



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambientali

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**Analisi della sostenibilità agro-ambientale dell'irrigazione a goccia
in quattro aziende maidicole della pianura trevigiana**

Relatore: Prof. ssa Lucia Bortolini

Correlatore: Dott. Eros Borsato

Laureando: Francesco Salmaso

Matricola n. 2057913

Sommario

1. INTRODUZIONE	9
1.1 L'ACQUA E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	9
1.2 LA MICROIRRIGAZIONE A GOCCIA.....	10
1.3 L'IRRIGAZIONE A GOCCIA SU MAIS.....	11
2. OBIETTIVI DELLA TESI	13
3. MATERIALI E METODI	15
3.1 AREA DI STUDIO	15
3.1.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO, GEOLOGICO E PEDOLOGICO	15
3.1.2 IL CONSORZIO DI BONIFICA PIAVE.....	17
3.2 DESCRIZIONE DELL PROVA.....	19
3.2.1 PRATICHE AGRONOMICHE	19
3.2.2 IRRIGAZIONE.....	23
3.2.3 VERIFICA FUNZIONALE DELL'IMPIANTO	28
3.2.4 RILIEVO DEI DATI CLIMATICI	29
3.2.5 RILIEVI SULLA BIOMASSA	30
3.3 INDICATORI DI PERFORMANCE IRRIGUA E ANALISI DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DELLA PRATICA IRRIGUA.....	31
3.3.1 BILANCIO IDRICO COLTURALE	31
3.3.2 EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA	34
3.3.3 INDICATORI DI PERFORMANCE DI RESA	35
4. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	37
4.1 ANDAMENTO AGROCLIMATICO	37
4.2 ANALISI DELLE UNIFORMITÀ DI DISTRIBUZIONE	39
4.3 BILANCIO IDRICO	42
4.4 ANALISI SULLO SVILUPPO DI BIOMASSA	48
4.5 ANALISI DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DELL'IRRIGAZIONE A MANICHETTA SU MAIS.....	51
4.6 ANALISI DI CONFRONTO CON L'ANNATA MAIDICOLA 2022 NELL'AZIENDA (3)	53
4.6.1 ANDAMENTO AGROCLIMATICO NEL 2022	53
4.6.2 SIMULAZIONE DEL BILANCIO IDRICO NEL 2022	54
4.6.3 CONFRONTO TRA LE RESE	56
5. CONCLUSIONI	57
6. BIBLIOGRAFIA	59

RIASSUNTO

I cambiamenti climatici stanno rendendo la risorsa idrica sempre più scarsa e di difficile accesso. L'impatto antropico sul capitale naturale "acqua" è marcato e circa il 70% del consumo idrico globale è ad opera del settore primario..

La prova qui descritta analizza la gestione aziendale del sistema irriguo a micro-irrigazione con manichetta su coltura di mais in quattro aziende differenti. Lo studio prevede il confronto della resa produttiva e dei metodi applicati in loco per un utilizzo sostenibile della risorsa idrica, oltre che l'analisi degli indici di performance ambientale nei diversi appezzamenti.

La ricerca si è svolta durante la stagione irrigua 2023 su quattro appezzamenti in provincia di Treviso, di cui tre nella parte nord caratterizzati da terreni franco-sabbioso-argilloso e abbondante presenza di scheletro e uno nella parte sud con un terreno franco-limoso-argilloso e quasi assenza di scheletro.

La gestione irrigua applicata si basa su un criterio semi empirico di compensazione dell'evapotraspirazione durante tutta la stagione vegetativa della coltura. I principali rilievi eseguiti in campo sono stati: l'uniformità di distribuzione nell'impianto a goccia, il campionamento di piante per ricavare l'indice di biomassa e di resa e la raccolta di dati di irrigazioni e pluviometria per il calcolo del bilancio irriguo e degli indici ambientali.

I dati meteorologici sono stati ricavati dalle stazioni di rilevamento ARPAV collocate in prossimità delle diverse prove. La prova ha confermato che questo sistema risulta essere molto efficiente e permette una distribuzione irrigua omogenea favorendo lo sviluppo della coltura anche in condizioni climatiche siccitose. Le rese degli appezzamenti irrigati sono state superiori rispetto agli appezzamenti di controllo; ciò ha permesso di esprimere al massimo le potenzialità di questa tecnica irrigua, pur constatando un abbondante apporto pluviometrico registrato durante la stagione estiva.

Il confronto tra le tesi evidenzia come l'uso della medesima tecnologia possa essere ottimizzata a livello aziendale in maniera più o meno sostenibile. La prova, infatti, riporta l'esigenza comune di formare i tecnici aziendali verso la conoscenza approfondita degli strumenti in uso per la pratica irrigua che, attraverso sistemi di supporto alle decisioni, possano consigliare la miglior gestione irrigua maggiormente sostenibile per la propria realtà aziendale.

Un confronto per una singola azienda con le condizioni climatiche rilevate nell'annata 2022 ha permesso un'ulteriore riflessione sulle caratteristiche di una simile tecnica irrigua in grado di garantire, anche in annate particolarmente siccitose, delle rese accettabili senza eccessivi consumi idrici.

ABSTRACT

Climate changes are affecting water availability forcing water scarcity and making water access more difficult. The natural capital of water resource is facing a deep human impact, which is getting the renewable resource more vulnerable, in fact, agricultural sector is responsible of the 70 % of water consumption.

The study focuses on the farm's irrigation management using drip irrigation on maize crop for 4 different case studies. The study compares the yield crop, irrigation and other indices computing sustainability on the 4 farming managements.

The research was held along the summer season 2023 on four field plots placed on the plain of Treviso Province. Three of them are located in an area with a sandy-clay- loam soil and abundant gravel and only one in a place with a silty-clay-loam soil and no gravel.

The farm's irrigation management is a semi-empirical criterion based on evapotranspiration compensation throughout the crop growing season. The field survey was carry out among different phenological steps, in which, irrigation volumes and plants samples were collected for: irrigation uniformity for drip system, biomass production, and yield.

Climatic data were collected from the regional agency for weather forecasting ARPAV. The thesis demonstrates how drip irrigation perceives a sustainable irrigation management, both for distribution optimization and for the water use efficiency. Drip irrigation allows a higher yield compared to a rainfed crop, even if in the 2023 summer season rainfall was higher than the average of the period. The thesis emphasizes how farmers have different results on using similar drip irrigation systems, where local management gives different results on the indicators of sustainability. The study shows a necessary training on irrigation water management for farms' technician, which would allow them to follow an optimize filed management even using support decisional systems in order to reach a more sustainable irrigation water management on local field requirement.

The comparison with the climatic conditions observed in the 2022 summer season demonstrates how drip irrigation, even in particularly dry years, allows acceptable yields without excessive water consumption.

1. INTRODUZIONE

1.1 L'ACQUA E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Osservando il pianeta dallo spazio non si ha l'impressione che l'acqua sia una risorsa scarsa, ma, andando ad indagare più in profondità, ci si rende conto che, anche se essa rappresenta circa il 71% della superficie terrestre, solo il 1% circa è acqua dolce immediatamente utilizzabile dall'uomo. Per quanto riguarda la parte restante, il 96% è salata; del 3 % rimanente, il 2% è presente nei ghiacciai, mentre l'1% residuo è dato per lo 0,99% da falde sotterranee e per lo 0,01% da fiumi e laghi.

A livello mondiale, l'agricoltura consuma la maggior parte dell'acqua dolce disponibile: senza di essa la coltivazione è impossibile. Numerose sono le tecniche sviluppate per poter coltivare piante senza l'ausilio di suolo o senza luce naturale, ma l'acqua rimane tutt'oggi il fattore indispensabile. Per garantire la sicurezza alimentare globale, si stima che il mondo dovrà produrre circa il 60% in più di cibo entro il 2050 (dati FAO), e deve farlo preservando e valorizzando le risorse naturali di base. Tuttavia con l'aumento della domanda e della concorrenza per l'acqua, tuttavia, le risorse idriche del pianeta sono sempre più sottoposte a stress a causa del cambiamento climatico, della cattiva gestione e dell'inquinamento.

Il cambiamento climatico rappresenta una delle maggiori preoccupazioni nel settore agricolo e, limitandoci all'aspetto dell'acqua, esso è fonte dei due principali problemi, spesso di natura opposta: gli eventi climatici estremi e i lunghi periodi di siccità.

Secondo l'Ipcc (Organismo Internazionale di Valutazione dei Cambiamenti Climatici), un innalzamento della temperatura media del globo superiore a 1,5 °C causerà un consistente aumento di intensità e frequenza di eventi climatici estremi: questo si traduce in un aumento di fenomeni piovosi molto intensi, che possono sia apportare maggiori danni alla coltura, sia il verificarsi in fasi colturali dove non è richiesta una grande quantità d'acqua che quindi, se non raccolta, viene persa.

Per contro, possono verificarsi lunghi periodi di siccità in fasi colturali particolarmente delicate, rendendo quindi indispensabile il ricorso all'irrigazione.

In Europa, le condizioni di aridità o semi-aridità dei paesi dell'Europa meridionale, quali Grecia, Italia, Portogallo, Cipro, Spagna e Francia meridionale, impongono il ricorso all'irrigazione, cui è destinato attualmente quasi l'80 % dell'acqua utilizzata in agricoltura in tali regioni.

L'Italia è tra i paesi europei che maggiormente fanno ricorso all'irrigazione. È seconda in termini di superficie irrigata (escludendo colture protette e orti familiari) solo alla Spagna con più di 2,4 milioni di ettari (la Spagna ne irriga circa 3 milioni) e quarta in termini di incidenza della superficie irrigata sulla SAU con circa il 19 per cento, dopo Malta, Cipro e la Grecia, tra le quali merita menzione - in termini di rilevanza - la Grecia, la quale si assesta su valori simili a quelli italiani irrigando circa un 20 per cento della SAU17. Nel dettaglio in Italia, nell'annata agraria 2009-2010, il volume di acqua irrigua utilizzata dall'agricoltura è pari a 11.618 milioni di metri cubi. Il fenomeno interessa nel complesso 708.449 aziende che irrigano 2.489.914,70 ettari (6° Censimento Generale dell'Agricoltura, dati ISTAT).

Solo il Nord Italia consuma circa il 70% dell'acqua a scopo irriguo, ma il Veneto in particolare ne utilizza solo il 5,5%, nonostante sia la quarta regione per superficie SAU irrigata, preceduta solamente da Lombardia, Piemonte ed Emilia Romagna. In Veneto inoltre sono presenti circa il 9% delle aziende che praticano l'irrigazione a livello nazionale.

1.2 LA MICROIRRIGAZIONE A GOCCIA

Un impianto a goccia è generalmente un sistema che, tramite una fitta rete di tubature, apporta acqua alle singole piante in maniera capillare ed estremamente uniforme grazie alla presenza di erogatori con diverse caratteristiche, garantendo livelli di umidità del suolo adeguati durante tutte le fasi di crescita del ciclo di vita di una coltura.

Tra i vantaggi dell'irrigazione a goccia troviamo sicuramente un aumento dell'efficienza irrigua, che si traduce in una riduzione dei consumi idrici e di fertilizzanti; con questo sistema infatti viene bagnata solo una piccola parte del terreno in prossimità della pianta, riducendo così l'evaporazione dell'acqua a livello del terreno e limitando la bagnatura delle malerbe per ridurre lo sviluppo. Oltre ad una diminuzione dell'evaporazione, grazie a volumi molto ridotti, si riduce anche il rischio di percolazione di acqua e di fertilizzanti.

Conoscendo le caratteristiche degli erogatori, come la portata, e le effettive necessità della coltura è possibile determinare con precisione il tempo di ogni singola irrigazione, migliorando così l'efficienza d'uso dell'acqua (WUE) con effetti positivi anche sulla resa. È stato dimostrato che un sistema di irrigazione a goccia aumenta la resa finale del 30-40%, risparmiando acqua del 50-60% rispetto ai metodi di irrigazione tradizionali (Okasha et al., 2022).

Nell'impianto a goccia gli erogatori sono dei gocciolatori di materiale plastico caratterizzati da una bassa pressione di funzionamento e da una bassa portata; l'erogazione è puntiforme poiché i gocciolatori non hanno una gittata.

Con il termine ala gocciolante si indica genericamente una tubazione in materiale plastico con gocciolatori che possono essere raccordati all'ala in derivazione (on-line) oppure inseriti all'interno della tubazione durante il processo di estrusione del PE (in-line). Una seconda tipologia di ala gocciolante è la manichetta forata (a camera semplice o doppia) che però non possiede erogatori ed eroga l'acqua tramite piccoli fori realizzati direttamente sulla tubazione.

Considerando la dimensione estremamente piccola del foro è frequente che alcuni di questi si ostruiscano: per evitare che ciò accada, sia i gocciolatori (on-line e in-line) che le ali gocciolanti sono progettati con dei particolari labirinti al cui interno si creano delle turbolenze che ne impediscono l'ostruzione.

A monte del sistema di distribuzione è comunque indispensabile un sistema di filtraggio adeguato in base alle dimensioni dell'impianto e alla purezza dell'acqua; i filtri impiegati sono principalmente di quattro tipologie: idrociclone, filtro a rete, filtro a dischi e filtro a sabbia o graniglia.

Grazie a questa tipologia di impianto è possibile abbinare l'irrigazione alla fertilizzazione anche in condizioni in cui una macchina non sarebbe in grado di operare, aumentando l'efficienza d'uso del prodotto distribuito e conseguentemente anche la resa.

Inoltre, non sono necessarie particolari sistemazioni del terreno a patto che vi sia una uniformità di erogazione lungo tutto l'appezzamento.

Tra gli svantaggi che l'impianto a goccia presenta troviamo il costo d'impianto relativamente alto (che però viene mitigato da una maggiore resa) e la manodopera per la messa in funzione; le operazioni colturali potrebbero essere difficoltose a causa dell'ingombro fisico dell'impianto stesso, ma questo dipende da una serie di fattori, quali la posizione dell'ala erogante, di un suo eventuale interrimento, di un'eventuale pacciamatura e in base alla tipologia di operazione che si intende svolgere.

Per la gestione di questa tipologia d'impianto, è inoltre necessaria anche una buona preparazione dell'operatore, al fine di sfruttarne al meglio tutte le potenzialità.

Considerando gli impianti annuali non deve essere trascurato il costo di smaltimento, sia economico che ambientale: alcune tipologie di ali gocciolanti possono essere utilizzate solamente per un anno e dopo devono essere rimosse senza poter essere riutilizzate. Attualmente, a causa delle caratteristiche fisiche richieste dal materiale, non esistono ali gocciolanti interamente riciclate.

1.3 L'IRRIGAZIONE A GOCCIA SU MAIS

Un tempo questa tecnica irrigua era riservata solamente alle specie arboree, ma con l'avvento di ali gocciolanti integrali sempre più tecnologiche e a costi inferiori anche l'irrigazione a goccia ha iniziato a diffondersi su piante industriali, soprattutto orticole o comunque seminate a filari (sarchiate in generale). Anche il pomodoro è ormai oggi diffusamente irrigato a goccia, mentre per il mais è sorto un certo interesse per tale tecnica solo negli ultimi anni. Per irrigare queste colture erbacee vengono oggi comunemente utilizzate soprattutto ali gocciolanti di tipo leggero, a durata annuale (manichette) e per non creare intralcio all'accesso dei mezzi agricoli, la condotta di testa è di materia flessibile, ma anche estremamente resistente con durata pluriennale (*layflat*). Le singole linee vengono stese a inizio della stagione irrigua tramite apposite macchine con la possibilità di essere anche leggermente interrato (2-3 cm); a fine stagione irrigua, solitamente prima del raccolto, vengono rimosse. In considerazione dell'alta efficienza irrigua di questo sistema, solitamente non la manichetta viene stesa a file alterne e in particolare in mais, considerando un'interfila media di 75 centimetri, la distanza tra una manichetta ed un'altra è di circa 1,4-1,5 metri. La messa a punto della tecnica microirrigua su mais si è dimostrata particolarmente utile specie in annate con condizioni di clima arido e assenza di significative precipitazioni estive, come, ad esempio, quella verificatesi nell'anno 2022 nella pianura Padana. Ciò perché questo metodo, grazie a brevi turni irrigui, è in grado di conservare bassi livelli di tensione dell'acqua nel terreno, permettendo quindi all'apparato radicale di utilizzare l'acqua con il minor lavoro possibile, a beneficio dell'efficienza produttiva. Anche il contenimento dell'effetto deriva del vento e l'assenza di bagnatura della parte aerea dovrebbero garantire un certo risparmio idrico grazie ad una riduzione dell'evaporazione a livello fogliare e una diminuzione del rischio di fitopatie e attacchi fungini. Secondo una prova svolta nel 2013 dal CER (Canale Emiliano Romagnolo), l'irrigazione a goccia su mais potrebbe essere una soluzione possibile per un'irrigazione più efficiente (vista la grande estensione delle superfici investite a questa coltura) e potrebbe portare a un sensibile risparmio idrico ed energetico, considerando che sono necessarie minori pressioni di esercizio. Per contro, lo studio evidenzia che potrebbero sorgere nuovi problemi legati allo smaltimento della plastica, in quanto la tendenza è quella di usare manichette usa e getta, solitamente impiegate per una sola stagione irrigua.

2. OBIETTIVI DELLA TESI

La prova valuta sostenibilità agro-ambientale della microirrigazione a goccia applicata su quattro diversi appezzamenti con caratteristiche pedologiche e climatiche differenti. Le quattro aziende sono state selezionate a campione dal Consorzio di Bonifica Piave con l'obiettivo di valutare la possibilità dell'utilizzo nel proprio comprensorio di questo metodo per irrigare una coltura estensiva molto diffusa come il mais riducendo però i volumi irrigui distribuiti nell'ottica degli effetti del cambiamento climatico in atto e delle disposizioni europee che prevedono una riduzione dei prelievi del fiume Piave per il mantenimento del deflusso minimo ecologico.

Tramite opportuni campionamenti di biomassa prelevati in specifiche fasi fenologiche e l'applicazione di modelli di resa si vuole stimare l'andamento di crescita e le rese rapportate ai volumi irrigui al fine di individuare quali siano i volumi irrigui che permettono di garantire un accrescimento soddisfacente della coltura e contemporaneamente un risparmio d'acqua.

Nelle prove sono stati impiegati diversi ibridi di mais e diverse tipologie di manichette in base alle singole scelte dell'imprenditore agricolo; tre degli appezzamenti sono collocati nella zona nord della provincia di Treviso e solo uno è nella parte sud della stessa provincia.

Si è proceduto anche a fare una simulazione di bilancio idrico per l'appezzamento **(3)** con i dati agroclimatici della stazione ARPAV di Vazzola - Tezze del 2022 apportando dei volumi irrigui teorici in base all'andamento stagionale; i risultati sono stati poi confrontati con quelli ottenuti nell'annata 2023. È stato effettuato anche un confronto tra le rese del quadriennio 2020-2024.

3. MATERIALI E METODI

3.1 AREA DI STUDIO

La sperimentazione ha coinvolto quattro aziende, tutte situate in provincia di Treviso: la prima azienda è collocata nei pressi di Villa Emo, nella frazione di Fanzolo, comune di Vedelago; la seconda si trova nella frazione di Busta, comune di Montebelluna. Queste due aziende si trovano sul lato destro del fiume Piave, a nord di Castelfranco.

La terza azienda è situata nel comune di Susegana, a sud delle colline di Collalto e confinante con il comune di Ponte della Priula: questa azienda è situata sul lato sinistro del fiume Piave, a sud-ovest di Conegliano e dista circa 3 km dall'alveo del fiume Piave.

La quarta azienda è collocata nel comune di Monastier di Treviso, a nord di Roncade; anche questa azienda si trova sul lato destro del fiume Piave, a circa 12 km a est di Treviso e a circa 16 km a nord dalla Laguna di Venezia.



Figura 3.1: Area della provincia di Treviso in cui è stata condotta la sperimentazione e collocazione delle quattro aziende oggetto di studio:

- Un appezzamento (1) collocato nella frazione di Fanzolo, comune di Vedelago;
- Un appezzamento (2) collocato nella frazione di Busta, comune di Montebelluna;
- Un appezzamento (3) collocato nel comune di Susegana;
- Un appezzamento (4) collocato nel comune di Monastier di Treviso.

3.1.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO, GEOLOGICO E PEDOLOGICO

L'area dello studio è collocata all'interno del mesoclima di pianura.

Il mesoclima della pianura caratterizza l'area pianeggiante della regione, compresa tra la fascia litoranea e l'areale pedemontano, comprendendo anche i Colli Euganei e i Colli Berici. Prevale in quest'area un certo grado di continentalità con inverni relativamente rigidi ed estati calde. Le temperature medie annue sono comprese fra i 13°C delle zone più interne e i 14°C della fascia litoranea.

In condizioni di tempo anticiclonico la massa d'aria che sovrasta la pianura veneta manifesta condizioni di elevata stabilità o di inversione termica al suolo che si traducono in fenomeni a stagionalità spiccata quali le foschie, le nebbie, le gelate, l'afa e l'accumulo di inquinanti in vicinanza del suolo.

Al verificarsi di tali fenomeni cooperano:

- la presenza di importanti fonti di umidità (areali irrigui, superficie marina, lago di Garda) in grado di rifornire di vapore acqueo la massa d'aria in vicinanza del suolo
- la presenza di circolazioni di origine termica caratteristiche, le brezze, che interessano poche centinaia di metri al di sopra del suolo e si distinguono in brezze di monte – valle (con risalita diurna dalla pianura verso i rilievi e drenaggi notturni di aria fredda dai rilievi alla pianura), brezze di lago e brezze di mare. Da rilevare che le brezze sono spinte dalla radiazione (suolo che si riscalda di giorno per effetto del soleggiamento e si raffredda di notte per irraggiamento verso lo spazio) e pertanto tendono a scomparire in presenza di nuvolosità accentuata e di ventosità accentuata indotta da grandi strutture circolatorie.

Le precipitazioni sono distribuite abbastanza uniformemente durante l'anno e con totali annui mediamente compresi tra 800 e 1000 mm; l'inverno è la stagione mediamente più secca mentre nelle stagioni intermedie prevalgono le perturbazioni atlantiche e mediterranee, con eventi pluviometrici a volte importanti; in estate i fenomeni temporaleschi risultano frequenti, non di rado associati a grandine e, più raramente, a trombe d'aria. Nell'area della pianura viene compresa anche la fascia costiera, caratterizzata dalla vicinanza del mare, dal quale le brezze penetrano con efficacia nell'entroterra. L'azione mitigatrice delle acque è comunque limitata, sia perché si è in presenza di un mare interno, stretto e poco profondo, sia perché la dislocazione dell'areale marino lo pone in grado di mitigare solo le masse d'aria provenienti da settori sud-orientali o orientali. Da ciò discende che le temperature invernali, seppur mitigate, risultano comunque basse, in particolare per le incursioni della bora, fredda e asciutta, da NE (Inquadramento climatico del Veneto - ARPAV).

Da un punto di vista geologico, la pianura veneta si è formata grazie all'accumulo di detriti fluviali derivanti da grandi corsi d'acqua, come il Po, il Brenta, l'Adige e il Piave. Questi grandi depositi detritici vengono definiti "megafan", ma esistono anche sistemi di minori dimensioni alimentati da corsi d'acqua di origine prealpina e risorgiva, quali i fiumi Astico-Bacchiglione, Sile e Cellina-Livenza.

Una caratteristica generale della pianura veneta è la forte classazione dei sedimenti e la marcata differenziazione delle forme alluvionali all'allontanarsi dalla base delle Prealpi. Tali aspetti portano alla distinzione di due grandi unità fisiografiche note come "alta" e "bassa" pianura.

Le aziende interessate dalla sperimentazione si collocano sia in quella che si può definire alta pianura, sia in quella bassa.

Le prime tre aziende situate nei comuni di Veduggio, Montebelluna e Susegana si collocano nell'alta pianura e i terreni sono caratterizzati dall'abbondante presenza di ghiaie con matrice sabbiosa; inoltre, questa tipologia di sedimenti risulta molto permeabile e favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo. Per questo motivo, l'alta pianura padana risulta particolarmente asciutta e solo le pratiche irrigue consentono una pratica agricola redditizia.

L'azienda collocata nel comune di Monastier di Treviso, invece, presenta caratteristiche riconducibili alla bassa pianura e i depositi fluviali diventano sabbiosi e limoso-argillosi: questo influenza naturalmente la permeabilità dell'acqua riducendola notevolmente.

Questi depositi sedimentari, sia dell'alta che della bassa pianura, risalgono in gran parte all'ultima glaciazione (circa 16.000 anni fa); solo per il conoide del Piave di Montebelluna, formatosi in un momento in cui il fiume giungeva in pianura a ovest della collina del Montello invece che a est come accade attualmente, viene ipotizzata un'età precedente all'ultimo massimo glaciale (Bondesan et al., 2002).

Per questa tesi non è stata svolta alcuna analisi pedologica specifica nelle diverse aziende e si riportano i dati ricavati dall'ARPAV in base alla zona dei diversi appezzamenti.

Nelle aziende **(1)** e **(2)** il terreno viene classificato come FSA (franco, sabbioso, argilloso) con un'abbondante presenza di scheletro (35%-60%), una permeabilità moderatamente alta (3,6-36 mm/h) e di conseguenza una riserva idrica bassa (91 mm su 100 cm).

Nell'azienda **(3)** il terreno è molto simile alla tipologia descritta in precedenza, ma la sua classificazione risulta essere FS (franco, sabbioso) con un'abbondante presenza di scheletro (35%-60%); anche in questo caso la permeabilità risulta abbastanza alta (3,6-36 mm/h), ma la riserva idrica risulta superiore, con valori di 166 mm su 100 cm.

Spostandosi nella zona sud della provincia di Treviso, l'azienda **(4)** presenta un terreno classificato come FLA (franco, limoso, argilloso) con una presenza di scheletro inferiore al 1%; la permeabilità è moderatamente bassa (0,36-3,6 mm/h) e la riserva idrica moderata (134 mm su 100 cm).

3.1.2 IL CONSORZIO DI BONIFICA PIAVE

L'area di studio, per quanto attiene al controllo e alla gestione delle acque, è sotto l'amministrazione del "Consorzio di Bonifica Piave", nato nel 2010 dopo l'unione di tre consorzi di bonifica minori: Pedemontano Brentella di Pederobba, Pedemontano Sinistra Piave e Destra Piave.

Il comprensorio del consorzio si estende per circa 1900 km², principalmente in provincia di Treviso e in parte minore anche in provincia di Venezia; ad esso spetta la gestione di tutti i canali, le reti idriche e le corrispondenti strutture minori, mentre la gestione di fiumi come il Piave e il Livenza spetta alla regione Veneto.

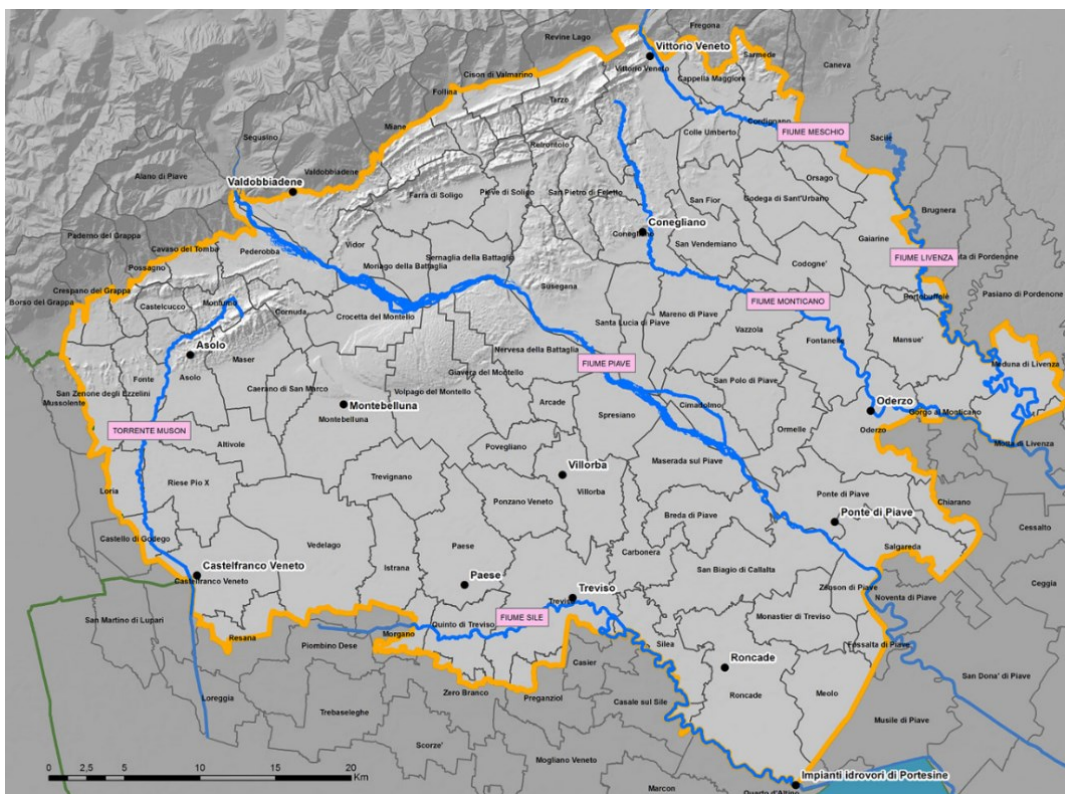


Figura 3.2: Comprensorio del Consorzio di Bonifica Piave

Le principali attività del Consorzio sono:

- La difesa idraulica: tramite l'impiego di idrovore (n° 33) e casse di espansione (n° 32);
- Produzione di energia rinnovabile: tramite la presenza di centrali idroelettriche (n°11);
- Tutela dell'ambiente: tramite, ad esempio, la creazione di aree umide e la ricarica degli acquiferi sotterranei (ai sensi del L.R. 12/2009);
- Aiuto e supporto nelle operazioni della Protezione civile: tramite sistemi di sorveglianza idraulica sempre attivi;
- Progettazione di nuove opere idrauliche e manutenzione di quelle già presenti;
- Gestione della risorsa idrica per l'irrigazione.

Il consorzio gestisce un'area irrigua di circa 70.000 ettari e l'irrigazione può avvenire con due diverse modalità: per scorrimento o con sistemi in pressione.

Il primo sistema è caratterizzato da una rete di canali che forniscono direttamente l'utente finale. La rete di canali è suddivisa gerarchicamente in canali derivatori, primari, secondari e terziari. Questi ultimi rappresentano le ultime ramificazioni di adduzione dell'acqua fino alla bocchetta di consegna.

Gli utenti serviti da canali terziari o "canalette" hanno un tempo d'uso unitario ridotto e commisurato al corpo d'acqua erogato nell'ordine di 100 l/s. La gestione turnata permette di ottenere una competenza di circa 2-3 ore a ettaro.

Nel secondo, invece, l'acqua (precedentemente messa in pressione) viene portata ai singoli utenti tramite delle condotte interrato e in pressione a circa 3 bar. Il manufatto di prelievo è un idrante su pozzetto interrato a livello del piano campagna. La turnazione viene organizzata in "comizi" ossia aree di circa 10 ha dentro le quali vengono svolte le turnazioni degli adacquamenti. In questo caso, il corpo d'acqua è di 6 l/s negli impianti degli ex Consorzi nella destra idraulica del fiume Piave e di 20 l/s negli impianti della zona in sinistra idraulica.

Grazie alla minor superficie, in rapporto al corpo d'acqua, la competenza è variabile ma nell'ordine di 5-10 volte quella del metodo a scorrimento. Nella pratica, vengono assicurati circa 6 mm al giorno nei diversi metodi per le colture coltivate. Il metodo di distribuzione a pluvirrigazione consuma il 50% d'acqua rispetto al sistema con canalette e permette, di conseguenza, un notevole risparmio idrico; Questi possono prelevarla tramite appositi pozzetti posti all'estremità dei singoli appezzamenti. Per entrambe le modalità sono comunque previste delle turnazioni basate sull'estensione dell'appezzamento e sulla tipologia di coltura al fine di garantire un'irrigazione adeguata e sufficiente.

3.2 DESCRIZIONE DELLA PROVA

La prova è stata realizzata su quattro appezzamenti collocati nella provincia di Treviso (vedi figura 3.1).

La raccolta dati è iniziata nella primavera del 2023 e si è conclusa con l'ultimo campionamento, la cui data variava da azienda ad azienda: approssimativamente verso la fine di luglio / metà agosto dello stesso anno.

Gli appezzamenti avevano diversa estensione per un totale complessivo di circa 36 ha; in tutti è stato utilizzato un sistema ad ala gocciolante per l'irrigazione e sono stati impiegati ibridi diversi di mais, sia per la raccolta di granella, sia di trinciato.

Per ogni prova, è stato isolato un campione che non è stato irrigato per l'intero ciclo colturale; le dimensioni dei singoli appezzamenti sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 3.1: Suddivisione ed estensione dei testimoni nelle diverse aziende.

	Azienda (1)	Azienda (2)	Azienda (3)	Azienda (4)
Testimone irriguo	7,5 ha	1 ha	9,7 ha	12,7 ha
Testimone non irriguo	1200 m ²	83 m ²	496 m ²	2 ha

3.2.1 PRATICHE AGRONOMICHE

Nei seguenti paragrafi, per procedere ad una descrizione più accurata e semplificata, ogni singolo appezzamento verrà contrassegnato con un numero (**N°**) come riportato nella Sezione 3.2.

Lavorazioni primarie e secondarie

Le aziende **(1)**, **(2)**, **(3)** hanno effettuato le classiche operazioni per la preparazione del letto di semina. Per quanto riguarda le lavorazioni primarie, tutte e tre le aziende hanno effettuato un'aratura ad una profondità di 75 cm nella prima metà di dicembre 2022 e solo nell'appezzamento **(3)** è stato applicato, in contemporanea con l'aratura, del digestato solido in una misura di 500 quintali/ha.

Nell'appezzamento **(4)** non è stata effettuata alcuna aratura, in quanto questa azienda applica il concetto di minima lavorazione: per permettere comunque un'ossigenazione sufficiente al terreno è stata effettuata una decompattazione il 20 gennaio 2023.

In primavera, precisamente verso la fine di febbraio, in tutte e quattro le prove sono state applicate le stesse tecniche per la preparazione del letto di semina: le aziende **(1)**, **(2)**, **(3)** hanno effettuato una fresatura con successiva rullatura leggera, mentre l'azienda **(4)**, in data 10 marzo, ha svolto un'erpatura con rullatura leggera.

Solo le aziende **(2)** e **(3)** hanno effettuato una sarchiatura sul mais.

Semina

In tutte le prove la semina è stata effettuata mantenendo una distanza tra le file di 75 cm e una distanza sulla fila compresa tra i 18 e i 20 cm, ottenendo una densità media di 7-8 piante/m².

Le semine si sono concentrate principalmente nel mese marzo [(1)=7 marzo, (2)= 20 marzo, (4)= 13 marzo], mentre nell'appezzamento (3) si è seminato il 15 aprile.

In ogni prova è stato usato un ibrido differente di mais, con caratteristiche e finalità d'impiego differenti. Le informazioni sui singoli ibridi sono state ricavate dai siti web delle case sementiere.

Tabella 3.2: Elenco ibridi impiegati e principali caratteristiche.

APPEZZAMENTO	MARCA	IBRIDO	CLASSE FAO	GIORNI	IMPIEGO
(1)	Bayer-Dekalb	6715	600	130	Granella
(2)	Pioneer	P1551	600	130	Trinciato
(3)	Pioneer	1517W	600	128	Granella
(4)	Corteva	PR31Y43	700	135	Trinciato

Rispetto alle modalità d'impiego previste, solo l'azienda (1) è stata costretta a cambiare e produrre trinciato a causa dei grandi danni da allettamento dovuti al maltempo verificatosi in quell'areale nella seconda metà di luglio (Figura 3.3).



Figura 3.3: Allettamento presente nell'appezzamento (1).

Concimazioni

Le aziende (3) e (4) hanno applicato in fase autunnale e invernale digestato, interrandolo parzialmente o completamente, rispettivamente nelle dosi di 500 q/ha e 40 q/ha.

In corrispondenza della semina, l'azienda (2) ha interrato 315 q/ha di liquame proveniente dall'azienda zootecnica della stessa, mentre l'azienda (1) ha applicato un fertilizzante generico 1230 a lenta cessione e cinque giorni dopo ha distribuito nitrato ammonico a spaglio.

In fase di sarchiatura, le aziende (2) e (3) hanno apportato una dose di urea rispettivamente 3 q/ha e 2,5 q/ha.

Solamente nell'appezzamento **(1)** è stato apportato nitrato ammonico tramite fertirrigazione in data 9 giugno. Per dosare e miscelare il fertilizzante all'interno dell'impianto è stata impiegata una pompa fluidodinamica lineare costituita da un iniettore o tubo di venturi: questo è un sistema molto semplice ed economico che consente di apportare un prodotto chimico in maniera abbastanza costante in termini di concentrazione. Possono verificarsi variazioni di concentrazione nel caso in cui la pressione non sia costante ma, in questo appezzamento, l'acqua arriva già in pressione dalla rete del Consorzio e variazioni di pressione rilevanti risultano improbabili nel breve periodo.

Il prodotto veniva preventivamente miscelato con acqua in cisterne da 1000 L e il ciclo di fertirrigazione durava circa 6 ore.

Diserbi

Per il diserbo del mais, nelle prove sono state applicate due diverse classi di erbicidi: pre-emergenza (o post-emergenza precoce) e post-emergenza.

Gli erbicidi pre-emergenza utilizzati sono:

- **Adengo XTRA:** questo prodotto è attivo su infestanti in fase di germinazione per assorbimento radicale e attraverso l'ipocotile. È composto da due principi attivi: *Isoxaflutole* (19,1 %), che agisce inibendo indirettamente la biosintesi dei carotenoidi e *Thiencarbazone-methyl* (7,6 %), che agisce inibendo l'enzima acetolattato sintasi. Il prodotto è attivo su infestanti dicotiledoni e graminacee.
- **Tonale:** questo prodotto viene assorbito per via radicale, tramite l'asse ipocotile e epicotile. Contiene tre diversi principi attivi con tre meccanismi d'azione: *Clomazone* (3,56 %), che inibisce la sintesi di clorofilla e carotenoidi con traslocazione per via sistemica, *Terbutilazina* (33,33 %), inibitore della clorofilla anch'esso con traslocazione sistemica e *Mesotrione* (6,67 %) attivo per inibizione dell'enzima 4-HPPD, catalizzatore importante per la reazione di biosintesi dei carotenoidi.

Questo prodotto è attivo per numerose piante infestanti annuali sia graminacee che dicotiledoni come il Giavone e l'Amaranto.

- **Antigram gold:** composto da un unico principio attivo, il *S-metolachlor* (86,5 g su 100 g di prodotto), agisce come antigerminello sui semi in germinazione e penetra attraverso l'apparato radicale. È un diserbante selettivo utilizzabile in diverse colture e in mais controlla diverse specie come, ad esempio, il Giavone o la Camomilla.

Tabella 3.3: Elenco trattamenti pre-emergenza per singola azienda (le date fanno riferimento all'anno 2023).

Azienda	Prodotto	Dose (l/ha)	Data
(2)	Tonale	1,7	06-apr
(4)*	Adengo XTRA	0,33 – 0,44	15-apr
(4)*	Antigram	1,25 – 1,5	15-apr
(3)	Adengo XTRA	0,33 – 0,44	5-mag

(*): Prodotti distribuiti in soluzione contemporaneamente.

Gli erbicidi post-emergenza utilizzati sono:

- **Joker:** prodotto contenente il principio attivo *Dicamba* (21,2 %) che altera il metabolismo enzimatico delle infestanti con cui viene a contatto; viene assorbito sia per via radicale che fogliare e si diffonde nell'intera pianta per via linfatica. Viene impiegato contro le dicotiledoni e, in mais, può essere applicato con le infestanti alle prime fasi di sviluppo e con la coltura a 3-4 foglie; per questa ragione può essere utilizzato come prodotto post-emergenza precoce (nella prova **(4)** è stato infatti impiegato in miscela con erbicidi pre-emergenza).

- **Nicogan**: il principio attivo presente è il *Nicosulfuron* (4,1 g su 100 g di prodotto), è selettivo per il mais e viene assorbito prevalentemente per via fogliare. Il suo spettro d'azione è ampio e comprende le principali infestanti mono e dicotiledoni presenti nella coltura, tra cui Sorgo e Sorghetta.
- **Starane Gold**: erbicida selettivo per mais, orzo e frumento, efficace contro infestanti dicotiledoni quali Cencio Molle e Vilucchio. È composto da due principi attivi: *Florasulame* (0,1 % pari a 1 g/l) e *Fluroxipir* (14,57 % pari a 100 g/l).
- **Titus duo**: questo prodotto solfonilureico agisce per assorbimento fogliare e le infestanti cessano di crescere poche ore dopo l'applicazione, mentre per il disseccamento è necessario attendere 2-4 settimane dopo il trattamento; lo stadio della coltura deve essere compreso tra le 2 e le 4 foglie e, poiché il prodotto non ha attività residuale, l'applicazione deve essere fatta con le infestanti già presenti in campo. I principi attivi sono *Nicosulfuron* (42,9 g) e *Rimsulfuron* (10,7 g).
- **Dicarini**: erbicida selettivo per il mais per il controllo di graminacee e dicotiledoni, agisce per assorbimento fogliare e non ha attività residuale. I principi attivi presenti sono: *Dicamba* (55 g), *Nicosulfuron* (9,2 g) e *Rimsulfuron* (2,3 g).
- **Callicore**: questo prodotto agisce prevalentemente per via fogliare e parzialmente per via radicale; una volta assorbito, si diffonde in tutta la pianta rapidamente. Il principio attivo è il *Mesotrione* (9,22 g) che agisce andando ad inibire l'enzima HPPD (idrossifenilpiruvato diossigenasi), responsabile della biosintesi dei carotenoidi; dopo l'applicazione (dopo circa 3-4 giorni) a causa dell'interruzione della sintesi di clorofilla, si ha un progressivo sbiancamento delle infestanti con relativo appassimento.

Tabella 3.4: Elenco trattamenti post-emergenza per singola azienda (le date fanno riferimento all'anno 2023).

Azienda	Prodotto	Dose	Data
(1)	Callicore	1,5 l/ha	10-mar
(1)	Dicarini	440 g/ha	10-mar
(2)	Nicogan	1,5 l/ha	10-mag
(3)*	Starane Gold	1,1 l/ha	10-giu
(3)*	Titus Duo	90 g/ha	10-giu
(3)*	Dicamba	0,8 – 1,2 l/ha	10-giu
(4)	Joker	1 l/ha	5-mag

(*): Prodotti distribuiti in soluzione contemporaneamente.

Antiparassitari

Nei campi di prova sono stati applicati diversi antiparassitari, principalmente per contrastare l'attività di ferretto, diabrotica e piralide. Nel dettaglio, i prodotti impiegati sono:

- **Force Ultra**: è insetticida piretroide efficace contro lepidotteri, coleotteri, ditteri e miriapodi che trascorrono parte del loro ciclo vitale nel terreno, agisce per contatto e il principio attivo è il *Teflutrin* (1,5 g su 100 g di prodotto). Questo prodotto viene venduto nella formulazione di microgranuli e può essere applicato o durante la semina lungo la fila oppure, in mancanza di attrezzatura adeguata a svolgere la precedente attività, è possibile distribuirlo in superficie con altri mezzi e successivamente interrarlo a 3-5 cm con una leggera erpicatura.

- Coragen: questo prodotto è un insetticida appartenente alla famiglia chimica delle antranilammidi ed è specifico per la lotta ai più diffusi lepidotteri di varie colture, tra cui il mais. Il suo principio attivo è *Chlorantraniliprole* (18,4 g) e il suo meccanismo d'azione consiste nel mobilitare le riserve di calcio a livello del sistema muscolare delle larve, compromettendone la vitalità (non è un prodotto neurotossico).
- Decis: il principio attivo di questo insetticida è la *Deltametrina* (2,8 %), agisce per contatto ed ingestione e presenta un ampio spettro di attività contro le specie di insetti nocivi. In mais, contrasta diverse specie, tra cui *Ostrinia nubilalis* e la *Diabrotica virgifera*.

Tabella 3.4: Elenco trattamenti antiparassitari per singola azienda (le date fanno riferimento all'anno 2023)

Azienda	Prodotto	Dose	Data
(1)	Force Ultra	10 kg/ha	07-mar
(2)	Force Ultra	10 kg/ha	20-mar
(3)	Force Ultra	10 kg/ha	15-apr
(3)*	Coragen	150 ml/ha	10-lug
(3)*	Decis	0,4 l/ha	10-lug
(4)	Force Ultra	10 kg/ha	13-mar

(*): Prodotti distribuiti in soluzione contemporaneamente tramite l'uso del trampolo

Raccolta

La raccolta è stata effettuata in epoche diverse a causa dei diversi ibridi utilizzati; in particolare, i raccolti sono stati effettuati nelle seguenti date:

- Azienda (1), comune di Veduggio: Semina 7 marzo → Raccolta 9 agosto
- Azienda (2), comune di Montebelluna: Semina 20 marzo → Raccolta 18 agosto
- Azienda (3), comune di Susegana: Semina 15 aprile → Raccolta 16 settembre
- Azienda (4), comune di Monastier di Treviso: Semina 13 marzo → Raccolta 25 agosto

3.2.2 IRRIGAZIONE

L'irrigazione del mais si concentra maggiormente dal mese di giugno fino alla maturazione che può variare in base alla tipologia di ibrido presente; per non compromettere l'accrescimento e la resa, è necessario che la pianta non vada in stress idrico in alcune fasi fenologiche, quali la fase di levata, la fioritura e la maturazione. Nei diversi appezzamenti, il numero delle irrigazioni e il volume d'acqua apportato sono stati molto variabili a causa delle condizioni meteorologiche differenti e delle caratteristiche del terreno.

La struttura di base dei quattro impianti ad ala gocciolante analizzati può essere divisa in quattro parti:

- Punto di prelievo;
- Sistema di filtraggio;
- Rete di distribuzione in testata;
- Rete di distribuzione capillare.

a) Punto di prelievo

Nelle aziende (1), (2) e (3) l'acqua viene prelevata da pozzetti interrati ai margini degli appezzamenti e non è necessario nessun gruppo pompa, poiché l'acqua viene già immessa nella rete di distribuzione del Consorzio ad una pressione di circa 5 bar ed una portata di 0,6 l/s · ha.

Con questa tipologia di distribuzione, è necessario procedere con dei turni irrigui per garantire a tutti gli utenti una quantità di acqua sufficiente.

Nell'azienda **(4)**, invece, l'acqua deve essere prelevata autonomamente da un canale grazie ad un gruppo pompa correttamente dimensionato per la tipologia e la grandezza dell'impianto.

L'apertura o la chiusura di qualsiasi impianto (e di conseguenza anche l'inizio o la fine dell'irrigazione) è regolata tramite una centralina posta prima del gruppo di filtraggio; questa può essere regolata manualmente o a distanza e può anche essere preimpostata rendendo l'impianto completamente autonomo.

b) Sistema di filtraggio

Negli impianti delle aziende **(1)**, **(3)** e **(4)** è presente un sistema di filtraggio a dischi (Figura 3.5), mentre l'impianto dell'azienda **(2)** è dotato di un filtro a letto filtrante (Figura 3.4).

Per verificare che il filtro non sia ostruito, è presente un manometro in entrata e in uscita: qualora la pressione in uscita fosse inferiore di 1 bar è necessario effettuare l'operazione di contro-lavaggio.



Figura 3.4: Filtro a letto filtrante dell'azienda (2)



Figura 3.5: Esempio di filtro a dischi

I filtri delle aziende **(1)** e **(3)** presentano la stessa tipologia di filtro a dischi della marca Netafim da 120 mesh, una pressione di lavoro massima di 6 bar e una portata di lavoro massima di 30-40 m³/h. Il numero di filtri varia da due a tre in base alle dimensioni dell'impianto e al volume d'acqua da filtrare.

Il filtro dell'impianto **(2)** è della tipologia a letto filtrante con graniglia al quarzo, per una portata massima di 60-70 m³/h · m²; questa tipologia di filtro non è la più opportuna per la tipologia di impurità che dovrebbe rimuovere, ma per la scarsità di filtri a dischi idonei, ed essendo ormai a stagione inoltrata, l'agricoltore si è visto costretto ad optare per questa soluzione.

L'azienda **(4)** dispone di una serie di filtri a graniglia al quarzo in grado di filtrare circa 5000 l/min; in questo impianto, l'acqua viene direttamente prelevata da un canale consorziale grazie ad un gruppo pompa alimentato da un motore a diesel.



Figura 3.6: Gruppo Pompa e filtri dell'azienda (4)

c) Rete di distribuzione in testata

La rete di distribuzione in testata è costituita da un condotto di materiale plastico di tipo Layflat, che distribuisce l'acqua in pressione (solitamente circa 1 - 1,5 bar) dal gruppo di filtraggio alle singole manichette.

Il Layflat può essere già pre-forato ad intervalli regolari con un apposito giunto per connettere la manichetta, oppure è necessario che, all'installazione dell'impianto, si effettuino autonomamente dei fori in cui inserire la manichetta: questa seconda tipologia, seppur più economica, risulta più laboriosa ed è più probabile che si verifichino perdite o distacchi dell'intera manichetta. Questa condotta viene riutilizzata per più anni.

Tabella 3.5: Caratteristiche principali del Layflat delle diverse aziende

Azienda	Casa costruttrice (modello)	Diametro interno (mm)	Spessore parete (mm)	Diametro esterno (mm)	Pressione massima (bar)	Spaziatura (m)
(1), (2), (3)	Netafim (4'')	102,5	0,75	104,2	1,7	1,4
(4)	Rivulis (H6000 PE)	148	0,95	150	1	1,5

Tra il gruppo di filtraggio e il Layflat possono essere installati altri dispositivi in base alle esigenze delle singole aziende; nella prova (1) è stato installato un miscelatore ad eiettore (o tubo di Venturi) per la distribuzione di fertilizzante sottoforma di fertirrigazione: questo sistema può essere attivato o meno tramite la semplice apertura di due rubinetti.

Le aziende (1), (3), (4) hanno installato, tra il gruppo filtri e la condotta di testata, una valvola regolatrice di pressione: questa valvola, tramite una membrana al suo interno, riduce la pressione dell'acqua in uscita a valori preimpostati qualsiasi sia la pressione in ingresso. Questo dispositivo serve a garantire una pressione in uscita uniforme per un funzionamento ottimale dell'impianto. Per verificare il suo corretto funzionamento sono presenti due manometri (uno a monte e uno a valle del dispositivo): maggiore è il delta tra i due manometri, maggiore sarà l'energia persa e quindi è consigliabile mantenere la pressione in ingresso della valvola di poco superiore a quella in uscita.

L'azienda (2), per la regolazione della pressione in uscita dal filtro, si affidava ad un singolo manometro che doveva indicare una pressione stabile di circa 1 – 1,5 bar e la regolazione avveniva manualmente tramite un'apertura controllata del punto di prelievo.

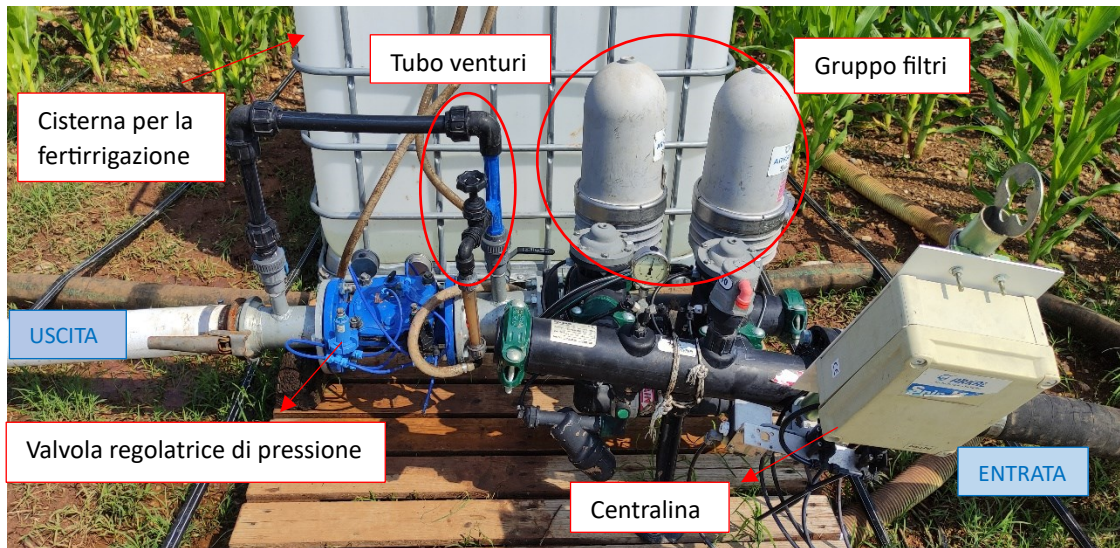


Figura 3.7: Sistema filtraggio dell'azienda (1).



Figure 3.8: Dettaglio della valvola regolatrice di pressione con la pressione in entrata (sinistra) e la pressione in uscita (destra).

d) Rete di distribuzione capillare

La rete di distribuzione capillare è costituita da ali gocciolanti, o manichette, poste sul terreno ad un intervallo medio di 1,5 metri; solamente l'azienda (1) ha ridotto l'intervallo a 0,75 m. Le singole manichette sono unite alla tubazione di testata tramite un giunto di materiale plastico in cui può essere inserito un rubinetto: questa soluzione permette con facilità di chiudere una singola linea nel caso in cui vi sia necessità di fare delle manutenzioni o riparazioni.

Le ali gocciolanti impiegate nelle prove avevano caratteristiche differenti in base alle singole scelte aziendali e vengono riportate sommariamente nella seguente Tabella 3.6.

Tabella 3.6: Le manichette utilizzate nelle diverse prove

Azienda	Casa costruttrice (modello)	Diametro Interno (mm)	Spessore (mm)	Portata (l/h)	Pressione massima (bar)	Distanza tra i Gocciolatori (m)
(1)	H2O drip (CP24470930)	22	0,175	1	0,7	0,3
(2)	Netafim (STREAMLINE X 22080)	22,2	0,2	1,05	1	0,4
(3)	Irritech (PO)	22,3	0,20	1	1	0,5
(4)	Rivulis (D1500)	22,2	0,2	0,8	1	0,4

Questa tipologia di manichette non è autocompensante e quindi la lunghezza massima consigliata per ogni singola manichetta è di 300 metri.

Durante le prove delle aziende (2), (3) e (4) l'impianto permetteva di irrigare completamente l'intero appezzamento in un unico ciclo, mentre per l'azienda (1), considerando la dimensione dell'appezzamento, si è reso necessario dividerlo in cinque settori, ognuno composto da 22 manichette. L'irrigazione veniva fatta un settore alla volta e, considerata la lunghezza dell'appezzamento di circa 950 metri, era presente un gruppo filtro su ogni testata: in questo modo, in linea teorica, la pressione sarebbe stata sufficiente per garantire una corretta irrigazione.

Tabella 3.7: Numero di irrigazioni e volumi distribuiti durante il ciclo colturale nelle diverse aziende.

N°	Azienda (1)		Azienda (2)		Azienda (3)		Azienda (4)	
	Data	mm	Data	mm	Data	mm	Data	mm
1	01-giu	167,2	07-giu	37,275	11-lug	20	18-lug	313
2	06-giu	167,2	21-giu	35,4	20-lug	20		
3	11-giu	167,2	24-giu	19,6	16-ago	20		
4	16-giu	167,2	28-giu	26,2	20-ago	20		
5	21-giu	167,2	29-giu	41,3				
6	26-giu	167,2	02-lug	53				
7	01-lug	167,2	08-lug	43,7				
8	06-lug	167,2	18-lug	37,5				
9	11-lug	167,2	13-ago	111				
10	16-lug	167,2						
11	21-lug	167,2						
12	26-lug	167,2						

3.2.3 VERIFICA FUNZIONALE DELL'IMPIANTO

Per valutare l'uniformità di distribuzione per ogni singolo impianto è stata effettuata, in quattro giornate differenti, una rilevazione della portata di ogni singolo erogato della manichetta su 16 punti all'interno dell'appezzamento, secondo lo schema previsto dalla normativa (ISO9261, 2004).

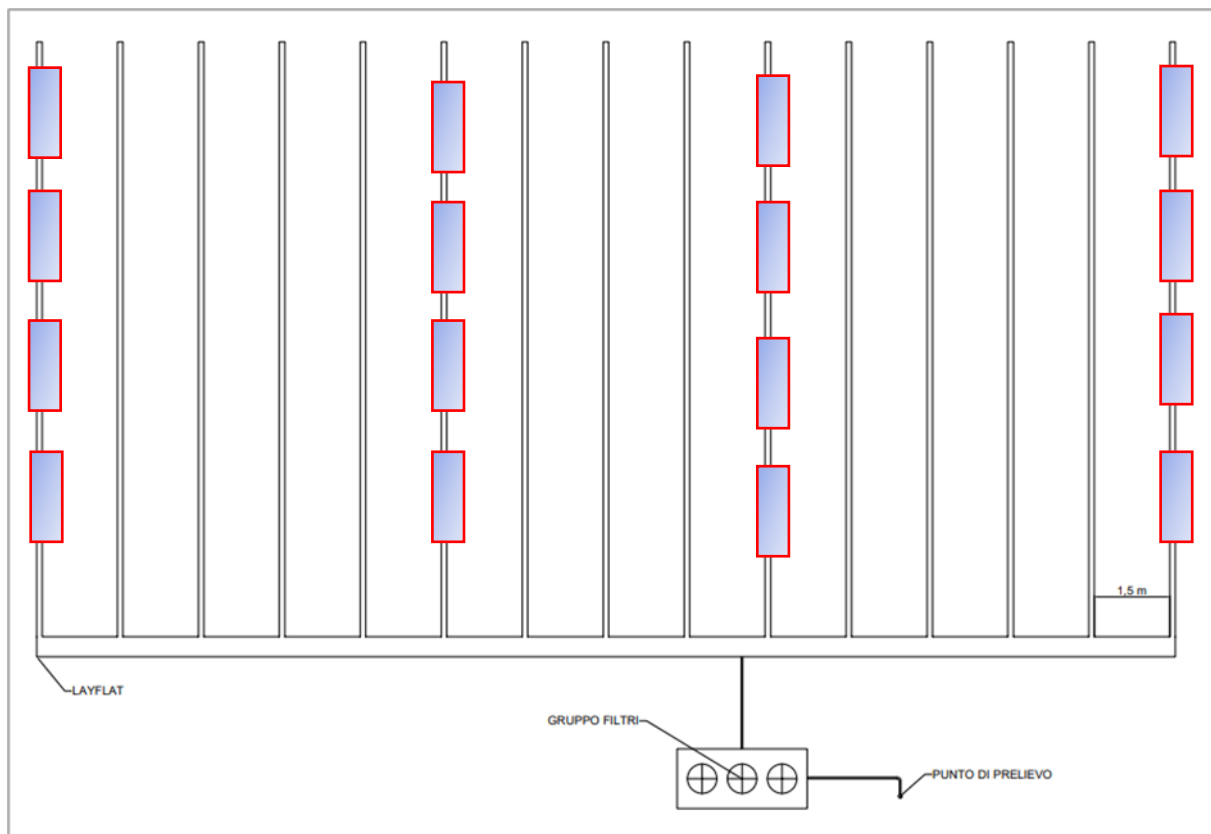


Figura 3.9: Rappresentazione grafica base di un impianto dell'azienda (2) e (3). Le aree evidenziate rappresentano i punti di campionamento per lo studio dell'uniformità di distribuzione.

Le dimensioni e la conformazione dell'appezzamento **(1)** che non consentivano la classica progettazione di un impianto a goccia e l'agricoltore ha deciso di progettare un unico impianto collegando in serie più manichette per l'intera lunghezza dell'appezzamento di circa 900 metri. Per fornire all'acqua la pressione necessaria per coprire l'intera lunghezza dell'appezzamento in entrambe le testate era presente un gruppo di filtraggio; inoltre per assicurare una pressione più uniforme possibile, l'impianto, composto in totale 110 linee di manichette, è stato diviso in cinque settori da 22 manichette ciascuno e veniva aperto solo un settore alla volta.

Il campionamento dell'azienda **(1)** è stato effettuato solamente per il settore 1 e su tre manichette; i punti campionati sulla singola manichetta sono passati da quattro a cinque.

Successivamente sono stati utilizzati due parametri differenti:

il primo è l'uniformità di distribuzione del quartile inferiore DU_{LQ} , il quale valuta il 25% dell'area dell'impianto che riceve una minor quantità d'acqua:

$$DU_{LQ} = q_{mq} / q_m \quad (1)$$

dove:

- q_{mq} = media del quartile inferiore ovvero delle portate del 25% degli elementi che ricevono meno acqua;
- q_m = media totale delle portate.

Il secondo parametro è il coefficiente di uniformità di Christiansen (1942), opportunamente modificato per l'applicazione su impianti a goccia.

$$CU=100 * \left(\frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{\sum q_i} \right) \quad (2)$$

dove:

- q_i = portata di ogni erogatore rilevato;
- q_m = portata media degli erogatori rilevati.

Per rilevare il volume di acqua effettivamente erogato dai singoli erogatori, sono stati utilizzati quattro contenitori opportunamente forati e posti sotto ogni singolo erogatore (Figura 3.10). Per ridurre al massimo la probabilità di errore o perdite durante la rilevazione, il volume d'acqua è stato misurato in cinque minuti, ma per i successivi calcoli il volume di acqua è stato rapportato al singolo minuto; dei quattro dati ottenuti è stata fatta una media per ottenere infine il valore medio dei 16 punti campionati. Questi valori sono stati poi utilizzati per determinare l'uniformità di distribuzione e la portata effettiva dell'impianto.



Figura 3.10: Rilievi effettuati per la misurazione dell'uniformità di distribuzione

È stato inoltre eseguito un rilievo della pressione alla fine delle singole manichette in cui è stato eseguito il rilievo dell'uniformità di distribuzione, rilevando cali di circa 0,1 – 0,2 bar rispetto alla pressione indicata dal manometro in testata.

3.2.4 RILIEVO DEI DATI CLIMATICI

I dati climatici rilevati sono stati quelli della temperatura dell'aria e della pluviometria e sono stati ricavati dalle centraline meteo ARPAV collocate nelle vicinanze delle diverse aziende:

- Azienda **(1)** di Vedelago: Colonnina di Castelfranco (Distanza = 4 km);
- Azienda **(2)** di Busta: Colonnina di Contea (Distanza = 2,5 km);
- Azienda **(3)** di Susegana: Colonnina di Vazzola-Tezze (Distanza = 3,7 km);
- Azienda **(4)** di Monastier di Treviso: Colonnina di Roncade (Distanza = 3,6 km).

I dati rilevati sono stati utilizzati per determinare un parametro fondamentale al bilancio idrico quale l'evapotraspirazione colturale (4), ottenuta impiegando la formula Hargraves-Samani (3)¹ che determina l'evapotraspirazione di riferimento (Et_0) e moltiplica questo valore con un coefficiente colturale (kc), valore che varia in base alla fase fenologica della coltura.

In particolare, $ET_0^{(1)}$:

$$ET_0 = R_0 * 0,002 * (17,8 + T_{media}) * \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (3)$$

dove:

- R_0 : radiazione globale in base alla latitudine, ottenuta da valori tabellari;
- T : temperatura del giorno.

Quindi Et_m :

$$Et_m = Et_0 * kc \quad (4)$$

dove:

- kc : coefficiente colturale in base alla fase fenologica della coltura di interesse, ottenuto da valori tabellari (Quaderno FAO 56).

3.2.5 RILIEVI SULLA BIOMASSA

Per ogni appezzamento sono stati effettuati due campionamenti di biomassa durante due specifiche fasi fenologiche: la fase di fioritura e la fase di maturazione cerosa.

Considerando i diversi ibridi e le diverse epoche di semina, per determinare in modo preciso la fase idonea per il campionamento si è utilizzato il metodo della somma termica (6), che prevede il calcolo dei gradi utili di temperatura (GDD) (5). È noto, infatti, che per il passaggio da una fase fenologica ad un'altra la temperatura gioca un ruolo fondamentale e in particolare l'accumulo di ore entro un determinato intervallo di temperature.

Si ha quindi:

$$GDD = T_{med} - T_b \quad (5)$$

dove:

- T_{med} : temperatura media dove la temperatura minima, se minore di quella basale, corrisponde alla temperatura basale;
- T_b : Temperatura basale, che, nel caso del mais, corrisponde a 10°.

A questo punto la somma termica è data da:

$$\sum_1^n T = \sum_1^n GDD \quad (6)$$

I dati per le singole fasi fenologiche dei singoli ibridi sono stati forniti dalle singole case sementiere.

⁽¹⁾ Modificata da Berti et al. (2014).

I prelievi sono stati effettuati nelle seguenti date:

Tabella 3.8: date dei campionamenti di biomassa

Azienda (1)	Azienda (2)	Azienda (3)	Azienda (4)
29 giugno	28 giugno	11 luglio	6 luglio
26 luglio	26 luglio	23 agosto	17 agosto

Per ogni appezzamento sono stati prelevati 6 campioni, 4 dalla zona irrigua e 2 dalla zona non irrigua e ogni campione era composto da 8 piante; nel secondo campionamento, oltre al peso delle piante, è stato valutato anche il peso delle pannocchie una volta eliminate le brattee.

Per ogni campionamento è stato valutato il peso secco e il peso umido del mais: in una prima fase, subito dopo il taglio della pianta, il campione umido veniva pesato direttamente in campo, per evitare possibili perdite di acqua, grazie ad una bilancia opportunamente tarata.

Successivamente il campione è stato essiccato in forno a 105° per 36 ore e poi nuovamente pesato con la stessa bilancia.

Il campionamento è stato fatto in modo totalmente casuale all'interno dell'appezzamento per garantire la massima rappresentatività.

3.3 INDICATORI DI PERFORMANCE IRRIGUA E ANALISI DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DELLA PRATICA IRRIGUA

3.3.1 BILANCIO IDRICO COLTURALE

Il fabbisogno idrico viene stimato tramite compensazione dell'evapotraspirazione. L'evapotraspirazione è il processo di cambio di stato dell'acqua liquida a gassosa sia dalla superficie del corpo (evaporazione) sia dalla diffusione di vapore acqueo dal sistema di termoregolazione e scambio gassoso attraverso gli stomi della pianta (traspirazione). L'evapotraspirazione (ET) è la somma di evaporazione (E) e traspirazione (T).

L'evapotraspirazione di riferimento (ET₀) è l'ET di un'ipotetica coltura alta 12 cm (*Festuca arundinacea*) con una resistenza costante del flusso di vapore alla superficie vegetativa e una resistenza aerodinamica proporzionale all'inverso della velocità del vento. ET₀ serve come riferimento per il calcolo dell'evapotraspirazione colturale ET_c (7):

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (7)$$

L'evapotraspirazione colturale è la massima ET di una specifica coltura laddove crescita e produttività della pianta non sono condizionate da una scarsa disponibilità di acqua (condizioni ottimali).

Il K_c o coefficiente colturale è un fattore moltiplicativo di ET₀ che considera la morfologia, la fisiologia e la gestione irrigua della coltura e serve a ottenere la reale ET della superficie vegetativa. Il coefficiente utilizzato deriva da valori FAO (Allen et al., 1998).

Il K_c di colture a pieno campo in filare viene modificato in base alla percentuale di copertura del suolo lungo le varie fasi fenologiche in maniera da correggere il valore di evapotraspirazione omogeneo sulla superficie.

Il valore di K_c viene interpolato nelle fasi di crescita della pianta individuate secondo la figura che segue:

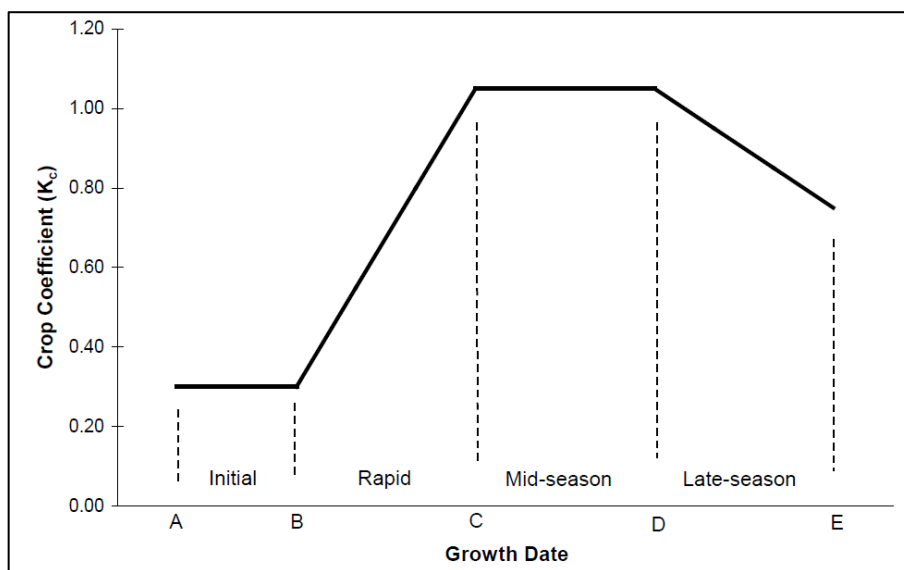


Figura 3.11: Rapporto tra k_c e le fasi di crescita di una pianta

dove:

- A: semina;
- B: emergenza o germogliamento;
- C: massimo momento di vigoria della pianta;
- D: inizio della senescenza o termine della crescita vegetativa e nuova generazione del tessuto fotosintetizzante.

Il valore k_c utilizzato per determinare l'Etc varia durante le singole fasi di accrescimento della coltura ed è stato considerato unico nei diversi appezzamenti (Tabella 3.9). Per determinare l'Etc con accuratezza il k_c è stato considerato a zero per i primi 20 giorni dalla semina.

Tabella 3.9: Valori di k_c per la coltura di mais utilizzati per determinare l'evapotraspirazione nei diversi appezzamenti.

FASE	EMERGENZA - ATTECCIMENTO	ACCRESIMENTO VEGETATIVO	FIORITURA	FORMAZIONE PRODOTTO	MATURAZIONE
k_c	0,3 - 0,5	0,7 - 0,9	1,05 - 1,2	0,8 - 0,95	0,55 - 0,6

La lunghezza delle varie fasi dipende dalla temperatura. Temperature più fredde tendono generalmente ad allungare queste fasi. La durata delle fasi viene espressa come percentuale della stagione alla fase di riferimento e conteggiata in numero di giorni dalla fase A.

Mentre la pioggia è un dato misurato e fornito direttamente dalla capannina meteo o dal fornitore di servizi meteo, il calcolo dell' $ET_{c_{adj}}$ deriva dalla formula:

$$ET_{c_{adj}} = ETC * K_s \quad (8)$$

L' $ET_{c_{adj}}$ (8) è l'evapotraspirazione colturale della specifica coltura dopo che ha subito una alterazione del suo stato idrico e ha subito uno stress fisiologico.

Se ETc_{adj} è inferiore a ETc ci può essere una perdita di produzione. Oltre questa regola generale, è vero anche che per talune specie o cv. un lieve stress idrico controllato può migliorare le caratteristiche qualitative della produzione e ridurre il rischio di infezione di patogeni e parassiti.

K_s (9) è un fattore adimensionale di riduzione della traspirazione che dipende dal contenuto di acqua nel suolo disponibile, e variabile da 0 a 1. Nel caso in cui non ci siano condizioni di stress nel suolo $K_s=1$, ossia quando la riduzione del contenuto idrico nella zona radicale (D_r) è minore dell'acqua prontamente disponibile (RAW). Negli altri casi si può calcolare applicando la formula:

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{(1-p)TAW} \quad (9)$$

dove:

- D_r : riduzione di TAW nella zona radicale nel giorno i (mm);
- p : frazione di TAW che una coltura può estrarre dalla zona radicale senza soffrire stress idrico⁽²⁾;
- TAW (10): acqua totale disponibile in un definito strato di suolo pari a:

$$TAW = 1000 (\theta_{FC} - \theta_{wp}) * Z_r \quad (10)$$

dove:

- z_r : profondità delle radici (m);
- θ_{FC} : volume di acqua alla capacità di campo ($m^3 m^{-3}$);
- θ_{wp} : volume di acqua al punto di appassimento ($m^3 m^{-3}$).

La stima di K_s richiede un bilancio idrico giornaliero per la zona radicale. K_s diventa minore di 1 solo quando il contenuto di acqua nel suolo del giorno i (Uv_i) è minore dell'acqua prontamente disponibile ($Uv_i < RAW$; dove $RAW = p * TAW$); pertanto negli altri casi ETc_{adj} equivale ad ETc . Nel capitolo dei risultati, RAW e TAW corrispondono alla RFU (Riserva Facilmente Utilizzabile) e alla RU (Riserva Utilizzabile). Per il calcolo delle riserve idriche del terreno (R_u , RFU e Capacità di Campo) è stato impiegato il modello Saxton-Rawls Equation Solutions.

Il contenuto idrico del suolo (11) è così calcolato:

$$Uv_i = Uv_{i-1} + P_{eff_i} + I_i - CR_i - ETc_{adj_i} + TAW_i - TAW_{i-1} \quad (11)$$

dove:

- Uv_{i-1} : contenuto di acqua della zona radicale alla fine del giorno precedente (mm);
- P_{eff_i} : precipitazione effettiva nel giorno i (mm);
- I_i : irrigazione effettiva nel giorno i (mm);
- CR_i : risalita capillare (mm) (per comodità questo valore verrà trascurato);
- ETc_{adj_i} : è l'evapotraspirazione nel giorno i (mm);
- I_i : irrigazione (espressa in mm);

⁽²⁾ La profondità per il mais è 0,55 quando $Etc \approx 5mm$, può negli altri casi venire calcolata secondo $p=0.55+0.04(5-Etc)$.

- P_{eff_i} : pioggia effettiva che considera solo gli eventi piovosi maggiori a 5 mm, al di sotto del quale il volume apportato viene considerato irrilevante oppure come umidità del suolo consumata dopo un evento irriguo (Soil Water Depletion = Field Capacity – Soil Water Content):
 Se $Pioggia - 5 + Uv_i \leq TAW_i \rightarrow P_{eff_i} = Pioggia - 5$
 Se $Pioggia - 5 + Uv_i > TAW_i \rightarrow P_{eff_i} = TAW - Uv$

Mentre il volume irriguo della stagione 2023 dipende dalla gestione aziendale che consiste per l'azienda 1 e 2 in un tempo d'uso e una turnazione prestabilita, nell'azienda 3 e 4 dipende dalla scelta aziendale del tempo d'intervento. Per il bilancio irriguo della stagione 2022, l'irrigazione (I_i) (12) è stata determinata dalla seguente equazione:

$$I_i = \frac{C * Q}{10.000} * EF \quad (12)$$

dove:

- C: competenza (ore ad ettaro destinate all'adacquamento);
- EF: gradi di efficienza di allocazione (sia dei sistemi irrigui che di quelli distributivi consortili);
- Q: portata (l/h) utilizzata dal sistema irriguo, vincolata dal corpo d'acqua fornito dal sistema distributivo consortile. Il prodotto tra C e Q dev'essere riportato al metro quadro per ottenere la pluviometria in mm dell'adacquamento.

3.3.2 EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA

L'efficienza d'uso di un'unità d'acqua, aggiunta grazie alla pratica irrigua, rispetto all'incremento della resa produttiva è stato calcolato con l'indicatore IWUE (Irrigation Water Use Efficacy) (14), il quale corrisponde all'incremento produttivo in sostanza secca in raffronto alla resa di un campione non irrigato in relazione al volume irriguo utilizzato durante la stagione irrigua. L'utilizzo della risorsa idrica per il campione non irriguo sussiste solo da input pluviometrici e di falda. L'incremento di resa dovuto all'input irriguo è il beneficio che la coltura ottiene in termini di aumento di sostanza secca. L'efficienza d'uso dell'acqua irrigua è calcolata dividendo la differenza di resa tra il campione irriguo e quella del test non irriguo con il quantitativo d'acqua consumato per l'irrigazione.

L'equazione dell'IWUE viene così espressa:

$$IWUE (kgm^{-3}) = \frac{Resa irriguo (kg ha^{-1}) - Resa non irriguo (kg ha^{-1})}{Volume di Irrigazione (m^3 ha^{-1})} \quad (14)$$

Per conoscere se l'azienda ha gestito l'irrigazione in maniera ottimale e se il volume di adacquamento combacia con il fabbisogno irriguo è stato utilizzato un indicatore di rapporto input-output tra fabbisogno e apporti idrici; l'indicatore Relative Irrigation Supply (RIS) è stato calcolato come segue (Morillo et al., 2015):

$$RIS = \sum_{ug=1}^n \frac{Volume di adacquamento}{(E_{tact} - P_{eff})} \quad (15)$$

Valori di RIS inferiori di 1 indicano un deficit irriguo, mentre valori superiori indicano eccessi irrigui. L'indicatore RIS mostra se la fornitura d'acqua per mezzo dell'irrigazione sia il più prossima ai valori di fabbisogno irriguo della coltura.

3.3.3 INDICATORI DI PERFORMANCE DI RESA

Il campionamento della biomassa è servito per analizzare i dati di crescita e sviluppo tra fase fenologiche diverse e tesi irrigue e non irrigue (Borsato et al., 2019). Il dato di biomassa secca campionato in campo ha permesso di ricavare il tasso di crescita della coltura e la produttività unitaria della pratica irrigua. Il tasso di crescita CGR (crop growth rate) è la quantità di sostanza secca prodotta in un dato periodo ed è stato calcolato come di seguito:

$$CGR = \frac{Biomassa_2 - Biomassa_1}{tempo} = \left[\frac{Massa}{Tempo} \right] \quad (16)$$

dove la massa è calcolata come la differenza tra la biomassa campionata alla fase fenologica di maturazione cerosa e la biomassa campionata alla fase fenologica di fine levata, diviso il tempo trascorso tra i due campionamenti.

L'indicatore di resa o Harvest Index (HI) è stato calcolato come il rapporto tra il peso secco della spiga (parte edibile) e il peso assoluto della biomassa in termini di sostanza secca:

$$HI = \frac{Peso\ spighe}{Totale\ biomassa} \quad (17)$$

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 ANDAMENTO AGROCLIMATICO

L'andamento delle temperature nella stagione maidicola 2023 è risultato inizialmente nella norma fino alla fase di levata, con temperature medie leggermente inferiori nei mesi di aprile e maggio rispetto agli anni precedenti. Da metà giugno in poi, si è assistito ad un notevole aumento delle temperature, comunque entro le medie stagionali, che ha comportato, grazie anche ad alcuni eventi piovosi, un notevole sviluppo della pianta.

Le diverse stazioni ARPAV sono state selezionate in base alla loro vicinanza con l'appezzamento d'interesse come riportato nel Paragrafo 3.2.4.

Si riporta in tabella l'andamento delle temperature medie, minime e massime dell'intera stagione maidicola per le quattro stazioni di rilevamento ARPAV (Tabella 4.1). I dati rilevati dalle diverse stazioni ARPAV sono stati impiegati per lo studio del bilancio idrico delle diverse aziende.

Tabella 4.1: Andamento delle temperature medie mensili registrate dalle diverse stazioni meteo ARPAV.

LOCALITA'	T °C	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET
CASTELFRANCO (1)	<u>Min</u>	4,1	6,4	13,0	16,2	18,1	18,0	15,5
	<u>Med</u>	10,1	11,9	17,9	22,6	24,4	24,2	22,0
	<u>Max</u>	16,1	17,6	23,0	29,0	30,8	30,6	29,3
CONTEA (2)	<u>Min</u>	5,7	7,5	14,0	17,2	19,2	19,7	17,2
	<u>Med</u>	10,6	12,4	18,2	22,7	24,7	24,6	21,9
	<u>Max</u>	15,7	17,6	22,8	28,6	30,3	30,1	27,7
VAZZOLA-TEZZE (3)	<u>Min</u>	4,0	5,8	12,6	15,9	18,2	18,1	15,5
	<u>Med</u>	9,6	11,5	17,7	22	24,2	23,9	21,2
	<u>Max</u>	15,1	16,8	22,5	28,1	29,9	29,7	27,6
RONCADE (4)	<u>Min</u>	3,6	5,4	12,2	15,7	18,8	17,5	14,5
	<u>Med</u>	9,5	11,3	17,5	22,1	24,3	23,5	20,8
	<u>Max</u>	15,5	17,0	22,4	28,2	30,4	30,0	27,9

Le temperature registrate nei quattro appezzamenti, nonostante si trovassero in zone diverse della provincia di Treviso, non presentano differenze significative, con una oscillazione da una stazione all'altra di massimo ± 1 °C.

Nonostante le temperature medie registrate siano state relativamente contenute anche durante i mesi estivi, sono stati rilevati dei picchi di temperatura durante il periodo estivo, in particolare durante la seconda metà di luglio e la seconda metà di agosto, con temperature massime di circa 37 °C (Figura 4.1).

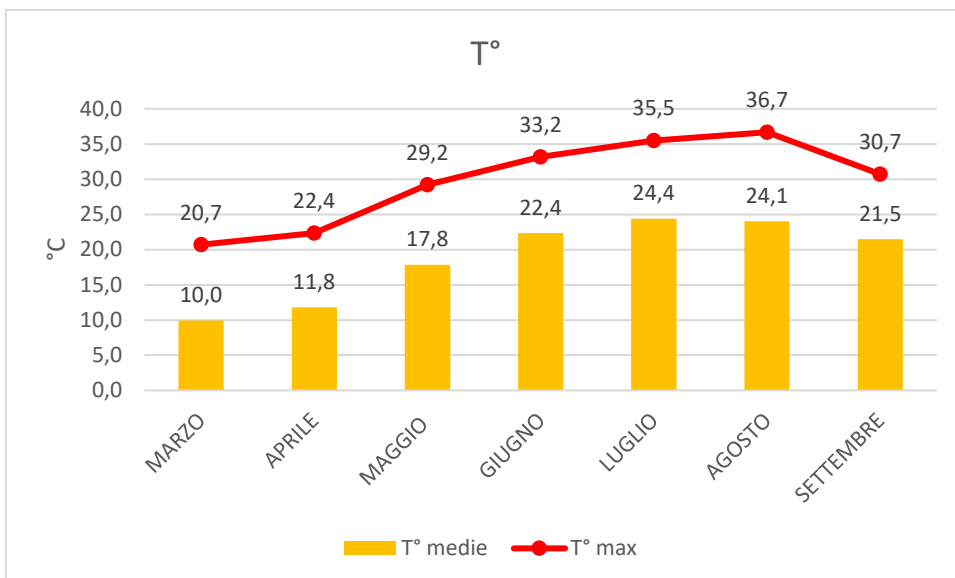


Figura 4.1: Andamento delle temperature medie e massime nella stagione maidicola 2023.

Le precipitazioni durante la stagione maidicola 2023 sono state scarse in un primo periodo fino a maggio per poi aumentare durante la stagione estiva, quando, grazie ad un aumento graduale delle temperature e ad un aumento delle precipitazioni, c'è stato un veloce sviluppo in biomassa della pianta.

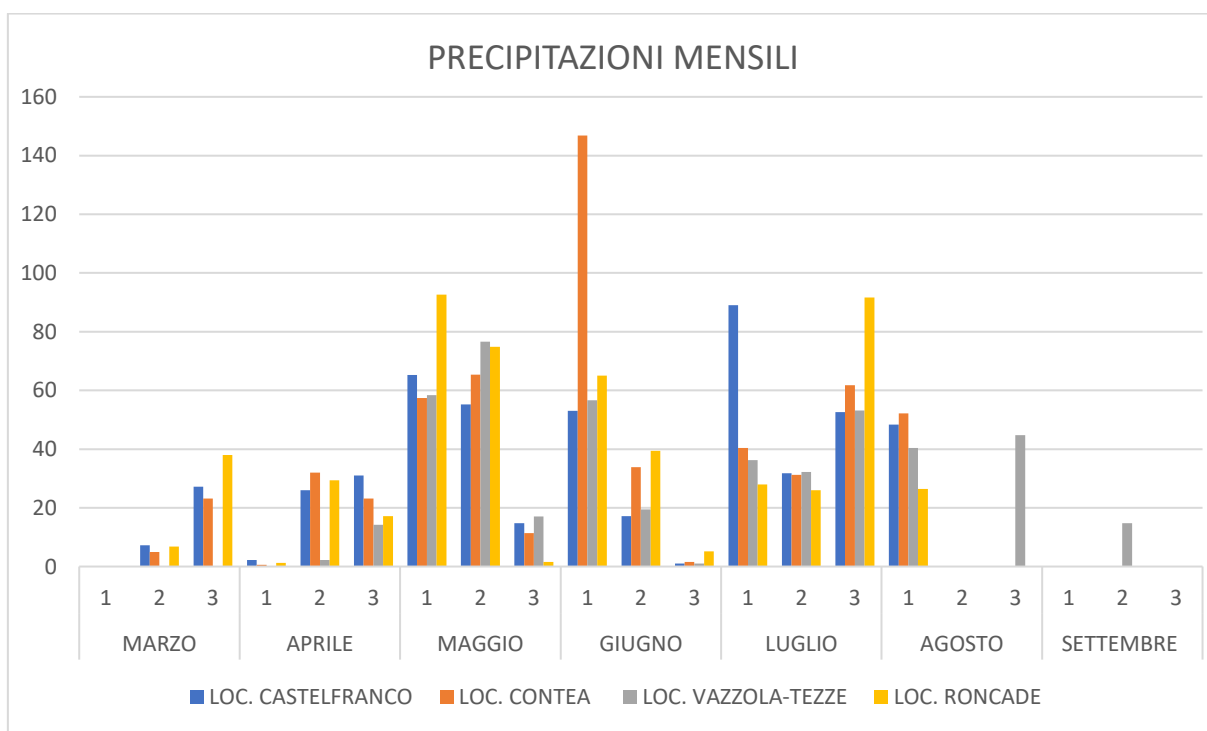


Figura 4.2: Eventi piovosi divisi per decadi nella stagione maidicola 2023.

Durante la restante stagione estiva, si sono registrati rovesci a carattere temporalesco principalmente nel mese di giugno e luglio: queste precipitazioni hanno apportato una notevole quantità di acqua in poco tempo, causando anche numerosi danni, come ad esempio quelli verificatesi nell'azienda (1) (Figura 3.3).

In generale è comunque possibile affermare che le precipitazioni sono risultate comunque sufficienti a garantire un buon apporto idrico. I rilievi sono stati fatti solo per il periodo in cui la coltura era effettivamente in campo, quindi i dati relativi ad alcune decadi di alcune stazioni di rilevamento non sono presenti nel grafico.

4.2 ANALISI DELLE UNIFORMITÀ DI DISTRIBUZIONE

L'analisi dell'uniformità di distribuzione dell'impianto è stata effettuata per gli appezzamenti **(1)**, **(2)** e **(3)**, mentre non è stato possibile per l'appezzamento **(4)** per problemi logistici al sistema di pompa-filtro.

Analizzando i rilievi effettuati nei diversi appezzamenti sono state ottenute delle mappe che riassumono i dati secondo una scala cromatica, dove si passa dalle celle di colore arancio per le zone peggio irrigate alle celle azzurre per quelle maggiormente irrigate.

Tabella 4.2: Volumi d'acqua (mm) raccolti in 5 minuti nell'appezzamento (1).

Appezzamento (1)	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3
CAMPIONE 1	35,3	47,8	60,8
CAMPIONE 2	26,8	43,5	53,3
CAMPIONE 3	54,0	27,8	68,5
CAMPIONE 4	47,5	42,3	47,0
CAMPIONE 5	50,3	50,0	64,0

Tabella 4.3: Volumi d'acqua (mm) raccolti in 5 minuti nell'appezzamento (2).

Appezzamento (2)	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4
CAMPIONE 1	55,5	59,3	62,1	56,6
CAMPIONE 2	59,6	58,1	58,8	59,0
CAMPIONE 3	70,9	69,8	70,8	68,8
CAMPIONE 4	69,0	75,4	73,1	65,5

Tabella 4.4: Volumi d'acqua (mm) raccolti in 5 minuti nell'appezzamento (3).

Appezzamento (3)	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4
CAMPIONE 1	53,3	65,3	67,8	33,3
CAMPIONE 2	49,8	63,6	56,5	27,8
CAMPIONE 3	55,3	60,5	49,8	12,3
CAMPIONE 4	54,0	61,3	47,3	0,0 ⁽³⁾

⁽³⁾ Si segnala che lungo questa manichetta è stata rilevata una rottura della stessa con conseguente fuoriuscita di acqua tra il campione 3 e il campione 4.

I due parametri utilizzati per verificare la funzionalità dell'impianto sono stati: l'uniformità di distribuzione del quartile inferiore (DU_{lq}) e il coefficiente di Christiansen (CU) (Figura 4.3).

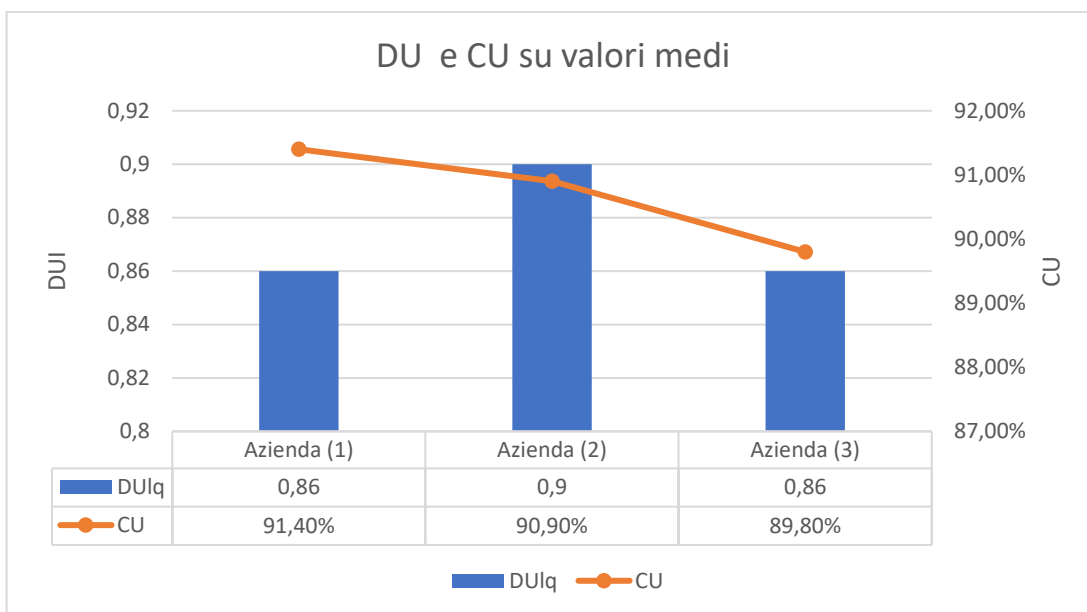


Figura 4.3: Indici con valori medi di uniformità di distribuzione nelle aziende (1), (2) e (3).

Nella figura 4.3 i dati impiegati per determinare i due parametri di uniformità di distribuzione sono i valori medi dei singoli campionamenti. Questi due indici mostrano che i diversi impianti presentano tutti una buona uniformità di distribuzione e che le variazioni di portata risultano limitate, mediamente in linea con quanto dichiarato dai diversi costruttori.

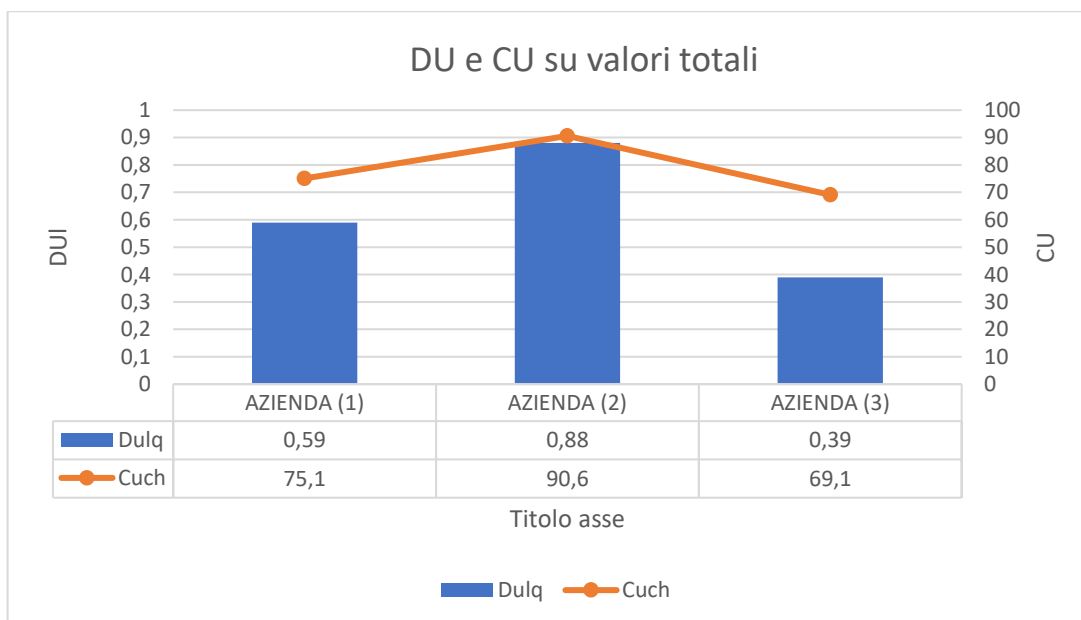


Figura 4.4: Indici con valori totali di uniformità di distribuzione nelle aziende (1), (2) e (3).

Analizzando invece i due parametri di uniformità di distribuzione impiegando i valori totali, si nota come l'azienda **(1)** abbia di valori molto inferiori rispetto a quelli riportati nella figura 4.3; l'azienda **(2)** presenta i valori migliori sia in entrambi i parametri, sia in entrambe le analisi con i valori differenti. La differenza è dovuta al fatto che analizzando i valori medi, eventuali anomalie o valori bassi vengono mediati e si potrebbe avere quindi dei risultati che non corrispondono al vero.

Per quanto riguarda la pressione rilevata tramite manometro alla fine delle manichette, le aziende **(2)** e **(3)** registravano una perdita di pressione rispetto a quella iniziale di circa 0,2 bar, mentre nell'impianto dell'azienda **(1)** la pressione è stata rilevata a circa metà dell'appezzamento ed era molto inferiore, registrando anche valori di 0,3 bar.

Nell'appezzamento **(1)** si è voluto anche verificare fino a quale distanza una manichetta riuscisse a distribuire acqua in maniera uniforme rispettando le indicazioni del produttore: per fare ciò si è provveduto a mettere in funzione solamente una testata del settore 1 e successivamente si è andati a rilevare il quantitativo di acqua emesso dai gocciolatori della manichetta centrale del settore.

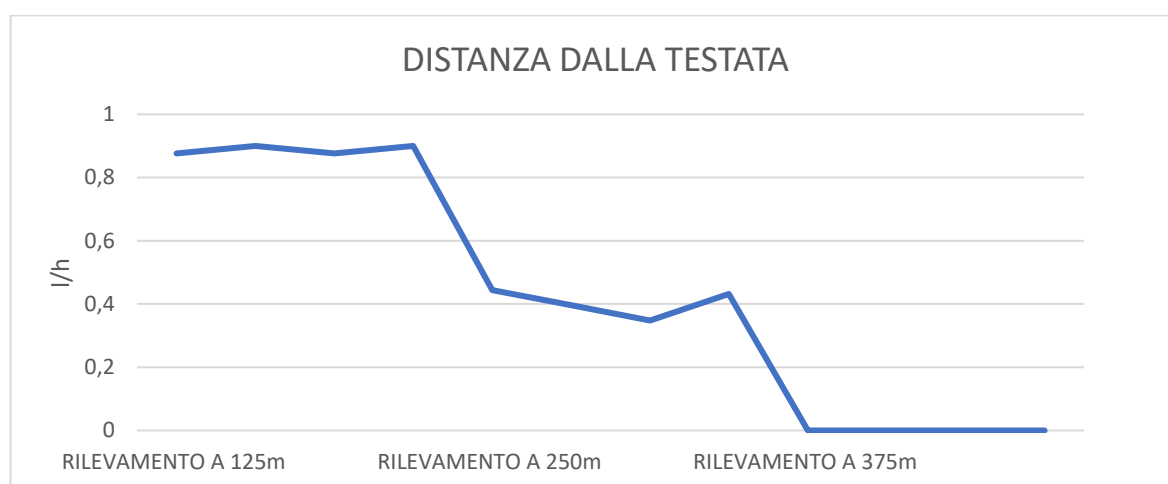


Figura 4.5: Andamento della portata d'acqua erogata dalla manichetta in relazione alla lunghezza.

Il grafico evidenzia come vi sia un notevole calo di portata all'aumentare della distanza dalla condotta in testata (Figura 4.5); a supporto di tali dati, a circa 350 metri, tramite un manometro, è stata rilevata una pressione pari a zero. Questi risultati sono in linea con le caratteristiche tecniche della manichetta dichiarate dal produttore, dove si sconsiglia una lunghezza maggiore di 300 metri, pena un'irrigazione non uniforme lungo tutta la lunghezza della manichetta.

4.3 BILANCIO IDRICO

Per questa tesi è stato effettuato un bilancio idrico per ogni singolo appezzamento, valutando i diversi output e input, per ottenere a fine stagione un quadro complessivo della risorsa idrica utilizzata e di quella ancora presente nel suolo.

Per il calcolo delle riserve idriche del terreno (Ru, RFU e Capacità di Campo) è stato impiegato il modello Saxton-Rawls Equation Solutions. Nel caso in cui il valore di RFU risulti inferiore all'umidità del terreno, questo assume un significato di valore soglia; il punto in cui avviene l'intersezione tra le due curve indica la necessità di un apporto irriguo al fine di evitare stress.

Per una maggiore chiarezza, si riporta brevemente l'elenco degli appezzamenti oggetto di studio:

- Un appezzamento (1) collocato nella frazione di Fanzolo, comune di Veduggio;
- Un appezzamento (2) collocato nella frazione di Busta, comune di Montebelluna;
- Un appezzamento (3) collocato nel comune di Susegana;
- Un appezzamento (4) collocato nel comune di Monastier di Treviso.

Il bilancio idrico della stagione maidicola 2023 dell'azienda **(1)** è stato riassunto nella seguente tabella 4.5.

Tabella 4.5: Bilancio idrico Azienda (1) suddiviso per decadi.

MESE	DECADE	RFU (mm)	UMIDITA' DEL SUOLO (mm)	ETC _{Ad} (mm)	IRRIGAZIONI (mm)	P _{eff} (mm)	ks
MARZO	1	51	126	0,0	0	0	1,00
	2	51	127	0,0	0	2,2	1,00
	3	51	140	0,0	0	21,8	1,00
APRILE	1	48	142	13,1	0	0	1,00
	2	48	144	12,4	0	18	1,00
	3	47	145	14,5	0	16,2	1,00
MAGGIO	1	44	142	27,5	0	43,6	1,00
	2	45	182	22,2	0	33,8	1,00
	3	41	153	39,4	0	5,2	1,00
GIUGNO	1	39	236	44,7	213,3	27,2	1,00
	2	38	236	49,8	213,3	1,2	1,00
	3	38	236	53,2	213,3	0	1,00
LUGLIO	1	35	239	59,3	213,3	64	1,00
	2	34	239	64,6	213,3	21,4	1,00
	3	36	234	62,2	213,3	30,8	1,00
AGOSTO	1	42	222	28,9	0	30,2	1,00

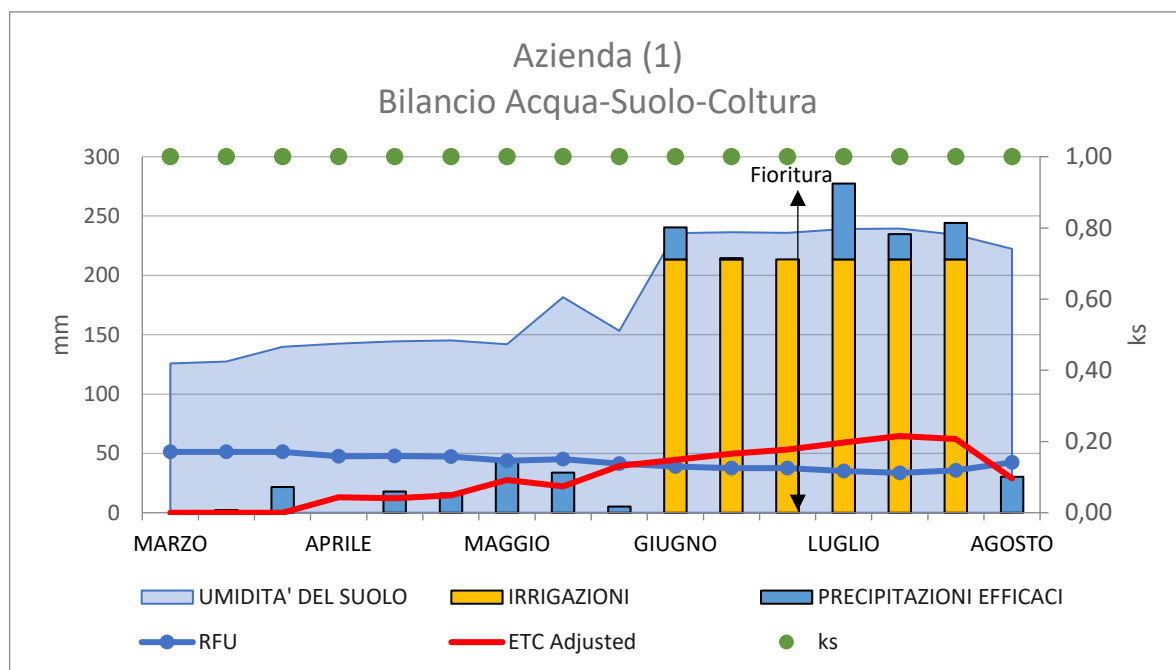


Figura 4.6: Bilancio acqua-suolo-coltura dell'azienda (1).

Le irrigazioni abbondanti e le piogge mensili hanno garantito un livello ottimale di umidità del suolo e anche la riserva idrica facilmente utilizzabile della pianta non si è mai esaurita; il ks non è mai sceso sotto valori medi di 1 e quindi la coltura non è mai andata in condizioni di stress, soprattutto nelle fasi più delicate come la fioritura (Figura 4.6).

A fine stagione le perdite per infiltrazione-ruscellamento sono state di 947,4 mm.

Il bilancio idrico della stagione maidicola 2023 dell'azienda (2) è stato riassunto nella tabella 4.6.

Tabella 4.6: Bilancio idrico Azienda (2) suddiviso per decadi.

MESE	DECADE	RFU (mm)	UMIDITA' DEL SUOLO (mm)	ETC _{Ad} (mm)	IRRIGAZIONI (mm)	P _{eff} (mm)	ks
MARZO	3	51	134	0,0	0,0	12,2	1,00
APRILE	1	51	138	1,5	0,0	0	1,00
	2	48	145	11,9	0,0	18,6	1,00
	3	47	144	13,9	0,0	12,2	1,00
MAGGIO	1	44	137	26,4	0,0	35,8	1,00
	2	45	183	21,1	0,0	42,8	1,00
	3	42	153	36,7	0,0	1,6	1,00
GIUGNO	1	40	184	42,9	37,3	112,8	1,00
	2	38	231	47,1	0,0	16,2	1,00
	3	38	237	50,1	122,5	0	1,00
LUGLIO	1	36	244	56,0	96,7	15	1,00
	2	35	229	60,7	37,5	18	1,00
	3	37	226	58,3	0,0	36,8	1,00
AGOSTO	1	43	213	29,5	0,0	29,2	1,00
	2	41	228	29,5	111,0	0	1,00

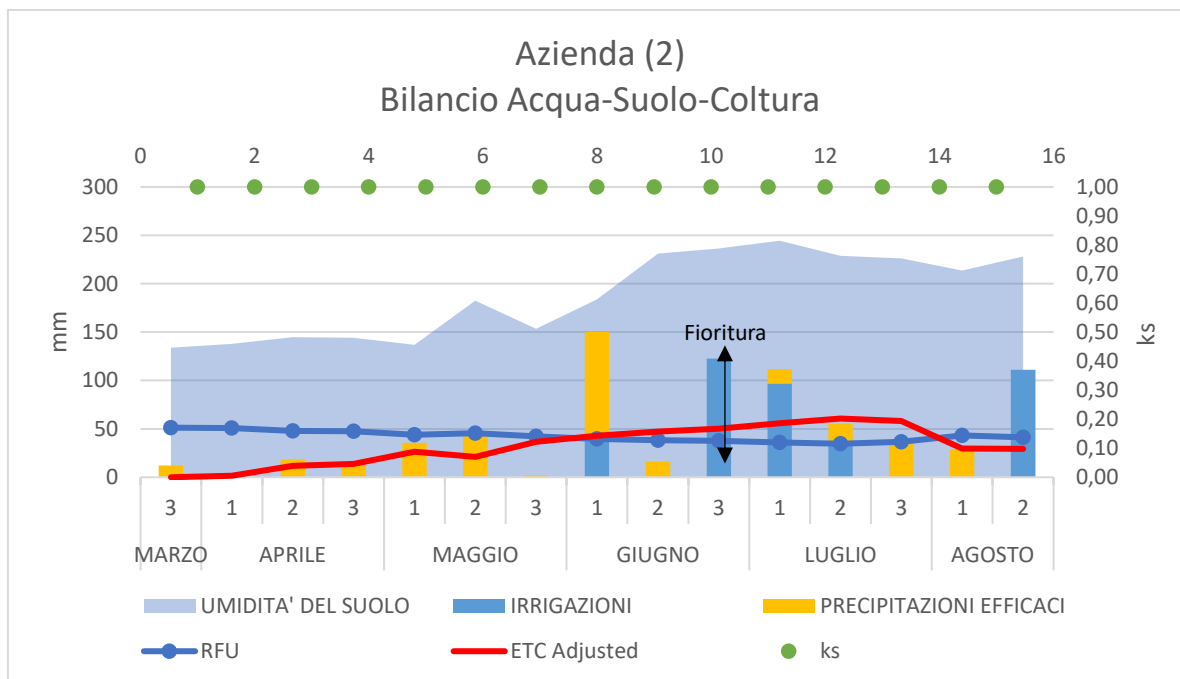


Figura 4.7: Bilancio acqua-suolo-coltura dell'azienda (2).

L'apezzamento **(2)** ha registrato umidità del suolo e RFU abbastanza stabili e, grazie alle irrigazioni e alle piogge, la coltura non è mai andata in stress registrando anche in questo caso kc sempre uguali a 1.

Dalla figura 4.7 si può notare come all'aumentare dell' ETC_{adj} vi sia stata una riduzione dell'RFU* tra la fine di giugno e per tutto il mese luglio e infatti è stato necessario apportare discreti volumi irrigui per evitare stress idrici.

È interessante osservare come nella terza decade di maggio, con assenza di piogge, nessuna irrigazione e la coltura in piena di levata, i consumi idrici della coltura hanno ridotto la RFU e l'umidità del terreno senza però influenzare ks. Le perdite per infiltrazione-ruscellamento sono state di 0 mm.

Il bilancio idrico della stagione maidicola 2023 dell'azienda (3) è stato riassunto nella seguente tabella 4.7.

Tabella 4.7: Bilancio idrico azienda (3) suddiviso per decadi.

MESE	DECADE	RFU (mm)	UMIDITA' DEL SUOLO (mm)	ETC _{Ad} (mm)	IRRIGAZIONI (mm)	P _{eff} (mm)	ks
APRILE	2	80,4	158,1	0,0	0,0	0,0	1,0
	3	80,4	161,3	0,0	0,0	4,6	1,0
MAGGIO	1	74,7	172,6	13,3	0,0	38,4	1,0
	2	70,6	227,8	22,7	0,0	52,2	1,0
	3	65,1	198,3	39,1	0,0	6,0	1,0
GIUGNO	1	59,9	170,0	47,6	0,0	33,6	1,0
	2	57,7	148,1	52,9	0,0	7,6	1,0
	3	56,0	92,5	56,9	0,0	0,0	1,0
LUGLIO	1	56,3	48,4	46,1	0,0	12,0	0,8
	2	54,1	25,0	28,5	40,0	15,8	0,5
	3	57,2	7,6	8,9	0,0	32,2	0,2
AGOSTO	1	67,3	7,3	5,4	0,0	29,2	0,2
	2	63,8	5,7	5,1	40,0	0,0	0,1
	3	64,7	7,8	5,9	0,0	25,8	0,2
SETTEMBRE	1	74,2	10,5	4,6	0,0	0,0	0,3
	2	74,8	3,4	0,8	0,0	9,8	0,1

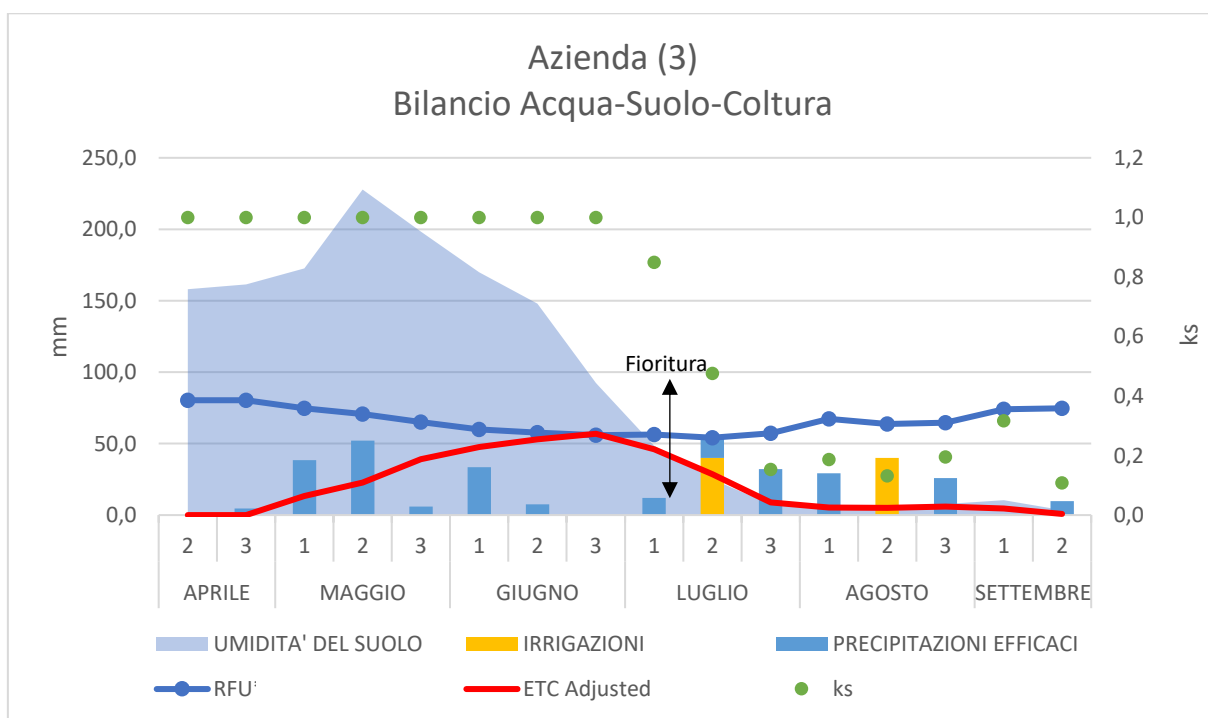


Figura 4.8: Bilancio acqua-suolo-coltura dell'azienda (3).

Il bilancio idrico dell'appezzamento **(3)** risulta nella norma nella prima fase del ciclo colturale fino alla fase di fioritura a fine giugno (Figura 4.8), con un graduale aumento dell'ETC_{Adj} e una corrispondente diminuzione sia dell'umidità del suolo sia dell'RFU. Nella seconda fase però si assiste ad una drastica diminuzione dell'umidità del terreno e dell'ETC_{Adj} dovuta ad una situazione di stress idrico con un abbassamento anomalo del ks. Non è stata rilevata alcuna perdita per infiltrazioni-ruscellamento.

Il bilancio idrico della stagione maidicola 2023 dell'azienda **(4)** è stato riassunto nella seguente tabella 4.8.

Tabella 4.8: Bilancio idrico azienda (4) suddiviso per decadi.

MESE	DECADE	RFU (mm)	UMIDITA' DEL SUOLO (mm)	ETC _{Ad} (mm)	IRRIGAZIONI (mm)	P _{eff} (mm)	ks
MARZO	2	111,0	122,4	0,0	0,0	0,0	1,00
	3	111,0	137,3	0,0	0,0	27,2	1,00
APRILE	1	104,3	144,0	11,3	0,0	0,0	1,00
	2	103,7	144,7	12,2	0,0	17,0	1,00
	3	102,3	139,3	14,6	0,0	6,8	1,00
MAGGIO	1	95,2	147,3	26,6	0,0	71,2	1,00
	2	97,8	215,4	22,3	0,0	48,8	1,00
	3	89,7	184,7	39,5	0,0	0,0	1,00
GIUGNO	1	84,9	161,6	44,0	0,0	44,4	1,00
	2	82,6	158,6	47,9	0,0	18,2	1,00
	3	79,7	107,8	52,9	0,0	0,0	1,00
LUGLIO	1	76,5	56,7	43,0	0,0	2,6	0,80
	2	73,5	10,7	8,9	25	15,8	0,10
	3	78,1	13,2	11,5	0,0	71,0	0,20
AGOSTO	1	92,4	20,3	11,5	0,0	14,4	0,40
	2	87,3	1,6	1,0	0,0	0,0	0,00
	3	84,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00

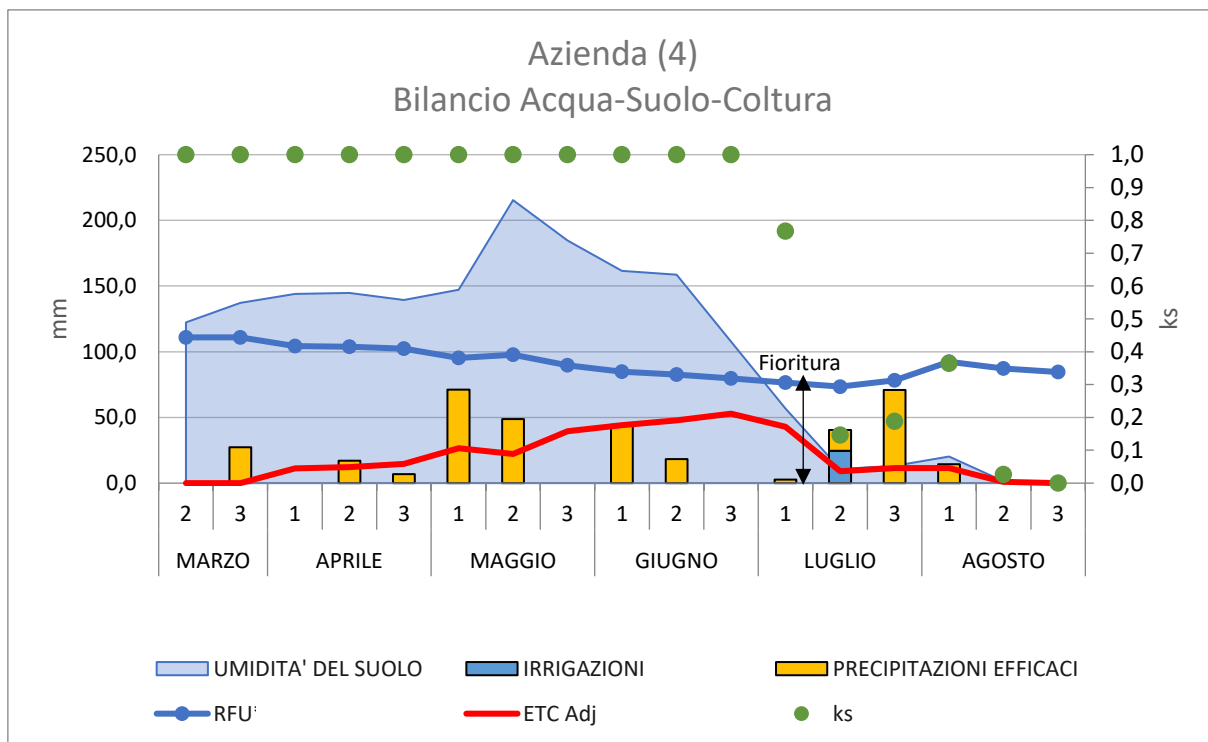


Figura 4.9: Bilancio Acqua-Suolo-Coltura dell'azienda (4).

Nel bilancio idrico dell'azienda (4) si osserva uno stress idrico nella seconda metà di luglio, che però non ha condizionato particolarmente lo sviluppo della coltura grazie ad una consistente irrigazione; la condizione di stress registrata in quel periodo si manifesta contestualmente anche con la riduzione dell'ETC_{Adj} (Figura 4.9). I ks risultano nella norma e l'umidità del terreno sempre abbastanza costante, motivo per cui in questa azienda è stata necessaria una sola irrigazione. Le perdite per infiltrazioni e ruscellamento sono state di 0 mm.

4.4 ANALISI SULLO SVILUPPO DI BIOMASSA

L'analisi dello sviluppo in biomassa dei campioni di piante prelevate ha visto una prima fase di pesatura dei campioni e una seconda fase di elaborazione dei risultati.

Di seguito vengono riportati i grafici dei valori di peso secco delle prove aziendali nelle due giornate di campionamento di fine giugno e fine luglio, tra la fase di post-levata e di maturazione cerosa.

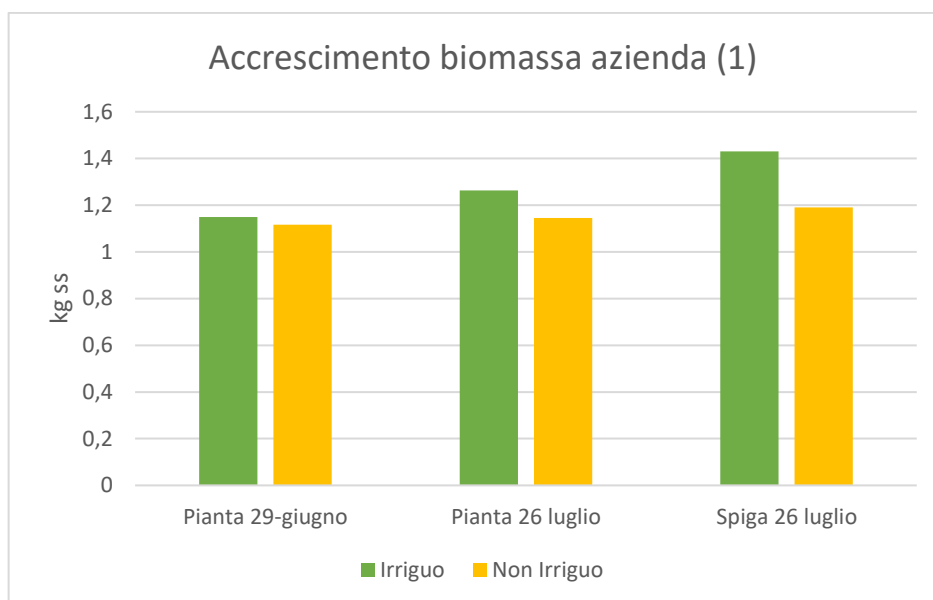


Figura 4.10: Confronto sull'accrescimento della biomassa secca e della spiga tra campione irriguo e non irriguo dell'azienda (1).

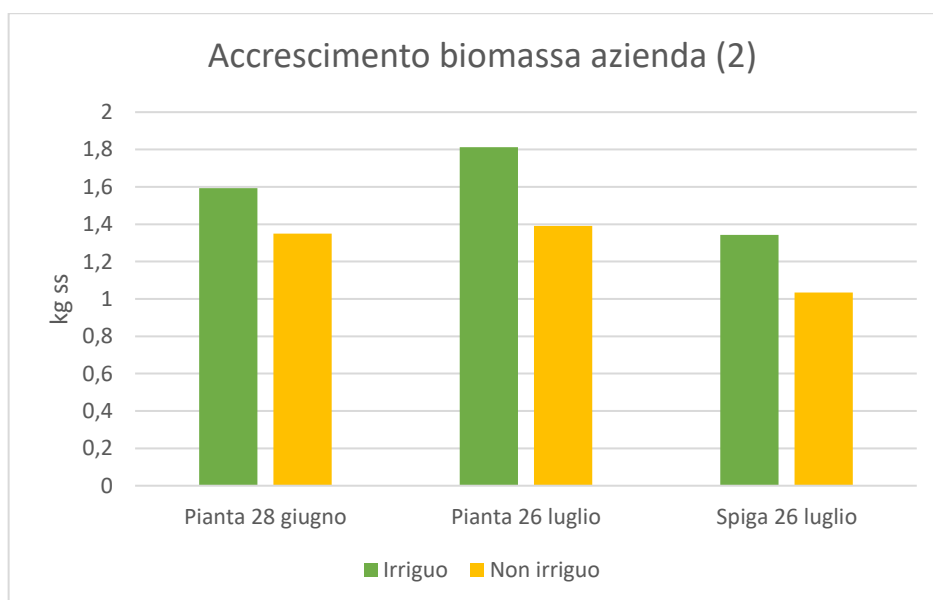


Figura 4.11: Confronto sull'accrescimento della biomassa secca e della spiga tra campione irriguo e non irriguo dell'azienda (2).

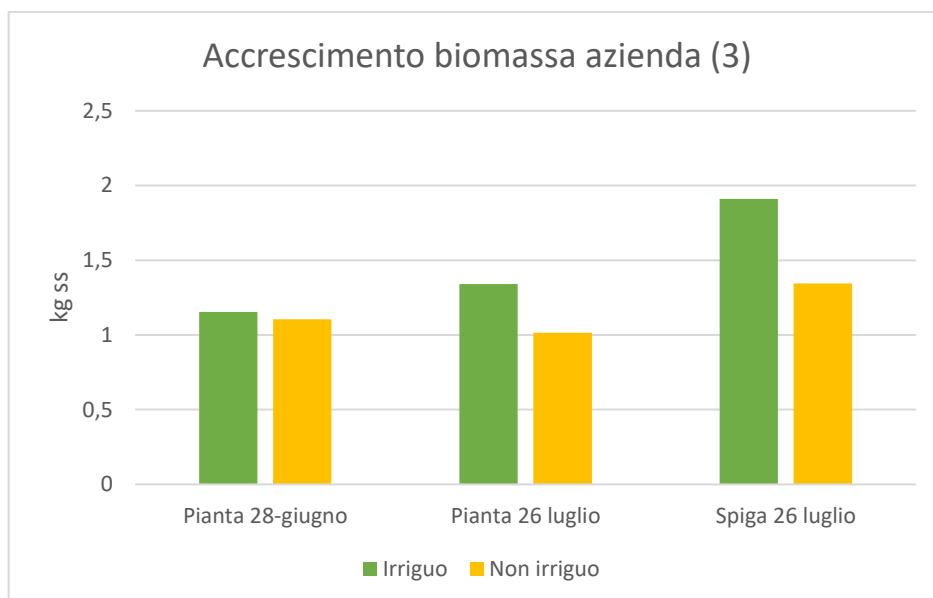


Figura 4.12: Confronto sull'accrescimento della biomassa secca e della spiga tra campione irriguo e non irriguo dell'azienda (3).

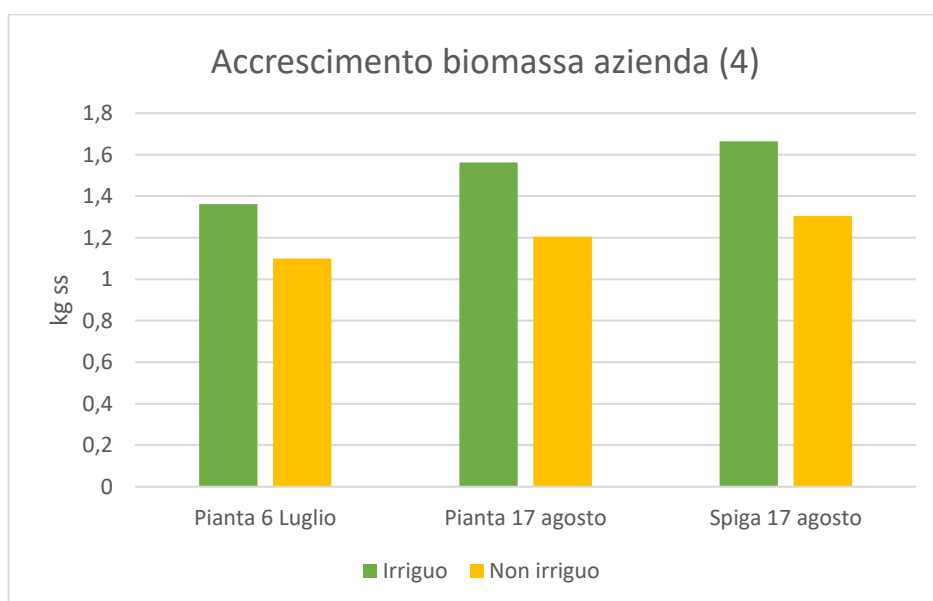


Figura 4.13: Confronto sull'accrescimento della biomassa secca e della spiga tra campione irriguo e non irriguo dell'azienda (4).

Gli ibridi utilizzati hanno prodotto risultati differenti per quanto riguarda lo sviluppo di biomassa: le aziende **(2)** e **(4)** hanno impiegato ibridi da trinciato, con una differenza circa del 22% di peso in più rispetto agli appezzamenti **(1)** e **(3)** in entrambi i rilievi. L'effetto delle irrigazioni è maggiormente apprezzabile sui campionamenti delle spighe, come riportato nella tabella 4.9: per quanto riguarda il campione irriguo, la differenza maggiore la si ha tra l'azienda **(2)** e **(3)**, con differenze percentuali di circa il 30%. La medesima situazione la si ritrova nel campione non irriguo, dove la differenza maggiore è sempre tra l'azienda **(2)** e **(3)** con valori di circa il 23%.

Tabella 4.9: Confronto tra il peso della biomassa secca della spiga delle diverse aziende.

	AZIENDA (1)	AZIENDA (2)	AZIENDA (3)	AZIENDA (4)
IRRIGUO (kg)	1,43	1,34	1,91	1,66
NON IRRIGUO (kg)	1,19	1,04	1,35	1,31
DIFFERENZA (g)	240	308	565	359
DIFFERENZA (%)	16,78	22,91	29,58	21,57

Tutti i campionamenti sono stati effettuati durante la fase di maturazione cerosa del mais; l'ibrido dell'appezzamento **(1)** è quello che presenta una minor differenza tra il campione irriguo e quello non irriguo, mentre l'ibrido dell'azienda **(3)** è quello che maggiormente ha risentito della carenza di acqua (Figura 4.14).



Figura 4.14: Campione di spighe dell'appezzamento (3).

L'indice CGR evidenzia come l'irrigazione sia fondamentale per l'accumulo di biomassa, con differenze anche del 30% tra il campione irriguo e quello non irriguo nell'appezzamento **(2)** (Figura 4.15).

La bassa differenza tra il CGR irriguo e quello non irriguo dell'azienda **(4)** è probabilmente imputabile alla singola irrigazione svolta dall'azienda che non ha inciso sul dato di accrescimento, mentre il valore pari a zero riscontrato nel CGR non irriguo dell'azienda **(3)** è dovuto al campionamento randomico effettuato. Lo sviluppo limitato riscontrato nell'azienda **(1)** potrebbe essere conseguenza delle eccessive irrigazioni che non hanno contribuito in maniera proporzionale allo sviluppo della coltura; a supporto di tale tesi, si nota come la CGR irrigua dell'azienda **(1)** e **(3)** siano molto simili nonostante i volumi irrigui molto superiori per l'azienda **(1)**, considerando i terreni e la tipologia di ibrido di mais estremamente simili tra le due aziende.

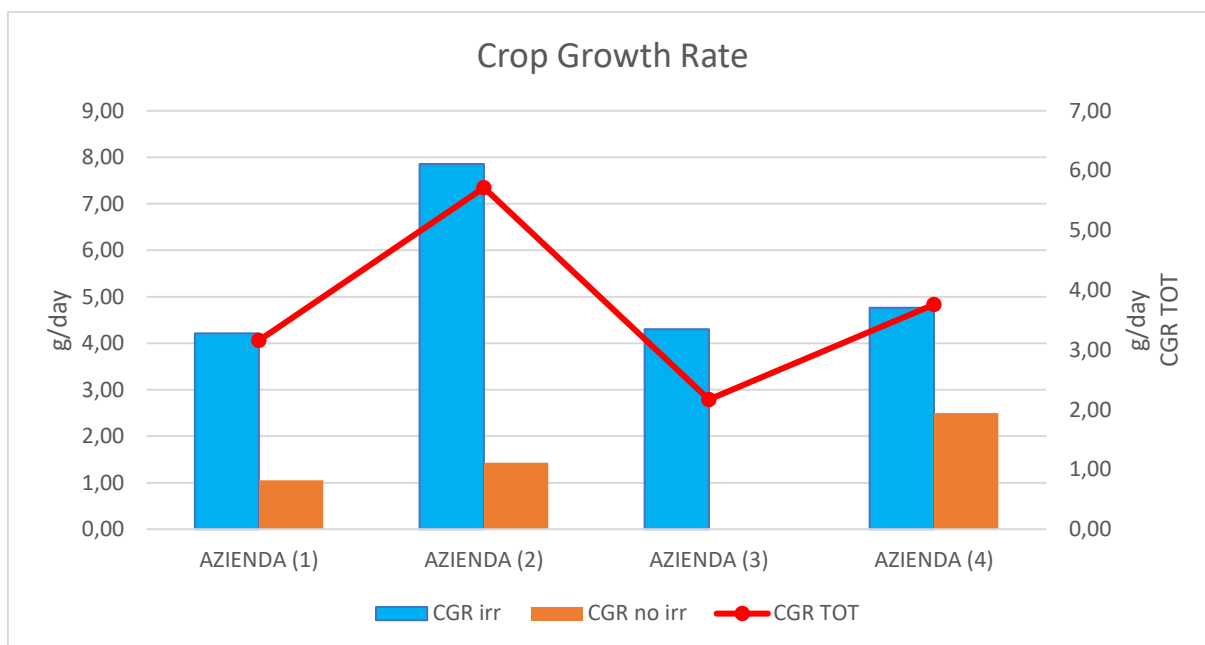


Figura 4.15: Confronto dell'indice CGR nelle diverse aziende.

Le rese in granella ottenute nei diversi appezzamenti sono riportate nella tabella 4.10.

L'azienda (3) ha ottenuto il valore di HI superiore e ciò è dovuto principalmente alla tipologia di ibrido da granella scelto, che privilegia lo sviluppo in dimensioni e peso del chicco rispetto allo sviluppo della biomassa. Situazione diametralmente opposta la si ha per l'azienda (2), che invece ha impiegato ibridi da trinciato.

Tabella 4.10: Rese in granella e harvest index (HI) ottenute nei diversi appezzamenti.

	RESA IRRIGUO	RESA NON IRRIGUO	HI
AZIENDA (1)	14,3	11,9	0,53
AZIENDA (2)	13,4	10,3	0,43
AZIENDA (3)	19,1	13,4	0,59
AZIENDA (4)	16,6	13,1	0,52

4.5 ANALISI DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DELL'IRRIGAZIONE A MANICHETTA SU MAIS

Per poter determinare la sostenibilità di una produzione da un punto di vista di consumo idrico è stato impiegato un indice (IWUE) che valuta il consumo medio di acqua d'irrigazione per chilogrammo di prodotto.

In particolare, è stato valutato il consumo medio di acqua per grammo di granella prodotto (IWUE granella) e l'incremento ponderale al litro per grammo di biomassa (IWUE biomassa) (Figura 4.16).

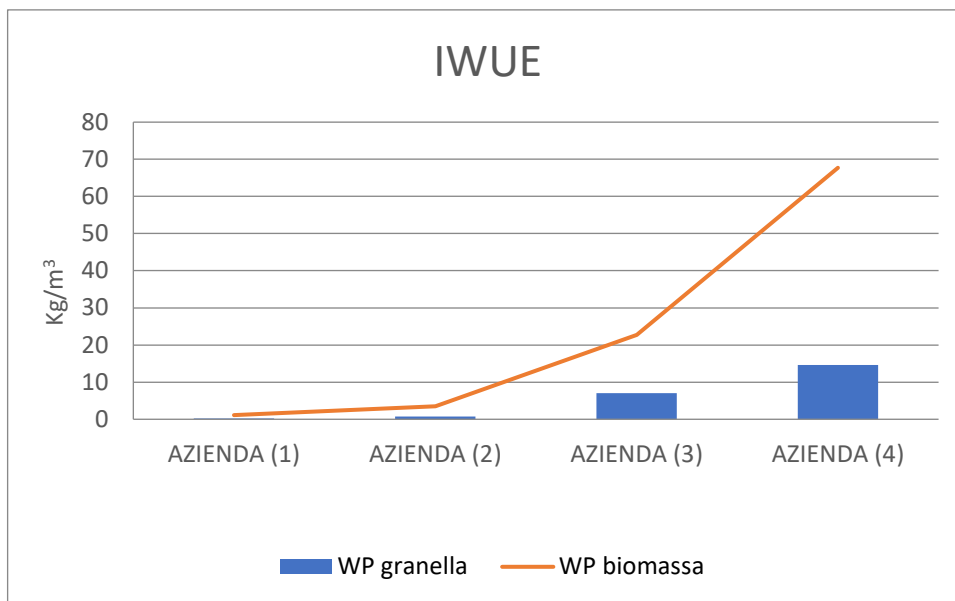


Figura 4.16: IWUE nei diversi appezzamenti.

Il grafico illustra in modo esaustivo come l'azienda **(4)** sia quella che ha utilizzato meno acqua irrigua per grammo di biomassa e di granella e sia stata quella più sostenibile da un punto di vista ambientale. Si ricorda che questa azienda è l'unica con differenze pedologiche significative rispetto alle altre, con una maggiore capacità da parte del suolo di immagazzinare acqua e quindi una minore necessità di irrigazioni.

Oltre al IWUE, un ulteriore indicatore utile a valutare la gestione delle irrigazioni da parte delle aziende è il RIS (Relative Irrigation Supply) (Figura 4.17).

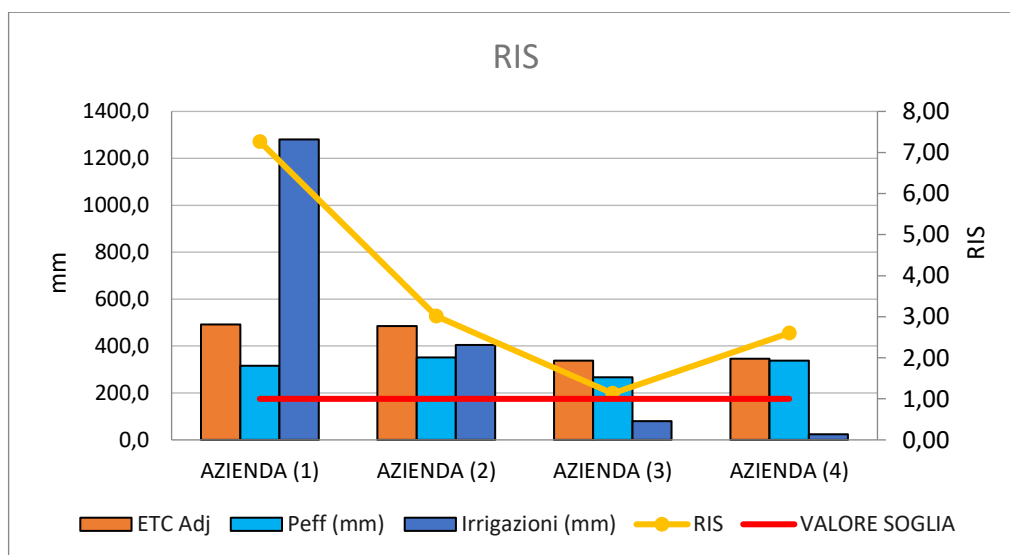


Figura 4.17: Valori dell'indicatore RIS (Relative Irrigation Supply) per le diverse aziende e confronto con il valore soglia.

Da quest'ultimo grafico si può intuire come una diversa gestione aziendale possa avere degli impatti differenti sull'ambiente, soprattutto per quanto riguarda la risorsa idrica. Secondo l'indicatore RIS, tutte le aziende hanno apportato più acqua del necessario ma l'azienda **(3)** si è dimostrata essere la più virtuosa, ponendo maggiore attenzione ai consumi e alle necessità idriche della coltura, comportando un minor spreco di acqua.

4.6 ANALISI DI CONFRONTO CON L'ANNATA MAIDICOLA 2022 NELL'AZIENDA (3)

Per l'azienda (3) è stato effettuato un bilancio idrico di confronto utilizzando il modello sviluppato per l'annata 2023 ma impiegando i dati climatici (temperatura e precipitazioni) dell'anno 2022, annata caratterizzata da alte temperature e con scarsissime precipitazioni. I volumi irrigui sono stati scelti in base alle condizioni climatiche per cercare di ottenere delle rese accettabili. Lo scopo è stato quello di verificare come annate con condizioni climatiche diverse richiedano volumi irrigui diversi e come questo possa influenzare la produttività. È stato anche valutato lo sviluppo di biomassa e le rese impiegando i dati storici dell'azienda.

4.6.1 ANDAMENTO AGROCLIMATICO NEL 2022

Le temperature e le precipitazioni sono state ricavate dalla stazione ARPAV di Vazzola – Tezze; l'andamento climatico della stagione maidicola 2022 è rappresentato dalla figura 4.18.

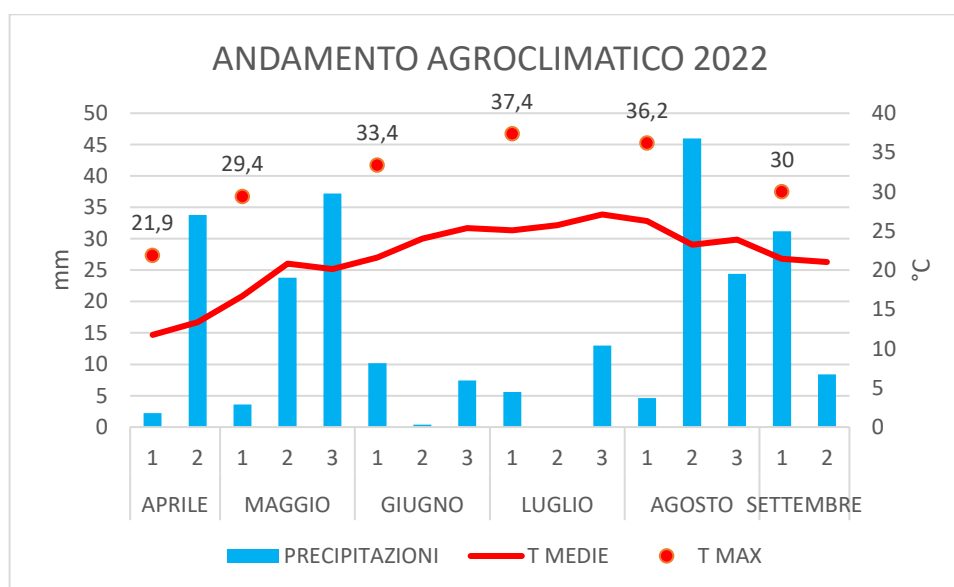


Figura 4.18: Andamento climatico stagione maidicola 2022 diviso per decadi.

La stagione maidicola è stata caratterizzata da temperature medie molto alte con picchi superiori a 37 °C che, unite alla carenza di piogge soprattutto durante i mesi estivi più caldi, hanno portato a condizioni di siccità.

Tabella 4.11: Confronto tra i dati agroclimatici dell'annata 2022 e dell'annata 2023 registrati dalla stazione ARPAV di Vazzola-Tezze.

	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	ANNO
PRECIPITAZIONI (MM)	36	64,6	18	18,6	75	39,6	2022
	16,4	152	77	121,6	85,2	14,8	2023
T MEDIE (°C)	12,6	19,2	23,7	26,0	24,5	21,2	2022
	11,5	17,7	22	24,2	23,9	21,2	2023
T MAX (°C)	21,9	29,4	33,4	37,4	36,2	30	2022
	22,2	29,3	32,10	34,8	36,4	30,5	2023

Nella Tabella 4.11 si può notare come le temperature registrate nell'annata 2022, sia medie che massime, siano state sempre superiori di circa 1 – 2 °C rispetto a quelle registrate nell'annata 2023; inoltre le alte temperature si sono mantenute costanti per un periodo maggiore di tempo, comportando così un maggiore stress per la coltura.

Le precipitazioni rilevate durante la stagione maidicola 2022 sono state inferiori rispetto a quelle registrate nel 2023, con differenze mensili anche di 103 mm nel mese di luglio; la somma delle precipitazioni registrate nel periodo di interesse 2022 è stata di 252 mm, mentre quelle registrate nel periodo 2023 sono state di 467 mm, con una differenza del 46% in meno.

4.6.2 SIMULAZIONE DEL BILANCIO IDRICO NEL 2022

Nella simulazione del bilancio idrico 2022 dell'azienda (3), i volumi irrigui sono stati scelti in base alle esigenze della coltura e con l'obiettivo di ottenere una resa finale soddisfacente; i dati sono riportati nella tabella 4.12.

Tabella 4.12: Simulazione del bilancio idrico dell' Azienda (3) nell'annata 2022 suddiviso per decadi.

MESE	DECADE	RFU* (mm)	RFU _{Th} (mm)	UMIDITA' DEL SUOLO (mm)	ETC _{Ad} (mm)	IRRIGAZIONI (mm)	P _{eff} (mm)	ks
APRILE	2	80,4	58,9	316,2	0,0	0,0	0,0	1,0
	3	80,4	58,9	316,2	0,0	0,0	12,2	1,0
MAGGIO	1	74,5	58,9	312,6	13,8	0,0	0,0	1,0
	2	64,8	58,9	286,4	36,4	0,0	14,8	1,0
	3	65,9	58,9	276,5	37,1	0,0	25,8	1,0
GIUGNO	1	57,7	51,9	240,3	52,9	0,0	0,6	1,0
	2	54,5	48,4	184,2	60,4	0,0	0,0	1,0
	3	54,9	49,0	124,3	59,3	0,0	0,2	1,0
LUGLIO	1	52,2	46,8	79,9	65,7	40,0	0,0	1,0
	2	53,0	47,5	51,7	55,0	40,0	0,0	0,9
	3	50,9	47,7	51,4	65,0	80,0	7,6	0,9
AGOSTO	1	62,7	58,1	43,6	37,5	30,0	0,0	0,9
	2	65,3	58,8	47,2	34,4	20,0	21,6	1,0
	3	64,5	58,9	24,1	21,1	0,0	0,0	0,6
SETTEMBRE	1	74,6	58,9	16,4	6,5	0,0	32,0	0,5
	2	75,1	58,9	22,1	5,1	0,0	0,0	0,7

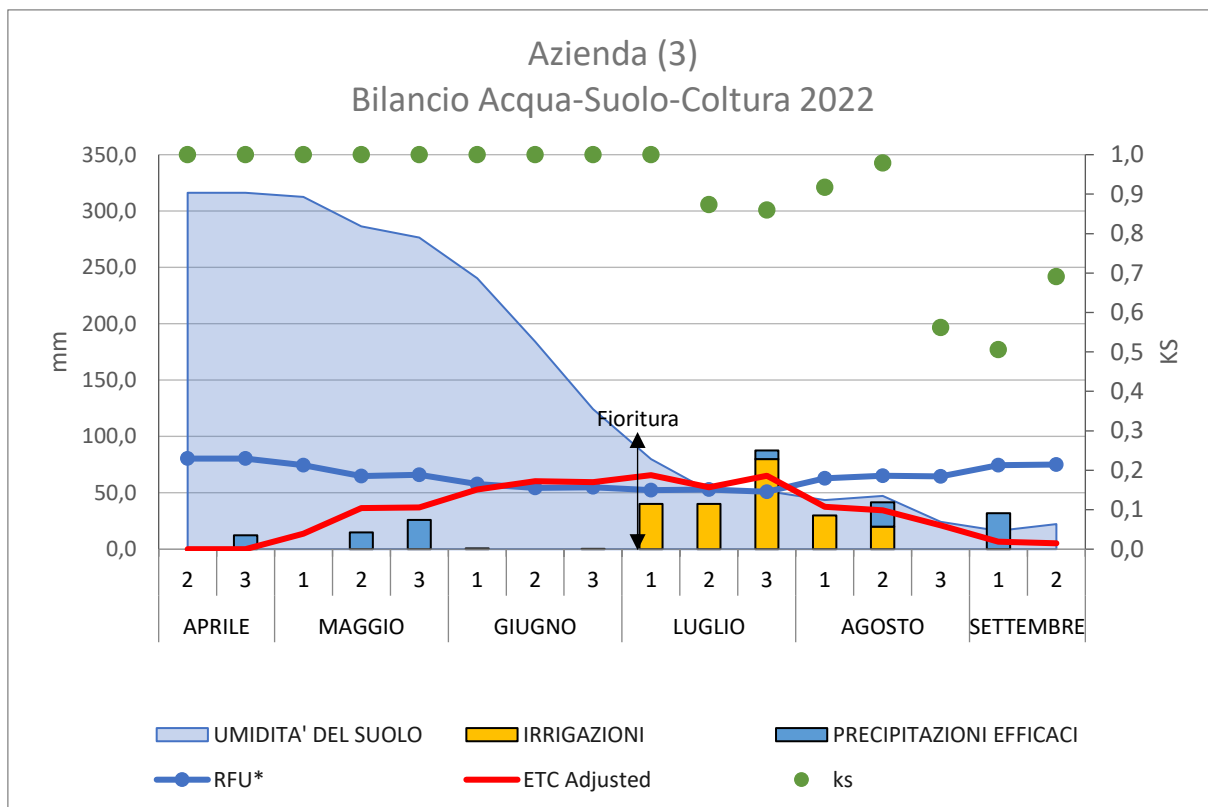


Figura 4.19: Simulazione del bilancio acqua-suolo-coltura dell'azienda (3) nell'annata 2022.

Nella simulazione effettuata l'andamento del ks risulta regolare fino alla seconda decade di agosto (Figura 4.19), durante la quale si è deciso volutamente di interrompere le irrigazioni poiché era stata raggiunta la maturità fisiologica. Il raggiungimento della suddetta maturazione avviene con la comparsa del black layer sulla cariosside a circa 60 giorni dalla fioritura. A fine stagione irrigua, per evitare stress eccessivi, sono stati apportati in totale 210 mm dal sistema di irrigazione, circa il 62% in più rispetto all'annata 2023. Il volume irriguo apportato è un valore teorico, che è stato scelto in base all'andamento stagionale e alle risorse idriche evidenziate dal bilancio idrico.

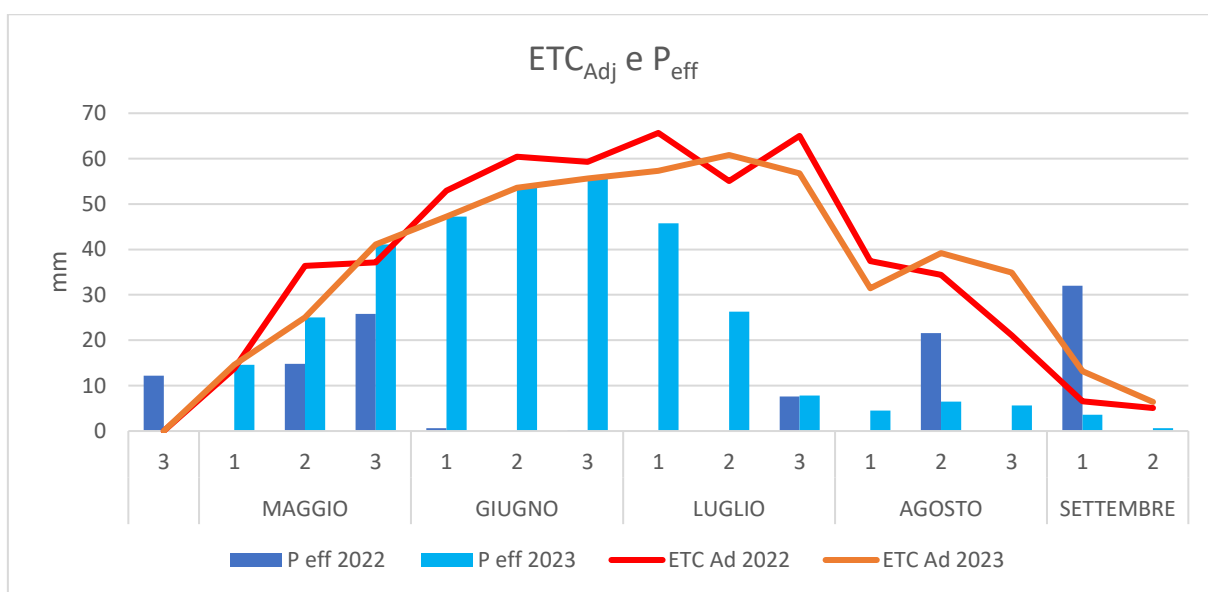


Figura 4.20: Confronto dei parametri ETC Adj e P eff per le annate 2022 e 2023.

Dalla figura 4.20 si nota come l'evapotraspirazione non presenti particolari differenze tra le due annate, con valori leggermente superiori per l'ETC_{Adj} del 2022 nel periodo di giugno e luglio. La vera differenza è nelle precipitazioni, quasi del tutto assenti a giugno e luglio 2022; questo dato unito all'evapotraspirazione, ha ovviamente richiesto un maggior apporto idrico tramite l'irrigazione.

4.6.3 CONFRONTO TRA LE RESE

Le rese ottenute nell'anno 2022 sono riportate nella tabella 4.13, con il relativo confronto con l'annata 2023; le rese sono state ricavate dai dati storici dell'azienda.

Tabella 4.13: Rese delle annate 2022 e 2023.

ANNO	2022	2023
RESA IRRIGUO (t/ha)	12,60	19,1
RESA NON IRRIGUO (t/ha)	10,55	13,45

Nell'annata 2022 le rese per l'appezzamento irrigato sono state inferiori del 34% rispetto a quelle ottenute nel 2023: le possibili cause sono le temperature molto alte e la siccità, che sicuramente hanno causato un calo di produzione, ma la principale causa è da ricercarsi in un evento atmosferico intenso, registrato alla fine di maggio, durante il quale sono stati registrati molti danni dovuti a raffiche di vento e grandine.

Le condizioni climatiche registrate nel 2022 hanno poi determinato una bassa differenza tra il campione irriguo e non irriguo (~ 16,3%) rispetto all'annata 2023, dove la differenza è stata di circa il 30%. Il calo produttivo può essere dovuto al parziale soddisfacimento irriguo, rendendo la produzione di granello non ottimale.

In generale le rese sono risultate comunque relativamente stabili negli ultimi quattro anni, registrando valori simili (Tabella 4.14).

Tabella 4.14: Rese del quadriennio 2020-2024.

ANNO	2020	2021	2022	2023
RESA (t/ha)	14,5	16	12,6	19,1

5. CONCLUSIONI

La prova ha valutato la gestione irrigua su mais in quattro appezzamenti nella provincia di Treviso all'interno del comprensorio del Consorzio di bonifica Piave. Lo scopo principale di questa prova è stato di analizzare in primis un sistema a goccia nella coltivazione del mais e in secondo luogo quello di osservare la diversa gestione del medesimo sistema irriguo, pur con caratteristiche d'impiantistica diverse, nell'utilizzo e consumo della risorsa idrica. L'impianto irriguo era della tipologia a manichetta, un'ala gocciolante leggera removibile a fine annata, criticata per il costo unitario a ettaro nella stesura delle linee e la sua sostenibilità nello smaltimento, ma nota per la sua alta efficienza.

Lo studio ha, dunque, evidenziato come, nonostante l'impianto in linea teorica sia molto efficiente, la gestione aziendale possa non essere del tutto ottimale e che l'acquisizione delle giuste competenze in materia da parte dell'agricoltore sia di fondamentale importanza per sfruttare al massimo tutte le risorse e le potenzialità del sistema. Per gestire nel modo più efficiente queste tipologie di impianti è necessario sia procedere correttamente nella stesura della linea gocciolante e sistemazione delle tubazioni al fine di ridurre perdite di carico e aumentare l'uniformità di distribuzione, sia utilizzare sistemi per il consiglio irriguo a supporto delle scelte aziendali nella gestione delle irrigazioni in relazione ai fabbisogni della coltura.

L'annata maidicola 2023 è stata caratterizzata da temperature stagionali mediamente nella norma con alcuni innalzamenti termici che però non hanno condizionato particolarmente lo sviluppo della coltura, mentre le precipitazioni omogeneamente distribuite durante tutta la stagione estiva hanno contenuto eventuali stress idrici.

I rilievi effettuati sulle erogazioni evidenziano come eccessivi apporti di acqua rispetto alle esigenze della coltura non comportano un maggior sviluppo di biomassa, né una resa maggiore, dimostrando, anzi, un maggior spreco di acqua, possibile causa di bassa efficienza per perdite legate al ruscellamento e/o percolazione.

Gli indicatori che analizzano la sostenibilità ambientale sono fondamentali per confrontare la gestione nei diversi appezzamenti: l'indicatore RIS (Relative Irrigation Supply) ha evidenziato come l'azienda **(1)** sia quella che ha apportato un maggior quantitativo di acqua rispetto alle altre aziende, ma anche alle esigenze colturali, con relative perdite per percolazione e/o ruscellamento stimate pari a 974,4 mm. Questo maggior apporto di acqua non si è tradotto né con maggiori rese, né con valori di CGR superiori rispetto alle altre aziende.

L'azienda **(4)** ha utilizzato meno acqua irrigua, merito anche della tipologia di terreno differente rispetto alle altre aziende, più pesante e con minor scheletro, e caratterizzato quindi da maggior capacità di trattenere l'acqua che ha permesso di sfruttare al massimo le precipitazioni cadute nella prima parte dell'estate.

L'azienda **(2)** ha effettuato un numero maggiore di irrigazioni rispetto all'azienda **(3)** e **(4)**, ma con volumi che variavano in base all'andamento climatico e questa gestione irrigua ha permesso un buon sviluppo della coltura. L'azienda **(3)** grazie alla sua attenta gestione irrigua è quella che ha ottenuto, nei campionamenti, i risultati migliori in termini di resa di granella rispetto alle altre aziende.

La tabella 5.1 riassume brevemente le aziende che hanno ottenuto i migliori risultati rapportati all'indice analizzato. Secondo l'analisi effettuata in questa tesi, l'azienda **(2)** è quella che ha presentato un impianto con le migliori caratteristiche per quanto attiene all'uniformità di distribuzione che si traduce indirettamente anche con un ottimo tasso di crescita CGR. L'azienda **(3)** ha ottenuto un'ottima

resa con un valore di RIS vicino al valore ottimale: questo ovviamente si traduce in una maggiore sostenibilità ambientale sotto l'aspetto irriguo.

Tabella 5.1: Resoconto indici nelle diverse aziende.

AZIENDE	INDICI ANALIZZATI						
	IWUE	RIS	CGR	HI	DU	CU	RESA
(1)							
(2)			✓		✓	✓	
(3)		✓		✓			✓
(4)	✓				/	/	

Il confronto con i dati agroclimatici dell'annata 2022 per l'azienda **(3)** ha evidenziato come questa tipologia di impianto sia in grado, grazie alla sua efficienza, di apportare modesti volumi irrigui anche in estati molto aride e garantire ugualmente delle buone rese.

Il sistema a goccia per l'irrigazione di colture estensive può essere quindi una scelta sostenibile da un punto di vista ambientale e anche efficiente per la produzione di colture estensive come il mais nei nostri ambienti, anche se è necessario valutare caso per caso, considerando le limitazioni di un impianto simile quali, ad esempio, la manodopera necessaria e i costi di impianto, che non sono stati affrontati in questa tesi. In futuro, quindi, servirà anche una valutazione economica per completare il confronto sulla piena sostenibilità.

6. BIBLIOGRAFIA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., & Raes, D. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.
- Capra A., & Scicolone B.. (2016). Progettazione e gestione degli impianti di irrigazione (Seconda Edizione).
- ARPAV (2016). Caratteri dell'ambiente e del territorio. Carta dei suoli della Regione Veneto: Capitolo 4.
- Barbi, A., Cola, G., Mariani, L., (2015). Inquadramento climatico del Veneto. Regione Veneto.
- Bellini G. (2014). 6° Censimento Generale dell'Agricoltura UTILIZZO DELLA RISORSA IDRICA A FINI IRRIGUI IN AGRICOLTURA. (Istat).
- Berti, A., Tardivo, G., Chiaudani, A., Rech, F., & Borin, M. (2014). Assessing reference evapotranspiration by the Hargreaves method in north-eastern Italy. *Agricultural Water Management*, 140, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.03.015>
- Borin M. 1999. Introduzione all'ecologia del sistema agricoltura. Cap. 4. Cleup, Padova.
- Borsato E., Marinello F., Bortolini L. et al., 2019. Environmental and Economic Sustainability Assessment for Two Different Sprinkler and A Drip Irrigation Systems: A Case Study on Maize Cropping. *Agriculture* 2019, 9, 187; doi:10.3390/agriculture9090187
- Bortolini L., 2022. Tecniche e impianti per l'irrigazione. Materiale didattico. Cleup, Padova.
- Darouich, H. M., Pedras, C. M. G., Gonçalves, J. M., & Pereira, L. S. (2014). Drip vs. surface irrigation: A comparison focussing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton. *Biosystems Engineering*, 122, 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.03.010>
- Krasna F. (2019). Water as the blue gold of earth among scarcity, water grabbing and insufficient awareness of the problem. *Bollettino della ASSOCIAZIONE ITALIANA di CARTOGRAFIA*. DOI: 10.13137/2282-572X/30600
- ISO 9261, 2004 (2010) Agricultural Irrigation Equipment—Emitters and Emitting Pipe—Specification and Test Methods. Austrian Standards Institute, Wien
- Morillo, J.G., Antonio, J., Díaz, R., Camacho, E., Montesinos, P., 2015. Linking water footprint accounting with irrigation management in high value crops. *J. Clean. Prod.* 87, 594–602. doi:10.1016/j.jclepro.2014.09.043
- Pereira, L. S. (2017). Water, agriculture and food: challenges and issues. *Water Resources Management*, 31(10), 2985-2999.

- Sequi P., Ciavatta C., Milano T. (2017). Fondamenti di chimica del suolo. Patron Editore, Bologna, 53-56.

Sitologia:

- www.arpa.veneto.it
- consorziopiave.it
- www.fao.org
- www.irritec.it
- www.netafim.it
- fitogest.imagelinenetwork.com
- www.corteva.it
- www.istat.it