

TIPO DI OPERAZIONE

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

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 1089 DEL 31/08/2020

FOCUS AREA ☒ 5A ☐ 5D

RELAZIONE TECNICA

DOMANDA DI SOSTEGNO: 5206477

DOMANDA DI PAGAMENTO: 5599933

Titolo Piano	Indagine sui sistemi iRrigui a livello territoriale in Risposta alla deGenerazione degli impiAnTi di pEro (IRRIGATE)
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	RI.NOVA Soc. Coop. Cesena (FC), via dell'Arrigoni 120 - 47522 P.IVA e C.F. 01949450405 - N. iscrizione anagrafe 01949450405
Partner del GO	Astra Innovazione e Sviluppo CER Canale Emiliano Romagnolo Apo Conerpo Irecoop Az. Agricola Pellati Az. Agricola Tomasatti ITAS I. Calvi

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	20
Data inizio attività	1-04-2021
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	27-03-2023

Relazione relativa al periodo di attività dal	1-04-2021	al 27-03-2023
Data rilascio relazione	22-05-2023	

Autore della relazione	Daniele Missere		
telefono		email	dmissere@rinova.eu
pec	amministrazione@pec.rinova.eu		

Sommario

1 -	DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	pag. 3
1.1	Stato di avanzamento delle azioni previste nel piano	pag. 4
2 -	DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	pag. 6
	<u>Azione 1 - Esercizio della cooperazione</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 6
2.2	Personale	pag. 8
	<u>Azione 3.1 – Indagini conoscitive (esame dello stato di fatto)</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 9
2.2	Personale	pag. 10
	<u>Azione 3.2 – Indagini di campo e di laboratorio</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 11
2.2	Personale	pag. 31
2.3	Collaborazioni, consulenze, altri servizi	pag. 32
	<u>Azione 3.3 – Prove irrigue con tecniche alternative a quelle tradizionali</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 33
2.2	Personale	pag. 43
	<u>Azione 3.4 – Analisi dei dati e creazione delle linee guida</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 44
2.2	Personale	pag. 67
2.3	Collaborazioni, consulenze, altri servizi	pag. 67
	<u>Azione 3.5 – Attività finalizzata alla sostenibilità etica e sociale</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 68
	<u>Azione 4 – Divulgazione</u>	
2.1	Attività e risultati	pag. 69
2.2	Personale	pag. 70
2.3	Collaborazioni, consulenze, altri servizi	pag. 70
	<u>Azione 5 - Formazione/Consulenza</u>	pag. 71
3 -	CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	pag. 71
4 -	ALTRE INFORMAZIONI	pag. 71
5 -	CONSIDERAZIONI FINALI	pag. 71
6 -	RELAZIONE TECNICA	pag. 72

1 DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Il Gruppo Operativo ha dato avvio alle attività previste nel piano a partire dal 01-04-2021. In generale tutte le attività svolte sono state attivate e realizzate seguendo i protocolli presentati nel piano, sia in termini di attività che di spesa. Gli obiettivi previsti, sono stati completamente raggiunti. Segue una breve descrizione dell'attività svolta in ciascuna azione.

1. Esercizio della cooperazione

RI.NOVA, in qualità di mandatario, ha svolto la funzione di coordinamento generale e organizzativo per garantire il funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO). RI.NOVA ha quindi pianificato tutte attività previste nel piano, mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti dal piano stesso.

3.1 Indagini conoscitive (esame dello stato di fatto)

L'attività svolta ha permesso di individuare un certo numero di pereti (afferenti a 92 aziende agricole) interessati da fenomeni degenerativi, localizzati nelle provincie di Ferrara, Modena, Reggio Emilia e Ravenna. I pereti sofferenti così individuati sono stati geo-referenzati e riguardano la sola varietà Abate Fetel. Una volta definiti gli impianti da monitorare, per ognuno di essi sono state acquisite tutte le informazioni ritenute capaci di incidere sulla vitalità delle piante.

3.2 Indagini di campo e di laboratorio

Nel corso dell'estate-autunno 2021, senza alcun scostamento dal protocollo, si è provveduto ad eseguire i rilievi fitosanitari nelle 8 aziende scelte all'interno del progetto (vedi azione 3.1), di cui 6 in provincia di Modena e 2 in provincia di Ferrara. Per ciascuna, sono stati identificati gli appezzamenti già oggetto di un primo sopralluogo esplorativo nella primavera 2021. Negli 8 appezzamenti selezionati sono state eseguite analisi sulle radici e sui suoli. I campionamenti sono stati eseguiti in due annate, ad agosto 2021 e settembre 2022 dal personale di Astra. All'interno degli stessi appezzamenti è stata eseguita anche la caratterizzazione pedologica del suolo, seguendo gli standard indicati dall'Area Geologia, suoli e sismica della Regione Emilia – Romagna, e installati i piezometri per il monitoraggio della falda ipodermica. Sempre sugli stessi 8 appezzamenti si è provveduto alla misura delle variazioni areali di conducibilità elettrica nel suolo, tramite l'utilizzo di uno strumento a induzione elettromagnetica (EM38).

3.3 Prove irrigue con tecniche alternative a quelle tradizionali

All'interno degli 8 appezzamenti sono stati selezionate porzioni di frutteto, corrispondenti a settori irrigui indipendenti, sui quali è stata gestita l'irrigazione tramite consiglio irriguo del DSS Irriframe. Al fine di monitorare adeguatamente ed in maniera puntuale le strategie irrigue, per ciascuna azienda è stata allestita una rete di monitoraggio costituita da stazioni agro-meteorologiche dotate di sensori per l'acquisizione delle variabili puntuali del bilancio idrico e sensori di umidità multilivello per l'acquisizione del profilo di umidità e temperatura del suolo fino a 90 cm con un dettaglio spaziale di 10 cm. Tali strumentazioni, una volta installate, sono state collegate in rete per registrare ed inviare i dati con passo orario. Durante il primo anno di progetto (2021) sono state condotte tutte le attività preliminari per l'acquisizione dei dati relativi agli appezzamenti, l'installazione dei sensori e delle stazioni meteo ed il test e la configurazione della rete di monitoraggio per l'interazione con il server Irriframe. Nella stagione irrigua 2022 è stato monitorato il contenuto idrico del suolo tramite l'applicativo Irriframe integrato con i dati delle stazioni meteo ed il dato puntuale di umidità derivante dalle misurazioni dei sensori multilivello installati in ogni appezzamento: Irriframe prevede di prendere in carico il dato correttivo del sensore, utilizzando un algoritmo di validazione e assimilazione del dato.

3.4 Analisi dei dati e creazione delle linee guida

Per ogni rilievo eseguito con drone e per ogni data sono state prodotte immagini georeferenziate per un volume di circa 1-2 GB. I rilievi con EM38 sono stati invece processati tramite software proprietario:

TrackeMaker 38MK2 della Geomar software. I dati, costituiti dai valori di conducibilità elettrica apparente del suolo e le relative coordinate sono stati post-processati in ambiente GIS (Qgis) per ottenere i valori puntuali in formato vettoriale (.shp file) ai quali sono stati applicati metodi di geostatica per la loro spazializzazione all'interno degli appezzamenti. Al fine di individuare una chiave di lettura circa le possibili convergenze fra le aree soggette a deperimento delle piante ed i possibili fattori responsabili (in particolare la gestione dell'acqua), Onit Group ha provveduto ad analizzare i dati relativi agli apporti irrigui a livello territoriale nel periodo di riferimento 2021-2023, incrociandoli con quelli del database ABDS. Infine sono state redatte apposite linee guida valide sia per la creazione di nuovi impianti di pero, sia per la gestione di quelli già esistenti.

3.5 Attività finalizzata alla sostenibilità etica e sociale

L'attività è consistita nello svolgere presso le strutture didattiche dell'Istituto Tecnico Agrario "Ignazio Calvi" (Partner associato del GOI) una serie di lezioni volte a sensibilizzare gli studenti alla importanza che la frutticoltura riveste nel loro territorio, con particolare riferimento all'uso razionale e sostenibile della risorsa acqua. Le lezioni si sono svolte il 7-8 marzo 2022 presso la sede dell'Istituto a Finale Emilia (MO) e rivolte agli studenti che frequentano le classi V dell'indirizzo Agrario, agroalimentare e agroindustriale. Successivamente, gli studenti delle classi III hanno partecipato a una visita dimostrativa all'Acqua Campus del CER, un polo all'avanguardia situato a Mezzolara di Budrio (BO) dedicato al trasferimento dell'innovazione alle imprese che operano in agricoltura.

4. Divulgazione

In accordo con i partner del GO, il personale RI.NOVA ha organizzato e gestito diverse iniziative e azioni divulgative. In particolare sono stati organizzati nel complesso 2 incontri tecnici, 1 comunicato stampa, 2 articoli tecnici e 1 audiovisivo. RI.NOVA ha inoltre messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. Il personale RI.NOVA si è fatto carico di predisporre in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.

1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
1 - Cooperazione	RI.NOVA	Esercizio della cooperazione	1	1	20	23
3.1 - Indagini conoscitive	Apo Conerpo Astra IS	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	1	1	6	6
3.2 - Indagini di campo e di laboratorio	RI.NOVA CER Apo Conerpo Astra IS	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	1	1	20	20

3.3 - Prove irrigue con tecniche alternative a quelle tradizionali	CER	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	1	1	20	20
3.4 - Analisi dei dati e creazione delle linee guida	RI.NOVA CER Apo Conerpo Astra IS	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	18	20	20	23
3.5 - Attività finalizzata alla sostenibilità etica e sociale	RI.NOVA Istituto I. Calvi	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	12	12	20	20
4 - Divulgazione	RI.NOVA	Divulgazione	6	6	20	23
5 - Formazione	Irecoop	Corsi e visite	15	15	20	20

2 Descrizione per singola azione

AZIONE 1 - ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

2.1 Attività e risultati

Azione	ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
Unità aziendale responsabile	RI.NOVA Soc. Coop.
Descrizione attività	RI.NOVA, nel suo ruolo di mandatario, in gli altri Partner ha svolto la funzione di coordinamento organizzativo per garantire il funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO). RI.NOVA ha quindi avuto il compito di pianificare le attività previste nel Piano mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per fare questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi. <u>Attivazione del Gruppo Operativo</u> La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano. In merito agli aspetti formali, con particolare riferimento alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, RI.NOVA, unitamente al Responsabile Scientifico (RS) e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. Con questo passaggio si è autorizzata l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner tramite e-mail. Inoltre, in questa fase si è proceduto alla costituzione formale del raggruppamento (ATS). Una volta soddisfatti gli aspetti formali, è stata indetta una riunione del GO nella sua interezza (28-04-2021 su piattaforma Teams), alla presenza di tutte le figure coinvolte per ogni partner. In questa sede, il Responsabile del Progetto (RI.NOVA) e il Responsabile Scientifico (- CER) hanno riproposto i contenuti e gli obiettivi del Piano, al fine di avere la più ampia condivisione possibile delle informazioni e impostare le modalità di realizzazione delle azioni d'innovazione. <u>Costituzione del Comitato di Piano</u> In occasione della riunione di attivazione si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO, che è così composto: - RO, (RI.NOVA) - RS, (CER) - Astra Innovazione e Sviluppo - UPM - Apo Conerpo - Consorzio Fito Mo - Onit - Az. Agr. Pellati - Az. Agr. Tomasetti - ITAS Calvi

	- Irecoop <u>Gestione del Gruppo Operativo</u> Dalla data di attivazione del GO, il Responsabile di Progetto ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare: - Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori; - La valutazione dei risultati in corso d'opera; - L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi; - La definizione delle azioni correttive. Il Responsabile di Progetto (RP), in stretta collaborazione con il Responsabile Scientifico (RS), si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Allo stesso modo, il RP e il RS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi ottenuti in ciascuna fase. Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali di RI.NOVA (v. Autocontrollo e Qualità). <u>Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio</u> A campione, il RP ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RP ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità di RI.NOVA. <u>Preparazione dei documenti per la domanda di pagamento</u> In occasione della domande di pagamento, il RP e il RS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno effettuato l'analisi dei risultati intermedi e finali ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare, è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico. <u>Altre attività connesse alla gestione del GO</u> Oltre alle attività descritte in precedenza, RI.NOVA ha svolto una serie di attività di supporto al GO, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento, la richiesta di variante in seguito alla fusione di CRPV e Alimos in RI.NOVA e la redazione e l'inoltro della richiesta di proroga al 27-03-2023. RI.NOVA si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito. <u>Autocontrollo e Qualità</u> Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, RI.NOVA ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue: - Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite; - Rispettati gli standard di riferimento individuati per il Piano; - Garantita la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni
--	---

	scritte; - Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il Piano; - Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi. La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa di RI.NOVA. In particolare, sono state espletate le attività di seguito riassunte. <i>Attività di coordinamento</i> Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte. <i>Attività di controllo</i> La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti: - Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto; - Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nella conduzione delle specifiche attività. <i>Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti</i> Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto. Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità di RI.NOVA. Il Sistema Qualità RI.NOVA, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Impiegato RI.NOVA	Responsabile progetto	43	277	11.911,00
	Impiegato RI.NOVA	Amministrazione	43	67	2.881,00
	Impiegato RI.NOVA	Segreteria	27	37	999,00
	Impiegato RI.NOVA	Direzione	43	16	688,00
	Impiegato RI.NOVA	Amministrazione	27	55	1.485,00
Totale:					17.964,00

AZIONE 3.1 - INDAGINI CONOSCITIVE (ESAME DELLO STATO DI FATTO)

2.1 Attività e risultati

Azione	INDAGINI CONOSCITIVE (ESAME DELLO STATO DI FATTO)
Unità aziendale responsabile	Apo Conerpo Astra Innovazione e Sviluppo
Descrizione attività	3.1.1 Individuazione dei frutteti interessati da fenomeni degenerativi L'attività svolta ha permesso di individuare un certo numero di pereti (afferenti a 92 aziende agricole) interessati da fenomeni degenerativi, localizzati nelle provincie di Ferrara, Modena, Reggio Emilia e Ravenna. I pereti sofferenti così individuati sono stati geo-referenziati e riguardano la sola varietà Abate Fetel; inoltre sono rappresentativi delle principali situazioni produttive in termini di età dell'impianto, portinnesto adottato (franchi, cotogni, autoradicato), densità d'impianto (alta, media e bassa), forma di allevamento, tipo d'impianto d'irrigazione (a goccia o per aspersione), resa per ettaro. 3.1.2 Acquisizione delle informazioni di base Una volta definiti gli impianti da monitorare, per ognuno di essi sono state acquisite tutte le informazioni ritenute capaci di incidere sulla vitalità delle piante. A tal fine è stata predisposta una apposita scheda-questionario con la quale sono stati rilevati i seguenti dati: - Caratteristiche dell'impianto (anno d'impianto, materiale vivaistico impiegato, vivaio di origine, portinnesto, sesti d'impianto, forma di allevamento, sistema irriguo, ecc.); - Tecnica colturale adottata (gestione del suolo, diserbo, fertilizzazione, trattamenti fitosanitari, altri trattamenti); - Pluviometrie e volumi di adacquata durante la stagione irrigua; - Numero e percentuale di piante interessate da fenomeni degenerativi, sia come alberi morti che deperenti, e anno di comparsa dei primi sintomi. I dati raccolti sono serviti per sviluppare l'azione 3.4; inoltre hanno permesso di individuare le 8 aziende agricole in cui si trovano gli impianti in cui sono state realizzate le azioni di seguito descritte (vedi foto che segue).  <i>Inquadramento geografico degli impianti sotto osservazione</i>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.
---	--

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Impiegato tecnico Astra	Prelievo campioni in campo	27,00	160	4.320,00
	Impiegato tecnico Astra	Prelievo campioni in campo	27,00	16	432,00
	OTD Astra	Prelievo campioni in campo	19,50	162	3.159,00
	Impiegato tecnico Astra	Prelievo campioni in campo	27,00	71	1.917,00
	Impiegato Apo Conerpo	Elaborazione dati	27,00	115	3.105,00
	Impiegato Apo Conerpo	Coordinamento azione	43,00	40	1.720,00
Totale:					14.653,00

AZIONE 3.2 - INDAGINI DI CAMPO E DI LABORATORIO

2.1 Attività e risultati

Azione 3.2	INDAGINI DI CAMPO E DI LABORATORIO																																								
Unità aziendale responsabile	RI.NOVA CER Apo Conerpo																																								
Descrizione attività	3.2.1 Indagine fitosanitaria Nel corso dell'estate-autunno 2021, senza alcun scostamento dal protocollo, si è provveduto ad eseguire i rilievi nelle 8 aziende scelte all'interno del progetto (vedi azione 3.1), di cui 6 in provincia di Modena e 2 in provincia di Ferrara. Per ciascuna, sono stati identificati gli appezzamenti già oggetto di un primo sopralluogo esplorativo nella primavera 2021. Si è provveduto ad eseguire un esame visivo su 200 piante, prese a random, per verificare lo stato fitosanitario della parte epigea ed il complessivo stato vegetativo. In generale sono stati riscontrati cancri ascrivibili ad infezioni di <i>Valsa ceratosperma</i> e desquamazioni corticali e necrosi, soprattutto in corrispondenza delle parti basali dei tronchi o delle prime impalcature. Si tratta per lo più di condizioni non diffuse: fa eccezione il pereto dell'azienda Tomasatti di Ferrara, con una degenerazione che interessa la maggioranza delle piante. Per quanto riguarda le analisi dell'apparato radicale, sono stati fatti 9 prelievi (nell'azienda Golinelli di Modena il campionamento è stato eseguito sia nell'impianto vecchio che in quello nuovo). Tutti i campioni sono stati dapprima sottoposti ad osservazione visiva e, successivamente, ad analisi di laboratorio; tutti hanno dato esito positivo, salvo quello campionato nell'impianto giovane del frutteto Golinelli. Di seguito vengono riportati i riscontri analitici. <table border="1"> <thead> <tr> <th>AZIENDA</th><th>CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO</th><th>ANALISI VISIVA DELLA CHIOMA</th><th>ESAMI DI LABORATORIO DELLA RADICE E DEL COLLETTO</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FE 1 (TG)</td><td>Abate su MA (in parte su Sydo) 2010-2011</td><td>fallanze, cancri al colletto, sporadica valsa, necrosi corticale</td><td>BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM; PHYTOPTORA</td></tr> <tr> <td rowspan="2">MO1-MO2 (GL)</td><td rowspan="2">Abate su BA29, 2005-2017</td><td>impianto nuovo sano</td><td>Impianto nuovo unico prelievo su una pianta deperita: esito negativo</td></tr> <tr> <td>impianto vecchio sporadica valsa</td><td>Impianto vecchio: BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM</td></tr> <tr> <td>MO3 (AP)</td><td>Abate su Farold e Sydo 2004</td><td>fallanze, valsa diffusa</td><td>PHOMOPSIS</td></tr> <tr> <td>MO4 (FF)</td><td>Abate su BA29</td><td>fallanze, presenza valsa</td><td>CYLINDROCARPON E PHYTIUM</td></tr> <tr> <td>FE2 (PC)</td><td>1) Abate su BA29 e C 2) Sydo, Adams, BA29 e Cotogno C.</td><td>visivamente a posto</td><td>ARMILLARIA</td></tr> <tr> <td>MO5 (GR)</td><td>Abate su BA29 ed autoradicato</td><td>valsa, fallanze diffuse aree necrotiche al colletto</td><td>CILINDROCARPON; PHYTIUM</td></tr> <tr> <td>MO6 (AA)</td><td>Abate su cotogno C intermedio Butirra; cotogno A intermedio Butirra; MH; Sydo Anno 2010-2011</td><td>valsa diffusa, cancri al colletto</td><td>BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM</td></tr> <tr> <td>MO7 (BT)</td><td>Abate su Farold 40 e su Sydo anno 2011</td><td>valsa diffusa, cancri al colletto</td><td>ARMILLARIA; PHOMOPSIS</td></tr> </tbody> </table> LEGENDA AZIENDE: FE1 (TG) - Tomasatti Giovanni; FE2 (PG) - Pellati Costantino; MO1-MO2 (GL) - Golinelli Luigi; MO3 (AP) - Abbottoni Paola; MO4 (FF) - Fregni Fabrizio; MO5 (GR) - Garuti Rberto; MO6 (AA) - Aldrovandi Adriano; MO7 (BT) - Bergamini Tonino.			AZIENDA	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO	ANALISI VISIVA DELLA CHIOMA	ESAMI DI LABORATORIO DELLA RADICE E DEL COLLETTO	FE 1 (TG)	Abate su MA (in parte su Sydo) 2010-2011	fallanze, cancri al colletto, sporadica valsa, necrosi corticale	BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM; PHYTOPTORA	MO1-MO2 (GL)	Abate su BA29, 2005-2017	impianto nuovo sano	Impianto nuovo unico prelievo su una pianta deperita: esito negativo	impianto vecchio sporadica valsa	Impianto vecchio: BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM	MO3 (AP)	Abate su Farold e Sydo 2004	fallanze, valsa diffusa	PHOMOPSIS	MO4 (FF)	Abate su BA29	fallanze, presenza valsa	CYLINDROCARPON E PHYTIUM	FE2 (PC)	1) Abate su BA29 e C 2) Sydo, Adams, BA29 e Cotogno C.	visivamente a posto	ARMILLARIA	MO5 (GR)	Abate su BA29 ed autoradicato	valsa, fallanze diffuse aree necrotiche al colletto	CILINDROCARPON; PHYTIUM	MO6 (AA)	Abate su cotogno C intermedio Butirra; cotogno A intermedio Butirra; MH; Sydo Anno 2010-2011	valsa diffusa, cancri al colletto	BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM	MO7 (BT)	Abate su Farold 40 e su Sydo anno 2011	valsa diffusa, cancri al colletto	ARMILLARIA; PHOMOPSIS
AZIENDA	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO	ANALISI VISIVA DELLA CHIOMA	ESAMI DI LABORATORIO DELLA RADICE E DEL COLLETTO																																						
FE 1 (TG)	Abate su MA (in parte su Sydo) 2010-2011	fallanze, cancri al colletto, sporadica valsa, necrosi corticale	BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM; PHYTOPTORA																																						
MO1-MO2 (GL)	Abate su BA29, 2005-2017	impianto nuovo sano	Impianto nuovo unico prelievo su una pianta deperita: esito negativo																																						
		impianto vecchio sporadica valsa	Impianto vecchio: BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM																																						
MO3 (AP)	Abate su Farold e Sydo 2004	fallanze, valsa diffusa	PHOMOPSIS																																						
MO4 (FF)	Abate su BA29	fallanze, presenza valsa	CYLINDROCARPON E PHYTIUM																																						
FE2 (PC)	1) Abate su BA29 e C 2) Sydo, Adams, BA29 e Cotogno C.	visivamente a posto	ARMILLARIA																																						
MO5 (GR)	Abate su BA29 ed autoradicato	valsa, fallanze diffuse aree necrotiche al colletto	CILINDROCARPON; PHYTIUM																																						
MO6 (AA)	Abate su cotogno C intermedio Butirra; cotogno A intermedio Butirra; MH; Sydo Anno 2010-2011	valsa diffusa, cancri al colletto	BOTRYOSPHERIA OBTUSA/SPHEROPSIS MALORUM																																						
MO7 (BT)	Abate su Farold 40 e su Sydo anno 2011	valsa diffusa, cancri al colletto	ARMILLARIA; PHOMOPSIS																																						

A conferma di quanto visto negli anni precedenti, sono stati rilevati numerosi funghi (es. *Botryosphaeria*, *Cylindrocarpon*, *Armillaria*, *Phomopsis*, *Phytium*), a volte anche sovrapposti in un singolo campione.

In relazione alla loro natura, non si può escludere che la loro presenza possa essere di natura secondaria, subentrando su tessuti già compromessi. La variabilità analitica lascia inoltre presupporre che comunque non esista un solo agente causale responsabile dei deperimenti indagati. In alcuni contesti è verosimile che la “crisi” dell’apparato radicale si origini dalla degenerazione dei tessuti del colletto; in altri è la parte ipogea che collassa per prima, comportando la perdita dell’intera pianta.

3.2.2 Indagine sull’attività radicale e microbiologica del suolo

Nelle 8 aziende selezionate nell’ambito dell’azione 3.1 sono state eseguite analisi sulle radici e sui suoli. I campionamenti sono stati eseguiti in due annate, ad agosto 2021 e settembre 2022 dal personale di Astra. In particolare nelle 8 aziende selezionate, sono state prelevati 6 campioni di terreno in piante che non mostrano sintomi, in filari con anche piante sintomatiche. Ogni campione è composto da tre trivellate lungo la fila a circa 20-30 cm dal gocciolatore e dal tronco. Le tre trivellate sono state mescolate per dare origine al campione della pianta in oggetto.

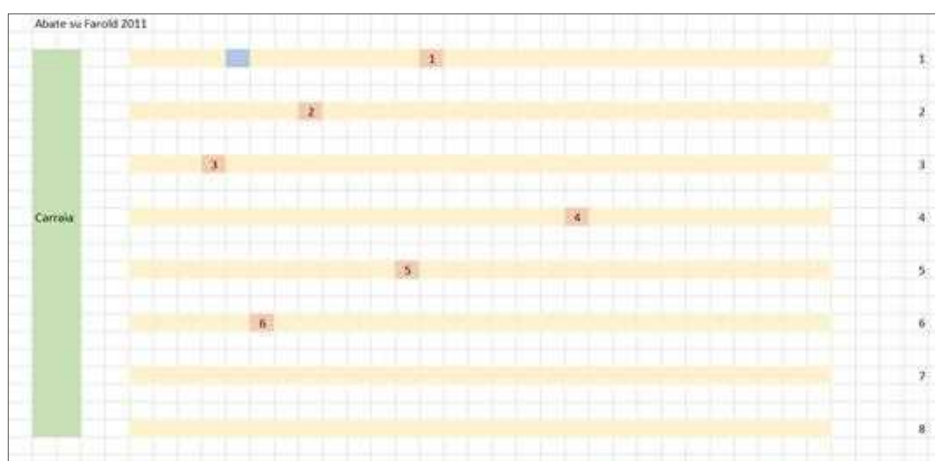


Fig. 1 - Esempio del metodo di campionamento

I campioni di suolo, contenenti le radici, sono posti in stufa a 60° per una notte, in modo tale da determinare il peso secco dell’unità di terreno. Successivamente il campione è stato immerso in acqua per circa 30 minuti, per poi procedere ad un lavaggio delicato sotto acqua corrente, utilizzando un setaccio da 0,21 mm per raccogliere la maggior parte dei frammenti di radice.

Le radici risultanti dal processo sono state raccolte con una pinzetta e pulite accuratamente, poi sono state asciugate con l’ausilio di carta assorbente e disposte su un foglio trasparente, in maniera ordinata evitando sovrapposizioni. I fogli così preparati sono stati scannerizzati e analizzati con il software per l’analisi radicale WinRhizo (Regent Instrument Inc., Canada, 2021). Le scansioni effettuate con questo software hanno permesso di determinare la lunghezza totale delle radici presenti nei campioni, il diametro medio e la densità radicale complessiva (cm di radici per Kg di terreno).

Tutte le analisi condotte sui suoli presi in esame sono state effettuate sulla base dei metodi ufficiali di Analisi Chimica del Suolo del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (2000). I parametri oggetto di valutazione sono elencati nei sotto-paragrafi

seguenti.



Fig. 1 - Lavaggio delicato del suolo



Fig. 2 - Campione di radici scannerizzato

DETERMINAZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA (Walkley-Black Metodo VII, Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo)

In breve: il carbonio organico viene ossidato ad anidride carbonica, in condizioni con soluzione di $K_2Cr_2O_7$ (0,1667M) in presenza di acido solforico. Il bicromato in eccesso è retro-titolato con $[Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ (0,5M) dopo interruzione della soluzione con H_2O deionizzata. I suoli sono stati aggiunti di una punta di spatola di Ag_2SO_4 per far precipitare i cloruri possibili interferenti nella reazione di riduzione del bicromato da parte del carbonio organico. Il dato è espresso in percentuale considerando la relazione $100 : 58 = \% S.O. : \% C.O.$

DETERMINAZIONE DELLA RESPIRAZIONE BASALE (Metodo II.1.1. Metodi ufficiali di analisi biochimica del suolo)

In breve: la CO_2 sviluppata dal suolo (2mm, al 60% CIC) posto in contenitori ermetici viene intrappolata da una soluzione di $NaOH$ (0.2M) e successivamente retro-titolata per un periodo di 28-30 giorni a intervalli di tempo regolari (dopo 1,3,7,15,21,28 giorni) con una soluzione di HCl (0.1M) previa aggiunta di una soluzione di $BaCl_2$ (0.75N) per la precipitazione dei carbonati formati.

DETERMINAZIONE DEL C BIOMASSA CON IL METODO FUMIGAZIONE/ESTRAZIONE (Metodo I.1.4. Metodi ufficiali di analisi biochimica del suolo)

In breve: il carbonio biomassa microbico viene determinato in un campione di suolo fumigato (in cloroformio) e non fumigato previa estrazione con una soluzione di K_2SO_4 0.5M.

Il carbonio degli estratti viene fatto ossidare in presenza di $K_2Cr_2O_7$ 0,4 N e in ambiente acido, e gli estratti sono stati retro-titolati con una soluzione di $Fe(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ (sale di Mohr) 33,3 mN in ambiente acido, usando come indicatore redox il complesso 1,10-fenantrolina- $FeSO_4$ 25 mM.

Risultati

L'analisi degli apparati radicali mostra una notevole variabilità nei due anni di prelievo, variabilità ascrivibile al fatto che si tratta di analisi puntiformi, in quanto non esistono

analisi conservative (senza cioè condannare la pianta) che permettano di vedere l'intero apparato radicale. L'apparato radicale di una pianta arborea ha un grande turn over delle radici più fini e adatta il suo sviluppo alle condizioni ambientali (cioè della nicchia di suolo in cui si trova). Quindi condizioni ambientali diverse nelle settimane o giorni precedenti il prelievo possono portare a quantitativi di radici prelevate diversi. Bisogna quindi considerare le medie tra le due annate per avere un'indicazione dell'effetto dei portinnesti e delle specifiche condizioni ambientali delle diverse aziende.

Dalla tabella 1 si nota che c'è una debole corrispondenza tra RLD (densità di radici) e diametro medio nei diversi campionamenti, con la tendenza per cui a minore densità corrisponde un diametro maggiore. Questo denota presenza di radici con funzioni diverse, in quanto le radici assorbenti hanno diametri minori e maggiore ramificazione (e quindi densità), mentre le radici pioniere, cioè quelle che si spostano per esplorare nuove nicchie da colonizzare, hanno diametri maggiori ma minore ramificazione.

Tabella 1 media $\pm$ dev.standard della densità di lunghezza radicale (RLD = cm di radici per g di suolo) e diametro medio delle radici (mm).

AZ/PI	RLD (cm/g)			DIAMETRO (mm)		
	21/22	2021	2022	21/22	2021	2022
AB/FAR	0,36 $\pm$ 0,09	0,52 $\pm$ 0,11	0,13 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,03	0,43 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0,05
AB/SYDO	0,18 $\pm$ 0,04	0,22 $\pm$ 0,05	0,12 $\pm$ 0,07	0,54 $\pm$ 0,07	0,42 $\pm$ 0,06	0,72 $\pm$ 0,09
ALD/MA	0,19 $\pm$ 0,05	0,21 $\pm$ 0,07	0,16 $\pm$ 0,04	0,48 $\pm$ 0,04	0,44 $\pm$ 0,04	0,55 $\pm$ 0,07
ALD/MC	0,35 $\pm$ 0,05	0,39 $\pm$ 0,08	0,29 $\pm$ 0,04	0,55 $\pm$ 0,07	0,6 $\pm$ 0,09	0,47 $\pm$ 0,09
ALD/MH	0,31 $\pm$ 0,06	0,38 $\pm$ 0,07	0,2 $\pm$ 0,09	0,46 $\pm$ 0,03	0,41 $\pm$ 0,03	0,53 $\pm$ 0,03
BER/FAR	0,21 $\pm$ 0,06	0,3 $\pm$ 0,09	0,09 $\pm$ 0,02	0,48 $\pm$ 0,06	0,37 $\pm$ 0,01	0,66 $\pm$ 0,1
BER/SYDO	0,17 $\pm$ 0,04	0,22 $\pm$ 0,07	0,11 $\pm$ 0,02	0,46 $\pm$ 0,03	0,46 $\pm$ 0,04	0,47 $\pm$ 0,05
FRE/BA29	0,28 $\pm$ 0,03	0,35 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,04	0,52 $\pm$ 0,04	0,53 $\pm$ 0,06	0,51 $\pm$ 0,06
GAR/BA29	0,23 $\pm$ 0,06	0,37 $\pm$ 0,05	0,02 $\pm$ 0,01	0,66 $\pm$ 0,13	0,48 $\pm$ 0,06	0,94 $\pm$ 0,27
GOL/BA29	0,28 $\pm$ 0,03	0,33 $\pm$ 0,04	0,2 $\pm$ 0,01	0,42 $\pm$ 0,03	0,38 $\pm$ 0,03	0,49 $\pm$ 0,04
PEL/ADAMS	0,36 $\pm$ 0,05	0,45 $\pm$ 0,05	0,23 $\pm$ 0,03	0,46 $\pm$ 0,03	0,41 $\pm$ 0,03	0,52 $\pm$ 0,03
TOM/SYDO	0,34 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,03	0,28 $\pm$ 0,01	0,44 $\pm$ 0,05	0,37 $\pm$ 0,03	0,57 $\pm$ 0,13

Considerando le differenze tra portinnesti in termini di tipologia di radici, possiamo vedere in figura 4, che ci sono tendenzialmente delle differenze ma queste non sono statisticamente significative. Vediamo invece in figura 5 che le differenze tra le aziende sono significative. Risulta quindi che l'effetto ambientale specifico delle aziende ha avuto una maggiore influenza sullo sviluppo delle radici rispetto al portinnesto.

Per quanto riguarda le analisi degli indicatori di fertilità del suolo, la quantità di sostanza organica (SO) era, in media, relativamente più alta (> 2%) nei frutteti delle aziende Abbottoni, Aldrovandi e Tomasatti. La quantità di biomassa microbica (Cbiom) e la respirazione basale (CO₂cum) variavano al variare del contenuto di sostanza organica (figura 5) e, in generale, si presentavano più alti nei suoli delle aziende Abbottoni, Aldrovandi e Tomasatti. Queste aziende presentavano anche valori elevati di densità radicale. Il comportamento osservato può essere attribuito al mutuo supporto che si verifica tra la sostanza organica del suolo, i microrganismi e l'apparato radicale delle piante. Infatti, il carbonio organico e i microrganismi del suolo sono i principali regolatori del ciclo e della disponibilità dei nutrienti (Fierer, 2017, Jacoby et al., 2017) agendo, allo stesso tempo, come promotori dello sviluppo delle radici. Ad esempio, è noto che le sostanze umiche stimolino la crescita delle radici inducendo aumenti della

concentrazione radicale dell'acido abscissico o dell'attività H^+ -ATPasica della membrana plasmatica radicale (Olaetxea et al., 2018, De Hita et al., 2020,)), mentre i microrganismi presenti nel suolo favoriscono l'apparato radicale attraverso il rilascio di sostanze che stimolano la crescita radicale o contrastano la senescenza radicale (Verbon e Liberman, 2016, da Silva., et al., 2021). A loro volta, le radici contribuiscono a sostenere la crescita, la diversità e l'attività microbica rilasciando fonti di carbonio attraverso le secrezioni radicali (Haichar et al., 2014; He et al., 2022).

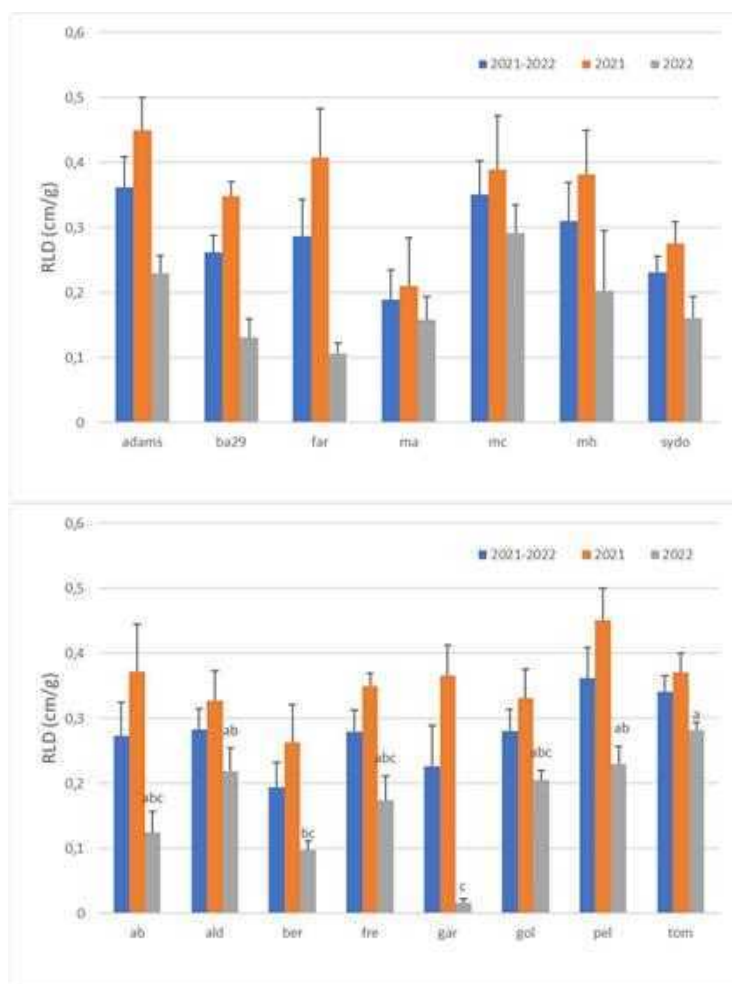


Figura 4 - Densità di lunghezza radicale (RLD), valutata tra portinnesti (in alto) e tra aziende (in basso)

È evidente anche una correlazione tra contenuto di sostanza organica e biomassa e respirazione microbica, tale correlazione risulta più forte considerando i valori medi dei due anni di rilievo.

La biomassa e l'attività microbica del suolo rispondono velocemente ai cambiamenti delle condizioni di suolo dovuti a pratiche agricole o condizioni climatiche, e pertanto sono utilizzate come indicatori per monitorare il miglioramento o il degrado della fertilità del suolo (Bakhshandeh et al., 2019, Toh et al., 2020, Morugan-Coronado 2019, 2022).

I dati misurati di biomassa microbica (C_{biom}) e respirazione basale del suolo (CO_2_{cum}) sono usati per il calcolo del quoziente metabolico (qCO_2) che rappresenta la CO_2 sviluppata per unità in peso di biomassa microbica) e del coefficiente di mineralizzazione (qM) che rappresenta la percentuale di carbonio mineralizzato sul contenuto di carbonio

organico iniziale, considerati come indici derivati, indicativi dell'eventuale presenza di fattori di stress.

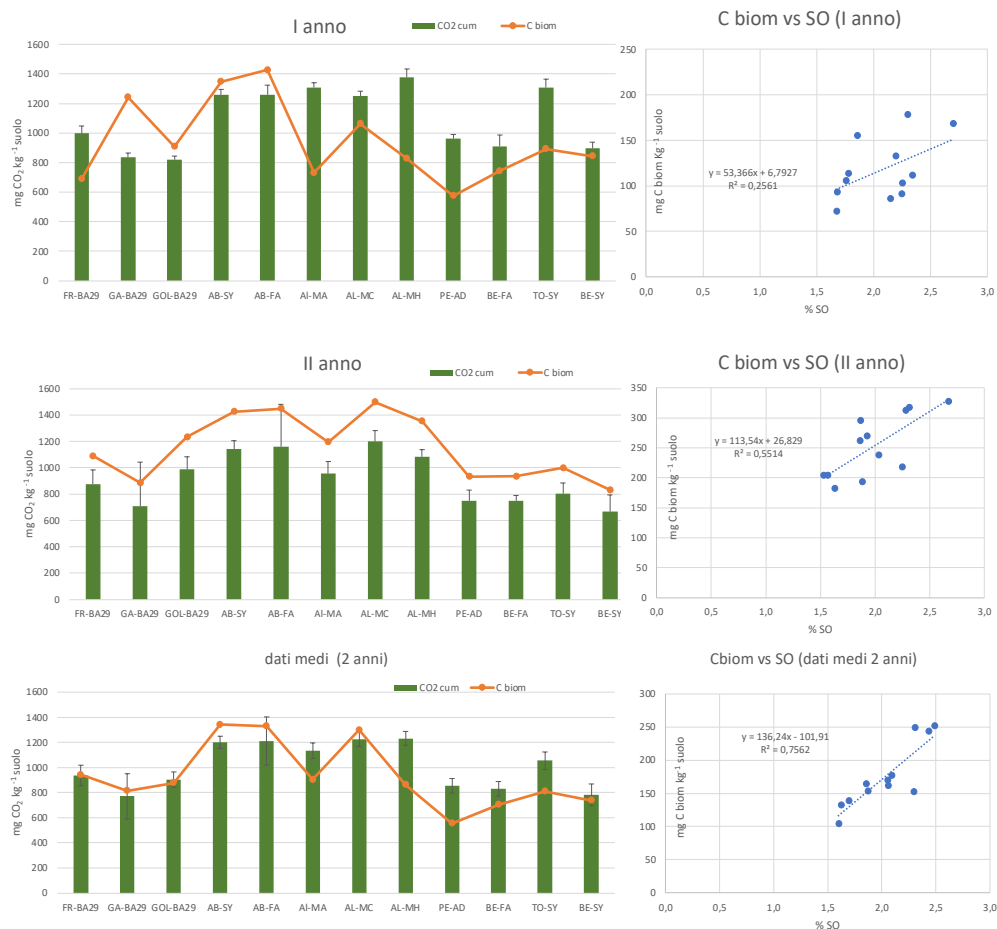


Figura 5 - Biomassa microbica (linea arancione) e respirazione microbica (barre verdi) nei due anni di prova e media dei due anni. A destra correlazione tra valore di biomassa microbica e sostanza organica.

La debole correlazione complessiva riscontrata tra il contenuto di sostanza organica e contenuto di biomassa microbica, insieme a valori elevati di qCO₂ e bassi valori di qM, evidenziati durante il primo anno di sperimentazione, suggerisce la presenza di possibili fattori di stress (e.g. condizioni di salinità temporanea, condizioni temporanee di anaerobiosi etc.), tuttavia il secondo anno di sperimentazione si è osservato un incremento della contenuto di biomassa microbica e una sua migliore correlazione con il contenuto di sostanza organica e con i livelli di respirazione misurati.

I dati del primo e del secondo anno sono stati mediati per ottenere un valore medio complessivo nei due anni di sperimentazione, da cui è stato possibile desumere uno stato di fertilità biochimica media-buona dei suoli oggetto dell'indagine (Francaviglia et al., 2017).

In generale però, va detto che, nei frutteti convenzionali sottoposti a produzione intensiva, le cause che possono determinare condizioni di stress per i microrganismi nel suolo sono molteplici e spesso riconducibili a pratiche agricole come la lavorazione del suolo o l'applicazione estensiva di sostanze chimiche per il controllo di agenti patogeni e infestanti. È riconosciuto che queste pratiche comuni causano effetti dannosi e tossicità nei confronti di microrganismi non bersaglio (Zhang et al., 2016, Egbe et

al.,2021).

Una carenza di contenuto e attività della biomassa microbica del suolo è sempre una condizione indesiderabile che porta a limitazioni del ciclo del carbonio e dei nutrienti e al deterioramento della soppressione del suolo contro i patogeni, rendendo le piante più vulnerabili a fattori di stress abiotici e biotici (Chavarria et al., 2018; Jayaraman et al., 2021, Katri et al., 2023). Inoltre, il verificarsi di gravi periodi di siccità prolungati, può contribuire alla riduzione dell'attività microbica dovuta a condizioni, anche temporanee di salinità del suolo o delle acque di irrigazione, specialmente in aree vulnerabili alla salinizzazione, come quelle dei frutteti oggetto di indagine (Yan et al., 2021).

PARAMETRI CLIMATICI

Abbiamo valutato l'influenza anche di parametri ambientali che possano influire sullo sviluppo della radice, in particolare le temperature dell'aria e del suolo (a diverse profondità) sono state monitorate grazie a sonde posizionate nelle aziende in prova da parte di Apo Conerpo (sonde Sentek fornite da Winet srl). I dati delle sonde ci hanno permesso di estrapolare i grafici (fig. 6 e 7) che illustrano l'andamento delle temperature durante la stagione di crescita (maggio-settembre).

Ci siamo focalizzati sulle temperature elevate estive, in quanto con i cambiamenti climatici in corso è noto che c'è già stato un innalzamento delle temperature medie estive rispetto agli ultimi 20 anni. Abbiamo considerato temperature limite per il benessere delle piante 35°C come temperatura dell'aria e 29°C per il suolo, in quanto temperature al di sopra di tali limiti comportano stress acuto per le piante dei climi temperati. Le temperature massime giornaliere (fig. 6) mostrano valori al di sopra dei 35°C per periodi più o meno lunghi in tutte le aziende.

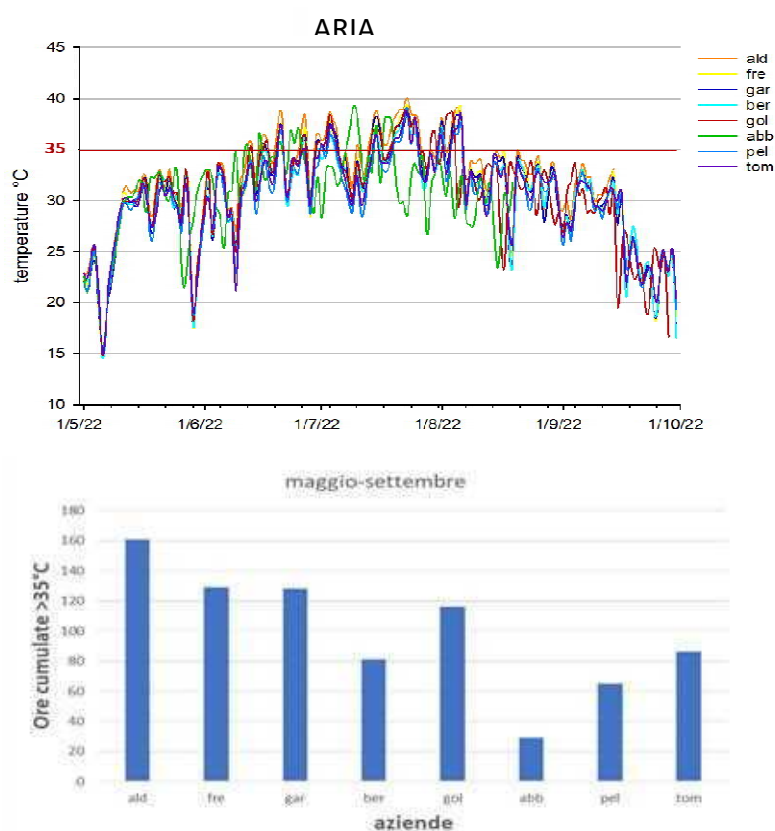


Figura 6 - Temperature massime giornaliere (in alto) e ore cumulate sopra i 35°C di temperatura dell'aria, misurate da maggio a settembre 2022.

Se si considerano inoltre le ore cumulate con temperature al disopra dei 35°C vediamo che, ci sono notevoli differenze tra le aziende (effetto microclima specifico molto importante per la risposta della pianta). Tali temperature sono più elevate della media degli ultimi 20 anni e rappresentano quindi per la pericoltura dell'Emilia-Romagna una sfida da dover fronteggiare.

Anche le temperature del suolo (fig. 7) sono risultate al disopra dei limiti di sofferenza da parte delle radici (stimata a 29°C) per lunghi periodi, soprattutto nei settori più superficiali del suolo.

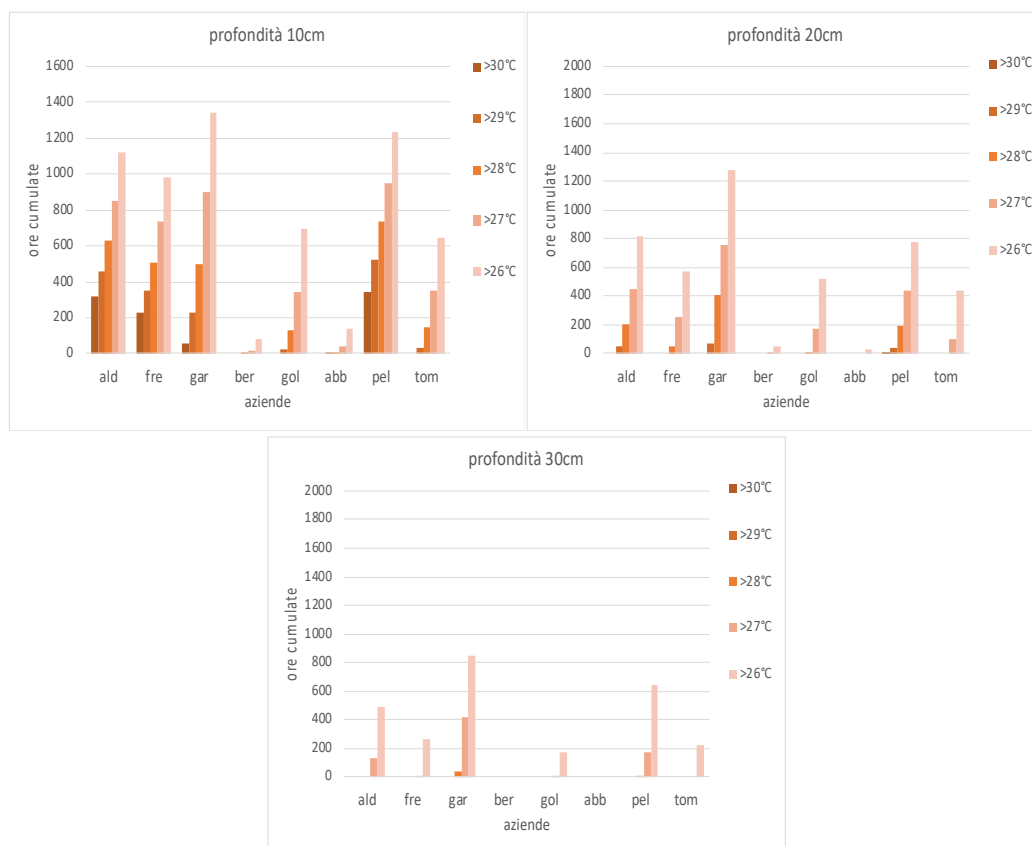


Figura 7 - Ore cumulate al disopra di temperature da 26 a 30°C a diverse profondità del suolo

Visto l'elevato numero di variabili che intervengono nello studio della degenerazione dei peri e visto che nessuno dei parametri valutati riesce da solo a spiegare il fenomeno, è stata realizzata un'analisi multivariata.

L'analisi delle componenti principali (PCA) è stata effettuata considerando i dati della radice (RLD e diametro) e di fertilità del suolo (sostanza organica, biomassa e respirazione microbica) insieme a quelli ottenuti dall'ambiente circostante. In particolare sono stati considerati temperature dell'aria e del suolo, caratteristiche fisiche dei suoli (pH e granulometria), età dell'impianto e percentuale di piante morte a causa della degenerazione.

La PCA (fig. 8) conferma innanzi tutto la preponderanza dell'effetto del microclima aziendale rispetto al portinnesto, vediamo infatti che nel grafico di sinistra i valori considerati sono raggruppati per azienda e non per portinnesto. Inoltre dal grafico di destra possiamo confermare che i valori dello sviluppo radicale (RLD) e della frequenza della degenerazione del pero (% di piante morte).

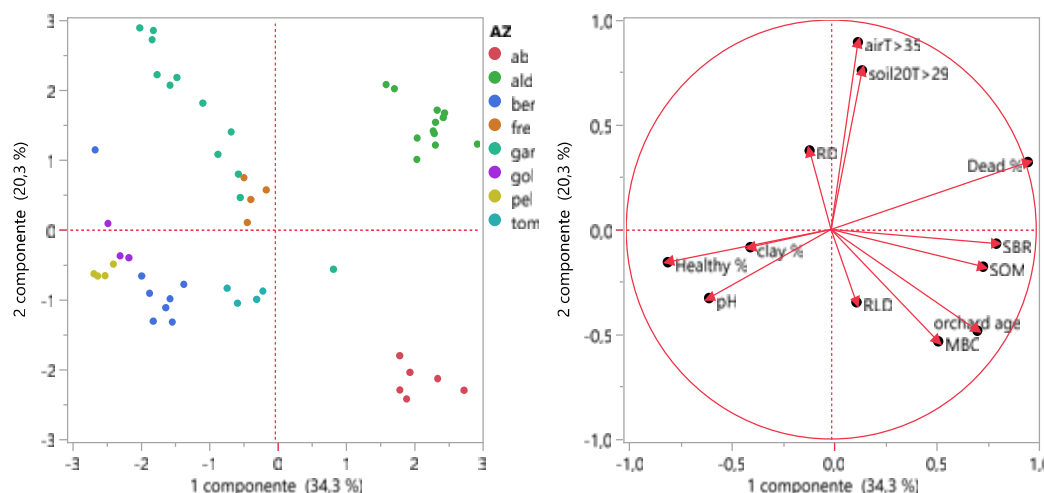


Figura 8 - Risultato dell'analisi delle componenti principali (PCA).

Conclusioni

Le piante dei pereti ad alta densità oggetto di studio si trovano in condizioni in cui l'apparato radicale è poco espanso e con poca possibilità ad espandersi, questo porta ad una ridotta possibilità di sfuggire alle condizioni ambientali sfidanti.

La zona di attività delle radici è quella del sottofila, zona solitamente mantenuta nuda con lavorazioni o diserbo chimico, e questo riduce la possibilità del suolo di contrastare e fungere da volano nelle oscillazioni di fattori quali temperature elevate o carenza/eccesso idrico. In queste condizioni, se da un lato con l'aumentare dell'età del frutteto aumentano sostanza organica e presenza attiva di microrganismi, dall'altro in caso di alte temperature estive, aumentano anche i casi di degenerazione. Questo ci porta a considerare la degenerazione del pero come un campanello d'allarme sulla precarietà dell'agroecosistema della frutticoltura intensiva.

La sfida della pericoltura ed in generale della frutticoltura moderna è quindi quella di non perdere il vantaggio dato dall'intensificazione colturale, ma compensare la carenza di resilienza del sistema. Per fare questo è auspicabile una migliore cura del benessere radicale, con scelte di gestione agronomica che considerino l'adattabilità dei portinnesti utilizzati alle caratteristiche del suolo, che permettano un buon sviluppo radicale e un loro maggiore approfondimento nei primi anni dall'impianto e un elevato rinnovo di nicchie di suolo per una continua espansione e crescita degli apparati radicali durante la fase di maturità della pianta.

Infine si consigliano azioni che permettano di mitigare l'effetto dei fenomeni climatici come l'utilizzo di reti multifunzionali e ombreggianti, una copertura del suolo anche nel sottofila con pacciamature vive con valore polifunzionale (mitigazione temperatura, mantenimento umidità superficiale, mantenimento struttura del suolo, riduzione ruscellamento ed erosione, aumento biodiversità dei residui organici e quindi della popolazione microbica).

3.2.3 Caratterizzazione pedologica

All'interno degli 8 appezzamenti identificati nel corso delle attività precedenti, è stata eseguita la caratterizzazione pedologica del suolo, seguendo gli standard indicati dall'Area Geologia, suoli e sismica della Regione Emilia – Romagna. Nella fase di ricognizione, si è provveduto ad effettuare, in ciascuno, una trivellata ad una profondità

variabile fra i 120 ed i 150 cm, che ha consentito l'identificazione dei principali orizzonti di suolo e la descrizione dei rispettivi caratteri, riportati poi in apposite schede, seguendo le codifiche indicate nella Guida di campagna 2020.

L'ubicazione di queste prime osservazioni, solitamente baricentriche rispetto agli appezzamenti, è stata registrata tramite GPS con grado di precisione ± 3 m. Inoltre, in 5 degli otto appezzamenti, si è sfruttata la posa dei piezometri (si veda la parte di relazione relativa al punto 3.2.4), per eseguire un'ulteriore descrizione pedologica degli orizzonti di suolo estratti dalla trivella utilizzata per eseguire il foro. In questi casi, è stato possibile ottenere una più completa caratterizzazione fino alla profondità raggiunta dai piezometri, ossia 3 m circa dal piano campagna.

Nei restanti tre appezzamenti non sono state effettuate ulteriori descrizioni pedologiche, in quanto, erano già presenti piezometri gestiti dalla rete di rilievo della falda ipodermica e dal Consorzio Fitosanitario di Modena.



Figura 1: A sinistra, foto della sequenza di orizzonti rilevata in campo in uno degli appezzamenti (nella fattispecie Golinelli). A destra, piezometro da 3 m, con protezioni, installato lungo la fila presso il pereto nell'appezzamento Tomasatti.

In totale, sono state 13 le osservazioni pedologiche effettuate, le cui descrizioni, come da accordi, sono state consegnate all'Area geologia, suoli e sismica del Settore Difesa del Territorio, per la corretta attribuzione alle Unità Tipologiche di Suolo (UTS) contenute dell'Archivio pedologico regionale.

Il quadro riassuntivo delle osservazioni effettuate, completo di sigle identificative, attribuzioni alle UTS regionali, coordinate e piezometro di riferimento è riportato nella tabella 1.

Tabella 1: Elenco, per ciascun appezzamento aziendale, delle sigle trivellata, unità tipologica di suolo (UTS), eventuali note pedologiche sul ricollegamento all'archivio regionale, coordinate X e Y in ETRS89 – UTM32 e sigla di eventuale piezometro associato all'osservazione.

Azienda	ID trivellata	UTS	Nome UTS e note di ricollegamento	Coord. X	Coord. Y	ID piezometro
Abbottoni Paola	E5046T0001	PRD1	PRADONI franca argillosa limosa	680513	4971337	-
Abbottoni Paola	E5046T0009	SMB1	S. OMOBONO franca limosa	680518	4971310	R1
Bergamini Tonino	E5046T0002	SMB2	S. OMOBONO franca limosa	668925	4968831	-
Bergamini Tonino	E5046T0010	SMB2	S. OMOBONO franca argillosa limosa	668980	4968871	R2
Golinelli Luigi	E5046T0003	CTL3	CATALDI franca argillosa limosa 0,1 – 0,2% pend.	667677	4975514	R6
Tomasatti Giovanni	E5046T0004	FOR1	FORCELLO argillosa limosa; ricollegamento intermedio con UTS LFI1 (LA FIORANA franca limosa)	731751	4975598	-
Tomasatti Giovanni	E5046T0013	FOR1	FORCELLO argillosa limosa; ricollegamento intermedio con UTS LFI1 (LA FIORANA franca limosa)	731747	4975739	R5
Pellati Costantino	E5046T0005	BAU1	BAURA franca argillosa limosa; presenza di laterizi in profondità	720173	4969225	-
Pellati Costantino	E5046T0012	BAU4	BAURA franca limosa orizzonte superficiale franco	720178	4969246	R4
Aldrovandi Adriano	E5046T0006	CTL1	CATALDI franca limosa 0,1 – 0,2% pendente	647697	4956200	-
Garuti Roberto	E5046T0007	SMB1	S. OMOBONO franca limosa	658891	4956429	-
Fregni Fabrizio	E5046T0008	LBA2	LA BOARIA franca argillosa limosa; ricollegamento intermedio con UTS SMB2	661330	4950608	-
Fregni Fabrizio	E5046T0011	SMB1	S. OMOBONO franca limosa	661333	4950600	R3

Il passo successivo è consistito nel portare a termine le seguenti fasi:

- Verifica della complessità pedologica presente all'interno di ogni appezzamento, sulla base di quanto riportato nella recente Carta dei suoli regionale 2021 alla scala 1:50000;
- Valutazione della coerenza fra le tipologie di suolo identificate tramite le

- osservazioni pedologiche in ciascun appezzamento e le indicazioni desumibili dalla carta dei suoli precedentemente citata;
- c) Confronto fra le risultanze del rilievo pedologico e le analisi eseguite da laboratorio incaricato su campioni di terreno composto, raccolti nel 2022 in ciascun appezzamento;
 - d) Analisi della presenza di orizzonti con eventuali caratteri limitanti per le radici delle piante e a quali profondità, con particolare attenzione a quelli, piuttosto frequenti nella pianura emiliano-romagnola, denotanti aspetti di idromorfia e quindi rischio di anossia per le radici delle piante.

Per quanto riguarda il punto a), si è osservato che 4 degli otto appezzamenti ricadono in una sola delineazione della Carta dei suoli, a sua volta descritta da una sola tipologia di suolo, identificata come principale e prevalente: SMB1, nei due appezzamenti Fregni e Bergamini e CTL3 nei due appezzamenti Aldrovandi e Golinelli. Anche gli appezzamenti Pellati e Tomasatti sono risultati, ciascuno, collocati all'interno di un'unica delineazione della Carta dei suoli. In questo caso, però, la delineazione è descritta da un'associazione di suoli: BOC1-BAU1 per il primo e LFI1-FOR1 per il secondo.

La maggior complessità è stata riscontrata all'interno dei due rimanenti appezzamenti Garuti e Abbottoni, i quali racchiudono, all'interno del loro perimetro, parti di due o più delineazioni della Carta dei suoli. Nella fattispecie, la parte occidentale dell'appezzamento Garuti ricade in una delineazione descritta dal complesso di suoli SMB1/SEC1, mentre quella orientale si colloca all'interno di una delineazione del complesso di suoli SMB1/SMB2. Ancor più complicata è la situazione pedologica all'interno dell'appezzamento Abbottoni, il quale all'interno del suo ettaro circa di superficie, comprende i confini di ben tre delineazioni: SMB1/SEC1 a sud, GLS1 a nord-est e PRD1 a nord-ovest.



Figura 2: A sinistra, il perimetro dell'appezzamento Abbottoni, intersecato dai confini di tre delineazioni della Carta dei suoli regionale 1:50000 (ed. 2021). I punti verdi indicano l'ubicazione delle due osservazioni pedologiche eseguite, una delle quali (E5046T0009), per la posa del piezometro R1. A destra, è invece riportata la situazione pedologica presente all'interno dell'appezzamento Garuti. Il punto rosso, siglato F1, indica l'ubicazione del preesistente piezometro, posato dal Consorzio Fitosanitario di Modena.

In relazione al punto b), la maggior parte dei suoli descritti nelle osservazioni pedologiche concordano con quanto indicato nelle Unità Cartografiche delle delineazioni della Carta dei suoli 1:50000, che intersecano gli appezzamenti. Sono stati riscontrati solo tre casi in cui questo non avviene o avviene solo parzialmente: (1) il suolo riscontrato nell'appezzamento Golinelli, pur appartenendo alla stessa UTS (CTL3) descritta nella delineazione, presenta un inconsueto orizzonte a tessitura sabbia franca oltre i 95 cm di profondità; (2) i suoli osservati nell'appezzamento Pellati presentano, in un caso (trivellata E5046T0012), tessitura franca in superficie, in luogo della consueta

	franca argillosa limosa dei suoli della delineaazione, nell'altro caso (trivellata E5046T0005), frequenti laterizi in profondità, legati alla passata attività di una vicina fornace (suolo rimaneggiato antropicamente); (3) nell'appezzamento Abbottoni, l'osservazione E5046T0001 presenta un suolo (PRD1), il quale, seppur non corrispondente a quello tipico delle delineaazione in cui si trova, è prevalente nella delineaazione vicina, il cui confine è situato alla distanza di soli 30 m. Nel complesso, si può valutare che in tutti gli appezzamenti i discostamenti siano di ridotta entità e rientrino pertanto nell'ambito di variazioni pedologiche consuete, facilmente riscontrabili all'interno di delineaazioni di pianura della Carta dei suoli regionale alla scala 1:50000. Le attività di cui al punto c) si sono inizialmente concentrate nell'esame dei certificati analitici relativi ai campioni di terreno composto prelevati negli otto appezzamenti ad una profondità media 0- 60 cm, ritenuta rappresentativa della parte maggiormente esplorata dalle radici di colture arboree. Dall'elenco dei parametri riportati in ciascun certificato, non risultano particolari carenze a carico di macro- e microelementi, problemi di salinità (EC 1:2,5 da 233 a 493 $\mu\text{S}/\text{cm}$), pH particolarmente acidi o basici (da 7,91 a 8,23) od elevati contenuti in calcare attivo (da 1,7% a 7,4%). Anche la dotazione in sostanza organica è da normale ad elevata (da 1,96 a 4,16%), mentre la capacità di scambio cationica è sempre superiore ai 12 meq/100g, giungendo ad un massimo di 34,23 meq/100g nell'appezzamento Tomasatti, influenzato dall'elevata percentuale di argille espandibili nel terreno. Come già intuibile dai valori di pH, non è presente acidità nel complesso di scambio. Sulla base di tali elementi, si potrebbero giudicare tutti i terreni afferenti agli appezzamenti esaminati, come dotati di discreta o buona fertilità. Come secondo passo, si è effettuato un confronto qualitativo fra tre parametri rilevati in campo dal pedologo negli orizzonti superficiali (stima manuale della tessitura, colore, effervescenza all'HCl), con altri, descritti all'interno dei certificati analitici, solitamente ad essi correlati (tessitura, % di sostanza organica e % di calcare totale). Si sottolinea che il confronto è da ritenersi di tipo qualitativo, innanzi tutto perché le relazioni fra un parametro rilevato in campo e il corrispondente analizzato in laboratorio non sono strettamente lineari. Inoltre, il campione composto per le analisi del terreno mescola aggregati di suolo provenienti da diversi punti, scelti secondo una maglia predefinita e in base a profondità, che possono interessare uno o più orizzonti pedologici, dotati di caratteristiche fisico-chimiche talvolta molto differenti fra loro. Per quanto riguarda la tessitura, si è osservata una buona correlazione fra quella determinata manualmente in campo e quella rilevata in laboratorio, con differenze a livello della frazione sabbiosa fra l'1 ed il 7% e della frazione argillosa fra l'1 ed il 5%. Le due sole eccezioni riguardano l'appezzamento Tomasatti (43% di argilla in luogo del 60% analitico, ma la stima manuale difficilmente può distinguere frazioni argillose > 40% a causa dell'elevata adesività) e l'appezzamento Garuti (24% di argilla in luogo del 35% analitico). Analoghe concordanze per quanto riguarda l'effervescenza all'HCl. Essa è stata classificata "violenta" in sette appezzamenti su otto e la letteratura scientifica l'associa ad una presenza di oltre il 10% di CaCO_3 totale nel suolo; in effetti, nei certificati corrispondenti, i valori di CaCO_3 totale risultano tutti oscillanti fra il 10 ed il 16%. Nell'ottavo appezzamento (Tomasatti), l'orizzonte superficiale ha mostrato effervescenza "debole" (stima attorno all'1-5% di CaCO_3 totale) e anche in questo caso vi è concordanza con le risultanze analitiche, in quanto il valore = 2%. Infine, sia nell'appezzamento Abbottoni, sia in quello Tomasatti, sono stati rilevati due orizzonti superficiali di colore scuro (rispettivamente 2,5Y 3/3 e 2,5Y 3/2 secondo le Munsell Color Charts – prerequisite per il "mollico" delle classificazioni Soil Taxonomy e WRB) ed effettivamente la % di sostanza organica riscontrata in laboratorio è fra le maggiori negli otto appezzamenti: rispettivamente 3,66% e 3,52%. Solo l'orizzonte superficiale
--	--

nell'appezzamento Aldrovandi ha maggiore sostanza organica (4,16%) ma colori non particolarmente scuri (10YR 4/3 secondo le Munsell Color Charts), il che potrebbe far supporre apporti organici successivi da parte dell'azienda (letamazioni?) poco prima del campionamento.

Per quel che concerne, infine, il punto d), si è effettuata, nell'ambito di ogni osservazione, la valutazione della presenza di eventuali orizzonti limitanti l'approfondimento radicale; il risultato è descritto nella successiva tabella:

Tabella 2: Elenco per appezzamento e per numero di osservazione pedologica del tipo di limitazione all'approfondimento radicale e della relativa profondità in cm rispetto al p.c.

Azienda	Id trivellata	UTS	Profondità limitante (cm)	Limitazione e caratteri riscontrati
Abbottoni Paola	E5046T0001	PRD1	75 - 110	Idromorfia: fra 75 e 110 cm, screziature grigie 40% con masse ferromanganesifere; oltre 110 cm matrice grigia con screziature rossastre 25% e masse ferromanganesifere.
Abbottoni Paola	E5046T0009	SMB1	85 - 130	Idromorfia: fra 85 e 130 cm, matrice grigia con screziature rossastre 25%; oltre 130 cm, matrice grigio – scura con screziature rossastre 20%.
Bergamini Tonino	E5046T0002	SMB2	no	
Bergamini Tonino	E5046T0010	SMB2	130	Idromorfia: oltre 130 cm, matrice grigia con screziature rossastre 20%.e masse ferromanganesifere.
Golinelli Luigi	E5046T0003	CTL3	no	
Tomasatti Giovanni	E5046T0004	FOR1	60	Idromorfia: oltre 60 cm, matrice grigia con screziature rossastre 35%. Orizzonti superficiali molto argillosi (argilla > 40%) con caratteristiche vertiche.
Tomasatti Giovanni	E5046T0013	FOR1	50	Idromorfia: oltre 60 cm, matrice grigia con screziature rossastre 40%; oltre 90 cm, masse ferromanganesifere 5%.
Pellati Costantino	E5046T0005	BAU1	no	
Pellati Costantino	E5046T0012	BAU4	no	
Aldrovandi Adriano	E5046T0006	CTL1	no	
Garuti Roberto	E5046T0007	SMB1	no	
Fregni Fabrizio	E5046T0008	LBA2	no	
Fregni Fabrizio	E5046T0011	SMB1	no	

Com'è possibile osservare, i rilievi hanno indicato eventuali limitazioni a carico di 3 appezzamenti: Abbottoni, Bergamini e Tomasatti, quasi tutte legate a chiare evidenze (screziature abbondanti, colori grigi di matrice, masse non cementate ferromanganesifere) di ristagno idrico in alcuni orizzonti profondi e per la maggior parte dell'anno. L'appezzamento Tomasatti presenta orizzonti con caratteristiche idromorfe

molto accentuate, manifestate a profondità tali (50 – 60 cm dal p.c.) da poter interferire negativamente con le radici dei peri. In misura minore e a profondità maggiori (75 – 85 cm dal p.c.), si osserva un’analoga situazione presso l’appezzamento Abbottoni. Si ritiene, invece, che l’orizzonte idromorfo individuato in una delle due osservazioni pedologiche effettuate presso l’appezzamento Bergamini, sia situato a profondità tali (130 cm dal p.c.), da non interferire negativamente con le piante, ma anzi è possibile che l’umidità in esso contenuta possa costituire eventualmente una riserva a disposizione delle radici nei periodi più siccitosi. Tornando all’appezzamento Tomasatti, vi è anche da sottolineare la presenza di orizzonti superficiali molto argillosi, con caratteristiche vertiche, le quali lasciano ritenere che, in assenza di irrigazioni adeguate, possano verificarsi fessurazioni piuttosto ampie e profonde nel suolo, riducendo, nel contempo, il volume di suolo esplorabile dalle radici.

3.2.4 Installazione dei piezometri e monitoraggio della falda ipodermica

La seguente fase ha avuto lo scopo di indagare, negli otto appezzamenti, la presenza di acqua libera all’interno del suolo e il suo andamento stagionale. Tali informazioni sono poi state utilizzate sia per alimentare il bilancio idrico di IrriNet, sia per evidenziare il rischio di ristagno idrico durante la fase vegetativa dei peri. Essa si è articolata in tre attività principali:

- Installazione (o riutilizzo, se presente) di un piezometro della profondità minima di 2 m in ciascuno degli appezzamenti. Il tipo di piezometri e le operazioni di posa sono state le medesime di quelle utilizzate per il posizionamento delle stazioni della rete regionale di rilievo della falda ipodermica. In sei appezzamenti (Abbottoni, Bergamini, Golinelli, Fregni, Tomasatti e Pellati), si è proceduto all’installazione di un piezometro di 3m di profondità nel pereto, lungo la fila. Presso Aldrovandi era già presente, nell’appezzamento adiacente a quello monitorato, una stazione di rilievo di falda ipodermica (la 16MO, attiva dal 2006); infine, a 100 m dall’appezzamento Garuti, era già situato da due anni un piezometro della profondità di 2 m, letto e gestito dal Consorzio Fitosanitario di Modena. Per queste due ultime aziende, pertanto, non si è effettuata alcuna ulteriore posa;
- Monitoraggio dell’altezza di falda ipodermica, tramite letture periodiche manuali eseguite durante le altre attività di campionamento negli appezzamenti, al fine di ricostruire un quadro dell’andamento medio della curva di falda nel corso dell’anno;
- Prelievo, tramite appositi strumenti (bailer), delle acque di falda, in ciascuno dei due anni e all’inizio della stagione irrigua. Le acque campionate sono poi state analizzate presso il laboratorio CER, indagando i seguenti parametri: pH, Conduttività Elettrica, Cloro, Calcio, Magnesio, Solfati, Ammonio e Nitrato. Tale attività è stata messa in atto, al fine di rilevare eventuali anomalie nella qualità delle acque di falda, soprattutto in quelle più superficiali, le quali avrebbero potuto influenzare negativamente l’approvvigionamento idrico delle piante.

Per quanto riguarda le letture manuali, ne sono state effettuate 75, nel periodo che va grosso modo dalla posa dei piezometri, a luglio-agosto 2021, fino alla fine della stagione irrigua 2022, quindi mediamente 6 per piezometro nell’arco di 13-14 mesi. I risultati ottenuti sono riportati nel grafico seguente:

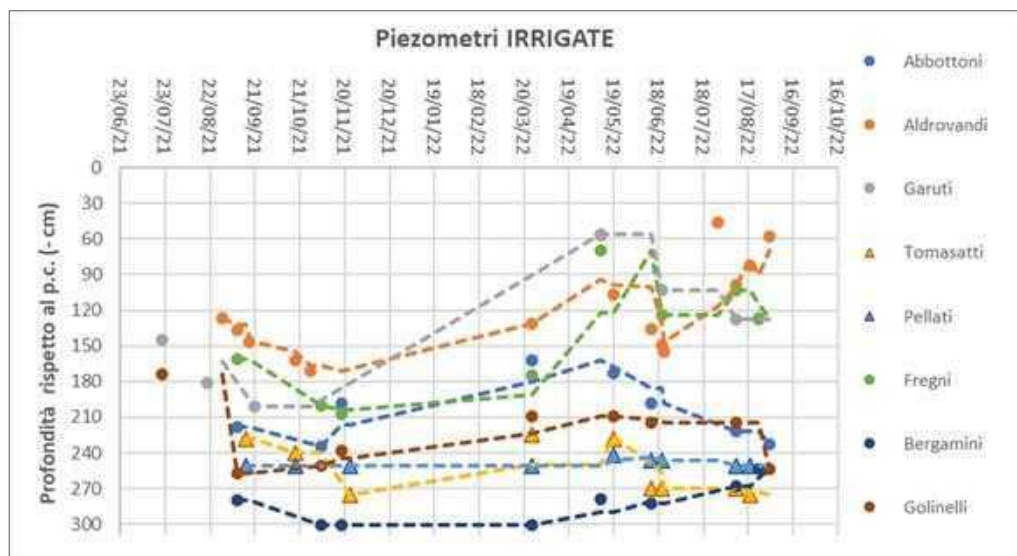


Grafico 1: Letture del livello di falda ipodermica all'interno dei piezometri installati negli otto appezzamenti, durante il periodo di monitoraggio. Le linee tratteggiate indicano l'interpolazione fra i vari punti di lettura, al fine di rappresentare un andamento medio stagionale.

Da quanto è possibile osservare, in tre appezzamenti in particolare (Aldrovandi, Garuti e, in parte, Fregni), l'altezza del livello di falda rispetto al piano campagna, nel corso della stagione irrigua, è tale da poter influenzare la coltura del pero (medie di poco superiori ai 100 cm dal p.c.). In nessuno dei tre sono stati riscontrati caratteri pedologici associabili a ristagni idrici prolungati nel suolo, più evidenti in altri appezzamenti (Abbottoni, Tomasatti). Per quanto riguarda l'esperienza diretta delle aziende, solo il conduttore dell'appezzamento Garuti aveva ipotizzato che la moria di peri riscontrata potesse essere associata alla presenza di una falda freatica abbastanza superficiale nel corso di tutto l'anno. Vi è altresì da tener conto del fatto, che quasi tutti i dati sono stati raccolti nel corso della stagione estremamente siccitosa relativa all'autunno – inverno 2021/2022.

E' quindi altamente probabile, che l'andamento del livello di falda, negli anni precedenti, fosse mediamente più alto e quindi potesse, sia giustificare gli aspetti idromorfi riscontrati negli appezzamenti Abbottoni e Tomasatti, sia fornire un non trascurabile supporto irriguo stagionale alle piante presenti negli appezzamenti con la falda più bassa (Bergamini, Pellati, Golinelli).

Per ottenere maggiori conferme, le risultanze delle letture nei piezometri sono state anche confrontate con quanto osservato nei sensori multilivello di umidità nel suolo installati negli appezzamenti e il cui andamento dei valori è osservabile nei grafici selezionabili dal portale WiNet, predisposto per il gruppo di lavoro e per le aziende agricole. Di seguito, si riporta, a titolo esemplificativo, il grafico delle curve di andamento dell'umidità (una curva ogni 10 cm) ottenuto per l'appezzamento Garuti nel periodo maggio – settembre 2022.

Il grafico mostra chiaramente come la curva verde superiore, relativa all'umidità rilevata dal sensore più profondo a 90 cm, abbia un andamento piuttosto stabile fra maggio e fine giugno, lievemente in risalita e in controtendenza rispetto alle altre curve dei valori di umidità, rilevati dai sensori più superficiali. Tale andamento si ritiene correlabile ed influenzato da quello della falda freatica, la quale, al 20 giugno 2022, era situata a 103 cm dal p.c., quindi in una posizione molto vicina al sensore.

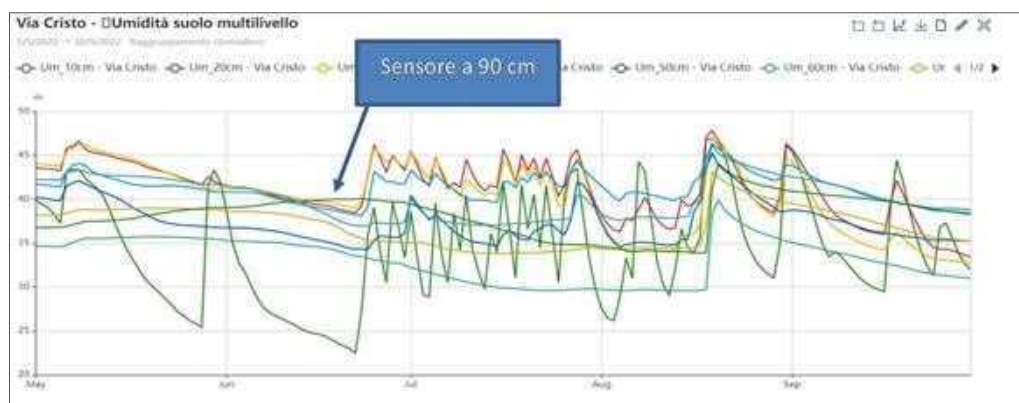


Grafico 2: Andamento delle curve relative alla % di umidità nel suolo, rilevate nell'appezzamento Garuti. La curva verde indicata dalla freccia rappresenta i valori rilevati dal sensore più profondo posizionato a 90 cm.

Un ulteriore esempio è fornito dal grafico delle curve di andamento dell'umidità per l'appezzamento Bergamini per lo stesso periodo (maggio – settembre 2022).

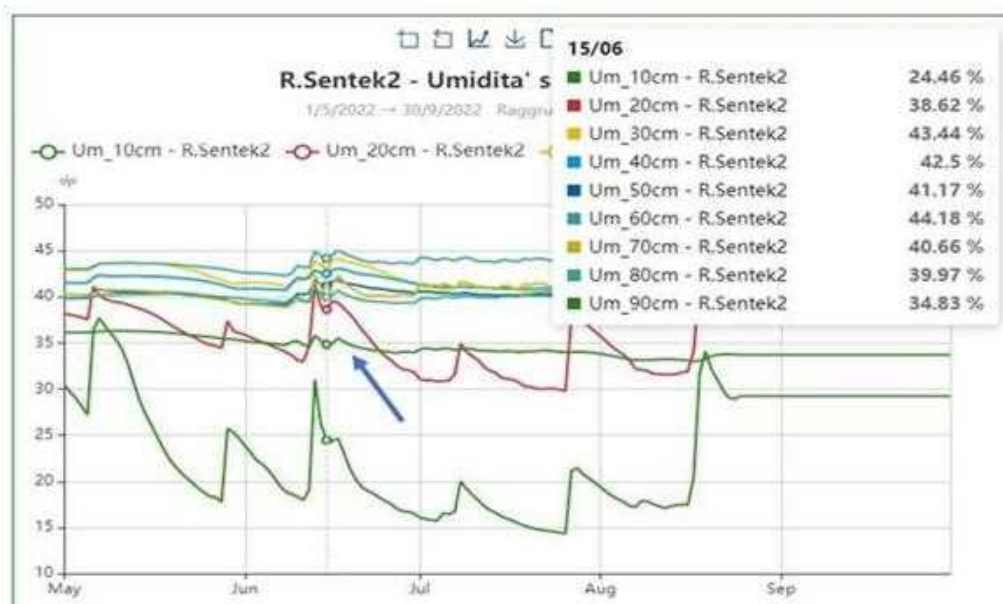


Grafico 3: Andamento delle curve relative alla % di umidità nel suolo, rilevate nell'appezzamento Bergamini. La curva verde indicata dalla freccia rappresenta i valori rilevati dal sensore più profondo posizionato a 90 cm.

In questo caso, la curva verde corrispondente ai valori di umidità rilevati dal sensore a 90 cm, indicata dalla freccia, si mantiene relativamente stabile e indica % di umidità inferiori rispetto a quelle degli strati soprastanti (non considerando quello più in superficie). La falda, effettivamente, nel periodo, si è sempre mantenuta a profondità < 250 cm e non ha quindi potuto influenzare il sensore a 90 cm, mentre quelli superiori hanno potuto rilevare maggiori umidità connesse all'infiltrazione di acque di pioggia o di irrigazione.

Per quanto riguarda l'attività di campionamento ed analisi delle acque di falda, essendo già piuttosto avanzata la stagione irrigua nel 2021, si è ritenuto più attendibile effettuare, in luogo di un solo prelievo annuo, due nello stesso anno 2022: ad inizio e a fine stagione irrigua. La tabella seguente mostra i valori riscontrati in ogni appezzamento e confrontati nelle due stagioni di prelievo: maggio e settembre.

Tabella 3: Valori analitici riscontrati nelle acque di falda dei primi 4 appezzamenti, nel corso dei due prelievi stagionali 2022. La colonna "UdM" indica l'unità di misura cui fa riferimento il valore misurato. Il termine < LoQ indica un valore molto basso, inferiore al limite di quantificazione dello strumento.

Parametro	UdM	Abbot. Mag_22	Abbot. Set_22	Berga. Mag_22	Berga. Set_22	Fregni Mag_22	Fregni Set_22	Aldrov. Mag_22	Aldrov. Set_22
T°	°C	13,6	19,4	18,0	19,2	15,4	20,9	15,2	21,9
pH	log[H ⁺]	7,03	7,03		6,99	7,01	7,10	7,20	7,08
Ecw	µS/cm	5710	5580	1040	1082	1185	757	1818	1396
Ca	mg/l	20,6	28,0		94,60	149,0	87,2	182,0	167,0
Mg	mg/l	249,0	276,0		65,10	31,0	18,4	70,4	40,8
Durezza	d H°	60,5	67,7		28,30	28,0	16,5	41,8	32,8
Cl	mg/l	286,0	329,0		51,90	43,3	69,0	132,0	97,4
SO ₄	mg/l	490,0	453,0		62,50	107,0	44,8	123,0	98,0
N-NO ₃	mg/l	14,0	0,6		0,278	64,5	3,2	29,6	24,1
N-NH ₄	mg/l	0,087	0,291		0,034	0,17	0,20	0,22	0,06
P-PO ₄	mg/l	0,023	0,087		< LoQ	1,55	0,73	0,65	0,87
Fe	mg/l					2,01		0,86	0,13

Per quanto riguarda gli altri parametri, il dato che emerge più evidente è l'elevata conducibilità elettrica (ECw), osservata sia nelle acque di falda dell'appezzamento Abbottoni (sia a maggio che a settembre valori > 5500 µS/cm), sia in quelle dell'appezzamento Tomasatti (a maggio valori > 3000 µS/cm). In Abbottoni, tale conducibilità è sicuramente da attribuirsi all'elevata concentrazione di specie ioniche quali il Mg (fra i 249 ed i 276 mg/l), solfati (> di 450 mg/l) e cloruri (fra 286 e 329 mg/l). Il basso pH lascia invece ritenere che la concentrazione di ioni sodio non sia eccessiva.

Purtroppo, lo scarso campione di acqua non ha consentito lo stesso tipo di speciazione ionica presso Tomasatti. In ogni caso, si tratta di acque tendenzialmente saline (> 2500 µS/cm e quindi sconsigliate per l'irrigazione), probabilmente connesse alla prossimità degli appezzamenti, in entrambi i casi, a zone di valle bonificata, in cui tali situazioni di falda sono frequenti. In periodi in cui la falda risale vicina alla superficie, tali acque, oltre a salinizzare il suolo, possono creare problemi di assorbimento alle radici, determinandone, in casi gravi, la disidratazione.

Ancora degno di nota, il valore di 64,5 mg/l in ioni nitrato riscontrato a maggio 2022 nelle acque di falda dell'appezzamento Fregni. Tale valore, è superiore alle norme relative al buono stato delle acque sotterranee (richiesti < 50 mg/l dal DM 260/10), ma, nella falda freatica della pianura emiliano-romagnola, valori di questo tipo o superiori sono frequenti. In ogni caso, un'elevata concentrazione di nitrati in tali acque potrebbe, tutt'al più, aumentarne il potere fertilizzante.

Per quanto riguarda tutti gli altri campioni di acque prelevati, non sono stati riscontrati valori particolarmente anomali.

Conclusioni

L'analisi incrociata degli aspetti del suolo e della falda freatica, presenti negli otto appezzamenti studiati, lascia ritenere che l'aspetto maggiormente limitante per le piante, com'è del resto consueto in aree di medio-bassa pianura, sia l'eccessivo contenuto idrico durante il periodo vegetativo. Il quadro complessivo è sintetizzato nella tabella seguente:

Tabella 5: Elenco degli appezzamenti, delle possibili limitazioni all'approfondimento radicale e della profondità a cui esse possono manifestarsi.

Azienda	Possibile limitazione	Profondità stimata (cm)	UTS
Abbottoni Paola	Ristagno idrico in orizzonti profondi; salinità delle acque > 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.	75 - 85 cm	PRD1
Bergamini Tonino	Nessuna		SMB2
Golinelli Luigi	Nessuna		CTL3
Tomasatti Giovanni	Ristagno idrico in orizzonti profondi; salinità delle acque > 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; orizzonti superficiali argillosi con caratteristiche vertiche.	50 - 60 cm	FOR1
Pellati Costantino	Nessuna		BAU1
Aldrovandi Adriano	Falda freatica superficiale	< 100 cm	CTL1
Garuti Roberto	Falda freatica superficiale	< 110 cm	SMB1
Fregni Fabrizio	Falda freatica superficiale	< 110 cm	SMB1

In sintesi, in tre appezzamenti (Bergamini, Golinelli e Pellati), non sono state osservate limitazioni idrologiche e pedologiche di intensità tale da influenzare negativamente la coltura del pero.

In altri tre appezzamenti (Aldrovandi, Garuti e Fregni), la falda freatica, in base a quanto desunto dalle misure piezometriche, potrebbe rimanere situata nel periodo vegetativo attorno ai 100 – 110 cm ed è difficile stabilire, tenendo anche conto dell'influenza della frangia capillare, se tale situazione comporti più un rischio di asfissia per le radici delle piante o non costituisca piuttosto una riserva aggiuntiva in periodi siccitosi.

Le situazioni più critiche sono state riscontrate a carico dei due appezzamenti Abbottoni e Tomasatti. Nel primo, oltre alle evidenti caratteristiche idromorfe degli orizzonti a 75 – 85 cm di profondità, risulta degna di attenzione l'elevata salinità della falda freatica, anche se riscontrata sempre a profondità > 150 cm dal p.c., in quanto sporadiche risalite possono comunque determinare una graduale salinizzazione del suolo.

Per quanto riguarda infine l'appezzamento Tomasatti, vi sono caratteristiche pedologiche negative sia a carico degli orizzonti superficiali (molto argillosi e con aspetti vertici) sia di quelli profondi (aspetti di intensa idromorfia già a 50 – 60 cm di profondità). Anche la salinità delle acque di falda, seppur inferiore rispetto a quella presente nell'appezzamento Abbottoni, richiede comunque attenzione.

3.2.5 Misura delle variazioni di tessitura, umidità del suolo, vigoria e stress idrico delle piante

Negli appezzamenti del progetto, si è provveduto alla misura delle variazioni areali di conducibilità elettrica nel suolo, tramite l'utilizzo di uno strumento a induzione elettromagnetica.

La sonda ad induzione elettromagnetica EM38 (Geonics) rileva la conducibilità elettrica apparente e la suscettibilità magnetica nel suolo, con una profondità d'investigazione massima di circa 1,5 m. Lo strumento può essere utilizzato in due posizioni: verticale ed orizzontale. Nella posizione orizzontale la profondità di esplorazione raggiunge i 0,75 m, mentre in posizione verticale profondità d'investigazione massima di circa 1,5 m.

Lo strumento, utilizzato in movimento, effettua una serie di rilievi ad intervalli regolari di tempo i cui valori vengono acquisiti tramite pc palmare dotato di GPS. Ciò consente la ricostruzione su mappa delle variazioni osservate. Esse dipendono principalmente dai parametri tessitura del suolo, % di umidità nel terreno e salinità, oppure da una combinazione di questi.

Le condizioni fisiologiche e di sviluppo biomassa vegetale sono state investigate attraverso rilievo tramite droni. I sensori installati sui 2 droni utilizzati sono:

- sensore SEQUOIA multispettrale a 4 bande (RED, GREEN, RED-EDGE, NIR) e sensore RGB installato su drone PARROT BLUEGRASS
- sensore TERMICO FLIR Lepton 3.5 (radiometrico) e sensore RGB installato su drone ANAFI THERMAL

I dati ottenuti attraverso l'utilizzo in campo della piattaforma di pilotaggio del drone PIX4D CAPTURE sono stati utilizzati, per le attività di post-processamento delle immagini, attraverso software di ortofotogrammetria PIX4D MAP.

I rilievi in campo sono stati eseguiti nelle annate 2021 e 2022 e sono riportati nella tabella 6.

Durante le attività di rilievo, sono state riscontrate alcune limitazioni tecnico-operative quali, in particolare, la presenza in alcune aziende, di rete ombreggianti, le quali avrebbero potuto inficiare il rilievo multispettrale e, talvolta, condizioni meteorologiche non adatte al volo dei droni, quali la presenza di venti superiori ai 6-8 m/s.

I risultati dei rilievi sono riportati nella sezione della relazione tecnica al punto 3.4.1 relativa alle analisi geostatistiche.

Tabella 6: Elenco degli strumenti di rilievo utilizzati per ogni appezzamento e per ogni periodo. B = drone PARROT Bluegrass, P = drone PARROT ANAFI THERMAL, E = EM38 Geonics

Azienda	Abbottoni Paola	Aldrovandi Adriano	Bergamini Tonino	Fregni Fabrizio	Garuti Roberto	Golinelli Luigi	Pellati Costantino	Tomasatti Giovanni
03/08/2021	B-P-E	E	P-E	P-E				
05/08/2021							B-E	E
11-12/08/2021		B-P	B		P-E	P-E		
09/09/2021						B		
04/05/2022		P	P	B-P	B-P			
10/05/2022		B-E	E	E				
19/05/2022	B-P-E					B-P-E	B-E	B-E
18/08/2022							B-E	B-E
24/08/2022			B-P-E	B-E	B-E			
31/08/2022	B-E	B-P-E				B-P-E		



Figura 3: Rilievo con EM38 e pereto coperto da reti nell'appezzamento Abbottoni.



Figura 4: Installazione piezometro e caratterizzazione pedologica

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.
---	--

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Quadro CER	Realizzazione	43	15	645,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00

	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	10	270,00
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	12	234,00
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	15,5	302,25
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	12,75	248,63
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	17	331,50
	Impiegato tecnico	Prelievo campioni in campo	27	232	6.264,00
	Impiegato tecnico	Prelievo campioni in campo	27	32	864,00
	OTD	Prelievo campioni in campo	19,5	88	1.716,00
	Impiegato tecnico	Prelievo campioni in campo	27	224	6.048,00
Totale:					20.163,38

2.5 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate /ruolo nel progetto	Costo
	10.044,00	3.2.3 Caratterizzazione pedologica	10.044,00
Totale:			10.044,00

CONSULENZE - SOCIETA'

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate /ruolo nel progetto	Costo
Consorzio Fitosanitario di Modena		12.000,00	3.2.1 Indagine fitosanitaria	12.000,00
Università Politecnica delle Marche		20.000,00	3.2.2 Indagine sull'attività radicale e microbiologica del suolo	20.000,00
Totale:				32.000,00

AZIONE 3.3 – PROVE IRRIGUE CON TECNICHE ALTERNATIVE A QUELLE TRADIZIONALI

2.1 Attività e risultati

Azione 3.3	PROVE IRRIGUE CON TECNICHE ALTERNATIVE A QUELLE TRADIZIONALI																																																																																																																																
Unità aziendale responsabile	CER																																																																																																																																
Descrizione attività	3.3.1 Impostazione delle prove All'interno delle 8 aziende agricole individuate in precedenza sono state selezionate appezzamenti, o porzioni di frutteto, corrispondenti a settori irrigui indipendenti, sulle quali è stata gestita l'irrigazione tramite consiglio irriguo del DSS Irriframe. È stata fatta una verifica preliminare degli impianti irrigui presenti, al fine di poter escludere possibili cause di disformità di distribuzione dei volumi irrigui negli appezzamenti in prova: tutti gli impianti irrigui selezionati sono costituiti da materiale di buona qualità ed elementi erogatori che nella maggior parte dei casi sono di tipo auto compensante. Sono risultati tutti perlopiù presenti nella lista di raccomandazione dei materiali microirrigui del CER, con valori di coefficiente di variazione buoni o molto buoni (CV<5%) e una conseguente elevata uniformità di distribuzione (C.U. %). Tutti gli appezzamenti oggetto della sperimentazione sono stati registrati al portale Irriframe per la gestione del bilancio idrico. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Azienda</th><th>Portinnesto</th><th>Anno impianto</th><th>Sesto d'impianto (m)</th><th>Impianto irriguo</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Golinelli</td><td>BA29</td><td>2005</td><td>1,9 x 3,9</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Golinelli</td><td>BA29</td><td>2017</td><td>1,2 x 4</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Golinelli</td><td>Franco</td><td>2002</td><td>1,9 x 3,9</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Abbottoni</td><td>Farold</td><td>2004</td><td>2 x 3,8</td><td>Microsprinkler</td></tr> <tr><td>Abbottoni</td><td>BA29</td><td>2004</td><td>1,2 x 3,8</td><td>Microsprinkler</td></tr> <tr><td>Abbottoni</td><td>Sydo</td><td>2004</td><td>1,2 x 3,8</td><td>Microsprinkler</td></tr> <tr><td>Fregni</td><td>BA29</td><td>2017</td><td>1 x 3,9</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Garuti</td><td>BA29</td><td>2011</td><td>1,3 x 3,5</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Garuti</td><td>Franco</td><td>2011</td><td>1,3 x 3,5</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Bergamini</td><td>Farold 40</td><td>2011</td><td>1,95 x 4</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Bergamini</td><td>Sydo</td><td>2011</td><td>1,95 x 4</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Tomasatti</td><td>MA</td><td>2010</td><td>1 x 3,8</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Tomasatti</td><td>Sydo</td><td>2011</td><td>1 x 3,8</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Tomasatti</td><td>BA29</td><td>2011</td><td>1 x 3,8</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Pellati</td><td>BA29</td><td>2014</td><td>0,4 x 3</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Pellati</td><td>C</td><td>2014</td><td>0,4 x 3</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Pellati</td><td>Sydo</td><td>2014</td><td>0,4 x 3</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Pellati</td><td>BA29</td><td>2015</td><td>0,4 x 3</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Pellati</td><td>Cotogno C</td><td>2015</td><td>0,4 x 3</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Aldrovandi</td><td>Sydo</td><td>2003</td><td>1 x 3</td><td>Ala gocciolante</td></tr> <tr><td>Aldrovandi</td><td>MH</td><td>2012</td><td>1 x 3</td><td>Ala gocciolante + rotolone</td></tr> <tr><td>Aldrovandi</td><td>MA</td><td>2011</td><td>1 x 3</td><td>Ala gocciolante + rotolone</td></tr> <tr><td>Aldrovandi</td><td>MC</td><td>2011</td><td>1 x 3</td><td>Ala gocciolante + rotolone</td></tr> <tr><td>Aldrovandi</td><td>BA29</td><td>2020</td><td>1 x 3</td><td>Microsprinkler</td></tr> </tbody> </table>				Azienda	Portinnesto	Anno impianto	Sesto d'impianto (m)	Impianto irriguo	Golinelli	BA29	2005	1,9 x 3,9	Ala gocciolante	Golinelli	BA29	2017	1,2 x 4	Ala gocciolante	Golinelli	Franco	2002	1,9 x 3,9	Ala gocciolante	Abbottoni	Farold	2004	2 x 3,8	Microsprinkler	Abbottoni	BA29	2004	1,2 x 3,8	Microsprinkler	Abbottoni	Sydo	2004	1,2 x 3,8	Microsprinkler	Fregni	BA29	2017	1 x 3,9	Ala gocciolante	Garuti	BA29	2011	1,3 x 3,5	Ala gocciolante	Garuti	Franco	2011	1,3 x 3,5	Ala gocciolante	Bergamini	Farold 40	2011	1,95 x 4	Ala gocciolante	Bergamini	Sydo	2011	1,95 x 4	Ala gocciolante	Tomasatti	MA	2010	1 x 3,8	Ala gocciolante	Tomasatti	Sydo	2011	1 x 3,8	Ala gocciolante	Tomasatti	BA29	2011	1 x 3,8	Ala gocciolante	Pellati	BA29	2014	0,4 x 3	Ala gocciolante	Pellati	C	2014	0,4 x 3	Ala gocciolante	Pellati	Sydo	2014	0,4 x 3	Ala gocciolante	Pellati	BA29	2015	0,4 x 3	Ala gocciolante	Pellati	Cotogno C	2015	0,4 x 3	Ala gocciolante	Aldrovandi	Sydo	2003	1 x 3	Ala gocciolante	Aldrovandi	MH	2012	1 x 3	Ala gocciolante + rotolone	Aldrovandi	MA	2011	1 x 3	Ala gocciolante + rotolone	Aldrovandi	MC	2011	1 x 3	Ala gocciolante + rotolone	Aldrovandi	BA29	2020	1 x 3	Microsprinkler
Azienda	Portinnesto	Anno impianto	Sesto d'impianto (m)	Impianto irriguo																																																																																																																													
Golinelli	BA29	2005	1,9 x 3,9	Ala gocciolante																																																																																																																													
Golinelli	BA29	2017	1,2 x 4	Ala gocciolante																																																																																																																													
Golinelli	Franco	2002	1,9 x 3,9	Ala gocciolante																																																																																																																													
Abbottoni	Farold	2004	2 x 3,8	Microsprinkler																																																																																																																													
Abbottoni	BA29	2004	1,2 x 3,8	Microsprinkler																																																																																																																													
Abbottoni	Sydo	2004	1,2 x 3,8	Microsprinkler																																																																																																																													
Fregni	BA29	2017	1 x 3,9	Ala gocciolante																																																																																																																													
Garuti	BA29	2011	1,3 x 3,5	Ala gocciolante																																																																																																																													
Garuti	Franco	2011	1,3 x 3,5	Ala gocciolante																																																																																																																													
Bergamini	Farold 40	2011	1,95 x 4	Ala gocciolante																																																																																																																													
Bergamini	Sydo	2011	1,95 x 4	Ala gocciolante																																																																																																																													
Tomasatti	MA	2010	1 x 3,8	Ala gocciolante																																																																																																																													
Tomasatti	Sydo	2011	1 x 3,8	Ala gocciolante																																																																																																																													
Tomasatti	BA29	2011	1 x 3,8	Ala gocciolante																																																																																																																													
Pellati	BA29	2014	0,4 x 3	Ala gocciolante																																																																																																																													
Pellati	C	2014	0,4 x 3	Ala gocciolante																																																																																																																													
Pellati	Sydo	2014	0,4 x 3	Ala gocciolante																																																																																																																													
Pellati	BA29	2015	0,4 x 3	Ala gocciolante																																																																																																																													
Pellati	Cotogno C	2015	0,4 x 3	Ala gocciolante																																																																																																																													
Aldrovandi	Sydo	2003	1 x 3	Ala gocciolante																																																																																																																													
Aldrovandi	MH	2012	1 x 3	Ala gocciolante + rotolone																																																																																																																													
Aldrovandi	MA	2011	1 x 3	Ala gocciolante + rotolone																																																																																																																													
Aldrovandi	MC	2011	1 x 3	Ala gocciolante + rotolone																																																																																																																													
Aldrovandi	BA29	2020	1 x 3	Microsprinkler																																																																																																																													

Al fine di monitorare adeguatamente ed in maniera puntuale le strategie irrigue, per ciascuna azienda è stata allestita una rete di monitoraggio costituita da stazioni agrometeorologiche dotate di sensori per l'acquisizione delle variabili puntuali del bilancio idrico (piogge, temperatura, umidità dell'aria, radiazione e vento per il calcolo dell'evapotraspirazione, profondità della falda ipodermica) e sensori di umidità multilivello per l'acquisizione del profilo di umidità e temperatura del suolo fino a 90 cm con un dettaglio spaziale di 10 cm. Tali strumentazioni, una volta installate, sono state collegate in rete per registrare ed inviare i dati con passo orario.

Per permettere l'aggiornamento del bilancio idrico di Irriframe in automatico, è stato validato un protocollo di comunicazione web-API per acquisire i dati delle variabili misurate ed aggiornare il bilancio idrico sul server Irriframe. Il consiglio irriguo, che è frutto del risultato del bilancio idrico calcolato ogni giorno con i dati meteorologici, pedologici e di falda ipodermica, integrato con i dati della sensoristica sopra descritta, ha permesso il monitoraggio costante delle esigenze irrigue giornaliere.

3.3.2 Gestione degli apporti irrigui

Durante il primo anno di progetto (2021) sono state condotte tutte le attività preliminari per l'acquisizione dei dati relativi agli appezzamenti, l'installazione dei sensori e delle stazioni meteo ed il test e la configurazione della rete di monitoraggio per l'interazione con il server Irriframe. Il monitoraggio del contenuto idrico del suolo, effettuato nelle settimane successive all'installazione dei sensori (metà luglio) ha permesso di trarre tutte le informazioni utili alla gestione irrigua, con particolare riferimento alle soglie irrigue ed al volume massimo di intervento in base al sistema irriguo adottato (goccia/sprinkler).

Sono pertanto state tarate e allineate le soglie di intervento e di fine irrigazione del servizio irrigazione Irriframe, con quelle ottenute dai sensori di umidità multilivello: queste danno la % d'acqua ogni 10 cm di profondità (restituendo quindi i mm d'acqua presenti in uno strato di 100 mm per ogni orizzonte preso in considerazione). Sono quindi stati fissati i mm corrispondenti alla soglia di intervento irriguo, al cosiddetto "full point", prossimo alla capacità idrica di campo al termine dell'irrigazione, ed una soglia di stress, sulla base dell'andamento della curva di umidità del sensore, da utilizzare per la gestione irrigua nel 2022.

Nella stagione irrigua 2022 è stato monitorato il contenuto idrico del suolo tramite l'applicativo Irriframe integrato con i dati delle stazioni meteo ed il dato puntuale di umidità derivante dalle misurazioni dei sensori multilivello installati in ogni appezzamento: Irriframe prevede di prendere in carico il dato correttivo del sensore, utilizzando un algoritmo di validazione e assimilazione del dato.

Tenuto conto delle informazioni raccolte, il confronto con gli agricoltori è servito per definire le linee guida per la gestione dell'irrigazione sui settori irrigui selezionati ed uniformare la gestione irrigua alle prescrizioni stabilite.

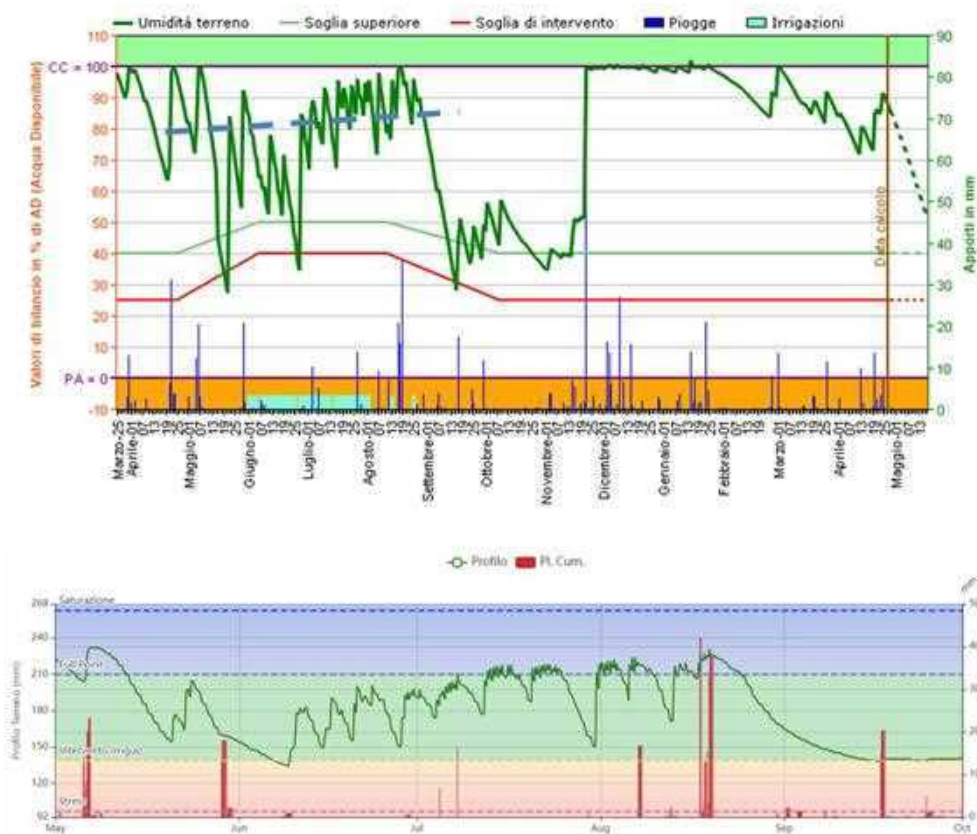
Di seguito, per ciascuna azienda, sono riportati i volumi irrigui stagionali, i grafici del bilancio idrico risultante di Irriframe integrato con la sensoristica IoT, e l'andamento dell'umidità del terreno rilevata dai sensori (mm di acqua su 500 mm di terreno) ed il confronto tra consumi di Evapotraspirazione stimati dal DSS e misurati dai sensori.

Azienda Golinelli

All'interno dell'area presa in considerazione per la sperimentazione irrigua ricadono due appezzamenti di Pero, Abate Fetel, su 2 tipologie di portinnesto, BA29 ed Autoradicato (Franco). L'irrigazione viene gestita tramite impianto irriguo a goccia. Di

seguito si riporta l'andamento del bilancio idrico in funzione dell'andamento meteo stagionale, delle irrigazioni ricevute e l'aggiornamento del parametro di umidità tramite acquisizione del profilo di umidità negli strati interessati. Come è possibile osservare dalla figura che segue, le irrigazioni sono state costanti, frazionate con interventi irrigui frequenti e con volumi contenuti (3,3 mm per intervento). In tutto sono stati effettuati 34 interventi irrigui per un totale di 113 mm distribuiti dal 01/06 al 25/08.

Selezionando la parte di grafico interessata dalla stagione irrigua 2022, è possibile notare un andamento dell'umidità che è stato mantenuto prudenzialmente ad un livello sub ottimale per la coltura, tra la soglia di intervento irriguo e la Capacità idrica di campo, integrando i consumi delle piante durante l'intera stagione, come mostra il trend della linea tratteggiata praticamente orizzontale. La soglia superiore, parallela alla soglia di intervento, serve per indicare all'utente il volume di adacquata in base al tipo di impianto irriguo (molto ravvicinate come in questo caso nella goccia, per dare volumi ridotti e turni frequenti, più distanti se si vuole intervenire con turni più lunghi e volumi maggiori).



Per validare la precisione del DSS Irriframe nella stima dei consumi della coltura del pero, è stata presa in considerazione la curva che descrive l'andamento dell'umidità nello strato interessato dalle radici (mm di acqua nel profilo 0-50 cm): si sono presi in considerazione intervalli temporali indisturbati successivi a piogge o irrigazioni, considerando pertanto solo la fase di disidratazione del suolo, ed è stato confrontato il consumo d'acqua in mm misurato, ottenuto moltiplicando l'umidità % rilevata dal sensore per la profondità a cui si riferisce e poi sommando le misure dei vari sensori, con lo stesso consumo stimato dal DSS Irriframe nel periodo corrispondente.

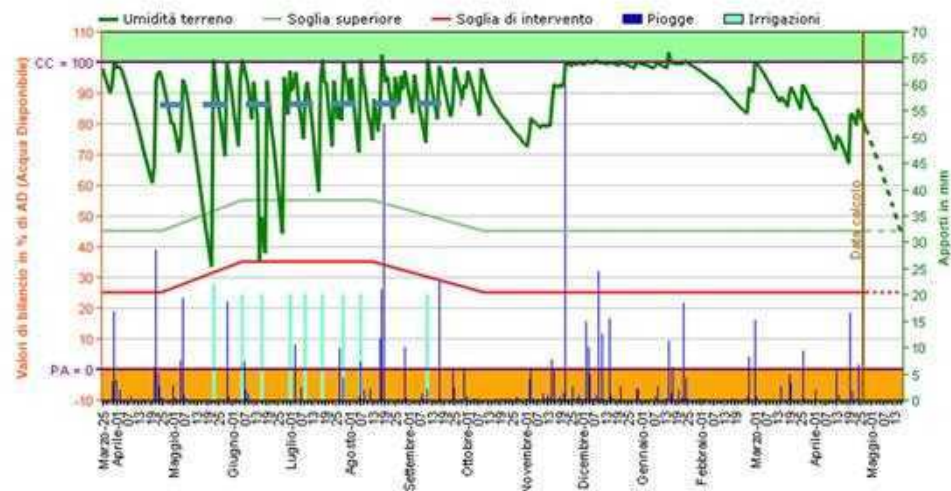
Nella tabella che segue è descritto tale confronto. Si osserva una buona correlazione tra valori osservati e stimati da Irriframe.

Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
12/06 – 15/06	29	23,8
18/06 – 20/06	26,4	18,3
23/06 – 28/06	45,5	35,8
01/07 – 04/07	24	26,2
07/07 – 12/07	34	33,5
18/07 – 20/07	19	18,5
25/08 – 31/08	38	29,3

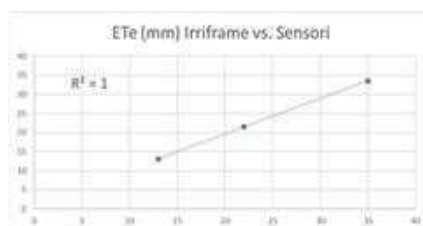


Azienda Abbottoni

All'interno dell'area presa in considerazione per la sperimentazione irrigua vi sono tre appezzamenti di Abate Fétel, messi a dimora nel 2004 su 3 tipologie di portinnesto, Farold, BA29 e Sydo. L'irrigazione viene gestita tramite impianto irriguo a spruzzo. Durante la stagione irrigua 2022 sono stati distribuiti in tutto 182 mm di irrigazione dal 22/05 al 11/09 e ripartiti tramite 9 interventi irrigui mediamente da 20 mm. Anche in questo caso si vede che le irrigazioni hanno compensato i consumi (linea tratteggiata tendenzialmente orizzontale). Si osserva una ottima correlazione tra valori osservati e stimati da Irriframe nei periodi presi in considerazione (r^2 prossimo a 1).

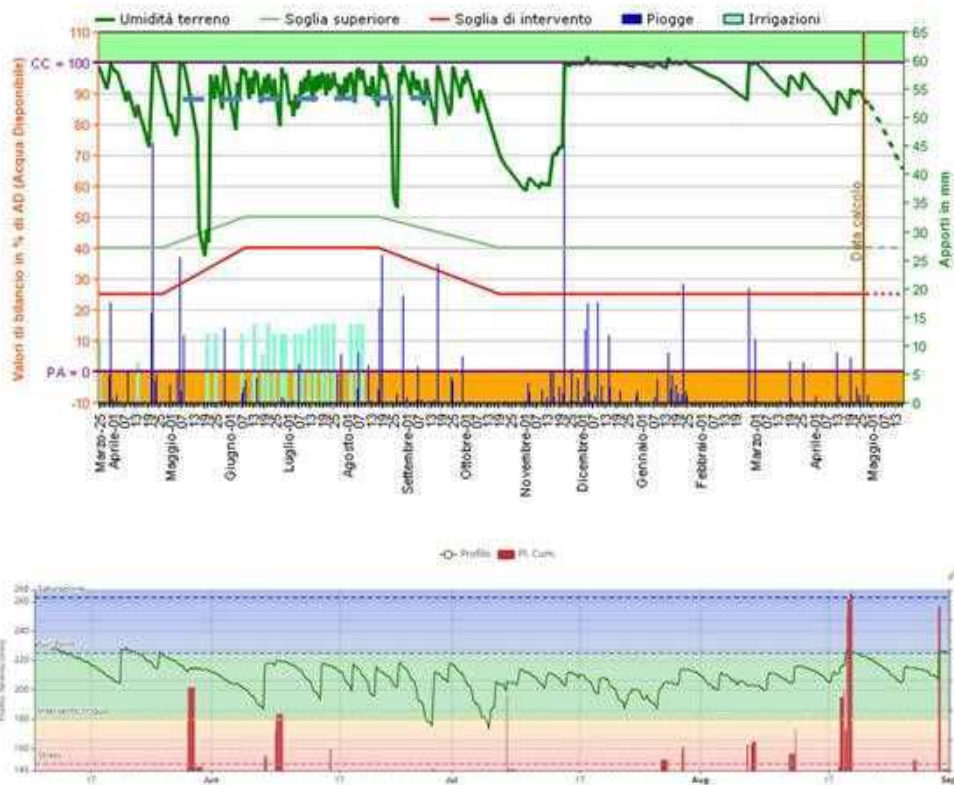


Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
19/06 – 27/06	35	33,6
18/07 – 24/07	22	21,6
02/08 – 06/08	13	13,1

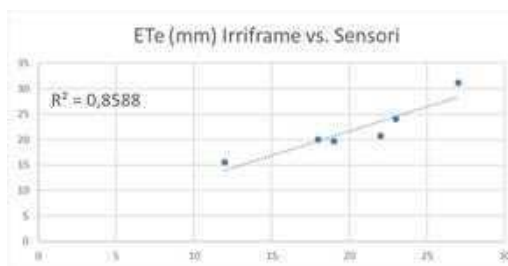


Azienda Fregni

È stato selezionato un settore irriguo nel quale insiste un impianto di Pero del 2017 con cv Abate su portinnesto BA29. L'irrigazione è stata gestita tramite impianto a goccia. In tutto sono stati distribuiti 240 mm per irrigazione distribuiti in 19 interventi dal 20/05 sino al 9/08. Anche in questo caso l'umidità è stata mantenuta costante nella stagione, con un'ottima correlazione tra valori stimati dal DSS e quelli misurati dai sensori (r^2 0.86).

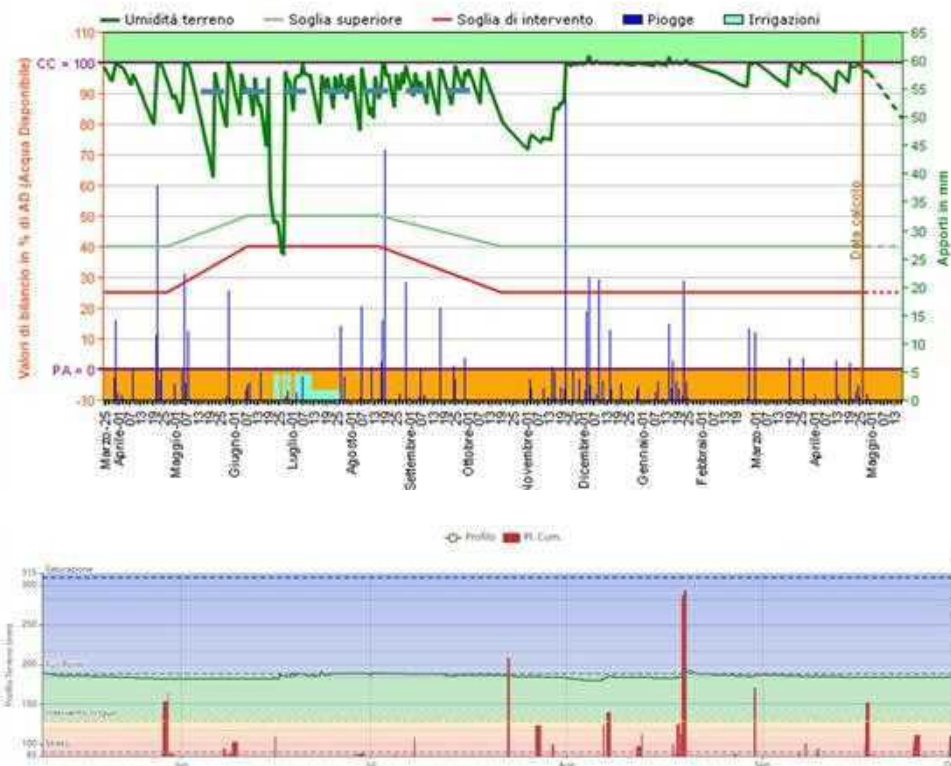


Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
20/05 – 25/05	18	20
25/05 – 28/05	12	15,6
30/05 – 07/06	27	31,14
10/06 – 14/06	23	24
14/06 – 18/06	19	19,66
18/06 – 21/06	22	20,75



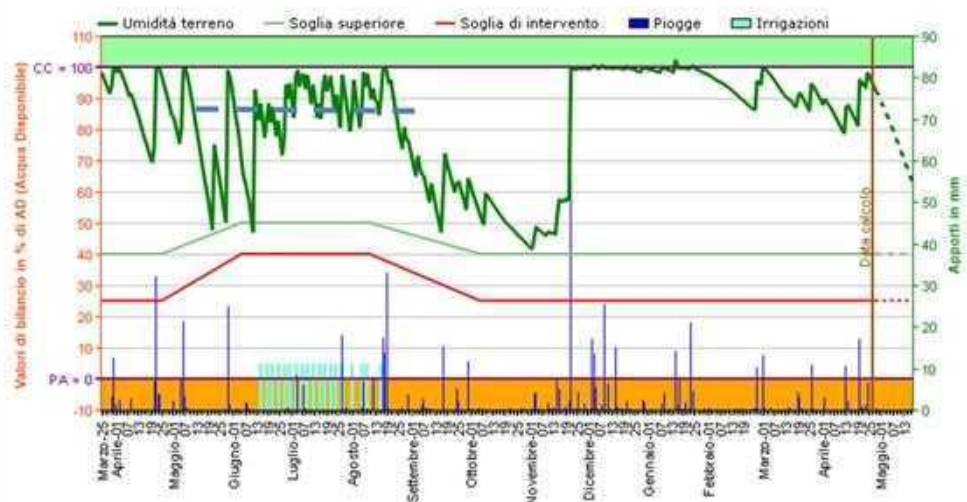
Azienda Garuti

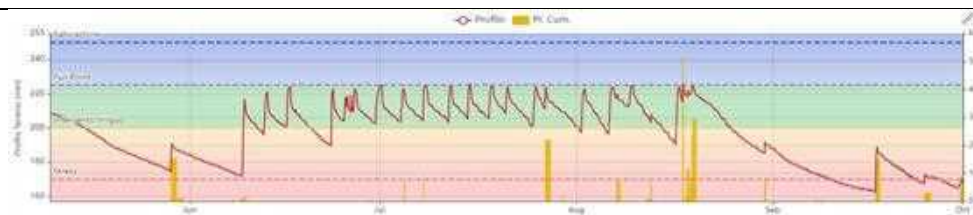
All'interno dell'area presa in considerazione per la sperimentazione irrigua ricade un Pereto del 2011 della cultivar Abate Fetel su 2 tipologie di portinnesto, BA29 e Franco. L'irrigazione è stata gestita tramite impianto irriguo a goccia. Durante la stagione irrigua 2022 sono stati distribuiti in tutto 160 mm di irrigazione dal 01/06 al 26/07 in questo caso con restituzioni frequenti, attuando la tecnica dell'ultralow drip irrigation, frazionando gli interventi irrigui in diversi intervalli durante la giornata, con orari e volumi contenuti. Questo ha consentito di mantenere particolarmente costante l'umidità nel terreno, come mostrato sia dai grafici del bilancio idrico e confermato dai sensori multilivello: i volumi irrigui erogati erano perfettamente corrispondenti all'evapotraspirazione effettiva del pereto.



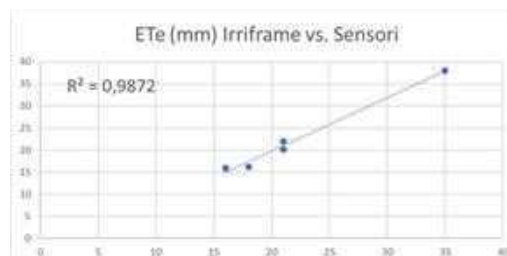
Azienda Bergamini

È stato selezionato un settore irriguo con ali gocciolanti, all'interno del quale coesistono due impianti di abate messi a dimora nel 2011, su due differenti portinnesti, Sydo e farold 40: la gestione irrigua è stata la medesima per i due portinnesti, con un volume stagionale di 2090 mc/ha, distribuiti in 19 interventi da 11 mm, dal 13 giugno al 15 agosto. Dal grafico dei sensori si vede che il terreno perde acqua velocemente nelle ore immediatamente successive all'irrigazione, probabilmente per percolazione: si potrebbe frazionare l'irrigazione in due turni per evitarlo. Anche in questo caso comunque l'umidità è stata mantenuta costante nella stagione, con un'ottima correlazione tra valori stimati dal DSS e quelli misurati dai sensori (r^2 0.98).



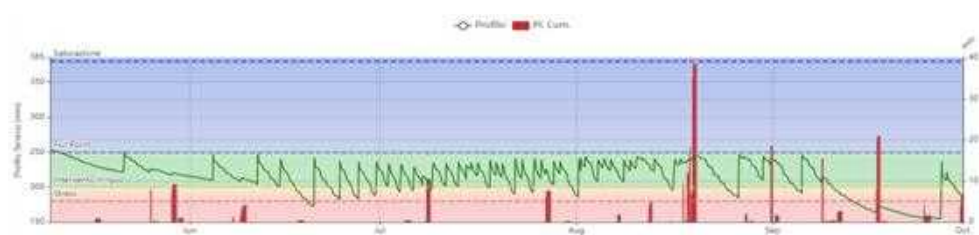
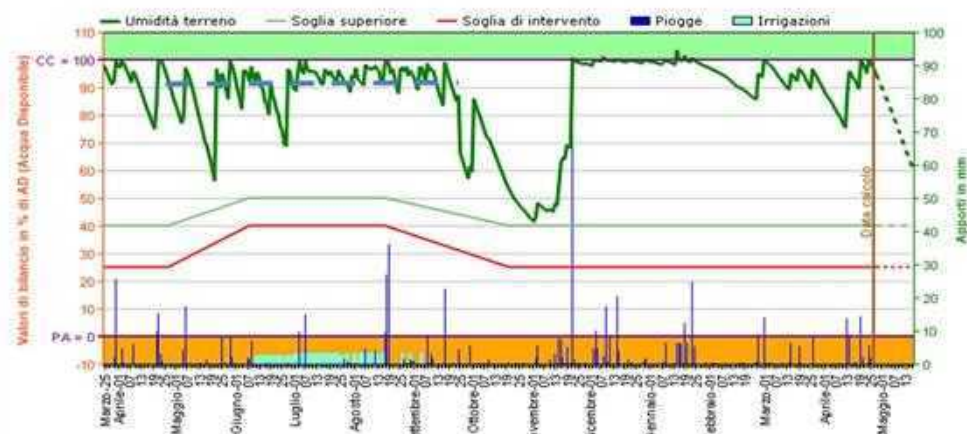


Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
09/06 – 12/06	16	16
13/06 – 16/06	21	22
16/06 – 23/06	35	38
08/07 – 11/07	21	20,1
15/07 – 18/07	18	16,24

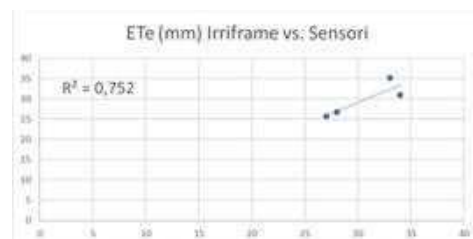


Azienda Tomasatti

È stato selezionato un settore irriguo con ali gocciolanti, all'interno del quale coesistono tre impianti di abate messi a dimora nel 2010 su MA, e nel 2011 su Sydo e BA29. Il settore, irrigato da canale del Consorzio Bonifica, presenta un terreno molto disforme: la gestione irrigua è stata la medesima per i tre portinnesti, dall'11/06 al 10/09, cercando di evitare eccessi idrici, con 52 interventi di 2.5-3.3 mm giornalieri, per un volume irriguo totale di 153 mm.



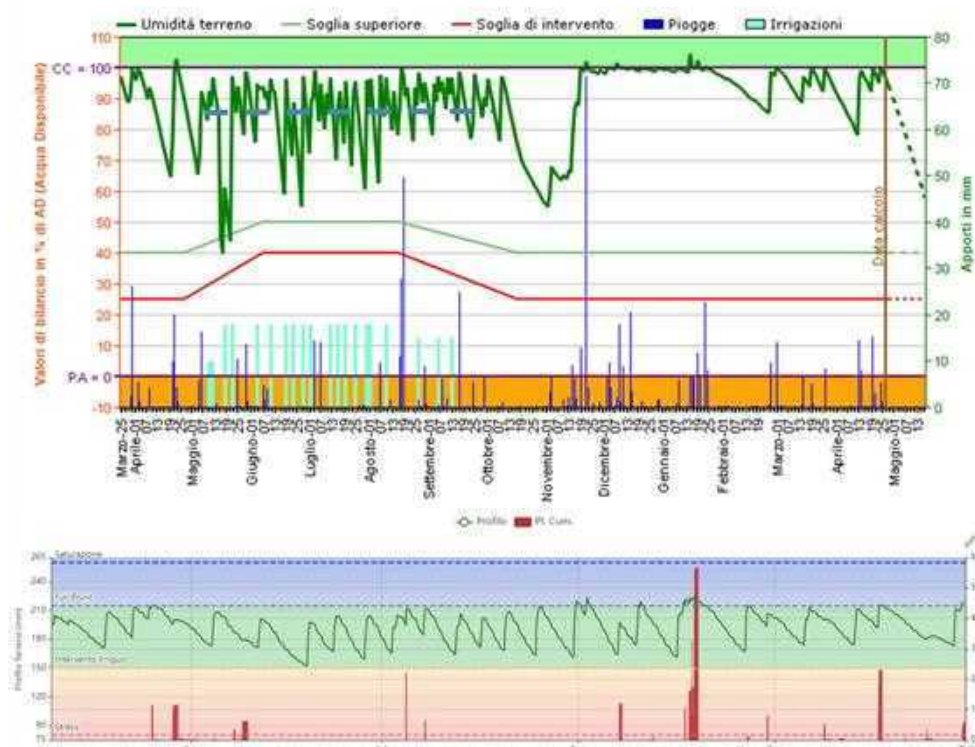
Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
15/06 – 23/06	34	31
25/06 – 29/06	28	26.7
03/07 – 08/07	33	35.2
08/07 – 11/07	27	25.7



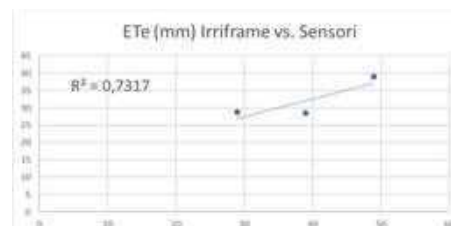
Valgono le stesse considerazioni fatte per le aziende precedenti, con buone correlazioni tra irrigazioni, consumi per evapotraspirazione effettiva, Irriframe e sensori.

Azienda Pellati

In azienda sono presenti diversi settori irrigui con ali gocciolanti, con la cv. Abate su differenti portinnesti, nel primo fondo BA29 e C del 2014, nel secondo Sydo, Adams, BA29 e Cotogno C. del 2015, di fianco al Po di Volano: per tutti si è seguita la gestione idrica integrata Irriframe/sensori, dal 10/05 al 13/09, con un volume irriguo totale di 334 mm in 20 interventi irrigui.



Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
12/06 – 19/06	49	39
19/06 – 23/06	29	28,75
28/06 – 02/07	39	28,5



Anche in questo sito valgono le stesse considerazioni fatte per le aziende precedenti, con buone correlazioni tra irrigazioni, consumi per evapotraspirazione effettiva, Irriframe e sensori.

Azienda Aldrovandi

L'azienda presenta numerosi appezzamenti di Pero, Abate Fetel, differenti per età, tipo di irrigazione e portinnesto: MA e MC (del 2011), MH (del 2012), irrigati a goccia, integrati con interventi ad aspersione con il rotolone in caso di prolungati periodi siccitosi e temperature elevate. Sono presenti anche un pereto vecchio su Sydo (del 2003) irrigato a goccia, e un pereto giovane in fase di allevamento (del 2020) su BA29, irrigato con micro-sprinkler. Si riportano i bilanci di Irriframe, le irrigazioni effettuate e i grafici dei sensori posizionati sui campi di MH, MA ed MC

MH-MC



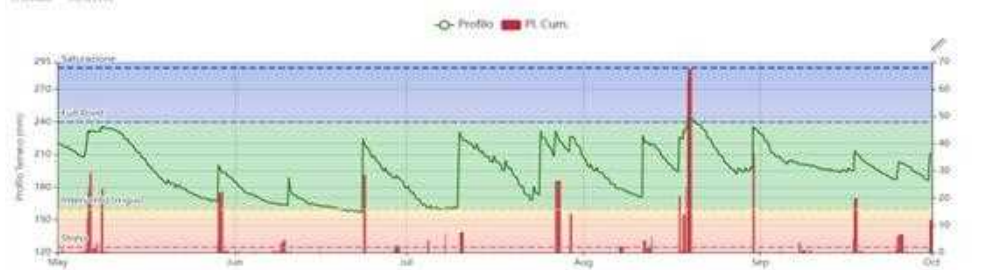
MA



Portinnesto	Periodo	Irrigazione a goccia mm	Irrigazione climatizzante Asperzione mm
MH	20/05 – 27/07	88 in 9 interventi	190
MC	20/05 – 27/07	88 in 9 interventi	160
MA	22/05 – 15/08	191 in 17 interventi	80

ABATE MH

15/05/2022 – 30/09/2022



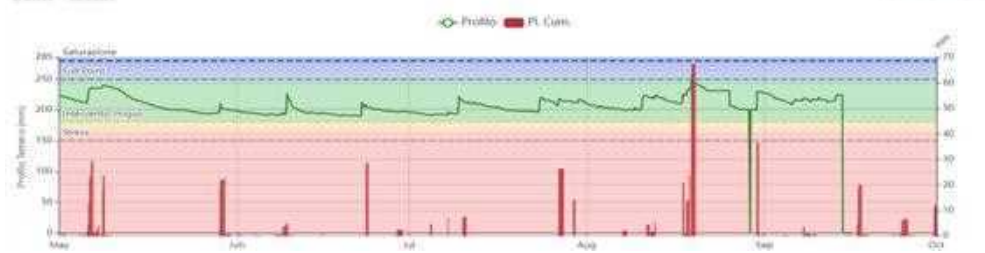
ABATE MA

15/05/2022 – 30/09/2022

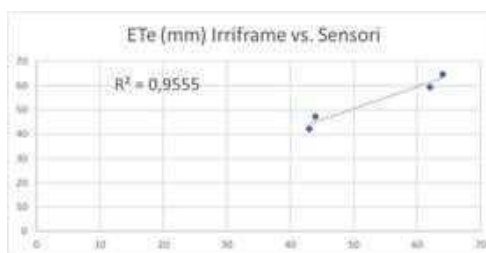


ABATE MC

15/05/2022 – 30/09/2022



Periodo	Consumo da sensore mm	Consumo Irriframe mm
08/05 - 28/05	64	64,72
23/06 - 04/07	44	47,2
09/07 - 23/07	62	59,45
01/08 - 11/08	43	42,13



Conclusioni

L'attività 2022 ha consentito di mettere a punto un sistema di gestione delle irrigazioni che integra il DSS Irriframe con la sensoristica IoT suolo/meteo, per una corretta irrigazione di precisione per la coltura del pero.

È stata confermata la robustezza del servizio irriguo Irriframe che: i) consente di registrare e tenere memoria degli interventi irrigui ai fini del quaderno di campagna e delle misure di produzione integrata, ii) può essere impiegato gratuitamente in tutto il territorio regionale, iii) ha messo in evidenza, in tutte le aziende pilota, di dare una buona stima dei consumi idrici del pero, confrontato con i valori misurati dai sensori. Il grafico seguente mostra la buona correlazione e corrispondenza tra valori stimati e misurati, prendendo tutti i dati rilevati nelle diverse condizioni pedoclimatiche delle otto aziende pilota: la retta di regressione è prossima alla bisettrice tra gli assi, con un elevato valore di r^2 .



Generalmente si è notato che per tutte le aziende pilota l'andamento dell'umidità è stato mantenuto prudenzialmente ad un livello sub ottimale per la coltura, tra la soglia di intervento irriguo prevista dal DSS e sotto la capacità idrica di campo, integrando i consumi delle piante durante l'intera stagione, con valori risultanti di umidità simili ad inizio e fine della stagione irrigua.

L'integrazione delle informazioni, il corretto posizionamento delle sonde, la loro taratura in base alla tipologia di terreno e gli algoritmi di data entry per la validazione e accettazione dei dati da sensoristica IoT, hanno consentito di migliorare ulteriormente il servizio.

Gli agricoltori delle aziende pilota hanno pertanto gestito anche il resto degli appezzamenti di fatto allineandosi alla metodologia proposta, trattandosi peraltro di agricoltori preparati che hanno approfittato del monitoraggio suolo/pianta/clima a disposizione.

Le rese delle due annate purtroppo non sono rappresentative delle medie produttive della cv. Abate in seguito alle gelate primaverili tardive che hanno di fatto decimato interamente i pereti del modenese e del ferrarese nel 2021, e ridotto il carico di frutti

	l'anno successivo, come riportato nella tabella seguente, con rese decisamente inferiori alle medie decennali dei due areali. <table><tr><th>Anno</th><th>Provincia di Modena (q/ha)</th><th>Provincia di Ferrara (q/ha)</th></tr><tr><td>2021</td><td>89.0</td><td>68.0</td></tr><tr><td>2022</td><td>161.0</td><td>164.0</td></tr><tr><td>Media 2011-2020</td><td>259.9</td><td>287.6</td></tr></table>	Anno	Provincia di Modena (q/ha)	Provincia di Ferrara (q/ha)	2021	89.0	68.0	2022	161.0	164.0	Media 2011-2020	259.9	287.6
Anno	Provincia di Modena (q/ha)	Provincia di Ferrara (q/ha)											
2021	89.0	68.0											
2022	161.0	164.0											
Media 2011-2020	259.9	287.6											
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.												

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Dirigente CER	Realizzazione	75	30	2.250,00
	Quadro CER	Realizzazione	43	25	1.075,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	29,5	796,50
	Impiegato CER	Realizzazione	27	40	1.080,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	10	270,00
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	14,75	287,63
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	13	253,50
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	13,25	258,38
	Operaio agricolo CER	Prove in campo	19,5	6,25	121,88
Totale:					8.012,89

AZIONE 3.4 – ANALISI DEI DATI E CREAZIONE DELLE LINEE GUIDA

2.1 Attività e risultati

Azione 3.4	ANALISI DEI DATI E CREAZIONE DELLE LINEE GUIDA
Unità aziendale responsabile	RI.NOVA CER Apo Conerpo Astra Innovazione e Sviluppo
Descrizione attività	3.4.1 Analisi geostatistiche Per ogni rilievo eseguito con drone e per ogni data sono state prodotte immagini georeferenziate per un volume di circa 1-2 GB. Le immagini sono state poi processate con software PIX4D map per la ortorettifica con GPS, per la generazione della nuvola di punti e delle mesh. Le ortofoto georeferenziate, relative alle singole bande spettrali di rilievo, sono state combinate per il calcolo di alcuni indici vegetazionali (Bluegrass). Lo stesso è stato eseguito sulle immagini RGB e infrarosso, per la generazione delle rispettive ortofoto a colori, DSM (digital surface model) e dell'ortofoto termica (Anafi thermal). I rilievi con EM38 sono stati invece processati tramite software proprietario: TrackeMaker 38MK2 della Geomar software. I dati, costituiti dai valori di conducibilità elettrica apparente del suolo espressa in milliSiemens/metro (mS/m) e le relative coordinate espresse in sistema di riferimento WGS84 sono stati post-processati in ambiente GIS (Qgis) per ottenere i valori puntuali in formato vettoriale (.shp file) ai quali sono stati applicati metodi di geostatica per la loro spazializzazione all'interno degli appezzamenti. Figura 1 - Esempio di processamento delle immagini RGB per la clusterizzazione e l'identificazione delle diverse zone di interesse dell'appezzamento. La valutazione dello sviluppo della biomassa è stata eseguita utilizzando in particolare le ortofoto RGB. Utilizzando tecniche di image analysis, i raster sono stati classificati applicando metodi di clusterizzazione (Kmeans method - Euclidean Distance). Con tale metodo, sono state identificati 4 cluster di pixel afferenti ai seguenti gruppi: 1-chioma esposta alla luce, 2-inerbimento, 3-suolo nudo, 4-chiome in ombra ed ombra della stessa. Andando ad estrarre solo i pixel dell'ultimo gruppo è stato possibile valutare lo

sviluppo della vegetazione (in 2D). L'area rappresentata dai soli pixel della chioma esposta alla luce invece è stata utilizzata per l'estrazione dei pixel provenienti dall'ortofoto termica.

Per la valutazione della distribuzione spaziale della chioma negli appezzamenti in ambiente GIS è stata generata una griglia, le cui dimensioni sono date dalla distanza sulla fila delle piante e dalla distanza tra le file. Per ogni elemento della griglia, sono stati conteggiati il numero di pixel afferenti alla categoria della chioma esposta alla luce come indicatore dello sviluppo della biomassa. Come ulteriore passaggio, utilizzando il metodo GIS "join attribute by location" ad ogni elemento della griglia è stato assegnato un valore medio di conducibilità apparente del suolo come rilevato tramite EM38.

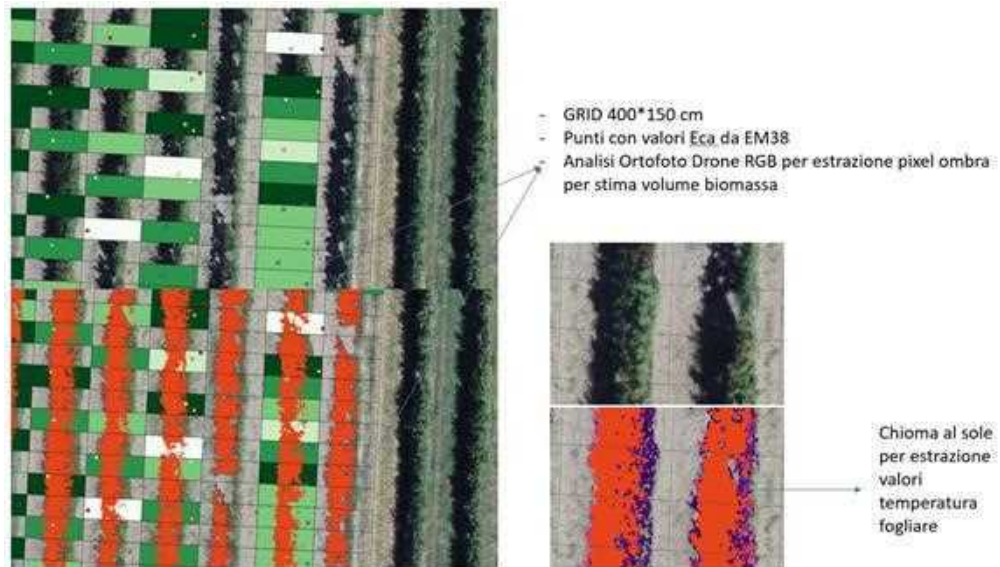


Figura 2 - Creazione della griglia e conteggio dei pixel per la determinazione dello sviluppo della biomassa

Con i dati ottenuti, è stato possibile analizzare la correlazione tra i valori di conducibilità elettrica (ECa), lo sviluppo della biomassa e la temperatura fogliare. I valori di ECa sono generalmente interpretati applicando la Archie's law, la cui formulazione è la seguente:

$$C = \frac{\phi}{a} C_s$$

Dove:

Φ Porosità

Cw Conducibilità elettrica dell'acqua

S Grado di saturazione (contenuto idrico)

m Cementation exponent

n Saturation exponent

a Tortuosity factor

Il valore di ECa è direttamente correlato alla porosità, al grado di saturazione e alla presenza di sali nella soluzione circolate. Di conseguenza si potrebbe ritenere che a valori elevati di ECa, possa corrispondere una maggior umidità nel suolo e quindi una maggior sviluppo della biomassa.

Per taluni casi di studio, non sono state identificate delle correlazioni chiare, mentre, in almeno un particolare caso, è stata riscontrata una correlazione inversa. Tale risultato potrebbe essere attribuito all'effetto che determinerebbe, sulla vegetazione, un

eventuale ristagno idrico nel suolo nel periodo vegetativo, magari associato anche ad un eccessivo costipamento del suolo.

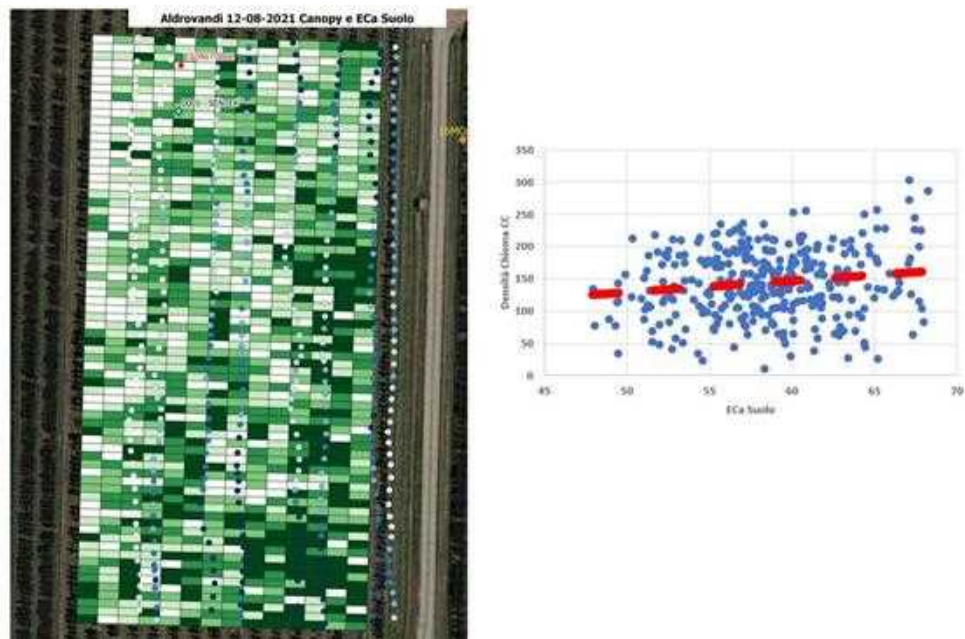


Figura 3 - Rappresentazione grafica della correlazione lineare positiva tra i valori di ECa ed i valori indicativi dello sviluppo della biomassa

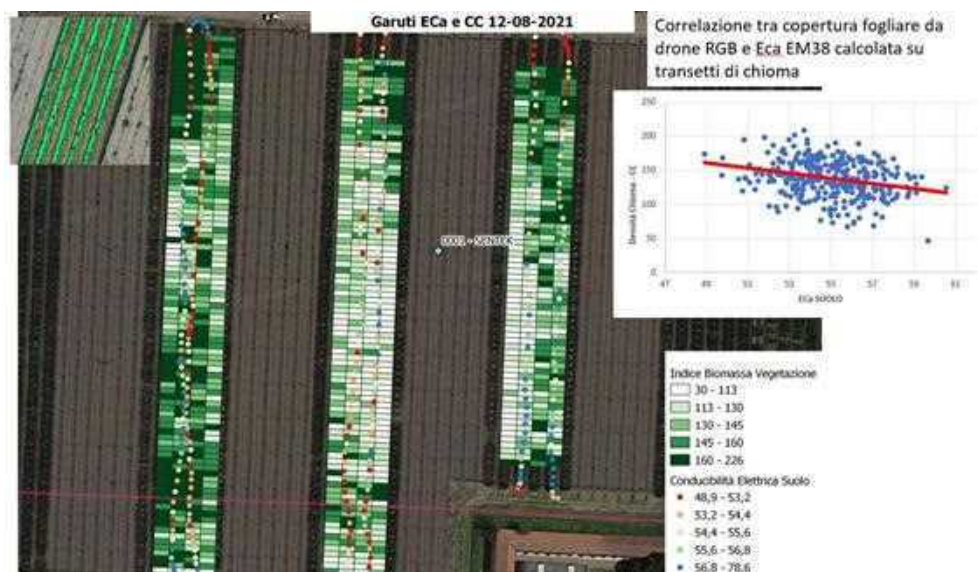


Figura 4 - Rappresentazione grafica della correlazione lineare inversa tra i valori di ECa ed i valori indicativi dello sviluppo della biomassa

Nel caso riportato nella figura precedente, è stato riscontrato durante le attività di rilievo una condizione di idromorfia marcata associata di una falda ipodermica localizzata a minima distanza dal piano campagna. I dati di temperatura rilevati con drone termico sono stati correlati con i valori di ECa.

Come si può notare dalla figura che segue, in taluni casi si è notata una correlazione inversa tra la temperatura fogliare ed i valori di ECa. Elevati valori di temperatura fogliare possono essere attribuiti a riduzione della traspirazione: le foglie non riescono

a raffreddarsi per effetto della traspirazione e quindi accumulano calore. In questo caso, essendo correlati ad alti valori di ECa, si può confermare quanto evidenziato precedentemente a proposito dell'eventuale presenza di eccessiva umidità nel suolo, la quale ha effetto non solo nella riduzione della biomassa, ma anche come contrazione della traspirazione.

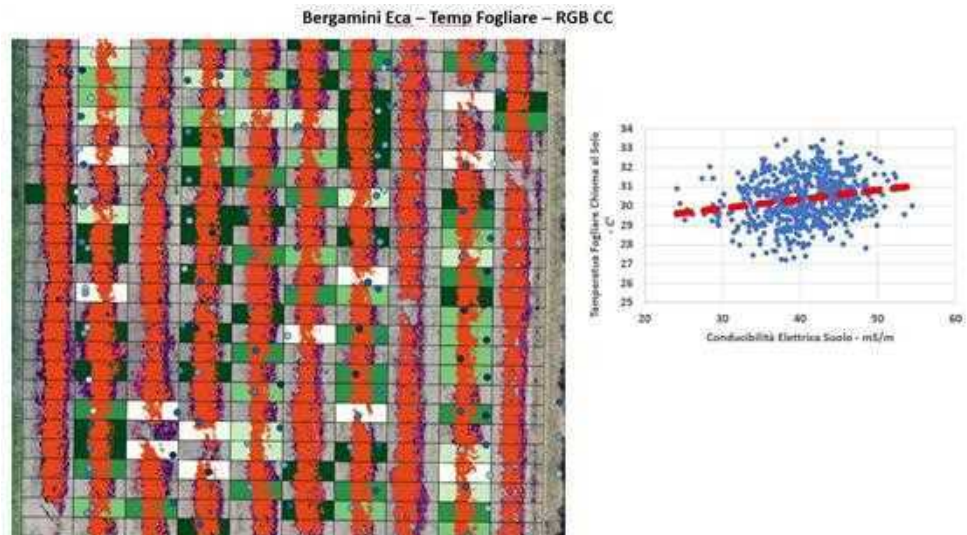


Figura 5 - Rappresentazione grafica della correlazione lineare positiva tra i valori di ECa ed i valori di temperatura della chioma

L'interpretazione dei dati di ECa è servita anche per valutare la variabilità spaziale, all'interno di uno stesso appezzamento, delle caratteristiche pedologiche ed idrologiche. Per gli appezzamenti Tomasatti e Pellati si è notato come la variabilità spaziale, rilevata dall'EM38, fosse correlata anche a caratteristiche idro-pedologiche ben definite.

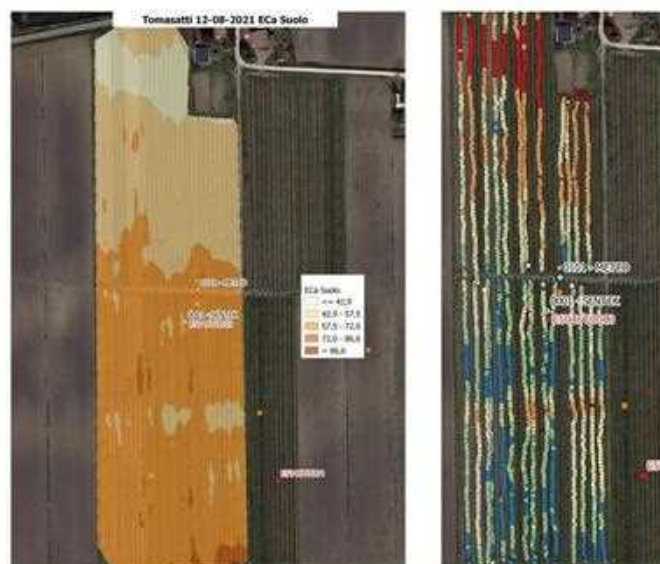


Figura 6 - Dati del rilievo con EM38 relativi all'appezzamento di Tomasatti (dx) e relativa spazializzazione tramite metodo IDW (sx)

Nella figura precedente, i dati di ECa confermano quanto riscontrato con il rilievo di campo, in quanto nella parte meridionale erano presenti orizzonti superficiali a tessitura fortemente argillosa e di discreto spessore (circa 50 cm).

Per quanto riguarda l'appezzamento Pellati, il rilievo con EM38 ha evidenziato variazioni notevoli di ECa nella zona prossimale al Po di Volano, probabilmente connesse a maggiore umidità nel suolo, dovuta all'infiltrazione di acqua dal fiume oppure alla presenza di materiale inerte di riporto, di cui l'azienda agricola riportava testimonianza.

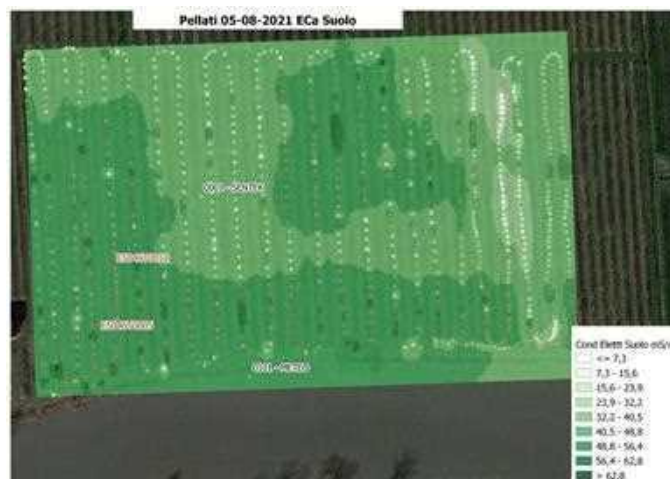


Figura 7 - Mappa risultato della spazializzazione dei dati di conducibilità elettrica apparente nel suolo dell'appezzamento di Pellati.

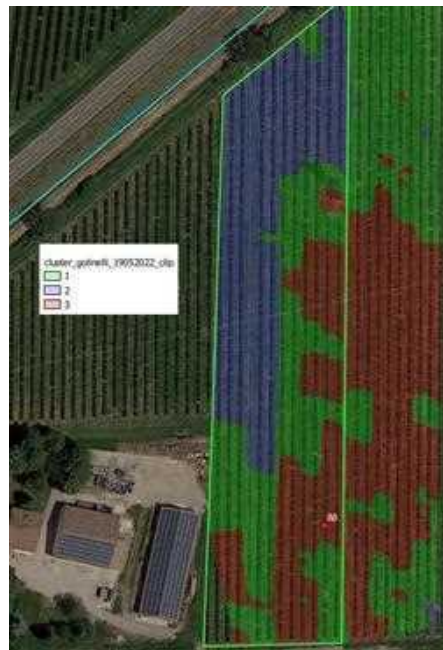
Anche per quanto riguarda l'appezzamento Golinelli, è stato riscontrato quanto già discusso per Pellati. Le zone a ridosso del Canale di Gavello evidenziano valori di ECa maggiori e ciò probabilmente è connesso alla maggior umidità associata alla presenza di infiltrazione di acqua dal medesimo canale, in un suolo ove il rilievo pedologico ha evidenziato la presenza, entro 100 cm di profondità, di tessiture di tipo medio-grossolano (franco, franco-sabbioso).



Figura 8 -: Mappa dei valori puntuali di ECa rilevati in data 19/05/2022 nell'appezzamento Golinelli. Il punto verde e la sigla indicano l'ubicazione del piezometro.

Elaborazione dei dati

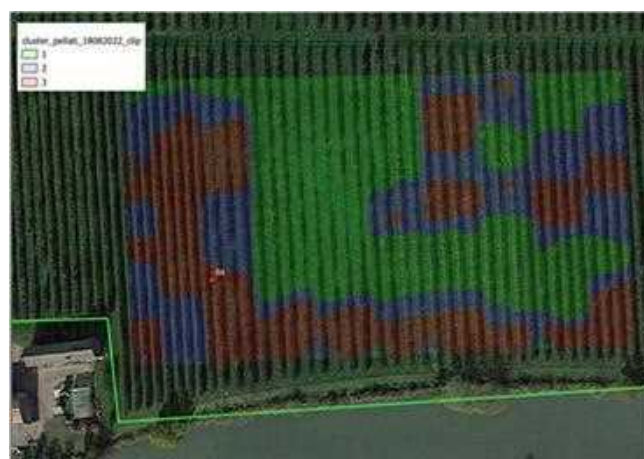
Applicando la tecnica del clustering, tramite metodo del Kmeans, i dati di conducibilità elettrica apparente sono stati utilizzati per identificare aree omogenee all'interno degli appezzamenti. Sono state selezionate tre aziende con presenza di aree con marcate differenze di conducibilità elettrica, Golinelli, Pellati e Tomasatti. Sono state elaborate con metodi geostatistici mappe con aree omogenee: di seguito si riportano le immagini con identificate 3 zone omogenee per ciascun appezzamento, con scala di conducibilità crescente, dal verde al blu al rosso. In tali aree è stato rilevato successivamente dai tecnici di Rinova il numero di piante sane, sintomatiche, deperite e morte per valutare, al loro interno, la presenza percentuale le diverse classi di stato della vegetazione.



a)



c)



b)

Figura 9 - Distribuzione dei cluster delle aree omogenee di ECa per la valutazione delle condizioni di stato della vegetazione presso l'appezzamento Golinelli a), Pellati b), Tomasatti c).

Nella tabella seguente, sono riportati i risultati del rilievo delle condizioni vegetative della biomassa del pero, ripartiti secondo le aree cluster identificate precedentemente: da una prima analisi, emerge come le differenze siano probabilmente attribuibili a diverse condizioni sito – specifiche, tali da non poter essere generalizzate e legate semplicemente al contenuto idrico e alla gestione irrigua. Infatti, all'interno dello stesso appezzamento e in presenza dello stesso portainnesto, è stato possibile solo in parte confermare l'effetto della dipendenza dello sviluppo della biomassa dalle condizioni idriche del suolo. Sia in condizioni di eccesso di acqua ed eventuale ristagno, sia in condizioni di carenza idrica, le piante reagiscono con una contrazione del vigore vegetativo. Per l'appezzamento Pellati, la zona con valori di ECa bassi (verde) manifesta una percentuale quasi doppia di piante morte a discapito delle piante classificate come sane: questo potrebbe corrispondere a carenze idriche durante il periodo irriguo, ma più probabilmente potrebbero essere connesse a caratteristiche tessiturali del suolo molto diverse (esempio presenza di un paleo-meandro).

Per quanto riguarda l'appezzamento Tomasatti, le maggiori differenze, a parità di zona, sono legate al tipo di portainnesto, con una percentuale doppia di piante perse (deperite +morte) nel Sydo rispetto a MA, connesso alle differenti vigorie come è stato attestato anche dai rilievi sugli apparati radicali eseguiti dall'Università. In dettaglio Sydo non presenta differenze sostanziali nel comportamento delle piante nelle due aree, mentre MA presenta una percentuale quasi doppia di piante classificate come "Sintomatiche" in presenza di bassi valori di ECa (zona classificata come 'verde', probabilmente a minor contenuto idrico. Da Golinelli infine non sono state osservate differenze di comportamento del BA29 legate alle zone di studio.

Azienda	Portain	Area	Sane	Sintomatiche.	Deperite	Morte	Perse totali	Totale	Sane %	Sint. %	Deperite %	Morte %	Perse totali %
Pellati	BA29	Verde	27	43	54	105	159	229	12	19	24	46	69
Pellati	BA29	Rosso-Blu	52	43	50	51	101	196	27	22	26	26	52
Tomasatti	Sydo	Verde	101	78	32	32	64	243	42	32	13	13	26
Tomasatti	Sydo	Blu	99	100	39	44	83	282	35	35	14	16	29
Tomasatti	MA	Verde	118	86	19	12	31	235	50	37	8	5	13
Tomasatti	MA	Blu	125	42	5	18	23	190	66	22	3	9	12
Golinelli	BA29	Verde	138	32	28	2	30	200	69	16	14	1	15
Golinelli	BA29	Blu	317	56	30	3	33	406	78	14	7	1	8
Golinelli	BA29	Rosso	109	35	13	3	16	160	68	22	8	2	10

Per valutare la variabilità dei parametri rilevati, in funzione delle diverse classi omogenee, è stata applicata la tecnica della Principal Component Analysis (PCA). La tecnica permette di ridurre il numero di variabili in funzione della classificazione della variabile fattoriale indipendente.

Il metodo evidenzia e conferma la marcata variabilità per i dati rilevati sull'appezzamento Tomasatti con portainnesto MA. Per le altre casistiche, la differenziazione risulta marcata solo all'interno della stessa situazione di portainnesto e appezzamento. Dal grafico, si può evincere come, per i vari appezzamenti valutati, la differenziazione per le diverse condizioni pedologiche identificate con l'EM38 abbia

impatto prevalentemente su specifiche variabili rilevate in campo (es. su Tomasatti Sydo la differenziazione si manifesta su piante sintomatiche, su Pellati su piante Deperite e/o Morte) e ciò si conferma su tutti gli appezzamenti, escluso su Tomasatti MA. Quindi, come evidenziato anche nella parte precedente della relazione, le differenziazioni dello stato della vegetazione tra le varie aziende ed i vari portainnesti sembrano essere associate principalmente a condizioni sito-specifiche.

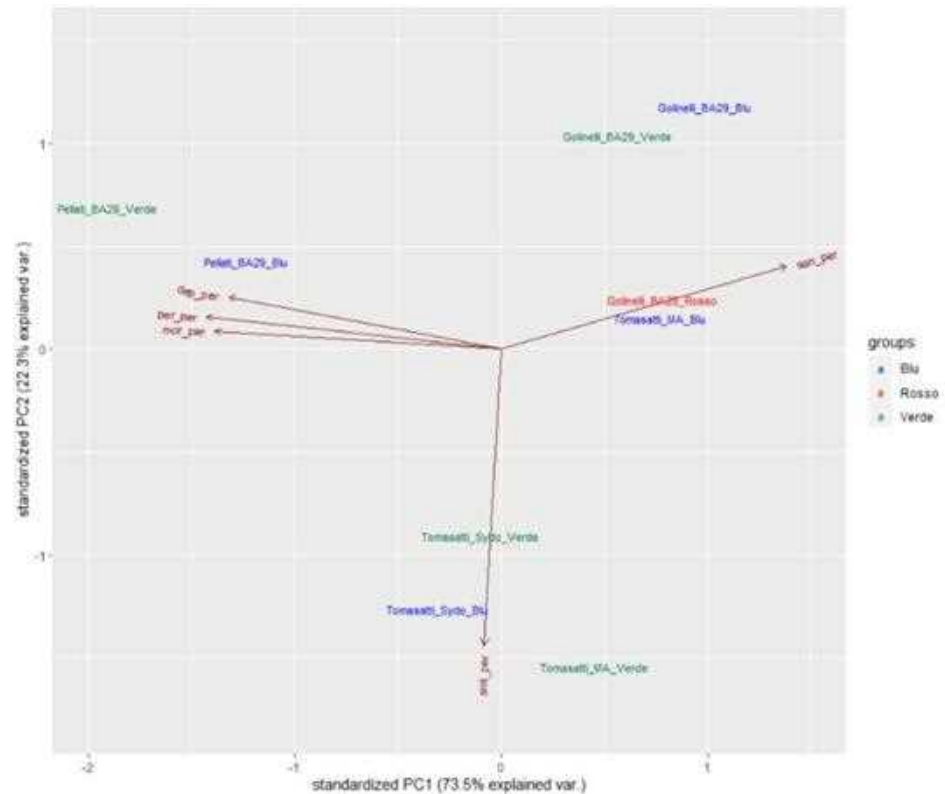


Figura 10 -Grafico della PCA applicata ai dati rilevati sulle condizioni fisiologiche delle piante

3.4.2 Correlazioni con database ABDS

Onit Group ha provveduto a realizzare l'attività analizzando i dati relativi agli apporti irrigui a livello territoriale nel periodo di riferimento 2021-2023.

Obiettivo delle analisi è stato quello di individuare una chiave di lettura circa le possibili convergenze fra le aree soggette a deperimento delle piante ed i possibili fattori responsabili (in particolare la gestione dell'acqua). Per facilità di visualizzazione dei risultati ottenuti, Onit Group ha customizzato due 'cruscotti gestionali', uno a scala aziendale (Dashboard IRRIGATE – Scheda azienda) e uno a scala territoriale (Dashboard IRRIGATE), utilizzando la piattaforma applicativa denominata Tableau.

In particolare, Onit Group ha realizzato le seguenti attività:

- Importazione dei dati delle 8 aziende pilota partecipanti al progetto e rappresentazione dei rispettivi poligoni oggetto di analisi;
- Importazione dei dati relativi alla sensoristica Internet of Things (IoT) di campo – centraline meteo e sonde suolo;
- Importazione dei dati raccolti in campo durante le campagne 2021 e 2022 (indici di mortalità, di moria, di perdita, di sintomatologia e di sanità delle piante);

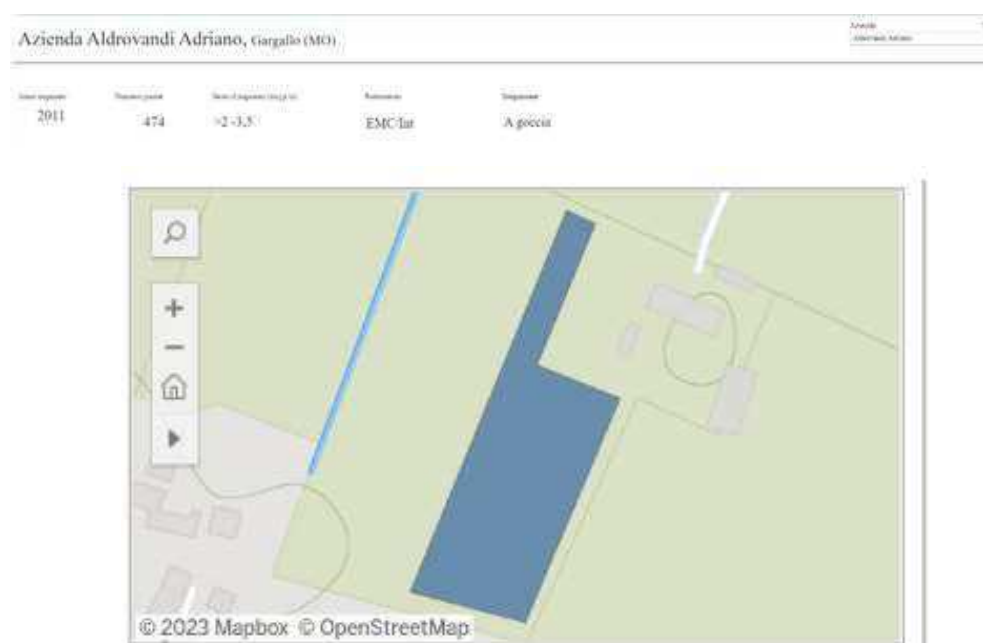
- Creazione di due 'dashboard di visualizzazione dinamica', con la rappresentazione delle informazioni raccolte e integrate, oltre alla rappresentazione dei risultati delle analisi.

Con riferimento alla "Dashboard IRRIGATE – Scheda azienda" di cui viene riportata di seguito la URL pubblica

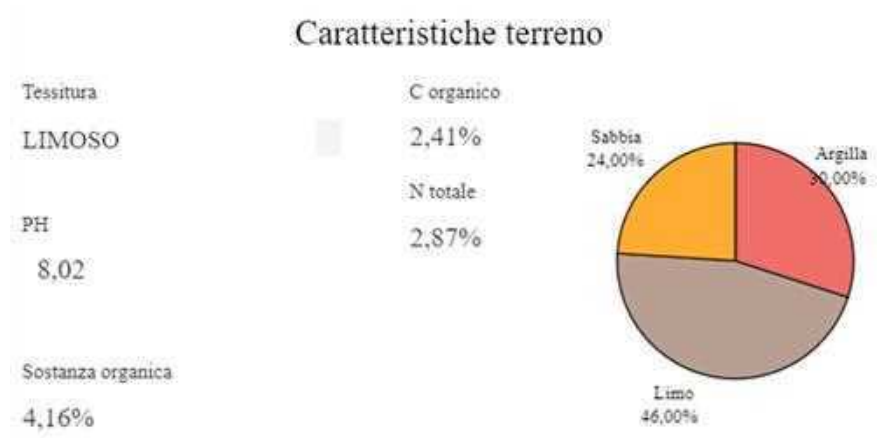
https://public.tableau.com/app/profile/progetto.irrigate/viz/irrigate-scheda-azienda_16826023502990/DashboardIRRIGATEschedaazienda

le seguenti schermate mostrano la consultazione "user-friendly" dei dati analizzati con granularità "azienda agricola". Il percorso qui riportato a titolo esemplificativo, è realizzato utilizzando i dati corrispondenti all'azienda agricola "Aldrovandi Adriano" (Gargallo – MO), ed è rappresentativo anche delle altre realtà produttive partecipanti al progetto.

Gestione aziendale –dati anagrafici e gestionali:

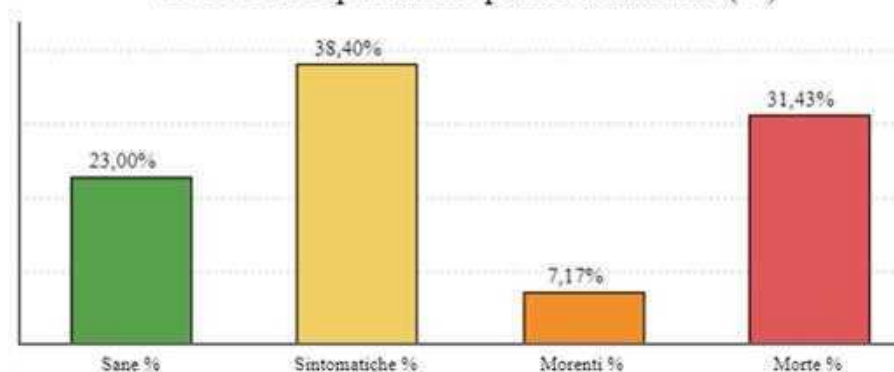


Mappe – Caricamento poligono aziendale su mappa 'OpenStreetMap'



Caratteristiche terreno – Rappresentazione dei principali dati di analisi del terreno aziendale

Livello di deperimento piante in azienda (%)

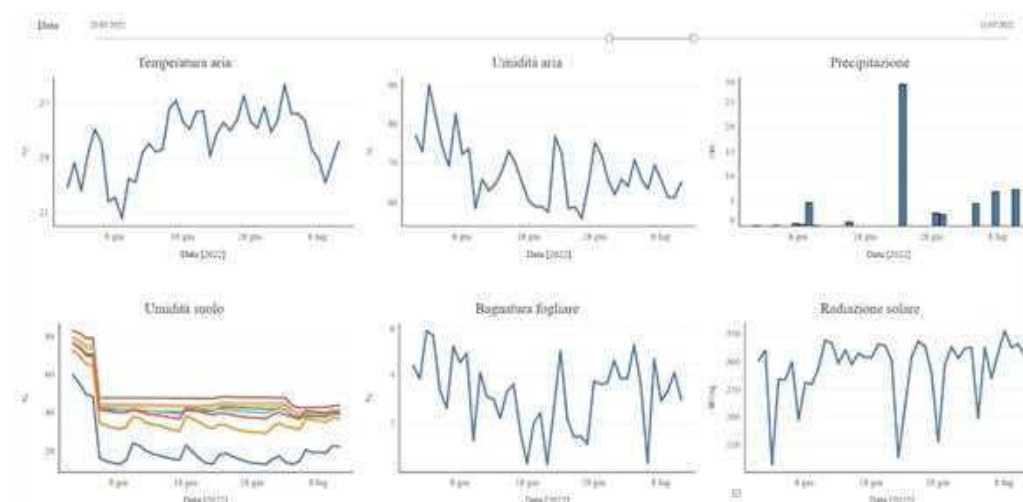


Livello di deperimento piante in azienda (%) – Rappresentazione grafica in termini percentuali dei dati raccolti in campo durante le campagne 2021 e 2022 in termini di deperimento delle piante:

Parametri agrometeorologici – Principali parametri meteo e suolo integrati a partire dalla sensoristica IoT presente in azienda. In particolare:

Grafico	Ascisse	Ordinate
Temperatura aria	data	°C
Umidità aria	data	%
Precipitazione	data	mm
Umidità suolo	data	%
Bagnatura fogliare	data	%
Radiazione solare	data	W/mq

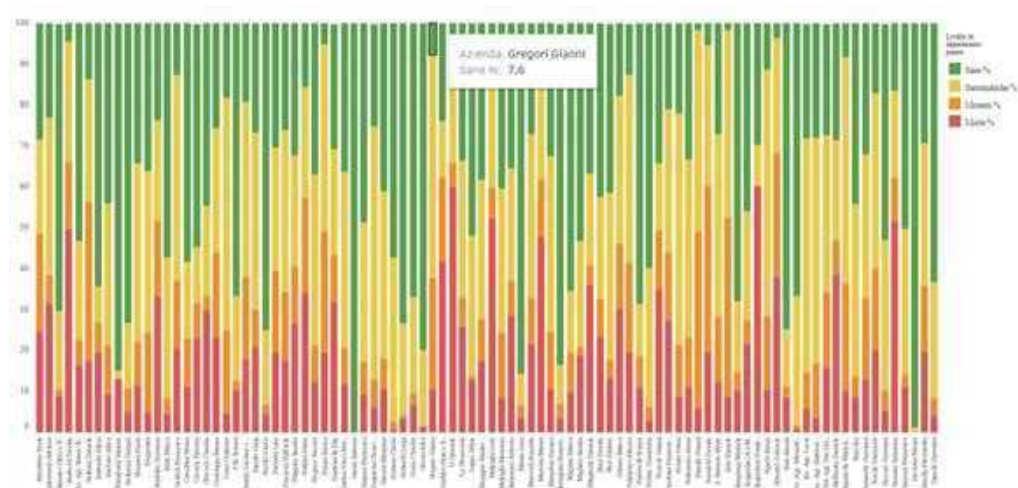
I grafici sono navigabili dinamicamente, consultando archi temporali specifici tramite il filtro “Data” e con la possibilità di accedere a informazioni di maggiore dettaglio spostando il mouse sul grafico:



Con riferimento alla “Dashboard IRRIGATE”, di cui si riporta di seguito il link di collegamento:

<https://public.tableau.com/app/profile/progetto.irrigate/viz/irrigate-dashboard/DashboardIRRIGATE>

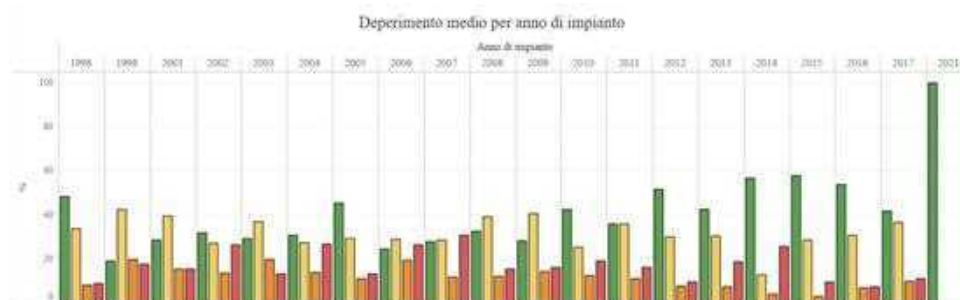
le seguenti schermate mostrano la consultazione “user-friendly” dei dati analizzati con granularità “territoriale”. I grafici riportati sono il risultato dell’analisi dei dati provenienti dal monitoraggio 2021-2022 svolto dai tecnici di “Astra – Innovazione e Sviluppo” nelle provincie di Modena, Reggio Emilia, Ferrara, Bologna e Ravenna di n. 92 aziende agricole. Inoltre, per le aziende che presentano sensoristiche IoT in campo, sono consultabili le informazioni relative ai principali parametri agrometeorologici.



Livello di deperimento piante per azienda – Rappresentazione grafica del livello di deperimento piante per singola azienda monitorata, con possibilità di accedere a informazioni di maggiore dettaglio spostando il mouse sul grafico:

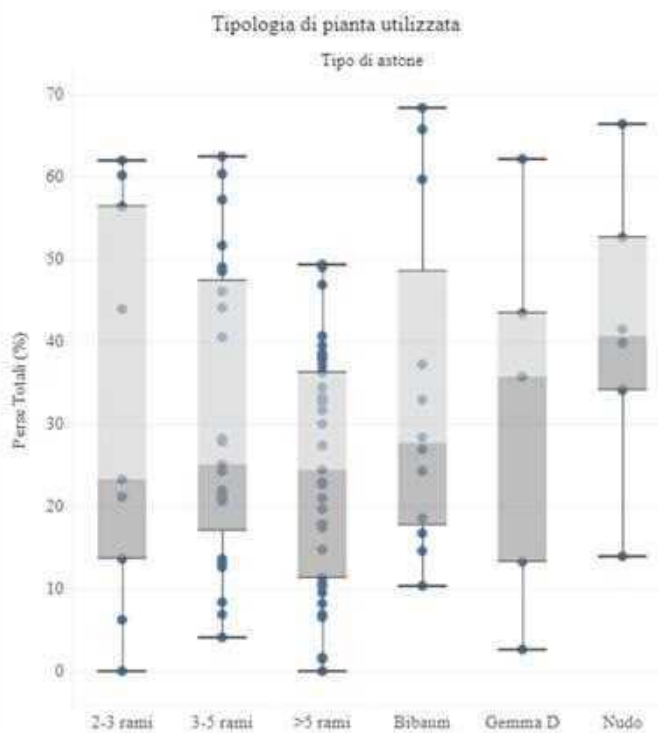
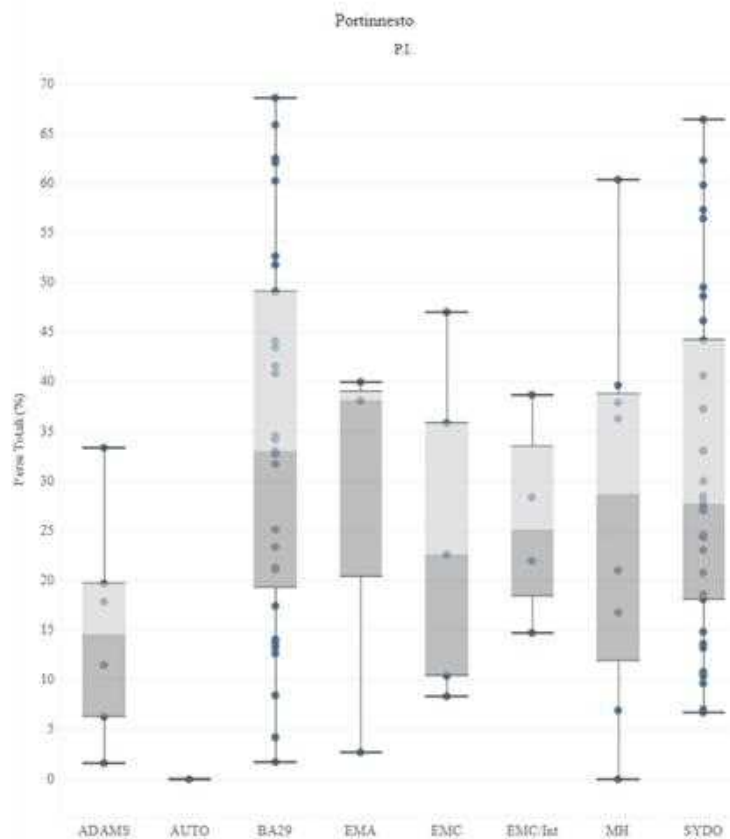


Deperimento medio per tipo di portinnesto (PI) – Rappresentazione grafica del livello di deperimento delle piante (%) in funzione del portinnesto presente nelle diverse aziende

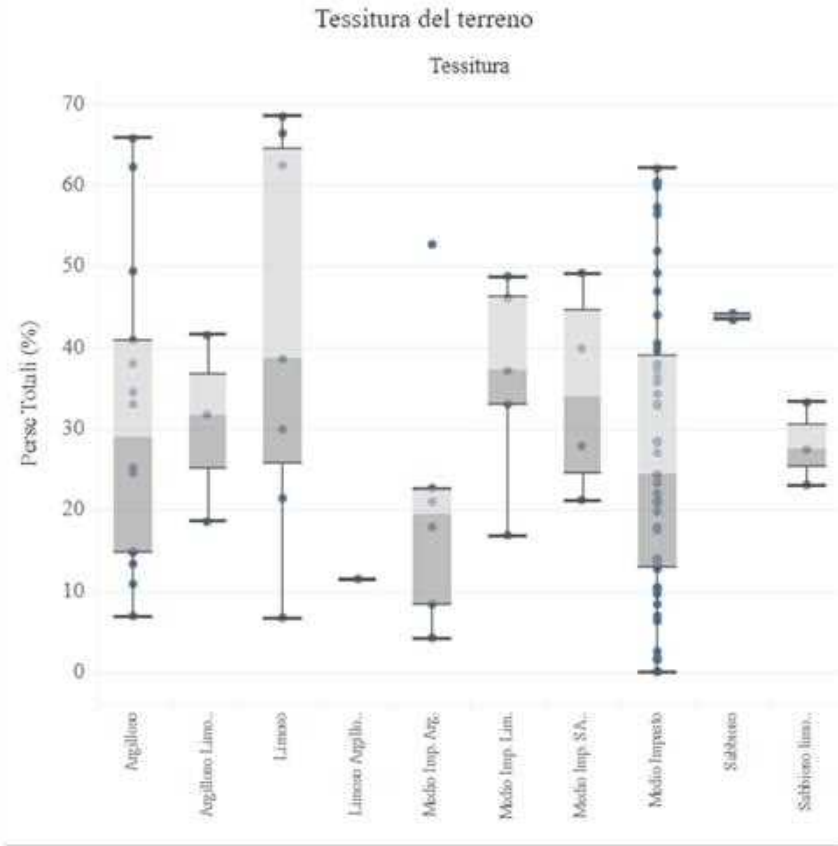
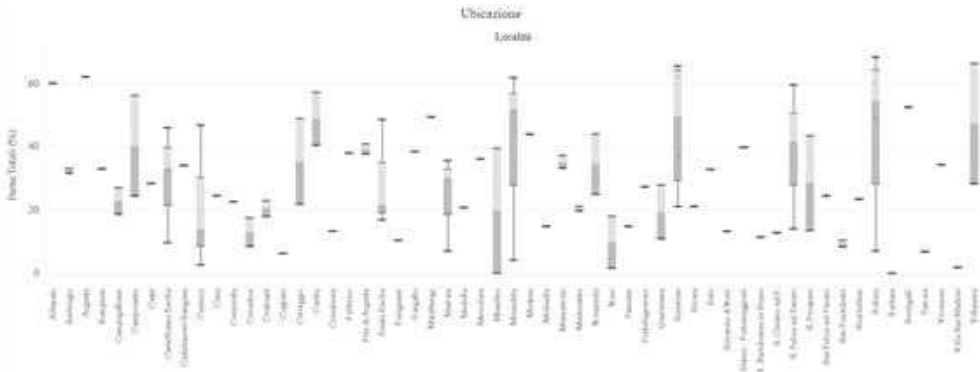


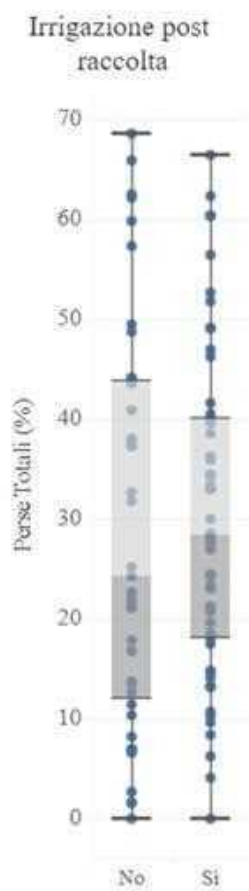
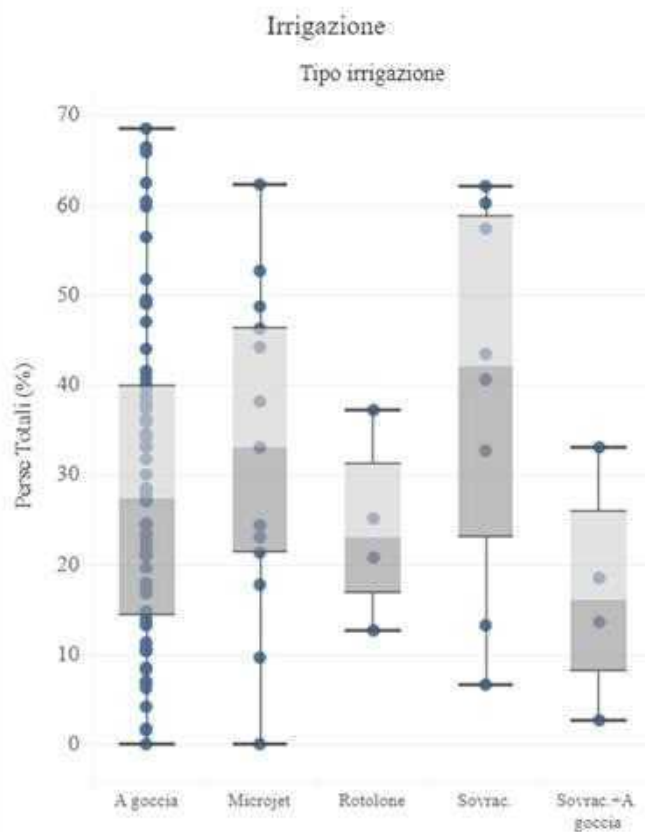
Deperimento medio per anno di impianto – Rappresentazione grafica del livello di deperimento delle piante (%) in funzione dell’anno di impianto del frutteto

Distribuzioni percentuali delle piante perse totali (morte e morenti) in azienda in funzione di diversi fattori:

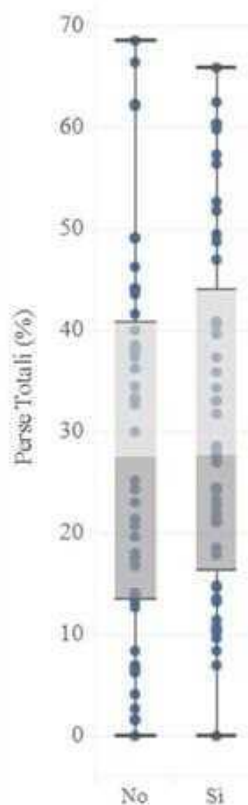


Tipologia di pianta utilizzata	Abbreviazione
Astone classe 2-3 rami	2-3 rami
Astone classe 3-5 rami	3-5 rami
Astone classe oltre 5 rami	> 5 rami
Astone bicaule tipo “Bibaum”	Bibaum
Pianta a gemma dormiente	Gemma D
Astone nudo	Nudo





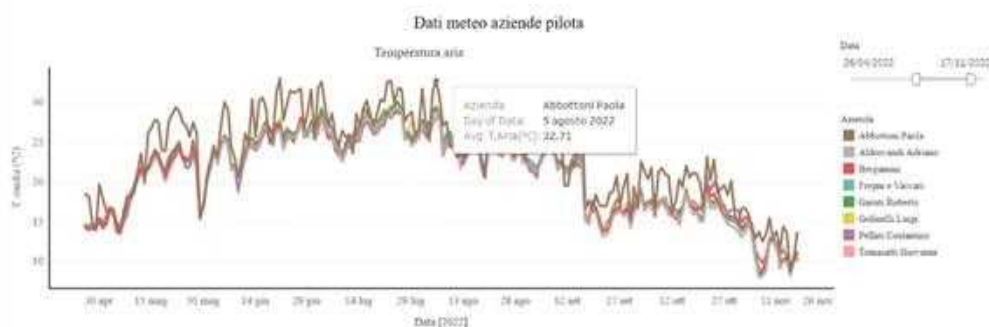
Rete antigrandine

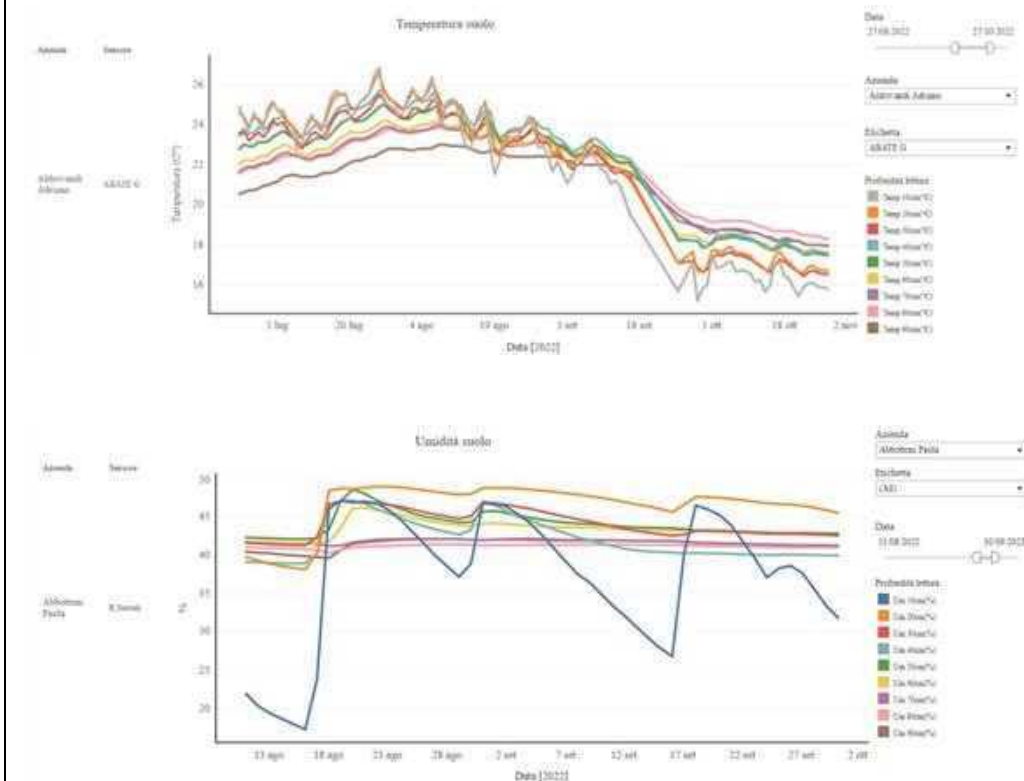


Parametri agrometeorologici – Principali parametri meteo e suolo integrati a partire dalla sensoristica IoT presente in azienda. In particolare:

Grafico	Ascisse	Ordinate
Temperatura aria	data	T. media °C
Temperatura suolo (diverse profondità)	data	T. media °C
Umidità suolo (diverse profondità)	data	%

I grafici sono navigabili dinamicamente, filtrando per azienda di interesse, consultando archi temporali specifici tramite il filtro “Data” e con la possibilità di accedere a informazioni di maggiore dettaglio spostando il mouse sul grafico:





3.4.3 Creazione delle linee guida

Le attività sperimentali messe in atto nel progetto hanno permesso di avere un quadro generale della situazione della pericoltura nella regione Emilia-Romagna. È riportata una sempre più diffusa degenerazione delle piante su diversi portinnesti di vigoria ridotta, non legate a specifici attacchi patogeni. Dallo studio effettuato, le cause che determinano questo problema sono molteplici e da ricercarsi in un'azione sistemica in cui intervengono diversi fattori, il cui fulcro si posiziona nella zona radicale, e quindi nel rapporto tra radice, suolo e ambiente.

Gli impianti di pero della regione hanno densità elevate e sono gestiti generalmente con portainnesti nanizzanti per contenere la vigoria in linea con la tendenza generale della frutticoltura specializzata. L'alta densità d'impianto, combinata all'applicazione di tecniche convenzionali tipiche delle produzioni intensive possono, nel tempo, determinare l'affermarsi di condizioni favorevoli ad uno squilibrio dei processi fisiologici, intensificate anche dal verificarsi di eventi estremi legati al cambiamento climatico in corso.

Infatti, vanno considerate le negative ripercussioni delle alte temperature, sempre più frequenti in base ai cambiamenti climatici in atto, dannose soprattutto se abbinate a scarsità di precipitazioni nel periodo estivo. Queste condizioni possono causare gravi problemi a piante che si trovano in situazione di fragilità per la mancanza di nicchie ospitali nella zona esplorabile dalle radici a seguito di fattori biotici e/o abiotici ostili.

In un tale contesto produttivo, l'applicazione di pratiche sostenibili nella gestione sia della pianta, sia del suolo possono aiutare a mitigare tali effetti, creando condizioni utili a ridurre la vulnerabilità delle colture.

Al fine di favorire il migliore adattamento possibile della coltura alle condizioni

pedoclimatiche esistenti nella zona di produzione, diventa prioritario recuperare la fertilità dei suoli, intesa come uno stato nel quale le proprietà fisico-chimiche e biologiche sono tali da favorire un miglior sviluppo del sistema radicale-vegetativo della pianta. In tal senso si dovrà operare affinché il suolo presenti un buono stato strutturale per garantire rapida infiltrazione e movimento dell'acqua e dell'aria, una buona dotazione di sostanza organica per favorire la presenza e l'attività di una popolazione microbica diversificata, il naturale ciclo biogeochimico degli elementi e un'adeguata disponibilità degli elementi della nutrizione favorendo il massimo assorbimento ed efficienza d'uso dei nutritivi da parte della pianta.

In un frutteto ad alta densità già dopo alcuni anni dall'impianto può essere difficile per le radici trovare nicchie ospitali. Infatti, il volume di suolo disponibile è limitato: sulla fila, dalla presenza di piante della stessa specie; nell'interfila, dal compattamento dovuto al passaggio dei mezzi agricoli e solitamente anche dalla mancanza di irrigazione e concimazione (che sono concentrati sulla fila); in profondità, dalla scarsa qualità del terreno. Per questo non è possibile indicare una soluzione univoca al problema, ma occorre intervenire sotto diversi aspetti in modo da modificare il sistema pianta-suolo e renderlo meno fragile e più resiliente nell'affrontare situazioni di stress.

Le linee guida di seguito descritte sono valide sia per la creazione di nuovi impianti di pero, sia per la gestione di quelli già esistenti e si riferiscono in particolare alla cv Abate Fetel. Essi si basano su due approcci: mitigazione dei fattori climatici avversi e aumento della resilienza del sistema.

Indagini preliminari

Per raggiungere il potenziale produttivo del pereto è necessario effettuare minuziosamente una serie di indagini preliminari volte ad accertare l'esistenza delle condizioni agronomiche necessarie alla coltivazione economicamente conveniente del pero e predisporre le necessarie strumentazioni per il monitoraggio dei parametri ambientali. È opportuno inoltre considerare aspetti ambientali quali, la presenza di pereti negli anni precedenti, la stanchezza e la fertilità del suolo, la disponibilità di risorsa irrigua.

Al fine di acquisire tutte le informazioni necessarie a valutare l'attitudine dell'appezzamento ad ospitare un pereto, è necessario effettuare le analisi del terreno raccogliendo un numero di campioni e sub-campioni coerente con la variabilità dell'appezzamento. Le modalità di campionamento sono ben espresse all'interno delle Norme Generali, Allegato 4, dei DPI (Disciplinari di Produzione Integrata) della Regione Emilia - Romagna. In tale documento, al quale si rimanda, sono trattati in maniera esauriente tutti gli aspetti relativi all'individuazione dell'area di campionamento, gli strumenti necessari, il numero minimo di campioni richiesti, l'epoca e la profondità di prelievo e, naturalmente, il tipo di analisi da eseguire.

Impiego di coperture multifunzionali

L'utilizzo di reti multifunzionali è consigliato in quanto, oltre a fornire protezione da grandine e forti piogge e a ridurre la velocità del vento e a limitare le perdite di acqua dalla foglia, portano ad una riduzione della radiazione solare incidente direttamente sul suolo contribuendo a contenerne l'aumento della temperatura, pur mantenendo elevata la quantità di luce fotosinteticamente attiva che arriva alla chioma.

Scelta dell'impianto irriguo

La scelta del miglior metodo irriguo da adottare deve essere fatta tenendo in considerazione numerosi fattori: agronomici, climatici, di qualità dell'acqua e del suo tipo di approvvigionamento. La scelta dell'impianto irriguo deve inoltre tenere conto

delle mutate condizioni climatiche, delle caratteristiche pedologiche, della disponibilità idrica e dei turni irrigui, della qualità dell'acqua, della fonte di prelievo, senza tralasciare la necessità di aumentare la sostanza organica e la ricerca della sostenibilità economica del pereto.

Di seguito le tipologie che possono essere impiegate:

- Impianto irriguo con gocciolatori "on-line" autocompensanti;
- Ali gocciolanti Integrali autocompensanti pesanti;
- Impianto irriguo con Mini-Irrigatori Sovrachioma;
- Impianto irriguo con Micro-Irrigatori Sovrachioma o Sottochioma.

Criteri per la scelta dell'impianto a spruzzo (Sprinkler)

La scelta del sesto d'impianto è condizionata dalla distanza tra i filari, su cui sono installati gli erogatori, e dalla larghezza della striscia bagnata che si vuole ottenere.

Sovrachioma - Utilizzando impianti sovrachioma è possibile bagnare tutta la superficie dell'appezzamento. In questo caso sarà necessario valutare l'interazione tra irrigazione e quindi suoli bagnati ed il passaggio delle macchine operatrici, al fine di non produrre eccessivi effetti negativi dovuti al calpestio. Per evitare la bagnatura del percorso delle macchine operatrici è possibile utilizzare degli impianti a spruzzo sovrachioma lineari, cioè che distribuiscono l'acqua unicamente sul filare. In entrambi i casi è possibile adottare la tecnologia a pulsazione (es. Pulsar o similari), per diminuire la pluviometria oraria fino al 70%. La bagnatura fogliare va valutata insieme ai propri consulenti per l'interazione con gli aspetti fitosanitari.

Sottochioma - Utilizzando impianti sottochioma non si bagna la chioma del pero, diminuendo l'interazione con gli aspetti fitosanitari. Anche con gli impianti di irrigazione sottochioma è possibile decidere se bagnare tutta la superficie dell'appezzamento o solo porzioni coincidenti col filare. Possono anch'essi esser dotati di tecnologie "a pulsazione" (es. Pulsar) per diminuirne la pluviometria oraria. Per ottenere strisce bagnate che escludano il percorso di transito delle macchine operatrici è necessario utilizzare microsprinkler che abbiano un diametro di bagnatura di circa un metro. Il diametro di bagnatura è influenzato anche dall'altezza dal suolo a cui viene collocato il microsprinkler. Al fine di ottenere la maggior uniformità di bagnatura possibile utilizzando microsprinkler, risulterà necessario diminuire la distanza tra gli erogatori, aumentandone il numero per ettaro, il che inciderà anche sulla portata del settore irriguo; parametro limitante, da tenere in considerazione. In entrambe i casi, la bagnatura del cotico erboso potrà influenzare lo sviluppo di funghi e batteri e in taluni casi favorire l'insorgenza di avversità. La bagnatura delle zone in cui è stata distribuita sostanza organica, contribuirà ai processi di umificazione.

Progettazione dell'impianto irriguo

Restituzione del fabbisogno evapotraspirativo

L'impianto irriguo deve esser capace di restituire il fabbisogno irriguo giornaliero, compatibilmente con i turni irrigui aziendali e la disponibilità della risorsa idrica, considerando anche eventuali turnazioni della consegna dell'acqua irrigua da parte degli enti preposti. Si consiglia di individuare il fabbisogno evapotraspirativo del frutteto basandosi su quello medio dell'ultimo ventennio, al quale applicare una maggiorazione del 30%, affinché l'impianto irriguo possa risultare efficiente per tutta la vita del frutteto, anche in annquantità massima di vapore acqueo che può esistere in quell'aria, la cosiddetta pressione date critiche e straordinarie.

Si evidenzia che negli areali vocati alla coltivazione del pero, negli ultimi anni è stato riscontrato un aumento costante del VPD: il deficit di pressione del vapore (VPD) misura la quantità di acqua presente nell'aria rispetto alla el vapore di saturazione (SVP); man

mano che l'aria si riscalda, la sua capacità di trattenere l'acqua aumenta. Facile da regolare in serra, in pieno campo è difficilmente influenzabile, se non tramite l'apporto idrico tramite impianti a spruzzo (sprinkler) e la disposizione di apposite coperture ombreggianti, elementi entrambi che favoriscono l'abbassamento delle temperature del pereto. Laddove quindi siano installate reti ombreggianti, come per esempio le reti antigrandine, è necessario decurtare il possibile fabbisogno evapotraspirativo di una determinata percentuale, che può arrivare fino al 30%. Proprio per le differenti condizioni climatiche che si vengono a realizzare in un frutteto coperto, è necessario installare dentro il frutteto coperto, i sensori utili al calcolo dell'evapotraspirazione (termometri, radiometri, sensori di umidità, ecc.).

Uniformità di distribuzione

Alla base del corretto raggiungimento degli obiettivi sopraelencati, occorre garantire una buona uniformità di distribuzione, pertanto è bene tenerne conto durante le fasi di progettazione. Scarsa uniformità di distribuzione potrà dare adito a:

- presenza di volumi di terreno asfittici e/o in stress da carenza idrica;
- eccessiva concentrazione dei nutrienti, con conseguente creazione di fenomeni di fitotossicità e eccessiva conducibilità;
- scarsa e non uniforme protezione dalle gelate tardive;
- dilavamento della salinità non uniforme.

Per ottenere una buona uniformità di distribuzione è bene ravvicinare il più possibile gli erogatori negli impianti a goccia, diminuendone il più possibile la portata nominale di ciascuno. Per definire la corretta distanza tra i gocciolatori è necessario conoscere la tessitura del terreno (v. indagini preliminari).

Negli impianti a spruzzo (sprinkler), a seconda del sesto di impianto è possibile scegliere differenti schemi (triangolo, quadrato, ecc.), sempre considerando adeguatamente le aree di sovrapposizione al fine di raggiungere la massima uniformità possibile su tutta la superficie bagnata.

Coerenza tra volume bagnato e volume esplorato dalle radici assorbenti

L'impianto irriguo deve permettere la bagnatura del volume esplorato dalle radici assorbenti; pertanto, è necessario in primis avere contezza di quale sia questo volume, che varia fortemente in relazione al portinnesto. Le radici hanno una crescita tendenzialmente radiale e centrifuga, ovvero tendono ad allontanarsi dal fusto. In caso di portinnesti con vigoria media o elevata, quindi, la coerenza tra volume bagnato e volume esplorato dalle radici si può ottenere con sistemi a spruzzo sovrachioma o sottochioma oppure con 2 linee di ali gocciolanti, una per ciascun lato del filare, stesa in terra o meglio impalcata con appositi supporti distanziatori. La distanza tra le due ali gocciolanti deve esser sufficiente ad evitare concentrazioni elevate di acqua nel terreno, mai inferiore ai 40 cm. Nel caso di impianti a doppia ala gocciolanti si consiglia di diminuire la pluviometria oraria del singolo punto goccia il più possibile, tendendo a portate inferiori o uguali a 1 l/h, compatibilmente con i turni irrigui aziendali e la disponibilità di risorsa idrica. La distanza tra i gocciolatori deve esser compresa tra 20 e 50 cm.

Scelta del portinnesto

E' importante operare una scelta ottimale del portinnesto in rapporto alle proprietà chimico-fisiche del suolo. Pertanto prima dell'impianto è necessario conoscere il tipo di suolo con analisi chimico-fisiche. In base ai risultati si può procedere ad un'opportuna scelta del portinnesto (evitare cotogni in suoli con elevato calcare attivo) e del tipo di sistema di irrigazione.

Dove sono presenti evidenti problemi di degenerazione, occorre prendere in considerazione anche portinnesti franchi con modifiche del sesto d'impianto e delle

	tecniche di gestione, in modo da utilizzare il vigore elevato per avere una maggiore esplorazione del suolo ma al tempo stesso un buon controllo della crescita aerea e della produttività. Andranno prese in considerazione in questo caso tecniche di potatura lunga con raccorciamenti limitati alle branche di 3-4 anni fortemente produttive. Questa scelta è da fare con attenzione e coerenza nella gestione integrata di tutti i fattori di controllo della crescita (irrigazione, concimazione, lavorazioni, potatura). Qualora si decida d'utilizzare portinnesti deboli, è importante favorire l'espansione radicale in modo che la radice esplori una zona di terreno più grande possibile, anche a profondità leggermente maggiori (30-50cm). Nei primi anni si ha una spiccata espansione della chioma e della radice, quando la pianta raggiunge l'equilibrio ed entra in produzione rallenta lo sviluppo e l'esplorazione radicale, tendendo a mantenere l'equilibrio (poca esplorazione radicale). Per questi portinnesti si consiglia quindi di: evitare la produzione del 2° anno in modo da lasciare espandere la radice; evitare il diserbo (suolo nudo che richiama le radici anche in superficie nelle zone irrigate); effettuare la lavorazione del suolo i primi anni (per scoraggiare le radici ad uno sviluppo negli strati superficiali), in seguito valutare l'utilizzo di pacciamatura viva riducendo fortemente l'uso dei diserbanti chimici. Copertura del suolo anche nel sottofila Il suolo nudo è esposto all'azione battente della pioggia e al ruscellamento che possono causare degenerazione della struttura ed erosione. La superficie del suolo esposta al riscaldamento da parte dei raggi solari è soggetta ad aumento di temperatura e perde umidità negli strati superficiali più velocemente che un suolo coperto. Si consiglia quindi una gestione del sottofila con copertura pacciamante organica che ha maggiore effetto in termini di mitigazione della temperatura e ritenzione dell'umidità. In particolare si suggerisce una pacciamatura viva con semina o impianto di specie selezionate per la capacità di copertura rapida del suolo e per un apparato radicale poco profondo (ridotta competizione con le radici dell'albero), come possono essere trifoglio, timo serpillio, fragolina di bosco, potentilla o altre specie localmente adatte. La pacciamatura viva si può considerare multifunzionale, in quanto oltre a controllare lo sviluppo di piante spontanee indesiderate, riduce l'erosione, è una fonte di materia organica (di specie diverse dalla pianta da frutto) che migliora la fertilità del suolo, mantiene umidità negli strati superiori del suolo, aumenta la biodiversità (vegetale, entomologica e microbica). Operazioni per migliorare l'attività radicale degli apparati già formati La radice delle piante esprime la sua plasticità e quindi la capacità di adattamento alle variazioni delle condizioni ambientali, attraverso la continua esplorazione e colonizzazione di nuove nicchie di suolo. Le radici assorbenti hanno infatti un turnover molto rapido di pochi giorni/settimane e hanno quindi bisogno di spazi non sfruttati da radici della stessa specie (liberi da sostanze dispatiche). Per fare questo lo spazio tra le piante sulla fila è presto completamente colonizzato dalle radici, va quindi favorito il rinnovo del suolo specialmente in direzione dell'interfila: • Erpice arieggiatore sulla carraia in autunno con terreno in tempera, smuovendo il suolo in profondità si stimola lo sviluppo radicale nella direzione dell'interfila. • Distribuzione di nutrienti e acqua in modo razionale (posizionarli dove vogliamo che si sviluppino le radici). Ad esempio, una distribuzione di nutrienti nella zona vicina a dove è passato l'erpice arieggiatore porta a creare una nicchia con terreno non compattato e con nutrienti a disposizione in grado di favorire la crescita radicale. • Regolare il carico di frutti (ridurre il carico massimo in modo da lasciare energie per lo sviluppo radicale). Questo richiede una capacità di controllo del carico produttivo che comincia con la potatura e prosegue con il diradamento.
--	---

Operazioni per migliorare le proprietà fisico-chimiche e biologiche del suolo

Si consigliano alcune operazioni per migliorare le proprietà fisico-chimiche e biologiche del suolo, migliorare l'infiltrazione e il movimento dell'acqua e dell'aria, l'accumulo di sostanza organica, la biodisponibilità degli elementi, la biodiversità e il contenuto e l'attività dei microrganismi benefici, con un'attenzione particolare a promuovere l'ospitalità delle nicchie di suolo intorno alle piante. Le nicchie di suolo nel sottofila sfruttate dalle radici di una pianta hanno sostanza organica (residui di radici e sostanze allelopatiche rilasciate dalle radici) che, in caso di suolo nudo, sarà di provenienza principalmente della specie arborea. Per rendere queste nicchie di nuovo ottimali per la colonizzazione di nuove radici assorbenti (rinnovo apparato assorbente è indispensabile per la pianta arborea) è necessaria una trasformazione di questi residui. Sappiamo che l'umificazione della sostanza organica è favorita dalla biodiversità dei residui (che comporta una biodiversità microbica) sono dunque consigliabili le seguenti azioni in modo da favorire questi processi:

- Presenza di inerbimento spontaneo o controllato. La presenza dell'inerbimento favorisce l'infiltrazione dell'acqua anche in assenza di un buono stato strutturale del suolo. Considerare la presenza di un inerbimento permanente dell'interfila come miscela di essenze erbacee a diverso sviluppo radicale, profondo-fittone-compatto e superficiale-fascicolato-espanso (lavorazione "biologica" delle radici e incremento della porosità a diverse profondità del suolo), mentre nel sottofila una pacciamatura viva con specie con rapida copertura del suolo ma radice poco profonda.
- Gestione meccanica dell'inerbimento nell'interfila e nel sottofila. Trinciare ed eventualmente interrare i residui colturali con lavorazioni minime (solo in assenza di condizioni di rischio fitosanitario). Evitare il diserbo (riduzione della biodiversità).
- Praticare la lotta integrata utilizzando molecole a target specifico e a basso profilo eco-tossicologico, trattare solo in presenza di rischio effettivo. Prediligere metodi di confusione sessuale.
- Utilizzare ammendanti organici ben stabilizzati (9-12 mesi), prediligere materiali organici stabilizzati con la tecnica del vermi-compostaggio.
- Evitare fenomeni di ristagno (compattazione del suolo) favorendo le condizioni per un corretto drenaggio.
- Controllare la salinità delle acque di irrigazione, in particolare durante il periodo estivo o comunque dopo lunghi periodi di siccità in presenza di temperature elevate.
- Effettuare l'analisi chimica dei suoli con una regolarità di 3-5 anni per valutare la dotazione di macro e microelementi ed effettuare bilanci nutritivi per limitare la distribuzione della quantità di fertilizzante effettivamente utile a soddisfare il fabbisogno colturale. È bene effettuare anche l'analisi fogliare per monitorare, nel tempo, la quantità effettivamente assorbita di elementi. Dalle analisi del suolo delle aziende in prova è emersa la presenza in diverse aziende di elevati contenuti di macroelementi (dotazione alta, medio alta, molto alta), inoltre risultano disequilibri nel rapporto Mg/K (squilibrio fisiologico della pianta se basso: scarso assorbimento di magnesio, minore sintesi della clorofilla, se alto: scarso assorbimento del potassio, minore resistenza all'attacco dei patogeni). Anche alcuni microelementi hanno mostrato una dotazione da normale a molto alta che denota una potenziale tossicità (soprattutto per Fe, Cu e Zn).
- Ottimizzare la distribuzione degli input (fertilizzanti, acqua, prodotti fitosanitari) mediante l'uso di tecniche innovative (es. agricoltura di precisione).

Gestione dell'irrigazione

Bilancio idrico

Per evitare stress idrici determinati da scarsità o abbondanza di acqua nel terreno, è necessario evitare l'empirismo ed interventi basati solo sull'osservazione dei sintomi da stress. Quando compaiono i sintomi, il calo di resa è già stato determinato. Per evitare cali di resa è dunque necessario prevenire gli stress idrici, mediante strumenti previsionali, come il bilancio idrico.

Il bilancio irriguo calcola matematicamente la differenza tra entrate (piogge, risalita capillare) e perdite d'acqua (evaporazione, traspirazione, percolazione, ruscellamento superficiale), che insistono sul sistema del frutteto. Scopo del bilancio è ottenere le informazioni necessarie a definire i volumi corretti da apportare con le irrigazioni, al fine di mantenere la percentuale di acqua disponibile alla coltura all'interno delle soglie predeterminate. Nel caso specifico del pero è opportuno mantenere l'umidità del terreno tra il 40 e l'80% dell'acqua disponibile, evitando di raggiungere livelli prossimi alla capacità idrica di campo, che varia in funzione della tessitura. Nel bilancio irriguo, la distanza tra la % di umidità a cui far partire l'irrigazione e quella a cui sospenderla, dipende dal sistema irriguo impiegato: soglie più distanti per volumi ampi e tipici dell'aspersione (indicativamente tra 40 e 60%) e soglie ravvicinate per volumi piccoli e turni frequenti della goccia (tra 40 e 50%).

Rispettando le soglie indicate è possibile garantire il giusto equilibrio tra le componenti solida, liquida e gassosa, fornendo alla pianta l'ambiente ideale per lo sviluppo radicale e lo svolgimento delle funzioni radicali. In ogni modo è bene evitare situazioni di stress idrico nelle fasi più sensibili del ciclo colturale: dalla ripresa vegetativa all'allegagione e durante la fase di rapido accrescimento dei frutti.

Vista la difficoltà di calcolo e i tanti parametri coinvolti (Costanti idrologiche del terreno, temperatura dell'aria, precipitazioni, fasi fenologiche specifiche, ecc.), per il calcolo del bilancio idrico è utile avvalersi dei tanti servizi offerti sui nostri territori. La Regione Emilia-Romagna e il Consorzio di bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo hanno sviluppato e offrono sul territorio regionale, il servizio di consiglio irriguo Irrinet/Irriframe, che svolge il bilancio idrico e indica agli agricoltori il volume corretto da distribuire per ciascun intervento irriguo, prevedendone anche il momento più opportuno. Il servizio è disponibile anche in altri areali agricoli italiani. Il servizio è gratuito ed è possibile iscriversi nel portale www.irriframe.it.

Per ricevere il consiglio irriguo corretto è necessario fornire alcune informazioni riguardanti l'appezzamento e comunicare gli interventi irrigui effettuati.

Il calcolo del bilancio idrico può esser effettuato da Irrinet/Irriframe anche utilizzando i dati provenienti dalla rete di monitoraggio aziendale. In alternativa Irrinet/Irriframe utilizzerà altri servizi locali per il reperimento dei dati meteo.

Sensori di monitoraggio

Le reti di monitoraggio costituiscono un supporto indispensabile per la corretta gestione dei fattori produttivi e l'esecuzione delle operazioni colturali.

Monitoraggio dei parametri climatici - Per una misura puntuale dell'evapotraspirazione di riferimento (Et0), è possibile installare una stazione meteorologica completa dei seguenti sensori: termometro, pluviometro, anemometro, eliometro, igrometro.

Per una consultazione da remoto è possibile mettere in rete i sensori tra loro e dotarsi di un sistema di interfaccia accessibile da smartphone, tablet e computer. La centralina meteorologica aziendale va installata: in un'area rappresentativa, possibilmente in aree aperte attigue agli appezzamenti, lontano da piazzali e capannanoni, in aree che non interferiscano col transito delle macchine operatrici. Se si vogliono misurare le condizioni microclimatiche in presenza di copertura antigrandine e/o antinsetto, è opportuno posizionare la stazione meteorologica all'interno del frutteto. La centralina

va calibrata e mantenuta periodicamente, con interventi a cadenza almeno annuale. Si consiglia un controllo visivo dei sensori settimanale. È pertanto consigliata l'installazione della stazione su vie di transite percorse di frequente.

Monitoraggio dei parametri del suolo - L'installazione dei sensori di umidità del terreno è fondamentale per avere valutazione precisa dell'acqua disponibile alla coltura, evitare eccessi idrici e asfissie o eccessive carenze di acqua. Come regola generale si consiglia di installare un sensore in ogni appezzamento omogeneo, per caratteristiche di suolo, piante ed impianto irriguo. Questo numero può crescere, tanto più tanto è presente difformità nel settore irriguo (suoli differenti, piante differenti, impianti di erogazione differenti). I sensori debbono esser collocati laddove siano presenti le radici assorbenti. Pertanto, la distanza dal fusto è in funzione dell'espansione dell'apparato radicale, che viene condizionata dal genotipo del portinnesto e dalle condizioni ambientale determinate dalle operazioni agronomiche (arieggiatura, irrigazione, nutrizione, apporti di sostanza organica, ecc.). Un apparato radicale sano sarà in continua espansione, soprattutto nei primi anni. In tal caso potrebbe essere necessario riposizionare i sensori in funzione della crescita dell'apparato radicale. Per questo motivo e per la necessità di indagare tutta la profondità di terreno esplorato dalle radici, si consiglia l'installazione di sonde multilivello di facile installazione ed estrazione. I sensori raccolgono dati puntuali che vanno interpretati: è, quindi, importante che la sonda sia tarata in maniera sito-specifica in relazione alla tessitura del terreno. Una prima valutazione empirica può essere fatta osservando i valori di umidità del suolo misurati all'inizio e alla fine di ogni intervento irriguo stabilendo valori soglia all'interno dei quali mantenere il grado di umidità del terreno. Tali valori possono essere allineati alle costanti idrologiche e alle soglie di intervento irriguo di un bilancio idrico, aumentando la precisione del consiglio irriguo. Sostanzialmente i sensori sono di tipo tensiometrico o capacitivo i primi misurano la tensione nel terreno (la pressione negativa che devono vincere le radici per assorbire l'acqua, valori tanto più alti quanto minore è l'acqua nel suolo), i secondi la percentuale d'acqua rispetto al volume di terreno esplorato. A titolo puramente di esempio, si riportano valori indicativi a cui mantenere l'umidità del terreno, corrispondenti al 40-80% dell'acqua disponibile, in base alla tessitura.

Terreno	Tensiometro (cbar)	% umidità
Sciolto	20-30	15-20
Medio impasto	30-50	20-30
Argilloso	40-60	30-40

Per il corretto posizionamento delle sonde è opportuno considerare il metodo irriguo impiegato:

- in caso di impianti a spruzzo, posizionare il sensore ad una distanza dallo spruzzatore corrispondente a circa 2/3 della gittata, dove si ha una pluviometria corrispondente a quella media dell'impianto irriguo;
- in caso di impianti a goccia, posizionare il sensore in un punto corrispondente ad una bagnatura media del terreno e comunque mai in punto sottostante un gocciolatore.

Esistono in commercio sonde capaci di rilevare, oltre al contenuto di acqua nel suolo, anche la temperatura e, ove necessario, la conducibilità. La temperatura del suolo degli strati colonizzati dalle radici assorbenti è risultato esser un fattore limitante negli ultimi anni. Va dunque prestata grande attenzione alla messa in atto di tutte le scelte e le operazioni colturali che contribuiscano a mantenerla sotto i 25°C, soprattutto nel periodo estivo. La conducibilità del suolo, molto influenzata dagli apporti di fertilizzanti

	ed effluenti, può determinare un fattore limitante, in particolar modo quando questa supera 1,4 mS/cm. Il monitoraggio dei diversi strati di terreno permette di monitorare il movimento dei nutrienti, eventuali lisciviazioni indesiderate o accumuli nocivi. Se i sensori sono collegati ad una rete web, è possibile integrare i dati provenienti dalla sensoristica suolo-clima illustrata, tramite un sistema di interfaccia su internet, con il bilancio idrico di Irriframe, per migliorare il consiglio irriguo del pereto. Il sistema Irriframe è predisposto per ricevere il dato di umidità sia in tensione (cbar) che in volume (%).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Impiegato RI.NOVA	Realizzazione	27	157	4.239,00
	Dirigente CER	Realizzazione	75	29	2.175,00
	Quadro CER	Realizzazione	43	10	430,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	38	1.026,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	30	810,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	50	1.350,00
	Impiegato CER	Realizzazione	27	10	270,00
	Impiegato Apo Conerpo	Realizzazione	43	48	2.064,00
	Impiegato Apo Conerpo	Realizzazione	27	48	1.296,00
Totale:					14.470,00

2.3 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Onit Group Srl		15.000,00	3.4.2 Correlazioni con database ABDS	15.000,00
Totale:				15.000,00

AZIONE 3.5 – ATTIVITÀ FINALIZZATA ALLA SOSTENIBILITÀ ETICA E SOCIALE

2.1 Attività e risultati

Azione 3.5	ATTIVITÀ FINALIZZATA ALLA SOSTENIBILITÀ ETICA E SOCIALE
Unità aziendale responsabile	RI.NOVA Istituto I. Calvi
Descrizione attività	L'attività è consistita nello svolgere presso le strutture didattiche dell'Istituto Tecnico Agrario "Ignazio Calvi" (Partner associato del GOI) una serie di lezioni volte a sensibilizzare gli studenti alla importanza che la frutticoltura riveste nel loro territorio, con particolare riferimento all'uso razionale e sostenibile della risorsa acqua. Le lezioni si sono svolte il 7-8 marzo 2022 presso la sede dell'Istituto a Finale Emilia (MO) e rivolte agli studenti che frequentano le classi V dell'indirizzo Agrario, agroalimentare e agroindustriale. Successivamente, gli studenti delle classi III hanno partecipato a una visita dimostrativa all'Acqua Campus del CER, un polo all'avanguardia situato a Mezzolara di Budrio (BO) dedicato al trasferimento dell'innovazione alle imprese che operano in agricoltura. Il polo è esteso su circa 15 ettari e comprende 30 campi sperimentali, un laboratorio analitico all'avanguardia, un'aula didattica multimediale, il tutto gestito da personale altamente qualificato, supportato dalla strumentazione più avanzata nel settore della ricerca irrigua. Inoltre nel polo è presente una struttura tecnica espositiva a valenza nazionale, in cui siano collocate le più importanti e innovative attrezzature irrigue per le colture più diffuse in Italia.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.

AZIONE 4 - DIVULGAZIONE

2.1 Attività e risultati

Azione	DIVULGAZIONE						
Unità aziendale responsabile	RI.NOVA						
Descrizione attività	<u>Piano di comunicazione</u> RI.NOVA, per conto del partenariato, ha messo in atto un piano di divulgazione che comprende interventi sia di tipo interpersonale che mediatico, tramite un'azione sinergica tra vari strumenti di comunicazione di seguito descritti. In particolare sono state realizzate diverse azioni divulgative per contribuire a rendere concreto un collegamento funzionale multi-actor tra innovazione, trasferimento e applicazione, che è obiettivo intrinseco del PSR e della Misura 16.1, al fine di stimolare un nuovo approccio tra tutti gli attori della filiera frutticola. Incontri tecnici Sono stati organizzati n. 2 incontri tecnici: il primo si è svolto l'8-02-2023 a Cesena e il secondo il 27-02-2023 a Bologna. Gli incontri sono stati indirizzati in prevalenza ai tecnici e frutticoltori soci delle OP interessate, sia direttamente che indirettamente, ai risultati del Piano, con l'obiettivo di portare le competenze e i risultati dell'innovazione il più possibile vicino agli utilizzatori finali: le imprese agricole. Nel corso degli incontri sono state illustrate le attività svolte e i principali risultati ottenuti nell'ambito del Piano d'innovazione. La documentazione relativa alle locandine prodotte e diffuse e i fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative, è riportata in allegato (v. allegato). Comunicato stampa In data 24-11-2021 è stato redatto e inviato a diverse testate locali e nazionali, un comunicato stampa dal titolo: "Salvare le pere dell'Emilia Romagna risparmiando acqua, CRPV lancia il progetto Irrigate", con lo scopo di raggiungere un pubblico di natura generalista principalmente caratterizzato dai consumatori della filiera agroalimentare. In seguito alla pubblicazione del comunicato stata confezionata una relativa rassegna stampa (v. allegato). Articoli tecnici Sono stati realizzati i seguenti articoli tecnici, pubblicati su riviste specializzate a diffusione tradizionale oppure online e riportati in allegato (v. allegato). <table border="1"> <thead> <tr> <th>DATA</th><th>TITOLO</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dicembre 2021</td><td>Pere, il progetto Irrigate fa risparmiare acqua. Frutticoltura, n. 10, 2021, Edagricole Bologna.</td></tr> <tr> <td>Maggio 2023</td><td>Degenerazione del pero in Emilia Romagna: Risultati del progetto Irrigate. Frutticoltura, (in stampa), Edagricole Bologna.</td></tr> </tbody> </table> Portale RI.NOVA RI.NOVA ha messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. All'interno del portale (www.rinova.eu) è stata individuata una pagina (https://rinova.eu/it/progetti/irrigate-indagine-sui-	DATA	TITOLO	Dicembre 2021	Pere, il progetto Irrigate fa risparmiare acqua. Frutticoltura, n. 10, 2021, Edagricole Bologna.	Maggio 2023	Degenerazione del pero in Emilia Romagna: Risultati del progetto Irrigate. Frutticoltura, (in stampa), Edagricole Bologna.
DATA	TITOLO						
Dicembre 2021	Pere, il progetto Irrigate fa risparmiare acqua. Frutticoltura, n. 10, 2021, Edagricole Bologna.						
Maggio 2023	Degenerazione del pero in Emilia Romagna: Risultati del progetto Irrigate. Frutticoltura, (in stampa), Edagricole Bologna.						

	sistemi-irrigui-su-impianti-di-pero/) dedicata al Piano, composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto gli aggiornamenti relativi alle attività condotte. Inoltre, attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente RI.NOVA ha proceduto all'aggiornamento della pagina con notizie, informazioni e materiale divulgativo ottenuti nell'ambito del Piano. Audiovisivo E' stato realizzato n. 1 audiovisivo dedicato alla presentazione del progetto IRRIGATE della durata di circa 5 minuti. Tecnici RI.NOVA si sono occupati di individuare i referenti per le interviste, l'organizzazione, la definizione delle riprese filmate, la "traccia" degli argomenti da trattare e la verifica delle immagini. L'audiovisivo prodotto è pubblicato sulla pagina dedicata al progetto del portale RI.NOVA e su un canale dedicato sulla piattaforma Youtube dove può anche essere condiviso da altri utenti su siti, blog e social network, moltiplicando le possibilità di contatto con gli utenti. Collegamento alla rete PEI-Agri Come indicato nell'Azione 1, il personale RI.NOVA si è fatto carico di predisporre in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi intermedi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Impiegato RI.NOVA	Divulgazione	27	8	216,00
	Impiegato RI.NOVA	Divulgazione	43	152	6.536,00
	Impiegato RI.NOVA	Divulgazione	43	26	1.118,00
Totale:					7.870,00

2.3 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Orma Comunicazione		1.250,00	Comunicato stampa	1.250,00
PubbliSOLE Spa		650,00	Audiovisivo	650,00
Totale:				1.900,00

AZIONE 5 - FORMAZIONE/CONSULENZA

E' stata realizzata l'attività di formazione a catalogo verde di seguito descritta.

1) Corso di formazione: Sviluppo di competenze avanzate per la gestione dell'irrigazione nella coltivazione del pero

ID proposta: 5374545

Durata: 29 ore

Numero partecipanti: 8

Costo totale: 5.744,32 Euro

Contributo richiesto (90%): 5.169,92 Euro

2) Visite e scambi: Viaggio di studio nei Paesi Bassi, sviluppo di competenze avanzate per la gestione dell'irrigazione nella coltivazione del pero

ID proposta: 5455262

Durata: 26 ore

Numero partecipanti: 10

Costo totale: 14.307,60 Euro

Contributo richiesto (70%): 10.015,30 Euro

3 Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico-scientifiche	Nessuna criticità tecnico-scientifica incontrata nella realizzazione dell'attività
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Nessuna criticità gestionale incontrata nella realizzazione dell'attività.
Criticità finanziarie	Nessuna criticità finanziaria incontrata nella realizzazione dell'attività.

4 ALTRE INFORMAZIONI

////////

5 CONSIDERAZIONI FINALI

////////

6. Relazione tecnica

Descrizione delle attività complessivamente effettuate

Esercizio della cooperazione

RI.NOVA, nel suo ruolo di mandatario, ha svolto la funzione di coordinatore e gestore delle azioni del Piano d'innovazione, pianificando e mettendo in atto tutte le iniziative necessarie a realizzare l'attività progettuale e conseguire i risultati previsti dal Piano stesso. In primo luogo è stato costituito un Comitato di Progetto, composto dal Responsabile del Piano d'innovazione, dal Responsabile Scientifico e da almeno un Rappresentante per ogni Unità Operativa coinvolta nella realizzazione delle diverse azioni previste dal Piano. Per tutta la durata del Piano, RI.NOVA ha quindi svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare: il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori; la valutazione dei risultati in corso d'opera; l'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi; la definizione delle azioni correttive. Inoltre il Responsabile del Piano d'innovazione, in stretta collaborazione con il Responsabile Scientifico, si è preoccupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano.

Indagini conoscitive (esame dello stato di fatto)

L'attività svolta ha permesso di individuare un certo numero di pereti (afferenti a 92 aziende agricole) interessati da fenomeni degenerativi, localizzati nelle province di Ferrara, Modena, Reggio Emilia e Ravenna. I pereti sofferenti così individuati sono stati geo-referenziati e riguardano la sola varietà Abate Fetel. Una volta definiti gli impianti da monitorare, per ognuno di essi sono state acquisite tutte le informazioni ritenute capaci di incidere sulla vitalità delle piante. I dati raccolti sono serviti per sviluppare l'azione 3.4; inoltre hanno permesso di individuare le 8 aziende agricole in cui si trovano gli impianti in cui sono state realizzate le azioni di seguito descritte.

Indagini di campo e di laboratorio

Nel corso dell'estate-autunno 2021, senza alcun scostamento dal protocollo, si è provveduto ad eseguire i rilievi fitosanitari nelle 8 aziende scelte all'interno del progetto (vedi azione 3.1), di cui 6 in provincia di Modena e 2 in provincia di Ferrara. Per ciascuna, sono stati identificati gli appezzamenti già oggetto di un primo sopralluogo esplorativo nella primavera 2021. Negli 8 appezzamenti selezionati sono state eseguite analisi sulle radici e sui suoli. I campionamenti sono stati eseguiti in due annate, ad agosto 2021 e settembre 2022 dal personale di Astra. All'interno degli stessi appezzamenti è stata eseguita anche la caratterizzazione pedologica del suolo, seguendo gli standard indicati dall'Area Geologia, suoli e sismica della Regione Emilia – Romagna, e installati i piezometri per il monitoraggio della falda ipodermica. Sempre sugli stessi 8 appezzamenti si è provveduto alla misura delle variazioni areali di conducibilità elettrica nel suolo, tramite l'utilizzo di uno strumento a induzione elettromagnetica (EM38).

Prove irrigue con tecniche alternative a quelle tradizionali

All'interno degli 8 appezzamenti sono stati selezionate porzioni di frutteto, corrispondenti a settori irrigui indipendenti, sui quali è stata gestita l'irrigazione tramite consiglio irriguo del DSS Irriframe. Al fine di monitorare adeguatamente ed in maniera puntuale le strategie irrigue, per ciascuna azienda è stata allestita una rete di monitoraggio costituita da stazioni agro-meteorologiche dotate di sensori per l'acquisizione delle variabili puntuali del bilancio idrico e sensori di umidità multilivello per l'acquisizione del profilo di umidità e temperatura del suolo fino a 90 cm con un dettaglio spaziale di 10 cm. Tali strumentazioni, una volta installate, sono state collegate in rete per registrare ed inviare i dati con passo orario. Durante il primo anno di progetto (2021) sono state condotte tutte le attività preliminari per l'acquisizione dei dati relativi agli appezzamenti, l'installazione dei sensori e delle stazioni meteo ed il test e la configurazione della rete di monitoraggio per l'interazione con il server Irriframe. Nella stagione irrigua 2022 è stato monitorato il contenuto idrico del suolo tramite l'applicativo Irriframe integrato con i dati delle stazioni meteo ed il dato

puntuale di umidità derivante dalle misurazioni dei sensori multilivello installati in ogni appezzamento, in quanto Irriframe prevede di prendere in carico il dato correttivo del sensore, utilizzando un algoritmo di validazione e assimilazione del dato.

Analisi dei dati e creazione delle linee guida

Per ogni rilievo eseguito con drone e per ogni data sono state prodotte immagini georeferenziate per un volume di circa 1-2 GB. I rilievi con EM38 sono stati invece processati tramite software proprietario: TrackeMaker 38MK2 della Geomar software. I dati, costituiti dai valori di conducibilità elettrica apparente del suolo e le relative coordinate sono stati post-processati in ambiente GIS (Qgis) per ottenere i valori puntuali in formato vettoriale (.shp file) ai quali sono stati applicati metodi di geostatica per la loro spazializzazione all'interno degli appezzamenti. Al fine di individuare una chiave di lettura circa le possibili convergenze fra le aree soggette a deperimento delle piante ed i possibili fattori responsabili (in particolare la gestione dell'acqua), Onit Group ha provveduto ad analizzare i dati relativi agli apporti irrigui a livello territoriale nel periodo di riferimento 2021-2023, incrociandoli con quelli del database ABDS. Infine sono state redatte apposite linee guida valide sia per la creazione di nuovi impianti di pero, sia per la gestione di quelli già esistenti.

Attività finalizzata alla sostenibilità etica e sociale

L'attività è consistita nello svolgere presso le strutture didattiche dell'Istituto Tecnico Agrario "Ignazio Calvi" (Partner associato del GOI) una serie di lezioni volte a sensibilizzare gli studenti alla importanza che la frutticoltura riveste nel loro territorio, con particolare riferimento all'uso razionale e sostenibile della risorsa acqua. Le lezioni si sono svolte il 7-8 marzo 2022 presso la sede dell'Istituto a Finale Emilia (MO) e rivolte agli studenti che frequentano le classi V dell'indirizzo Agrario, agroalimentare e agroindustriale. Successivamente, gli studenti delle classi III hanno partecipato a una visita dimostrativa all'Acqua Campus del CER, un polo all'avanguardia situato a Mezzolara di Budrio (BO) dedicato al trasferimento dell'innovazione alle imprese che operano in agricoltura.

Attività di divulgazione e trasferimento dei risultati

In accordo con i partner del GO, il personale RI.NOVA ha organizzato e gestito diverse iniziative e azioni divulgative. In particolare sono stati organizzati nel complesso 2 incontri tecnici, 1 comunicato stampa, 2 articoli tecnici e 1 audiovisivo. RI.NOVA ha inoltre messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. Il personale RI.NOVA si è fatto carico di predisporre in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.

Attività di formazione

E' stato organizzato un corso di formazione di 29 ore dal titolo "Sviluppo di competenze avanzate per la gestione dell'irrigazione nella coltivazione del pero (ID proposta 5374545) al quale anno partecipato 8 persone tra tecnici e titolari di aziende agricole. Al corso è seguito un viaggio di studio nei Paesi Bassi (ID proposta 5455262) della durata di 26 ore di formazione, al quale hanno partecipato 10 tecnici.

Risultati innovativi e prodotti che caratterizzano il Piano

Dalle azioni/attività svolte nell'ambito del progetto sono stati ottenuti i seguenti risultati innovativi e prodotti.

Quadro preciso in termini di diffusione del problema. Le attività svolte nell'ambito dell'azione 3.1 "Indagini conoscitive (esame dello stato di fatto)" hanno permesso di avere un primo quadro preciso in termini di diffusione sul territorio regionale del problema "degenerazione delle piante", indicativo delle diverse principali situazioni pedologiche, agronomiche, agro-ambientali e territoriali in cui il pero è coltivato.

Informazioni sullo stato fitosanitario, caratteristiche del terreno e della falda ipodermica. Allo stesso modo, dall'azione 3.2 "Indagini di campo e di laboratorio" sono scaturite una serie di informazioni sullo stato fitosanitario (parte aerea e apparato radicale) delle piante oggetto d'indagine, sulle caratteristiche

pedologiche e agro-biologiche del suolo in cui esse insistono, nonché sull'andamento stagionale e sulla qualità dell'acqua della falda ipodermica; necessarie per meglio capire il ruolo che i diversi fattori svolgono sull'insorgenza del fenomeno degenerativo.

Nuova tecnica irrigua per limitare il deperimento. Grazie alle attività svolte nell'ambito dell'azione 3.3 "Prove irrigue con tecniche alternative a quelle tradizionali" è stato possibile mettere a punto protocolli di irrigazione in grado di mitigare gli effetti negativi sulla vitalità delle piante causati da possibili fenomeni di idromorfia. Inoltre le stesse prove hanno permesso di acquisire tutti i dati necessari alla configurazione dell'applicativo IRRINET, con conseguenti vantaggi in termini di risparmio idrico e qualità delle produzioni.

Linee guida. In seguito alle attività previste nell'ambito dell'azione 3.4 "Analisi dei dati e creazione delle linee guida" è stato possibile verificare se sussistono significative convergenze tra le aree interessate al fenomeno degenerativo e le caratteristiche agronomiche e agro-ambientali (con particolare riferimento alla gestione dell'acqua) in cui insiste la pericoltura regionale. Questo ha consentito di redigere apposite linee guida valide sia per la creazione di nuovi impianti di pero, sia per la gestione di quelli già esistenti.

Potenziiali ricadute in ambito produttivo e territoriale

I soggetti che in primo luogo saranno in grado di avvantaggiarsi dei risultati ottenuti nell'ambito del Piano sono rappresentati dalle aziende agricole che afferiscono alla OP Apo Conerpo e che coltivano pero (o che intendono farlo) nelle aree interessate alla degenerazione degli impianti - si tratta potenzialmente di una superficie di circa 5.500 ha (circa la metà con Abate Fetel), gestita da alcune centinaia di aziende agricole - e più in generale dalle aziende pericole che afferiscono a UNAPera. Quest'ultima è una società consortile a responsabilità limitata fra 25 imprese (13 Organizzazioni di produttori e 12 non OP) che rappresentano oltre il 70% delle pere commercializzate sul mercato italiano nell'ultimo triennio e più del 55% dell'export nazionale di questo frutto. In particolare gli agricoltori potranno utilizzare le linee guida con tutte le informazioni necessarie, sia per i nuovi impianti che per quelli già in essere, per gestire gli stessi impianti al fine di evitare il fenomeno della degenerazione delle piante e del conseguente calo di produttività.

Data: 23-05-2023

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Alvaro Crociani