

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie

Gestione della risorsa idrica negli uliveti durante siccità e ondate di calore: il caso di studio del 2022 in Veneto

Relatore: Prof. Paolo Tarolli

Correlatore: Dott. Straffelini Eugenio

Laureando: Giovanni Sartore

Matricola n. 2062695

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

Indice

Abstract.....	5
Introduzione.....	9
Le diverse tipologie d’irrigazione più utilizzate in Italia.....	10
1. L’irrigazione a scorrimento.....	11
2. Irrigazione ad aspersione.....	14
3. Irrigazione a goccia.....	17
La coltivazione dell’ulivo in Italia.....	18
Cambiamento climatico ed eventi atmosferici estremi.....	20
1. Focus sull’andamento climatico 2022 nel nord Italia.....	21
Tecniche di coltivazione dell’olivo.....	25
Diverse tipologie d’irrigazione utilizzabili negli oliveti.....	28
1. Prove d’irrigazione di soccorso a deficit in un oliveto superintensivo in Sicilia.....	28
2. Utilizzo dell’irrigazione negli oliveti in Trentino.....	32
3. L’utilizzo dei vasi in terracotta per l’irrigazione in zone aride.....	37
4. Effetti nell’implementazione dell’irrigazione negli olivi.....	41
Gestione legislativa delle acque in agricoltura in Italia.....	43
1. La tutela dell’acqua; “dalla protezione dall’acqua alla protezione dell’acqua”.....	44
2. Nuovi orizzonti per l’utilizzo della risorsa idrica in Italia.....	48
Gli oliveti del lago di Garda, una realtà di successo.....	49
1. Caratteristiche climatiche nella zona del Garda.....	50
2. Morfologia del territorio nel lago di Garda.....	51
Analisi dei fabbisogni idrici degli oliveti nel Veneto.....	53
1. Utilizzo di Google Earth Engine.....	54
2. Utilizzo di Google Earth Engine per scaricare i dati PET e delle precipitazioni 2022.....	56
3. Analisi dei dati con QGIS.....	61
4. Calcolo dell’ETc.....	63
5. Utilizzo dei dati CHIRPS delle precipitazioni.....	65
6. Risoluzione dei dati di Google Earth Engine.....	68
7. Focus della situazione idrica degli appezzamenti sui colli Euganei durante l’anno 2022.....	71
Limiti.....	74
Conclusioni.....	76

Bibliografia.....	80
Sitografia.....	82

Abstract

L'agricoltura moderna ha visto nel corso di questi ultimi anni un incremento di tecnologie a sua disposizione molto importante che le hanno permesso sempre di più di aumentare le proprie rese e la qualità dei prodotti coltivati.

La sfida più grande però rimane tutt'ora il cercare di adattarsi ad un clima che sta cambiando molto velocemente, dove gli eventi atmosferici straordinari stanno aumentando la loro frequenza anno dopo anno come, per esempio, i lunghi periodi di siccità o precipitazioni molto intense ma di breve durata, diventa quindi fondamentale per gli agricoltori poter contare su soluzioni innovative per la gestione delle proprie colture.

L'olivo viene coltivato in Italia da migliaia di anni e si è sempre adattato perfettamente al clima mediterraneo della nostra penisola, essendo una pianta dalle caratteristiche molto rustiche che sopporta i lunghi periodi estivi che tipicamente sono caratterizzati da mesi caldi e privi di precipitazioni, che solitamente si concentrano durante l'autunno e la primavera e permettono al territorio di stoccare la risorsa idrica grazie agli accumuli di neve e ghiaccio che si formano nelle alpi ed in alcune zone degli appennini, in particolare in Veneto questi depositi d'acqua naturalmente presenti nelle alpi hanno da sempre garantito uno stock d'acqua che veniva gradualmente rilasciato durante l'estate e che garantiva quindi l'approvvigionamento idrico della pianura padana ed in particolare ai campi coltivati presenti dove i contadini possono irrigare in diversi modi le proprie colture.

Gli uliveti invece essendo considerate piante resistenti alla siccità non hanno mai necessitato d'interventi d'irrigazione costanti negli anni anche se questa tipologia di coltivazione priva di input idrici da parte degli agricoltori sta riscontrando alcune problematiche produttive proprio a causa della mancanza d'acqua che porta le piante in stress andando a diminuire la produttività quantitativa e qualitativa dell'olio prodotto.

Lo scopo di questa tesi è rilevare, grazie all'utilizzo di Google Earth Engine, i dati d'evapotraspirazione e delle precipitazioni atmosferiche registratesi durante l'anno 2022, relative alle coltivazioni degli oliveti presenti in Veneto.

Come vedremo durante i diversi capitoli della tesi nel 2022 in Italia si è registrata un'estate particolarmente estrema con una diminuzione delle precipitazioni medie del 31% (Fonte ARPAV: <https://lc.cx/FDvCp8>), grazie all'analisi di questi dati satellitari siamo riusciti a definire il deficit idrico riscontrato dagli uliveti durante tutta la stagione 2022 analizzando quindi possibili sviluppi per una possibile irrigazione di soccorso considerando anche la possibilità d'eseguire dei bacini aziendali,

che permettano l'immagazzinato dell'acqua in eccesso durante i mesi d'abbondanza per poi riutilizzarla nei periodi di siccità.

L'utilizzo di dati satellitari di libero accesso, inoltre, dà la possibilità a molte persone di poter replicare i processi d'analisi eseguiti durante lo studio e riportarli ai propri appezzamenti ed eseguire uno studio più specifico della propria realtà aziendale non solo nell'ambito dell'olivicoltura ma anche in tutte le altre coltivazioni presenti nel territorio del Veneto.

Abstract

Modern agriculture has seen a very important increase in the technologies at its disposal in recent years, which have increasingly enabled it to increase its yields and the quality of the products cultivated.

The greatest challenge, however, is still trying to adapt to a climate that is changing very quickly, where extraordinary weather events are increasing their frequency year after year, such as long periods of drought or very intense but short-lived rainfall. It is therefore becoming essential for farmers to be able to count on innovative solutions for managing their crops.

The olive tree has been cultivated in Italy for thousands of years and has always adapted perfectly to the Mediterranean climate of our peninsula, being a plant with very rustic characteristics that withstands the long summer periods that are typically characterised by hot months without precipitation, which are usually concentrated during the autumn and spring and allow the territory to store water resources thanks to the accumulations of snow and ice that form in the Alps and in some areas of the Apennines, in the Veneto region in particular, these water deposits naturally present in the Alps have always guaranteed a stock of water that was gradually released during the summer and thus ensured the water supply to the Po Valley and in particular to the cultivated fields present where farmers can irrigate their crops in various ways.

Olive groves, on the other hand, are considered drought-resistant plants and have never required constant irrigation over the years, even though this type of cultivation, which does not require any water input from farmers, is experiencing some production problems to the lack of water, which causes the plants to become stressed and decreases the quantitative and qualitative productivity of the oil produced.

The aim of this thesis is to survey, through the use of Google Earth Engine, the evapotranspiration and atmospheric precipitation data recorded during the year 2022, relating to the cultivation of olive groves in Veneto.

As we will see throughout the various chapters of this thesis, in 2022 Italy experienced a particularly extreme summer with a 31% decrease in average rainfall (Source: ARPAV: <https://lc.cx/FDvCp8>). Thanks to the analysis of these satellite data, we were able to define the water deficit encountered by olive groves throughout the 2022 season, thus analysing possible developments for possible relief irrigation, also considering the possibility of executing reservoirs to store excess water during the months of abundance and then reuse it during periods of drought.

Moreover, the use of freely accessible satellite data gives many people the opportunity to replicate the analysis processes carried out during the study and bring them back to their own plots and carry

out a more specific study of their own farm reality not only in olive growing but also in all the other crops in the Veneto region.

1. Introduzione

In un mondo in continua evoluzione in cui la popolazione mondiale cresce sempre più velocemente è necessario riuscire a soddisfare le richieste alimentari delle persone senza però avere la possibilità di incrementare in ugual modo anche lo spazio su cui coltivare, anzi proprio quest'ultimo in questi anni sta affrontando un decremento considerevole sia per causa antropica, dovuta alla realizzazione di nuove infrastrutture ed abitazioni per la popolazione, solo in Italia il consumo di suolo nel 2022 è stato di 69,1 km² pari a circa 19 ettari al giorno di media (dati ISPRA), sia a causa dei cambiamenti climatici che si manifestano sempre più frequentemente in questi ultimi anni e spesso anche con forze ed energie sempre maggiori che causano danni anche consistenti in diverse aree del mondo, compresa l'Italia.

L'agricoltura, di conseguenza, nel corso degli anni si è evoluta sempre di più per cercare di seguire le richieste alimentari sempre maggiori della popolazione mondiale migliorando le tecniche di produzione per riuscire a produrre una quantità maggiore di prodotti primari in ugual superficie.

In questi ultimi anni però in Italia come in altre parti del mondo si stanno verificando sempre più frequentemente dei periodi siccitosi, in cui le precipitazioni sono molto scarse rispetto alle medie riscontrate negli anni precedenti, alternati poi a periodi o momenti molto piovosi che in pochi giorni o addirittura ore rilasciano la quantità d'acqua che normalmente cadeva nell'arco di 2-3 mesi creando dei fenomeni atmosferici molto violenti ed imprevedibili.

Queste situazioni sono spesso problematiche per il settore agricolo, in quanto le aziende si ritrovano a dover irrigare sempre più spesso colture che fino a qualche anno fa erano considerate non irrigue avendo a disposizione sempre meno risorse idriche, facendo così aumentare i costi di produzione e le incertezze nella produzione, ma prima d'iniziare a ragionare sulle difficoltà odierne è doveroso fare un' introduzione storica per quello che concerne l'irrigazione e di come questa ha cambiato l'agricoltura facendo aumentare le rese e soprattutto riuscendo a garantire dei raccolti omogenei nel corso degli anni.

La pratica dell'irrigazione nasce attorno alle valli del Tigri e dell'Eufrate dove le antiche civiltà riuscirono ad utilizzare le piene primaverili di questi fiumi per la produzione di beni alimentari, da questo momento in poi l'agricoltura cambiò notevolmente e di conseguenza anche le civiltà dell'epoca, in quanto l'utilizzo delle fonti idriche permise di aumentare le rese e garantire un approvvigionamento alimentare alle popolazioni e consentì quindi la realizzazione di grandi città collocate all'interno delle campagne coltivate, la struttura delle civiltà cambiò quindi da piccoli villaggi dispersi nel territorio a grandi città che avevano il potere e la forza di controllare i territori vicini fondamentali per la produzione di beni alimentari di cui le persone necessitavano.

Al giorno d'oggi invece l'irrigazione delle colture si può riunire in tre grandi categorie: l'irrigazione a scorrimento che risulta essere anche la prima tipologia utilizzata, a pioggia, o di precisione ed ognuna di queste tipologie presenta delle proprie caratteristiche e dei propri pregi o difetti che la contraddistinguono dalle altre assicurandone un utilizzo più adeguato o meno in alcune situazioni rispetto ad altre.

2. Le diverse tipologie d'irrigazione più utilizzate in Italia.

L'irrigazione in Italia è sempre stata parte fondante dell'agricoltura in quanto, principalmente nelle zone pianeggianti, per consentire un aumento delle rese e soprattutto garantire una costanza nella produzione si è dovuto studiare e realizzare una struttura che permettesse di garantire un approvvigionamento idrico sufficiente ad assicurare l'intervento nei campi di una possibile irrigazione di soccorso nel caso in cui le coltivazioni, principalmente estive, lo richiedessero per evitare perdite di produzione causate da un eventuale stress idrico.

In Italia la superficie agraria irrigata è pari a 2.418.920 ettari, secondo il censimento agricolo del 2010 (*dati ISTAT 2010*), e di questi il 72% circa si trova in pianura (1.754.738 ettari), il 21% in collina (519.982 ettari) ed il restante 7% si trova in montagna (144.199 ettari), questo ci mostra, com'era d'altronde prevedibile, che la maggior parte delle superfici irrigabili si trovano in aree pianeggianti, questo è dovuto alla maggiore facilità di coltivazione di questi terreni rispetto a quelli pendenti ma anche perché risulta essere molto più semplice la costruzione di infrastrutture atte a portare l'acqua nei vari campi se non si devono affrontare dislivelli considerevoli, ma sfruttando semplicemente la naturale pendenza del territorio.

Le tecniche d'irrigazione si sono evolute costantemente nel corso del tempo fino ad arrivare ai giorni nostri in cui possiamo distinguere tre grandi categorie d'irrigazione:

1. Irrigazione a scorrimento, è la forma più antica e più economica di irrigazione e consiste essenzialmente nell'allagare i campi coltivati in modo tale che l'acqua scorrendo vada a reidratare il terreno riportandolo alla massima capacità di ritenzione idrica.
2. Irrigazione a pioggia, una delle tipologie più diffuse al giorno d'oggi soprattutto per le coltivazioni estensive di cereali, con questo sistema si va a simulare una precipitazione atmosferica a tutti gli effetti in cui è possibile decidere la quantità d'acqua espressa come mm per metro quadrato (mm/ m²).
3. Irrigazione a goccia, che consiste in un sistema di tubazioni con diametro solitamente ridotto che hanno dei gocciolatoi saldati termicamente al tubo o fissati con degli incastrici particolari, questa tipologia viene utilizzata principalmente in impianti pluriennali come vigneti o frutteti in cui il costo iniziale per la sua realizzazione possa essere distribuito in diversi anni

d'utilizzazione, in questi ultimi anni però viene utilizzato anche in colture con ciclo annuale come cereali o orticole, questo grazie all'ottima efficienza idrica di questi sistemi.

2.1. L'irrigazione a scorrimento

L'irrigazione a scorrimento è una delle tecniche d'irrigazione più antiche e diffuse al mondo grazie alla sua facilità d'utilizzo; l'irrigazione avviene tramite l'immissione di acqua all'interno di un campo coltivato che lentamente scorre lungo i filari della coltura fino ad arrivare al lato opposto del campo. Per consentire che questo scorrimento sia costante durante il periodo irrigazione è necessario eseguire alcune preparazioni tecniche al terreno che si differenziano anche in base alla struttura dello stesso, infatti per permettere all'acqua di mantenere una velocità d'avanzamento costante nel tempo il campo dovrà avere una pendenza regolare per tutta la sua lunghezza, normalmente viene consigliata una pendenza dello 0,05-0,1% che può variare a seconda della tipologia del terreno (dati dell'informatore agrario edizione 12/2023):

- nel caso di suoli grossolani (sabbiosi) la pendenza consigliata varia da 0,25% a 0,6%
- in quelli con una struttura franca invece si varia da uno 0,2% ad uno 0,4%
- per i terreni argillosi si passa ad una pendenza più lieve che può variare dallo 0,05% al 0,2%.

L'inclinazione dei campi coltivati risulta quindi essere fondamentale principalmente per due aspetti, innanzitutto perché nel caso in cui questa sia troppo accentuata potrebbero verificarsi problematiche relative all'erosione dei terreni irrigati con una conseguente perdita di suolo che andrà poi successivamente a riempire quelli che sono i canali di scolo dell'acqua in eccesso andando ad innalzare il livello del fondo e diminuendone la portata, rendendo quindi necessaria una manutenzione straordinaria degli stessi per garantirne un funzionamento corretto.

La seconda motivazione riguarda invece il consumo dell'acqua necessario per garantire un'irrigazione uniforme, infatti com'è ragionevole pensare la superficie posta più vicino alle bocchette d'ingresso o alla macchina operatrice incaricata di trasferire la risorsa idrica dal canale al campo coltivato riceverà una quantità superiore d'acqua in quanto tutto il volume necessario per l'irrigazione passerà inevitabilmente prima in quella posizione per poi defluire per tutta la lunghezza disponibile, di conseguenza si avrà un'infiltrazione maggiore che porterà l'acqua anche negli strati del terreno più profondi non interessati dalle radici della coltura, andando così a perdere parte della risorsa idrica per percolazione negli strati più profondi (come si può notare nella figura 1 sottostante).

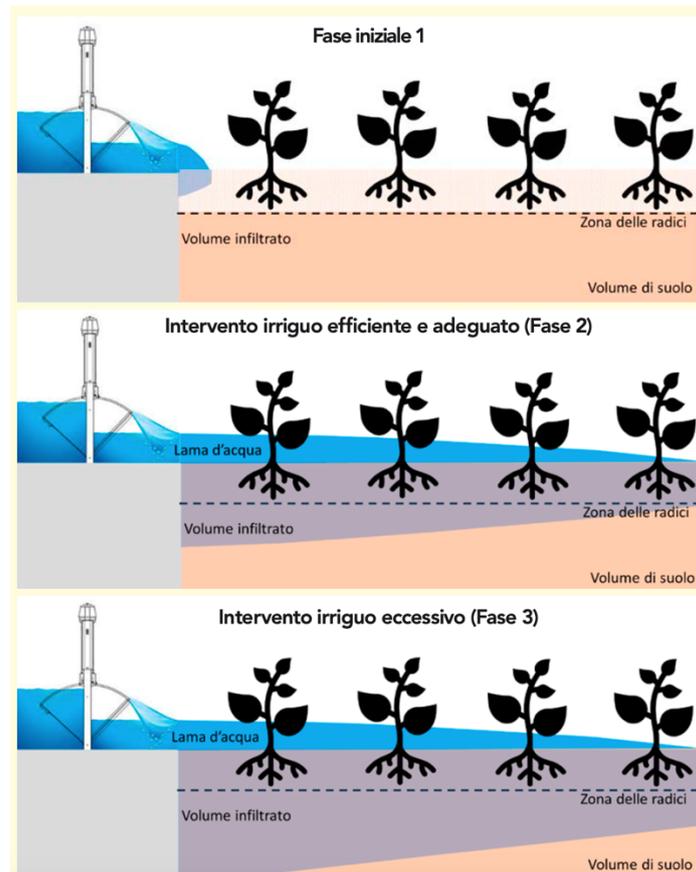


Figura 1: schema che mostra l'infiltrazione dell'acqua all'interno del terreno mostrando l'infiltrazione in più. (immagine dell'informatore agrario 12/2023 a cura di D. Masseroni, F. Gangi, C. Gandolfi, C. Costanzo, P. Constabile).

Risulta quindi fondamentale una giusta inclinazione dei terreni per portare al minimo le perdite d'acqua e di suolo causate, inevitabilmente, da questa tipologia d'irrigazione.

Un altro aspetto fondamentale da tenere in considerazione durante la sistemazione dei terreni agricoli nel caso in cui si vogliano predisporre per questa tipologia d'irrigazione riguarda la larghezza e la lunghezza dell'appezzamento infatti a volte può essere preferibile ridurre le dimensioni per agevolare lo scorrimento dell'acqua in tempi più veloci e questo comporta ad una netta diminuzione dei tempi d'adacquamento delle varie colture ma anche, nel caso si utilizzino mezzi motorizzati il risparmio di carburante e il conseguente costo di esso.

Risulta quindi necessario ottimizzare al il dimensionamento dei campi per consentirne una gestione ottimale e semplice, ovviamente prendendo in considerazione le dimensione geometriche del terreno e che spesso sono proprio quest'ultime a determinare effettivamente la larghezza e lunghezza dei vari appezzamenti, in ogni caso nell'articolo (*Informatore Agrario 12/2023 a cura di D. Masseroni, F. Gangi, C. Gandolfi, C. Costanzo, P. Constabile, pg 2-6*) vengono consigliate delle larghezze standard che permettono di ottimizzare i tempi e la quantità d'acqua utilizzata, che comunque però risulta essere molto elevata, in particolare per quanto concerne la larghezza viene consigliato di rimanere

all'interno di un range di 3 m fino ad un massimo di 30 m per quanto riguarda invece la lunghezza, questa è molto dipendente dalle capacità drenanti del terreno e si consiglia una lunghezza variabile di 100 m per terreni con buone capacità drenanti fino ad un massimo di 400 metri per appezzamenti con una ridotta attitudine ad assorbire velocemente l'acqua; naturalmente questi sono dei parametri molto variabili in base alla forma dei campi e dalla disponibilità d'acqua (espressi come L/s, litri al secondo). Queste misure inoltre corrispondono con le misure standard riscontrate in Lombardia, Italia in una delle zone in cui viene più utilizzata questa tipologia d'irrigazione dove inoltre per ottimizzare e condurre il flusso d'acqua vengono costruite alcune strutture chiamate "arginelli" che consistono in piccoli argini posti all'interno di un appezzamento ad una determinata larghezza che permettono di circo scrivere lo scorrimento dell'acqua permettendo di creare dei piccoli sotto campi d'irrigazione per ottimizzare l'irrigazione.

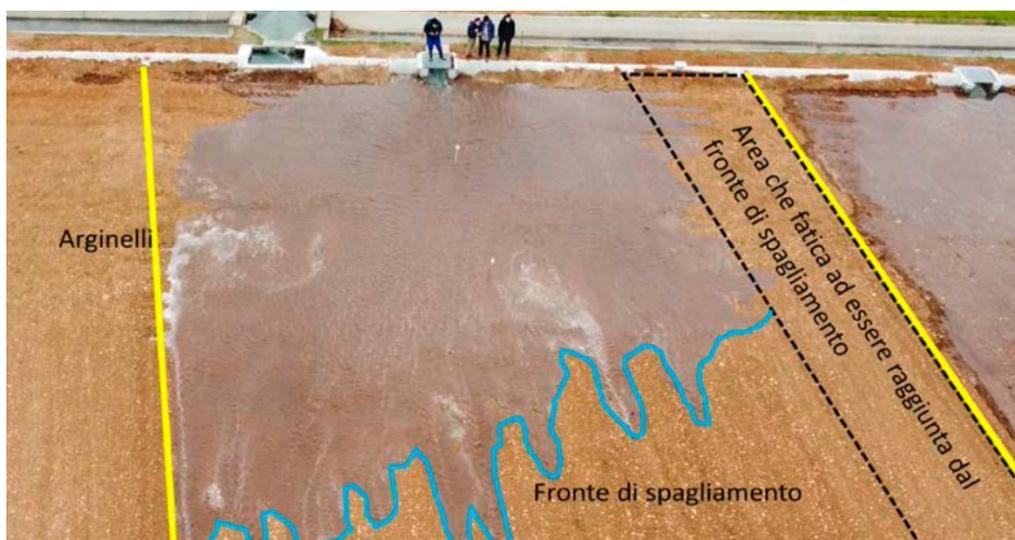


Figura 2: immagine di un campo in cui è in atto l'irrigazione, si possono notare gli arginelli delineati con il colore giallo e il fronte di spagliamento dell'acqua con il colore azzurro. In particolare, questa foto è stata scattata alcuni minuti dopo l'apertura della diga d'immissione dell'acqua, si può notare come in un campo ben predisposto in poco tempo l'acqua riesca a scorrere velocemente. (immagine dell'informatore agrario 12/2023 a cura di D. Masseroni, F. Gangi, C. Gandolfi, C. Costanzo, P. Constabile, pg 2-6).

L'irrigazione a scorrimento come descritto precedentemente è un metodo complessivamente semplice ma allo stesso tempo richiede un'ampia conoscenza dei territori in cui si andrà ad operare per conoscere al meglio i tempi con cui l'acqua farà il suo percorso dall'inizio alla fine, in particolare per riuscire ad ottimizzare il lavoro bisognerebbe interrompere il flusso quando 80-85% della superficie risulta essere coperta dall'acqua, questo perché l'acqua presente sarà già sufficiente per terminare di sommergere anche la restante porzione di terreno. Per eseguire al meglio queste operazioni è possibile

servirsi di alcuni sistemi tecnologici che si possono installare nel campo: questi sensori sono in grado di misurare lo stato idrico del suolo e quindi riescono a monitorare i tempi d'arrivo dell'acqua a fine campo, l'utilizzo di questi sensori unito ad una centralina collegata alla diga di approvvigionamento idrico del terreno riescono a gestire in maniera autonoma l'apertura e la chiusura delle paratie per ottimizzare ancora meglio l'utilizzo dell'acqua e di tenere un "diario" digitale delle varie irrigazioni e dei volumi utilizzati creando dei registri aziendali che possono dare informazioni essenziali ai vari consorzi incaricati nella gestione e suddivisione dell'acqua nelle varie aziende del territorio, dati che soprattutto in questi ultimi anni di scarsità idrica possono risultare fondamentali.

2.2. Irrigazione ad aspersione

Con il termine irrigazione ad aspersione o a pioggia si fa riferimento ad una tecnica irrigua che va a simulare le classiche precipitazioni atmosferiche, proprio per questo motivo infatti spesso viene chiamata anche irrigazione a pioggia, consiste quindi nel distribuire nei terreni coltivati l'acqua sotto forma di piccole goccioline che vanno a bagnare in modo uniforme tutta la superficie interessata eseguendo quindi un'irrigazione di soccorso per le colture sottostanti.

Questa tecnica irrigua inoltre permette di avere un'efficienza d'utilizzo dell'acqua maggiore rispetto all'irrigazione a scorrimento; infatti, si arriva fino ad un rendimento del 70-80% dell'acqua utilizzata contro un massimo del 50% riscontrato nell'irrigazione a scorrimento (*dati allegato 2 delibera 141.2016, Emilia-Romagna*).

L'applicazione di questa tecnica irrigua si basa, a differenza di quella a scorrimento, sull'utilizzo di acqua pressurizzata che verrà successivamente "lanciata" nel campo coltivato, per questo motivo è necessario avere a disposizione in anzi tutto una fonte d'acqua che può essere fornita tramite un fosso consortile o un pozzo posto in vicinanza dei terreni da irrigare, questo perché maggiore sarà la distanza dalla fonte d'acqua al punto in cui questa dovrà fuoriuscire maggiore dovrà essere anche la forza e l'energia necessaria per permettere ad essa di arrivare a destinazione, perché si avranno delle perdite di carico causate dall'attrito dell'acqua con le tubazioni che ovviamente aumentano con l'aumentare della lunghezza del percorso.

Il secondo organismo fondamentale in un impianto di questo tipo risulta essere proprio il sistema di pompaggio e i sistemi di tubi che porteranno l'acqua fino al getto che successivamente provvederà alla sua distribuzione in modo omogeneo sul terreno.

Nella progettazione di questi sistemi bisognerà tenere in considerazione alcuni fattori che possono influire sulla distribuzione dell'acqua nel terreno, in primo luogo è necessario che l'irrigatore durante il suo funzionamento abbia una pressione costante sia quando si trova alla massima distanza rispetto

al punto d'approvvigionamento dell'acqua, sia quando invece sarà più vicino, questo è fondamentale per distribuire con buona precisione la quantità d'acqua stabilita alla distanza determinata.

Per ovviare quindi alle problematiche relative alla differenza di pressione a monte e a valle viene inserita una valvola di controllo della pressione per mantenerla costante questo anche per evitare il presentarsi di zone non interessate dal getto. In secondo lungo questa tipologia di distribuzione dell'acqua tramite la sua rottura in piccole gocce lo rende molto sensibile al vento che potrebbe spostare la traiettoria ottimale delle goccioline d'acqua facendole ricadere in zone indesiderate e causando quindi l'inefficienza dell'irrigazione.

Ad oggi esistono diverse tipologie d'impianti per la distribuzione dell'acqua tramite aspersione e si possono divider principalmente in due grandi categorie:

Gli impianti che richiedono un impiego di manodopera medio-elevato, ossia uno spostamento dell'attrezzatura una volta che si è concluso il periodo d'adattamento, questi possono essere i classici rotoloni, delle pompe installate direttamente su una macchina operatrice oppure, una soluzione più vecchia, ma comunque funzionale, impianti composti da tubazioni in alluminio che vanno posizionate lungo il terreno e ad una distanza predefinita possiedono un aggancio per un irrigatore, questi solitamente sono soluzioni più economiche ma che se ben gestiti permettono comunque di eseguire un'ottima irrigazione.

Questa tipologia risulta essere anche quella più utilizzata in Italia, soprattutto in Veneto in quanto la presenza di appezzamenti medio-piccoli la rendono la scelta migliore per gli agricoltori, in più se si considerano i sistemi con rotolone essendo montati al di sopra di un carrello che può circolare per strada risultano essere molto comodi anche per gli spostamenti tra un terreno e l'altro.



Figura 3: esempio di rotolone utilizzato per l'irrigazione dei terreni, in quanto caso si tratta del modello VIR8AM di Ocmis di un gruppo con motore e pompa già inclusi nel carrello. (fonte immagine: sito web Ocmis: <https://www.ocmis-irrigazione.it/en/hose-reels/vir8am>)

Nella seconda tipologia inseriamo invece tutti quei macchinari che richiedono una bassa disponibilità di manodopera, consistono in strutture di dimensioni elevate che coprono la larghezza dei terreni e si muovono autonomamente lungo la lunghezza di quest'ultimi distribuendo omogeneamente l'acqua, solitamente questi impianti vengono definiti con il nome di Pivot o Rainger che hanno delle caratteristiche progettuali simili ma la differenza maggiore risiede nella tipologia di movimentazione. Per quanto riguarda i Pivot sono composti da delle ali fissate tra loro che confluiscono in una torretta centrale a cui arriva l'acqua necessaria per l'irrigazione e tutto il sistema si muove creando un cerchio interno a se con diametro la somma della lunghezza delle campate.

La problematica maggiore di questo sistema risiede proprio nella capacità di irrigare zone di forma circolari che sono poco presenti nei nostri territori in quanto hanno principalmente forme con angoli retti come per esempio rettangoli.

I Rainger invece sono sempre impianti costituiti da ali con dei gocciolatoi posti ad una determinata distanza, però sono caratterizzati da un movimento lineare e non circolare il che li permette di adattarsi meglio alle caratteristiche degli appezzamenti presenti in pianura Padana, in generale questi sono impianti fissi studiati appositamente per una determinata superficie e risultano essere molto più costosi rispetto a quelli sopraccitati ma permettono una quasi assenza di manodopera durante il loro funzionamento.



Figura 4-5: esempi di due sistemi fissi per irrigazione, sulla sinistra un sistema Rainger e sulla destra un sistema Pivot (fonte immagini: sito web irrigazione veneta: <https://www.irrigazioneveneta.com/impianti/#pivot>).

2. 3. Irrigazione a goccia

L'irrigazione a goccia per come viene concettualmente concepita attualmente è una tecnica irrigua di più recente introduzione, anche se veniva già utilizzato anticamente un sistema simile che si basa sulla somministrazione dell'acqua in zone localizzate tramite l'utilizzo di vasi in argilla che venivano periodicamente riempiti d'acqua e questa riusciva a diffondersi lentamente nel terreno adiacente e permettere alle piante di avere a disposizione un umidità costante che ne garantiva la sopravvivenza durante i periodi più siccitosi questo metodo era ed è ancora oggi utilizzato in alcune zone della Turchia negli impianti di alberi da frutto.

Attualmente grazie al progresso tecnologico tramite l'utilizzo di tubazioni e condotte che possono essere sotterranee nel caso di impianti dalla durata di più anni, oppure superficiali per quanto riguarda le colture annuali, è possibile trasportare l'acqua nella vicinanza delle radici tramite l'utilizzo di gocciolatori o manichette gocciolanti che permettono la fuoriuscita dell'acqua una goccia alla volta garantendo quindi un'efficienza teorica di quest'ultima pari all'90% anche se solitamente a livello pratico si attesta al 84%, rendendo comunque questi sistemi tra i più efficienti rispetto a quelli elencati sopra (*Ricerca e sviluppo di tecnologie per la gestione razionale dell'acqua irrigua, Martello Marco 2013*).

Un'altra caratteristica che contraddistingue questi sistemi irrigui riguarda la possibilità di fornire una fertilizzazione localizzata tramite appunto l'utilizzo delle manichette gocciolanti che trovandosi a stretto contatto con le radici delle piante risultano essere particolarmente efficienti nella distribuzione localizzata dei nutrienti necessari alle piante per completare il loro ciclo biologico, questi sistemi permettono un'efficienza d'utilizzo dei fertilizzanti elevata, anche se il loro punto di forza maggiore risulta essere la possibilità di distinguere la fertilizzazione in modo tale da eseguire un intervento mirato per ogni filare presente nell'apezzamento.

Degli altri vantaggi che sono da tenere in considerazione nella scelta di questa tipologia d'impianto riguardano la bassa pressione d'esercizio che rende quindi più semplice e meno costoso il loro utilizzo (minore energia necessaria per la pressurizzazione dell'impianto) e di investimento iniziale in quanto si possono usare materiali plastici a bassa densità e di costo minore, inoltre nelle coltivazioni irrigate con manichetta si è notato un minore sviluppo di malerbe e una maggiore salubrità delle colture dovute all'utilizzo di un'irrigazione localizzata (L. Incrocci, E. Riccò, 2004).

La parte più a sfavorevole di questa tipologia d'impianti risulta essere sicuramente il costo per la realizzazione completa e la manutenzione che va eseguita in modo costante nel tempo per permettere una durata elevata dell'impianto; per quanto riguarda invece i sistemi annuali il costo maggiore rimane sicuramente l'acquisto dei materiali anche se va tenuto in considerazione anche la manodopera necessaria per posizionare e successivamente raccogliere le ali gocciolanti stagionali dopo la raccolta

del prodotto; infine per l'utilizzo di questi sistemi irrigui è fondamentale valutare la qualità dell'acqua, in particolare la quantità di particelle estranee che ci possono essere al suo interno, questo perché una filtrazione non adeguata delle impurità può provocare l'ostruzione dei gocciolatori che garantiscono la fuoriuscita costante dell'acqua rendendo così inutilizzabile l'impianto stesso.

A tale proposito ogni costruttore stabilisce un livello di filtrazione necessario che solitamente può variare da 50 a 120 mesh, questi sistemi di filtraggio possono essere molto costosi da installare ma risultano essenziali per un corretto funzionamento del sistema va inoltre considerato anche che il costo si distribuisce in un arco di tempo lungo in quanto questi impianti non hanno una durata annuale ma con la dovuta manutenzione possono continuare a svolgere la loro attività per diversi anni.



Figura 6-7: Sulla sinistra (figura 6) si può vedere un impianto di filtrazione e pompaggio utilizzato in impianti di micro-irrigazione a goccia; nella destra invece è raffigurato un impianto di irrigazione a goccia su un vigneto, si può notare come le gocce d'acqua cadano vicino alle piante creando degli aloni in prossimità delle radici (immagini illustrative, fonte: web)

3. La coltivazione dell'ulivo in Italia

L'ulivo fa parte, da sempre, di una delle specie di piante arboree negli areali che si affacciano sul mediterraneo. Tra i vari paesi che vantano di una antica tradizione nella coltivazione di questa specie troviamo l'Italia, in cui l'olivo viene coltivato, o comunque riconosciuto come pianta utile alla produzione d'olio, sin dall'epoca romana in cui troviamo tracce in diversi scritti di antichi agronomi che ne descrivono le varie fasi fenologiche che attraversano le piante durante l'anno dalla primavera fino alla raccolta in autunno e successiva torchiatura per estrarre il prezioso olio che veniva usato principalmente per condire i diversi piatti durante i pranzi.

La coltivazione dell'olivo in Italia si estende da nord a sud e caratterizza l'aspetto paesaggistico della penisola creando dei paesaggi unici nelle diverse regioni che spesso sono tutelati da norme paesaggistiche che puntano a mantenere la loro bellezza inalterata nel tempo; grazie alla loro

coltivazione viene prodotto inevitabilmente anche l'olio che è sempre più richiesto in Europa e all'estero grazie alle molte certificazioni di qualità ottenute da quest'ultimo.

Come nel resto d'Italia anche nel Veneto si è sviluppata la coltivazione dell'olivo soprattutto nelle zone collinari dove il clima leggermente meno afoso rende più adatto il territorio per la loro crescita, in particolare questo tipo di coltivazione si è sviluppata molto nelle zone in provincia di Padova, nei colli Euganei e lungo le coste a confine del lago di Garda in provincia di Verona che grazie all'influenza di quest'ultimo sul clima dell'area prende vita un ottimo areale per la coltivazione di questa pianta, coltivazione che si estende anche nelle regioni vicine come la Lombardia ed il Trentino Alto Adige; non vanno inoltre dimenticati altri areali come Bassano e la pedemontana del Grappa in cui si è sviluppato questo tipo di piantagione che anche se meno importante come superficie risulta essere rilevante per la qualità del prodotto finale che ha ricevuto nel corso del tempo diverse certificazioni riuscendosi a diversificarsi dalle altre tipologie di prodotti.

La pianta dell'ulivo si è sempre adattata a sopravvivere anche con una disponibilità d'acqua ridotta e in territori spesso marginali che offrono alle coltivazioni una bassa possibilità di sviluppo per le altre specie, infatti proprio per questo motivo spesso si possono notare nelle zone collinari in Italia ma anche in Grecia grandi coltivazioni in territori brulli e difficili da raggiungere ma grazie ai terrazzamenti costruiti nel tempo da parte degli agricoltori si è riuscito a sfruttare anche tutte queste zone inutilizzate.

Di conseguenza però la coltivazione in questi territorio riguarda sicuramente una minore redditività delle piante in termini produttivi ed economici e una maggiore alternanza delle produzioni dovuta proprio alle differenze di precipitazioni che si presentano durante l'anno, infatti a causa della costituzione del suolo presente nelle zone più aride le piante non riescono a creare un apparato radicale profondo ed esteso che potrebbe permettergli di sopravvivere meglio ai lunghi periodi secchi durante l'estate che sono tipici del clima mediterraneo ponendo un limite al loro sviluppo in condizioni di medie al di sotto dei 350 mm di acqua per anno.

In questi ultimi anni il cambiamento climatico si sta accentuando sempre di più e questo, di conseguenza, comporta una maggiore difficoltà nella gestione delle coltivazioni che non si sta evolvendo di pari passo con il cambiamento climatico.

A soffrirne maggiormente sono le piante più antiche, che durante la loro vita sono cresciute e si sono adattate al microclima della determinata area geografica in cui venivano coltivate creando una vera e propria sinergia con il territorio.

In quest'ultimo periodo, soprattutto durante il 2022, sono state messe a dura prova a causa di un'annata che ha visto ridursi notevolmente la quantità di precipitazioni non solo estive ma anche invernali che risultano essere di fondamentale importanza per le coltivazioni presenti in Veneto.

Infatti quest'ultime permettono di riportare il livello delle falde ad una altezza ottimale, e di ristabilire gli accumuli nevosi che hanno la funzione di “trattenere” l'acqua sotto forma di neve e ghiaccio per poi rilasciarla in primavera e in estate garantendo alle pianure sottostanti la possibilità, se necessario, di irrigare le coltivazioni più estensive ma anche gli uliveti che, sempre più, nel periodo estivo sono in difficoltà a causa di una riduzione delle precipitazioni sempre più marcata.

4. Cambiamento climatico ed eventi atmosferici estremi

In questi ultimi anni il clima a livello mondiale è cambiato e sta cambiando sempre più velocemente, e questo lo possiamo notare anche noi in quanto gli eventi atmosferici estremi come piogge di breve durata ma di forte intensità, grandinate sempre più violente ed estati e inverni sempre più caldi ormai si verificano sempre più frequentemente, basti considerare che la quantità d'eventi atmosferici considerati estremi verificatosi in Italia nel 2023 è aumentata del 22% rispetto all'anno precedente con in media più di un evento eccezionale verificatosi al giorno, infatti secondo i dati di Legambiente se ne sono verificati più di 378 che se vengono distribuiti nel corso dei giorni dell'anno risultano una media di 1,03 eventi per giorno, un dato che fa molto riflettere se si considera che potenzialmente solamente in Italia si verifica quindi un evento atmosferico estremo al giorno (*fonte Legambiente articolo 28 Dicembre 2023, Stefano Ciafani*).

Un evento atmosferico per essere definito estremo deve rispondere a determinate caratteristiche che sono state definite dall'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) del CLIVAR Working Group on Climate Change Detection ossia la Commissione per la Climatologia dell'organizzazione Meteorologica Mondiale, i quali hanno definito quindi 27 indici climatici come la temperatura, con i suoi picchi massimi e minimi, o come le precipitazioni controllate in termini di frequenza, intensità, durata, che vengono quindi analizzate e confrontate tramite indagini statistiche con la media degli anni precedenti e quando si discostano molto essa viene definito quindi come evento atmosferico estremo, questa analisi e confronto risulta essere molto importante per riuscire a confrontare questa tipologia d'eventi in più parti del mondo e verificarne se il cambiamento del clima trova quindi delle similitudini anche in zone geograficamente distanti tra loro.

Gli eventi estremi quindi si stanno verificando sempre di più in questi ultimi anni e sono correlati ai cambiamenti climatici che il nostro pianeta sta vivendo più intensamente a causa di quello che viene definito come riscaldamento climatico che nell'ultimo secolo è aumentato, in alcune zone, di +3°C determinando squilibri a quello che è il delicato ecosistema terrestre, com'è successo e sta succedendo anche in Italia in modo continuo e costante e che si è verificato chiaramente durante l'estate 2022.

4.1. Focus sull'andamento climatico 2022 nel nord Italia

Il 2022 è stato un anno che, come visto precedentemente, ha messo in difficoltà l'agricoltura del nord Italia a causa della prolungata siccità e anche per le sue temperature superiori alla media con, in alcuni casi, il sorpasso dei precedenti record di temperatura massima mai registrati in alcune città italiane, per aiutarci a comprendere meglio quello che si è verificato però possiamo prendere in esame i dati meteorologici di quell'anno e confrontarli con le medie di periodi più lunghi.

Le temperature medie della terra com'è dimostrato da diversi anni stanno continuando ad aumentare, così anche in Italia si sta verificando questo fenomeno, infatti il 2022 si posiziona tra il quarto ed il sesto posto come annata più calda rispetto a tutte quelle misurate precedentemente anche se al primo posto rimane fisso il 2016 come l'anno in cui si sono verificate le temperature maggiori di sempre (dati della National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA); va però tenuto in considerazione comunque che per ritrovare nei database, degli eventi estremi simili a quelli vissuti in questi ultimi anni, bisogna tornare indietro nel tempo di ben 14 anni ossia nel 2008.

Queste anomalie si visualizzano ancor più facilmente se si comparano i dati odierni con quelli registrati molto tempo fa infatti come si può notare nella mappa sottostante vengono paragonate le temperature medie misurate durante il mese di dicembre'22 rispetto al periodo tra il 1911 e il 2020 e si può evidenziare come soprattutto nella zona del sud-centro Italia si sia verificato un aumento medio di circa $+2,5^{\circ}\text{C}$ che può raggiungere anche i $+3,2^{\circ}\text{C}$ in alcune zone il che determina purtroppo un continuo ed inevitabile aumento della temperatura media non solo in Italia ed in Europa ma situazioni simili si verificano in tutto il mondo, anche se ormai il superamento dei record legati alle temperature massime raggiunte nelle varie città non fa più scalpore in quanto sempre più spesso, se non quasi ogni anno/estate quest'ultimi vengono infranti e superati.

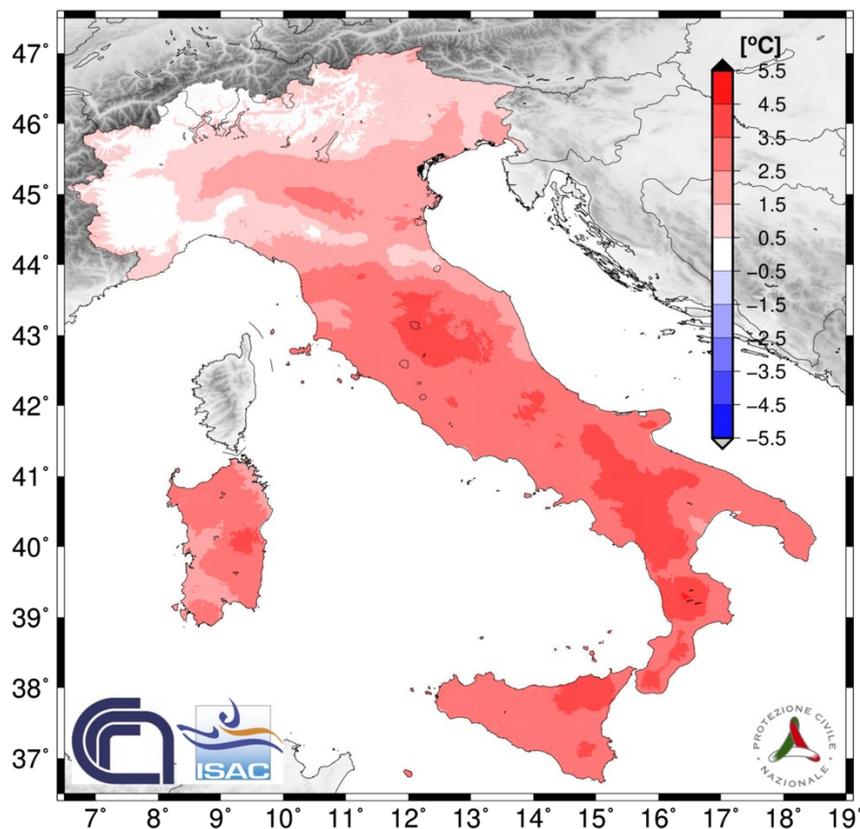


Figura 8: Mappa riportante le anomalie delle temperature registrate a Dicembre'22 rispetto al periodo tra il 1911-2020 (Dati forniti dall'ISAC-CNR).

Durante il 2022, inoltre un altro fattore di fondamentale importanza che unito alle temperature elevate ha comportato alla creazione di una delle estati più difficili è stata la scarsità di piogge e nevicate prima durante il periodo autunno-invernale e successivamente anche in primavera ed estate.

Questa situazione si è verificata soprattutto nel nord dell'Italia nelle regioni che normalmente hanno un clima temperato-umido caratterizzato da autunni e primavere piovose che alimentano i torrenti e i bacini idrici d'accumulo nelle alpi e i fiumi lungo la pianura e questo permette quindi di disporre sempre di una buona disponibilità idrica nel territorio tant'è che se si considerano i dati pluviometrici degli ultimi 10 anni si riscontra una piovosità minima mensile di circa 30-40 mm di pioggia durante i mesi più secchi e quindi estivi fino ad un massimo di 70-80 mm durante i mesi più piovosi ossia Aprile, Maggio nella prima parte dell'anno ed Ottobre e Novembre verso la fine, con una piovosità totale media in Veneto di 1100 mm d'acqua (dati ARPAV: <https://lc.cx/FDvCp8>).

Nel 2022 in Veneto invece si sono registrate delle precipitazioni medie complessive molto inferiori alla media; sono precipitati infatti 771 mm, circa 329 mm in meno rispetto alla media storica definendo così un nuovo record come anno più secco degli ultimi trenta riuscendo a superare di ben 70 mm il 2015 considerato finora come il periodo più siccitoso di sempre.

Questi dati come detto precedentemente sono stati considerati facendo una media delle precipitazioni totali cadute in Veneto; vanno però evidenziate altre informazioni che ci possono permettere di comprendere al meglio la gravità della situazione climatica vissuta in quell'anno, ossia la differenza di precipitazioni atmosferiche che si è verificata nelle zone delle Prealpi ad in alcune della pianura in cui la differenza supera in alcuni casi i -600/700 mm di pioggia caduta durante il 2022. Questo fa notare come il problema legato alla siccità non si possa vincolare solamente ai mesi estivi ma va considerato nella sua completezza durante tutto l'anno anche se risulta essere più marcato nei periodi più caldi dell'anno; un esempio che può racchiudere che ci può aiutare a comprendere meglio la situazione lo possiamo percepire nel grafico sottostante in cui si vede nettamente la differenza di precipitazioni in Emilia Romagna durante il mese d'ottobre, 107 mm medi registrati in corrispondenza dei 6,2 mm nel 2022.

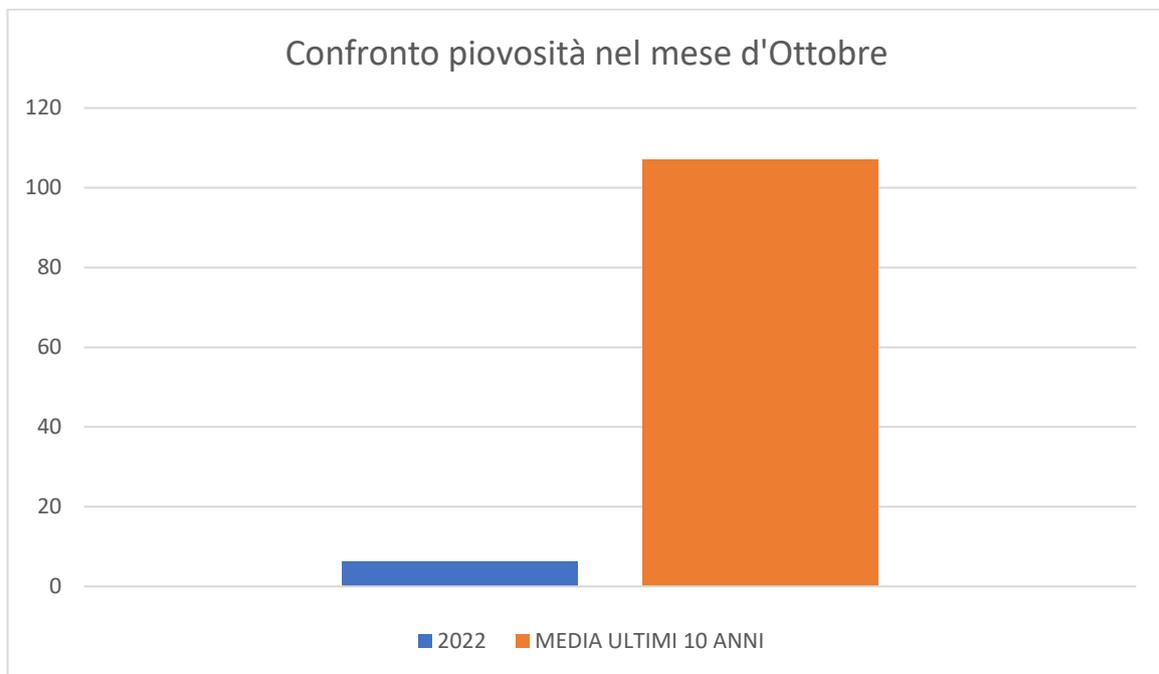


Figura 9: Grafico che illustra la differenza di precipitazioni registrate nel mese d'ottobre in Emilia-Romagna (Elaborazione dell'autore; dati ARPAV: <https://lc.cx/FDvCp8>).

Un ultimo fattore che è possibile analizzare riguarda la portata del fiume Po che scorre lungo la pianura Padana dal Piemonte fino al Veneto che durante le ultime estati ha sempre sofferto di un calo di portata d'acqua sempre più al di sotto della media stagionale rispetto ai precedenti periodi, così anche durante l'estate del 2022 si è vista calare drasticamente la portata (104 m³/s) considerando la media annuale si attesta sui 1429 m³/s (misura verificata a Pontelagoscuro), la quale risulta essere sempre al di sotto delle medie misurate nel periodo 1991-2020.

Il fiume Po percorrendo infatti tutta la pianura Padana di fatto raccoglie anche la maggior parte delle acque superficiali che vi transitano sopra e per questo motivo la sua portata media è direttamente dipendente anche dalla quantità di precipitazioni che si verificano durante l'anno, sia a carattere nevoso che sotto forma di pioggia e visualizzando la portata del fiume in questi ultimi anni si riesce a comprendere perfettamente come in quest'ultimo periodo si siano verificate condizioni di siccità, in alcuni casi anche gravi, sempre più frequentemente mettendo in difficoltà l'agricoltura che beneficiava dell'acqua trasportata per l'irrigazione delle colture estive.

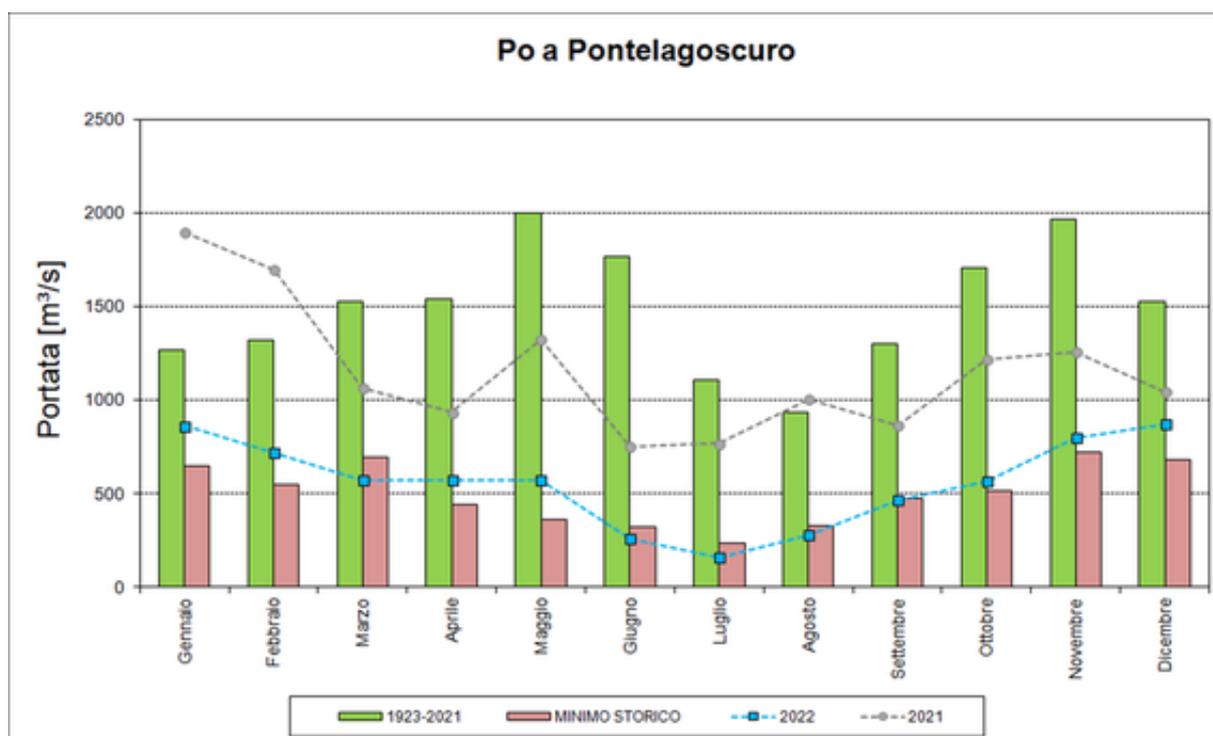


Figura 10: Grafico in cui sono riportate le varie misure di portata medie del fiume Po misurate a Pontelagoscuro e la differenza rispetto alla portata durante il 2022 (linea tratteggiata in azzurro), (fonte dati: AVEPA).

Nel grafico sopra riportato si possono distinguere le varie portate medie del Po nel corso degli ultimi 98 anni, ossia dal 1923 al 2021 (dati forniti da AVEPA Emilia Romagna), e può vedere come nell'anno 2022 quest'ultima fosse sempre al di sotto della media e come durante i mesi estivi essa sia andata addirittura al di sotto del minimo storico mai registrato durante i vari anni mettendo in pericolo la stessa "sopravvivenza" del fiume stesso che ha bisogno di un deflusso minimo d'acqua sempre presente al suo interno per garantire le sue funzioni vitali. Risulta quindi sempre più essenziale la capacità da parte dell'agricoltura di avere a disposizione dei mezzi e delle soluzioni per riuscire a stoccare l'acqua durante i periodi tipicamente in cui ce n'è più disponibilità per poi riutilizzarla durante i momenti di bisogno. Questa non può che essere una conferma di come stia cambiando sempre più il clima in questi ultimi anni e come lo stia facendo sempre più velocemente di anno in

anno e resta a noi il compito di adattarci per riuscire a garantire all'agricoltura delle soluzioni che possano essere funzionali a garantirne la sua sopravvivenza.

5. Tecniche di coltivazione dell'olivo.

La coltivazione dell'olivo caratterizza da diversi secoli, se non millenni, il paesaggio e l'attività agricola nel bacino del mediterraneo ed è sempre risultata come una coltivazione redditizia per gli agricoltori che la praticavano, tipicamente la coltivazione di queste piante era localizzata nelle zone del sud Italia come la Puglia, la Calabria, la Sicilia o la Campania anche se successivamente si ha iniziato a coltivarle anche nel resto d'Italia come nelle colline toscane o lungo i grandi laghi nel nord che grazie alle loro dimensioni riescono a ricreare un microclima adatto al loro sviluppo.

In Italia vengono coltivate diverse cultivar di olivi che si differenziano principalmente in olive da tavola e quindi da consumo fresco o da olio che vengono quindi utilizzate per la produzione del raffinato olio d'oliva che è una delle produzioni italiane più rinomate sia a livello nazionale che all'estero, questo anche grazie a tutte le diverse denominazioni presenti e alle diverse tipologie d'olio prodotto, tra le varie tipologie di cultivar più utilizzate in Italia troviamo:

- il Frantoio, originaria della Toscana da cui si è diffusa in tutte le altre regioni anche se resta principalmente presente nella zona centrale della penisola ed è considerata principalmente per la produzione d'olio,
- la Coratina tipica della Puglia caratterizzata per la produzione di olive piccole che danno origine ad un olio extravergine intenso e fruttato che ha anche una denominazione DOP,
- nel nord Italia, più precisamente nelle zone del lago di Garda troviamo delle piante che più si sono adattate a questo tipo di clima come la Casaliva autoctona di quelle zone e molto diffusa in Veneto e Lombardia le cui olive danno origine ad un olio fruttato e leggermente amaro.

Molte sono le varie tipologie di sottospecie d'olivo coltivate in Italia e tutte hanno delle caratteristiche particolari che spesso sono legate al loro adattamento al clima del territorio avvenuto nel corso del tempo riuscendo quindi a garantire una particolare unione con esso non semplicemente dal punto di vista produttivo ma anche paesaggistico e storico.

In questi ultimi anni però si sta verificando un costante abbandono di questa coltura tradizionale in quanto stanno prendendo sempre maggiormente piede i sistemi intensivi, che richiedono una manodopera minore, e riescono ad avere una meccanizzazione completa per tutte le varie fasi di vita dell'impianto, in più sta aumentando sempre di più il mercato per le piante secolari che sempre più frequentemente vengono trapiantate dai loro luoghi d'origine per diventare parte di alcuni giardini.

Per capire al meglio quelle che sono le differenze tra un impianto intensivo e tradizionale andiamo ad analizzare queste due tecniche produttive un po' più nello specifico.

La coltivazione tradizionale degli olivi spesso veniva praticata in zone marginali in quanto le piante riuscivano ad adattarsi molto bene e soprattutto perché si riuscivano a sfruttare tutti quei territori che a causa della loro pendenza, o perché non serviti da canali irrigui che ne permettevano l'irrigazione rimanevano incolti per lunghi periodi o non coltivati per tutto l'anno, così si iniziò, soprattutto nelle zone del centro-sud, si iniziò ad avviare questo tipo di coltivazione senza utilizzare dei veri e propri schemi precisi ma semplicemente a seconda delle diverse tipologie di terreno si mettevano a dimora più o meno alberi in uno schema casuale o seguendo delle linee rette, ad una distanza tra di loro di circa 4-8 metri per un totale che variava dalle 100 alle 200 piante/ha, spesso la loro disposizione era fortemente definita dall'appezzamento in cui si trovavano come, per esempio, in linea retta lungo un terrazzamento nel caso in cui il luogo fosse interessato da una pendenza, oppure com'era più usuale nel sud Italia si posizionavano a scacchiera per poter ottimizzare la superficie occupata dalle piante ed ottenere la massima produzione possibile per quel determinato appezzamento.

In questi ultimi anni però, come già accennato precedentemente, stanno aumentando sempre di più alcuni impianti di olivi intensivi che sono specializzati per la produzione d'olio d'oliva la cui caratteristica principale è la quasi totale meccanizzazione degli interventi colturali durante tutti gli anni produttivi rendendo quindi il costo della manodopera molto inferiore rispetto a strutture di tipo tradizionale, garantendo però produzioni superiori.

Questi impianti sono caratterizzati da una struttura simile a quella di un vigneto, infatti le piante sono disposte lungo file rettilinee disposte ad una distanza variabile a seconda delle cultivar utilizzate ma che mediamente è di 1,5 m tra pianta a pianta e di 4 m tra le due file per un totale di circa 1600 piante/ha, otto volte maggiore rispetto ad un impianto tradizionale, la problematica maggiore per risulta essere solamente la pendenza del terreno che nel caso risulti essere eccessiva può risultare difficile lo svolgimento delle operazioni meccaniche soprattutto durante la raccolta vista la bassa stabilità delle macchine operatrici dovuta alla loro altezza, normalmente è consigliabile non superare il 10% di inclinazione negli appezzamenti (*fonte l'informatore agrario: Prove d'olivicoltura superintensiva in Veneto di Ilenia Cescon, 2020*).



Figura 11: Immagine in cui si riescono a notare le differenze tra le due tipologie d'impianti: in primo piano troviamo delle piante d'olivo coltivate in modo tradizionale in ordine sparso, nello sfondo invece si può notare un impianto superintensivo a filare, (immagine illustrativa, fonte: web <https://www.agromillora.com/it/culture-superintensive-di-ulivo/>).

L'olio d'oliva occupa quindi non solo un posto importante all'interno delle produzioni agricole ma anche nella coltura italiana e nel paesaggio della penisola infatti molti ulivi che hanno un accertato valore storico sono tutelati come alberi monumentali ed è vietata la loro commercializzazione in quanto beni d'interesse dei quel determinato luogo (*D.G.R 1227/2011 - L.R. 4 giugno 2007, n. 14*), se si pensa inoltre ai panorami che gli oliveti italiani regalano soprattutto quando coltivati in terrazzamenti nelle colline, contribuiscono ad arricchire il paesaggio del luogo ma anche ad aumentare e difendere la biodiversità presente al loro interno.

Dal punto di vista economico la produzione di olio o d'olive da mensa risulta essere per alcune zone d'Italia una delle attività agricole più importanti, basti considerare che siamo il secondo maggiore produttore d'olio in Europa, che grazie alla diversità dei suoi territori riesce a creare un prodotto diverso e caratteristico per ogni territorio spesso conosciuti anche a livello mondiale grazie anche alle numerose certificazioni d'origine protetta (DOP) di cui sono riconosciute.

In sintesi, l'olio d'oliva e gli uliveti in Italia sono molto più di una semplice coltivazione ma sono una componente importante della coltura, dell'economia e del paesaggio italiano che porta con se secoli di tradizione agricola del territorio e risulta essere una ricchezza agricola di fondamentale importanza.

6. Diverse tipologie d'irrigazione utilizzabili negli oliveti

L'olivo è una pianta che si adatta molto bene a diversi climi e riesce a crescere anche in zone sassose e aride; infatti, anticamente veniva collocato in terreni abbandonati e non vocati all'agricoltura tradizionale, questo perché riesce a svilupparsi senza l'utilizzo dell'irrigazione durante il periodo estivo.

In questi ultimi anni però si sta verificando sempre più una diminuzione nella produzione d'olive, questo è dovuto anche alla scarsità delle precipitazioni atmosferiche che seppur nel periodo estivo esse rimanevano sempre limitate stanno diminuendo costantemente i mm d'acqua medi che cadono ed allo stesso momento le temperature massime e medie continuano ad aumentare, questo causa uno stress alle coltivazioni che si sono adattate durante gli anni ad un determinato clima che adesso sta cambiando molto velocemente.

La pianta dell'olivo, quindi, riesce a tollerare molto bene la carenza idrica a svilupparsi anche in zone con delle precipitazioni medie di soli 150-200 mm; tuttavia, in queste condizioni difficilmente potrà essere produttiva o almeno economicamente sostenibile per gli agricoltori, di conseguenza, risulta essere di fondamentale importanza riuscire a garantire un approvvigionamento idrico durante le annate più siccitose.

In particolare, nei periodi estivi in quanto quest'irrigazione di soccorso potrà garantire una maggiore quantità e qualità del prodotto finale, durante l'irrigazione inoltre non risulta necessario fornire elevati volumi d'acqua ma anche un'erogazione di bassi volumi può notevolmente cambiare la produttività di un appezzamento, lo scopo principale quindi rimane quello di evitare di fare entrare le piante in una condizione di stress idrico troppo elevato effettuando un'irrigazione in deficit.

6.1. Prove d'irrigazione di soccorso a deficit in un oliveto superintensivo in Sicilia

Una sperimentazione d'irrigazione in deficit (*Campisi et al., 2006*) è stata provata in un appezzamento superintensivo con circa 1900 piante/ha in quanto queste tipologie d'impianto vista la loro numerosità necessitano inevitabilmente durante la stagione produttiva di irrigazioni controllate per riuscire ad ottenere una quantità di prodotto, in questo caso olive per la produzione d'olio d'oliva, necessaria a sostenere economicamente la sua costruzione e realizzazione, in quest'impianto realizzato presso l'azienda agricola Grandolfo a Marsala (TP) si sono svolte delle prove d'irrigazione tenendo in considerazione 5 diversi fattori diversificati in base alla percentuale d'acqua restituita calcolata sulla traspirazione della coltura, in particolare troviamo:

- Blocco 0: chiamato per semplicità T0 (test0), risulta essere il campione di piante non sottoposto ad irrigazione controllata che fornirà il testimone per confrontare successivamente la diversa produzione e crescita delle piante.
- Blocco 1: T1 (Test1), in cui veniva restituita circa il 60% dell'acqua persa per evapotraspirazione.
- Blocco 2: T2 (Test2), l'irrigazione prevedeva l'apporto del 70% del consumo d'acqua rispetto alla totale perdita.
- Blocco 3: T3 (Test3), in cui viene apportato l'80% del consumo d'acqua.
- Blocco 4: T4 (Test4), con la totale compensazione del consumo d'acqua da parte delle colture, il 100%.

La prova si è svolta in utilizzando lo schema sperimentale dei blocchi randomizzati, in particolare 5 blocchi con 25 piante ciascuno da cui verranno successivamente selezionate 5 piante casualmente per analizzare i risultati, nell'appezzamento si utilizza un sistema di micro irrigazione tramite manichetta gocciolante autocompensante posta lungo le file degli alberi e con gocciolatori distanziati 50 cm l'uno dall'altro hanno una portata nominale di 1,6 l/h, in più per controllare correttamente il flusso d'acqua, nelle diverse prove è stata posizionata un elettrovalvola comandata da un timer ed un conta litri meccanico nella "testata" di ogni fila.

Il fabbisogno irriguo quindi come precedentemente accennato viene calcolato in base all'evapotraspirazione delle piante tramite equazione di Penman-Montheith quindi:

($ET_c = ETP_0 * K_c * K_r$) dove:

- ET_c → Evapotraspirazione colturale,
- ETP_0 → Evapotraspirazione potenziale, fornito dal centro agrometeorologico della Sicilia in quanto le condizioni variavano di giorno in giorno,
- K_c → Coefficiente colturale dell'olivo, in questo caso considerato pari a 0,6-0,7,
- K_r → Coefficiente di copertura del suolo è stato stimato empiricamente in base alla grandezza delle piante pari a 0,7.

Le prove si sono svolte nel periodo tra maggio e ottobre, dalla fioritura alla raccolta, in periodo produttivo, le piante sono state messe a dimora nel 2004 e fanno parte della stessa cultivar che in questo caso è la Arbequina, i volumi irrigui erogati quindi in quei 6 mesi sono stati trasformati, per una comprensione più semplice in m^3/ha :

- T0 → 60 m^3/ha , considerata come un'irrigazione di soccorso per salvaguardare la salute delle piante durante il periodo più caldo.
- T1 → 1595 m^3/ha , blocco con il 60% di disponibilità rispetto al totale.
- T2 → 1904 m^3/ha , blocco con il 70% di disponibilità rispetto al totale.

- T3 → 2214 m³/ha, blocco con l'80% di disponibilità rispetto al totale.
- T4 → 2714 m³/ha, blocco con il 100% di disponibilità rispetto al totale.

La raccolta delle olive è avvenuta il 15 ottobre ed i campioni sono stati raccolti e successivamente portati in frantoio per verificare le varie differenze nella produzione d'olio a seconda dei metodi irrigui utilizzati, va inoltre specificato che durante la stagione produttiva le prime precipitazioni utili si sono riscontrate a settembre con 40 mm e durante la prima decade d'ottobre con un totale di 75 mm mentre la domanda traspirativa delle piante durante i mesi estivi restava stabile sui 50 mm per poi successivamente diminuire a settembre fino ad attestarsi sui 25 mm a fine ottobre. Le temperature dell'area registrate durante il periodo irriguo mostravano un'escursione termica abbastanza elevata tra il giorno e la notte con una temperatura massima registrata di 35°C ed una minima notturna di 15°C.

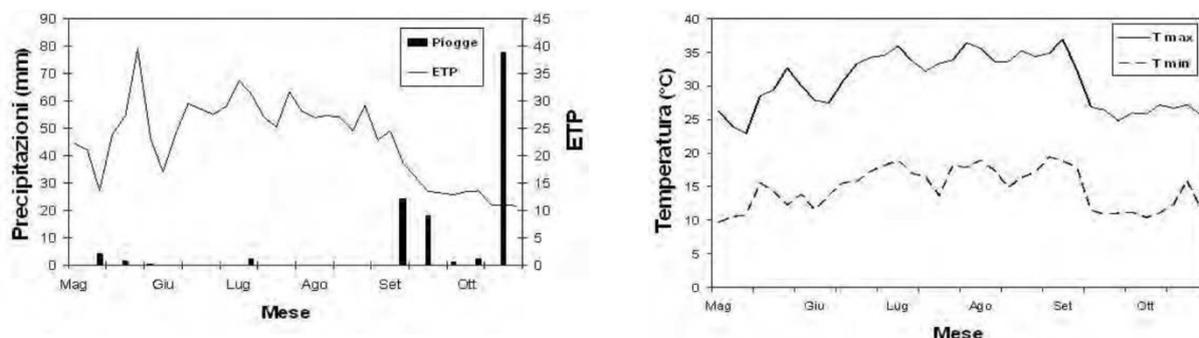


Figura 12: Grafici illustranti le temperature massime (linea continua) e minime (linea tratteggiata) nel periodo tra maggio ed ottobre (nel grafico a destra), e le precipitazioni registrate unite all'evapotraspirazione delle piante nel periodo tra maggio ed ottobre. (Campisi et al., 2006).

La produzione di frutti e di olio è stata positivamente influenzata dall'irrigazione in particolare tra le tesi non irrigate T0 e T2, ossia le piante che ricevevano il 70% dell'acqua persa per evapotraspirazione hanno avuto un incremento della produzione pari al 37,5% rispetto alle non irrigate, invece i campioni T3 e T4 che ricevevano rispettivamente l'80% ed il 100% della propria evapotraspirazione non hanno fatto registrare un aumento significativo della produzione, ma principalmente si è notata una maggiore crescita della parte vegetale che successivamente è stata rimossa durante le potature di riforma delle piante prima della nuova stagione produttiva causando piccolo aumento dei costi di gestione dell'impianto che va unito ai maggiori costi di produzione dovuti alle irrigazioni più intensive e prolungate nel tempo.

La crescita della piante e dei frutti durante il mese d'agosto si è arrestata nelle tesi meno irrigate (T0 e T1) per poi riprendere lentamente dopo le prime piogge registrate a settembre, non si sono invece registrate interruzioni di crescita nei frutti nelle tesi T3 e T4, va però evidenziata la differenza di resa

in olio tra i vari campioni che è risultata più elevata nelle test zero ed uno con una resa vicino al 20%, le altre tesi invece hanno riportato una resa rispettiva del 8,2% e del 13,8%, questa diminuzione è ipotizzabile ad una maggiore quantità d'acqua all'interno della drupa e di conseguenza una maggiore difficoltà nell'estrazione dell'olio nel frantoio.

In conclusione tutte le piante nelle zone di test hanno riscontrato severi stress idrici durante la stagione estiva che sono stati pienamente soddisfatti solamente dopo le prime piogge di settembre, grazie anche ad un abbassamento della temperatura massima che ha permesso una maggiore ritenzione idrica durante la notte, va però evidenziato come nel caso dei campioni maggiormente irrigati quest'ultimi abbiano risentito in modo minore lo stress idrico riuscendo comunque a svilupparsi e crescere durante tutto il periodo estivo senza mostrare evidenti blocchi causati da una mancanza d'acqua.

Questo può risultare utile durante i primi anni crescita delle piante dopo la loro messa a dimora in cui si cerca di far sviluppare maggiormente la parte verde per impostarne le dimensioni andando però a sacrificare la produzione di olio totale.

I risultati più incoraggianti si sono verificati chiaramente con le tesi meno irrigate e soprattutto il caso più interessante riguarda il test T2 in cui si sono ottenute le maggiori produzioni utilizzando una riduzione dell'irrigazione pari al 30% rispetto al totale garantendo quindi una maggiore efficienza d'utilizzo dell'acqua, dimostrando come l'irrigazione nei sistemi superintensivo, in questo caso 1900 piante/ha, sia comunque necessaria per riuscire a garantire una produzione ottimale ma che con un irrigazione in deficit si possa ottimizzare la gestione e l'utilizzazione dell'acqua e che un fabbisogno di 1600 m³/ha sono sufficienti per garantire una ritenzione ottimale delle piante durante la notte.

Questi dati sono riferiti chiaramente a questa specifica tipologia d'impianto e sono soggetti a variazioni in base alla differenza di cultivar utilizzate e di metodo di coltivazione, per esempio la presenza di un inerbimento permanente o meno già essere una variabile per quanto riguarda l'utilizzazione dell'acqua da parte delle piante ed ogni impianti necessita di uno studio e di una gestione differente e specifica, ma questa nuova tipologia d'irrigazione in deficit può essere un ottimo punto di partenza per una maggiore sostenibilità sia ambientale che economica di questi nuovi impianti superintensivo.

6.2. Utilizzo dell'irrigazione negli oliveti in Trentino

Un altro territorio molto importante in Italia per la produzione d'olio d'oliva risulta essere lungo le rive del lago di Garda, questo territorio seppur occupi una superficie limitata rispetto alla totalità di terreni agricoli utilizzati nella coltivazione di questa specie, presenti nella penisola italiana, si stima infatti che corrisponda a circa lo 0,5% sul totale ma nonostante la superficie limitata le sue produzioni sono famose per la produzione d'alta gamma che è sempre molto apprezzata dai consumatori e dagli appassionati del prodotto che non riescono a "sottrarsi" dal fascino di quest'olio soprattutto per il suo utilizzo a crudo.

Il prodotto finale risulta essere quindi di nicchia e riservato ad una cerchia di consumatori affezionati che lo ricerca per le sue caratteristiche, questa sua valorizzazione e distinzione rispetto agli altri prodotti simili presenti sul mercato è stato grazie sia alla qualità del prodotto finito che anche alla capacità degli stessi produttori di saper valorizzare il proprio prodotto e crearsi quindi una fetta di mercato importate che ne garantisce una buona remunerazione economica, questo tipo d'allevamento ha una filosofia di coltivazione opposta rispetto al precedente impianto superintensivo presente in Sicilia descritto precedentemente infatti qui si privilegia la qualità del prodotto finale rispetto alla quantità. Gli oliveti trentini ricoprono una superficie di circa 500 ha e si trovano principalmente a nord del lago di Garda lungo la piccola striscia di territorio in cui la regione confina con il lago ed è proprio grazie al questo grande lago e alla sua influenza sul clima del territorio che si riesce ad effettuare la coltivazione dell'olivo nel luogo più a nord del mondo e di conseguenza creare anche un prodotto unico nel suo genere, ma non si produce solamente un ottimo olio d'oliva ma gli uliveti assumono anche un duplice ruolo in quanto la particolarità delle piante d'olivo che restano sempreverdi durante tutto il periodo dell'anno hanno un importante impatto paesaggistico.

Riescono infatti a donare un importante aspetto mediterraneo al luogo che unito al paesaggio creato dal lago e dalle montagne vicine rendono unici quei luoghi, è per questo motivo che negli ultimi anni si è cercato sempre più di proteggere queste coltivazioni da problematiche climatiche e non che rendono, in alcuni casi, difficile la sopravvivenza di quest'ultimi andando quindi a perdere un caratteristica del territorio che si è creata nel corso del tempo e causando una possibile ripercussione economica non solo per i coltivatori che ne traevano reddito dalla produzione primaria dell'olio, ma anche al turismo che ha sempre accompagnato quei territori e che risulta essere dipendente anche dalle caratteristiche paesaggistiche che queste coltivazioni donano al luogo.



Figura 13: Fotografia che immortalava un oliveto di tipo tradizionale in Trentino presso le rive del lago di Garda. (immagine illustrativa, fonte: web <https://www.vitaincampagna.it/cucina/lago-garda-luogo-piu-nord-del-mondo-si-produce-olio-doliva/>).

Per riuscire a valorizzare al meglio queste coltivazioni e permettere che non spariscono nel corso del tempo la regione del Trentino, ha dato il via ad uno studio sulla possibilità d'installare degli impianti irrigui nelle coltivazioni che permettano di mantenere i livelli produttivi costanti nel corso degli anni e non dipendenti dalle precipitazioni atmosferiche che tanto influenzano la produttività delle piante. Inoltre la sfida maggiore risulta unire un tipo di coltivazione tradizionale in cui il sesto d'impianto non è costate e non segue le caratteristiche linee rette convenzionali ma si deve intersecare con le condizioni del territorio spesso in pendenza e con la presenza di terrazzamenti e nello stesso momento deve risultare il meno impattante possibile per non andare ad interagire in modo negativo con il paesaggio così importante per il turismo del luogo.

Per comprendere meglio quelle che sono le esigenze delle piante durante l'anno in questa determinata posizione geografica dobbiamo analizzare il clima del territorio ed in particolare la piovosità media di quest'ultimo, per fare ciò facciamo riferimento alla stazione MTAA posta a riva del Garda che ci permette di avere uno storico delle precipitazioni avvenute durante i vari anni in corrispondenza della media che si attesta a 800 mm di pioggia annui, media che è stata rispettata nelle annate 2016 con 818 mm e 2017 con 795 mm nel 2015 invece si è verificato un deficit idrico rispetto alla media di circa 200 mm collocando quindi questa annata tra le più siccitose degli ultimi quindici anni.

Le fasi più delicate durante l'anno per la produzione d'olive risultano essere quindi la fioritura (che avviene solitamente tra fine maggio ed inizio giugno) e l'indurimento del nocciolo presente all'interno delle drupe durante il mese di agosto; queste fasi di crescita sono le più delicate da controllare durante l'anno nella gestione idrica di un uliveto infatti va garantita la corretta quantità

d'acqua per permettere un'allegagione ottimale durante il periodo primaverile nel quale è fondamentale un'ottima idratazione dei tessuti ed un corretto accumulo d'acqua all'interno delle cellule del frutto in estate per permettere una distensione cellulare ottimale.

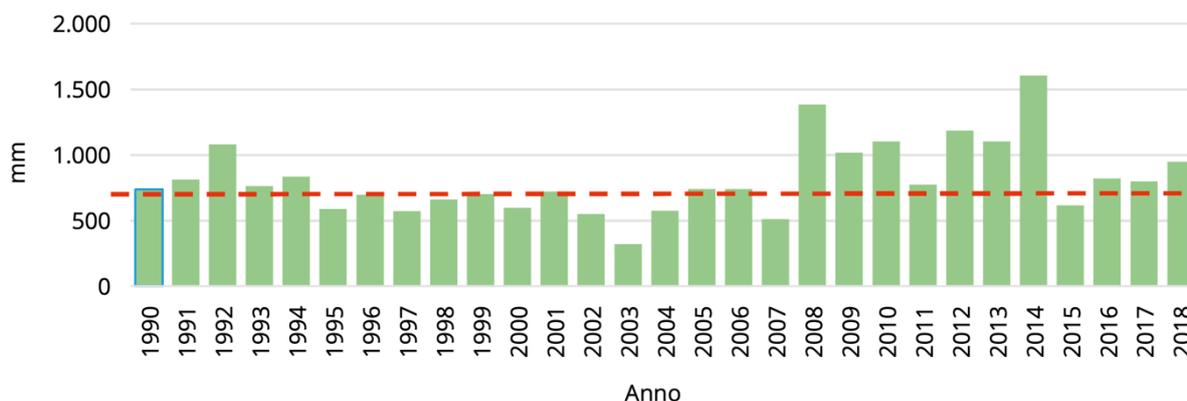


Figura 14: grafico che raffigura le precipitazioni totali annuali nel periodo 1990- 2018 registrate dalla stazione meteo posta a Riva del Garda, la line tratteggiata rappresenta la media del periodo. (fonte dati stazione MTAA; Meteo Trentino-Alto Adige).

Nella sperimentazione eseguita in Trentino (*Olivicoltura trentina 2020, Ricerca e sperimentazione tra produzione di qualità e tutela del paesaggio.*) si sono prese in esame tre diverse aziende agricole che possiamo definirle, per semplicità, come azienda 1,2 e 3, in particolare l'azienda 1 ha sede a Torbole in Trentino con l'apezzamento situato nel Monte Brione, la seconda si trova a Braila di Arco in Trentino e l'ultima a Laghel di Arco sempre in Trentino. In tutte sono state delimitate tre diverse tesi, in un apezzamento si è irrigato al 100%, in un altro al 50% della dose irrigua necessaria ed infine è stata riservata una tesi asciutta come prova rispetto alle precedenti.

In tutte le differenti aziende si è optato per un metodo irriguo minimo che prevedeva di restituire alla pianta, durante i periodi di deficit idrico, solamente la quantità d'acqua che effettivamente le piante necessitano calcolata secondo le esigenze fisiologiche di quest'ultime durante le fasi più critiche della stagione produttiva (allegagione in primavera ed indurimento del nocciolo a fine estate), utilizzando questi metodi di controllo dell'irrigazione si ha avuto un volume irriguo nelle parcelle con il 100% della disponibilità irrigua di 445-500 m³ nella seconda e terza azienda ed invece un totale di 2500 m³ nella terza azienda, valori che comunque risultano essere inferiori rispetto alla dose che normalmente viene distribuita in impianti irrigui in zone più mediterranee con volumi annui che facilmente superano i 2500-3000 m³ d'acqua annui.

La disponibilità idrica durante tutto l'anno produttivo per le piante permette di riuscire non solo a svilupparsi in modo continuativo ed uniforme ma anche di riuscire ad assorbire tutti quei macro e micro elementi che si sciolgono e vengono assorbiti tramite l'acqua e ne permettono lo sviluppo delle

piante, elementi che in caso contrario andrebbero integrati tramite fertilizzazioni fogliari durante l'anno per evitare l'entrata in stress nutrizionale delle coltivazioni con una diminuzione della produttività. La disponibilità idrica risulta essere non solo fondamentale per la crescita omogenea dell'impianto durante l'anno ma anche contribuisce ad una maggiore sostenibilità dello stesso con una possibile riduzione dei trattamenti ed interventi antropici all'interno delle coltivazioni, fattore di fondamentale importanza soprattutto in un contesto turistico come questo in cui spesso sono presenti dei sentieri o strade panoramiche in vicinanza che ne possono limitare gli interventi fitosanitari.

Durante questi anni di prova 2015-2017 si cercato di capire quali se ci fossero degli evidenti vantaggi apportati da questa tipologia d'irrigazione, la produzione d'olive e di conseguenza di olio è rimasta simile alla produzione della tesi non irrigata senza riportare differenze significative, va riportato però anche che tranne nell'anno 2015 non si ha mai avuto periodi particolarmente siccitosi ma le precipitazioni sono sempre rimaste in linea con la media storica del luogo (intorno agli 800 mm).

Di conseguenza la disponibilità d'acqua per le coltivazioni non ha mai subito un deficit importante, va notato però come la dimensione ed il peso delle drupe sia aumentato nelle prove irrigate anche se è da imputare principalmente alla presenza d'acqua maggiore e di conseguenza la redditività in olio non è cambiata sensibilmente.

Invece se si considera lo sviluppo vegetativo delle piante la differenza è particolarmente significativa nelle prove irrigate riuscendo a raggiungere un incremento di dimensione dei rami maggiore anche del 10% rispetto alla tesi di controllo con un incremento anche di rami nuovi, questo può essere considerato un vantaggio in quanto da più possibilità all'agricoltore di avere maggiore flessibilità durante la potatura nell'impostazione della pianta ma è anche uno svantaggio in quanto la quantità di residui ed il tempo necessario per eseguirla risulterà essere maggiore con un aumento proporzionale dei costi di manodopera; una costata che è stata verificata invece durante tutti gli anni di studio riguarda il periodo di maturazione che risulta essere sempre ritardato nei campioni irrigati rispetto alle tesi in "asciutta" che tendono a finire la maturazione delle olive "in anticipo" rispetto agli altri impianti.

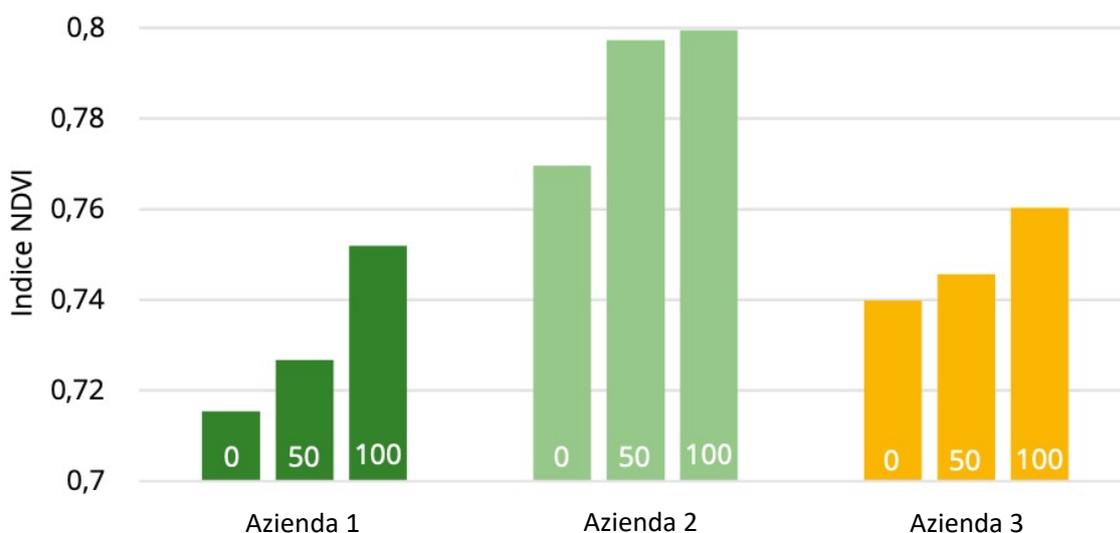


Figura 15: Effetto dell'irrigazione rilevato attraverso indice NDVI, sono presenti le tre tesi effettuate in tre aziende diverse, la prima prova in asciutta raffigurata dalla colonna (0), la seconda prova con il 50% dell'irrigazione disponibile raffigurata nella colonna (50) e la terza prova con il 100% dell'irrigazione disponibile riportata nella colonna (100); in particolare l'azienda 1 ha sede a Torbole in Trentino con l'apezzamento situato nel Monte Brione, la seconda si trova a Braila di Arco in Trentino e l'ultima a Laghel di Arco sempre in Trentino. (fonte dati Olivicoltura trentina, febbraio 2020).

In conclusione, nelle varie tesi irrigate l'utilizzo dell'acqua è risultato molto limitato grazie alle precipitazioni atmosferiche che hanno favorito l'accumulo dell'umidità necessaria per la crescita e sviluppo delle piante durante l'anno, di conseguenza le quantità utilizzate sono risultate minime rispetto ad altri impianti mediterranei.

L'utilizzo dell'irrigazione ha portato ad avere delle piante più rigogliose e con un cambio di vegetazione maggiore rispetto a quelle non irrigate, la produzione d'olio invece non ha beneficiato particolarmente dell'apporto idrico questo è dovuto principalmente ad un apporto idrico costante dovuto alle precipitazioni anche durante il periodo estivo senza mai incorrere in un vero e proprio momento siccitoso di lunga durata.

Si può quindi dedurre che l'irrigazione di questi sistemi di coltivazione trovi la sua massima efficienza in ambienti con ridotte precipitazioni in estate ed in generale con una media inferiore agli 800 mm dove le piante vanno incontro a lunghi periodi siccitosi con un evapotraspirazione potenziale annua anche maggiore di 1100 mm ma con precipitazioni inferiori ad 800 mm, nella zona del trentino, invece, come si può verificare nella figura 14 gli anni con precipitazioni particolarmente inferiori sono relativamente pochi ma questo non toglie la l'utilità che un sistema d'irrigazione a basso consumo d'acqua può dare anche in zone non particolarmente soggette a condizioni climatiche siccitose.

Con i cambiamenti climatici che si stanno verificando sempre di più in questi ultimi anni non è più possibile avvalersi dei dati metereologici medi risulta essere necessario per un'azienda agricola

organizzarsi per affrontare al meglio anche periodi non particolarmente ottimali, come quelli passati durante l'anno 2022, in cui gli uliveti come anche il resto delle coltivazioni hanno subito particolarmente la mancanza d'acqua e risulta quindi quasi un obbligo avere dei sistemi che possono in qualche modo andare a "mitigare" gli effetti del cambiamento climatico nella produzione; risulta essere comunque ottimale l'utilizzo di un sistema d'irrigazione in deficit idrico che permette d'ottimizzare l'utilizzo della risorsa irrigua garantendo però una produzione in linea con le medie stagionali.

6.3. L'utilizzo dei vasi in terracotta per l'irrigazione in zone aride

Gran parte delle terre marginali coltivate nel mondo sono però ancora gestite da piccoli e medi agricoltori che spesso hanno a disposizione dei terreni posti in zone aride dove le precipitazioni medie annue risultano essere molto ridotte e anche la meccanizzazione, che nelle moderne aziende agricole è molto sviluppata in questi territori non si sviluppa in modo esponenziale a causa degli alti costi che essa comporta e spesso non è neanche ideata e per lavorare in queste situazioni, un esempio si può eseguire con i moderni sistemi d'irrigazione che permettono un'ottima efficienza irrigua ma non sono adattabili alle piccole aziende agricole poste in territori più poveri e con meno possibilità economiche o con terreni posti in collina o molto sabbiosi.

Di conseguenza si sviluppano tecnologie semplici ma funzionali che si evolvono di pari passo con l'agricoltura del luogo e che spesso queste tecniche vengono tramandate da diversi anni e noi nel ricercare nuove soluzioni per fronteggiare i cambiamenti climatici di questi ultimi anni non possiamo fare a meno di "osservare" i rimedi che sono stati sviluppati in altri territori che hanno subito nel corso del tempo una diminuzione della risorsa idrica disponibile per le coltivazioni o una parziale desertificazione.

Un esempio significativo d'irrigazione a basso costo ma alta efficienza lo ritroviamo nell'utilizzo dei vasi d'argilla nelle zone aride come in India, Colorado, Turchia, utilizzati per la coltivazione di varie specie annuali e poliennali (come mais, angurie, agrumi, noci ed ortaggi) in questi paesi sono presenti alcuni territori dove le precipitazioni annue possono essere anche inferiori ai 7,5 mm per m² rendendole di conseguenza inaccessibili alla coltivazione classica che richiede un alto utilizzo di risorse ed in primo luogo d'acqua, in queste situazioni purtroppo anche i più moderni sistemi d'irrigazione ad alta efficienza non riescono ad essere efficaci per rendere coltivabili questi terreni. Si è cominciato quindi a studiare dei metodi differenti già utilizzati da alcuni agricoltori in alcuni territori rurali per riuscire ad integrarli con l'agricoltura moderna, come illustra David A. Bainbridge (*Buried clay pot irrigation: a little known but very efficient traditional method of irrigation* di David

A. Bainbridge 2001) dell'università internazionale degli Stati Uniti a San Diego il quale ha studiato dei metodi semplici e a basso impatto che potrebbero essere di grande utilità nelle piccole e medie aziende e nei giardini.

Il vaso d'argilla sepolto è un sistema d'irrigazione molto semplice conosciuto da molti piccoli agricoltori e consiste nel posizionare una brocca d'argilla porosa all'interno del terreno in prossimità delle piante coltivate, questa grazie ai micro pori presenti sulla sua superficie riuscirà a rilasciare una piccola quantità d'acqua grazie alla differenza d'umidità presente tra il suolo ed il vaso permettendo quindi di garantire nelle zone limitrofe alla superficie del vaso una disponibilità d'acqua costante. Questa dipenderà dalla porosità dell'argilla (che ricordiamo diminuisce all'aumentare della temperatura di cottura del recipiente, infatti, si suggerisce di non superare la soglia dei 1000 °C in quanto i pori presenti risulteranno essere di dimensioni troppo ridotti, e per permettere un costante passaggio dell'acqua e di conseguenza la probabilità d'intasamento degli stessi sarà molto maggiore) che non determinerà solamente la velocità di fuoriuscita della risorsa idrica ma anche la quantità d'acqua utilizzata dalla pianta, infatti il sistema riesce ad autoregolarsi ossia maggiore risulterà essere la richiesta idrica da parte della coltivazione più l'acqua oltrepasserà le pareti del vaso per ristabilire la differenza d'umidità che si sarà andata a creare tra il vaso ed il terreno. Questa capacità d'autoregolazione porta il sistema ad avere un'efficienza molto elevata, e maggiore dei sistemi utilizzati tuttora come l'irrigazione a goccia o superficiale, in particolare rispetto a quest'ultimo risulta essere dieci volte più efficiente.

I vasi d'argilla sepolti inoltre possono risultare migliori ai sistemi a goccia sotto diversi aspetti, in particolare non sono sensibili ad intasamento dovuto alla mancanza di un'adeguata filtrazione dell'acqua che sappiamo essere di fondamentale importanza invece in un impianto a micro-aspersione anche se, nel corso degli anni, con l'utilizzo, la porosità dell'argilla può diminuire e necessitare di un trattamento termico per ristabilirne la struttura.

La potenzialità maggiore di questo sistema risulta però essere sicuramente l'autonomia, infatti, una volta riempiti i recipienti le cui dimensioni possono variare a seconda della coltivazione, normalmente si utilizzano due dimensioni: 1-2 litri di volume per coltivazioni annuali fino spostarci a vasi di 10 litri per piante perenni come i frutteti o uliveti, questo permette un'autosufficienza dell'impianto di diversi giorni, fino anche ad una settimana nel caso dei frutteti, di conseguenza un guasto al sistema d'alimentazione non determinerebbe la totale mancanza idrica alle piante, invece, una situazione simile in un impianto a goccia metterebbe a rischio la loro sopravvivenza causando gravi danni alle coltivazioni proprio perché non si dispone di una riserva che tampona il periodo necessario per eseguire le riparazioni necessarie.

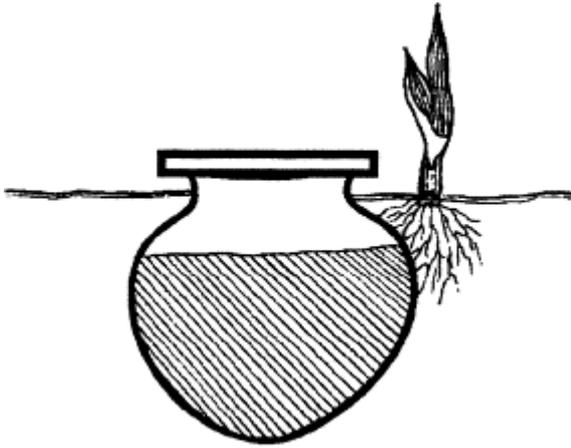


Figura 16: Sulla sinistra si può notare uno schema di posizionamento di un vaso d'argilla rispetto alla pianta posta sulla destra, si può notare come con la crescita della pianta l'apparato radicale si sviluppi attorno al bordo del vaso, nell'immagine di destra invece un esempio pratico d'utilizzo della giara posizionata nel centro di un orto coltivato, per ridurre ulteriormente l'evapotraspirazione si è utilizzata anche una pacciamatura vegetale sul terreno. (fonti: Figura 1 Shiek'h e Shah, 1983, figura 2 sito fondazione Slow Food).

I vasi d'argilla trovano anche un utilizzo non solo agricolo ma anche per il rimboscamento di aree desertificate, così com'è stato effettuato in Pakistan in cui sono stati piantati alcuni alberi per la ri-vegetazione dei territori.

Si è notato come abbiano avuto un successo maggiore rispetto alle classiche tipologie d'irrigazione convenzionalmente utilizzate, in particolare la sopravvivenza delle piantine trapiantate ed irrigate con il metodo del vaso d'argilla era pari al 96,5% rispetto al 62% ottenuto con i metodi tradizionali d'irrigazione in più la disponibilità idrica costante che ha portato le piante a non subire stress idrici durante la loro crescita ha garantito un incremento di volume vegetale del 20% rispetto al test "classico" (Shiek'h e Shah, 1983).

Un esperimento simile inoltre è stato effettuato in Colorado in una zona con un clima desertico in cui le precipitazioni medie annue si attestano sui 7,5 mm/anno in cui i vasi d'argilla venivano riempiti grazie all'accumulo d'acqua in un bacino principale che successivamente riforniva le piante, dopo 8 mesi dal trapianto tutti gli alberi che erano irrigati tramite il recipiente in argilla erano rimasti vivi, invece, le altre piante irrigate con sistemi a goccia non erano sopravvissute al clima estremo dell'area, questo grazie ad una diminuzione dello stress dopo il trapianto in cui le coltivazioni necessitano di un apporto d'acqua costante, in quanto il proprio apparato radicale non si è ne ancora sviluppato per poter resistere a quelle determinate condizioni atmosferiche un ottimo risultato è stato invece riportato

dai sistemi in vaso grazie alla gestione ottimale dell'acqua che quest'ultimo offrono (*Bainbridge e Virginia, 1989*).

L'utilizzo di questi impianti non richiede una conoscenza tecnica molto sviluppata ma al contrario possono essere installati in diverse aree senza avere successivamente un costo elevato per la loro gestione e funzionamento, infatti nei territori dove la manodopera non ha un costo eccessivo i recipienti possono essere riempiti a mano con cadenze che dipendono principalmente dalla capacità del vaso e dal clima del luogo e possono variare normalmente da una volta al giorno fino ad una settimana.

Uno dei punti forte oltre all'efficienza del sistema è il loro basso, se non quasi impercettibile, impatto sul territorio questo può risultare molto importante anche per l'implementazione di questi sistemi nel nostro paese. In particolare, nelle coltivazioni d'ulivo più antiche che non prevedevano inizialmente degli impianti d'irrigazione che però ad oggi risultano essere di fondamentale importanza.

In particolare se utilizzati in un sistema centralizzato, che permette il riempimento automatico dei vasi, prelevando l'acqua da un bacino idrico principale dell'azienda o dell'appezzamento, questo permetterebbe di abbattere ancora di più i costi dell'irrigazione che si limiterebbero solamente all'installazione del sistema, che comunque risulta essere più semplice rispetto ad un moderno impianto d'irrigazione a goccia, e che se implementato in uno studio del territorio può sfruttare la pendenza che spesso è presente nelle coltivazioni collinari per spostare l'acqua dal bacino principale, ovviamente posizionato al di sopra fino ai vari vasi posti al di sotto grazie alla naturale caduta dell'acqua per effetto dei vasi comunicanti risparmiando ulteriormente nei costi fissi d'utilizzo dell'impianto.

Vista la sua semplicità e capacità di riserva nel caso di guasti alla pompa, o ai tubi principali, permetterebbe comunque alle piante di sopravvivere per diversi giorni senza entrare in stress e questo è indubbiamente un grande vantaggio rispetto ai tradizionali impianti, il che unito al basso costo di realizzazione e d'impatto sul territorio può diventare un'ottima strategia per implementare l'irrigazione in tutti gli impianti ormai datati che non hanno un sistema d'impianto adatto per la realizzazione dei più classici e tecnologici sistemi d'irrigazione.

6.4. Effetti nell'implementazione dell'irrigazione negli olivi

Tra le colture legnose da frutto l'olivo risulta quindi essere la pianta che più si adatta alla coltivazione in asciutto in quanto più resistente agli stress idrici; tuttavia, una buona disponibilità idrica stimola nelle coltivazioni una serie di benefici molto importanti e sempre più ricercati dagli agricoltori come una maggiore attività vegetativa, una densità radicale maggiore, dei processi riproduttivi e produttivi più costanti nel corso degli anni che possono portare ad un miglioramento della qualità del prodotto, caratteristica che soprattutto in questi ultimi anni è sempre più ricercata in quanto risulta spesso essere anche sinonimo di un maggiore compenso economico per gli agricoltori.

Le caratteristiche idriche di un suolo non determinano solo la sua struttura ma anche le parti dell'apparato radicale o della singola radice che andranno ad assorbire l'acqua in uno determinato momento, infatti, nonostante si sia sempre considerato l'olivo come una pianta con un apparato radicale superficiale si è notato come quest'ultimo a differenza delle condizioni climatiche ed idriche del territorio riesca a sviluppare un apparato differente.

Solitamente con la presenza di un clima asciutto e di un terreno profondo le piante tenderanno a sviluppare l'apparato radicale più in profondità rispetto a quanto fatto normalmente e ad utilizzare di conseguenza l'umidità stipata in profondità durante i periodi di pioggia, viceversa invece in una superficie in cui è presente una bassa "profondità" dei suoli, a causa dell'impossibilità d'esplorare in profondità il terreno le piante traggono nutrimento dalle radici più superficiali ed uniche disponibili. Quest'aspetto è di fondamentale importanza nel momento in cui si decide di installare un impianto d'irrigazione, in quanto sarà necessario studiare al meglio le caratteristiche della coltivazione e del terreno per riuscire ad intervenire al meglio, come riportato precedentemente infatti nel caso in cui le piante presentino un apparato radicale profondo l'intervento con un irrigazione localizzata in superficie potrà non essere efficace in questa tipologia di terreno quanto più in zone con dove le radici si sviluppano più in superficie (*Matteo Pacella, Davide Nieri 2022*).

Lo stato idrico dell'albero durante la stagione è di fondamentale importanza per la produttività dello stesso anche visto come quest'ultimo influenzi le diverse fasi fenologiche delle piante; è quindi chiaro come un apporto d'acqua troppo elevato non determini un aumento proporzionale della produzione di olio, ma i maggiori benefici si sono riscontrati grazie all'apporto di micro-irrigazioni controllate e calibrate secondo la traspirazione delle piante.

Il problema principale rimane quindi come regolare l'irrigazione a seconda dello stadio fenologico in cui l'impianto si trova e seguendo l'andamento meteorologico della stagione in corso, ricordando anche che la differenza di varietà comporta anche un diverso fabbisogno idrico, com'è possibile osservare nel grafico sottostante (Figura 17) in cui è riportata la conduttanza fogliare massima giornaliera g_s a seconda del diverso livello d'irrigazione proposto sulla base dell'evapotraspirazione

totale giornaliera, è possibile vedere quindi come a parità d'età delle piante la differenza varietale influisca sull'assorbimento dell'acqua ricevuta.

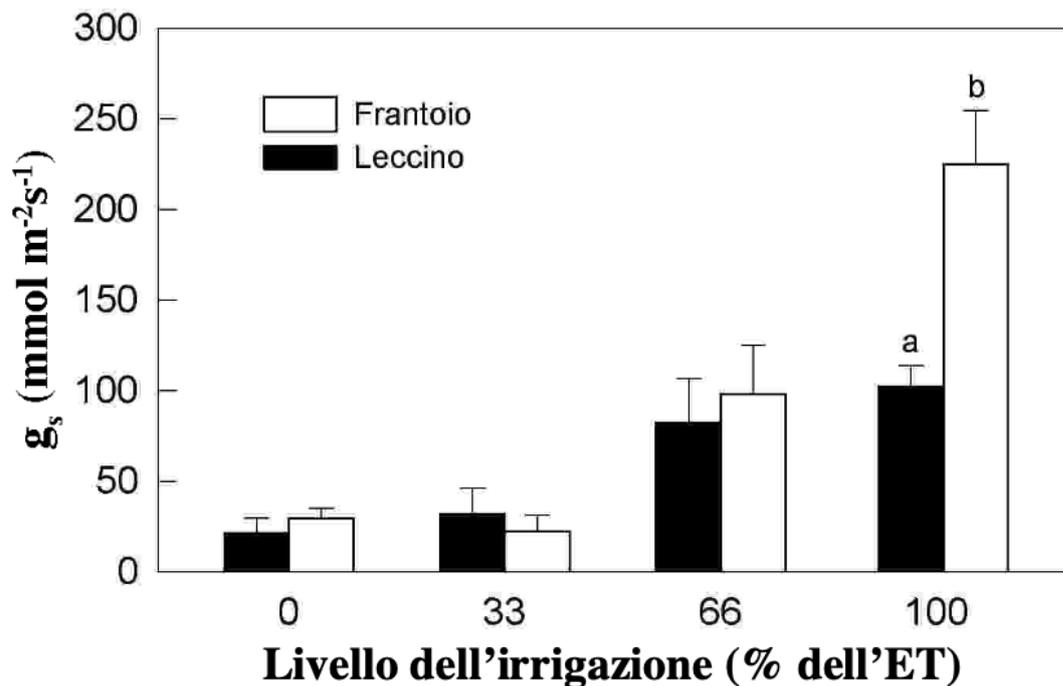


Figura 17: il grafico riporta la conduttanza fogliare massima giornaliera g_s a differenza d'irrigazione delle diverse cultivar d'olivo, in particolare le tesi sono state irrigate con il 33 – 66 – 100% della traspirazione giornaliera registrata. Questo ci dimostra come la differenza di varietà influisca anch'essa sulla capacità d'assorbimento delle piante. (fonte: Riccardo Gucci et al., 2006)

È opportuno quindi programmare maniacalmente periodi in cui si somministrano volumi d'acqua inferiori alla traspirazione totale della giornata, in modo tale da permettere alle piante di rimanere in uno stato di deficit idrico controllato ed ottenerne quindi i migliori risultati economici, queste strategie sono state già studiate per diverse specie da frutto e vengono anche già applicate in diversi impianti che non hanno a disposizione una fonte idrica sufficiente a garantire un'irrigazione continuativa durante tutto il periodo estivo (*Behboudian e Mills, 1997; Mitchell et al., 1986*), le soluzioni più utilizzate sono:

- *“Il deficit viene indotto in determinati stadi fenologici, raggiungendo punte massime durante il periodo di elevata domanda evapotraspirativa. Nella stagione autunno-invernale le piogge reintegrano le riserve idriche del suolo portando il potenziale idrico dell'albero a valori pressoché ottimali”.*

- *“Il deficit idrico viene mantenuto a livelli costanti durante tutta la stagione di crescita mediante il dosaggio controllato dei volumi irrigui e il monitoraggio dello stato idrico dell’albero o dell’umidità del suolo”.*
- *“La quantità di acqua erogata con l’irrigazione è inferiore all’evapotraspirazione, ma ad un livello predeterminato in modo da ottenere un aumento progressivo del deficit durante la stagione di crescita e costringere l’albero ad utilizzare la riserva di acqua disponibile del suolo”.*

Tra queste diverse soluzioni non ce n’è una propriamente adatta alla coltivazione dell’olivo, per la produzione di olio, ma ognuna di questa si adatta a seconda delle diverse caratteristiche climatiche dell’area, indubbiamente però la tendenza è di irrigare mantenendo gli alberi in deficit idrico, questo permette di risparmiare acqua che spesso in queste aree non è molto disponibile e garantisce un buon ritorno economico avendo un impatto ambientale ridotto. Il vantaggio che questo metodo riesce ad offrire è un controllo maggiore sul prodotto finale, in quanto si aggiunge la possibilità di modificare il profilo organolettico dell’olio che è dovuto appunto alla disponibilità d’acqua in determinati periodi. Inoltre, dato che l’irrigazione altera l’andamento della maturazione può risultare vantaggioso per l’organizzazione aziendale avere dei lotti di coltivazione con periodi di raccolta suddivisi per permettere ai coltivatori una maggiore possibilità d’organizzazione per abbattere ancora di più i costi di produzione ed aumentarne i ricavi (Servili M., et al., 2006).

7. Gestione legislativa delle acque in agricoltura in Italia

L’acqua insieme all’energia sono le risorse più importanti per lo sviluppo di una società, in particolare l’acqua è necessaria non solo per i processi fondamentali della vita ma anche per lo sviluppo di tutte le attività urbane che comporta il progresso della civiltà, di pari passo anche l’utilizzo dell’energia in questi ultimi anni è una variabile fondamentale per l’espansione delle città e con esse la crescita della popolazione. In agricoltura l’utilizzo di queste due risorse è ancora più fondamentale in quanto si stima che circa il 70% dell’acqua dolce presente nel mondo sia utilizzata a scopo agricolo per l’irrigazione dei campi che aumenta fino al 90% nelle zone più aride. Risulta quindi di facile intuizione l’importanza di questa risorsa per lo sviluppo della società umana in quanto svolge un ruolo fondamentale per la produzione delle risorse alimentari, durante i processi d’irrigazione, tranne in alcuni casi, si utilizzano fonti d’energia che sia d’origine rinnovabile o non rinnovabile è necessario per svolgere la lavorazione. Si calcola che nella totalità d’energia utilizzata da un’azienda agricola il

23-48% di essa venga utilizzato per l'irrigazione delle coltivazioni presenti nei campi, l'obiettivo principale quindi non deve essere solamente l'ammodernamento delle strutture irrigue in modo da renderle più efficienti, ma anche l'ottimizzazione dei sistemi in un'ottica sia di risparmio idrico ma anche energetico per riuscire a diminuire l'impatto che l'agricoltura ha in questo momento sull'inquinamento ambientale.

Di conseguenza come riportato precedentemente l'agricoltura è il settore che più si fa carico del consumo d'acqua a livello mondiale, così quindi come nel resto delle nazioni anche in Italia l'irrigazione delle colture comporta un elevato uso d'acqua dolce.

In particolare, si stima un utilizzo di circa 11,6 miliardi di m³/annui per le colture e la zootecnia, questo senza considerare l'utilizzo d'acqua potabile che viene utilizzata per altri scopi non irrigui come la pulizia delle orticole o della frutta per il quale è stimabile un utilizzo di 9,2 miliardi di m³/annui i quali pongono l'Italia al primo posto in Europa per l'utilizzo della risorsa idrica (*dati ISTAT: Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura a cura di Giampaola Bellini*).

In Veneto invece si stima un consumo idrico annuo derivato dall'agricoltura di più di 3,5 miliardi di m³ la cui maggior parte deriva dalle riserve di neve in primavera e dei ghiacciai durante il periodo estivo che compensano lo svasso dei bacini legato alla produzione idroelettrica, di conseguenza è facile capire come il sistema irriguo veneto dipenda da molti fattori naturali che costituiscono un fattore limitante nel garantire la disponibilità della risorsa idrica durante tutto il periodo irriguo, tali aspetti di dipendenza da fattori esterni pongono la nostra regione in una situazione di fragilità in quanto particolarmente esposta e dipendente dall'andamento climatico sempre più in trasformazione in questi ultimi anni e tra le varie situazioni che possiamo trovare va sicuramente riportata la siccità che è un fenomeno temporaneo che si manifesta quando gli approvvigionamenti idrici una determinata regione sono sensibilmente al di sotto della media normalmente registrata e questo può provare un grosso impatto negativo non solo nell' settore primario ma anche nei sistemi socio-economici della società.

7.1. La tutela dell'acqua; “dalla protezione dall'acqua alla protezione dell'acqua”

L'acqua come bene fondamentale per lo sviluppo di una società non è stata da fin da subito tutelata dall'inquinamento e dal suo utilizzo senza discrezione, ma anzi è un concetto relativamente giovane in quanto nell'antichità non era ancora presente il concetto di proteggerla come bene in sé ma si considerava la “protezione dell'acqua” come la difesa dei cittadini da eventuali danni che essa poteva recare alle città e nelle campagne a causa delle esondazioni dei fiumi, spettava quindi al governo la decisione di sulle opere che andavano eseguite per mantenere in sicurezza i territori e all' stesso modo garantire l'utilizzo dei canali per la navigazione ed il commercio dei beni.

Un esempio si può ritrovare nella *legge sui lavori pubblici del 20 marzo 1865 numero 2248* per l'unificazione amministrativa del regno d'Italia e che affidava la competenza dei lavori pubblici al ministero riguardo alle opere nei canali demaniali, nella navigazione e nell'irrigazione e tutti i progetti che prevedevano un miglioramento di queste infrastrutture per garantire un ammodernamento delle stesse e favorire una maggiore protezione della popolazione dal pericolo dalle inondazioni; in particolare *l'articolo 124, comma 1 dell'allegato F alla Legge* disciplinava il “*buon regime delle acque pubbliche*” stabilisce che:

“Spetta esclusivamente all'autorità amministrativa lo statuire e provvedere, anche in caso di contestazione, sulle opere che nuociono al buon regime delle acque pubbliche, alla difesa e conservazione delle sponde, all'esercizio della navigazione, a quello delle derivazioni legalmente stabilite, ed all'animazione dei molini ed opifici sopra le dette acque esistenti; e così pure sulle condizioni di regolarità dei ripari ed argini od altra opera qualunque, fatta entro gli alvei o contro le sponde.”

Dopo la Prima guerra mondiale inizia a cambiare la visione collettiva sulla gestione dell'acqua, infatti la richiesta di questo bene è in continuo aumento in ambito agricolo, civile ed industriale, in particolare il continuo aumento d'energia all'interno del paese ha stabilito un maggiore interesse da parte dello stato per questa risorsa il quale nel 1916 con la *legge 1664 con l'articolo 12* si rendeva proprietario una volta terminata la concessione ai privati di tutte le opere e derivazioni principali e riguardavano l'utilizzo dell'acqua e solamente lui poteva regolarne l'utilizzo da parte dei privati.

Da questo momento si stabilisce l'acqua come bene pubblico e di proprietà dello stato e va tutelato come risorsa produttiva per la nazione stessa finché con *Regio Decreto 1775/1933* ci fu l'approvazione di un testo unico delle disposizioni di legge sulle acque, in particolare con il comma 1 dell'articolo 1 si fa riferimento a come tutte le acque facciano parte di un bene pubblico che ha come attitudine il soddisfare i bisogni dei cittadini; “*Sono pubbliche tutte le acque sorgenti, fluenti e lacuali, anche se artificialmente estratte dal sottosuolo, sistemate o incrementate, le quali, considerate sia isolatamente per la loro portata o per l'ampiezza del rispettivo bacino imbrifero, sia in relazione al sistema idrografico al quale appartengono, abbiano od acquistino attitudine ad usi di pubblico generale interesse.*”

Successivamente verranno inseriti anche gli acquedotti e le opere di difesa nazionale e tutti i sistemi di pubblico interesse, anche se la risorsa acqua continua ad essere valutata solamente per la sua funzione produttiva e i vantaggi che essa può garantire in ambito agricolo e industriale, per arrivare ad una vera e propria protezione della risorsa idrica dall'inquinamento bisogna avanzare nel tempo di diversi anni, la prima citazione infatti la possiamo ritrovare nella *legge Merli del 10 Maggio 1976 n°319 “Norme per la tutela delle acqua dall'inquinamento”* in cui non viene più solamente tutelata

la sua funzione produttiva ma va cercato anche di garantire la sua essenza come tale. La legge Merli prevedeva di proteggere le acque dall'inquinamento ed introdusse per la prima volta una disciplina nell'utilizzo degli scarichi sia da parte dei privati che pubblici stabilendo anche dei parametri cui l'acqua in uscita doveva rispettare per rientrare all'interno di questi limiti.

Nell'arco di pochi anni successivamente si sono promosse altre leggi che puntavano ad una tutela dell'acqua sempre maggiore, non solamente come risorsa in se ma unita a tutto l'ambiente di cui essa ne fa parte, infatti con *la legge Galli del 5 Gennaio del 1999* "nasce" una nuova distinzione per la difesa della risorsa idrica che non prevedeva solamente la salute delle acque in uscita da case o industrie ma di tutto l'ecosistema e della funzione ecologia di cui fa parte, salvaguardi dell'ambiente, delle fauna e della flora compresa quella acquatica, dei processi geomorfologici e dei loro equilibri all'interno di un fiume o un bacino, in più viene destinata la priorità d'uso della risorsa potabile rispetto a tutti gli altri suoi utilizzi che sono ammessi solamente quando questo principio è garantito all'interno di un determinato territorio, infine un altro punto fondamentale riguarda l'uso sostenibile della risorsa acqua nel rispetto delle generazioni future in quanto essa è un patrimonio ambientale non solo indispensabile per lo sviluppo della società attuale ma anche per quella futura.

Negli anni 2000 invece si è vista la necessità da parte dell'unione europea di creare una direttiva che delimitasse in modo definitivo ed uguale per tutti i paesi che la costituiscono una linea guida per la tutela delle risorse idriche essendo queste sempre più utilizzate e preziose per lo sviluppo della società così il 23 Ottobre 2000 venne emanata dal parlamento europeo la *direttiva 2000/60/CE* in cui come primo sviluppo importante prevede il riconoscimento dell'acqua non più come un bene alla pari degli altri ma come un patrimonio che protetto e difeso, la direttiva quindi si prefigge le seguenti finalità (Fonte: Arpav Veneto):

- Impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, degli ecosistemi terrestri e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici.
- Agevolare un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili.
- Mirare alla protezione rafforzata e al miglioramento dell'ambiente acquatico, anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie, fino all'arresto e la graduale eliminazione.
- Assicurare la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e impedirne l'aumento.
- Contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

L'attuazione delle direttive è richiesta agli stati membri entro il 2015 e poi ovviamente mantenerle sia per le acque superficiali che quelle sotterranee la direttiva inoltre prevede un possibile periodo d'allungamento fino al 2027 nel caso in cui uno stato membro non riesca a raggiungere in tempo la concretizzazione delle opere.

Un altro aspetto importante riguarda la gestione dei bacini idrografici in cui la direttiva ha individuato la principale unità per la gestione delle acque; ma prima di identificare le situazioni che si dovranno monitorare all'interno di questi territori è necessario definire cosa costituisce un bacino idrografico; esso corrisponde ad una porzione di territorio che grazie alla sua conformazione geografica può raccogliere le acque superficiali derivanti dalle precipitazioni atmosferiche o dallo scioglimento di neve o ghiaccio dando origine ad un corso d'acqua che si sposta verso una depressione creando un lago o una zona paludosa, solitamente questa porzione di territorio viene delimitata da una linea immaginaria che ne descrive il perimetro e si posiziona esattamente nella zona che viene determinata come spartiacque del bacino ossia dove oltre questa linea l'acqua si sposta, grazie alla conformazione del territorio, verso un altro fiume o luogo d'accumulo, questa linea viene chiamata comunemente linea spartiacque.

Di conseguenza secondo la Direttiva 2000 ogni stato membro deve prevedere un piano di gestione del bacino idrografico ed in questo deve effettuare specifici controlli come:

- Un'analisi delle caratteristiche del territorio.
- Un esame dell'impatto delle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sulle acque sotterranee.
- Un'analisi economica sull'utilizzo idrico.

Questo permette di decentralizzare il controllo delle acque in piccole porzioni di territorio gestite da un personale che conosce attentamente le zone e permette quindi una comprensione migliore delle sue problematiche e gestione.

Nel corso del tempo l'acqua ha aumentato sempre più il suo valore, non tanto economico ma sociale, questo perché solamente con il passare degli anni si è capito veramente il suo valore per lo sviluppo della società e per soddisfare i suoi bisogni soprattutto alimentari, ad oggi forse grazie anche ad una maggiore sensibilizzazione delle persone si è sempre più responsabili nel suo utilizzo sia attuale che per il suo mantenimento per favorire le future generazioni, per arrivare però a questo livello è stato necessario un attento controllo di questa risorsa da parte dello stato e dell'unione europea grazie alla costituzione di diverse leggi che ne hanno tutelato il suo utilizzo e l'ambiente che deriva grazie ad essa, ad oggi si è perfettamente coerenti della sua importanza e bisognerà continuare ad esserlo valorizzarne al meglio il suo utilizzo.

7.2. Nuovi orizzonti per l'utilizzo della risorsa idrica in Italia.

In questi ultimi anni si sta riscoprendo sempre di più l'importanza della risorsa idrica ed in particolare il ruolo fondamentale che ricopre in ambito agricolo, in Italia, soprattutto nella pianura Padana dove la coltivazione dei prodotti agricoli poteva contare da sempre sulla presenza d'acqua in abbondanza anche durante i mesi più caldi dell'anno e questo garantiva delle ottime produzioni agli agricoltori della zona.

Con il passare del tempo però a causa dei cambiamenti climatici sempre più evidenti questo equilibrio consolidato nel corso dei secoli non riesce più a far fronte alle necessità dettate da un settore che è in continuo sviluppo, questo perché le tecniche produttive si sono evolute sempre di più facendo però affidamento ad un sistema d'irrigazione antico e che ha avuto pochissime innovazioni nel corso degli ultimi anni, in particolare in alcune zone si utilizzano ancora sistemi di trasporto dell'acqua costruiti diversi secoli fa e che risultano essere sicuramente una parte importante della storia del territorio ma che risultano essere completamente inefficaci per far fronte alle sfide che il cambiamento climatico ci chiede d'affrontare.

In Italia, infatti, non si è mai considerato di preservare l'acqua durante i periodi d'abbondanza per poi riutilizzarla nelle stagioni più calde e siccitose, questo ovviamente perché non c'è mai stata l'esigenza in quanto le riserve di neve e ghiaccio presenti sulle montagne garantivano agli agricoltori un approvvigionamento costante anche nei periodi estivi, ed anzi spesso il problema che si verificava era opposto, ossia bisognava trovare delle soluzioni per riuscire a far defluire l'acqua durante i periodi più piovosi per evitare allagamenti.

In Italia quindi solo una piccolissima parte delle precipitazioni atmosferiche vengono recuperate e stoccate in bacini di raccolta appositamente studiati per garantire uno stock d'acqua agli agricoltori nei periodi di necessità, secondo un articolo (*Giorgio dell'Orefice, 30 Gennaio 2023, Il Sole 24 ore: Siccità, il piano invasi per salvare l'agricoltura è realizzato solo al 2%*) rispetto alla totalità delle precipitazioni atmosferiche che ogni anno cadono sulla nostra penisola solamente l'11% viene raccolto e stoccato per essere poi riutilizzato durante i periodi più siccitosi a scopo agricolo, quindi su un totale di circa 300-320 miliardi di metri cubi che è la quantità d'acqua che ogni anno cade sotto forma di precipitazioni atmosferiche nella nostra penisola solamente 35 miliardi di metri cubi vengono raccolti e riutilizzati, tutta la parte restante, quindi circa 285 miliardi di metri cubi d'acqua dolce vengono persi e rilasciati in mare (*Giorgio dell'Orefice, 30 Gennaio 2023, Il Sole 24 ore: Siccità, il piano invasi per salvare l'agricoltura è realizzato solo al 2%*). Va considerato però anche un altro aspetto, chiaramente per riuscire a garantire la sicurezza idrogeologica dei cittadini idealmente non è possibile recuperare il 100% delle precipitazioni disponibili in quanto, comunque, tutto il sistema di fiumi e bacini di raccolta deve sempre essere pronto a gestire degli eventi improvvisi

(piogge intense per giorni, allagamenti...) ed evitare che quest'ultimi si ripercuotano sulla popolazione.

In questi ultimi anni, in particolare dopo il 2022 anno che viene ricordato per la siccità da record che ha portato con se, in Italia hanno iniziato a svilupparsi i primi investimenti per la realizzazione di invasi atti ad aiutare le aziende agricole nell'immaginazione d'acqua per le colture, in particolare questo piano viene definito come "Piano invasi" dove si punta alla costruzione entro il 2030 di 10 mila bacini per il contenimento dell'acqua durante le stagioni più piovose e al suo rilascio progressivo durante i mesi caldi, questo progetto a lungo termine, potrà portare sicuramente dei benefici all'agricoltura italiana nei prossimi anni ma è necessario prevedere anche la possibilità nella creazione di bacini di tipo aziendale che permettano un'autogestione della risorsa idrica da parte dell'agricoltore il quale di fatto rimane la persona che più è responsabile della gestione idrica dei propri terreni rispetto anche ad una unione consortile che controlla l'irrigazione di grandi territori (*Giorgio dell'Orefice, 30 Gennaio 2023, Il Sole 24 ore: Siccità, il piano invasi per salvare l'agricoltura è realizzato solo al 2%*).

8. Gli oliveti del lago di Garda, una realtà di successo

La coltivazione dell'olivo, quindi, come descritto nelle pagine precedenti trova la sua posizione strategica nell'economia italiana soprattutto nelle zone agricole del sud e del centro Italia, ma si sviluppa con delle ottime eccellenze anche nel nord in particolare nelle zone perimetrali del lago di Garda dove trovano spazio alcune tra le più importanti eccellenze produttive d'olio extravergine d'oliva come la produzione dell'olio Garda DOP.

Il prodotto riconosciuto a livello europeo tramite l'identificazione del marchio DOP, (denominazione d'origine protetta) del quale è stato ricompensato nel 1997 ottiene, come tutti i prodotti DOP, un disciplinare di produzione che ne limita le aree alle province di Brescia, Verona, Mantova e Trento e dalle quali prende anche delle menzioni particolari in etichettatura che ne descrivono più precisamente l'origine come la denominazione "Bresciano", "Orientale" e "Trentino" e anche quelle devono essere le sue caratteristiche principali per rientrare all'interno di questo prodotto di nicchia e da tutelare.

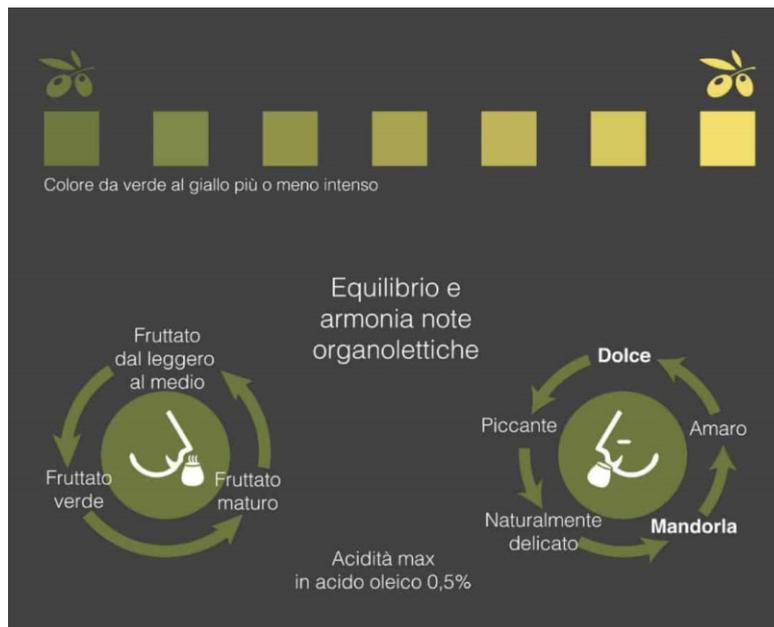


Figura 18: tabella riportante le caratteristiche visive, olfattive e del gusto che ritroviamo all'interno del prodotto "Olio Garda DOP" (Fonte: www.oliogardadop.it).

Per tutelare questa tipologia di prodotto e soprattutto per la tutela dei consumatori è stato istituito un consorzio che unisce i produttori di tutte le regioni confinanti con il Lago di Garda (e che, di conseguenza, rientrano all'interno dell'areale produttivo dell'olio Garda DOP) il quale ha ottenuto nel 2004 la premiazione da parte del governo di un attestato che ne gratifica la sua caparbietà nel tutelare la qualità del prodotto finale e la sua capacità nella promozione del territorio e dei metodi produttivi tradizionali che stanno alla base di quest'eccellenza del territorio, che unisce i produttori di tutte le regioni confinanti con il Lago di Garda e che di conseguenza rientrano all'interno dell'areale produttivo di quest'olio.

8.1. Caratteristiche climatiche nella zona del Garda

Il lago di Garda è incastonato tra le alpi italiane e confina a nord con la pianura Padana e di conseguenza dovrebbe subire l'influenza di queste due caratteristiche morfologiche anche nel clima, ma grazie alle sue dimensioni pari a 369 km² e soprattutto alla grandissima quantità d'acqua contenuta al suo interno, in media durante l'anno sono presenti circa 50 miliardi di litri, riesce ad influenzare lo stesso il clima della zona creando di fatto un microclima caratteristico definito come sub-mediterraneo e che consiste in una transizione tra il clima medio europeo, caratterizzato da piogge estive, e quello mediterraneo, caratterizzato da piogge equinoziali, che rompono solitamente l'alta pressione e siccità estiva. Infatti, proprio grazie alla sua massa riesce a riscaldare l'atmosfera durante l'inverno e a raffreddarla in estate creando spesso delle precipitazioni intense che possono coinvolgere anche le zone limitrofe della pianura Padana, se cerchiamo di comprendere meglio quelle che sono le

caratteristiche di questo particolare microclima ed andiamo ad analizzare i dati medi registrati troviamo come la temperatura media si attesta a 13,3°C con medie stagionali di:

- 4,1°C in inverno,
- 12,8° C in primavera,
- 22,6° C in estate,
- 13,6° C in autunno.

Un'umidità media durante l'anno vicino al 70% con una media di precipitazione di 1180 mm che si concentrano durante i mesi primaverili ed autunnali, quest'ultimo dato in particolare si avvicina molto a quelle che sono le medie presenti anche in vari luoghi della pianura Padana, ma la differenza più importante riguarda proprio la differenza nelle temperature medie che durante l'inverno e l'estate sono rispettivamente superiori ed inferiori proprio a causa dell'effetto di mitigazione dell'atmosfera offerto dal grande volume d'acqua concentrato nella vallata.

Questo clima, con degli inverni particolarmente miti favorisce quindi la crescita e lo sviluppo degli olivi che appunto temono i lunghi periodi freddi, in particolare con temperature al di sotto dello zero, episodi che però lungo le sponde del lago non si verificano molto frequentemente.

8.2. Morfologia del territorio nel lago di Garda

Il lago di Garda è il bacino idrico più grande presente nel territorio italiano grazie alle sue dimensioni di 369 km², una lunghezza massima di 52 km e una larghezza massima e minima rispettivamente di 42 e 16 km², la massa idrica contenuta al suo interno in media durante l'anno è di circa 50 miliardi di litri d'acqua dolce la cui maggior parte viene riversata durante l'anno nella pianura Padana per garantire un costante apporto idrico a tutti i fiumi da essa attraversata.

Una delle caratteristiche più interessanti del lago riguarda proprio il suo bacino idrico idrografico che risulta essere di dimensioni abbastanza ridotte rispetto alla superficie lacustre vera e propria, questo se si prendono in considerazione gli altri laghi presenti nel territorio italiano; con bacino idrografico facciamo riferimento al territorio presente attorno al bacino e che grazie alla sua conformazione geografica è responsabile del suo approvvigionamento idrico, in particolare raccoglie tutte le acque meteoriche o provenienti dallo scioglimento delle nevi o dei ghiacciai le convoglia all'interno di alcuni ruscelli, torrenti o fiumi e le trasporta verso un avvallamento che può dare origine ad una zona paludosa o ad un lago, come nel nostro caso specifico, una distinzione molto importante inoltre da fare riguarda la differenza tra:

- Bacino idrografico che si occupa della raccolta solamente delle acque superficiali di un territorio e del suo trasporto verso un luogo di collezione e solitamente è individuabile

topograficamente verificando la conformazione del territorio ed è definito da un perimetro chiuso ben definito.

- Bacino idrogeologico il quale invece fa riferimento alla frazione delle acque poste anche nel sottosuolo e che quindi considera anche tutte le infiltrazioni che dipendono dalla stratificazione e conformazione del suolo e proprio a causa di questo motivo molto spesso differisce rispetto al bacino idrografico come perimetro e conformazione.

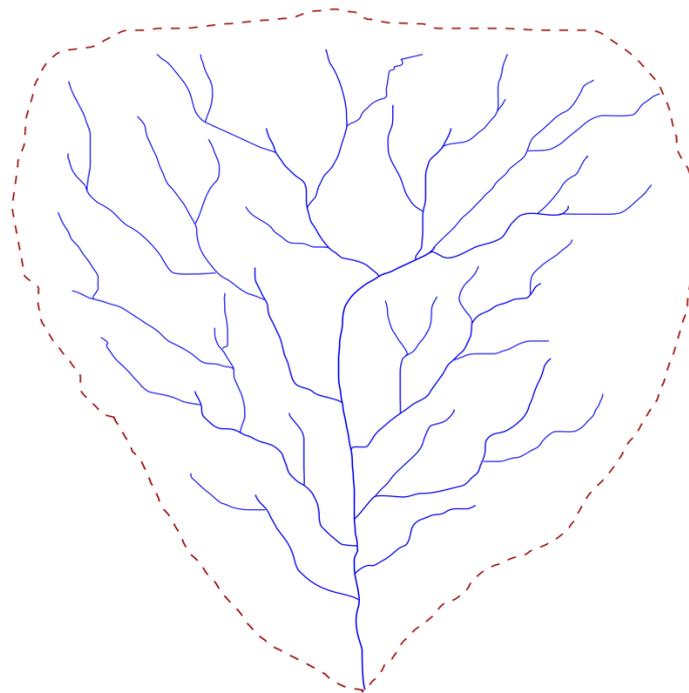


Figura 19: Esempio esplicativo di come un bacino idrografico può essere costituito: si possono notare come tutti i diversi ruscelli di raccolta dell'acqua confluiscono in uno principale e come il perimetro del bacino si riesca a definire in modo chiaro all'interno di un territorio. (Immagine illustrativa, fonte: web).

Dopo aver definito in modo semplice, ma chiaro, le differenze tra le due tipologie di bacini che possiamo ritrovare è bene le funzionalità che stanno dietro lo studio della costituzione di un area scolante, in anzi tutto la linea tratteggiata che possiamo notare anche nell'immagine qui sopra (Figura 19) rappresenta il perimetro da cui quel determinato bacino riceve l'acqua, nel nostro caso essendo una linea chiusa sta a rappresentare che quel territorio si trova in un ambiente montano o collinare, nel caso in cui invece la linea perimetrale fosse aperta sta a significare il confine con la costa.

Nel nostro caso invece il territorio si trova in una zona montana, in particolare il lago di Garda si trova all'interno di una depressione circondata dalle Prealpi nella zona nord-est e sud-ovest, rilievi montuosi che in alcuni casi raggiungono anche altezze importanti, come nel caso dell'Adamello con i sui 3554 m, monte che grazie al suo ghiacciaio risulta essere un tassello fondamentale nella gestione

idrica del territorio, in particolare durante il periodo estivo, nella zona invece più a sud del lago è presente la pianura ed, infine, nell'area tra Brescia e Verona prendono luogo una serie di rilievi collinari caratterizzati da un clima di tipo mediterraneo e dove trovano luogo le coltivazioni più importanti di oliveti e vigneti.

Circondato quindi da diversi rilievi montuosi il bacino idrografico del lago di Garda è caratterizzato di conseguenza da delle pendenze importanti che favoriscono il flusso dell'acqua dalle cime verso la parte pianeggiante in modo rapido e di conseguenza il tempo di risposta, ossia il tempo che intercorre tra l'inizio della precipitazione e il momento in cui si raggiunge il colmo di piena nella parte finale del bacino potrà essere molto veloce nel caso di una precipitazione particolarmente intensa, ovviamente però questo è un dato molto variabile in quanto dipende da molti fattori come tra la quantità di precipitazione, la morfologia del terreno, la vegetazione, la capacità di assorbimento del suolo nel caso in cui risulti essere già alla capacità massima di contenimento dell'acqua o se il terreno risulti essere molto secco dopo un lungo periodo di siccità.

9. Analisi dei fabbisogni idrici degli oliveti nel Veneto

In questi ultimi anni però il cambiamento sempre più repentino del clima a livello mondiale sta influenzato anche le zone "protette", dalla loro conformazione come appunto quella che ritroviamo lungo il lago di Garda, infatti, sempre di più la problematica principale non risulta più essere come qualche anno fa.

La protezione delle piante dagli inverni freddi che le poteva far indebolire le coltivazioni ma al contrario a causa delle estati con temperature massime e medie in aumento la resistenza degli olivi a queste situazioni di stress spesso viene messa a dura prova, proprio perché molte di queste coltivazioni sono di tipo tradizionale ed antiche e nel momento della loro realizzazione non era stata presa in considerazione la realizzazione d'impianti d'irrigazione e soprattutto sistemi che potevano trattenere la risorsa idrica durante i periodi d'abbondanza per poi riutilizzarla nel corso della stagione siccitosa.

Con questo studio si vuole quindi andare ad ipotizzare la necessità acqua che le varie coltivazioni olivicole e i vari territori necessitano durante l'anno e cercare di prevedere la creazione di alcuni micro-invasi aziendali per il sostentamento dei propri terreni.

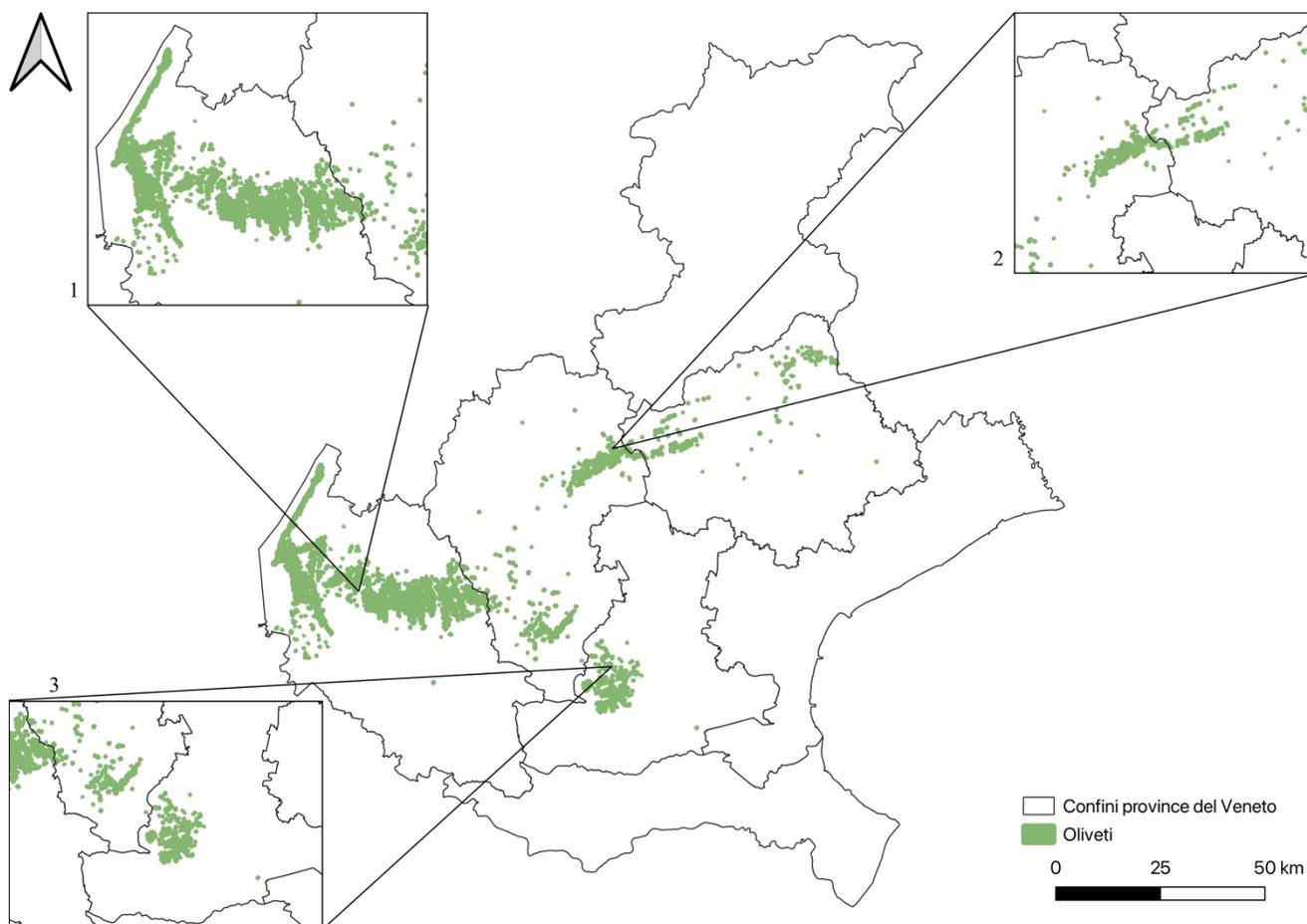


Figura 20: mappa del Veneto rappresentante le aree con maggiore concentrazione d’oliveti, in particolare nel riquadro 1 si trova la zona di Verona ed a est del lago di Garda, nel secondo riquadro invece è rappresentato l’areale di Bassano (VI) e nel terzo gli appezzamenti presenti nei colli Euganei a Padova.

9.1 Utilizzo di Google Earth Engine

Google Earth Engine è una piattaforma di ricerca scientifica che da accesso alle persone ad una quantità enorme di dati geospaziali e che si sta rivelando sempre più utile nel corso di quest’ultimi anni, in particolare viene utilizzato per:

- L’analisi di dati ambientali che consentono agli scienziati di fare studi su modifiche ambientali come la desertificazione, l’innalzamento della temperatura terrestre, il disboscamento delle foreste e tutta una serie d’analisi molto importanti per la ricerca scientifica in diversi ambiti come l’ecologia, la biologia, l’agricoltura, l’idraulica...
- Viene utilizzato anche per gli studi climatici in quanto grazie alla grandissima quantità di dati contenuti in essa si riescono a fare previsioni riguardo al cambiamento climatico di determinate aree geografiche o di come l’impatto umano abbia influenzato quest’ultimo.
- Da parte dei governi per riuscire a studiare e comprendere al meglio il proprio territorio e grazie a questi dati riuscire a valutare la costruzione di nuove infrastrutture e dell’impatto che

queste possono avere sul territorio, o per la gestione delle risorse naturali presenti in un determinato luogo.

Tutto questo volume di dati viene normalmente raccolto sfruttando una vasta gamma di satelliti che orbitano attorno alla terra e raccolgono informazioni in modo continuo dal 2010 tra i più importanti troviamo:

- Landsat che raccolgono immagini multispettrali ad alta definizione utilizzate per la mappatura della vegetazione del suolo e l'analisi dei cambiamenti climatici.
- Sentinel, che fanno parte della serie più importante, in quanto raccolgono informazioni spaziali del territorio ad alta risoluzione che vengono poi utilizzati per il monitoraggio delle risorse idriche come i fiumi, laghi, ghiacciai e nevai.
- MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) della NASA fornisce dati ad alta frequenza e a bassa risoluzione spaziale utili per lo studio di fenomeni a larga scala come il clima e la vegetazione, per esempio per studiare territori colpiti da incendi.
- ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) che offrono dati multispettrali utili in ambito agricolo geologico e di monitoraggio dell'ambiente.
- GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) che invece vengono utilizzati in ambito meteorologico nel breve periodo per monitorare eventi importanti come tempeste, uragani o per le previsioni metereologiche.

In questo breve elenco abbiamo visto come la quantità di dati raccolti da Google Earth Engine provenga da diverse tipologie di satellite e come ognuno di questi dati venga utilizzato per scopi diversi, ma la caratteristica principale di questa piattaforma è proprio la sua completezza nel raccogliarli, analizzarli e metterli a disposizione di tutte le persone che desiderano ricercare una determinata tipologia d'informazione.

Nel nostro focus riguardante gli uliveti presenti nelle zone del lago di Garda abbiamo utilizzato i dati registrati nel 2022 riguardanti l'evapotraspirazione delle piante che sono stati registrati grazie appunto all'insieme dei satelliti che passando ripetutamente al di sopra della superficie terrestre e che controllano le condizioni climatiche giorno dopo giorno.

9.2. Utilizzo di Google Earth Engine per scaricare i dati PET e delle precipitazioni 2022

Per lo studio della risorsa idrica utilizzata durante l'anno 2022, periodo in cui la penisola italiana come gran parte dell'Europa ha vissuto una forte crisi idrica in quanto le precipitazioni registratesi in Veneto durante l'anno sono state inferiori del 31% rispetto alla media degli ultimi trent'anni, in particolare secondo i dati registrati dall'Arpav sono caduti 774 mm totali rispetto ad una media di 1128 mm (media registrata nel periodo 1993-2022).

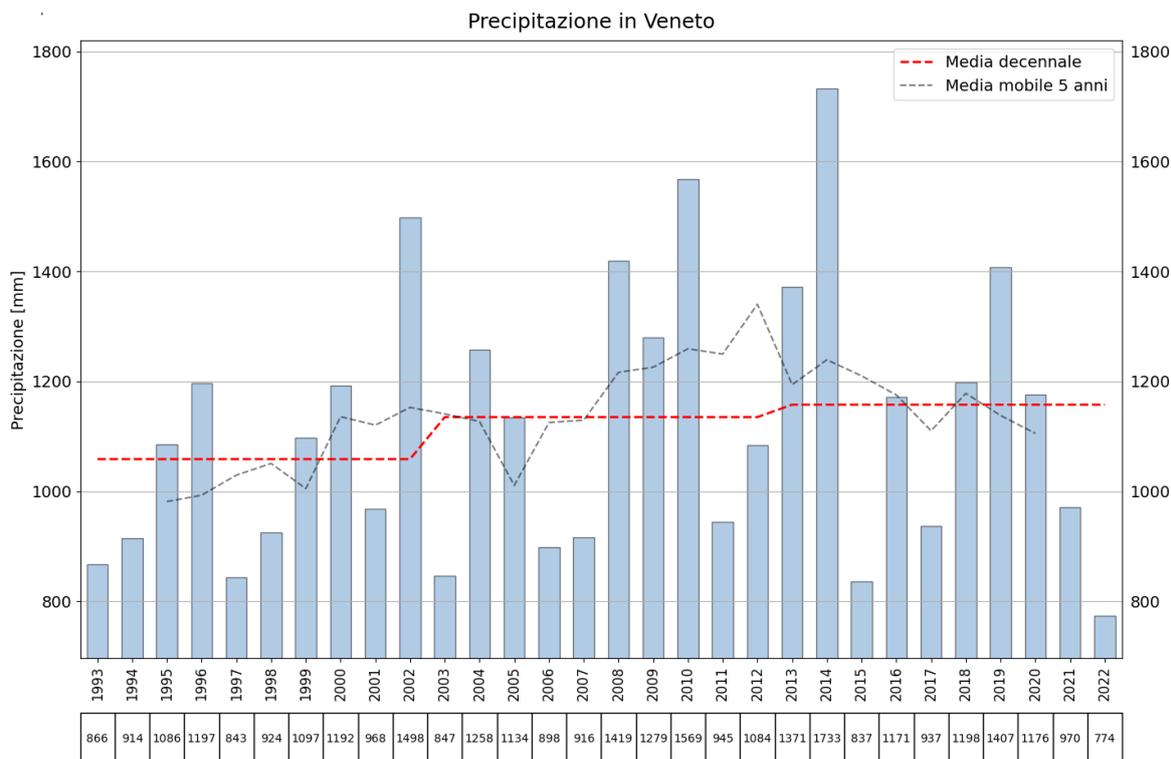


Figura 21: Grafico rappresentante le precipitazioni registrate nel corso dei vari anni in Veneto, inoltre è rappresentata la media decennale (linea tratteggiata rossa) e la media degli ultimi 5 anni (linea tratteggiata grigia), nella tabella sotto al grafico invece è riportata la quantità d'acqua in mm dell'anno corrispondente (fonte: ARPAV <https://lc.cx/2PEYgS>).

Nel grafico sottorappresentato, infatti, si può facilmente notare come durante il corso del tempo si siano già verificati altri periodi di siccità che sicuramente hanno avuto anch'essi un impatto importante sull'agricoltura, ma un fattore da tenere in considerazione è come nel 2022 si siano "battuti" tutti i precedenti record di siccità raggiunti nei precedenti 30 anni arrivando fino alla minima quantità di 774 mm d'acqua caduti in un intero anno, gli uliveti, così come tutte le altre coltivazioni agricole, durante quest'anno si sono ritrovati quindi a dover affrontare condizioni di crescita molto sfavorevoli che hanno compromesso in modo importante la produzione d'olio dell'anno proprio perché a causa del prolungato stress idrico durante i mesi estivi non sono riusciti a portare alla maturazione i propri frutti.

Per la realizzazione del nostro caso studio degli uliveti in Veneto abbiamo utilizzato l'Evaporazione totale potenziale o definita in modo sintetico con l'acronimo PET (in inglese Potenzial

Evapotraspiration) o ETP (in italiano Evapotraspirazione Potenziale Totale), quest'unità di misura è stata stabilita dalla FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations ossia Organizzazione delle nazioni unite per l'alimentazione e l'agricoltura) con lo scopo appunto di poter utilizzare la stessa misurazione in tutte le diverse nazioni per riuscire quindi a comparare i diversi risultati delle sperimentazioni effettuate.

La PET quindi viene misurata seguendo un particolare processo standardizzato dalla FAO; viene considerato un prato di graminacee, in particolare di *Festuca arundinacea*, e viene posto in condizioni standard di pressione e temperatura, la coltivazione inoltre viene posta senza limitazioni di tipo idrico e può quindi perdere per evapotraspirazione tutta l'acqua possibile durante un determinato periodo di tempo, quella quantità d'acqua persa viene considerata come l'evapotraspirazione potenziale che è possibile in quel determinato luogo, è importante per eseguire questa misurazione che il prato abbia le seguenti caratteristiche:

- il terreno deve trovarsi in condizioni d'umidità ottimale, quindi deve essere alla capacità di campo,
- il terreno deve essere regolarmente livellato e di grande estensione,
- il prato deve essere in uno stato nutrizionale e sanitario ottimale,
- il manto erboso deve ricoprire perfettamente il terreno e non devono esserci parti con densità di copertura diverse,
- l'altezza delle piante deve essere mantenuta tra i 10 e 15 cm per tutto il periodo di misurazione.

Il valore dell'evapotraspirazione totale varia nel corso dei mesi e delle stagioni ma la parte fondamentale è che non è dipendente dalla coltura e dalle tecniche agricole attuate, questo perché grazie all'adozione di condizioni standard si fa in modo che l'evapotraspirazione dipenda esclusivamente dal potere evaporante dell'atmosfera, in quanto tutti gli altri fattori sono stati normalizzati, il cambiamento di questa variabile nel corso degli anni ci permette di comprendere meglio la trasformazione del clima rispetto agli anni precedenti.

Un concetto molto importante che non possiamo tralasciare è la differenza tra evapotraspirazione totale ed evaporazione totale, questi sono due fenomeni entrambi molto importanti per comprendere quello che è il ciclo dell'acqua e la quantità necessaria per la crescita di una coltura su un determinato luogo ma nello stesso tempo sono particolarmente diversi:

- Con evapotraspirazione totale troviamo la quantità d'acqua che viene liberata nell'atmosfera dalle piante, posizionate in condizioni standard e senza limitazioni d'assorbimento d'acqua, durante i loro processi vitali.

- Con evaporazione totale invece si fa riferimento a tutta l'acqua che si trova in un determinato luogo che passa dallo stato liquido allo stato gassoso, di conseguenza viene considerata anche l'evaporazione da parte di laghi, fiumi, ruscelli oltre ovviamente a quella dispersa da parte delle piante durante il giorno (Martin J., et al., 2013).

Durante il nostro studio, come riportato precedentemente, ci si è voluti soffermare sull'utilizzo dei dati satellitari forniti da Google Earth Engine e di conseguenza per il calcolo dell'evapotraspirazione colturale (ETc) abbiamo utilizzato la PET che è possibile scaricarla grazie al database presente su Engine definito come "MODIS/061/MOD16A2" la cui sigla sta per Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, questi particolari dati vengono raccolti dai satelliti della NASA Aqua e Terra proprio perché sono dotati di un particolare modulo che li permette d'identificare la quantità d'acqua persa dall'ambiente durante il giorno tramite un modello di calcolo che prende in considerazione anche gli altri fattori ambientali come la radiazione solare, la temperatura dell'aria, l'umidità dell'aria... in questo modo quindi si riescono a raccogliere i dati più correttamente possibile considerando anche i fattori esterni che possono, per quanto poco, comunque influenzare i risultati finali.

Per analizzare la situazione idrica durante il 2022 e riuscire a verificare la tendenza riguardante la perdita d'acqua delle colture durante i vari mesi dell'anno si è proceduto scaricando la media dei dati raccolti ogni mese tramite il formato GeoTiff (Georeferenced Tagged Image File Format) che è un formato di file raster ampiamente utilizzato per immagini geo-spaziali che include informazioni di georeferenziazione.

In pratica, un file GeoTIFF è un file immagine raster standard che contiene metadati aggiuntivi per descrivere la sua posizione geografica sulla Terra e che ci permette di poterli quindi analizzare con l'utilizzo di software come QGIS; qui sotto si riporta il codice utilizzato all'interno di Google Earth Engine per permettere di scaricare i dati dei mesi utilizzati nello studio condotto, basterà infatti crearsi una propria geometria che dovrà contenere al suo interno lo spazio nella mappa del quale si vuole definire i dati e poi cambiare l'intervallo di tempo da analizzare, in questo caso noi andremo come detto precedentemente a scaricare i dati PET del Veneto dei 12 mesi del 2022 in aggiunta alla media totale di tutto l'anno con sistema di coordinate 'EPSG:32632', per convenzione andremo ad utilizzare un intervallo di tempo di 30 giorni.

Codice Google Earth Engine:

```
var dataset = ee.ImageCollection('MODIS/061/MOD16A2')
    .filter(ee.Filter.date('2022-12-01', '2022-12-30'));
var evapotranspiration = dataset.select('PET');
```

```

var evapotranspirationVis = {
  min: 0,
  max: 300,
  palette: [
    'ffffff', 'fcd163', '99b718', '66a000', '3e8601', '207401', '056201',
    '004c00', '011301'
  ],
};

// Define a function to apply the scale factor
var applyScaleFactor = function(image) {
  return image.multiply(0.1); //if you check the band info, you can see that there is a scaling factor of
0.1
};

// Apply the scale factor to each image in the collection
var evapotranspiration = dataset.map(applyScaleFactor);

// Sum evapotranspiration over the entire period
var sumET = evapotranspiration.sum(); //sum give us the sum of ET

// Clip result to the specified geometry
var clippedET = sumET.clip(geometry);

// Compute total evapotranspiration for the region
var totalET = clippedET.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  scale: 500,
});

// Print total evapotranspiration
print('Total Evapotranspiration (mm):', totalET);
// Visualization parameters

```

```

var evapotranspirationVis = {
  min: 0,
  max: 150,
  palette: [
    'ffffff', 'fcd163', '99b718', '66a000', '3e8601', '207401', '056201',
    '004c00', '011301'
  ],
};

// Add the evapotranspiration layer to the map
Map.centerObject(geometry, 8);
Map.addLayer(clippedET.select('PET'), evapotranspirationVis, 'Total Evapotranspiration');

// Export the evapotranspiration raster for the geometry
Export.image.toDrive({
  image: clippedET.select('PET'),
  description: 'Evapotranspiration',
  region: geometry,
  maxPixels: 1e13,
  crs: 'EPSG:32632',
  scale: 500
});

```

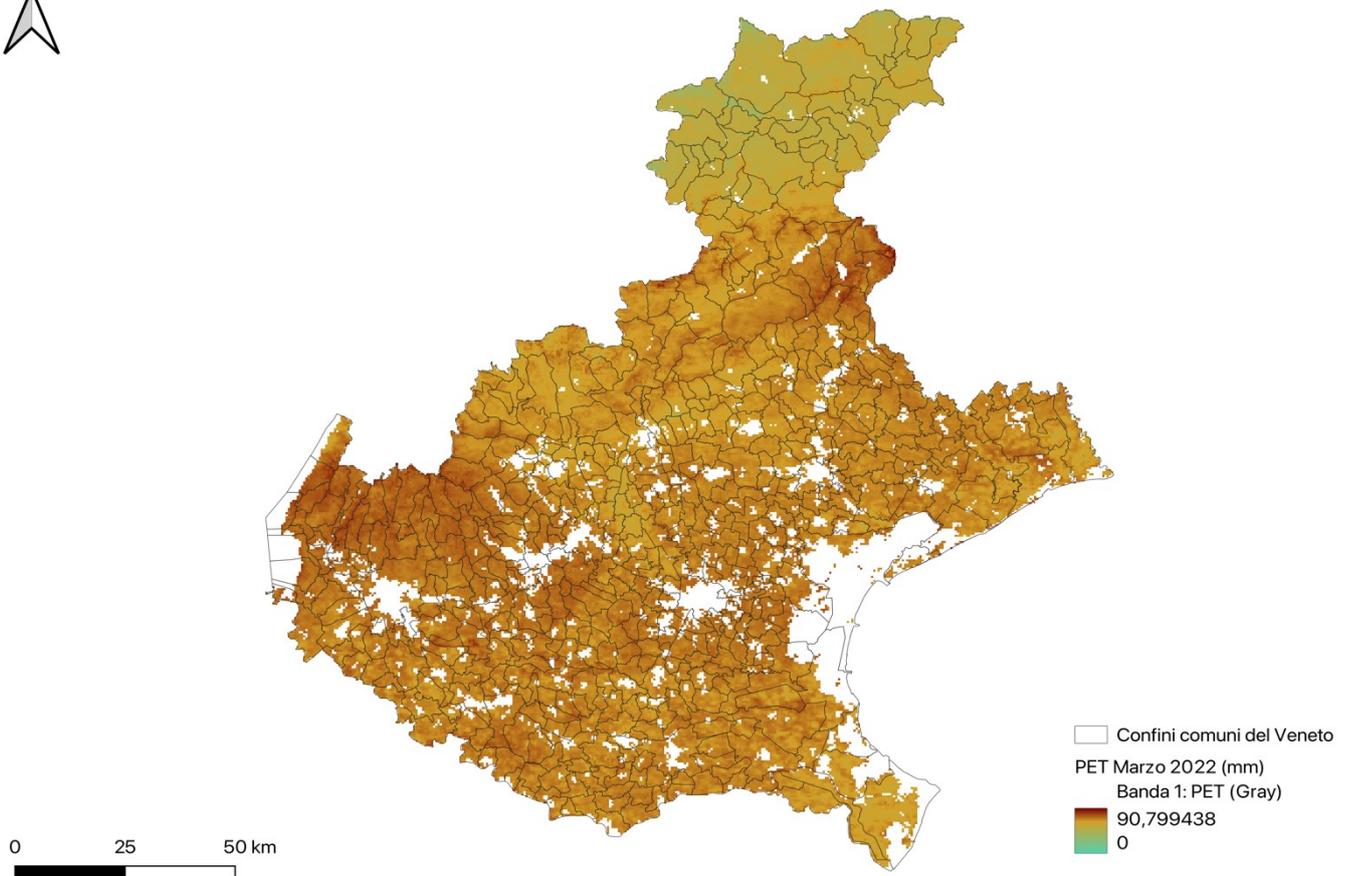


Figura 22: Mappa del Veneto rappresentante la PET (evapotraspirazione potenziale) riguardante il mese di marzo 2022, in cui si può notare la differenza di evapotraspirazione potenziale nelle varie aree, si evidenzia inoltre come nelle zone vicino alle città più importanti non avvenga una registrazione di dati dovuto all'influenza dei centri abitati.

9.3. Analisi dei dati con QGIS

Per analizzare e visualizzare i diversi dati ritrovati grazie ad Google Earth Engine abbiamo utilizzato un software gratuito e facilmente utilizzabile per la maggior parte delle persone, che magari non sono molto abili con questa particolare tipologia di programmi, il software utilizzato è quindi QGIS, un software GIS (Geographic Information System) open-source che offre quindi grandi potenzialità per la gestione, l'analisi e la visualizzazione dei dati geo-spaziali, proprio perché supporta la maggior parte dei formati di dati che sono normalmente utilizzati come per esempio: Shapefile (SHP), GeoTIFF, KML... e molti altri ancora rendendolo quindi usufruibile per la maggior parte degli studio su dai geo-referenziati.

Le particolarità di QGIS, oltre alla sua flessibilità riguardante le fonti dei dati, sono la possibilità di aggiungere dei plug-in gratuiti che permettono agli utenti di estendere maggiormente le loro esperienza di lavoro, è possibile infatti eseguire delle analisi geo-spaziali tramite l'utilizzo di diversi strumenti come quelli utilizzati principalmente anche da noi durante lo studio;

- **Zonal statistic:** uno strumento di QGIS molto utile per calcolare delle statistiche raster all'interno di alcune zone definite da un layer vettoriale, questo ci consente di calcolare statistiche come la media, la somma, la deviazione standard, il minimo o il massimo dei valori del raster all'interno di ciascuna zona del layer vettoriale, nel nostro caso l'abbiamo utilizzato per calcolare la media dell'evapotraspirazione potenziale per ogni terreno coltivato ad uliveto, quest'operazione è stata ripetuta per tutti dati mensili scaricati da Engine, in questo modo siamo riusciti ad "unire" i dati presenti nel mappale del veneto (quindi la posizione degli uliveti) e la loro perdita idrica durante i vari mesi dell'anno 2022; la stessa operazione è stata utilizzata anche per le precipitazioni registrate durante i vari mesi dell'anno.

Per utilizzare questo comando bisogna seguire alcune indicazioni:

1. Selezionare i layer con il quale si vuole eseguire il comando; uno vettoriale per la definizione delle zone d'interesse ed uno raster da cui estrapolare le statistiche.
 2. Definizione delle statistiche del quale si vuole visualizzare i dati come la media, dev. Standard, minimo, massimo...
 3. Esecuzione del comando: si esegue il comando e questo calcolerà le statistiche raster all'interno di ciascuna zona definita dal layer vettoriale e le restituirà come attributi nel layer vettoriale di output che verrà definito con un nome scelto da noi.
 4. Creazione del nuovo layer: Il risultato dell'analisi sarà un nuovo layer vettoriale che conterrà le statistiche calcolate per ciascuna zona. Questo layer può essere visualizzato e utilizzato per ulteriori analisi o elaborazioni.
- **Raster calculator:** un altro comando disponibile su QGIS, la sua potenzialità maggiore e anche di fatto la sua applicazione principale è riuscire a eseguire operazioni matematiche su dei dati raster per crearne di nuovi; nel nostro studio questo particolare comando ci è risultato molto utile per il calcolo dell'ETc (evapotraspirazione colturale) in quanto i vari raster della PET mensile sono stati moltiplicati per il corrispondente Kc dell'olivo di quel particolare mese, in questo modo siamo riusciti a ricavare appunto la quantità d'acqua dispersa dalle coltivazioni durante quel determinati periodo.

L'utilizzo di questo comando è anch'esso molto semplice ed intuitivo:

1. Selezione dei raster: per eseguire questo comando è necessario selezionare i raster in ingresso, ossia quelli su cui desideriamo eseguire delle operazioni.

2. Operazione: Dopo aver definito l'espressione desiderata, è possibile eseguire il calcolo: il risultato sarà un nuovo raster che conterrà i valori dall'applicazione dell'espressione ai raster di input.
3. Visualizzazione: il raster risultante potrà quindi essere visualizzato all'interno del progetto QGIS e sarà possibile utilizzarlo per altre analisi.

9.4. Calcolo dell'ETc

Il calcolo della quantità d'acqua persa da una coltivazione durante un determinato periodo di tempo è possibile grazie al calcolo della sua ETc (evapotraspirazione potenziale di una coltura), questa possiamo definirla come la richiesta d'acqua della pianta per svilupparsi e nel caso di piante da frutto portare a maturazione quest'ultimi, questa richiesta è chiaramente influenzata sia dallo stadio vegetativo della pianta; per esempio una coltivazione in stadio di crescita veloce avrà una richiesta d'acqua maggiore alla stessa coltura poco prima della raccolta, quindi in un periodo di sviluppo ridotto, così come anche i fattori ambientali tipo la temperatura, l'umidità e la disponibilità stessa dell'acqua all'interno del terreno possono essere dei fattori che influenzano l'evapotraspirazione delle piante (*J. Eitzinger et al., 2002, Evett Steven et al., 1995*).

Per calcolare ETc degli ulivi abbiamo utilizzato quindi i dati PET forniti dai satelliti Aqua e Terra della NASA per poi moltiplicarli tramite la funzione raster calculator di QGIS con i coefficienti colturali (Kc) dell'olivo, questo coefficiente è viene normalmente utilizzato in agricoltura proprio per misurare l'evapotraspirazione di una coltura rispetto a quelle di riferimento misurata tramite l'utilizzo di un prato d'erba standard posto in condizioni di massimo sviluppo che avrà quindi coefficiente pari ad 1, il Kc quindi è un numero normalmente compreso tra 0 e 1 anche se in alcuni casi può essere maggiore, in particolare questo avviene in quelle coltivazioni in forte sviluppo vegetativo e che richiedono molta risorsa idrica per il loro sviluppo (come per esempio il mais durante i mesi di giugno e luglio il quale arriva ad un coefficiente colturale di circa 1,1).

Gli ulivi invece essendo delle coltivazioni poco onerose dal punto di vista idrico hanno un Kc che normalmente inferiore ad 1 e che raggiunge il suo massimo durante i mesi in cui lo sviluppo vegetativo è più elevato come durante la fioritura o poco prima della raccolta (*Er-Raki, A. Chehbouni et al., 2008*).

MESI DELL'ANNO	COEFFICIENTE COLTURALE (Kc)
Gennaio	0,50
Febbraio	0,50
Marzo	0,65
Aprile	0,60
Maggio	0,55
Giugno	0,50
Luglio	0,45
Agosto	0,45
Settembre	0,55
Ottobre	0,60
Novembre	0,65
Dicembre	0,50

Figura 23: Tabella riportante i coefficienti colturali dell'olivo utilizzati per il calcolo dell'ETc durante i vari mesi dell'anno (Elaborazione dell'autore; dati: ARPA <https://lc.cx/GK7rJJ> e Riccardo Gucci, 2012. Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olio Spoleto, IRRIGAZIONE Collana divulgativa dell'Accademia Volume IX, pagina 8).

Nella tabella soprastante sono riportati i diversi Kc che sono stati utilizzati per il calcolo dell'ETc (evapotraspirazione colturale) tramite QGIS, ed in particolare la sua funzione raster calculator; di conseguenza ogni raster è stato moltiplicato per il coefficiente colturale del corrispettivo mese per poter avere come risultante l'effettiva perdita d'acqua per evapotraspirazione della coltura.

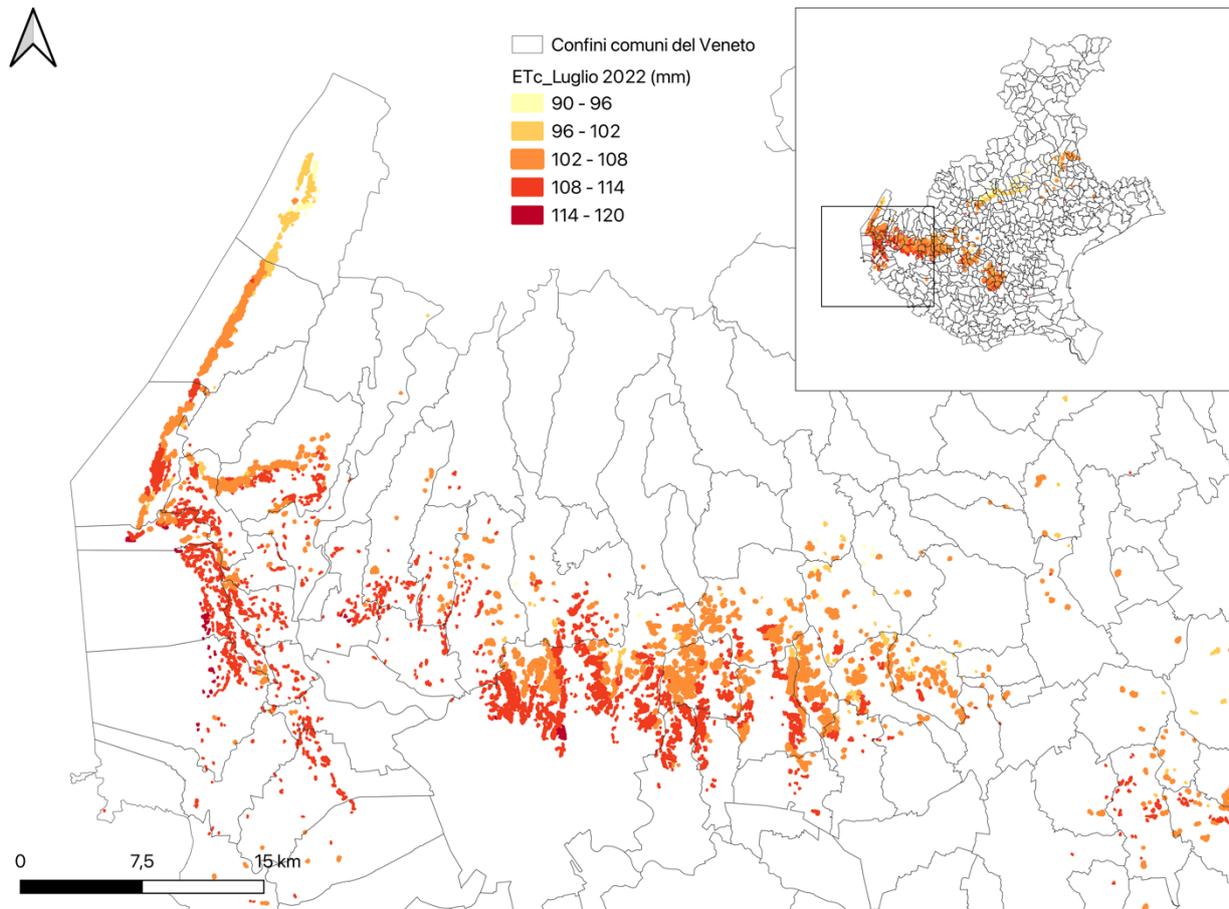


Figura 24: Focus raffigurante l'evapotraspirazione culturale degli uliveti in provincia di Verona in Veneto durante il mese di Luglio, si può notare come, tranne alcuni estremi, nella maggiorparte degli appezzamenti i valori siano compresi tra 102 e 114 mm.

9.5. Utilizzo dei dati CHIRPS delle precipitazioni

Per comprendere meglio la situazione climatica che si è verificata durante il 2022 e riuscire a comprendere meglio la situazione idrica presente in Veneto abbiamo scaricato sempre grazie all'utilizzo di Google Earth Engine i dati satellitari riguardanti le precipitazioni atmosferiche, si è voluto utilizzare i dati satellitari per mantenere un filo conduttore per tutto lo studio, ossia tutti i dati da noi utilizzati sono presenti in modo gratuito all'interno dei database d'Engine in questo modo quindi chiunque potrà eseguire le stesse operazioni focalizzandosi sui dati di suo maggior interesse. Le precipitazioni avvenute durante i mesi del 2022 sono state ottenute facendo riferimento ai dati del database UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), e forniscono stime riguardanti le precipitazioni giornaliere in tutto il globo, questi dati inoltre non sono presi semplicemente tramite satellite ma anche combinando i dati provenienti dalle stazioni meteorologiche terrestri, (Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M. et al. *The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes*) in questo modo quindi i dati raccolti riescono ad essere più precisi per le diverse aree geografiche e soprattutto

disponibili in tutte le parti del mondo e non solo nelle zone più sviluppate dove sono presenti più strutture per la ricerca ed il controllo dei dati ambientali; questi dati vengono raccolti giornalmente da dei satelliti della NASA e hanno una risoluzione di 5 km².

Per riuscire a scaricare i dati delle precipitazioni abbiamo utilizzato il codice di Engine riportato qui sotto rispetto ad una geometria disegnata da noi precedentemente, inoltre è possibile scegliere il periodo andando a modificare l'intervallo di tempo nel quale si va a richiedere i dati.

Codice di Google Earth Engine per scaricare le precipitazioni da una geometria già presente.

```
// Imposta la regione di interesse (geometry)
var tuaGeometria =geometry;

// Definisci l'intervallo di tempo
var inizioAnno = '2022-01-01';
var fineAnno = '2022-12-30';

// Carica il dataset delle precipitazioni (per esempio, il dataset CHIRPS)
var datasetPrecipitazioni = ee.ImageCollection('UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY')
  .filterDate(inizioAnno, fineAnno)
  .select('precipitation');

// Calcola la somma delle precipitazioni per l'intero anno
var precipitazioniAnno = datasetPrecipitazioni.reduce(ee.Reducer.sum());

// Estrai i dati solo per la tua geometria di interesse
var precipitazioniGeometria = precipitazioniAnno.clip(tuaGeometria);

// Scarica i dati in formato TIFF
Export.image.toDrive({
  image: precipitazioniGeometria.toFloat(), // converti in tipo float
  description: 'precipitazioni12',
  scale: 500, // scala in metri
  region: tuaGeometria,
  fileFormat: 'GeoTIFF'
});
```

Una volta scaricati i 12 raster, uno per mese, (anche in questo caso abbiamo approssimato il numero di giorni dei mesi pari a 30 per mantenere una congruenza rispetto ai dati della PET) abbiamo proceduto a verificare la differenza tra l'acqua persa per evapotraspirazione degli olivi rispetto a quella caduta grazie alle precipitazioni atmosferiche, in questo modo siamo riusciti a verificare quali mesi, e quali zone del veneto siano andate in stress durante la stagione 2022 ed in quale mese dell'anno, una volta eseguite queste operazioni tramite il comando zonal statistic vado ad "unire" la situazione idrica degli uliveti durante i vari periodi dell'anno in modo da poter comprendere facilmente il loro andamento durante l'anno.

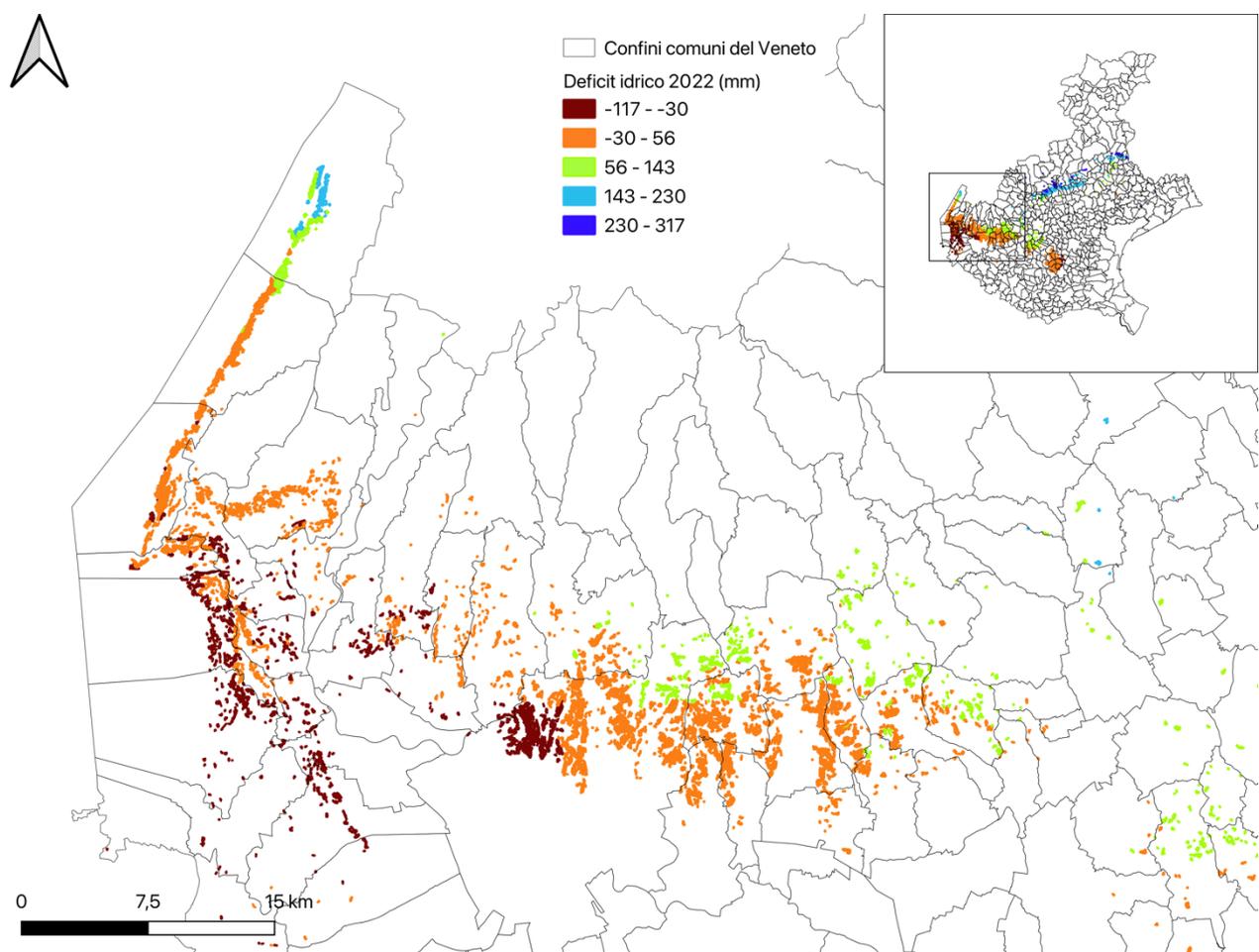


Immagine 25: focus sugli appezzamenti vicino a Verona e lungo la costa est del lago di Garda, in particolare viene rappresentato nella cartina il deficit idrico totale accumulato dai vari appezzamenti durante la stagione 2022, questo viene calcolato sottraendo ai mm di pioggia quelli che le piante hanno perso durante l'anno grazie all'evapotraspirazione.

Nell'immagine qui sopra è rappresentata una mappa degli oliveti presenti nella zona vicino a Verona e lungo la costa est del lago di Garda, questo rappresenta il bilancio idrico totale della stagione 2022 in quanto è stato calcolato sottraendo alle precipitazioni totali calcolate tramite satellite

l'evapotraspirazione colturale di tutti i mesi, si può facilmente notare come la maggior parte degli appezzamenti sia di colore rosso o comunque tendente ad esso, proprio perché l'evapotraspirazione totale durante l'anno è stata maggiore rispetto alle precipitazioni avvenute nel corso dei mesi, con territori in cui troviamo un picco minimo in cui ETc registrata è risultata maggiore rispetto alle precipitazioni di 117 mm, questa rappresentazione grafica rappresenta in modo molto chiaro come la maggior parte degli appezzamenti si sia ritrovata in condizioni di stress idrico durante l'anno 2022.

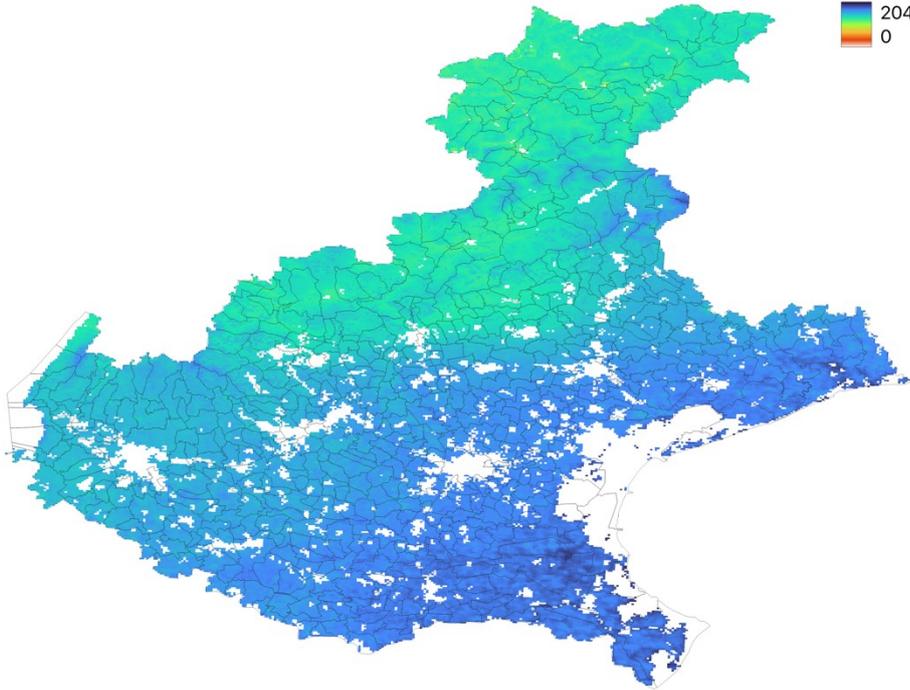
9.6 Risoluzione dei dati di Google Earth Engine

Durante i vari procedimenti d'analisi dei dati evidenziati qui sopra si è sempre fatto riferimento all'utilizzo dei dati satellitari presenti sulla piattaforma Google Earth Engine per mantenere un filo conduttore comune nella fonte delle informazioni, va però considerato che questa tipologia di dati non è sempre così precisa a causa sia della grande estensione che ricopre, che nel caso dei dati delle precipitazioni ogni "pixel" ricopre un'area di 5 km² invece per quanto riguarda l'evapotraspirazione è di 500 m² per pixel che ritroviamo nel raster, in questo caso la misurazione risulta quindi essere più precisa grazie alla maggiore risoluzione dei satelliti Aqua e Terra ma già in questa prima differenza riusciamo a comprendere come la quantità di dati disponibile sia molto variabile.

Per riuscire a spiegare al meglio quest'effetto possiamo analizzare le due immagini sottostanti (figura 23-24), nella prima troviamo i dati relativi alla evapotraspirazione potenziale registrata durante, per esempio, il mese di Maggio nelle zone vicino a Verona e limitrofe al lago di Garda e ogni piccolo quadratino corrisponde ad un'area di 500 m² e risulta quindi una superficie omogenea con tutte le varie sfumature che differenziano le diverse zone da cui sono stati registrati i dati, un altro fattore interessante da notare è come nelle zone in cui è presente una cementificazione elevata o aree prive di vegetazione (come il lago di Garda) non risultino colorate proprio perché non è presente un'evapotraspirazione potenziale.

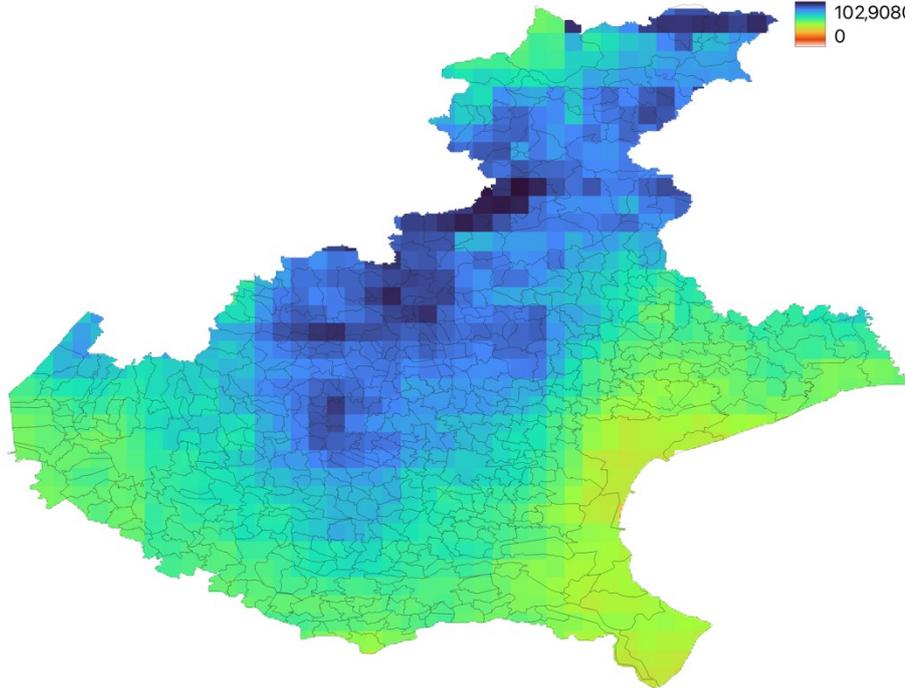
Nell'immagine 24 invece è rappresentato il layer scaricato da Google Earth Engine con le precipitazioni avvenute durante il mese di maggio, l'area geografica rappresentata è la stessa presente nell'immagine superiore, si può però notare come la risoluzione di questi satelliti sia minore rispetto a quelli dedicati alla rilevazione dell'evapotraspirazione, questo accade proprio perché l'area coperta da ogni pixel è di 5 km² ossia 10 volte superiore rispetto alla PET, quindi in una superficie di 5 km² troviamo un singolo valore di mm precipitati al suolo grazie alle piogge ma potenzialmente potrebbero essere presenti 10 diversi valori d'evapotraspirazione, questo è dovuto proprio alla diversa risoluzione delle due tipologie di satelliti, questa differenza risulta quindi di fondamentale importanza per capire quelli che sono i limiti fisici che possiamo riscontrare nell'analizzare questa tipologia di dati; che risultano sicuramente molto facili da reperire in quanti presenti gratuitamente sul web ma

allo stesso tempo non ci riescono a fornire una visualizzazione molto precisa di quello che accade in porzioni molto piccole di terreno ma invece il loro utilizzo principale è proprio quello di dare allo studioso un'elaborazione generale della situazione in una determinata area.





comuni
Precipitazioni Maggio (mm)
Banda 1: precipitation_sum (Gray)
102,908051
0

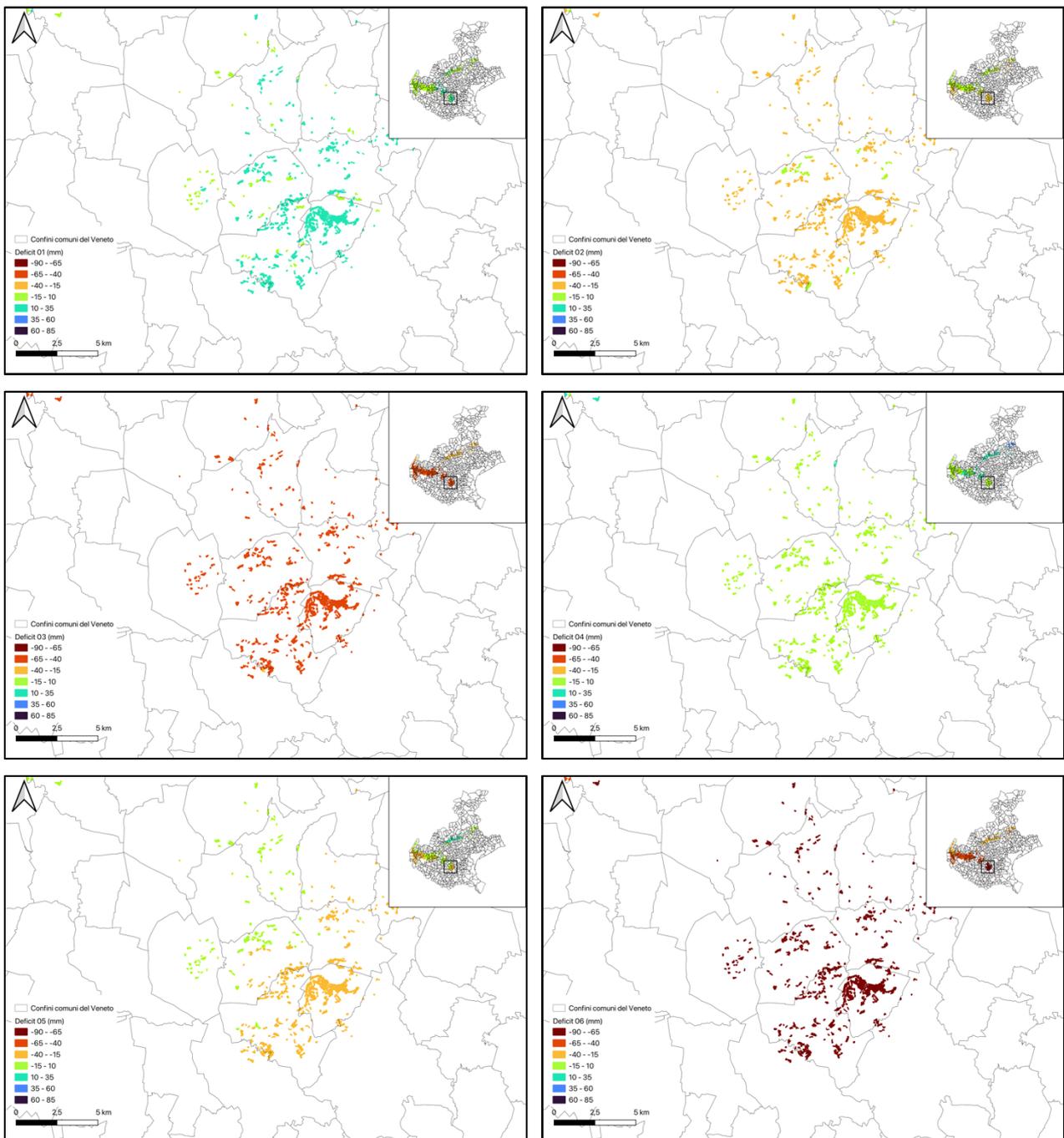


0 25 50 km

Figure 26-27: differenza di risoluzione tra i due satelliti confrontati nella mappa del Veneto, nella prima immagine la risoluzione è di 500 m² nella seconda invece è di 5 km², per entrambe le immagini si fa riferimento al mese di Maggio 2022.

9.7. Focus della situazione idrica degli appezzamenti sui colli Euganei durante l'anno 2022

Nelle mappe sottostanti è stata rappresentato l'andamento idrico degli oliveti presenti nell'area dei colli euganei in provincia di Padova, grazie a queste rappresentazioni grafiche si riesce ad intuire al meglio la situazione di stress vissuta mese per mese dalle coltivazioni, in quanto si può notare come gli appezzamenti durante i vari periodi siano arrivati raramente in condizioni positive ma invece per la maggior parte dell'anno il bilancio tra le precipitazioni avvenute e l'ETc sia risultato negativo con picchi anche di -90 mm in un singolo mese come durante il periodo di giugno.



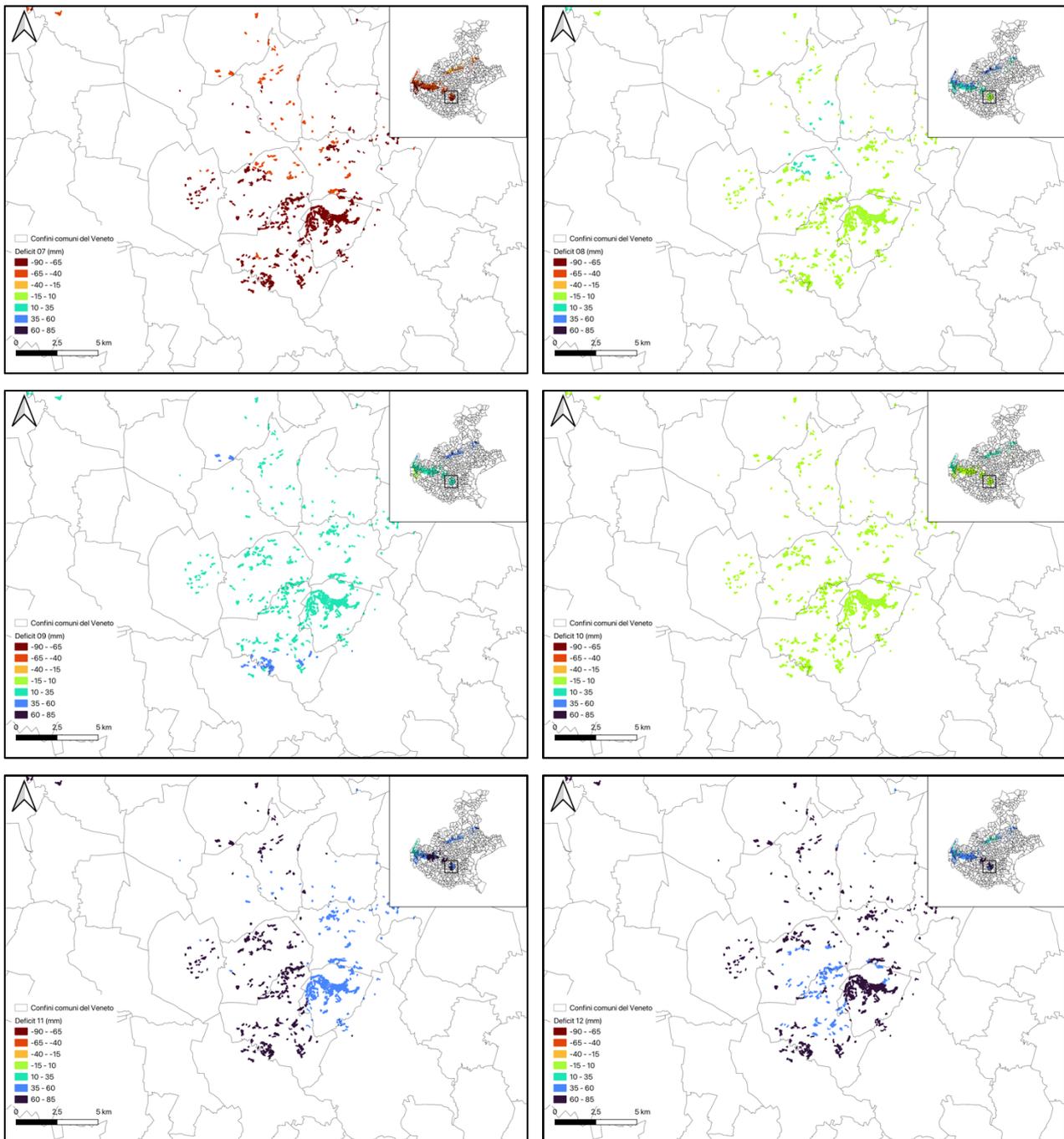


Figura 28: Rappresentazione dell'andamento idrico degli oliveti presenti nei colli Euganei (PD), il deficit idrico è stato calcolato sottraendo alle precipitazioni l'evapotraspirazione culturale di ogni mese (ETc), per definire ogni mese è stato utilizzato il suo corrispondente numero (es: Deficit 06 → Deficit idrico verificatosi nel mese di giugno).

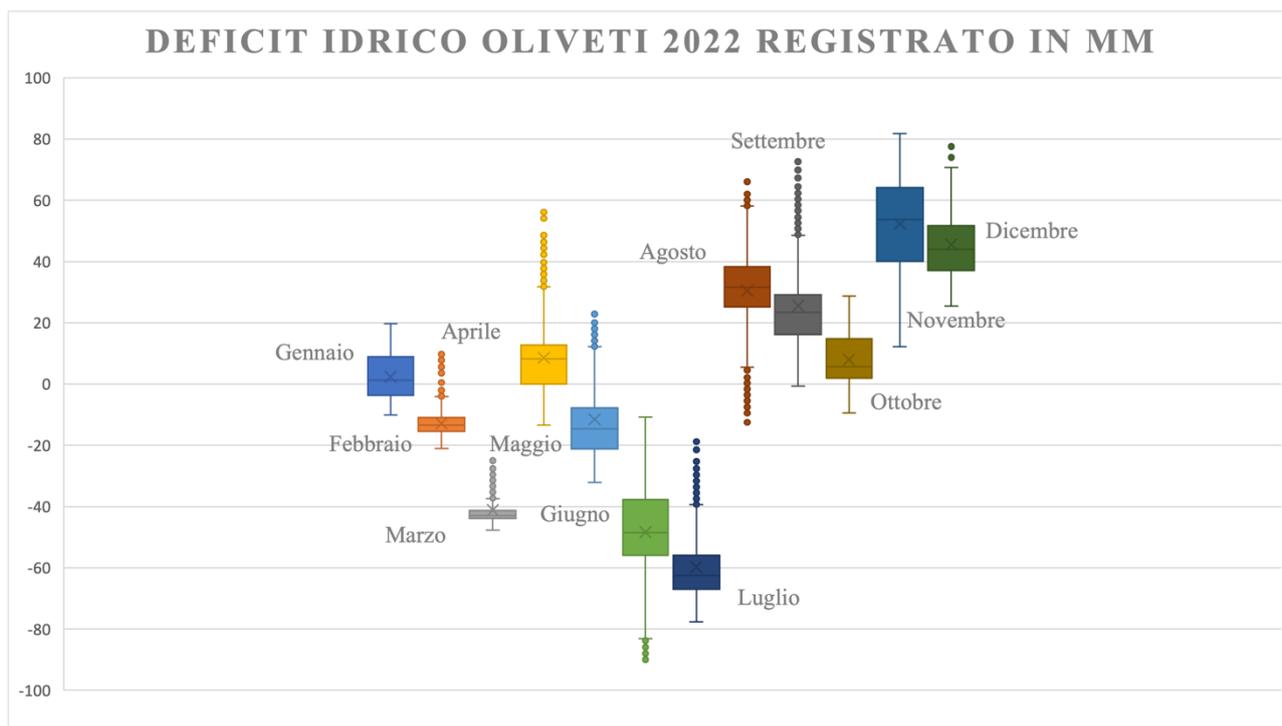


Figura 29: Grafico riportante i dati di deficit idrico nel 2022 in millimetri, ripotati per mese, di tutti gli oliveti presenti in Veneto, (Elaborazione dell'autore: fonte dati Geo-portale del veneto e Google Earth Engine).

Nel grafico sopra riportato (Figura 28), si possono visualizzare tutti i dati che sono stati analizzati in questa ricerca, in particolare si possono osservarne i risultati; infatti, viene riportato il deficit idrico di tutti gli oliveti presenti nella regione del Veneto organizzati per mese, questi sono stati elaborati sottraendo all'evapotraspirazione registrata tramite Google Earth Engine le precipitazioni avvenute. Si può notare in modo molto evidente come durante i primi sette mesi dell'anno (da gennaio a luglio) le diverse coltivazioni abbiano subito un lungo periodo in deficit proprio perché le precipitazioni verificatesi non riuscivano a coprire l'evapotraspirazione naturale della pianta creando quindi delle situazioni di forte stress che hanno successivamente pregiudicato la stagione produttiva proprio perché verificatesi all'inizio dell'anno e durante la fioritura degli olivi, periodo in cui le coltivazioni sono più sensibili agli stress e che possono pregiudicare la raccolta delle olive e le loro caratteristiche qualitative.

Un'altra osservazione importante riguarda la differenza che troviamo nei diversi appezzamenti, lo scostamento dei dati risulta essere infatti molto ridotto questo sta ad indicare che durante l'anno 2022 tutti gli oliveti presenti in Veneto si sono ritrovati in situazioni di forte stress idrico dovuto proprio all'evento di siccità estremo vissuto, questo va a confermare la difficoltà riscontrata dagli agricoltori durante l'anno e da una maggiore spinta alla ricerca di soluzioni semplici e applicabili in ampia scala come può essere la creazione di bacini di stoccaggio dell'acqua per l'irrigazione di soccorso raccolta durante i periodi con più abbondanza e soprattutto questi dati ci permettono di comprendere come

dopo il 2022 la coltivazione degli oliveti in Veneto risulti essere particolarmente difficoltosa da effettuare senza un adeguato sistema d'irrigazione ed anzi ci permette di riflettere su come stiano cambiando i metodi di coltivazione di tutte le colture ed anche quelle più storiche e caratteristiche che bene si erano ambientate al clima della zona.

10. Limiti

L'utilizzo di dati satellitari comporta quindi l'assunzione di un compromesso per quanto riguarda la precisione dei dati come ben descritto nel capitolo 9.6. grazie anche alle diverse immagini di facile comprensione riportate; questo limite però, viene in parte coperto da quella che è la facilità nella reperire informazioni da un ampio territorio, la differenza che si può ritrovare in queste informazioni rispetto a quelle ricavata da stazioni terrestri come quelle che utilizza l'Arpav (Agenzia Regionale per la prevenzione e protezione ambientale del veneto) la quale si occupa appunto di controllare e monitorare i diversi fattori ambientali nella regione veneto come la qualità dell'aria e quelle acque, la gestione del suolo e delle emergenze ambientali e chiaramente promuove tutte le attività relative alla sostenibilità ambientale da parte dei cittadini.

L'Arpav ha quindi una rete capillare in Veneto di stazioni per il monitoraggio dei dati ambientali, in particolare secondo i dati da lei fornita nel 2022 le stazioni attive nel territorio risultavano essere 93, equipaggiate per il rilevamento dell'inquinamento dell'aria, in particolare con sensori sensibili a sostanze come:

- il particolato (PM10, PM2.5),
- ozono (O3), biossido di azoto (NO2),
- monossido di carbonio (CO),
- biossido di zolfo (SO2),
- composti organici volatili (COV).

E dei sensori meteorologici che misurano parametri come:

- temperatura,
- umidità,
- velocità,
- direzione del vento,
- pressione atmosferica.

Quest'ultima tipologia di dati sono quelli che più ci interessano per la nostra analisi perché ci permettono di capire quello che è lo scostamento tra le rilevazioni satellitari e quelle delle stazioni ARPAV, questa differenza viene infatti stimata in un lavoro d'analisi (*Evaluation of MODIS products for the quantification of crop water stress in Piedmont - Prof. Stefania Tamea Ing. Matteo Rolle -*

Margherita Urbini) e si attesta in una differenza di circa il 20%, va però sempre tenuto in considerazione che i dati raccolti dalle stazioni sono molto precisi e veritieri in un'area ristretta, di qualche km, attorno alla stazione stessa e non possono essere presi in considerazione per le rilevazioni in zone ampie perché spesso la concentrazione maggiore è presente vicino alle città e non nelle zone più rurali che risultano non essere coperte omogeneamente, di conseguenza per uno studio preciso viene consigliato d'associare i dati raccolti da entrambi i sistemi.

Per stimare l'evapotraspirazione delle aree terrestri chiaramente sono presenti molti metodi diversi diretti o indiretti, che prevedono o no la presenza di strutture a terra, tutte queste metodologie hanno dei vantaggi e svantaggi che le permettono di adattarsi al meglio ai diversi studi che si vogliono eseguire infatti grazie alle diverse metodologie utilizzabili è possibile trovare un metodo che si adatta perfettamente alle esigenze di misurazione richieste e dalla precisione che si vuole ricercare, i metodi più utilizzati oltre a quelli descritti precedentemente sono:

- **Lisimetri:** che sono degli strumenti di misurazione molto precisi utilizzati per verificare l'evapotraspirazione di una pianta che viene posta in un contenitore chiuso che misura la quantità d'acqua che essa perde durante il giorno misurata tramite la differenza di peso del "sistema" pianta e suolo tra l'inizio della giornata e la fine.
- **Metodi di bilancio idrico:** viene misurata l'umidità del suolo a diverse profondità grazie a delle sonde o a dei tensiometri misurano la tensione del suolo che è direttamente correlata all'assorbimento da parte delle piante.
- **Formula di Penman-Monteith:** il quale è il metodo standard utilizzato dalla FAO (Food and Agriculture Organization) per calcolare l'ET di riferimento (ET_0) e che integra diverse variabili climatiche come temperatura, umidità, velocità del vento e radiazione solare.
- **CRNS:** "cosmic-ray neutron sensing" la quale è una tecnologia che si sta sviluppando sempre di più in quanto ci permette di misurare con una buona accuratezza l'evapotraspirazione in aree molto grandi (decine di ettari) avendo un bassissimo impatto sul suolo e sulle piante perché non necessita di un contatto diretto con il suolo o le piante ma grazie all'utilizzo di sensori che monitorano la quantità di neutroni presenti vicino al suolo in quanto la loro quantità è inversamente proporzionale all'umidità del terreno stesso e grazie all'utilizzo di modelli matematici è possibile calcolare l'evapotraspirazione di una determinata superficie.

In questo studio si è quindi preferito utilizzare un metodo di stima satellitare proprio per riuscire ad avere dei dati costanti per tutte le diverse operazioni d'analisi, in quanto i dati provengono da una sola fonte che sono appunto i satelliti Aqua e Terra e questo ci permette di essere di conseguenza costanti nei risultati ottenuti anche nell'analisi di grandi aree, opzione che non poteva essere possibile utilizzando altri metodi d'analisi come nel caso delle stazioni ARPAV che sono presenti in tutto il

territorio del Veneto ma spesso poste vicino alle città o comunque lontane rispetto ai diversi appezzamenti degli oliveti e come già descritto i dati ricavati da queste stazioni risultano essere maggiormente precisi ma solo per l'area strettamente correlata alla stazione, con i dati satellitari invece è possibile coprire aree molto più ampie con la consapevolezza però di un errore rispetto alle rilevazioni precise sul posto di massimo il 20% (*Evaluation of MODIS products for the quantification of crop water stress in Piedmont - Prof. Stefania Tamea Ing. Matteo Rolle - Margherita Urbini*).

11. Conclusioni

Lo scopo principale di questo studio è il cercare di comprendere come le coltivazioni degli ulivi abbiano sofferto la siccità durante l'anno 2022, in questo periodo le piante hanno subito importanti perdite produttive dovute proprio allo stress a cui sono state sottoposte durante tutta la stagione produttiva, questo perché le temperature e le precipitazioni si sono discostate di molto rispetto alla media del territorio, e di conseguenza, nonostante la grande capacità da parte di queste piante a resistere a condizioni climatiche avverse, la loro adattabilità ad un clima mediterraneo particolarmente caldo e secco non è bastata.

Infatti in molte zone non si è riuscito a raccogliere le olive per la produzione d'olio proprio perché a causa dello stress elevato in cui si ritrovavano le piante si è verificata una cascola prematura dei frutti in quanto gli ulivi non avevano le risorse idriche per portare a maturazione completa i propri frutti causando un danno molto elevato per la micro-economia del luogo.

Questa ricerca ha come scopo il riuscire a calcolare la quantità d'acqua necessaria per garantire la crescita degli ulivi nei diversi territori del Veneto, chiaramente però sono presenti dei limiti oggettivi, (come già spiegato precedentemente nel capitolo 10. Limiti), per quanto riguarda l'accuratezza e la precisione dei dati oltre i quali non ci è possibile andare, in particolare utilizzando le rilevazioni effettuate da satellite ci scontriamo con la risoluzione che quest'ultimo ha.

Ossia la definizione che hanno i sensori con cui sono equipaggiati i satelliti e che definiscono l'area di rilevazione, intesa in metri o chilometri quadrati.

I satelliti da noi utilizzati durante la ricerca hanno rispettivamente una risoluzione di 500 m² per il satellite Terra, e 5 km² per Aqua, questo significa che riusciremo ad avere 10 volte più informazioni per quanto riguarda l'analisi dell'evapotraspirazione, rispetto alle precipitazioni avvenute in una determinata area. Questo proprio perché i satelliti creano delle zone medie con gli stessi dati (pixel di risoluzione), ma ovviamente non riescono a rilevare quella che è l'evapotraspirazione di ogni singola pianta, ma farà una media dei dati ricavati all'interno dell'area di 500 m, uguale risulta essere quindi anche il calcolo eseguito dal satellite Aqua, solamente che essendo dotato di un sensore con una

risoluzione minore la precisione di rilevamento dei dati sarà leggermente inferiore come nel nostro caso specifico 10 volte minore.

Queste differenze di risoluzione però non comportano ad errori particolarmente elevati, perché spesso le zone interessate dalle precipitazioni, sono aree molto estese proprio grazie alle caratteristiche meteorologiche degli eventi atmosferici, infatti i casi in cui vari la quantità pioggia in due punti distanti 500 m è molto bassa, in quanto i movimenti stessi delle nuvole dei sistemi temporaleschi, normalmente, crea una fascia di precipitazioni costati lungo tutto il loro movimento, di conseguenza una risoluzione dei dati di 5 km possiamo considerarla utile per la nostra ricerca in quanto possiamo aspettarci dei dati attendibili che rispettano la realtà degli eventi.

Inoltre va considerato un altro aspetto positivo ossia la possibilità di vedere la presenza di territori più soggetti a situazioni di siccità rispetto ad altri, questo può manifestarsi a causa della morfologia del territorio, come per esempio la presenza di montagne, o di laghi, che vanno a bloccare fisicamente i fenomeni atmosferici, o a mitigare il clima della zone, come nel caso del lago di Garda che spesso durante la stagione estiva è causa di piccoli fenomeni piovosi che si manifestano lungo le sue rive o nei territori a lui vicino.

Di conseguenza un'analisi attenta, e soprattutto con una visione "dall'altro" di quello che succede nelle aree in cui sono presenti i nostri appezzamenti, può risultare fondamentale per capire l'andamento meteorologico di una determinata area in un periodo di tempo determinato.

La possibilità di focalizzare le aree che hanno risentito di più delle condizioni meteorologiche avverse, (come quelle manifestatesi durante l'anno analizzato nella ricerca 2022), ci permette di comprendere anche quelle che sono le difficoltà e le esigenze con cui un agricoltore dovrà confrontarsi, nel caso della creazione di un nuovo appezzamento d'oliveti in una determinata area geografica, e potrà quindi valutare l'economicità del nuovo impianto, rapportandolo a quello che finora è stato l'anno meno produttivo a livello qualitativo, quantitativo e di conseguenza economico. In questo modo quindi sarà possibile crearsi uno schema confrontando gli oliveti delle zone vicine, per comprendere quale risulti essere la zona più vocata per la coltivazione di quest'ultimo, considerando, che l'allevamento degli oliveti è una delle coltivazioni che si protraggono più a lungo e possono impiegare un terreno per diverse decine d'anni se non secoli come nel caso degli oliveti presenti nel sud Italia.

In questo studio quindi si è voluto evidenziare l'andamento idrico della stagione 2022 relativo all'olivo, una coltivazione molto resistente agli stress causati dalla mancanza d'acqua, in quanto cresciuta e adattata all'ambiente mediterraneo, noto per le sue caratteristiche estati calde e poco piovose; dai dati raccolti si può quindi notare come nonostante la sua elevata adattabilità agli ambienti siccitosi, molti appezzamenti presenti in Veneto si siano ritrovati in stress idrico causando perdite produttive molto alte che hanno a loro volta causato ingenti perdite economiche agli agricoltori.

Con l'utilizzo di Google Earth Engine abbiamo visto come la visualizzazione e analisi dei dati relativi, in questo caso alle precipitazioni e l'evapotraspirazione, sia un processo accessibile a tutti e facilmente replicabile in altre aree geografiche, questo permette quindi un'analisi delle diverse coltivazioni, per riuscire a calcolare quello che potrà essere il bisogno idrico estivo, che si potrà fornire come input alle coltivazioni nelle diverse aree tramite delle irrigazioni di soccorso controllate. La potenzialità maggiore infatti dei sistemi satellitari, è proprio che anche senza un grande investimento, risulta possibile fare una previsione sulla quantità d'acqua necessaria per l'irrigazione delle proprie coltivazioni negli anni successivi studiando i dati passati presenti nei diversi database. L'importante possibilità quindi d'analisi dei dati forniti liberamente, e di facile accesso, per tutti permette agli agricoltori di riuscire a prevedere quelle che potenzialmente potranno essere le esigenze idriche delle loro coltivazioni, e di creare quindi delle strutture d'irrigazione adeguate ai loro appezzamenti, per riuscire a soddisfare le esigenze idriche durante tutte le diverse fasi di crescita della coltura per permetterle, quindi, di svilupparsi al meglio ed esprimere quello che è il loro potenziale produttivo.

Proprio grazie ai dati raccolti sugli uliveti, in particolare le precipitazioni, e l'evapotraspirazione, durante i diversi periodi dell'anno, è possibile analizzare quelli che sono i mesi dove le precipitazioni risultano essere più elevate, più di quelle che è il normale fabbisogno fisiologico delle piante, e prevedere dei metodi per immagazzinare quest'eccesso che normalmente verrebbe disperso, avendo quindi un impatto sull'ambiente ancora più inferiore rispetto, per esempio, all'utilizzo delle risorse idriche sotterranee, e soprattutto, la creazione di micro-invasi per i diversi appezzamenti permetterebbe una forte autonomia da parte degli agricoltori, a quelle che sono le necessità di gestione idrica effettuate dai diversi consorzi di bonifica, che chiaramente devono sempre cercare un compromesso nell'utilizzo dell'acqua per l'irrigazione e la salvaguardia dell'ambiente e gli ecosistemi presenti nei diversi corsi d'acqua.

Quando si fa riferimento all'olivicoltura in Veneto quindi, ci si ritrova di fronte a diverse realtà, presenti in diverse aree produttive, ma le quali producono un prodotto dalla qualità molto elevata, che va sicuramente protetto e conservato nel corso degli anni a venire, in modo che possa continuare a svilupparsi, per continuare ad essere presente nel territorio.

Per riuscire a garantire queste eccellenze bisogna però, scontrarsi con la realtà del cambiamento climatico che rende la coltivazione degli uliveti sempre più difficile anche nel nord Italia, infatti ad oggi non è più pensabile, purtroppo, ad un'olivicoltura senza l'utilizzo dell'irrigazione, come si poteva eseguire fino a qualche anno fa, ma risulta importante studiare e analizzare un piano per non ritrovarsi impreparati durante gli anni più difficoltosi, e questo è possibile analizzando i dati che sono disponibili proprio come quelli analizzati in questa ricerca, per comprendere i volumi necessari per

la crescita delle nostre coltivazioni. E soprattutto bisogna valutare i diversi metodi irrigui per garantire un'ottima efficienza d'uso della risorsa idrica, scegliendo i metodi più adeguati alla nostra realtà i quali possono essere diversi, come visto nei capitoli precedenti, e possono variare da un'irrigazione a scorrimento ad aspersione, a goccia o tramite l'utilizzo di vasi in terracotta, diverse tipologie d'irrigazione che hanno però tutte lo stesso scopo; garantire il giusto approvvigionamento idrico alle coltivazioni per garantirne il miglior sviluppo possibile cercando allo stesso tempo di salvaguardare il più possibile la risorsa idrica.

12. Bibliografia

Bainbridge, D.A., Virginia, R.A., 1989.

Irrigation trials: progress report. Systems Ecology Research Group.

San Diego State University, San Diego, CA.

Google Scholar

Behboudian M. H., Mills T.M., 1997.

Deficit irrigation in deciduous orchards.

Horticultural Rev. 21: 105-131

Google Scholar

Campisi G., Caruso T., Farina G., Marino G. e Marra F.P.

Comportamento agronomico di un impianto superintensivo di olivo in Sicilia sottoposto a irrigazione "in deficit".

Dipartimento di Colture Arboree, Università di Palermo, 2006.

Google Scholar :31-36

“Censimento Agricoltura 2020”, ISTAT.

Chris Funk, Pete Peterson, Martin Landsfeld, Diego Pedreros, James Verdin, Shraddhanand Shukla, Gregory Husak, James Rowland, Laura Harrison, Andrew Hoell & Joel Michaelsen, 2015.

The climate hazards infrared precipitation with stations a new environmental record for monitoring extremes.

Nature.com

Eduarda Silva Trindade, Eduarda Silva Trindade, Guilherme Bueno, Joao Gabriel Madeira, Álvaro Leonardo do Nascimento, 2023.

Monitoramento agrícola utilizando Google Earth Engine.

Google Scholar

Eugenio Straffelini, Paolo Tarolli 2023.

Climate change-induced aridity is affecting agriculture in Northeast Italy

University of Padua, Italy.

Sciencedirect.com

Er-Raki, A. Chehbouni, J. Hoedjes, J. Ezzahar, B. Duchemin, F. Jacob 2008

Improvement of FAO-56 method for olive orchards through sequential assimilation of thermal infrared-based estimates of ET.

Sciencedirect.com

Evet Steven, Howell Terry, Schneider Arland, Tolk, Judy, 1995.

Crop coefficient-based evapotranspiration estimates compared with mechanistic model results.

USDA: Agricultural Research Service U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

Ilenia Cescon, 2020 – Informatore Agrario pag. 29-30

Prove d'olivicoltura superintensiva in Veneto.

- Giampaola Bellini, 2014. Pag. 26-44.
Censimento generale dell'agricoltura: utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura.
- J. Eitzinger, D. Marinkovic J. Hosch, 2002.
Sensitivity of different evapotranspiration calculation methods in different crop-weather models.
iEMSs: International Congress on Environmental Modelling and Software
- Martello Marco 2013.
Ricerca e sviluppo di tecnologie per la gestione razionale dell'acqua irrigua.
- Matteo Pacella, Davide Nieri 2022.
Topografica radicale di olivo in impianti ad alta densità.
Research Padua Archive
- M.T. Sheik'h, B.H. Shah, 1983.
Establishment of vegetation with pitcher irrigation.
- M. Tarjuelo, Juan A. Rodriguez-Diaz, Ricardo Abadía, Emilio Camacho, Carmen Rocamora, Miguel A. Moreno 2015.
Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies José.
Sciencedirect.com
- Martin J. R. Best e Jeffery J. McDonnell, 2013.
Evapotranspiration: Principles and Applications for Water Management.
- Mitchell P.D., Chalmers D.J., Jerie P.H., Burge G., 1986.
The use of initial withholding of irrigation and tree spacing to enhance the effect of regulated deficit irrigation on pear trees.
CABI Database
- Moriana A., Orgaz F., Pastor M., Fereres E., 2003.
Yield responses of a mature olive orchard to water deficits.
J. Am. Soc. Hortic. Sci. 128: 425-431.
- Stefano Ciafani, 28 dicembre 2023,
2023 anno da bollino rosso per il clima, Legambiente.
- Olivicoltura trentina 2020. Pag. 1-6,
Ricerca e sperimentazione tra produzione di qualità e tutela del paesaggio.
- R. S. Lindzen, 1994.
Climate Dynamics and Global Change.
Annual Reviews pag. 353- 361
- Riccardo Gucci, 2012.

Accademia Nazionale dell'Olivo e dell' Olio Spoleto, IRRIGAZIONE
Collana divulgativa dell'Accademia Volume IX, pagina 8.

Riccardo Gucci, 2006.

Implicazioni delle relazioni idriche nella gestione dell'irrigazione dell'olivo.
Review n. 3 – Italus Hortus 13 (1), 2006: 61-70

Richard Allen et al. 1998.

“FAO Irrigation and drainage paper No. 56”.
In: Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations 56, pp. 26–40.

Piero Battista, Marta Chiesi, Bernardo Rapi, Maurizio Romani, Francesco Sabatini, Fabio Maselli, Claudio Cantini, Alessio Giovannelli, Giovanni Marino, Claudia Coccozza, Roberto Tognetti, Antonio Raschi, 2015.

Applicazione di un modello integrato per la stima dell'evapotraspirazione di piante d'olivo (Olea europea L.).
Google Scholar

Samish R.H., Spiegel P., 1961.

The use of irrigation in growing olives for oil production.
Israel J. Agr. Res. 11(2): 87-95.

Servili M., Esposito S., Lodolini E., Selvaggini R., Taticchi A., Urbani S., Montedoro G.F., Serravalle M., 2007.

Irrigation effects on quality, phenolic composition and selected volatiles of vergin olive oil cv. Leccino.
J. Agric. Food Chem. 55: 6609-6618.

Shiek'h e Shah, 1983.

Establishment of vegetation with pitcher irrigation.
Google Scholar

Stefania Tamea, Matteo Rolle Candidate, Margherita Urbini 2023.

Evaluation of MODIS products for the quantification of crop water stress in Piedmont.
Google Scholar

Xiloyannis C., Gucci R., Dichio B., 2003.

Irrigazione. Olea trat- tato di olivicoltura: 365-389.

13. Sitografia:

<https://www.snpambiente.it/2022/07/26/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2022/>

http://dati-censimentoagricoltura.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DICA_IRRIGATFG

<https://it.wikipedia.org/wiki/Marcita>

<https://ilasl.org/index.php/Incontri/article/view/308/309>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722040736>

https://www.clamerinforma.it/arsia/schede_acqua/arsia_capitolo_xi.pdf

<https://www.irrigazioneveneta.com/project/impianti-pivot-rainger/>

<https://www.ocmis-irrigazione.it/>

<https://www.ocmis-irrigazione.it/en/hose-reels/vir8am>

<https://www.arpa.veneto.it/>

<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

<https://www.lagodigarda.site/climatologia-2/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Lago_di_Garda

<https://www.oliogardadop.it/olio-garda-dop/>

https://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/indicatori-ambientali/indicatori_ambientali/clima-e-rischi-naturali/clima/precipitazione-annua/2022

<https://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/notetecniche/nota4/pag005.asp>

<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>

<https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/2023-anno-da-bollino-rosso-per-il-clima/>

<https://www.fondazione-lowfood.com/it/siccita-e-crisi-idrica-orti-in-africa-esempio/>

https://www.ilsole24ore.com/art/siccita-piano-invasi-salvare-l-agricoltura-e-realizzato-solo-2percento-AEmMaebC?refresh_ce=1

<https://www.agromillora.com/it/colture-superintensive-di-ulivo/>