cessione 1.9q.li
Trattamento erbicida	22/06/2023	Prodotti fitosanitari utilizzati: LOYANT™ 25 Neo EC, Dash® HC, A U R A® 2023.
Invaso	23/06/2023	Misura acqua conducibilità 1.3-1.4 millisiemens/cm il 26/06/2023 + 10cm di h20
Trattamento fungicida	21/07/2023	Risaia invasata, trattamento brusone
Trattamento fungicida	28/07/2023	Prodotti fitosanitari utilizzati: Amistar
Asciutta per raccolta	07/09/2023	Risaia in asciutta
Trebbiatura	19/09/23	

Per quanto riguarda le concimazioni, in totale sono stati apportati 136,4 kg/ha di azoto (N), 19,5 kg/ha di Fosforo (P) e 19,5 kg/ha di Potassio (K).

Azienda Vallazza

Nell'appezzamento dell'azienda Vallazza è stata seminata la varietà di riso "Caravaggio", allo stesso modo di Marangon è stata effettuata una semina in sommersione per arginare i problemi di salinità, tipici di questi appezzamenti.

In Tabella 14 sono riportate le operazioni colturali eseguite, la data di esecuzione, eventuali note legate all'operazione e la situazione della risaia. L'appezzamento dell'azienda agricola Vallazza viene gestito secondo i principi dell'agricoltura biologica.

Tabella 14 - Operazioni colturali Azienda Vallazza

Operazione colturale	Data	Note
riempimento bacino	10/05/2023	5 cm acqua immessa
semina risone Caravaggio	15/05/2023	

Lento abbassamento livello bacino	23/05/2023	Completa germinazione dei semi
mantenimento livello minimo di acqua nel bacino	27/05/2023	2-3 cm per radicamento
immissione acqua nel bacino	08/06/2023	
Pompaggio acqua x mantenimento livello	20/06/2023	10 cm acqua
Incremento livello	03/07/2023	12 cm acqua
Incremento livello	14/07/2023	15 cm acqua
Mantenimento livello	21/07/2023	15 cm acqua
Svuotamento bacino (a asciutta post-semine)	28/07/2023	Non previsto, ma di emergenza, causa batteriosi
Riempimento bacino post-batteriosi	01/08/2023	
Pompaggio acqua e mantenimento livello	17/08/2023	17 cm
Pompaggio acqua e mantenimento livello	27/08/2023	17 cm
Svuotamento risaia	19/09/2023	
Trebbiatura	09/10/2023	

Azienda Agricola Pelosi

Nell'appezzamento dell'azienda agricola Pelosi sono stati raccolti i dati relativi alle operazioni agronomiche riportate in Tabella 15. In particolare, campo con paratoie risulta essere quello prossimo al centro aziendale dove sono state installate le due paratoie automatizzate, viceversa, il campo test è posizionato ad est dello stesso e presenta manufatti tradizionali.

Tabella 15 - Dati agronomici raccolti presso l'azienda Pelosi Pier Antonio

	Unità di misura	Epoca/data	Campo con paratoie	Campo test
Superficie	Ha		2,922	1,022
Resa totale	t ha ⁻¹		13,06	11,46
I taglio	t ha ⁻¹	9/06/23	5,99	5,98
II taglio	t ha ⁻¹	28/06/23	2,88	2,39
III taglio	t ha ⁻¹	01/08/23	2,34	2,39
IV taglio	t ha ⁻¹	05/09/23	1,79	0,68
Irrigazioni	Mm		655 ¹	602 ²
Irrigazione n.1	Mm	Giugno	93	241
Irrigazione n.2	Mm	Luglio	187	120
Irrigazione n.3	Mm	Agosto	187	120
Irrigazione n.4	Mm	Settembre	187	120
Fertilizzazione liquame	M ³ ha ⁻¹		74	185
Liquamazione n.1	M ³ ha ⁻¹	Aprile	18,48	185
Liquamazione n.2	M ³ ha ⁻¹	Giugno	18,48	0
Liquamazione n.3	M ³ ha ⁻¹	Luglio	18,48	0
Liquamazione n.4	M ³ ha ⁻¹	Agosto	18,48	0
Fertilizzazione letame	t ha ⁻¹		0	82
Concimazione n.1	t ha ⁻¹	Gennaio	0	41
Concimazione n.2	t ha ⁻¹	Ottobre	0	41

L'anno del progetto 2023 è stato un anno anomalo in quanto a causa delle condizioni meteo sfavorevoli sono stati effettuati n. 4 tagli di foraggio rispetto ai n.5 effettuati negli anni precedenti. Come emerge dai risultati del progetto *PratiSmart*, la resa produttiva degli anni precedenti è stata più elevata: nel 2021 nel prato stabile dell'azienda Pelosi la resa è stata di 16,48 t di foraggio tal quale per ettaro, mentre nel 2022 il dato produttivo raccolto è stato di 16,67 t di foraggio tal quale per ettaro.

Per quanto riguarda le fertilizzazioni, gli interventi con liquami bovini sono stati effettuati con classico carbotte dotato di piatto deviatore prima dei tagli nel mese di aprile (sia sul campo nuovo sia sul campo con lisimetri), e dopo i tagli, rispettivamente nei mesi di giugno, luglio e agosto. Il letame è stato invece apportato nel periodo autunnale e invernale sul campo test.

¹ L'irrigazione totale è stata calcolata considerando per ogni ciclo di irrigazione portata di 47 lt s⁻¹ e una quantità distribuita su 4,83 ettari (15 biolche), con acqua di pozzo in modalità "scorrimento".

² L'irrigazione totale è stata calcolata considerando per ogni ciclo di irrigazione portata di 57 lt s⁻¹ e una quantità distribuita su 2,04 ettari (7 biolche), con acqua di pozzo in modalità "scorrimento".

Tabella 16 - Caratteristiche degli effluenti di allevamento distribuiti presso l'azienda Pelosi Pier Antonio

Parametri	Unità di misura	08 febbraio 2022	23 febbraio 2022	09 luglio 2022	09 febbraio 2023
		PratiSmart	PratiSmart	PratiSmart	SUPERIRRI
		Liquame bovino	Liquame bovino	Liquame bovino	Letame bovino
Solidi Totali	[g/kg tq]	14,07	16,64	9,19	207,97
	[%tq]	1,41	1,66	0,92	20,80
Solidi Volatili	[g/kg tq]	8,15	10,54	4,12	123,07
	[%ST]	57,92	63,34	44,83	59,18
Azoto Totale	[mg/kg tq]	1076	985	719	6000,00
	[%ST]	7,65	5,92	7,82	2,89
Azoto Ammoniacale	[mg/kg tq]	579	674	523	857,00
	[%NTK]	53,81	68,43	72,74	14,28
Carbonio Organico Totale	[%ST]	50,5	48,0	28,7	32,0
	C/N	6,60	8,10	3,67	11,10
Fosforo Totale	[mg/kg tq]	148	75,92	106	2483
	[%ST]	1,05	0,46	1,16	1,19

La Tabella 16 descrive liquami piuttosto diluiti contenenti anche acque piovane della platea del solido separato, con una percentuale di solidi totali (ST) in media nei tre campioni di liquame del 1,3% rispetto al valore medio di riferimento del 6-7% per campioni di liquame bovino. Anche il contenuto medio di azoto di 926 mg/kg tq è risultato più basso rispetto al valore medio di riferimento di 2000-2500 mg N/kg tq.

L'apporto complessivo di azoto nel terreno con le paratoie dove sono state effettuate esclusivamente 4 cicli di liquamazione è pari a 68 kg N/ha, di cui il 65% in forma ammoniacale prontamente disponibile e il resto in forma organica a più lenta cessione. Nell'appezzamento test l'apporto è stato di 664 kg N/ha.

Per l'annata 2023, l'appezzamento del prato stabile presso l'azienda agricola Pelosi, è stato registrato sul sistema di supporto decisionale IRRIFRAME e, in una prova sono state segnate le irrigazioni automatiche consigliate dal sistema IRRIFRAME mentre nell'altra prova sono state inserite le irrigazioni effettuate dall'azienda Pelosi (Tabella 17).

Seppur tale attività di pianificazione irrigua e raccolta dati non fosse prevista per il 2024, da CRPA e CER sono state raccolte comunque informazioni relative alla qualità delle acque ma non agli interventi irrigui effettuati (date e volumi utilizzati e rilevati dalla paratoia) per indisponibilità dell'Azienda Agricola Pelosi Pierantonio.

Tabella 17 - Irrigazioni (mm) Azienda Pelosi Pier Antonio - anno 2023

Irrigazioni IRRIFRAME		
Data	Volume	Data
20/06/2023	50	31/07/2023
13/07/2023	50	18/08/2023
02/08/2023	112,7	09/09/2023
18/08/2023	114,4	
09/09/2023	114,7	
Totale	441,8	Totale

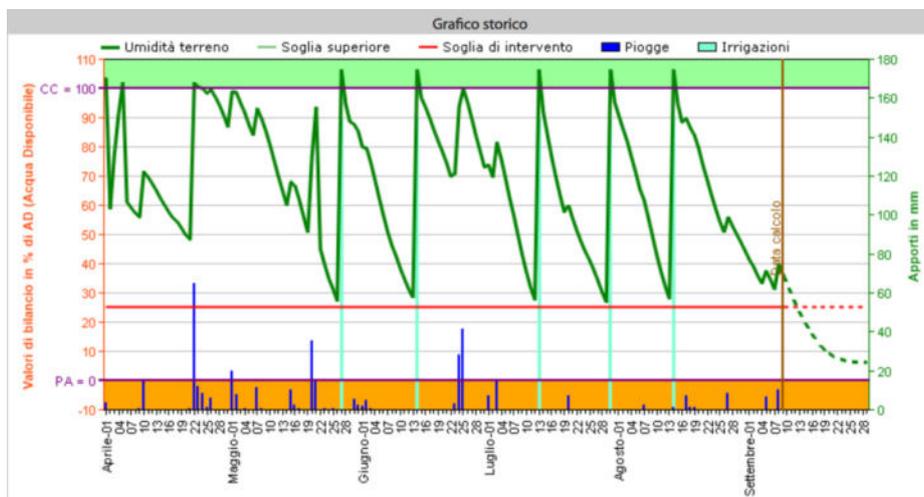


Figura 18 - Grafico delle irrigazioni dell'azienda Pelosi su IRRIFRAME annata 2024

Per quanto riguarda le produzioni del prato stabile, per ciascuno dei tagli di foraggio sono state determinate le produzioni di sostanza secca e le asportazioni di azoto e fosforo, con 3 campionamenti a distanze crescenti dal lato di immissione delle acque irrigue (vedi schemi di campo, a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ della lunghezza totale), con il fine di verificare se e in che misura la qualità dei foraggi risulti influenzata da diverse condizioni di bagnatura. Su ogni campione è stato condotto Per ognuno dei tagli sono state condotte le analisi di laboratorio e le caratterizzazioni qualitative complete con metodologia NIRS (che include umidità, ceneri, proteine grezze, fibre grezze e frazioni delle fibre, grassi, amido, zuccheri, vari elementi minerali). Nell'anno 2023 sono stati effettuati 4 tagli, da giugno a settembre, con produzioni decrescenti nel corso del periodo, per un totale di circa 12 t SS/ha. I dati per ciascun taglio, incluse le concentrazioni e le asportazioni di azoto e fosforo, sono riassunti nelle seguenti Tabella 18 e Grafico 18.

Tabella 18- Produzioni di foraggio e asportazioni di azoto e fosforo, per ciascun taglio e totali

N. taglio	Data taglio	Produzioni	Azoto		Fosforo	
		t SS/ha	% SS	Kg N/ha	% SS	Kg P/ha
1	09/06/2023	5,38	2,23	119,9	0,46	24,7
2	28/06/2023	2,63	1,38	36,3	0,31	8,2
3	01/08/2023	2,17	1,19	25,8	0,22	4,8
4	05/09/2021	1,63	1,42	23,2	0,38	6,2
Totali		11,80		205,2		43,9

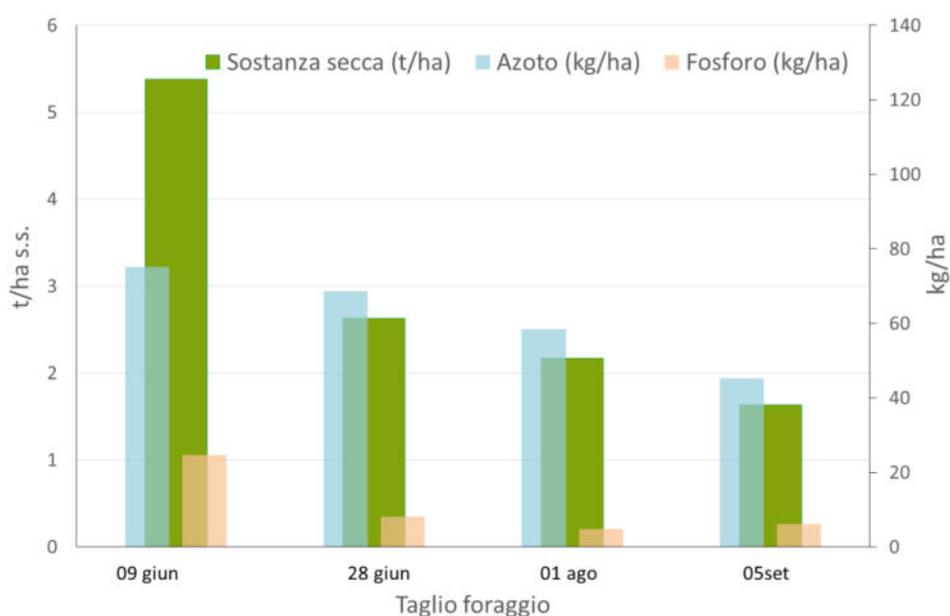


Grafico 18 - Produzioni di foraggio e asportazioni di azoto e fosforo, per ciascun taglio e totali

Riguardo alla qualità dei foraggi, dai dati di azoto totale si è calcolato il contenuto proteico, che è risultato generalmente crescente dal primo al quarto taglio, per la maggiore presenza di essenze leguminose e ben correlato ai valori stimati con la tecnica NIRS, come illustrato nei due grafici che seguono.

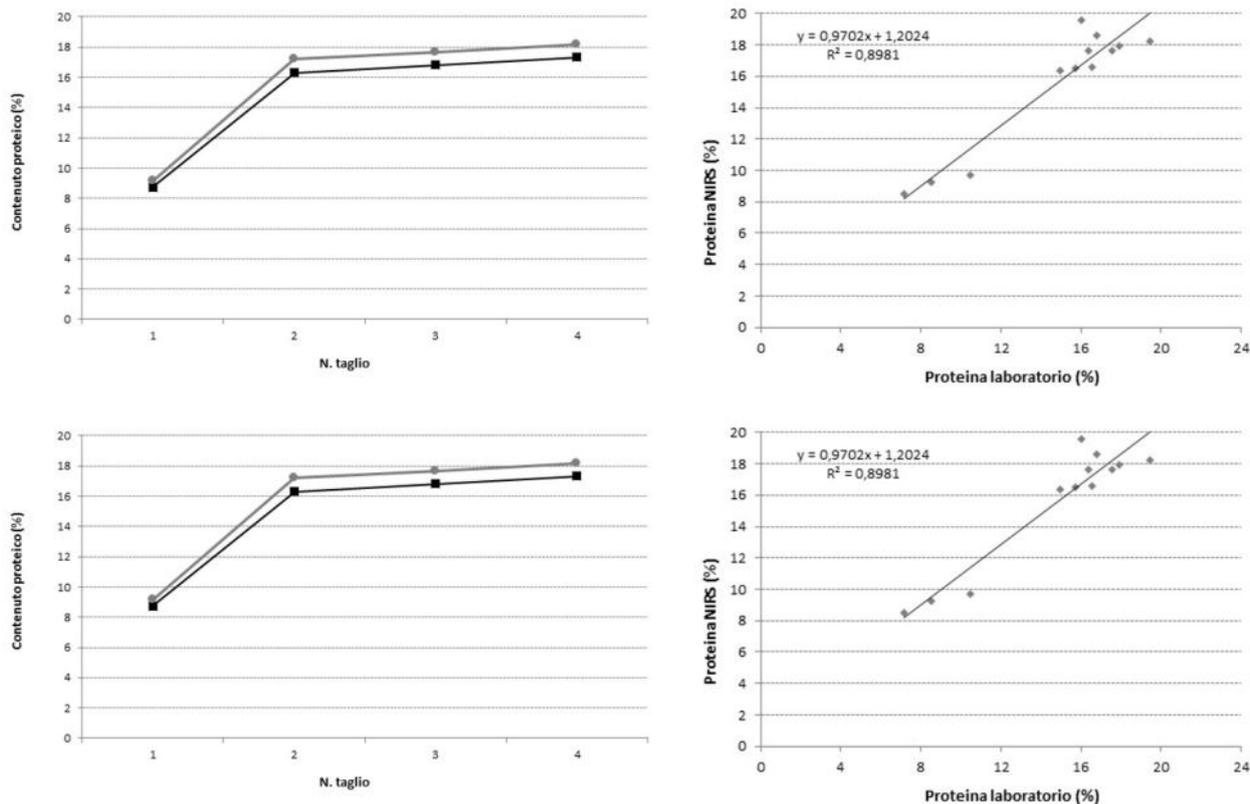


Grafico 19 - Contenuti proteici dei foraggi dalle analisi di laboratorio e confronto con stime NIRS

Per quanto riguarda il riso, il dato produttivo risulta più omogeneo all'interno dell'appezzamento ed è stato necessario raccogliere informazioni presso le aziende partner solamente sulla resa e qualità merceologica. Secondo il disciplinare di produzione integrata della Regione Emilia-Romagna riguardante la concimazione del riso, per ridurre i rischi di rilasci nell'ambiente occorre che la distribuzione dei concimi azotati avvenga il più possibile in prossimità della semina e/o in copertura.

L'apporto in copertura dovrà avvenire preferibilmente nella fase in cui si ha la formazione della pannocchia e degli abbozzi fiorali. Non sono ammesse distribuzioni azotate in autunno-inverno. La forma di azoto meno soggetta a perdite nell'ambiente sommerso della risaia è quella ammoniacale e quindi in copertura è consentito solo l'uso di concimi ammoniacali ed ureici.

Per quanto riguarda la concimazione in azoto, la dose standard in situazione normale per una produzione di 5,6-8,4 t/ha è di 110 kg/ha di N. Il fosforo, per una produzione di 5,6-8,4 t/ha, prevede una dose di 50 kg/ha in caso di terreni con dotazione normale, di 100 kg/ha in caso di terreni con dotazione scarsa e 0 kg/ha in caso di terreni con dotazione elevata. In ultimo il potassio, per una produzione di 5,6-8,4 t/ha, prevede una dose standard di 120 kg/ha in caso di terreni con dotazione normale, 180 kg/ha in caso di terreni con dotazione scarsa e 0 kg/ha in caso di terreni con dotazione elevata.

Le aziende Tenuta Florio e Marangon Valentino sono in linea con il volume di concimazioni consigliato dal disciplinare di produzione integrata della Regione Emilia-Romagna, inoltre hanno concimato in pre-semina e nel periodo estivo, rispettando ulteriormente il disciplinare.

3.2.4 Rilievi floristici

L'analisi floristica dei campioni raccolti ha avuto l'obiettivo di osservare l'evoluzione floristica nel prato stabile di ottimizzare le fasi di invasione della risaia per minimizzare la popolazione delle malerbe ed i relativi trattamenti fitosanitari.



Figura 19 - Rilievi floristici

Prato stabile (Azienda Pelosi Pier Antonio)

I rilievi floristici, effettuati sul secondo taglio e il quarto taglio di foraggio, descrivono una composizione floristica eterogenea del prato stabile, che si ripete nelle due epoche di osservazione. In media nei due tagli le leguminose sono presenti per un 35%, le graminacee per un 19% e le altre 4 specie occupano il rimanente 46%, di cui più della metà è rappresentata dalla *Plantago Lanceolata* (Grafico 20).

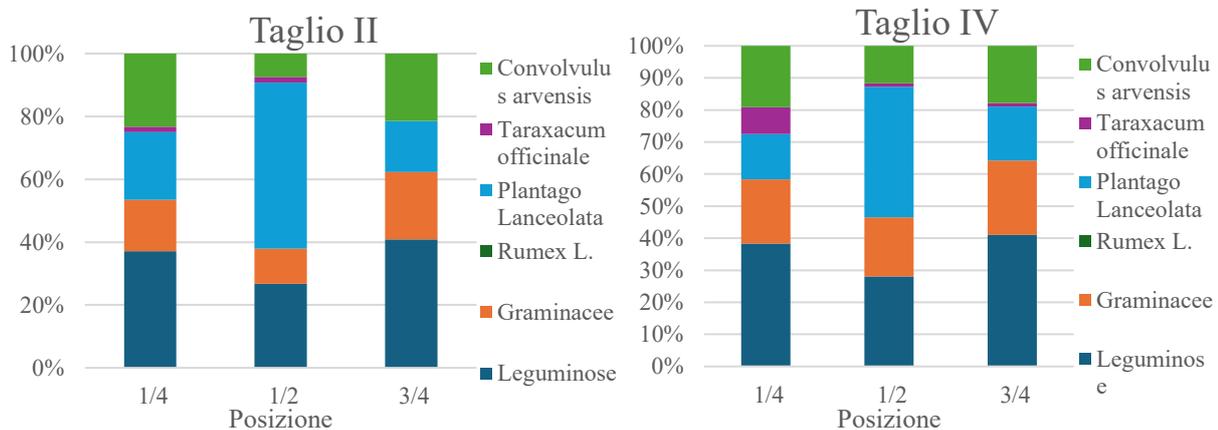


Grafico 20 - Rilievi floristici sui campioni del secondo taglio e quarto taglio di foraggio del prato stabile

La maggiore concentrazione di leguminose rispetto alle graminacee rappresenta una condizione tipica dei tagli estivi. Ciò nonostante, nel quarto taglio si evidenzia l'incremento delle graminacee, che passano da una presenza del 16% ad una del 20%, dovuta alla comparsa di *Setaria italica* essenza caratteristica dei prati stabili di fine estate. La bassa presenza del convolvolo e viceversa la maggiore incidenza di plantago nella posizione 1/2 del secondo e del quarto taglio indica che non si sono registrate situazioni di stress idrico estivo. Nelle posizioni di monte ("Posizione 1/3") e di valle ("Posizione 3/4") la composizione floristica resta più eterogenea.

Risaia (Az. Tenuta Florio e Az. Marangon e Tenuta Vallazza)

L'indagine floristica nelle risaie è stata effettuata in data 1/08/2023, applicando la metodologia Dajet Poissonet. Per ogni vasca di risaia abbiamo effettuato il conteggio delle presenze vegetali su 25 m di transect per tre repliche. La metodica prevede che ad ogni metro vengano rilevate le essenze vegetali che toccano un'asta verticale. Vengono quindi rilevate le presenze in 25 punti un totale di 75 rilevamenti (25 x 3 transect) (Tabella 19).

Tabella 19 - Rilievi floristici nelle risaie

	Transect 1		Transect 2		Transect 3		TOT
Risaie	% infestante	presenza	% infestante	presenza	% infestante	presenza	
Marangon	0		36%		28%		21%
Vallazza	0		0		0		0%
Florio	0		0		0		0%

La presenza dell'infestante ("*Carex spp*") è stata riscontrata solo nella risaia *Marangon* con un'incidenza media del 21%. Al momento dell'indagine floristica è stato prelevato un campione di biomassa di riso, sulle quali sono state effettuate sia analisi chimiche (Tabella 20) sia analisi NIRS.

Tabella 20 - Analisi chimiche riso

	Solidi Totali (g/kg tq)	Azoto Kjeldahl mg/kg tq	Totale Fosforo %ST	Fosforo mg/kg tq %ST	Solidi totali residui a 65°C	Secco a 65° ST a 65°C
Risaie	g/kg tq	mg/kg tq	%ST	mg/kg tq %ST	ST_Res	ST a 65°C
Marangon	190,5	3109,0	1,63	153,0 0,08	890,9	213,8
Rubin	206,7	3670,0	1,8	415,0 0,2	911,7	226,7
Florio	170,8	4736,0	2,7	332,0 0,2	911,5	187,4

Azione 3.3: Automazione e ottimizzazione dell'irrigazione di superficie per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la minimizzazione dell'inquinamento delle acque

3.3.1 Nuove soluzioni volte alla minimizzazione dei fenomeni di lisciviazione

Il progetto SUPERIRRI ha previsto la progettazione ed implementazione di paratoie automatizzate con il duplice obiettivo di risparmio idrico e tutela qualitativa dei corpi idrici recettori attraverso un'irrigazione calibrata in maniera tale da concentrare il volume irriguo erogato da più paratoie automatizzate nel volume di suolo esplorato dalle radici. Sono state inoltre approfondite le relazioni tra acque superficiali in risaia e falde saline per stimare il servizio ecosistemico delle colture al contrasto al cuneo salino (vd. azione 3.4).

Pertanto, questa fase ha avuto lo scopo di verificare eventuali variazioni nella composizione chimica delle acque durante la stagione irrigua, tramite la determinazione di alcuni semplici parametri: pH, conducibilità elettrica (ECw) e due nutrienti quali azoto nitrico (come N-NO3), fosfati (come P-PO4).

Il campionamento è stato effettuato, come previsto, almeno due volte, in modo da valutare un ex-ante ed un ex-post nel corso dell'annata irrigua 2023; tuttavia, alcuni siti, come Tenuta Florio, nella quale era mutata l'ubicazione della risaia da monitorare, sono stati visitati anche nel 2024. Lo strumento utilizzato è stato un campionatore di tipo *Bailer*, la cui struttura permette di prelevare adeguati quantitativi di acqua (di solito almeno 1 Lt.) anche in tubi di ridotto diametro, come i piezometri. Il tutto è stato poi riversato in contenitori sterili e conservato in ghiacciaie portatili fino alla consegna al laboratorio.

In risaia, i punti visitati sono stati essenzialmente tre: input (acque irrigue veicolate dal Consorzio di Bonifica), output (acque di scolo in uscita dalla risaia) e, ovviamente, falda salina, quest'ultima prelevata all'interno dei piezometri. Per quanto riguarda, invece, il prato irrigato a scorrimento, i punti di prelievo sono stati: acqua irrigua proveniente da pozzo o fontanile ubicato a monte, acqua presente nel piezometro profondo 2 m situato nella parte sud dell'appezzamento ed acqua presente nel piezometro profondo 3 m situato nella parte nord.

Nel 2023, sono stati effettuati prelievi ex-ante ed ex-post su tutti gli appezzamenti delle quattro aziende partecipanti al Piano, anche per fornire una caratterizzazione di base delle acque presenti e valutare eventuali differenze significative. Per il 2024, i campionamenti sono proseguiti sui soli due appezzamenti con irrigazione gestita da paratoia automatizzata, ossia Tenuta Florio ed azienda Pelosi. Le analisi sui campioni di acqua si sono svolte presso il laboratorio interno gestito da CER, utilizzando appositi kit e uno spettrofotometro Hach Lange DR6000. Oltre ai quattro parametri sopra citati, in relazione ai campioni provenienti dalla Tenuta Florio, si sono anche indagati parametri relativi alla Durezza e alle componenti ioniche Calcio e Magnesio, al fine di ottenere ulteriori mezzi di valutazione su eventuali differenze intercorrenti fra le acque convogliate nella camera di risaia 2023 e quelle immesse nelle risaie sud e nord del 2024.

Di seguito è riportato l'elenco di tutti i valori analitici riscontrati, ordinati per azienda, posizione di prelievo e data:

ANNO 2023

Azienda	Posizione	Ecw µS/cm	pH log[H]	N-NO3 mg/l	P-PO4 mg/l	Durezza dH	Ca mg/l	Mg mg/l	Data prelievo
Marangon	Monte	447	8,03	1,70	0,030				15/06/2023
Marangon	Valle	831	7,45	0,32	0,053				15/06/2023
Marangon	Piezo	1189	7,57	0,29	0,042				15/06/2023
Marangon	Monte	1586	7,91	0,33	>LoQ				01/08/2023
Marangon	Valle	1937	7,20	1,81	>LoQ				01/08/2023

Marangon	Piezo	1389	7,76	0,41	>LoQ				01/08/2023
Vallazza	Monte	534	8,13	1,67	0,062				15/06/2023
Vallazza	Valle	1040	8,34	0,74	0,003				15/06/2023
Vallazza	Piezo	1834	7,40	1,12	0,034				15/06/2023
Vallazza	Monte	1590	8,20	0,62	>LoQ				09/08/2023
Vallazza	Valle	2323	8,09	0,22	>LoQ				09/08/2023
Vallazza	Piezo	2477	7,09	0,24	>LoQ				01/08/2023
Tenuta Florio	Monte	357	8,40	1,59	0,030				15/06/2023
Tenuta Florio	Valle	1116	7,07	0,78	0,020				15/06/2023
Tenuta Florio	Piezo	1412	6,93	1,02	0,017				15/06/2023
Tenuta Florio	Monte	379	8,65	1,65	>LoQ				01/08/2023
Tenuta Florio	Valle	435	7,97	1,11	>LoQ				01/08/2023
Tenuta Florio	Piezo	584	7,46	1,04	>LoQ				01/08/2023
Tenuta Florio	Monte	397	7,95	1,76	>LoQ	10,4	57,9	9,8	19/09/2023
Tenuta Florio	Valle	532	7,71	0,57	0,015	14,3	78,5	14,4	19/09/2023
Tenuta Florio	Piezo	623	7,45	0,73	>LoQ	15,7	81,4	18,4	19/09/2023
Pelosi	Pozzetto	882	7,34	8,18	0,031	24,4	125	29,9	10/07/2023
Pelosi	Piezo 2 m	1016	7,39	12,90	2,100	26,3	138	30,1	10/07/2023
Pelosi	Piezo 3 m	888	7,42	6,57	0,679	20,3	106	23,3	10/07/2023
Pelosi	Pozzetto	831	7,26	8,45	>LoQ				14/08/2023
Pelosi	Piezo 2 m	938	8,04	1,52	2,400				14/08/2023
Pelosi	Piezo 3 m	no acqua							14/08/2023

*>LoQ = inferiore al limite di quantificazione

ANNO 2024

Azienda	Posizione	Ecw μS/cm	pH log[H]	N-NO3 mg/l	P-PO4 mg/l	Durezza dH	Ca mg/l	Mg mg/l	Data prelievo
Tenuta Florio	Monte	299	7,92	1,64	0,006	8,5	47,6	7,8	04/06/2024
Tenuta Florio	Valle	no acqua							04/06/2024
Tenuta Florio	Piezo	512	7,46	1,21	0,006	10,9	57,3	12,2	04/06/2024
Tenuta Florio	Monte	427	8,11	1,77	0,035	10,6	59,8	9,5	01/08/2024
Tenuta Florio	Valle	963	7,53	0,68	0,001	23,0	121,0	26,4	01/08/2024
Tenuta Florio	Piezo	513	7,76	0,60	>LoQ	11,8	64,6	11,9	01/08/2024
Pelosi	Pozzetto	292	7,06	0,02	>LoQ				04/04/2024
Pelosi	Piezo 2 m	459	7,71	1,36	0,105				04/04/2024
Pelosi	Piezo 3 m	575	7,34	1,20	0,316				04/04/2024

*>LoQ = inferiore al limite di quantificazione

Sono di seguito proposti tre grafici: i primi due (Grafico 21, Grafico 22) relativi all'andamento nel tempo, nelle risaie delle aziende Tenuta Florio e Vallazza, dei parametri conducibilità elettrica (ECw in $\mu\text{S}/\text{cm}$) e nitrati (come N-NO₃ in mg/l). Tali risaie sono state selezionate in quanto rappresentative di due ambienti geomorfologicamente diversi: valli torbose bonificate interne e delta fluviale del Po. Il terzo grafico rappresenta l'andamento del pH nella sola risaia di Tenuta Florio; infatti, come specificato nella caratterizzazione pedologica, i suoli torbosi presenti in queste zone possono presentare fenomeni di intensa acidificazione degli orizzonti sotto-superficiali e tale parametro può risultare un indicatore importante.

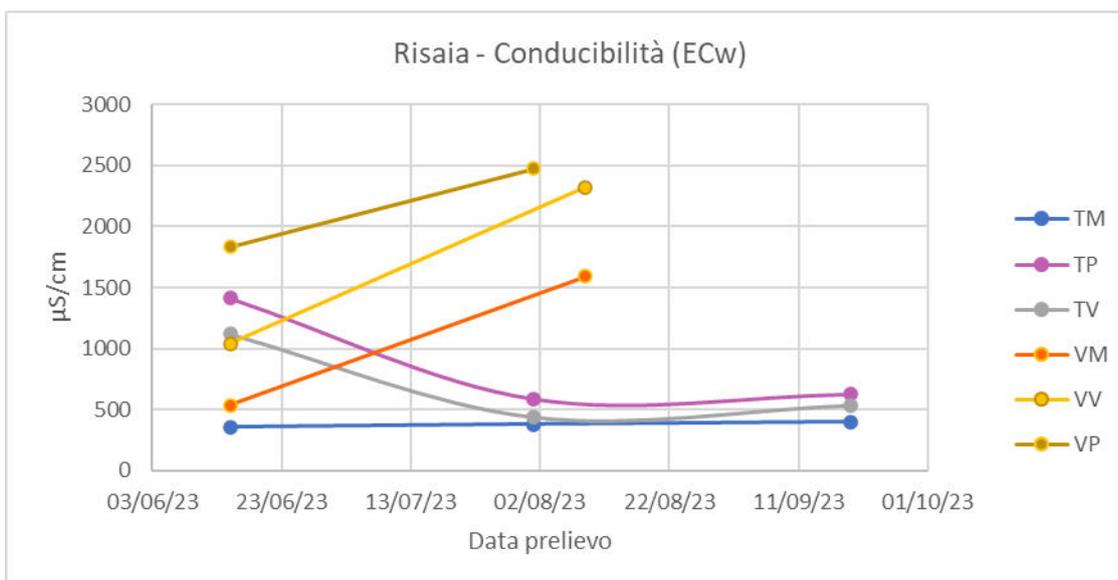


Grafico 21: Confronto fra l'andamento, durante la stagione irrigua 2023, della salinità nei punti di prelievo della risaia di Tenuta Florio (TM = punto di prelievo a monte; TV = punto di prelievo a valle; TP = punto di prelievo in falda) e nei punti di prelievo dell'azienda Vallazza (VM = punto di prelievo a monte; VV = punto di prelievo a valle; VP = punto di prelievo in falda).

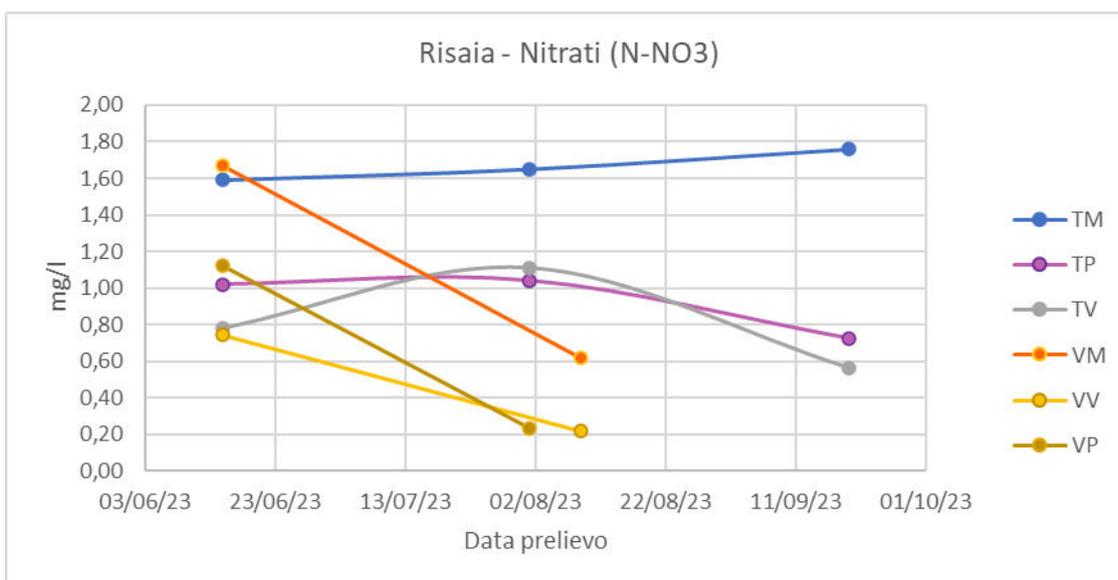


Grafico 22: Confronto fra l'andamento, durante la stagione irrigua 2023, della concentrazione in nitrati (come N-NO₃) nei punti di prelievo della risaia di Tenuta Florio (TM = punto di prelievo a monte; TV = punto di prelievo a valle; TP = punto di prelievo in falda) e nei punti di prelievo nell'azienda Vallazza (VM = punto di prelievo a monte; VV = punto di prelievo a valle; VP = punto di prelievo in falda).

Il primo grafico, in alto (Grafico 21) presenta le variazioni di salinità indotte in risaia dall'afflusso delle acque irrigue provenienti da Po. Presso Tenuta Florio, la conducibilità dell'acqua irrigua (punto di prelievo TM) non varia sostanzialmente nel corso della stagione (si passa da 357 a 397 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mentre, sia all'interno della risaia (punto di prelievo TV), sia in falda (punto di prelievo TP), essa si riduce notevolmente, risalendo solo, debolmente, a fine stagione irrigua. Questo miglioramento non si osserva nella risaia dell'azienda Vallazza, in quanto la qualità delle acque prelevate tramite sifoni da uno dei rami del delta nel Po peggiora da giugno ad agosto (a maggio, tali rami avevano fruito delle abbondanti piogge cadute nella pianura padana e convogliate al delta, sicché vi era stato un forte contrasto al cuneo salino). In proporzione peggiora quindi anche la salinità dell'acqua all'interno della risaia (VV) e in falda (VP). Analogo comportamento, come si evince dalle analisi illustrate nelle tabelle precedenti, avviene per l'altra risaia ubicata sul delta del Po, ossia quella dell'azienda Marangon.

Il grafico successivo (Grafico 22), relativo ai nitrati, mostra altri andamenti. Nella risaia di Tenuta Florio, vi è un debole aumento della concentrazione in nitrati nelle acque irrigue (punto di prelievo TM) come anche all'interno della risaia (punto di prelievo TV) e in falda (punto di prelievo TP). A fine stagione irrigua, però, essa torna a diminuire in entrambe, forse a causa delle asportazioni effettuate, nel frattempo, dalla coltura. Nella risaia dell'azienda Vallazza, invece, nel pieno della stagione irrigua, si osserva un'evidente e proporzionale riduzione delle concentrazioni in tutti e tre i punti di prelievo. Per quanto riguarda la risaia dell'azienda Marangon, la presenza di un valore anomalo, evidenziato nel corso del secondo prelievo di agosto, non ha consentito la ricostruzione di un trend ben definito.

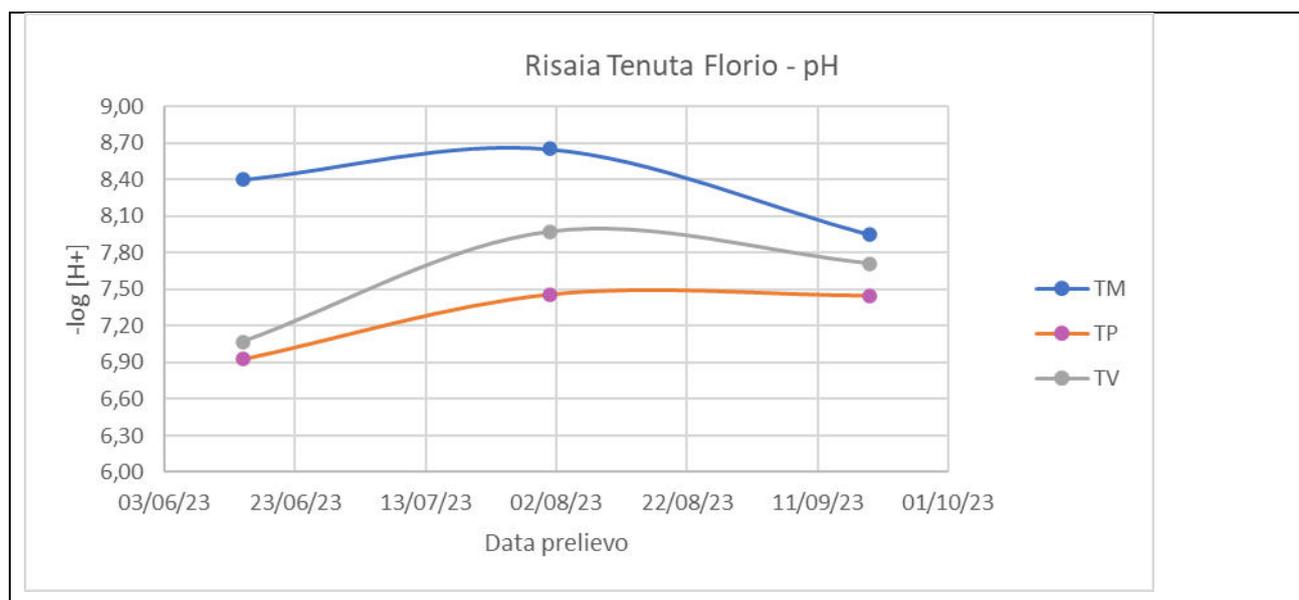


Grafico 23: Andamento del pH nelle acque, durante la stagione irrigua 2023, nei punti di prelievo della risaia di Tenuta Florio (TM = punto di prelievo a monte; TV = punto di prelievo a valle; TP = punto di prelievo in falda)

Il Grafico 23 mostra una chiara risalita dei valori di pH nel corso della stagione irrigua sia in risaia sia in falda, grazie all'apporto di acque da moderatamente a fortemente alcaline provenienti da Po. Almeno in risaia, questo consente di evitare, nelle valli bonificate torbose, quei fenomeni ossidativi dei solfuri, che portano all'acidificazione dei suoli.

Per quanto riguarda, infine, i fosfati, essi hanno quasi sempre presentato concentrazioni molto basse o addirittura sotto il limite di quantificazione e non hanno permesso la costruzione di grafici particolarmente significativi.

Al fine di condurre una valutazione di dettaglio degli effetti del sistema proposto nel minimizzare i fenomeni di lisciviazione di inquinanti in falda per il prato stabile è stato necessario posizionare lisimetri a suzione. A differenza della risaia nel prato le relazioni con la falda freatica sono più lente e condizionate dalla soluzione circolante nel suolo prima, dopo e durante gli interventi irrigui. Perciò è stato predisposto il monitoraggio dei

lisimetri a suzione nelle tre posizioni a distanza crescente dalla paratoia a profondità di 30 e 60. I risultati delle analisi chimiche dei lisimetri per profondità e per posizione sono riportati nella Tabella 21 e nella Tabella 22 per il campo con le paratoie e per il campo test.

Tabella 21: Risultati analisi chimiche dei lisimetri campo test

Posizione	Profondità cm	pH	Azoto Ammoniacale N-NH ₄	Azoto nitrico N-NO ₃ ⁻	Ione ammoniacale NH ₄ ⁺	Ione nitrico NO ₃ ⁻
		[-]	mg/kg tq	mg/kg tq	mg/kg ST	mg/kg ST
1/3	30 cm	7,83	0,05	0,91	0,09	2,01
	60 cm	8,03	0,54	8,13	0,55	5,42
1/2	30 cm	7,99	0,11	1,74	0,14	3,98
	60 cm	7,95	0,13	8,43	0,35	23,30
3/4	30 cm	7,86	2,10	7,54	0,22	8,48
	60 cm	7,45	0,02	1,13	0,03	9,68

Tabella 22: Risultati analisi chimiche dei lisimetri presenti sul campo con paratoie

Posizione	Profondità cm	pH	Azoto Ammoniacale N-NH ₄	Azoto nitrico N-NO ₃ ⁻	Ione ammoniacale NH ₄ ⁺	Ione nitrico NO ₃ ⁻
		[-]	mg/kg tq	mg/kg tq	mg/kg ST	mg/kg ST
1/3	30 cm	8,4	0,14	0,48	0,18	2,14
	60 cm	8,23	0,33	1,12	0,50	4,78
1/2	30 cm	8,39	0,17	0,317	0,14	0,81
	60 cm	8,33	0,40	0,71	0,05	1,46
3/4	30 cm	7,6	NR	0,19	NR	0,84
	60 cm	8,34	0,55	1,96	0,1	3,78

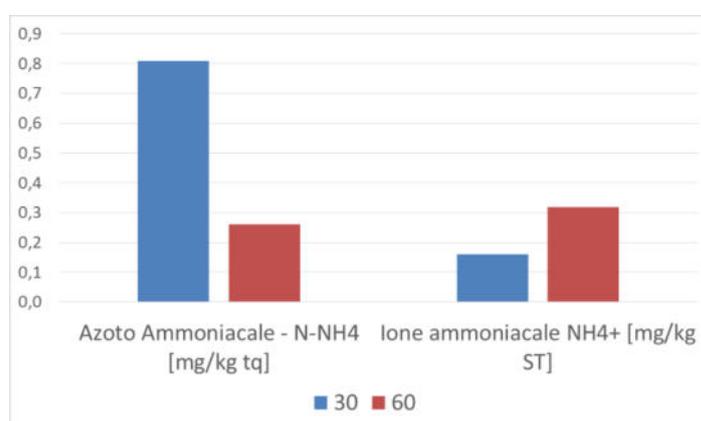
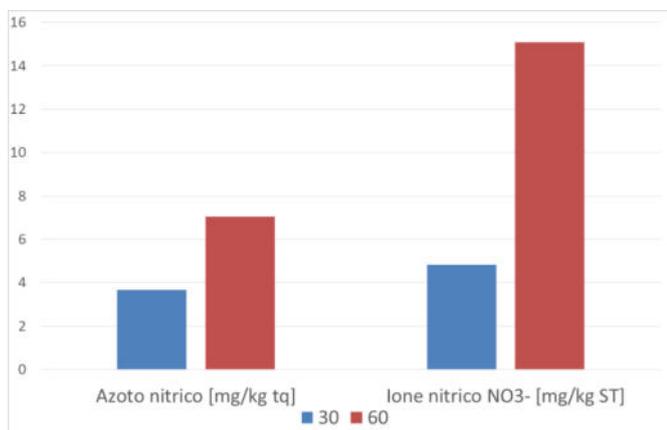


Grafico 24: Media del contenuto di azoto (Azoto nitrico, ione nitrico, azoto ammoniacale e ione ammoniacale) nelle acque dei lisimetri del campo test alle diverse profondità

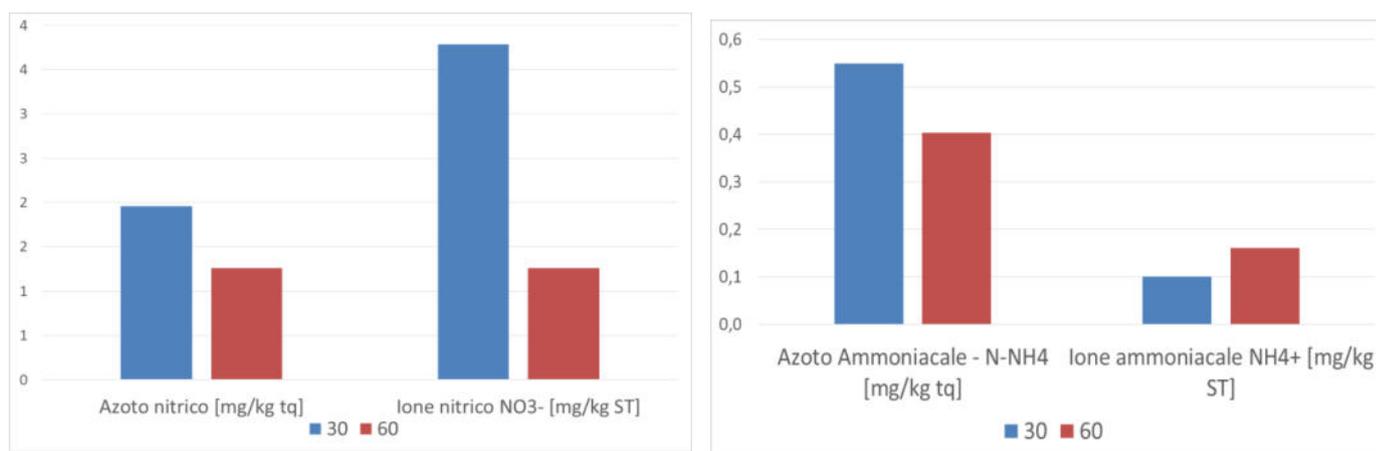


Grafico 25: Media del contenuto di azoto (Azoto nitrico, ione nitrico, azoto ammoniacale e ione ammoniacale) nelle acque dei lisimetri del campo con paratoie alle diverse profondità

Come riportato dalle tabelle e dai grafici sovrastanti le acque del campo test presentano tenori più bassi di ione ammoniacale, azoto nitrico e ione nitrico rispetto al campo con solo paratoie a causa di un minor apporto di azoto su quest'ultimo campo rispetto al primo. In particolare, la concentrazione più elevata di azoto nitrico N-NO₃⁻ e ione nitrico NO₃⁻ nel campo lisimetrico si registrano alle profondità di 60 cm. Nonostante gli apporti di azoto con le fertilizzazioni siano stati molto diversi sui due campi oggetto di indagine (Vedi Tabella 15 - Dati agronomici raccolti presso l'azienda Pelosi Pier Antonio) non si registrano variazioni significative nel contenuto di azoto delle acque di falda. Questo risultato evidenzia la capacità del prato stabile di limitare i fenomeni di lisciviazione dei nutrienti nelle acque, come anche riscontrato da altri studi presenti in letteratura (Halina et al., 2006; Perego et al., 2013).

3.3.2 Paratoie automatizzate: ottimizzazione dell'irrigazione di superficie

Nel 2023 sono state installate due paratoie automatizzate presso due diverse aziende: l'Azienda Agricola Pelosi Pier Antonio per l'irrigazione del prato stabile e l'Azienda Agricola Tenuta Florio per quanto riguarda la coltura del riso.

Installazione e analisi dei volumi erogati per il prato stabile dalla paratoia ETG presso l'Azienda Agricola Pelosi

La paratoia automatizzata è stata installata in collaborazione con ETG srl presso l'Azienda Pelosi in data 08/05/2023 in un appezzamento di circa 1.4 ettari. Per ottimizzare la gestione sequenziale di due paratoie, la nuova paratoia (2° paratoia ETG in Figura 20) è stata montata a valle di quella già presente presso l'Azienda Pelosi, installata nell'ambito del GOI PRATISMART.



Figura 20: Localizzazione paratoie e sensori nell'appezzamento dedicato alla coltivazione di prato stabile

Le dimensioni indicative della paratoia sono riportate in Figura 21, in figura si segnalano alcuni accorgimenti funzionali nel sistema di movimentazione come il meccanismo di rilievo del fine corsa apertura e chiusura estremamente utili anche per la gestione in sicurezza del manufatto stesso. Il prototipo della paratoia 4.0 assieme al sistema di sensori è complessivamente composto da tre principali sezioni:

1. paratoia di erogazione modulare dell'acqua collegata a sensori di umidità del terreno wireless iMoisture in tecnologia LoraWAN, alimentata da pannelli solari e intelligenza basata su centralina iLogger;
2. sensore di livello posizionato all'interno del torrino di erogazione dell'acqua per il monitoraggio della portata erogata dalla paratoia e per il computo dei volumi complessivi impiegati per irrigare l'appezzamento sotteso;
3. sistema di telecontrollo realizzato con tecnologia WinNET7 per la gestione del manufatto.





Figura 21: Paratoie installate per il prato stabile

La paratoia risulta adattabile a molteplici tipologie di manufatti già esistenti nel territorio e grazie alle sue componenti consente di: (i) rilevare valori di umidità del terreno attraverso un set di sensori wireless in tecnologia Lora (modello prodotto da ETG iMoisture) da posizionare opportunamente negli appezzamenti a prato stabile polifita; (ii) automatizzare la movimentazione e l'apertura degli organi di distribuzione delle acque sul campo, in funzione dei valori rilevati dai sensori; (iii) misurare la portata in uscita dalla paratoia con opportuni sensori di pressione e, con essa, monitorare i volumi erogati al campo (Figura 21). In pratica, è stato posto in opera il sistema automatizzato per la regolazione dell'erogazione delle acque modificando un sistema aziendale molto diffuso, basato su una linea interrata che preleva acqua dalla rete consortile e la distribuisce lungo la testata dell'appezzamento mediante cosiddetti "torrini" in cemento parzialmente fuori terra (posizionati sul lato corto dei due appezzamenti sperimentali). L'intervento effettuato su manufatti esistenti ha consentito così di automatizzare sia il movimento della paratoia che regola l'apertura sommitale sia la paratoia che gestisce il moto dell'acqua verso il torrino seguente, in modo da modulare l'erogazione sul prato stabile e assecondare le variazioni di portata relative alla fonte (pozzo aziendale o rete consortile).

Il sistema di telecontrollo con tecnologia WinNET7 finalizzato alla gestione in remoto dei manufatti risulta analogo a quelli abilitanti per la gestione delle reti consortili di consegna delle acque. Il portale finalizzato alla gestione risulta specifico per ogni azienda che lo volesse attivare e contiene le seguenti informazioni (Figura 22):

- Monitoraggio dei valori di umidità del terreno nei diversi punti
- Controllo dello stato della paratoia
- Monitoraggio dei livelli di acqua nel torrino
- Computo dei volumi erogati
- Modalità di azionamento della paratoia (automatico vs. manuale)
- Presenza di eventuali avarie



Figura 22: Portale di gestione in remoto delle paratoie

Il portale consente di elaborare i dati archiviati, producendo grafici esportabili in formato .xls particolarmente utili per ulteriori analisi e finalità sperimentali. Infine, attraverso l'impostazione di opportuni parametri sui quali si basa l'algoritmo di automazione della paratoia, è possibile inserire una o più irrigazioni automatiche utilizzando l'apposita maschera (Figura 23).

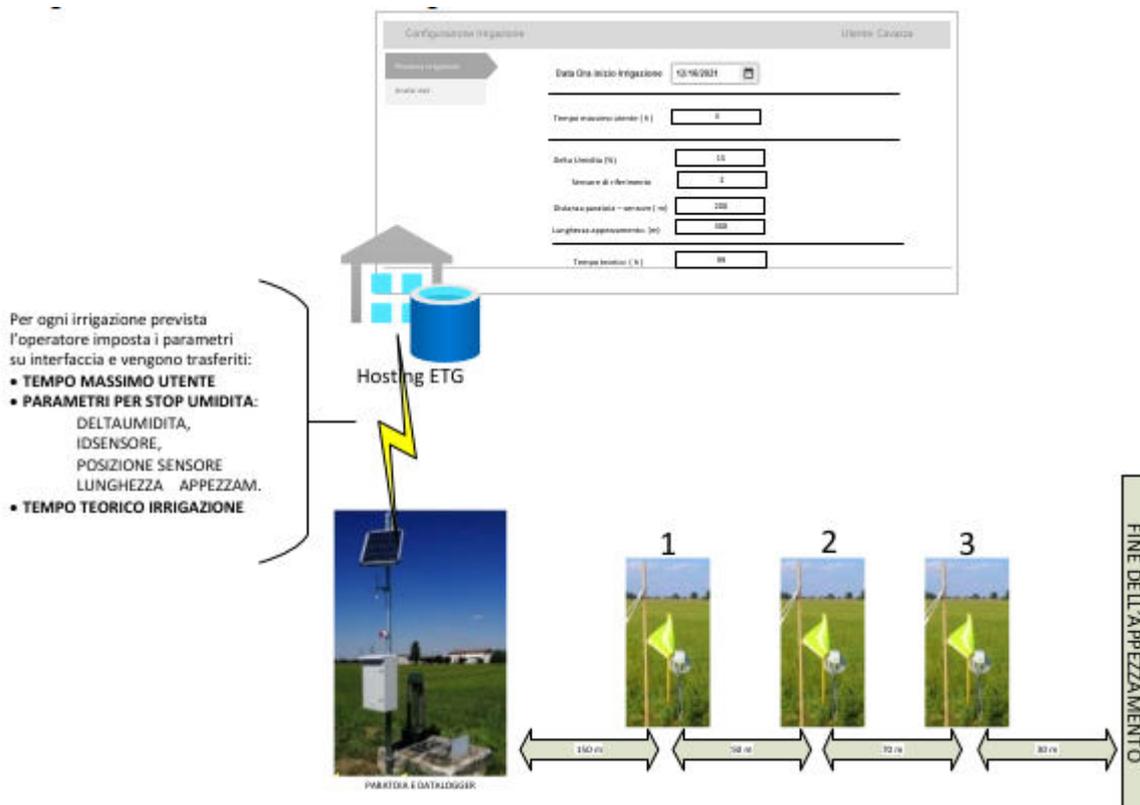


Figura 23: Funzionamento "a cascata" delle paratoie

Il sistema di gestione delle paratoie automatizzate per l'irrigazione a scorrimento prevede un'architettura suddivisa in due componenti principali:

- Applicazione web di controllo, ospitata nel cloud ETG.
- **Stazione remota (RTU)** con logica di regolazione locale.

Funzionamento del sistema

L'**applicazione web** consente all'operatore di configurare i parametri per ciascun ciclo di irrigazione e raccoglie i dati dal campo per eseguire analisi. Questi parametri includono:

- Data e ora di inizio del ciclo di irrigazione (T_START)
- Condizioni di stop
- **Tempo massimo utente**: il tempo massimo entro cui l'irrigazione deve terminare.
- **Umidità sensore**: configurazione del sensore di riferimento tra quelli presenti sul campo, con impostazioni quali:
 - ID del sensore di riferimento;
 - Distanza tra la paratoia e il sensore;
 - Lunghezza del campo;
 - Delta di umidità (%): la variazione dell'umidità rispetto al valore iniziale che indica la presenza di una lama d'acqua.
- **Tempo teorico di irrigazione**: calcolato in una fase successiva in base a fattori come il tipo di terreno e lo stato della coltura.

L'operatore può inviare i parametri configurati tramite l'applicazione al sistema di controllo remoto (RTU), che gestirà l'irrigazione in autonomia. I pulsanti "**Invia**" e "**Ricevi**" nell'interfaccia web servono per scrivere o leggere i parametri sul Datalogger (Smart control system).

Funzionamento della stazione remota (RTU)

Una volta ricevuti i parametri, il Datalogger opera secondo una sequenza automatica:

1. Avvio dell'irrigazione:
 - Quando si supera il momento impostato per l'inizio dell'irrigazione (T_START), il sistema entra in modalità **irrig_starting**.
 - Si verifica se il livello dell'acqua nel pozzetto di presa supera una soglia impostata. Se sì, la paratoia viene aperta (fino al valore configurato), e il sistema passa in modalità **irrig_started** con la paratoia completamente aperta.
 - Se il livello dell'acqua è troppo basso per un tempo configurabile (N minuti), viene inviato un messaggio di anomalia. Il sistema continua a verificare il livello d'acqua per il tempo configurabile **T_STARTING**; se il livello non torna a valori accettabili, il sistema interrompe tutte le manovre.
2. Controlli durante l'irrigazione (modalità irrig_started):
 - Se viene superato il tempo massimo assegnato all'utente, la paratoia viene chiusa e il sistema passa alla modalità **irrig_stopped**.
 - Viene monitorata l'umidità del terreno attraverso il sensore di riferimento. Se la variazione di umidità è superiore al valore iniziale più il **Delta** impostato, il sistema calcola un tempo aggiuntivo **DeltaT** (basato sulla distanza del sensore e la velocità di avanzamento dell'acqua) prima di chiudere la paratoia. Al termine di questo tempo, il sistema passa alla modalità **irrig_stopped**.
 - Se viene raggiunto il tempo teorico calcolato per l'irrigazione, la paratoia si chiude e il sistema passa in **irrig_stopped**.

Una volta impostati i parametri dall'applicazione web e inviati alla RTU, quest'ultima opera in maniera autonoma, anche in assenza di connessione con il centro di controllo. Il sistema gestisce autonomamente l'apertura e chiusura delle paratoie, valutando continuamente le condizioni sul campo e le soglie impostate per garantire una gestione efficiente dell'irrigazione. È importante sottolineare come la paratoia possa essere comunque movimentata in loco anche in assenza di alimentazione o in caso di rotture della sezione elettronica. Questo tipo di movimentazione potrà essere eseguito su ciascuna paratoia smart; a seconda del modello installato, questo sarà possibile mediante un volantino manuale posizionato direttamente sull'attuatore, oppure nel caso dei motori più piccoli, inserendo un avvitatore all'interno dell'apposito alloggiamento.

Configura Irrigazione

Seleziona la stazione: Seleziona stazione
1 - Azienda Pelosi

Seleziona la paratoia: Seleziona paratoia
Paratoia 2

Inizio irrigazione: Inizio irrigazione: *
11/08/2022 08:00

Tempo massimo utente (h): Tempo massimo utente (h): *
12

Tempo teorico (h): Tempo teorico (h): *
20

Sensore di riferimento: Sensore di riferimento:
43 - Umidità del terre...

Distanza paratoia - sensore (m): Distanza paratoia - sensore (m): *
217

Lunghezza appezzamento (m): Lunghezza appezzamento (m): *
270

Delta umidità (%): Delta umidità (%): *
5

Ricevi Invia

Figura 24: Impostazione dell'irrigazione

Utilizzando i dati scaricabili dal portale di ETG per l'anno 2023 è possibile arrivare a quantificare il volume erogato dalla paratoia automatizzata. In particolar modo, la portata calcolata dalla paratoia deriva dall'assunzione che il tubo di erogazione dell'acqua nel torrino sia paragonabile ad un canale a pelo libero. Pertanto, il valore di portata è calcolato facendo riferimento ad una condotta circolare a pelo libero e assumendo che le perdite di carico siano nulle dovute alla presenza dello scudo della paratoia. La formula utilizzata quindi è quella di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckelr-Strickler:

$$Q = \chi A \sqrt{R_h J}$$

In cui:

Q : è la portata in [l/s];

A : è l'area bagnata dalla sezione trasversale in m²;

χ : è il coefficiente di Chézy in m^{1/2}/s;

R_h : è il raggio idraulico della sezione trasversale in metri, pari al rapporto tra area bagnata e perimetro bagnato;

J : è la cadente piezometrica, adimensionale.

Partendo dai valori di portata e dal tempo di apertura della paratoia è stato possibile calcolare il volume erogato da ciascuna delle due paratoie ETG installate nell'appezzamento:

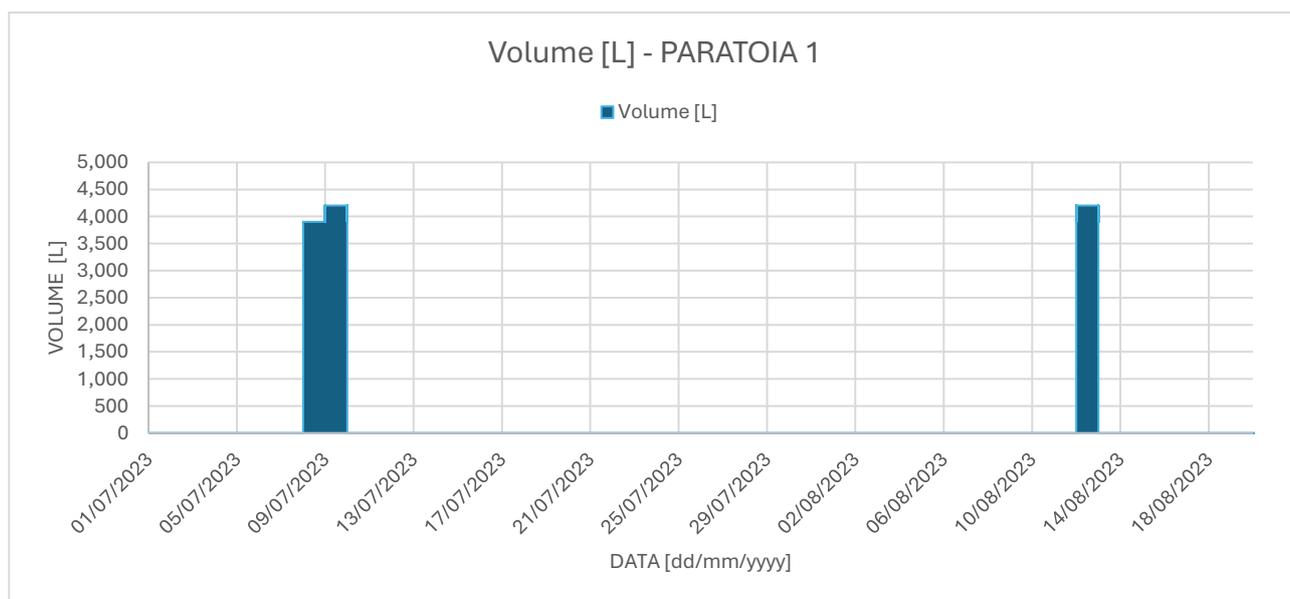


Grafico 26: Volume [l] erogato dalla paratoia 1 per i due interventi irrigui della stagione 2023

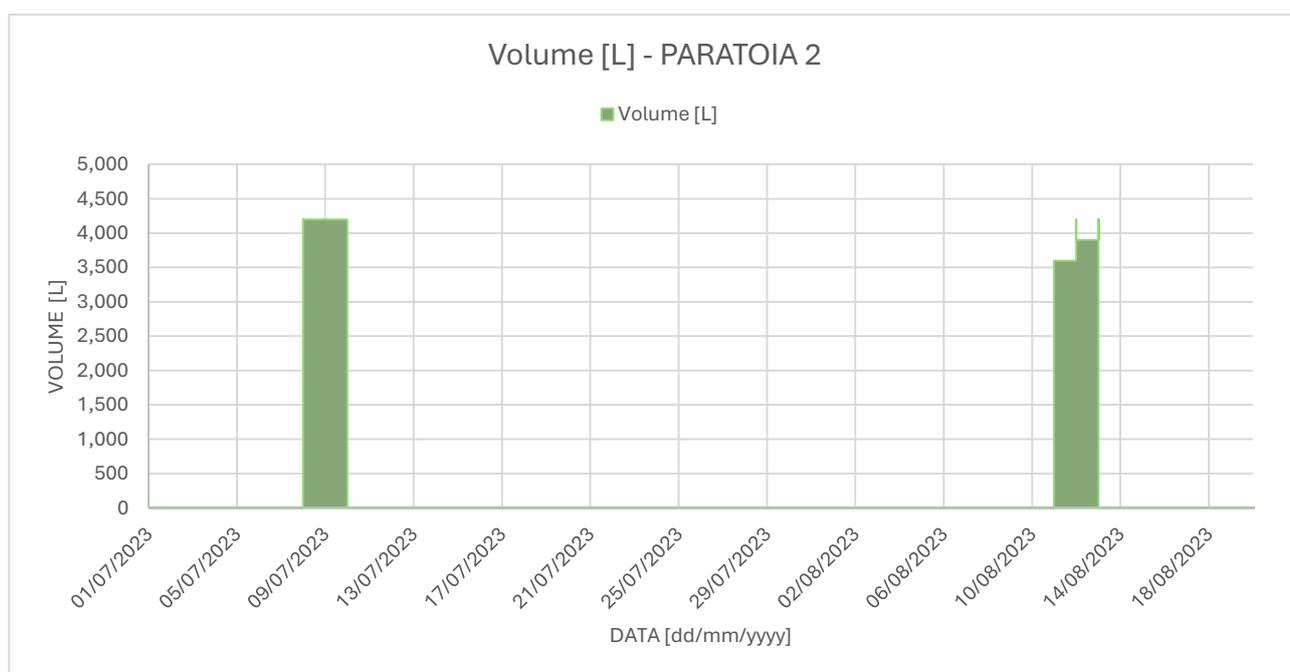


Grafico 27: Volume [l] erogato dalla paratoia 2 per i due interventi irrigui della stagione 2023

I valori di volumi cumulati per la stagione irrigua 2023, sono riportati nella Tabella 23 con riferimento alle due paratoie ed ai due diversi momenti di apertura della paratoia.

	Paratoia 1	Paratoia 2
	V _{cumulato} [mc]	V _{cumulato} [mc]
I APERTURA 08/07/2023- 10/07/2023	2146.50	2233.50
II APERTURA 12/08/2023- 13/08/2023	2129.40	2143.50

Tabella 23: Volumi cumulati [mc] per i due interventi irrigue dalle due paratoie

Installazione e analisi dei volumi erogati per la risaia dalla paratoia RUBICON presso l'Azienda Agricola Pelosi

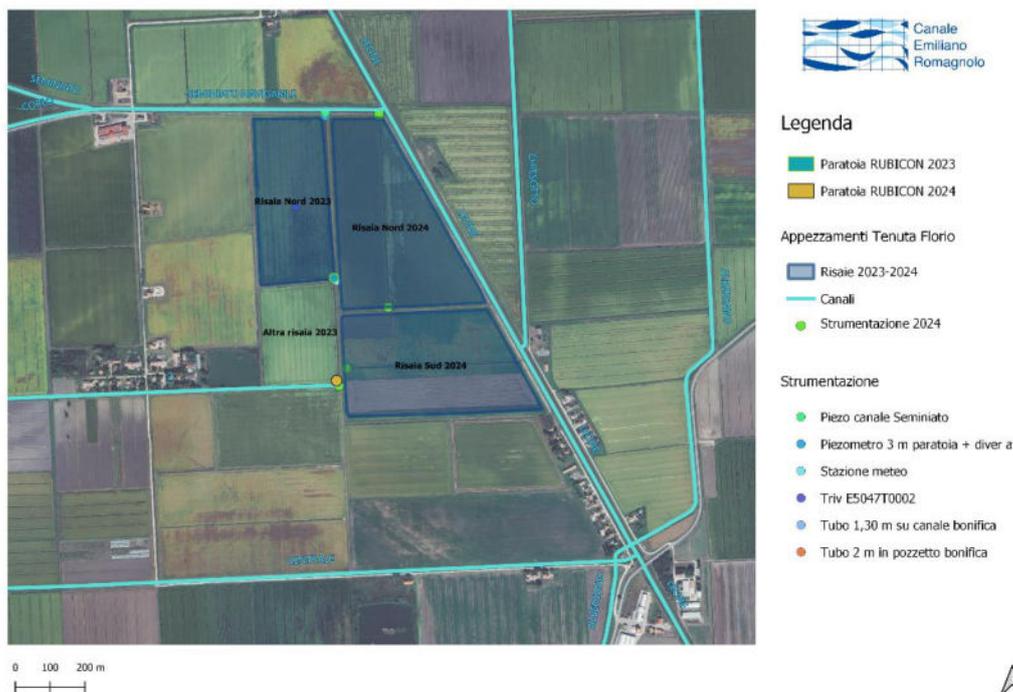


Figura 25: Paratoia installata presso Tenuta Florio

Per quanto concerne invece l'irrigazione del riso, presso le risaie della Tenuta Florio, Jolanda di Savoia (FE), è stata installata la paratoia automatizzata RUBICON, attraverso la quale è possibile settare la funzionalità sia in funzione di una determinata portata richiesta in derivazione sia per una particolare idrometria attesa nel canale.

La misura di portata della paratoia è di elevata efficienza poiché è dotata di un misuratore di portata ad ultrasuoni, raggiungendo misure di portata con errori inferiori al 2,5%. Alla paratoia è stato associato un sensore, all'interno della camera, in grado di misurare il livello di sommersione della risaia. Tali sensori, sempre della linea FarmConnect di Rubicon, chiamati FERIT, una volta raggiunto il livello obiettivo, comunicano direttamente con la paratoia di riferimento che è poi in grado di distribuire le portate verso un'altra camera.

Tale tecnologia permette anche di connettere la paratoia con sensori posti a distanza che possono misurare i livelli in campo, il grado di umidità e tutte le altre caratteristiche legate all'ottimizzazione dei processi irrigui.



Figura 26



Con tali tecnologie avanzate è possibile azzerare le perdite legate alle manovre manuali e alla calibrazione delle stesse, arrivando ad ottenere un risparmio idrico del 15%. Oltre a ciò, dal punto di vista dell'agricoltore il carico di lavoro si ridurrebbe sensibilmente.

Figura 27

Nel dettaglio, da tutti i dati e i parametri forniti dalla paratoia, scaricabili dal portale gestionale RUBICON, è possibile determinare il volume irriguo erogato per l'anno 2023 nella risaia di circa 10 Ha presso la Tenuta Florio. I dati utilizzati per il calcolo della portata e di conseguenza del volume erogato sono i seguenti:

- Livello idrico di monte (Upstream Water Level)
- Livello idrico di valle (Downstream Water Level)
- Livello di apertura della paratoia (Gate Position)
- Ore giornaliere di funzionamento della paratoia

In dettaglio, per il calcolo della portata è stata utilizzata la formula della portata nelle luci a battente rigurgitate [1]:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh'} \quad [1]$$

in cui μ è il coefficiente di efflusso dipendente dal tipo di luce e dalle condizioni di funzionamento, con un valore di prima approssimazione pari a 0.61, A è l'area della luce e h' è pari al dislivello tra i peli liberi di monte ed a valle della luce.

Considerando le ore giornaliere di funzionamento della paratoia e la portata, precedentemente calcolata, è possibile ricavare il volume complessivo e specifico per ettaro destinato alla risaia servita, di estensione pari a 10 ha. Nei grafici seguenti sono riportati i risultati ottenuti, nel dettaglio, nel sono riportati gli andamenti dei livelli idrici di monte, di valle e il dislivello tra di essi. Nel Grafico 29 è possibile visualizzare anche il volume medio giornaliero erogato dalla paratoia con riferimento all'anno 2023. Il volume totale erogato dalla paratoia è pari a 209,414 m³, ovvero un volume specifico di 20941.4 m³/ha, considerando l'estensione della risaia servita dalla paratoia che è pari a 10 ha.

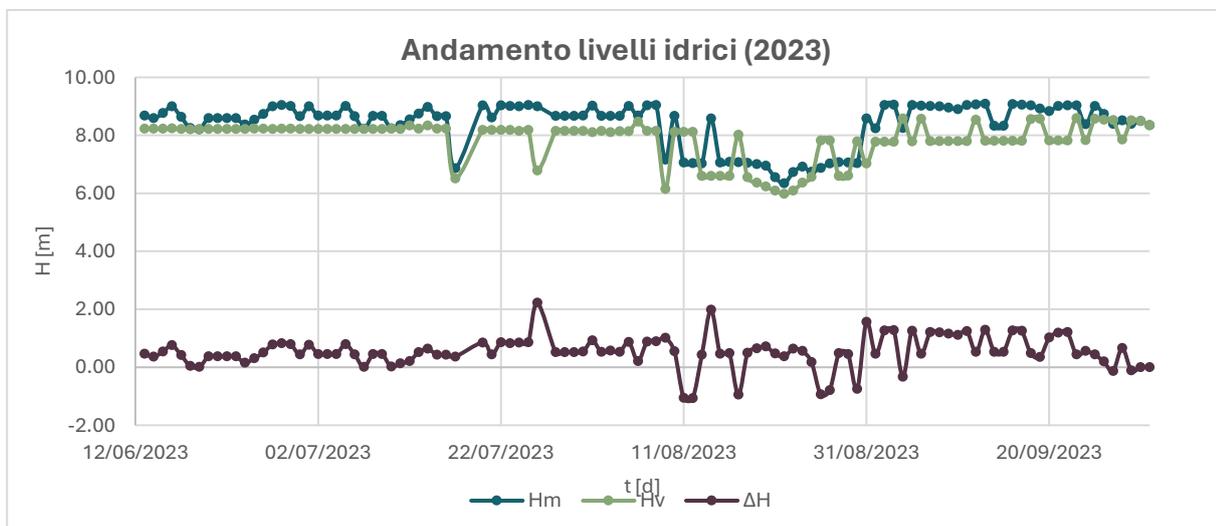


Grafico 28: Andamento dei livelli idrici in ingresso e in uscita della paratoia

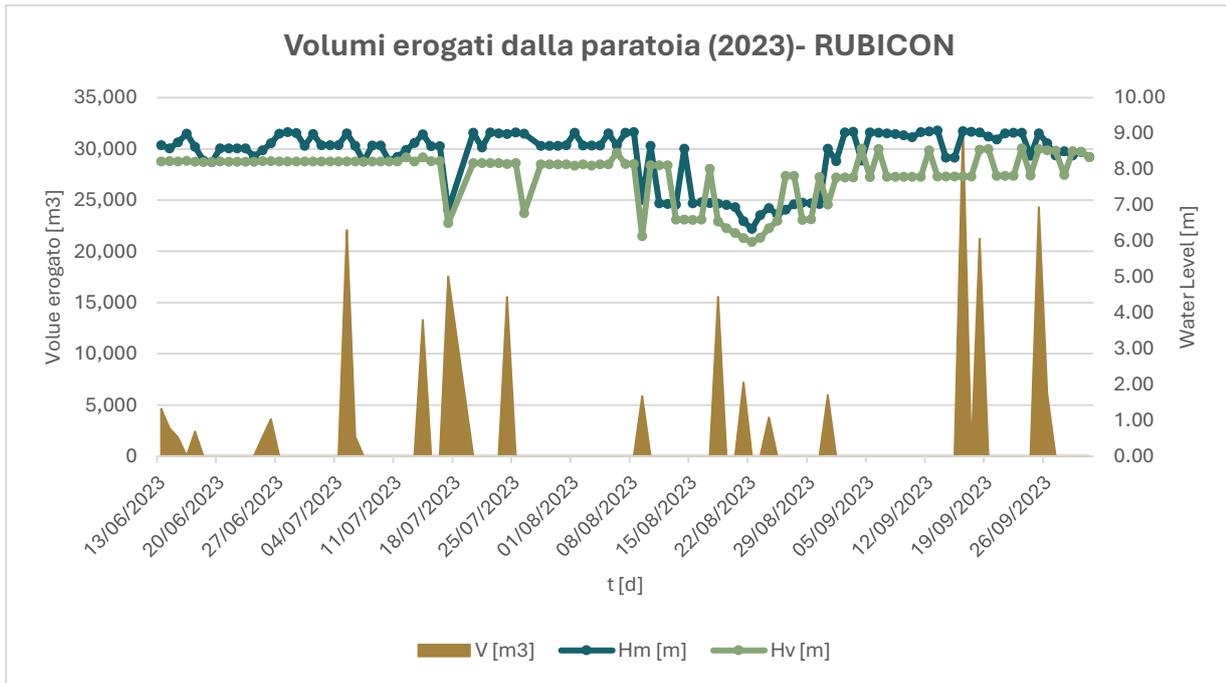


Grafico 29: Livelli idrici e volume medio giornaliero erogato dalla paratoia automatizzata.

Per il monitoraggio del livello di falda ipodermica, il CER, nei pressi di ciascun sito oggetto di studio ha installato dei piezometri all'interno dei quali sono stati posizionati dei TD Diver della Schlumberger. In particolare, data la presenza di falda salina nei siti dell'azienda Tenuta Florio sono stati installati dei CTD Diver che al misuratore in continuo del livello di falda è abbinata anche una misura di conducibilità elettrica.

Per un'analisi di verifica e confronto dei risultati in termini di volumi ottenuti, sono stati utilizzati i livelli idrici misurati dai CTD per il calcolo dei volumi. In dettaglio, i valori dei livelli idrici scaricati dal Diver, sono stati trasportati nel sistema di riferimento della paratoia, ottenendo i seguenti risultati: volume erogato totale 217,304 m³, pertanto, un volume specifico di 21,730.44 m³/ha.

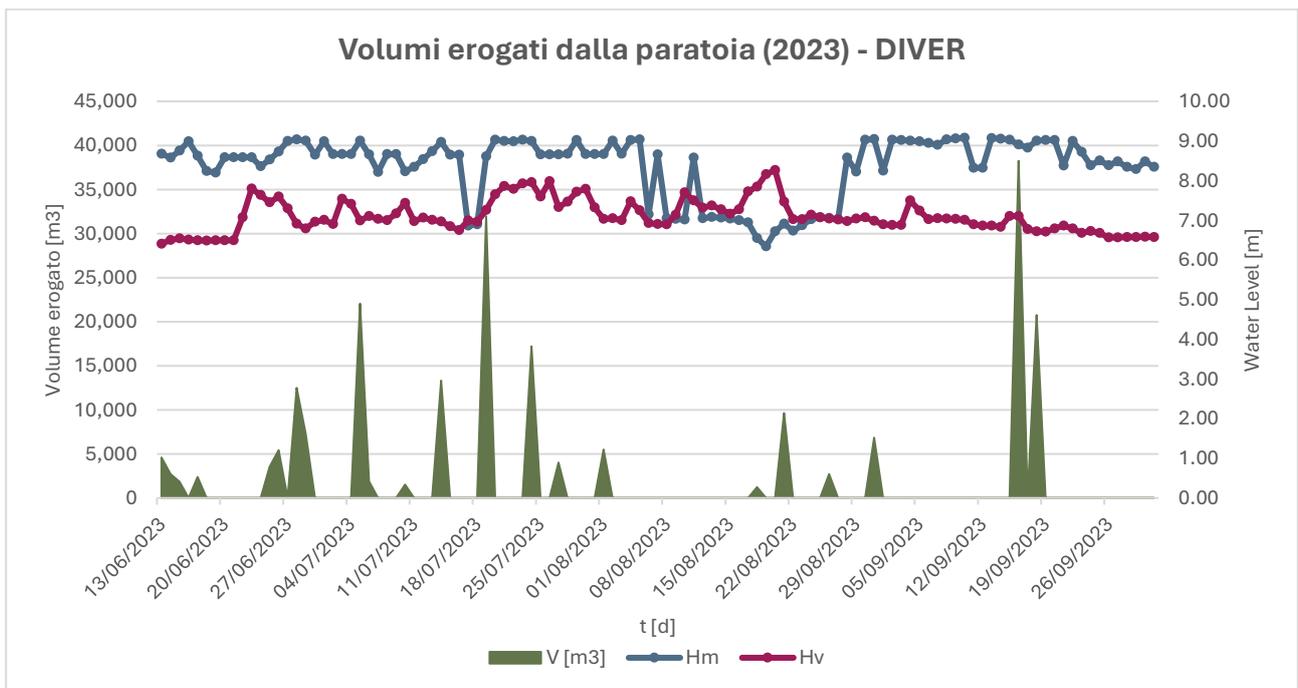


Grafico 30: Volumi erogati dalla paratoia

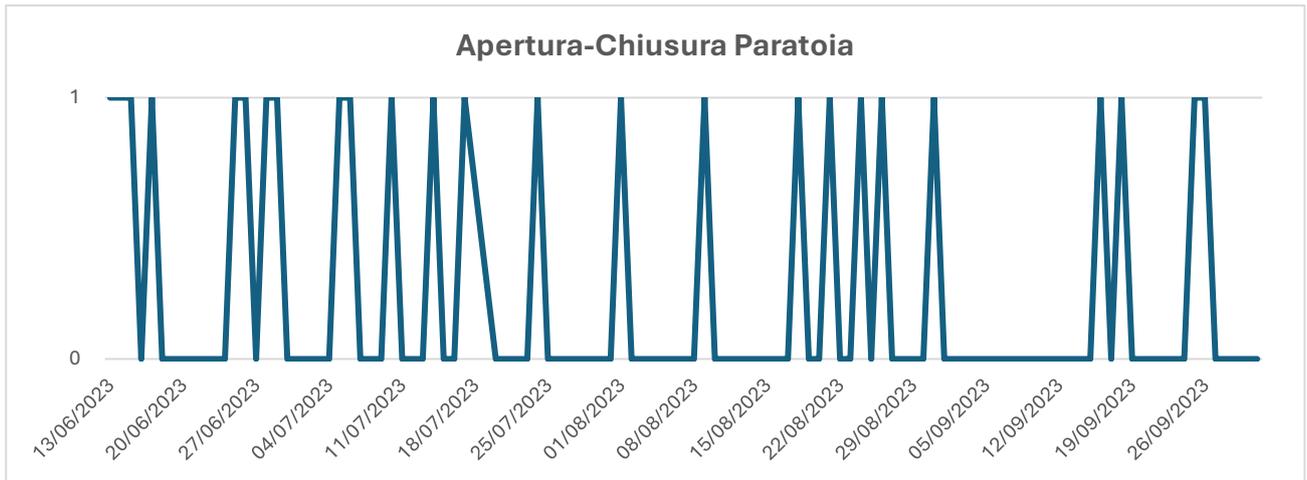


Grafico 31: flag di apertura/chiusura della paratoia

Il medesimo procedimento per il calcolo della portata e conseguentemente del volume erogato dalla paratoia automatizzata è stato svolto anche in riferimento alla stagione irrigua 2024. In questo caso bisogna specificare che la paratoia, per il 2024, è stata posizionata in un altro punto, come è possibile vedere dalla figura, e serve altre due risaie di rispettivamente 14,85 ha (Risaia Sud 2024, figura) e di 15,5 ha (Risaia Nord 2024, figura). Per il 2024 il volume erogato complessivo risulta essere pari a 431.889 mc, ovvero 14.230 mc/ha.

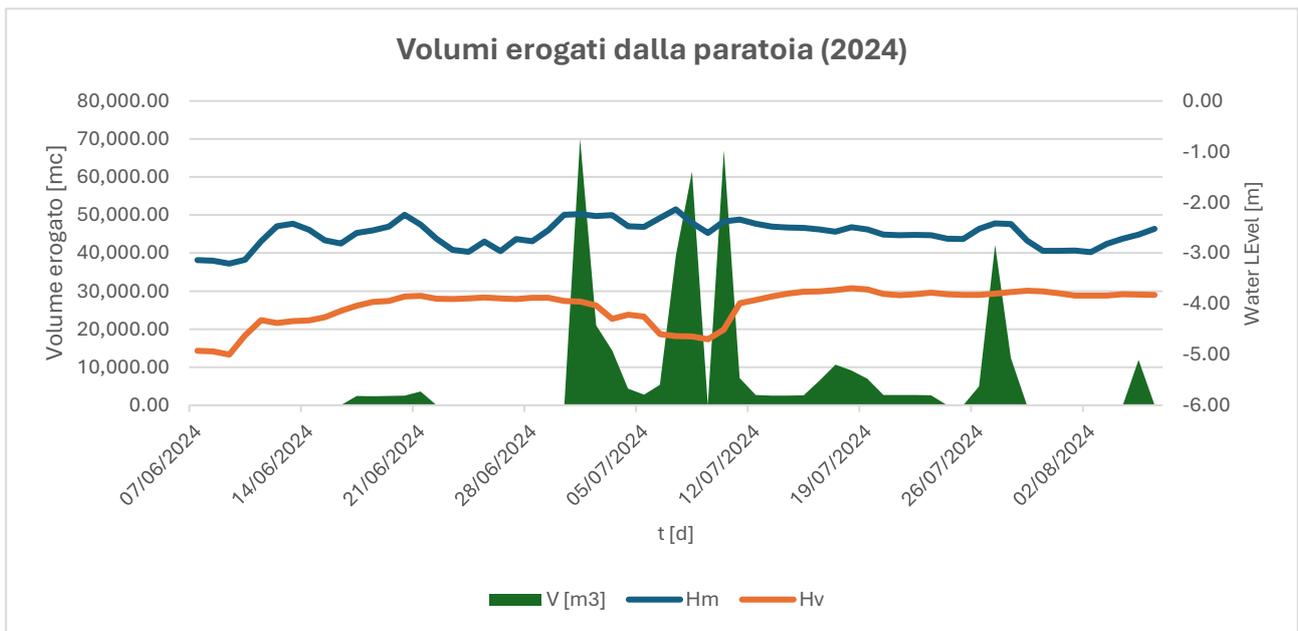


Grafico 32: volumi erogati dalla paratoia nel 2024

AZIONE 3.4: Verifica della capacità di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici perseguibili attraverso i protocolli sviluppati per l'automazione e ottimizzazione dell'irrigazione di superficie

3.4.1 Il carbonio organico nel terreno

Le politiche Europee hanno identificato nel settore agro-zootecnico una via strategica per l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso l'applicazione di tecniche volte ad aumentare il carbonio stoccato nei suoli, concetto espresso con il termine di "Carbon Farming". L'agricoltura e con essa la zootecnia da un lato contribuiscono al riscaldamento globale con l'emissione di gas ad effetto serra dall'altro possono mitigare questo fenomeno attuando pratiche agricole volte ad incrementare il sequestro di carbonio, quali ad esempio attraverso la presenza di colture permanenti. Considerando il ruolo della sostanza organica nel terreno in un'ottica di sostenibilità ambientale a 360 gradi del settore agricolo, l'azione 3.4 ha previsto il monitoraggio del carbonio organico nel terreno con campionamenti periodici sul prato stabile e sulla risaia a diverse profondità. Il campionamento del terreno è stato effettuato a diverse profondità all'inizio e alla fine del progetto (Ante-operam e post operam) per la determinazione della sostanza organica in %, del rapporto carbonio/azoto C/N e dello stock di carbonio organico in t C/ha. Nel prato stabile il carbonio organico in percentuale è risultato essere in media nell'orizzonte 0-30 cm di 2,41% mentre nella risaia il 10,54%. Il risultati sono riportati nelle tabelle sottostanti (Tabella 24 e

Tabella 25). La differenza di questi risultati è dovuta alle caratteristiche del terreno. Il rapporto C/N risulta compreso tra un valore minimo di 8,35 e un valore massimo di 10,25 nel prato stabile con una media di 9,30 e nella risaia attorno ad un valore medio al 11,30. L'elevato rapporto C/N riscontrato nel prato stabile così come nella risaia evidenzia una sostanza organica in trasformazione.

Tabella 24 :Risultati analisi carbonio organico e rapporto C/N nel prato stabile

Campione	Data campionamento	Profondità	Rapporto C/N	COrg (%)
Prato stabile	28/06/2023	0-15	8,34	2,77
Prato stabile	28/06/2023	15-30	8,54	1,52
Prato stabile	13/10/2023	0-15	10,14	2,22
Prato stabile	13/10/2023	15-30	10,25	2,44
Prato stabile	25/01/2024	0-15	8,90	3,88
Prato stabile	25/01/2024	15-30	8,61	1,61

Tabella 25:Risultati analisi carbonio organico e rapporto C/N nella risaia

Campione	Data campionamento	Profondità	Rapporto C/N	COrg (%)
Risaia	12/04/2023	0-20	11,30	5,05
Risaia	12/04/2023	20-40	11,16	4,62
Risaia	22/04/2016	0-40		1,51
Risaia	12/10/2023	0-15	11,51	5,88
Risaia	12/10/2023	15-30	11,43	5,53

Lo stoccaggio di carbonio organico è stato calcolato in accordo con la formula di Batjes (1996) a partire dai dati di caratterizzazione del terreno. Il contenuto medio di carbonio nel prato stabile è risultato pari a 88 t C

ha⁻¹, con un contenuto iniziale di 80 t C ha⁻¹ e finale di 97 t C ha⁻¹; nella risaia lo stock di carbonio organico medio è risultato pari a 156 t C ha⁻¹ con un dato iniziale di 148 t C ha⁻¹ ed uno finale di 165 t C ha⁻¹. Nel prato stabile così come nella risaia si è registrato un sostanziale mantenimento e/o leggero incremento del livello di carbonio organico nel terreno dall'inizio alla fine del periodo in cui è stata operativa la paratoia automatizzata.

I risultati del contenuto percentuale di carbonio del prato stabile dell'azienda Pelosi sono stati messi a confronto con il dato medio riferito a terreni localizzati nella stessa area geografica della Val d'Enza, sui quali l'erba medica viene coltivata in rotazione con il frumento. Questo confronto è stato reso possibile utilizzando i risultati del Gruppo Operativo *Prati_CO* (PSR 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna) (Figura 28).

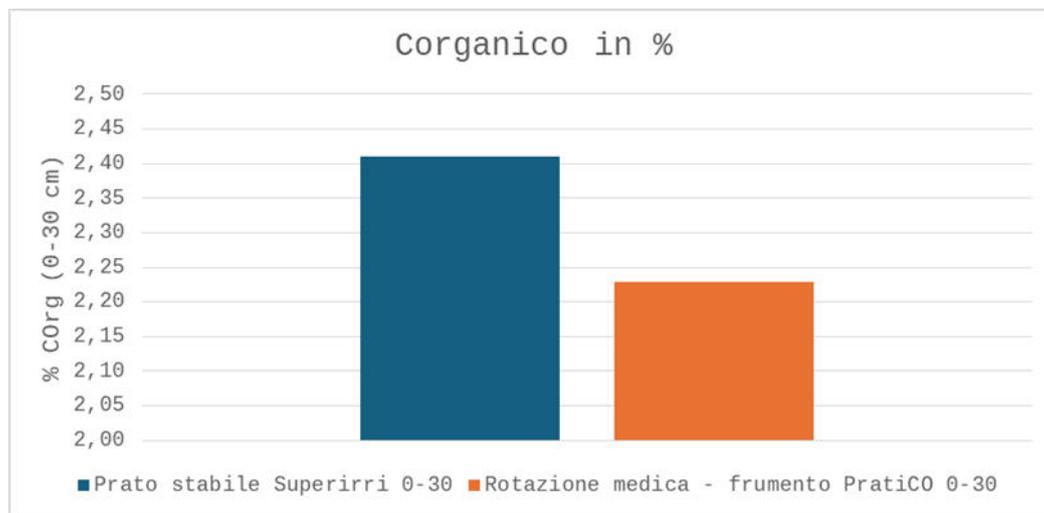


Figura 28 - Contenuto medio di carbonio organico in % sull'orizzonte 0-30 cm del prato stabile dell'azienda agricola Pelosi (Progetto SUPERIRRI) e di terreni dove viene effettuata la rotazione agronomica erba medica - frumento (Progetto Prati_CO).

Questi risultati evidenziano quanto il prato stabile sia in grado di mantenere elevata la fertilità del suolo, fornendo così diversi servizi ecosistemici come il mantenimento della biodiversità del terreno e la riduzione di fenomeni di erosione, lisciviazione dei nutrienti e dissesto idrogeologico.

Al fine di elaborare indicatori facilmente comunicabili relativi al contenuto di carbonio organico nel suolo ed ai relativi servizi ecosistemici del prato (Az. Pelosi) e del riso (Tenuta Florio), è stato confrontato il contenuto di CO₂ equivalente stoccato nel suolo con l'emissione di auto in un anno. Tali dati includono anche il confronto con la stessa quantità di carbonio organico contenuto in altri ecosistemici e derivato delle seguenti pubblicazioni: United States Environmental Protection Agency, 2024; Nature, 2021 (Figura 29).

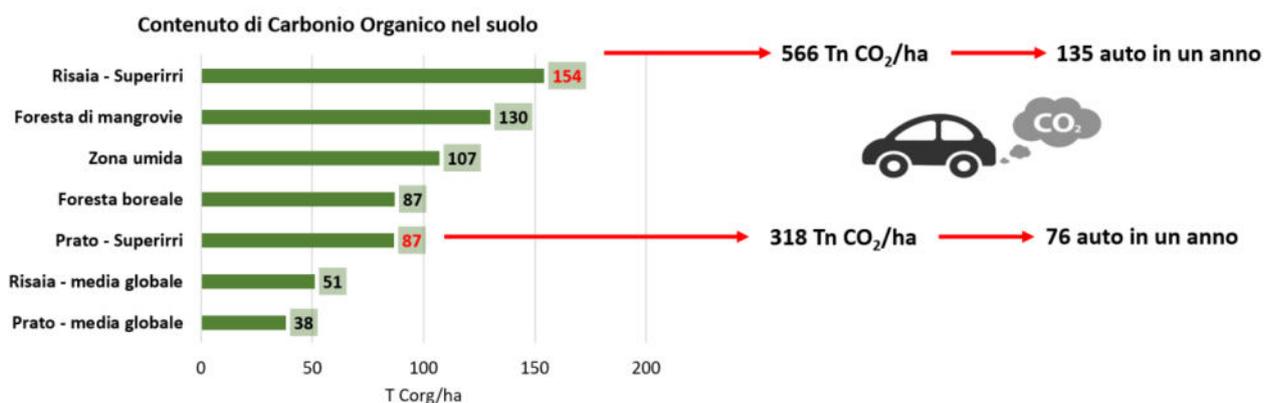


Figura 29: CO₂ nel suolo in diversi ecosistemi

La conversione del contenuto di carbonio organico in CO₂ equivalente è derivato dalla formula Batjes (1996):

$$T_d = \sum_i \rho_i \cdot P_i \cdot D_i \cdot (1 - S_i)$$

T_d : Contenuto totale di carbonio organico nello strato di suolo i [T/ha] P_i : contenuto di carbonio organico dello strato di suolo i [%]
 ρ_i : densità apparente dello strato di suolo i [T/m³] D_i : spessore dello strato di suolo i
 S_i : frazione di scheletro dello strato di suolo i [%]

3.4.2 Analisi di sostenibilità ambientale

Al fine di ottenere informazioni affidabili di sostenibilità delle colture oggetto del presente piano, è stato condotto uno studio di impronta. L'impronta carbonica rappresenta la stima delle emissioni di tutti i potenziali gas serra (GHG), principalmente CO₂, N₂O, CH₄, emessi da un prodotto o da un sistema di prodotto durante tutto il suo ciclo di vita. Essa è stata calcolata applicando la metodologia LCA - *Life Cycle Assessment* in accordo con le norme ISO 14040-44:2006 e ISO14067:2018, con il supporto del software OpenLCA integrato con le banche dati *Ecoinvent* e *Agribalyse*. L'impronta carbonica è stata elaborata utilizzando i fattori di caratterizzazione *IPCC 2013 V Assessment Report AR5* (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/>), secondo i quali il metano ha un potenziale di riscaldamento globale o *Global Warming Potential* (GWP) pari a 27,75 volte quello della CO₂ e il protossido di azoto pari a 265 volte quello della CO₂. Il gas serra di riferimento l'anidride carbonica CO₂.

Tabella 26: Valori di Global Warming Potential GWP secondo IPCC 2013 V Assessment Report AR5

Gas serra	GWP a 100 anni (IPCC 2013)	Gas serra di riferimento
CO ₂	1	CO ₂
CH ₄	27,75	CO ₂
N ₂ O	265	CO ₂

Il risultato dell'analisi di impronta carbonica è stato espresso in termini di kg CO₂ equivalente per unità di prodotto

Tabella 27: Unità di misura con cui verranno esplicitati i risultati di impronta carbonica

	Unità di misura
Prato stabile	Kg CO ₂ equivalente/ha
	Kg CO ₂ equivalente/t o kg di foraggio prodotto
	Kg CO ₂ equivalente/kg latte FPCM
Risaia	Kg CO ₂ equivalente/ kg di risone ⁻¹

Prato stabile

L'analisi LCA applicata al prato stabile ha considerato tutti i carichi ambientali connessi alle pratiche agricole, tutti gli impatti legati ai prodotti utilizzati in campo e le emissioni/sequestri di gas serra che avvengono nel corso delle lavorazioni (consumo di combustibili, emissioni di protossido di azoto dovute alle fertilizzazioni azotate, variazioni della sostanza organica del suolo, etc.) fino alla produzione di foraggio da prato. Considerando l'importanza del prato stabile per l'alimentazione delle bovine da latte, l'analisi non si è fermata solo alla fase di coltivazione (come descritto nel progetto) ma ha incluso anche tutti gli impatti fino alla produzione di latte da Parmigiano Reggiano.

Il sistema ha riguardato tutti i flussi di materiali, di energie e di trasporti relativi alla produzione di latte delle aziende di bovine da latte secondo l'approccio *from cradle to farm gate*. Il sistema include le emissioni di GHG che avvengono nell'azienda zootecnica, quali le emissioni enteriche delle bovine, le emissioni dalla fase

di gestione delle deiezioni, le emissioni derivanti dall'uso delle fonti energetiche, e quelle che avvengono nella fase di coltivazione dei terreni aziendali su cui vengono prodotti esclusivamente gli alimenti destinati alla alimentazione del bestiame, quali le emissioni di protossido di azoto dovute alle fertilizzazioni azotate e le emissioni derivanti dall'uso dei combustibili per le macchine agricole (Figura 30).

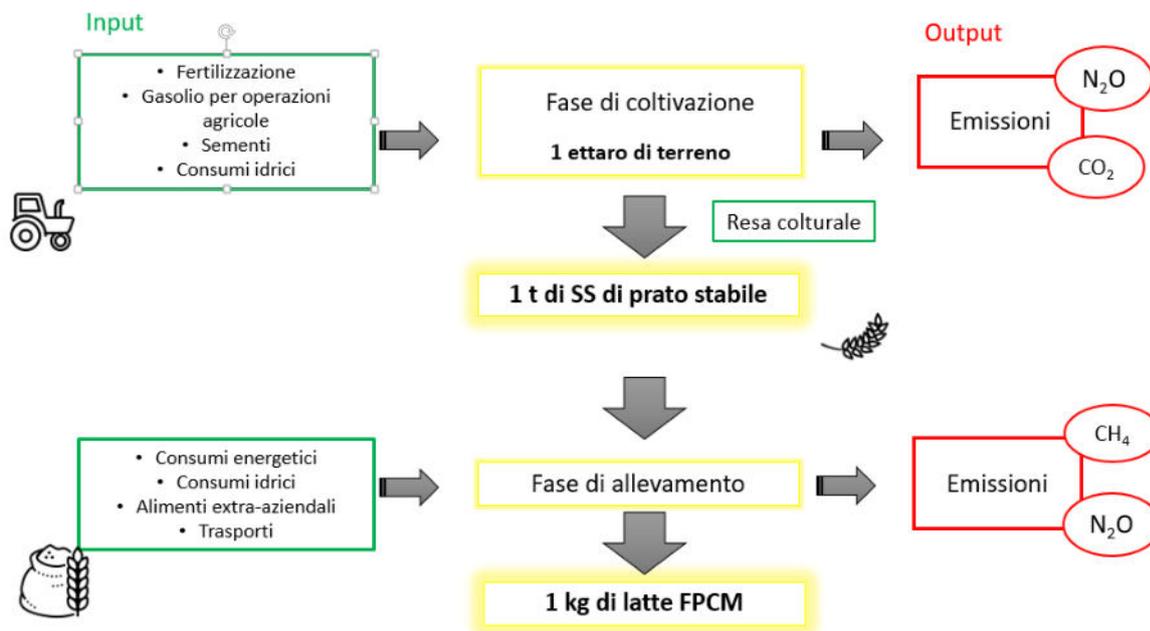


Figura 30: Schema del diagramma di flusso del processo analizzato

La raccolta dati propedeutica all'analisi LCA è avvenuta tramite la somministrazione all'azienda di un questionario finalizzati a descrivere l'intero processo produttivo (vd. azione 3.2).

La struttura generale del questionario destinato alle aziende di bovine da latte ha richiesto i seguenti dati:

- Informazioni generali sull'azienda (denominazione, localizzazione, zona altimetrica);
- Informazioni sulla produzione zootecnica: consistenza della mandria, indici produttivi, alimentazione, modalità di stabulazione e di gestione degli effluenti, grado di autosufficienza alimentare, consumi energetici, consumi idrici, materie in ingresso, produzione di rifiuti, etc.
- Informazioni sulla fase di coltivazione: colture presenti e produttività per annata agraria e per taglio, lavorazioni effettuate e macchine agricole utilizzate, consumi idrici, consumi energetici, tipo e quantità di fertilizzanti di sintesi e di effluenti di allevamento applicati, tipo e quantità di agrofarmaci e di sementi utilizzati.

Per i dati secondari, non direttamente reperibili nelle aziende e/o caseifici, è stata utilizzata la banca dati LCA Agribalyse.

La tabella sottostante riporta la categorizzazione dei risultati per le fasi emissive rilevanti nella fase di produzione di foraggio da prato stabile e latte, con le indicazioni relative alle principali metodologie utilizzate.

Tabella 28: Descrizione delle fonti di impatto considerate nel calcolo dell'impronta del carbonio del prato stabile (fase di coltivazione)

N ₂ O residui colturali	Le emissioni dirette di N ₂ O dovute ai residui colturali sono state calcolate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , utilizzando l'equazione 11.6 per stimare l'apporto di N dovuto ai residui e il fattore EF1 (Table 11.1) che riporta una perdita dell'1% dell'azoto apportato dai residui colturali.
N ₂ O Fertilizzazione	Le emissioni dirette di N ₂ O dalle fertilizzazioni sono state stimate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , che considera le emissioni dirette di N- N ₂ O pari a 1% dell'azoto distribuito con i fertilizzanti organici e minerali. Le emissioni indirette di N ₂ O dalle fertilizzazioni sono state stimate utilizzando la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , che considera le emissioni indirette di N- N ₂ O pari a 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di NH ₃ +NO, dovute ai fertilizzanti azotati applicati (sia minerali che organici), e pari a 1.1% delle perdite di N sotto forma di rilasci azotati come percolazione + ruscellamento. In base ai fattori di emissione dell' <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , le emissioni NH ₃ + N ₂ O rappresentano l'11% dell'azoto applicato con i fertilizzanti sintetici e il 24% di quello applicato con i fertilizzanti organici, le emissioni di N sotto forma di nitrati per percolazione + ruscellamento sono stimate pari al 24% di N applicato.
Macchine	Emissioni di CO ₂ per la produzione di macchine agricole utilizzate per le operazioni agronomiche.
Gasolio	Emissioni di CO ₂ per la produzione e il consumo di gasolio per la coltivazione dei terreni.
Materie prime	Emissioni di CO ₂ dovute alla produzione e al utilizzo di sementi e concimi.

Tabella 29: Descrizione delle fonti di impatto considerate nel calcolo dell'impronta del carbonio fino alla fase di produzione del latte

Enteriche	Emissioni di CH ₄ dovuto al processo di fermentazione enterica degli animali, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione <i>IPCC 2019 Refinement to 2006</i> .
Gestione degli effluenti	Emissioni di CH ₄ e N ₂ O dovute alla modalità di gestione degli effluenti, classificate in base alla Tabella 10.18, Volume 4, Chapter 10, <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> .
Alimenti aziendali	Emissioni di N ₂ O dovute alla fertilizzazione dei terreni dai quali vengono prodotti alimenti che entrano nella razione ed emissioni di CO ₂ dovute alla produzione di materie prime (sementi, concimi, fertilizzanti) e al consumo di gasolio per la coltivazione di questi terreni.
Alimenti extra-aziendali	Emissioni di CO ₂ per la produzione di alimenti extra-aziendali destinati all'alimentazione della mandria.
Energia in stalla	Emissioni di CO ₂ dovute alla produzione e al consumo di energia per le operazioni in stalla.
Animali in stalla	Emissioni di CO ₂ dovute all'allevamento degli animali acquistati.
Altro	Emissioni di CO ₂ per il trasporto dei diversi alimenti, per la produzione di medicinali, detergenti e altri materiali, per lo smaltimento dei rifiuti.

Il prato stabile risulta avere un impatto pari a 237,42 Kg CO₂ eq/t SS, che espresso su ettaro di terreno è pari a 2825 Kg CO₂ eq/ha. Il 78% del totale delle emissioni di gas serra sono dovute alla fertilizzazione mentre il 18% è dovuto al gasolio utilizzato nelle operazioni agricole. L'impatto relativo ai residui colturali e alle macchine risulta irrilevante, incidendo rispettivamente per un un 1% e un 3% sul totale dell'impronta carbonica del prato stabile.

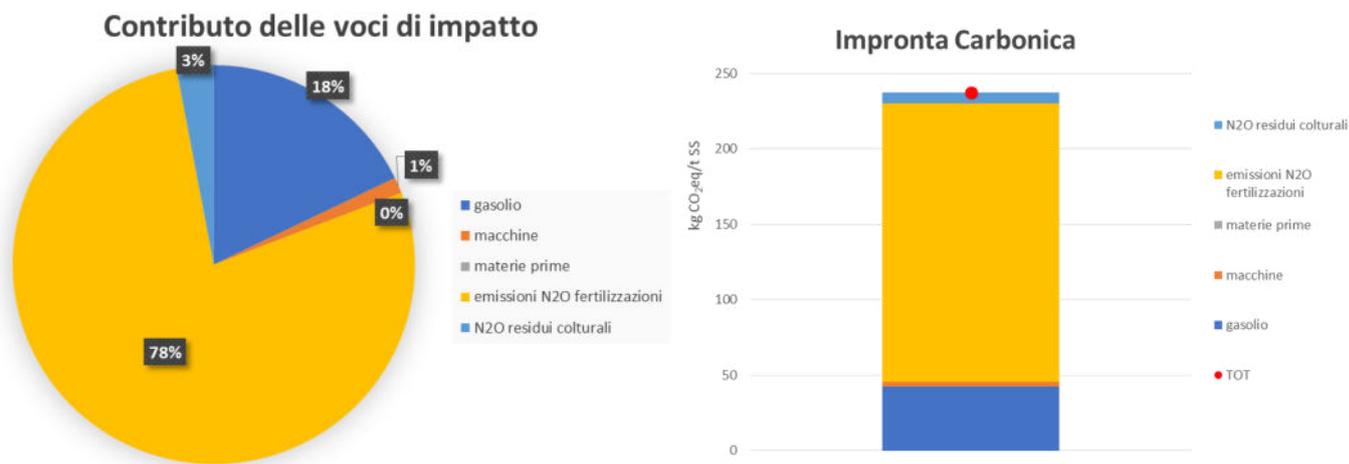


Figura 31: Risultati dello studio di impronta carbonica del prato stabile (fase di coltivazione). Contributo delle singole voci di impatto rapportata al totale dell'impronta in percentuale % (figura di sinistra) e in kg CO₂ equivalente (figura di destra)

L'impronta carbonica del prato stabile risulta più bassa di seminativi quali ad esempio il mais, che riporta da banca dati *Agribalyse* un'emissione pari a 346 Kg CO₂ eq/t SS. La maggior sostenibilità ambientale del prato stabile è dovuta principalmente ai minor input utilizzati nel ciclo colturale e alla durata del ciclo colturale che permette una riduzione delle operazioni agricole. L'elevato impatto della fertilizzazione dovuto alle emissioni di protossido di azoto N₂O suggerisce che strategie quali ad esempio l'applicazione di fertilizzanti rinnovabili e una fertilizzazione efficiente sono pratiche che possono rendere ancora più sostenibili questi sistemi agricoli.

Come descritto dal diagramma di flusso, nell'azienda *Pelosi* dal prato stabile viene prodotto foraggio destinato all'alimentazione delle bovine da latte. Lo studio di impronta ha quindi incluso anche la fase zootecnica. Sono stati quantificati tutti gli impatti ambientali per arrivare alla produzione di latte corretto per la percentuale di grassi e proteine o "Fat Protein Corrected Milk" FPCM, l'impronta carbonica è risultata essere pari a 1,78 kg CO₂ eq/ kg latte FPCM.

Questo risultato è in linea con altri studi presenti in letteratura su stalle del Parmigiano Reggiano (Lovarelli et al., 2019; Penati et al, 2013; Guerri et al., 2013; Gislou et al., 2020). Le fasi che impattano maggiormente sono le emissioni enteriche e l'acquisto di alimenti extra-aziendali. Una gestione ottimale del terreno permetterebbe di incrementare la produzione foraggera minimizzando così l'acquisto di foraggi al di fuori della realtà aziendale e ottenendo così anche una riduzione dell'impronta carbonica dell'intero ciclo produttivo. Si evidenzia che non solo la quantità ma anche la qualità del foraggio influenzano la produzione di gas serra: una maggiore digeribilità della razione è connessa ad una minor produzione di metano CH₄ dovuto al processo di fermentazione enterica degli animali.

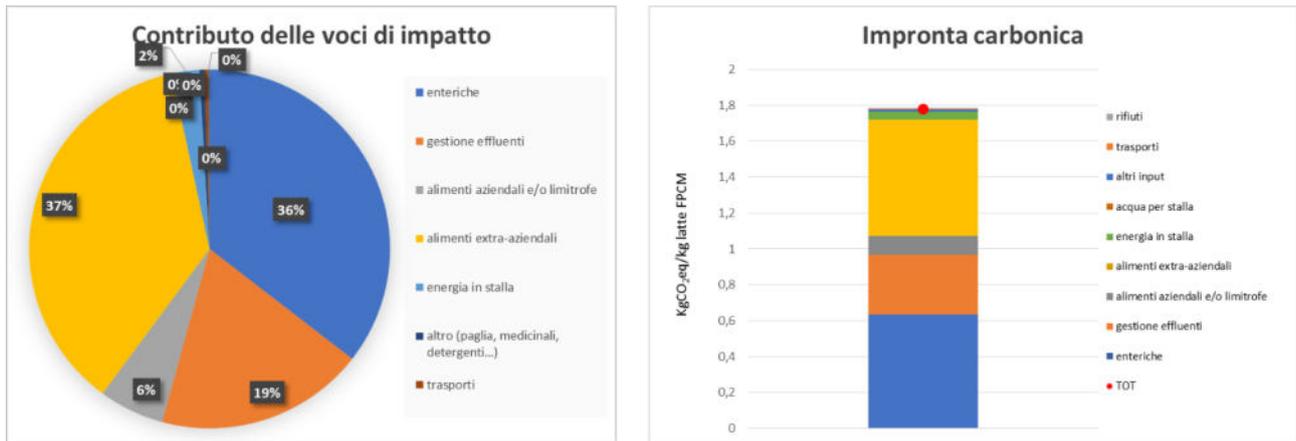


Figura 32: Risultati dello studio di impronta carbonica fino alla produzione del latte per Parmigiano Reggiano (fase zootecnica). Contributo delle singole voci di impatto al totale dell'impronta in percentuale % (figura di sinistra) e in kg CO₂ equivalente

Risaia

Come per il prato stabile, l'analisi LCA applicata alla risaia ha considerato tutti i carichi ambientali connessi alla fase di coltivazione, tutti gli impatti legati ai prodotti utilizzati in campo e le emissioni che avvengono nel corso delle lavorazioni.

Le informazioni richieste, relative all'annata agraria del 2023, hanno riguardato principalmente le rese produttive e le relative superfici: produttività della risaia, lavorazioni effettuate e macchine agricole utilizzate, consumi idrici, consumi energetici, tipo e quantità di fertilizzanti di sintesi e di effluenti di allevamento applicati, tipo e quantità di agrofarmaci e di sementi utilizzati. I confini del sistema analizzato sono riportati nella Figura 33.



Figura 33: Schema del diagramma di flusso del processo analizzato di produzione di riso

Tutti i dati relativi alla produzione e coltivazione di riso sono stati raccolti presso le aziende *Tenuta Florio*, *Marangon* e *Vallazza* tramite un apposito questionario. La tabella sottostante riporta la categorizzazione dei risultati per le fasi emissive rilevanti nella coltivazione del riso, con le indicazioni relative alle principali metodologie utilizzate.

Tabella 30: Descrizione delle fonti di impatto considerate nel calcolo dell'impronta del carbonio della risaia

N ₂ O residui colturali	Le emissioni dirette di N ₂ O dovute ai residui colturali del riso sono state calcolate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , utilizzando l'equazione 11.6 per stimare l'apporto di N dovuto ai residui e il fattore EF1 (Table 11.1) che riporta una perdita dell'1% dell'azoto apportato dai residui colturali.
N ₂ O Fertilizzazione	<p>Le emissioni dirette di N₂O dalle fertilizzazioni sono state stimate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i>, che considera le emissioni dirette di N- N₂O pari a 1% dell'azoto distribuito con i fertilizzanti organici e minerali.</p> <p>Le emissioni indirette di N₂O dalle fertilizzazioni sono state stimate utilizzando la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i>, che considera le emissioni indirette di N- N₂O pari a 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di NH₃+NO, dovute ai fertilizzanti azotati applicati (sia minerali che organici), e pari a 1.1% delle perdite di N sotto forma di rilasci azotati come percolazione + ruscellamento. In base ai fattori di emissione dell'<i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i>, le emissioni NH₃+ N₂O rappresentano l'11% dell'azoto applicato con i fertilizzanti sintetici e il 24% di quello applicato con i fertilizzanti organici, le emissioni di N sotto forma di nitrati per percolazione + ruscellamento sono stimate pari al 24% di N applicato.</p>
CH ₄ riso	Le emissioni di metano dalla risaia sono state stimate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , in base all'equazione 5.2 con i fattori emissivi relativi alla categoria di coltivazione del riso " <i>Wet seeded</i> " o semina bagnata (EF, SF _w , SF _p , SF ₀).
Macchine	Emissioni di CO ₂ per la produzione di macchine agricole utilizzate per le operazioni agronomiche.
Gasolio	Emissioni di CO ₂ per la produzione e il consumo di gasolio per la coltivazione dei terreni.
Materie prime	Emissioni di CO ₂ dovute alla produzione e al utilizzo di sementi e concimi.

L'impronta carbonica della risaia risulta essere 3940 Kg CO₂ eq/ha e 0,66 Kg CO₂ eq/kg di riso tal quale prodotto. Il riso rispetto alle altre colture annuali richiede l'utilizzo di pochi input per la coltivazione con un impatto del gasolio per le operazioni agricole ridotto grazie alla durata del ciclo colturale di 4 anni.

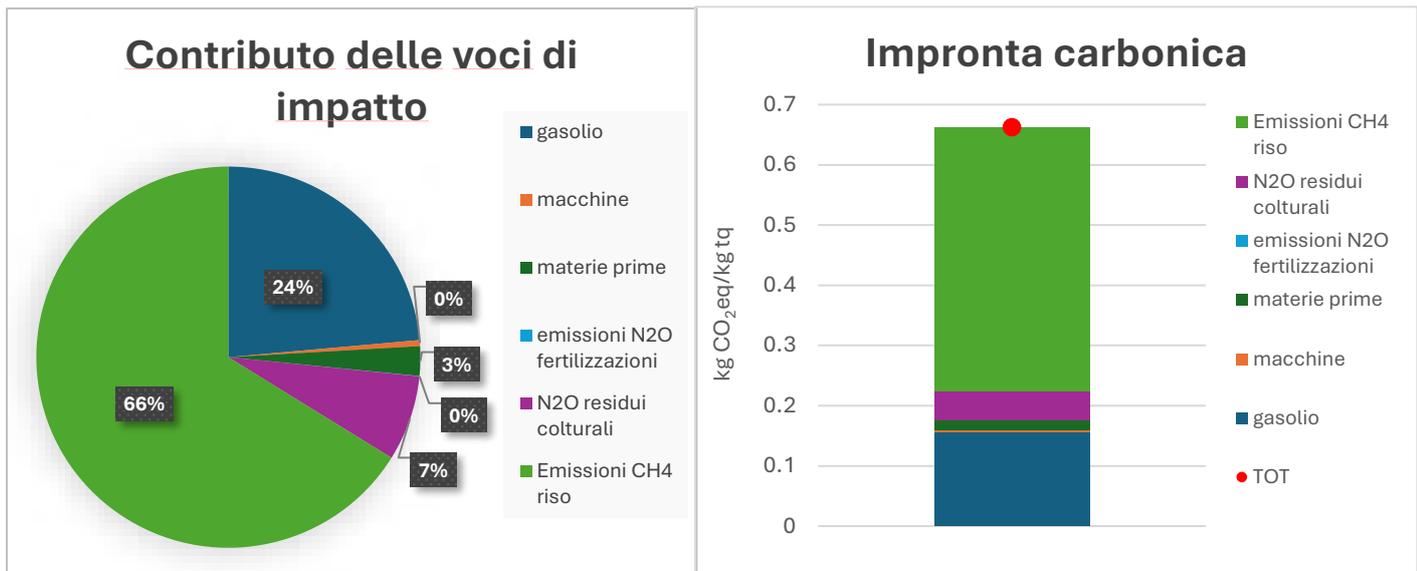


Figura 34: Risultati dello studio di impronta carbonica fino alla produzione del latte per Parmigiano Reggiano (fase zootecnica). Contributo delle singole voci di impatto rapportata al totale dell'impronta in percentuale % (figura di sinistra) e in kg CO₂ equivalente (figura di destra)

L'impatto ambientale della risaia, oggetto di sperimentazione, nell'ambito del progetto SUPERIRRI risulta più basso rispetto ai dati riportati in letteratura grazie ad una minor emissione di metano, che rappresenta la prima voce di impatto nel ciclo produttivo (Belngini et al., 2009; Ahmad et al., 2023; Shafie et al., 2014). L'ottimizzazione dei cicli di invaso e riempimento della risaia possibile grazie all'utilizzo delle paratoie automatizzate testate nell'ambito del progetto permette di ridurre le emissioni di metano dalla risaia ed ottenere in generale una maggiore sostenibilità ambientale di questa coltivazione.

3.4.3 I servizi ecosistemici forniti dal prato stabile e dalla risaia

Con il termine servizi ecosistemici (*"ecosystem services"*) si intendono tutti quei servizi che i sistemi naturali generano a favore dell'uomo: secondo la definizione proposta dal MEA - Millennium Ecosystem Assessment, i servizi ecosistemici sono i "molteplici benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano" (MEA, 2005). Applicando questo concetto al settore agricolo, un esempio può essere rappresentato dai servizi ecosistemici forniti dal bosco, quali ad esempio la limitazione dell'erosione, la perdita di suolo, l'approvvigionamento e conservazione delle falde acquifere, la regolazione dell'equilibrio O₂/CO₂ e altro.

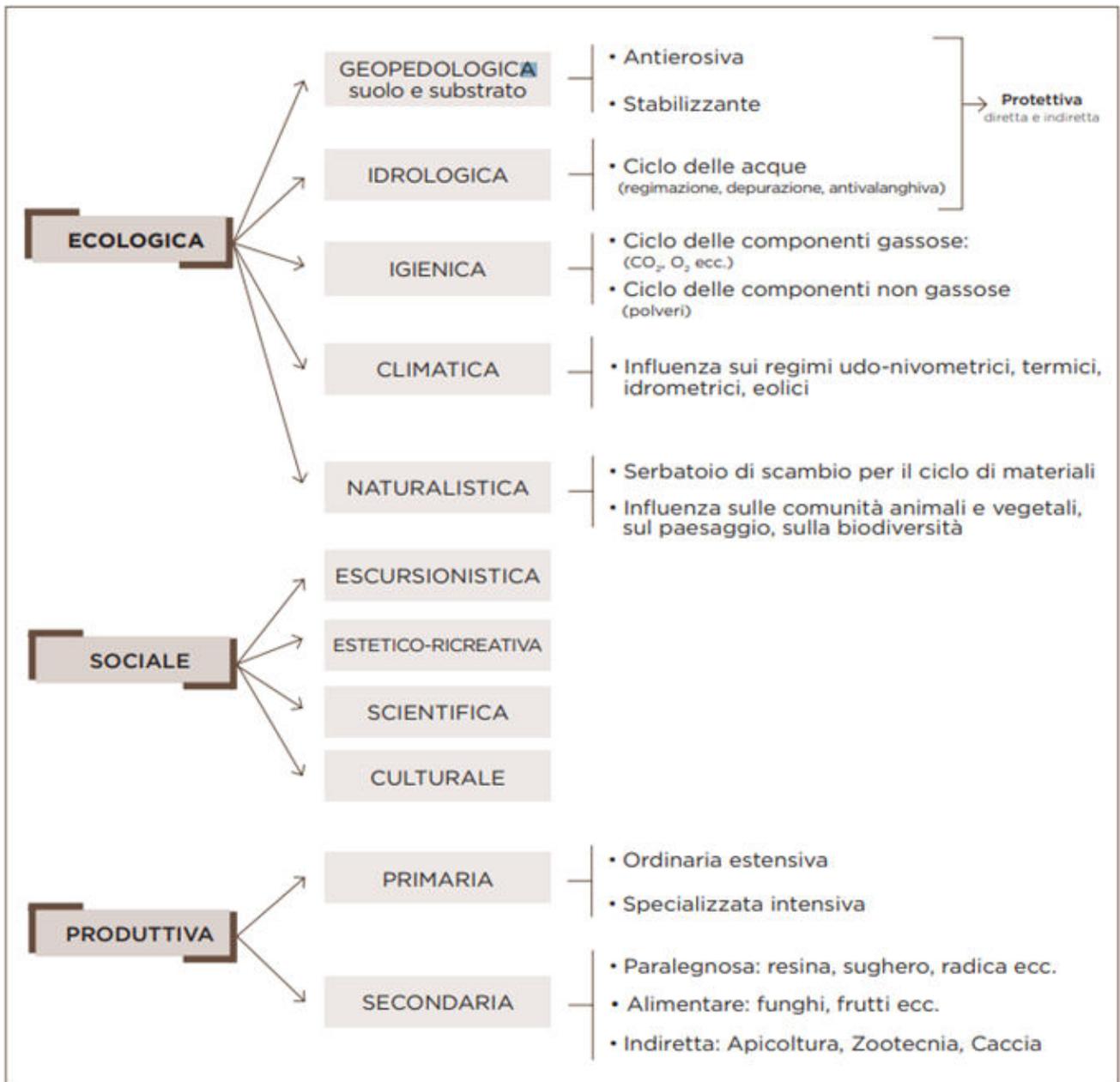


Figura 35: Schema delle funzioni del bosco con i relativi servizi ecosistemici. Fonte dati: Santolini, 2007

Il Millennium Ecosystem Assessment raggruppa i servizi ecosistemici nelle categorie di fornitura, regolazione, supporto e culturali (Figura 33).

Servizi Ecosistemici	Processo ecosistemico e/o componente fornitore del SE
Fornitura	
1. Cibo	Presenza di piante, animali commestibili
2. Acqua	Riserve d'acqua potabile
3. Fibre, combustibili, altre materie prime	Specie o materiali minerali con uso potenziale come materia prima
4. Materiali genetici: geni della resistenza ai patogeni	Specie con materiale genetico potenzialmente utile
5. Specie ornamentali	Specie o materiali minerali con uso ornamentale
Regolazione	
6. Regolazione qualità dell'aria	Capacità degli ecosistemi di assorbire composti chimici dall'atmosfera
7. Regolazione del clima	Influenza degli ecosistemi sul clima locale e globale
8. Mitigazione dei rischi naturali	Protezione contro i danni da eventi distruttivi (es. inondazioni)
9. Regolazione delle acque	Ruolo delle foreste nell'infiltrazione delle piogge e graduale rilascio delle acque
10. Assimilazione dei rifiuti	Processi di rimozione e dissoluzione di composti organici e composti chimici
11. Protezione dall'erosione	
12. Formazione e rigenerazione del suolo	Formazione e rigenerazione del suolo (pedogenesi)
13. Impollinazione	Abbondanza ed efficacia degli impollinatori
14. Controllo biologico	Controllo delle popolazioni di infestanti attraverso relazioni trofiche (predatori o competitori "utili")
Supporto	
15. Habitat	Funzionalità di aree di riproduzione, alimentazione e rifugio per specie stanziali e in migrazione
16. Conservazione della biodiversità genetica	Mantenimento di processi evolutivi e della fitness biologica (su base fenotipica e/o genetica)
Culturali	
17. Estetico: valore scenico	Qualità estetica del paesaggio (es. diversità strutturale, tranquillità ecc.)
18. Ricreativo: opportunità per turismo e attività ricreative	Attrattività del paesaggio "naturale" e delle attività all'aperto
19. Eredità culturale e identità	Importanza dei elementi storici e d'identificazione per la comunità locale
20. Educazione e scienza: opportunità per formazione ed educazione formale e informale	Caratteristiche del paesaggio, specie e vegetazioni con importanza culturale, con valore/interesse scientifico ed educativo

Figura 36: Schema di classificazione dei servizi ecosistemici. Fonte dati: MEA, 2005 e de Groot, 2009.

Il tema dei servizi ecosistemici ha ottenuto un crescente consenso (Costanza et al. 1997; De Groot et al., 2002) sia riguardo all'importanza della loro quantificazione, sia all'integrazione di questo approccio nelle decisioni di gestione delle risorse naturali e nella pianificazione del territorio. Tuttavia se da un lato viene riconosciuta l'importanza di tutelare gli ecosistemi, dall'altro non vi è ancora chiarezza su come quantificare i benefici che questi apportano all'ambiente e alla comunità. Le attività del progetto SUPERIRRI hanno portato tra i diversi obiettivi anche una quantificazione dei servizi ecosistemici del prato stabile e risaia.

I risultati relativi al monitoraggio di carbonio organico nel terreno hanno messo in luce come sia il prato stabile sia la risaia siano in grado di accumulare sostanza organica. L'elevata fertilità del terreno del prato stabile, evidenziata dall'azione 3.4, ha un ruolo fondamentale nel ridurre fenomeni di lisciviazione dei nutrienti nelle acque falda e nella biodiversità floristica, come riscontrato dai campioni lisimetrici e dall'analisi floristica. La buona salute del suolo del prato stabile e delle risaie riscontrata dal progetto è un aspetto chiave per ridurre le emissioni di gas serra di questi sistemi agricoli, che presentano valori di impronta carbonica più bassi rispetto ai dati riscontrati in letteratura. L'irrigazione automatizzata del prato stabile testata dal progetto SUPERIRRI contribuisce a mantenere questa coltura nel panorama del comprensorio del Parmigiano Reggiano riducendo le ore di manodopera dell'agricoltore ed utilizzando in modo più efficiente la risorsa irrigua.

I risultati delle attività di monitoraggio sulla qualità delle acque di falda delle risaie testimoniano come la presenza della risaia, i cui cicli di sommersione vengono ottimizzati con le paratoie 4.0, risulti avere effetti tangibili sulla riduzione della risalita del cuneo salino. La gestione ottimale della risorsa irrigua permette infatti di mantenere elevata la resa qualitativa e quantitativa del riso, di ridurre le emissioni di metano (vedi risultati e di favorire quindi il mantenimento del terreno in zone marginali dove, in assenza di questa coltura, si registrerebbe una loro progressiva salinizzazione e il loro conseguente abbandono con effetti sul paesaggio e sulla comunità.

Infine ricordiamo che la presenza del prato stabile e risaia in Emilia Romagna è connessa alle filiere d'eccellenza del *Parmigiano Reggiano* DOP e del *Riso del delta del Po* IGP, fornendo così il principale servizio ecosistemico che è rappresentato dalla fornitura/approvvisionamento di cibo.

Ecosistemi rurali



Salinizzazione dei suoli



Il nostro cibo è irriguo



*Emissioni di CO₂ Vs
accumulo nel suolo*



Cuneo salino



Bibliografia

- Boni R. Teatini P. Letterio T. Genovesi. R. Anconelli S. (2021). Stakeholder Perspective Analysis to Improve the Sustainable Groundwater Management in four Water-Stressed Mediterranean Areas. 48th IAH Congress.
- Bouman, B. A. M. and Tuong, T. P. (2001). Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice, *Agr. Water Manage.*, 49, 11–30
- FAO, (1974). *Surface Irrigation. Land and Water Development Series No. 3* L.J. Booher. Rome.
- Kay M. (1986). *Surface Irrigation: System and Practice*. Cranfield Press. Bedford, UK.
- Lehrsch G.A. Sojka R.E. (2014). in: *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* “Surface irrigation is practiced on only about 39% of the irrigated crop land in the USA but on far more, 85%, worldwide”.
- Ruberto M., Branca G., Troiano S., Zucaro R. (2022). The economic value of ecosystem services of irrigation: a choice experiment for the monetary evaluation of irrigation canals and fontanili in Lombardy. *Italian Review of Agricultural Economics* 77(2): 27-39. DOI: 10.36253/rea-13404
- Soil Science Division Staff (2017). *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture (USDA) –Handbook n° 18
- Staffilani F. - a cura di (2020). *Report: Risultati dell'attività 2019 sulla qualità dei suoli agricoli*. Area Geologia, Suoli e Sismica della Regione Emilia–Romagna.
- Tarocco P. – a cura di (2021). *Carta dei suoli della Regione Emilia-Romagna in scala 1:50000– Note Illustrative*. Area Geologia, Suoli e Sismica della Regione Emilia–Romagna
- Villa-Cox G. Cavazza F., Jordan, Mijail C. Hidalgo A. Herrera P. Ramon Espinel R. Viaggi D. Speelman S. (2021). Understanding constraints on private irrigation adoption decisions under uncertainty in data constrained settings: A novel empirical approach tested on Ecuadorian Cocoa cultivations. *Agricultural Economics*.

ALLEGATI

Azienda	Profondità	Data prelievo	Classe Tex.	pH	Conduc. elettrica	C org.	N tot.	NO3-	P assim.	C.S.C.	Ca scamb.	Mg scamb.	K scamb.	Na scamb.	Boro solub.	Cl-	SO4-
	(cm)		UdM*	-Log [H ⁺]	mS/cm	%	%	mg/l	ppm	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/l	mg/l
MARANGON	0-15	30/03/2023	Franco Argilloso	7,8	0,921	1,55	0,159	0,9	4	18,48	2500	439	328	338	1,76	20	137
MARANGON	15-30	30/03/2023	Franco Argilloso	7,9	0,818	1,22	0,129	1	4	17,21	2440	378	289	255	1,7	13	123
VALLAZZA	0-15	06/04/2023	Franco Argilloso	8	0,826	1,23	0,13	2	12	18,21	2380	430	351	419	2,34	18	122
VALLAZZA	15-30	06/04/2023	Franco Argilloso	7,9	1,268	1,16	0,123	1	10	17,8	2240	421	386	481	2,66	32	187
PELOSI	0-15	28/06/2023	Argilloso limoso	7,6	1,094	2,77	0,332	15	131								
PELOSI	15-30	28/06/2023	Argilloso limoso	8,1	0,899	1,52	0,178	11	65								
PELOSI	0-15	13/10/2023	Argilloso limoso	7,3	0,472	2,22	0,219	5	44	31,76	4780	776	355	108	1,7	2	68
PELOSI	15-30	13/10/2023	Argilloso limoso	7,4	0,474	2,44	0,238	6	44	30,65	4720	687	332	106	1,78	3	68
PELOSI	0-15	25/01/2024	Argilloso limoso	7,2	0,951	3,88	0,436	49	216								
PELOSI	15-30	25/01/2024	Argilloso limoso	7,8	0,623	1,61	0,187	18	81								
FLORIO	0-20	12/04/2023	Argilloso	6,6	1,001	5,05	0,447	3	31	35,12	5320	535	269	161	1,06	9	152
FLORIO	20-40	12/04/2023	Argilloso	6,6	1,098	4,62	0,414	2	27	34,01	5060	546	265	186	1,14	9	169
FLORIO	0-15	12/10/2023	Argilloso	7	0,739	5,88	0,511	1	30	38,58	6440	608	234	161	0,94	22	107
FLORIO	15-30	12/10/2023	Argilloso	7,2	0,726	5,53	0,484	0,5	29	38,52	6620	495	242	152	0,74	34	100

Allegato 1: Campionamento degli orizzonti di suolo nei siti monitorati: valori dei parametri analitici anno 2023. In grigio i parametri obbligatori.

Azienda	Profondità	Data prelievo	Classe Tex.	pH	Conduc. elettrica	C org.	N tot.	NO3-	P assim.	C.S.C.	Ca scamb.	Mg scamb.	K scamb.	Na scamb.	Boro solub.	Cl-	SO4-
	(cm)		UdM*	-Log [H ⁺]	mS/cm	%	%	mg/l	ppm	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/l	mg/l
PELOSI	0-15	25/01/2024	Argilloso limoso	7,2	0,951	3,88	0,436	49	216								
PELOSI	15-30	25/01/2024	Argilloso limoso	7,8	0,623	1,61	0,187	18	81								
FLORIO Nord	0-30	10/05/2024	Franco Argilloso Limoso	7,6	0,632	3,73	0,343	2,9	21	29,24	4980	388	152	163	0,88	22	88
FLORIO Nord	30-60	10/05/2024	Franco	7,6	0,948	2,81	0,269	1,1	16	24,94	4180	346	78	219	1,1	40	132
FLORIO Sud	0-30	10/05/2024	Franco Argilloso Limoso	6,5	1,101	8,38	0,712	0,5	99	39,51	6000	686	222	205	1,2	21	166
FLORIO Sud	30-60	10/05/2024	Franco Argilloso Limoso	5,0	2,61	9,71	0,825	2,3	25	33,57	4220	560	179	352	2,16	81	378

Campionamento degli orizzonti di suolo nei siti monitorati: valori dei parametri analitici anno 2024. In grigio i parametri obbligatori.

FLORIO Nord = FLORIO risaia nord

FLORIO Nord = FLORIO risaia sud

UdM* = Unità di misura

