



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

---

*Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Edile*

*DICEA – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura*

**INFLUENZA DEI MECCANISMI DI INFILTRAZIONE SULLA  
DISPONIBILITÀ IDRICA SOTTERRANEA**

**INFLUENCE OF INFILTRATION MECHANISMS ON  
GROUNDWATER AVAILABILITY**

*Tesi di:*

*Relatore:*

Prof. Alberto TAZIOLI

Anastasia FORTUNI

Matr. 1096165

*Correlatore:*

Dott. Davide FRONZI

*Anno Accademico 2022/2023*

# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALI E METODI</b>	<b>7</b>
<b>2.1 AREA DI STUDIO</b>	<b>7</b>
<b>2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>9</b>
<b>2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO</b>	<b>10</b>
<b>2.4 DESCRIZIONE CAMPO PROVA</b>	<b>11</b>
<b>2.4.1 PIEZOMETRO</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2 TENSIMETRO</b>	<b>13</b>
<b>2.4.3 LISIMETRO</b>	<b>15</b>
<b>2.4.3 DATALOGGER ZL6</b>	<b>17</b>
<b>2.4.4. TEROS 12</b>	<b>18</b>
<b>2.4.5 TEROS 21</b>	<b>19</b>
<b>2.4.6 5TE</b>	<b>20</b>
<b>2.5 STRUMENTI INFORMATICI</b>	<b>21</b>
<b>3. RISULTATI</b>	<b>22</b>
<b>4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI</b>	<b>33</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b>	<b>36</b>
<b>5.1 BIBLIOGRAFIA</b>	<b>36</b>
<b>5.2 SITOGRAFIA</b>	<b>37</b>

# 1.INTRODUZIONE

Il pianeta, nell'ultimo millennio, sta affrontando una grande crisi climatica. I mutamenti climatici sono le variazioni a livello globale del clima, cambiamenti dei valori medi o delle variazioni rispetto alla media. Essi si producono a diverse scale temporali su tutti i parametri meteorologici: temperature massime e minime, precipitazioni, nuvolosità, temperature degli oceani eccetera. Sono generati sia da cause naturali che antropogeniche (Schiavon e Zecchin, 2007).

Si parla di siccità come di quella condizione meteorologica naturale e temporanea in cui si manifesta, per un tempo sufficientemente lungo e su un'area sufficientemente vasta, una sensibile riduzione della quantità di precipitazioni rispetto ai valori attesi (generalmente i valori climatologici) tale da determinare, in relazione alla sua durata ed entità, significativi effetti negativi sull'ambiente e sulle attività economiche (Rossi et al., 1992; Schmidt et al., 2012). Gli effetti di quest'ultima sono devastanti in quanto provoca l'innalzamento della temperatura e la riduzione delle risorse idriche che crea gravi problemi alla popolazione, all'agricoltura e all'industria.

La siccità viene spesso indicata di quattro tipi: meteorologica, agricola, idrologica e socio-economica (Wilhite, 2000):

- Siccità meteorologica: riduzione delle precipitazioni al di sotto della media climatologica (almeno 30 anni), per un certo periodo (es. giorni, mesi, anni), in una determinata area. (<https://drought.climateservices.it/siccita/> )
- Siccità agricola: riduzione della disponibilità idrica (dovuta alle scarse precipitazioni ed all'aumento dell'evapotraspirazione) nella zona radicale del suolo, che ha impatto sulla crescita ottimale delle piante (soprattutto durante alcune fasi fenologiche critiche) e causa una riduzione delle rese. (<https://drought.climateservices.it/siccita/> )
- Siccità idrologica: implica una riduzione delle risorse idriche (corsi d'acqua, laghi, acquiferi sotterranei) al di sotto una data soglia per un dato periodo, dovuta ad una persistente riduzione delle piogge. (<https://drought.climateservices.it/siccita/> )

- Siccità socio-economica: viene associata alla domanda/rifornimento idrico relativa a beni e bisogni economici. Durante siccità particolarmente intense ed estese l'allocazione della risorsa idrica per le comuni attività antropiche può essere compromessa. (<https://drought.climateservices.it/siccita/> )

Sono molte le città ad aver registrato pesanti impatti causati da fenomeni di variabilità climatica negli ultimi due decenni, peraltro stimata in aumento nel futuro prossimo. Piogge estremamente intense e alluvioni, periodi con assenza di piogge, aumento della temperatura dell'aria, ondate di calore che persistono per giorni e notti, diminuzioni dei giorni freddi sono eventi che aumentano i rischi per sicurezza e salute delle persone anche nelle città italiane. ( [www.istat.it](http://www.istat.it) )

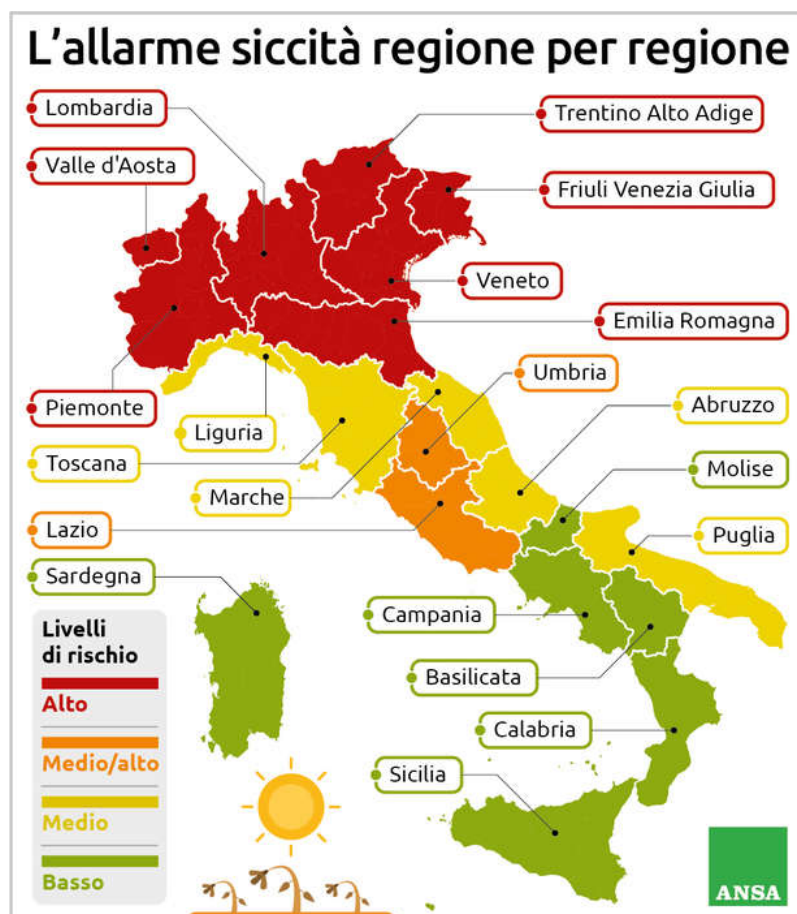


Figura 1.1 (Mappa della siccità – Studio ANSA2022)

In Italia, come anche in Europa, l'allarme siccità è molto elevato nella parte settentrionale e tende a diminuire andando verso il meridione.

In particolare nelle Marche, pur avendo un livello di rischio medio, la portata dei fiumi è ai minimi storici per la carenza di precipitazioni -53% rispetto alla media degli ultimi dieci anni. ([www.ansa.it](http://www.ansa.it))



*Figura 1.2 (Livello fiume Po ad agosto- immagine Fabrizio Di Nicci)*

Un esempio di riduzione dei bacini idrici è il fiume Po come si può evincere dalla Figura 1.2, che nel 2022 ha registrato, in termini di portata, il valore minimo mai raggiunto.



*Figura 1.3 (ANSA foto- Filippo Venezia)*

Sempre nel settentrione un ulteriore esempio è il Lago di Garda (Figura 1.3) che nell'aprile del 2023 registra il valore minimo di portata degli ultimi 70 anni.

L'innalzamento delle temperature degli ultimi anni ha provocato un ulteriore fenomeno dannoso per l'ambiente, cioè lo scioglimento dei ghiacciai e riduzione delle nevicate.

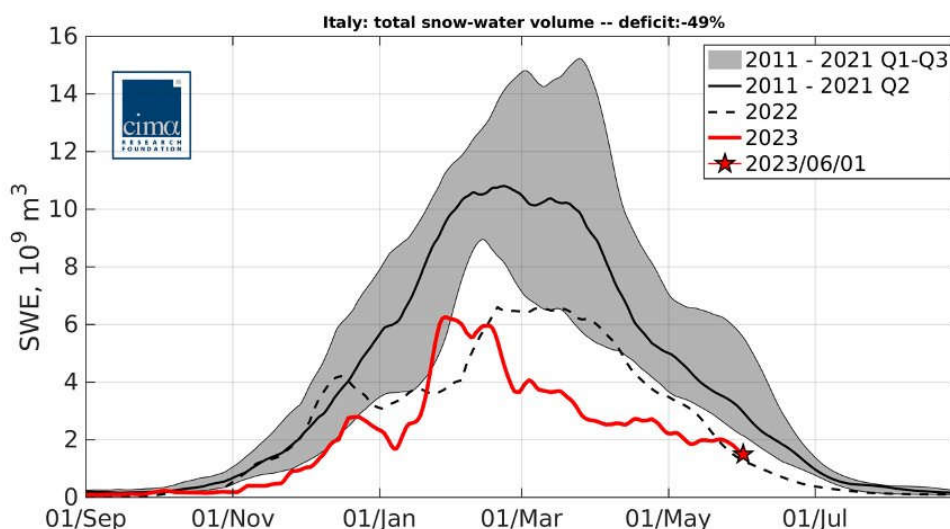


Grafico 1.1 (Andamento dello snow water equivalent a livello nazionale- Fondazione Cima, 2023)

Da questo grafico è possibile vedere la diminuzione del volume d'acqua della neve dal 2011 al 2023. Oltre a diminuire il quantitativo di neve si vede come si anticipa ogni anno il picco massimo che si raggiunge, infatti nel periodo 2011-2021 il picco si raggiunge ad aprile, mentre nel 2023 il picco si raggiunge a febbraio.

Secondo i dati Istat raccolti nel 2019, la più grande risorsa idrica di acqua potabile in Italia proviene dalle acque sotterranee, che coprono l'84% del fabbisogno nazionale (Rusi et al., 2022).

Quando l'acqua attraversa la superficie del suolo, penetrandovi in direzione verticale, si parla di infiltrazione. È il processo più caratteristico per aumentare il contenuto d'acqua nel suolo (Frevet et al. 1963).

La parte del terreno interessata dal fenomeno dell'infiltrazione è quella più vicina alla superficie che è in genere indicata come suolo. Il suolo è un mezzo poroso costituito da

una matrice solida caratterizzata da cavità che possono essere o meno riempite di acqua. (Versace, UniCal).

In realtà l'infiltrazione dell'acqua è un processo molto complesso che dipende da vari fattori, in primis dalle condizioni superficiali del suolo, quali rugosità, presenza di coperture di pietre e materia organica, sua idrofobicità, presenza di fessure e crepe, oltre che dalla morfologia del luogo e dall'altezza della falda freatica, ma dipende soprattutto dalla porosità. È la presenza di macropori interconnessi e collegati alla superficie che permette all'acqua di infiltrarsi e permeare in profondità. Per cui sono piuttosto l'incrostamento e il compattamento superficiale e profondo i veri responsabili della ridotta penetrazione di acqua nel suolo (Costantini E., 2023).

Le precipitazioni sono un dato rilevante per la siccità in quanto possono trasformarsi in parte in infiltrazioni d'acqua nel suolo alimentando quindi la falda sotterranea, ma il periodo di crisi climatica che si sta affrontando non favorisce la ricarica completa degli acquiferi, molta acqua va persa per evapotraspirazione o sovralluvionamenti e la sopravvivenza delle falde sotterranee in alcune latitudini è a rischio.

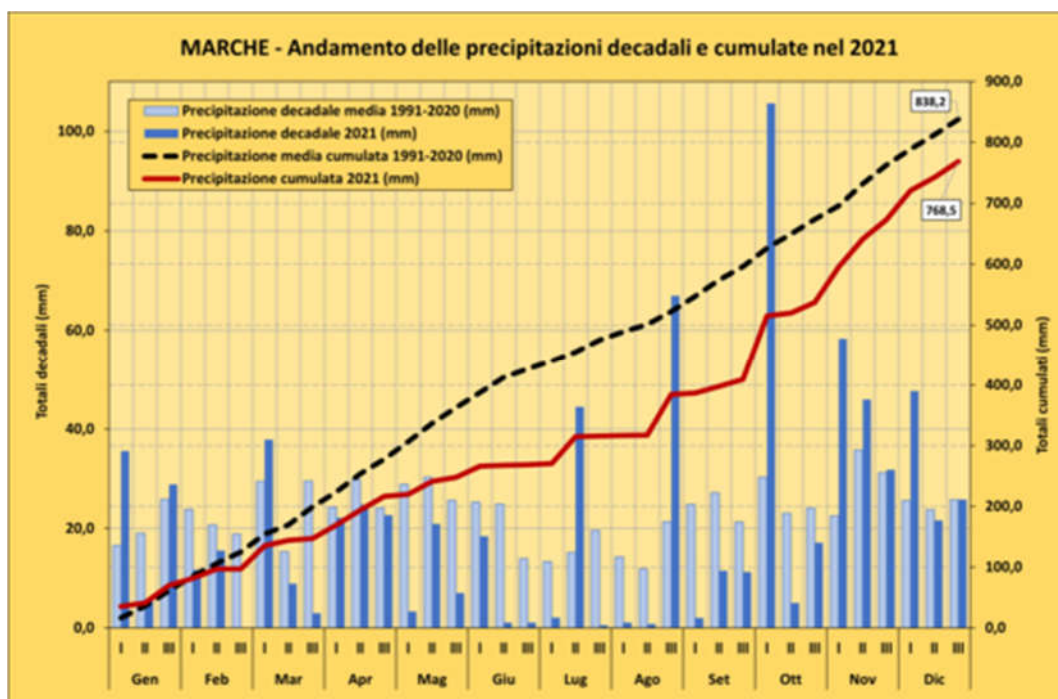


Grafico 1.2 (Studio dell'andamento pluviometrico dell'anno 2021 Marche, attività svolta dall'Osservatorio di Agro-Meteo-Climatologia istituito presso il CREA)

Nel grafico è stato analizzato l'andamento nelle Marche delle precipitazioni cumulate fino al 2021. Si nota come il periodo estivo 2021 ha visto valori di pioggia nettamente inferiori alla media dei decenni precedenti; infatti il trend della retta rossa, corrispondente alla precipitazione cumulata del 2021, è inferiore in relazione alla retta nera tratteggiata, che rappresenta la precipitazione media cumulata dal 1991 al 2020.

Gli acquiferi costituiscono pertanto una fonte di acqua da sfruttare, normalmente di buona qualità, adeguatamente protetta dai processi superficiali e in un certo senso più resiliente ai cambiamenti climatici rispetto alle risorse superficiali. Per tali motivi, ravvisata la grande importanza per il periodo di studiare nel dettaglio i parametri che determinano l'infiltrazione nel suolo e la ricarica degli acquiferi, l'UNIVPM ha installato un campo prova per indagare l'influenza di tali parametri sui processi infiltrativi e di ricarica che avvengono fino alla falda. Per tale scopo è stato selezionato un campo prova ubicato nei pressi di Ancona nella valle del Betelico.

All'interno di questo sito sono state eseguite tutte le procedure di misure e campionamento del suolo monitorando le caratteristiche e le proprietà delle acque di infiltrazione e percolazione a tre profondità differenti (0.6 m, 0.9 m e 1.7 m) attraverso l'uso di piezometri, lisimetri, tensiometri e sensori elettronici quali Datalogger Z16, Teros 12, Teros 21 e 5TE. Tutte le misure effettuate sono state raccolte ed analizzate attraverso grafici grazie al programma di calcolo Excel.

Tutte le misure hanno lo scopo di evidenziare la dipendenza della disponibilità idrica da certi parametri quali umidità, conducibilità elettrica e temperatura del suolo e soprattutto le modalità di infiltrazione dell'acqua nel suolo.

L'elaborato è suddiviso in 4 capitoli: nel primo viene effettuato un inquadramento generale sul problema della siccità; nel secondo capitolo viene analizzata l'area di studio dal punto di vista geografico, geomorfologico e climatico e vengono descritti gli strumenti elencati; successivamente si procede all'analisi dei risultati ottenuti tramite i grafici e nell'ultimo capitolo si ha la discussione e si traggono le conclusioni.



## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 AREA DI STUDIO

L'area analizzata è posizionata nel centro Italia, più precisamente nelle Marche in prossimità del Monte Conero.

Il torrente su cui è stato effettuato lo studio è il Betelico, un affluente del fiume Aspio; ha la sorgente situata nella riserva del Monte Conero, di preciso nella località il Poggio di Ancona. Esso poi fluirà per un totale di 6,28 chilometri fino a sfociare nell'Aspio. ([www.it.geoview.info](http://www.it.geoview.info))

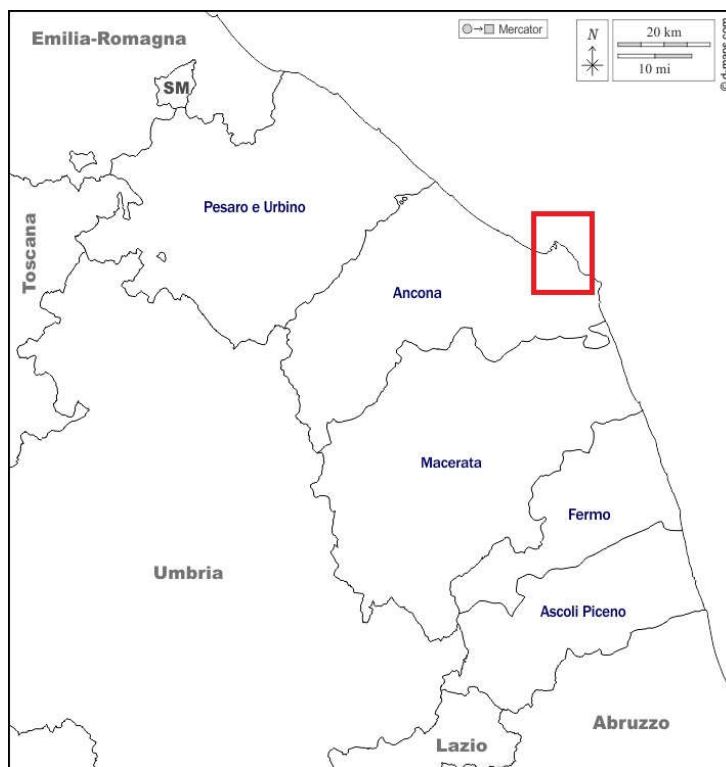


Figura 2.1.1 (Cartina Regione Marche - [www.d-maps.com](http://www.d-maps.com) )

L'Aspio è un fiume della regione Marche; nasce alla confluenza dei fossi di Offagna, Polverigi e di quello di Gallignano, pressappoco tra Offagna e Montesicuro, e raccoglie le acque dell'interno di Ancona, del Monte Conero e delle colline di Osimo.

Scorre prima verso est e poi, dopo Aspio Terme (frazione di Camerano), cambia direzione e si dirige a sud-est, verso il mare. Riceve le acque del suo affluente di sinistra Rio

Marganetto e quindi, sempre da sinistra, di tutto il versante occidentale del Promontorio del Conero, attraverso i torrenti Boranico e Betelico. ([www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it))

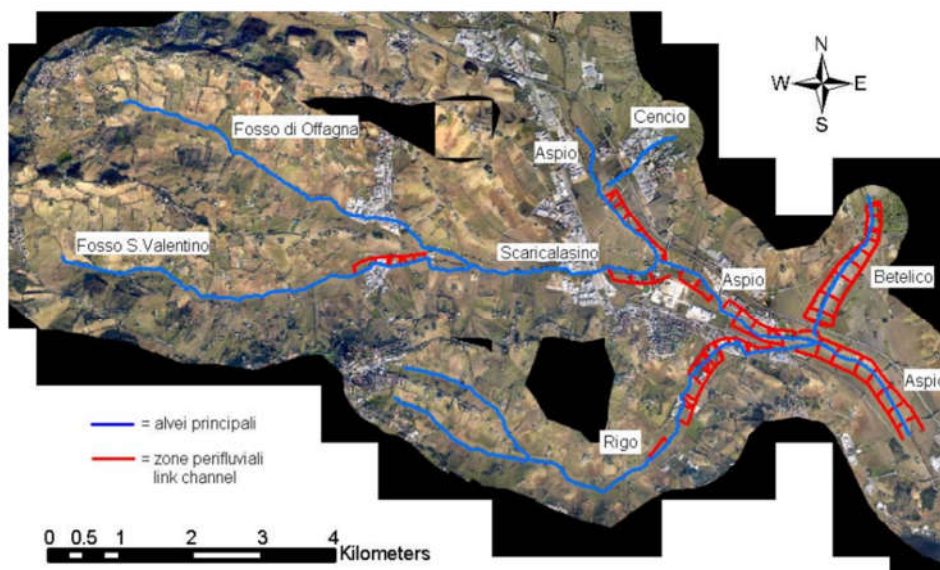


Figura 4-3 Medio Aspio - Schematizzazione del reticolo idrografico

*Figura 2.1.2 (Analisi idraulica del bacino fiume Aspio dei comuni di Camerano, Osimo, Castelfidardo – Fondazione CIMA 2008)*

Le Marche risultano caratterizzate, dal punto di vista geologico, da formazioni sedimentarie. Gli affioramenti più antichi sono quelli del calcare massiccio a cui si succedono la corniola, il rosso ammonitico, i calcari selciferi corrispondenti agli scisti ad aptici e quindi la formazione della maiolica, agli scisti a fucoidi e della scaglia rosata. Nelle aree collinari i sedimenti sono invece a composizione calcareo argillosa, argillosa, arenacea e talvolta sabbiosa o ghiaiosa. Le formazioni principali sono la scaglia cinerea, il Bisciario e lo Schlier. Fanno quindi seguito i sedimenti pliocenici e, in parte, pleistocenici, a facies sabbioso-argillosa, con i quali si chiude il ciclo sedimentario marino. ([www.ambiente.marche.it](http://www.ambiente.marche.it))

## 2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio marchigiano è per il 69 % di tipo collinare ed il restante è di tipo montuoso. L'altimetria minima che raggiunge è -2 m, mentre la massima è 2445 m.

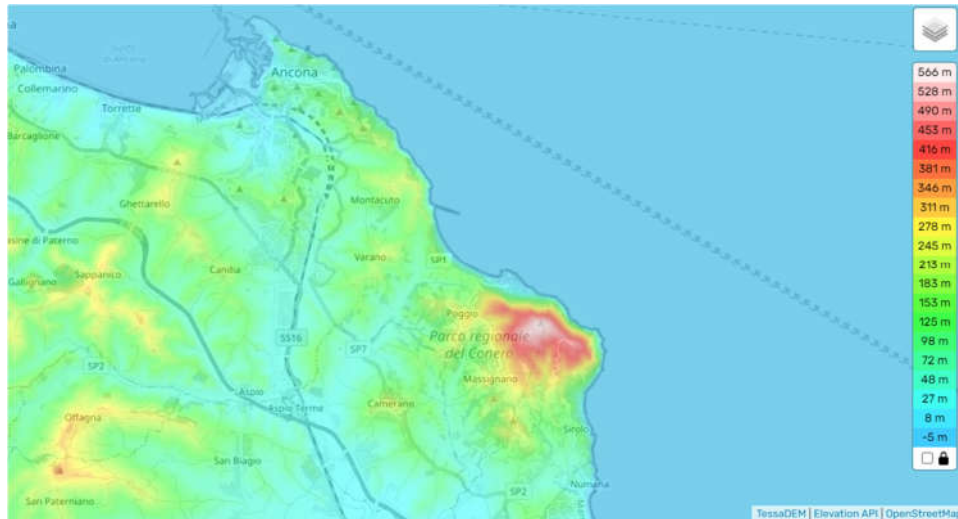


Figura 2.2.1 (Mappa topografica Marche - [www.it-ch.topographic-map.com](http://www.it-ch.topographic-map.com))

Il Poggio di Ancona è la località italiana in cui sorge il torrente Betelico e si trova ad un'altitudine di 258 m s.l.m.m.

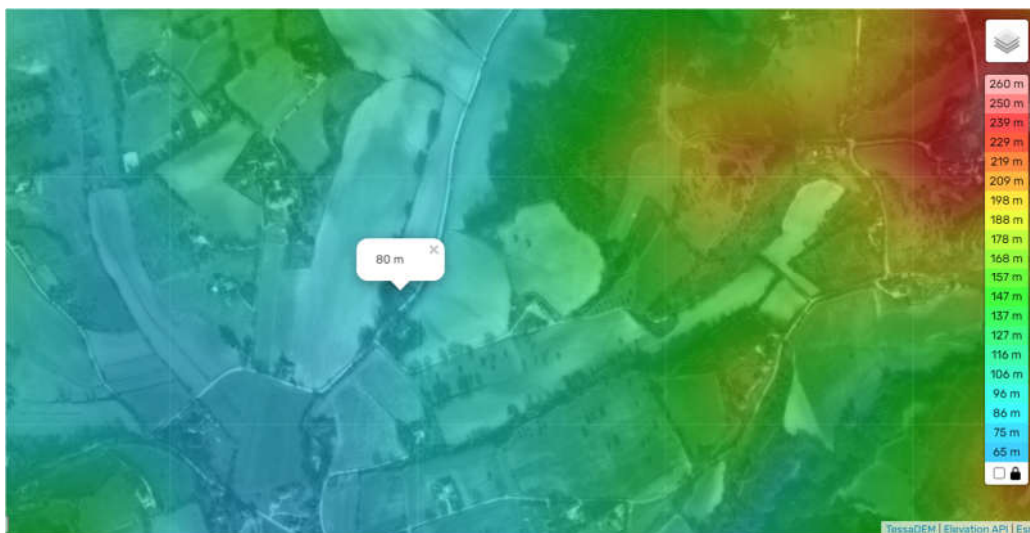


Figura 2.2.2 (Mappa Topografica zona Betelico - [www.it-ch.topographic-map.com](http://www.it-ch.topographic-map.com))

Più precisamente il campo di prova si trova ad un'altezza altimetrica pari a 80 m s.l.m.m.

## 2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'Italia è suddivisa in 6 regioni climatiche: alpina, padano-veneta, ligure-tirrenica, appenninica, adriatica e mediterranea.



Figura 2.3.1 (Divisione zone climatiche Italia -

[https://digimparoprimaria.capitello.it/app/books/CPAC67\\_4263087A/html/119](https://digimparoprimaria.capitello.it/app/books/CPAC67_4263087A/html/119) )

Le caratteristiche climatiche del territorio marchigiano sono influenzate ad oriente dall'esposizione verso l'Adriatico, che esercita la sua azione debolmente mitigatrice nei confronti degli afflussi di masse d'aria relativamente fredda da nord e da est, e ad ovest dalla presenza dell'Appennino, il quale ostacola il corso delle correnti occidentali, per lo più temperate ed umide, predominanti alle nostre latitudini. Essendo l'Adriatico un mare quasi chiuso, incassato e poco profondo, il carattere di marittimità delle aree costiere risulta attenuato e per qualche aspetto diviene addirittura ininfluenza, specie nelle zone a nord del Monte Conero e nel corso dell'inverno. (Amici e Spina, 2002)

La regione resta compresa tra il livello termico dei 16-17 °C e quello dei 4-5 °C. La temperatura media annua, difatti, oscilla dai 13 ai 15 °C nelle zone costiere regionali. ([www.geofisico.it](http://www.geofisico.it))

## 2.4 DESCRIZIONE CAMPO PROVA

Il campo prova permanente è posizionato in Via Bagnolo nel comune di Camerano in provincia di Ancona. Al suo interno sono stati posizionati diversi strumenti per studiare tutti i processi di filtrazione dell'acqua.

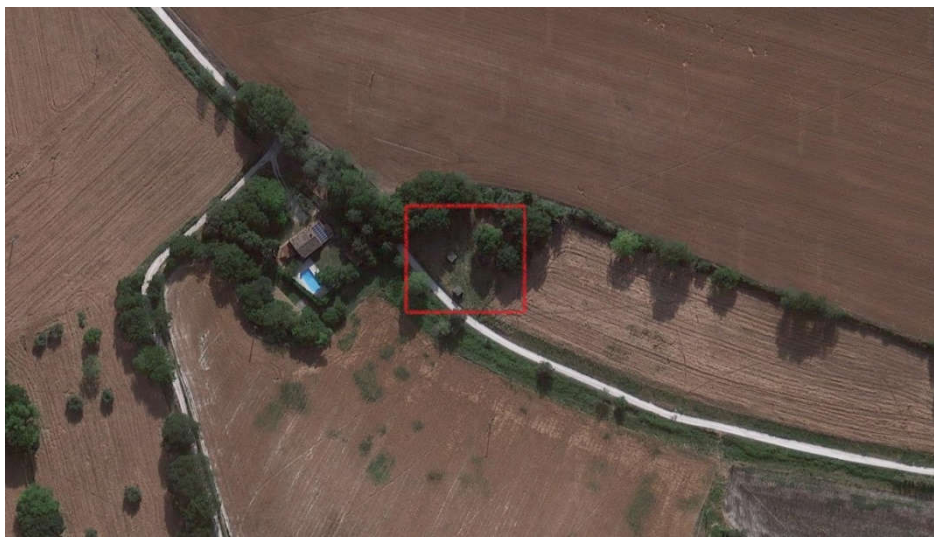


Figura 2.4.1 (Immagine satellitare del sito studiato - <https://www.google.it/intl/it/earth/>)



Figura 2.4.2 (Campo di prova - [www.maps.it](http://www.maps.it))



Come strumenti sono stati posizionati due piezometri, dei tensiometri, lisimetri e delle sonde.

#### 2.4.1 PIEZOMETRO

Il piezometro è un pozzo di osservazione che permette di individuare la quota piezometrica della falda. È costituito da un tubo verticale di piccolo diametro, evitando il fenomeno della capillarità, inserito nella condotta di cui si vuole fare la misurazione. Esistono i piezometri permanenti e temporanei. I piezometri permanenti sono costruiti per durare nel tempo e in modo da inibire qualsiasi interferenza o interazione con gli equilibri chimici e idrologici della falda; i piezometri temporanei, invece, vengono installati rapidamente e per il tempo necessario all'acquisizione dei parametri chimico-fisici, ambientali e idrologici. ( [www.indaginistrutturali.it](http://www.indaginistrutturali.it) )

Il piezometro istallato poco fuori dal campo di prova è quello a tubo aperto, che è costituito da un tubo di PVC fessurato e la misurazione viene effettuata tramite il freatimetro.

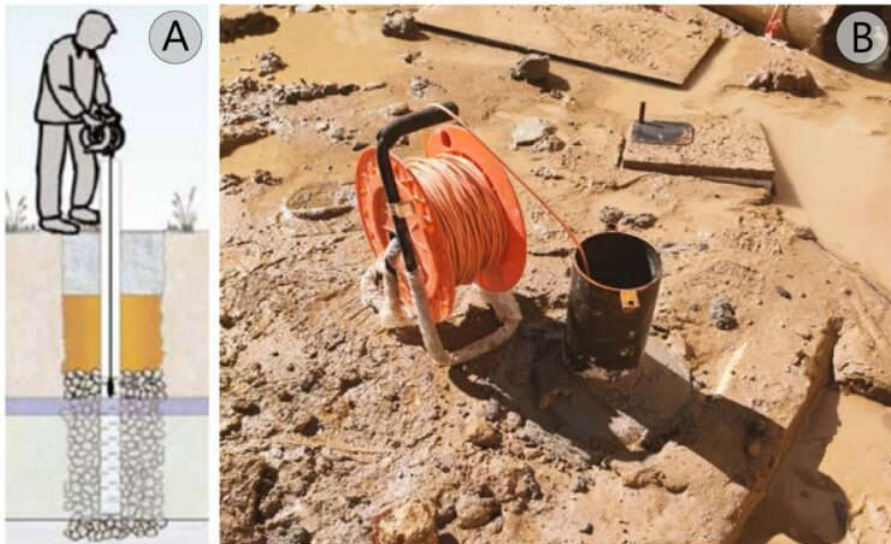


Figura 2.4.1.1 (Piezometro - <https://blog.geostru.eu/il-piezometro/> )



*Figura 2.4.1.2 (Sensore per la misura del livello piezometrico)*

## **2.4.2 TENSIOMETRO**

Il tensiometro viene utilizzato per misurare la pressione capillare.

Il tensiometro classico è composto da un corpo cavo (in genere in materiale sintetico trasparente) chiuso ermeticamente, dotato all'estremità di una capsula porosa; sul corpo cavo è fissato lo strumento di misura, tradizionalmente un manometro analogico. È comunque possibile applicare un trasduttore di pressione per collegare il tensiometro ad un sistema di acquisizione dati. Questo consente il controllo in continuo (la lettura del manometro analogico comporta la visita in sito ogni volta che si vuole conoscere un dato) e la trasmissione dei dati anche a distanza, con vari sistemi di telemetria. ([www.ecosearch.info](http://www.ecosearch.info))

Il funzionamento è estremamente semplice: lo strumento viene riempito d'acqua e inserito nel terreno. Trattandosi di un sistema chiuso e, si spera, ermetico, l'acqua verrà

risucchiata nel terreno attraverso la capsula porosa, fino al punto di raggiungere l'equilibrio con il terreno circostante. Tale punto di equilibrio viene indicato sul manometro come pressione negativa, e corrisponderà alla tendenza del terreno a trattenere (o risucchiare) l'acqua. ( [www.ecosearch.info](http://www.ecosearch.info) )

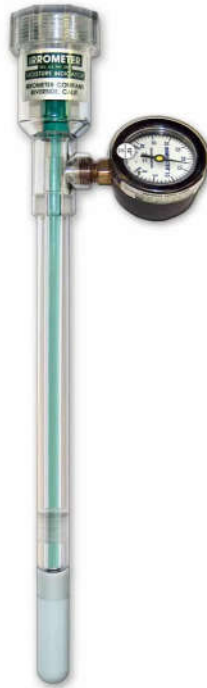


Figura 2.4.2.1 (Tensiometro - [www.agriexpo.online](http://www.agriexpo.online) )



### 2.4.3 LISIMETRO

Il lisimetro a suzione è uno strumento che permette di campionare i liquidi presenti in soluzione nel terreno. Il campionamento di questi liquidi consente di valutare gli elementi nutritivi disciolti, la salinità, il pH ed altri parametri importanti utili alla crescita delle piante.

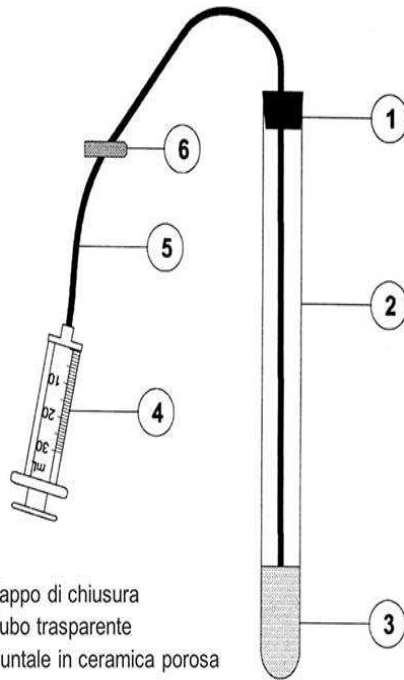
È uno strumento molto semplice ed è costituito da:

- una punta in ceramica porosa inerte
- un tubo in plastica trasparente cavo dove viene creato il vuoto
- un tubicino in gomma che permette di creare il vuoto ed aspirare il campione

( [www.scubla.it](http://www.scubla.it) )

Il lisimetro, sia a tubo che a tazza, ha un diametro esterno di mm 48, e dovrebbe essere inserito in fori di almeno 14 cm per consentire la realizzazione di un adeguato letto di malta di silicio intorno ad esso. Sulla parte superiore del lisimetro è identificato l'ingresso della linea di pressione/vuoto, quella che deve essere collegata al manometro posto nel terminale di superficie. È questa che consente la creazione di un vuoto all'interno del lisimetro, e quindi di un gradiente tra l'interno del lisimetro, la malta di silicio ed il suolo. L'altra uscita è destinata al collegamento della linea di campionamento, attraverso la quale l'acqua campionata sale in superficie. La malta di silicio ha la funzione di creare un continuum tra il lisimetro ed il suolo circostante. Si suggerisce di utilizzare polvere di silicio perché, non essendo solubile, inizia immediatamente a separarsi dall'acqua distillata. Una volta inserita nel terreno, l'acqua inizia a migrare nel suolo stabilendo la continuità necessaria a far sì che la tensione superficiale si trasmetta verso la depressione creata, permettendo all'acqua interstiziale di essere attratta all'interno del lisimetro. ( [www.ecoserach.it](http://www.ecoserach.it) ). All'interno del campo prove Betelico sono presenti sei lisimetri, che analizzano diverse profondità del terreno:

- 60 centimetri - 120 centimetri - 180 centimetri - 230 centimetri - 320 centimetri - 430 centimetri



1. Tappo di chiusura
2. Tubo trasparente
3. Puntale in ceramica porosa
4. Siringa da 30 ml
5. Tubo per vuoto e campionamento
6. Clip di sicurezza



Figura 2.4.2.1 (Lisimetro - [www.scubla.it](http://www.scubla.it))

### 2.4.3 DATALOGGER ZL6

La cella di contenimento che lo compone è resistente al clima, e ciò lo rende adatto alle operazioni esterne estese nel tempo; viene usato soprattutto per ricerche ambientali e di agricoltura commerciale. Include anche un circuito interno per la ricarica delle batterie che avviene attraverso l'energia prodotta da due pannelli solari integrati. I dati registrati vengono poi trasmessi a ZENTRA Cloud, una piattaforma WEB per l'acquisizione e la visualizzazione dei dati raccolti dallo strumento. ZL6 può collezionare i dati raccolti da 6 sensori, tutti di tipologia METER, analogici, digitali o a impulso. È bene tornare periodicamente sul luogo di installazione per controllare le operazioni e recuperare i dati da esso immagazzinati. La memoria è di 8 MB, e non è necessario cancellare i dati al suo interno perché una volta che essa si riempie ZL6 inizierà a sovrascrivere i dati partendo dai più vecchi. La raccolta dati avviene in intervalli che possono variare dai 5 minuti alle 12 ore. ( [www.misure.net](http://www.misure.net) )



Figura 2.4.3 (Z16 - [www.misure.net](http://www.misure.net) )

#### 2.4.4. TEROS 12

È un sensore combinato per la misura del contenuto volumetrico di acqua, della temperatura e della salinità del terreno. Viene installato nei terreni minerali e altri materiali porosi. ([www.misure.net](http://www.misure.net) )

Per misurare l'umidità del terreno, la temperatura e la conducibilità elettrica usa degli aghi di acciaio inossidabile: l'umidità viene misurata tra il primo ago (quello più in profondità) ed il secondo (ago centrale); la conducibilità invece tra il secondo ago ed il terzo (quello più in superficie); la temperatura viene misurata con termistore incorporato nel secondo ago. Questi sensori hanno requisiti di bassa potenza che li rendono ideali per essere infissi nel terreno permanentemente, in modo da avere una lettura continua dei dati. Un nucleo di ferrite posizionato sul cavo del sensore TEROS 12 a 7,6 cm (3 pollici) di distanza dal sensore testa viene utilizzato per isolare il sensore da eventuali interferenze nel sistema. Questo mitiga qualsiasi potenziale rumore proveniente dal sistema sui dati del sensore misurati. ([www.misure.net](http://www.misure.net) )

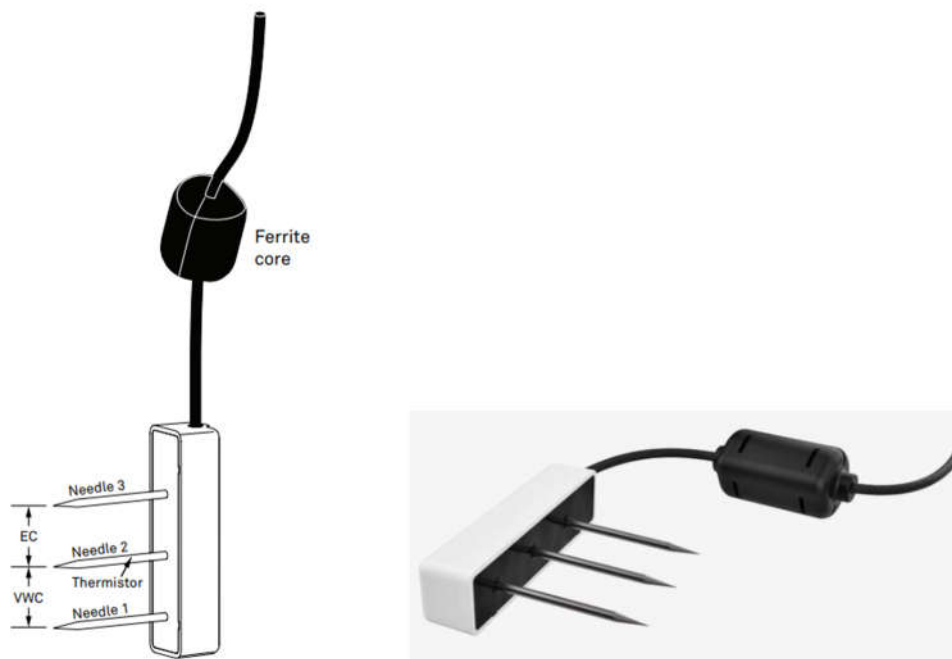


Figura 2.4.4.1. (Teros 12 - [www.misure.net](http://www.misure.net) )

### 2.4.5 TEROS 21

Il sensore TEROS 21 misura il potenziale idrico e la temperatura del suolo con porosi dischi ceramici. Misurano le variazioni del contenuto di umidità di due dischi ceramici ingegnerizzati inseriti tra gli schermi in acciaio inossidabile e il circuito asse. Questi sensori hanno un basso fabbisogno energetico, il che li rende ideali per uso permanente (seppellimento nel terreno) ed una lettura continua con data logger o lettura periodica con lettore palmare. ( [www.misure.net](http://www.misure.net) )

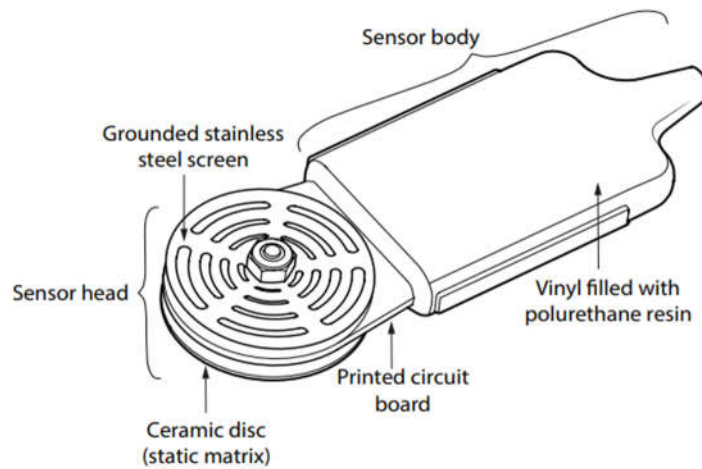


Figura 2.4.5.1 (Teros 21 - [www.misure.net](http://www.misure.net) )



Figura 2.4.5.2 (Teros 21 - [www.metergroup.com](http://www.metergroup.com) )

## 2.4.6 5TE

5TE È un sensore a basso costo ed accurato, utilizzato per monitorare la conducibilità elettrica, il contenuto volumetrico d'acqua e la temperatura del suolo, tutte e tre in modo indipendente. Il sensore utilizza una frequenza di 70 MHz che minimizza gli effetti di tessitura e salinità, rendendo il 5TE accurato nella maggior parte dei terreni. Esso misura la temperatura utilizzando un termistore incorporato, e la conducibilità elettrica attraverso un assordimento di elettrodi in acciaio inossidabile.

( [www.publications.metergroup.com](http://www.publications.metergroup.com) )



Figura 2.4.6.1 (5TE - <https://store.anythingweather.com/5te-soil-moisture-temperature-electrical-conductivity-sensor> )

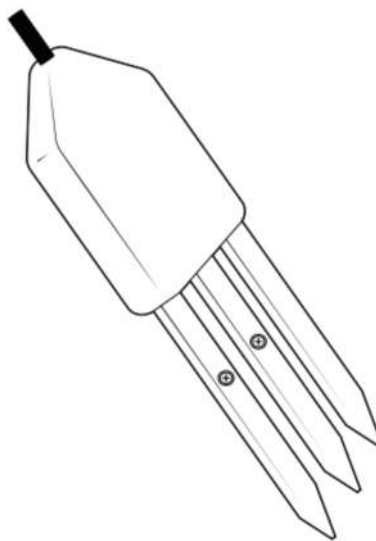


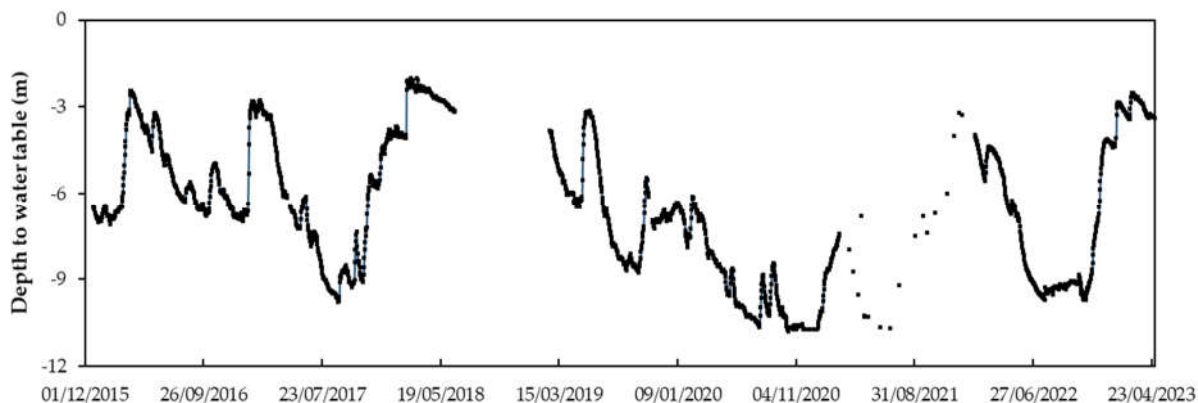
Figura 2.4.6.2 (Illustrazione 5TE - [www.metergroup.com](http://www.metergroup.com) )

## 2.5 STRUMENTI INFORMATICI

I dati ricavati dai vari strumenti utilizzati sono stati catalogati su Excel, uno strumento utile per organizzare e analizzare grandi quantità di dati. Allo stesso tempo, tuttavia, è molto comodo per eseguire calcoli semplici e per tenere traccia di qualunque tipo di informazione. ([www.support.microsoft.com](http://www.support.microsoft.com) ) Visivamente appare come una tabella formata da migliaia di celle su cui si possono inserire numeri, testi e formule. Le celle sono la base di un foglio e vengono identificate da una lettera (che indica la colonna) e da un numero (che indica la riga). ( [www.excel-facile.info](http://www.excel-facile.info) )

Una volta organizzati i dati nelle varie righe e colonne si è potuto creare dei grafici rappresentando le informazioni, tramite curve, e confrontando i risultati ottenuti.

### 3. RISULTATI



*Grafico 3.1 (Andamento profondità della falda nel tempo)*

Il grafico prende in considerazione la variazione del livello della falda nell'area indagata da dicembre 2015 fino ad aprile 2023. All'inizio dello studio il livello della falda si trova a -6,50 m dal piano campagna.

Si nota subito che già dopo 3 mesi (26/03/2016) dall'inizio del monitoraggio la profondità della superficie di falda aumenta a causa della ricarica dovuta alle precipitazioni ed arriva a -2,49 m. Successivamente si ha un periodo in cui la falda riacquisisce un po' di profondità, infatti il 02/01/2017 si ritrova all'incirca lo stesso livello della falda iniziale (-6,95 m), per poi riavere un immediato innalzamento della falda fino a -2.84 m dal p.c. Si raggiunge una delle profondità maggiori a settembre 2017 con -9,78 m, anno particolarmente siccitoso.

Tra settembre 2017 e giugno 2018 si ha di nuovo un rialzamento non costante della falda; dal 24 giugno 2018 fino al 22 febbraio 2019 il sensore non ha registrato nessun valore in quanto la stazione è stata vandalizzata e si sono persi i dati. Il 23 febbraio 2019 riappare la falda ad una profondità di -3.87 m dal p.c. e per i due anni successivi si arriva ad avere la profondità massima dal piano campagna (dal 15/10/2020 fino al 26/12/2020 -10.70 m). Dal 19/02/2021 fino all' 1/02/2022 non abbiamo più la falda fatta eccezione per alcuni giorni.

Dal 2/02/2022 la falda riappare con costanza raggiungendo per un periodo (25/07 al 5/11) profondità notevoli (-9 m). Nell'ultimo periodo analizzato la falda ha una tendenza



a diminuire dopo l'incremento dovuto alla ricarica annuale e all'ultimo rilevamento del 01/05/2023 essa si trova a -3.38 m.

Analizzando i vari punti di minima della falda, suddividiamo per anni idrologici, nel primo (2015-16) si ha un minimo a febbraio 2016 (-7.11 m da p.c.); nel secondo anno analizzato abbiamo due minimi, uno a ottobre 2016 (-6.71 m) uno a gennaio 2017 (-6.98 m); nel terzo anno abbiamo il minimo a settembre 2017 (-9.78 m); poi c'è un salto di dati, il minimo successivo lo registriamo a maggio 2019 (-6.46) e ottobre 2019 (-8.78).

Nell'anno idrologico successivo il minimo arriva prima (agosto 2020 con -10.56 m da pc) ed un secondo minimo, in assoluto il più basso registrato nel periodo, a ottobre 2020 (-10.81 m da p.c.).

A luglio 2021 si registra un altro minimo importante (-10.7 m), nell'anno idrologico successivo i minimi sono a luglio (-9.7 m) e a novembre (-9.66 m da pc). In generale quindi si registrano due punti di minima in ogni anno idrologico, distanziati spesso di un paio di mesi. Il 2023 è stato analizzato fino ad aprile e durante questo periodo la profondità minima corrisponde al 16/01 ed era pari a -4.41 m.

In tutti questi anni di studio il minimo assoluto si è ottenuto ad ottobre del 2020 con valore coincidente a -10.81 m dal pc.

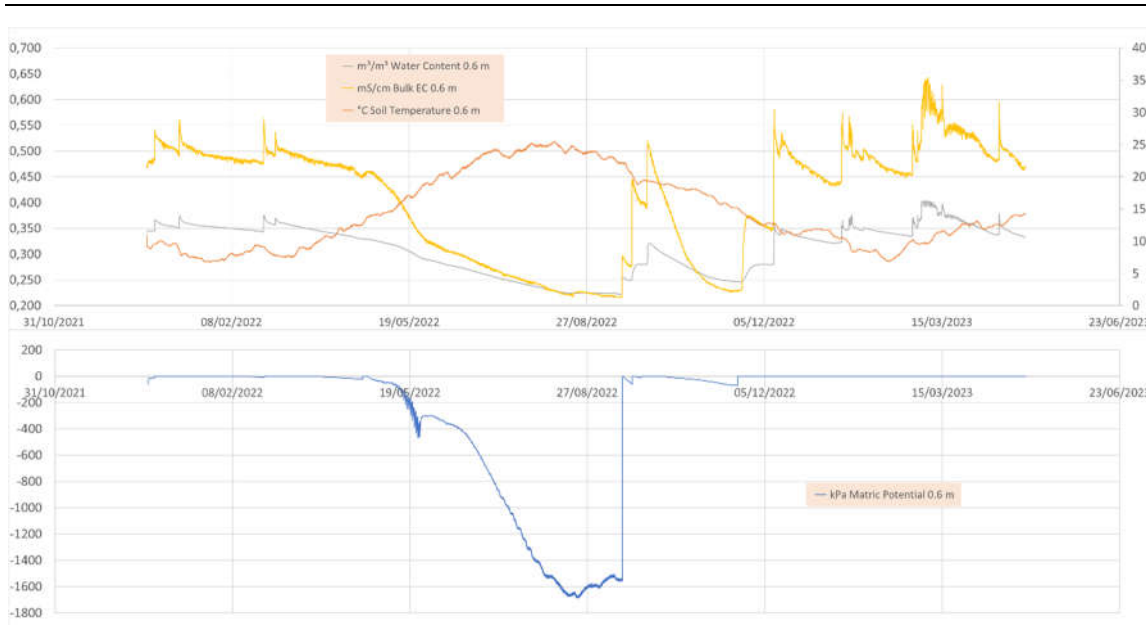
Andando invece ad analizzare i valori di massimo, nel 2016 lo otteniamo il 30/03 ed è pari a -2.53 m. Durante il 2017 la minima profondità di falda si ha il 17 febbraio con valore coincidente a -2.84 m.

Nel 2018 il valore di massimo è pari a -2.00 m e lo si ha a marzo, ma nello stesso anno si ha un periodo di completa assenza di falda che va da giugno fino a febbraio dell'anno successivo; in ogni caso nel 2019 il punto di massima della falda è posizionato a -3.22 m e si registra a fine maggio.

A febbraio 2020 si registra il valore di massimo di quell'anno che risulta essere pari a -6.20 m. Anche il 2021 è caratterizzato da una quasi assenza di falda tranne per periodi brevi e la minima profondità di falda è pari a -3.22 m e la si ha a dicembre. L'assenza di falda si registra anche a gennaio 2022, mentre il valore di massima lo si ha a febbraio

registrato come -4.15 m. Il 2023 è stato studiato fino ad aprile e il valore massimo corrisponde a -2.57 m registrato a marzo.

Comparando lo studio di tutti gli anni ed escludendo i periodi di totale assenza di falda il massimo assoluto lo si ottiene a marzo del 2018 con valore pari a -2.00 m dal p.c.



*Grafico 3.2 (Andamento del contenuto d'acqua, della conducibilità elettrica, della temperatura del suolo e del potenziale matriciale a 0.6 m di profondità)*

Nel primo grafico sono presenti tre curve: una riguardante l'umidità, una la temperatura del suolo e una la conducibilità elettrica complessiva del suolo. Tutti questi dati sono presi ad una profondità di 0.6 m.

Analizzando la curva della EC si hanno, nel primo periodo che va tra dicembre 2021 e aprile 2022, dei valori pressoché costanti che si aggirano tra 0.45 e 0.55 mS/cm; da aprile 2022 a settembre 2022 si ha una lenta decrescita di conducibilità elettrica raggiungendo il valore minimo pari a 0.22 mS/cm. Nei tre mesi successivi la EC aumenta raggiungendo nuovamente i valori che si avevano all'inizio dello studio; tra ottobre 2022 e novembre 2022 la EC subisce un'altra netta decrescita. Da novembre 2022 fino al 30 marzo 2023 si ha un progressivo aumento della conducibilità elettrica, pur riducendosi in alcuni periodi,

arrivando ad ottenere il valore massimo che si attesta intorno a 0.6 mS/cm registrato l'8 marzo 2023.

La curva del livello di umidità ha un andamento molto simile a quello della conducibilità elettrica però i dati ottenuti sono inferiori; infatti per i valori più elevati abbiamo un intervallo compreso tra lo 0.35 e 0.40 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, mentre i valori minimi coincidono proprio con quelli rilevati nell'analisi delle EC.

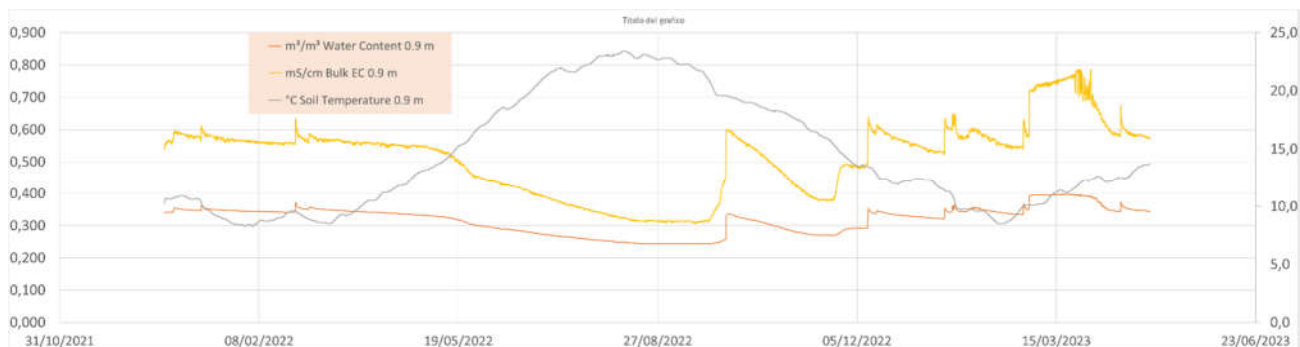
Andando invece ad analizzare la variazione della temperatura del suolo, si parte da una temperatura pari a 11 °C per poi avere un progressivo aumento fino a raggiungere i 25 °C nel periodo estivo del 2022. Da settembre 2022 si ha una diminuzione della temperatura coincidente con il periodo invernale e da febbraio 2023 si registra nuovamente un progressivo aumento arrivando a 14 °C.

La temperatura e la conducibilità elettrica sono collegate, infatti quando la temperatura aumenta la EC diminuisce e viceversa.

Nel secondo grafico abbiamo solo la curva del potenziale matriciale.

Il grafico risulta quasi sempre piatto tranne nel periodo tra fine aprile e fine settembre del 2022 nel quale il fenomeno si accentua molto raggiungendo anche i -1683 kPa. Il 15 settembre e il 16 settembre 2022 si passa da un valore pari a -1558 kPa a 0 kPa; tra ottobre e novembre 2022 si ha nuovamente un piccolo aumento del potenziale matriciale per poi avere il valore nulla dal 20 novembre 2022 fino al 30 aprile 2023.

La variazione del potenziale matriciale è strettamente collegata alla conducibilità elettrica, e il suo andamento è inverso rispetto alla stessa, infatti nel momento in cui si ha una diminuzione drastica della EC si ha un aumento del potenziale matriciale.



*Grafico 3.3 (Andamento del contenuto d'acqua, della conducibilità elettrica e della temperatura del suolo a 0.9 m di profondità)*

In questo grafico abbiamo le curve che rappresentano l'umidità, la conducibilità elettrica e la temperatura del suolo ad una profondità di 0.9 m.

Studiando la curva della conducibilità elettrica si nota che l'andamento da dicembre 2021 fino a maggio 2022 è quasi lineare con valori che si attestano tra 0.5 e 0.6 mS/cm. A metà maggio del 2022 i valori della EC cominciano a decrescere fino a raggiungere il minimo (0.3 mS/cm) a settembre del 2022. Successivamente subisce un'impennata i primi di ottobre toccando il valore di 0.60 mS/cm per poi ridiminuire fino a novembre del 2022. Nell'ultima parte della curva si nota che dopo ogni picco si ha una breve ricaduta.

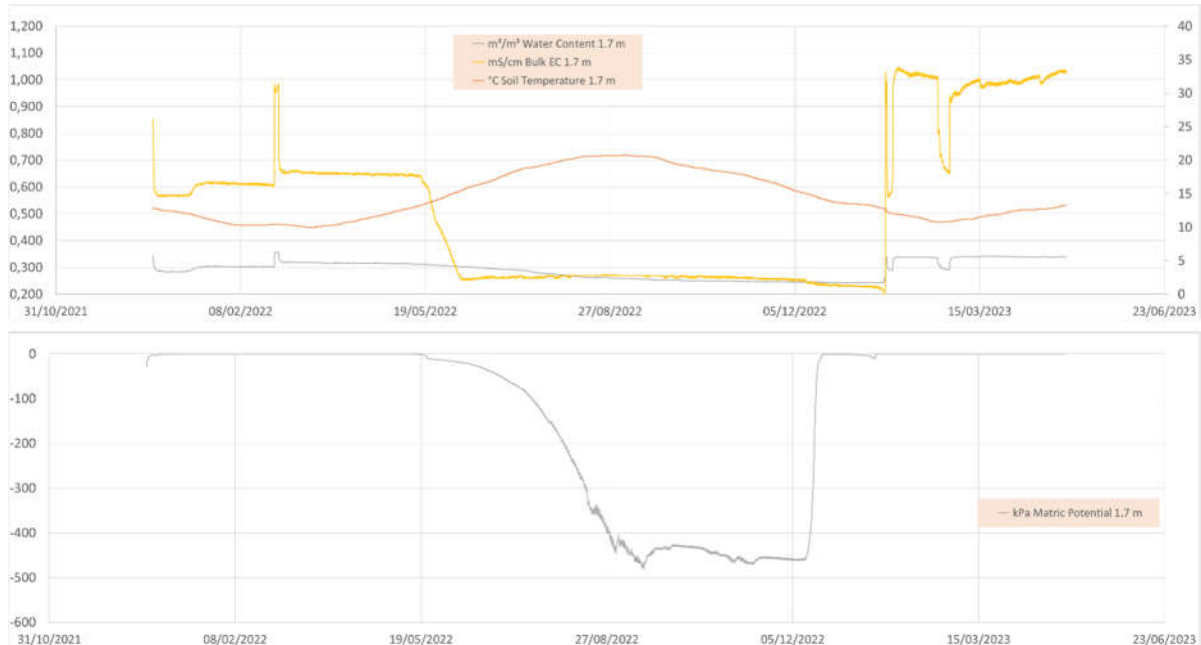
Si raggiunge il valore massimo della conducibilità elettrica il 27/03/2023 con valore pari a 0.77 mS/cm.

Lo studio si blocca al 30/04/2023 con un valore simile a quello trovato nel periodo iniziale (0.55).

La curva dell'umidità risulta quasi costante fino a maggio 2022 proprio come il grafico della EC, ma con valori che si aggirano tra 0.30 e 0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Il valore minimo è pari a 0.24 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (agosto 2022) mentre il valore massimo si registra a marzo 2023 (0.40 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

La curva della temperatura ha un andamento differente rispetto alle altre due precedentemente analizzate. Inizialmente la temperatura corrisponde a 10 °C, poi subisce una leggera decrescita toccando 8 °C e da marzo 2022 fino ad agosto 2022

abbiamo un progressivo aumento toccando il valore massimo (23.5 °C). Da quel momento in poi si ha un andamento decrescente della temperatura poiché corrispondente al periodo di autunno 2022 e inverno 2023. Da febbraio 2023 fino al periodo finale dello studio si ha un ulteriore aumento della temperatura fino a 15 °C.



*Grafico 3.4 (Andamento del contenuto d'acqua, della conducibilità elettrica, della temperatura del suolo e del potenziale matriciale a 1.7 m di profondità)*

A differenza dei due grafici precedenti che hanno andamenti simili, quest'ultimo grafico registra valori e andamenti differenti alla profondità di 1.7 m.

Analizzando la curva della conducibilità elettrica si ha come primo valore 0.84 mS/cm (22 dicembre 2021) per poi decrescere drasticamente raggiungendo il valore di 0.56 mS/cm. I primi due mesi del 2022 registrano dei valori simili che si aggirano tra 0.55 e 0.60. Il 26 febbraio si ha un ulteriore picco (0.96 mS/cm) e una immediata riduzione della EC. Da marzo 2022 fino al termine di gennaio 2023 si registrano valori decrescenti e il minimo valore che si raggiunge (0.20 mS/cm) lo si ha il 22 gennaio 2023. Il massimo valore della EC si attesta pari a 1 mS/cm (31 gennaio 2023).

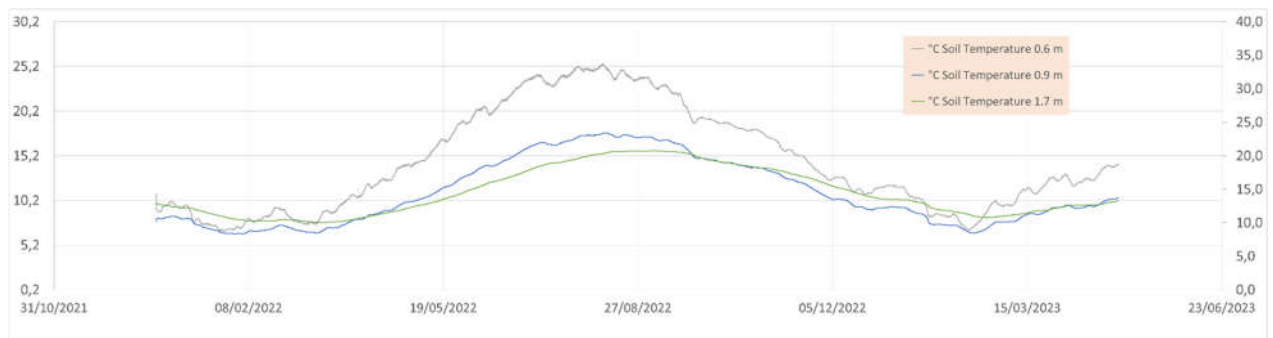
L'umidità ha un comportamento quasi lineare lungo tutto il periodo analizzato. I valori si aggirano tra 0.25 e 0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Il massimo dato trovato viene registrato il 28 febbraio 2022 (0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) mentre il minimo viene registrato a novembre 2022 (0.25 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

L'andamento della temperatura del suolo è in linea con l'andamento delle temperature stagionali, infatti abbiamo un aumento della temperatura da marzo a settembre 2022 con una massima registrata pari a 20 °C. Dopodiché si ha un calo della temperatura per poi registrare un aumento da febbraio 2023.

La temperatura minima è pari a 10 °C e la si registra a marzo 2022.

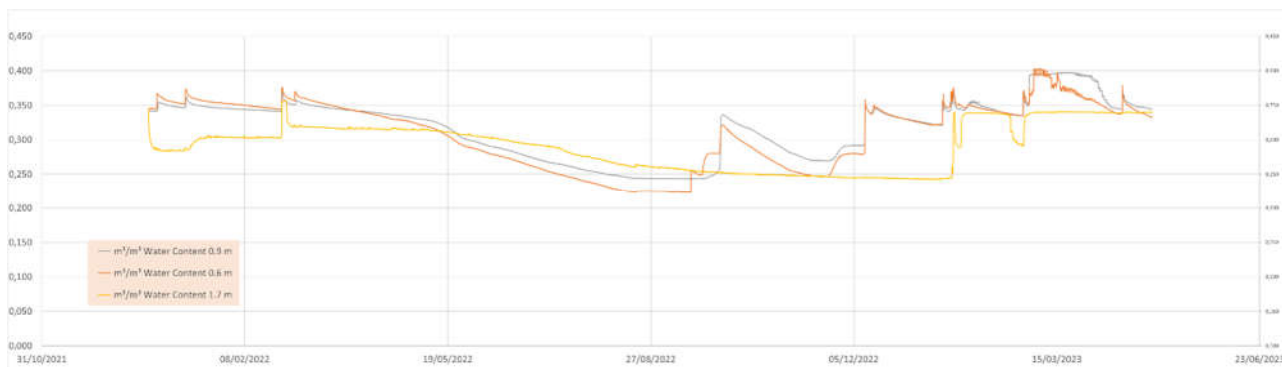
Per quanto riguarda il potenziale matriciale si ha la curva nel secondo grafico.

Come accaduto anche nel grafico della profondità 0.6m, si ha un andamento piatto fino a maggio 2022 e poi subisce una decrescita fino a raggiungere il livello minimo il 15 settembre 2022 (-480 kPa). Da dicembre 2022 il valore del potenziale matriciale ritorna a zero e da lì rimane costante fino ad aprile 2023.



*Grafico 3.5 (Andamento della temperatura del suolo a 0.6 m, 0.9 m e 1.7 m di profondità)*

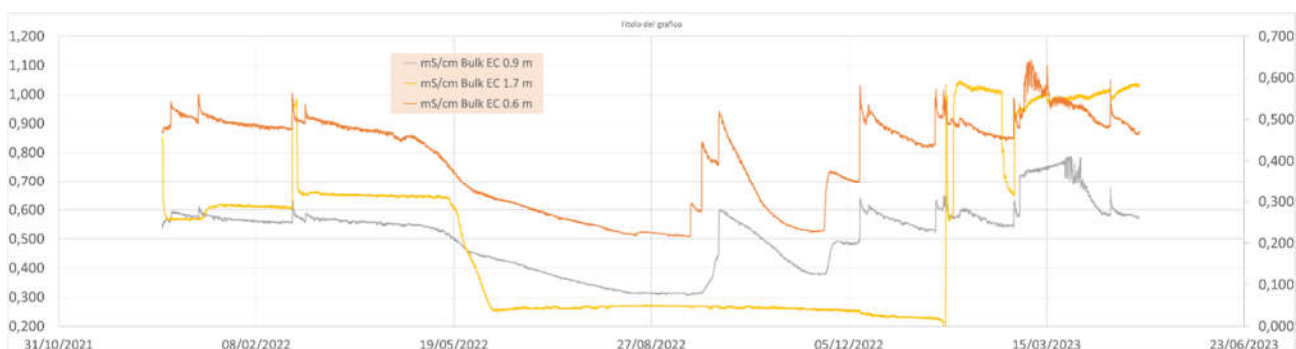
In questo grafico sono state comparate le curve che rappresentano la temperatura del suolo alle varie profondità. L'andamento delle curve è simile poiché influenzate dalle stagioni e si nota che la temperatura più alta viene raggiunta a -0.6 m e la più bassa viene registrata a -1.7 m.



*Grafico 3.6 (Andamento del contenuto d'acqua nel suolo a 0.6 m, 0.9 m e 1.7 m di profondità)*

Nel grafico 3.6 vengono confrontate le curve dell'umidità del suolo alle tre profondità. L'umidità alle profondità 0.6 e 0.9 m hanno un andamento simile, mentre la curva della profondità 1.7 m raggiunge i valori più bassi e subisce una diminuzione più prolungata e più lineare.

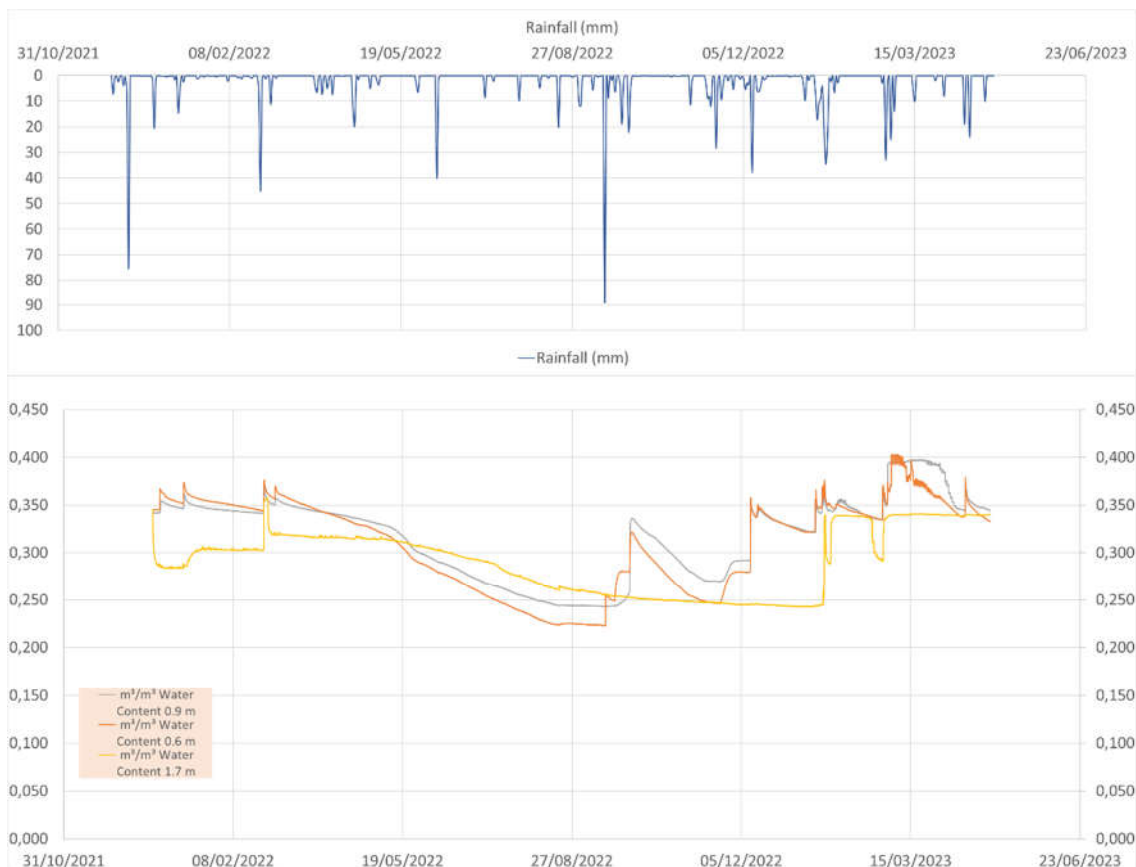
Il valore massimo si raggiunge alla profondità 0.6m ( $0.39 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ), mentre il valore minimo si ha -1.7 m ( $0.24 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ).



*Grafico 3.7 (Andamento della conducibile elettrica a 0.6 m, 0.9 m e 1.7 m di profondità)*

Anche in questo grafico, in cui viene rappresentata la conducibilità elettrica alle varie profondità, gli andamenti a 0.6 e 0.9 m sono simili tra loro e la curva di -1.7 m si differenzia raggiungendo i valori più bassi.

Il valore massimo è pari a 0.64 mS/cm (0.6 m), mentre il valore minimo è 0.20 mS/cm (1.7 m).



*Grafico 3.8 (Andamento del contenuto d'acqua alle tre profondità in relazione alle precipitazioni)*

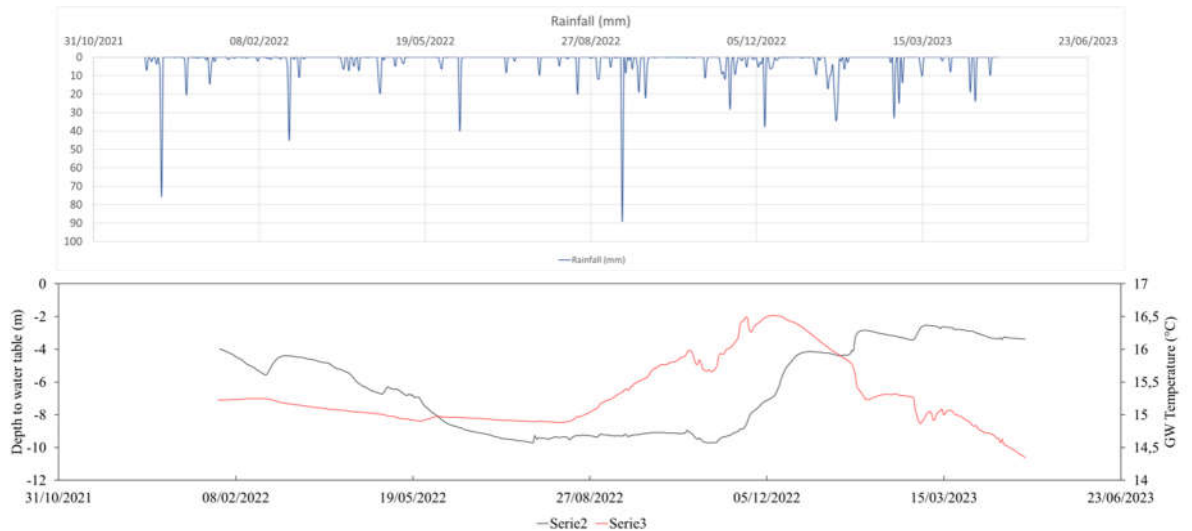
Nonostante piova nel primo periodo (dicembre 2021) l'umidità subisce un aumento all'altezza -0.6 m e -0.9 m, mentre alla profondità 1.7 m si ha una diminuzione. Il 26 febbraio 2022 è caduto un discreto quantitativo di pioggia e infatti l'umidità aumenta ad ogni altezza considerata. Il 6 giugno 2022 ha piovuto nuovamente, ma a 0.6 e 0.9 m il livello dell'umidità decresce, mentre a 1.7 m rimane costante.

La più grande pioggia del 2022 è avvenuta il 15 settembre, ma il livello dell'umidità è aumentato solo in superficie (0.6 m); alla profondità 0.9 m il livello dell'umidità cresce solo dopo il 30 settembre mentre alla profondità 1.7 m l'umidità rimane costante per diverso tempo per cui non viene influenzato da quest'ultima pioggia.

Solo nel gennaio 2023 il livello dell'umidità a 1.7 m ricomincia ad essere influenzato dalla pioggia per cui il livello risale.



Nell'ultimo periodo preso in considerazione solo alla profondità di 0.6 m e di 0.9 m l'umidità nel suolo risente della pioggia, mentre alla profondità di 1.7 m il livello dell'umidità rimane costante pur con la presenza di piogge.

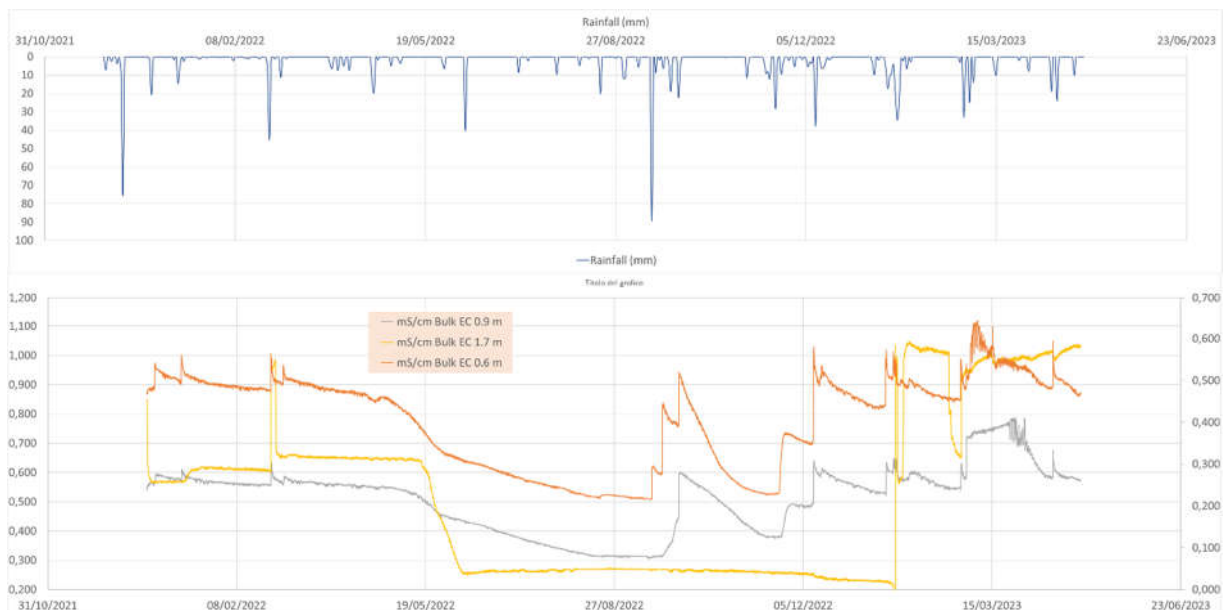


*Grafico 3.9 (Andamento della falda in relazione alle precipitazioni)*

Analizzando il grafico 3.9 si è notata una correlazione tra la quantità di pioggia che cade e la variazione della profondità della falda. Infatti il 26 febbraio 2022 è caduta una discreta quantità di acqua e la falda aumenta di circa un metro contrariamente a quello che succede il 9 giugno 2022, in cui pur essendoci una discreta pioggia si nota che la falda continua a decrescere.

Il 15 settembre è stata registrata la pioggia più consistente del 2022 (89.2mm) ed in questo caso la falda non ha subito variazioni, ma è rimasta pressoché costante.

Tra novembre e dicembre 2022 ci sono delle piogge poco consistenti ma la falda subisce un costante aumento (da -9.7 m fino a -4.3 m). Il picco arriva circa dopo 10 giorni dalla precipitazione (24 dicembre)



*Grafico 3.10 (Andamento della conducibilità elettrica alle tre profondità in relazione alle precipitazioni)*

Si studia ora il comportamento della conducibilità elettrica alle varie profondità in relazione alla pioggia. (Grafico 3.10)

Con la pioggia del 26 febbraio 2022, la EC subisce un aumento a tutte le profondità, ma in maniera più significativa alla profondità di 1.7 m.

Alle precipitazioni avvenute il 15 settembre la conducibilità elettrica alla profondità 1.7 m rimane costante per cui non risente di tale fenomeno; mentre alla profondità di 0.6 m la EC subisce un picco e alla profondità di 0.9 m la EC avrà un aumento nei giorni successivi a tale precipitazione.

Il 22 gennaio 2023 accade un fenomeno anomalo in quanto vi è una pioggia poco consistente ma la conducibilità elettrica all'altezza -1.7 m cresce in maniera spropositata per poi decrescere rapidamente.

## 4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Lo studio effettuato ha lo scopo principale di analizzare la dipendenza della disponibilità idrica da certi parametri quali umidità, conducibilità elettrica e temperatura del suolo e soprattutto indagare le diverse modalità di infiltrazione dell'acqua nel suolo durante i diversi periodi idrologici. Lo studio è stato effettuato raccogliendo i dati da un campo di prova selezionato nella valle del t. Betelico, in provincia di Ancona, attraverso diversi strumenti in situ e successivamente analizzati ed elaborati tramite Excel.

Osservando il campionamento della falda nel periodo considerato ci sono due punti di minimo separati da qualche mese ed il minimo assoluto si ha ad ottobre 2020. Il massimo valore che raggiunge la falda lo si ha a marzo 2018 (-2 m dal p.c.), ma nel passato anno idrologico la falda era comunque molto alta rispetto al passato recente (-2.57 m dal p.c.). La differenza tra il 2018 e il 2023 è che nel 2018 un valore di falda così alto non si è trasformato in un deflusso superficiale in quanto il corso d'acqua adiacente era in secca e solo a fine 2022 il corso d'acqua è di nuovo presente; tale differenza dipende dalle condizioni idrologiche differenti e dall'analisi dei processi di infiltrazione che qui nel seguito viene sintetizzato.

Le curve della conducibilità elettrica sono simili a tutte le profondità misurate e la temperatura del suolo segue lo stesso andamento della temperatura dell'aria soprattutto nelle profondità più superficiali.

Nel primo metro di suolo la conducibilità elettrica ha un andamento simile (forte diminuzione tra maggio e agosto 2022 per poi riaumentare in corrispondenza dei nuovi fenomeni meteorologici). Il sensore posto ad 1.7 m di profondità evidenzia un comportamento diverso: la forte diminuzione registrata nel 2022 persiste fino al 2023, dove il valore aumenta in corrispondenza dell'arrivo del segnale di ricarica evidenziato dall'aumento del contenuto d'acqua. Dall'analisi del contenuto d'acqua si possono riconoscere diversi eventi di infiltrazione: a partire dal 15 settembre 2022 la pioggia caduta in corrispondenza dell'evento alluvionale catastrofico che ha interessato il nord delle Marche si infila ad una profondità di 60 cm e si arriva al picco di contenuto d'acqua circa 15 giorni dopo. La stessa acqua si inizia a propagare più in profondità (dato rilevato

dal sensore a 0.9 m) circa 13 giorni dopo l'evento piovoso. L'andamento delle due curve coincide fino al successivo evento infiltrativo in cui si ha un innalzamento del valore del contenuto d'acqua il 22 novembre a 0.6 m di profondità con un picco il 10 dicembre, mentre l'acqua si propaga a 0.9 m con un ritardo di un solo giorno (tempo di ritardo inferiore rispetto al primo evento infiltrativo avvenuto d'estate). Da qui in poi le due curve sono praticamente coincidenti, cioè ogni evento di pioggia da qui in avanti si infiltra correttamente e passa dagli strati più superficiali del suolo a quelli più profondi.

Per la propagazione più profonda di tali eventi occorre aspettare fino al 22 gennaio 2023, infatti prima di tale data tutta l'acqua infiltrata non ha ancora raggiunto la parte più profonda del suolo e il sottosuolo.

Analizzando il grafico delle piogge si può vedere come gli eventi piovosi che iniziano il 10 gennaio 2023 e finiscono il 29 gennaio, quelli dal 24 febbraio fino al 5 marzo e quelli dal 10 aprile fino al 25 aprile, creano delle risposte nei due sensori di umidità più superficiali, mentre il sensore più profondo resta al medesimo valore (già alto) di umidità.

Osservando il grafico con il comportamento della falda si può notare il primo segnale di arrivo della ricarica l'8 novembre 2022 poiché tale periodo non corrisponde ai picchi dei sensori più superficiali; si può ipotizzare che si tratti di un effetto pistone legato all'acqua già presente nel suolo dall'anno idrologico precedente. Attorno al 25 dicembre si nota un plateau di livello di falda a circa -4.2 m dal p.c. che perdura fino al 23 gennaio 2023, ovvero solo un giorno dopo l'innalzamento dell'umidità del sensore più profondo; da lì in avanti c'è una corrispondenza quasi perfetta tra l'innalzamento dei valori dei sensori di umidità e l'innalzamento della linea piezometrica. Nel periodo di ricarica la falda risponde direttamente alle precipitazioni grazie ai meccanismi continui di infiltrazione che si sono instaurati.

Quindi ci sono periodi dell'anno in cui nonostante piova, l'umidità alle varie profondità non aumenta e la falda continua a decrescere; al contrario ci sono dei periodi in cui è sufficiente una piccola precipitazione per far aumentare la falda. In tali periodi si ha la cosiddetta infiltrazione efficace, che si trasforma quasi interamente in ricarica dell'acquifero. Osservando i dati si può infine notare come tale "finestra" di effettiva

ricarica, a causa di condizioni poco permeabili dei primi strati di suolo, sia limitata a qualche mese all'anno. In condizioni di questo tipo gli acquiferi soffrono maggiormente di altri di lunghi periodi poco piovosi e le loro falde sono meno resilienti a fenomeni siccitosi superficiali.

## 5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

### 5.1 BIBLIOGRAFIA

- ❖ Rusi, S., Alberti, L., Da Pelo, S., De Filippis, G., Di Curzio, D., Forte, G., ... & Vincenzi, V. (2022) — Is there a solution to the drought? Recurrent water crises and the role of groundwater. *ACQUE SOTTERRANEE*, 11(2), 67-68 pp.
- ❖ Amici M., Spina R. (2002) — Campo medio della precipitazione annuale e stagionale sulle Marche per il periodo 1950 – 2000, Centro di Ecologia e Climatologia OGS Macerata, 3-4 pp.
- ❖ Wilhite, D.A., 2000. “Drought as a natural hazard: concepts and definitions” in *Drought: A Global Assessment, Volume I*, D. A. Wilhite (ed.). Routledge, London, 3-18 pp.
- ❖ FREVERT R., SCHWAB G., EDMISTER T., BARNES K., Soil & water conservatién engineering. John Wiley & Sons, Inc.; (1963); New York; 479 pp.
- ❖ Scheda didattica N°9: L’infiltrazione Prof. Versace – UniCal
- ❖ Schiavon S e Zecchin R. 2007. Cambiamento climatico 2007: The Physical Science Basis. I cambiamenti climatici: le basi scientifiche. CDA, n.9, ottobre, 20-22 pp.
- ❖ Rossi G., Benedini M., Tsakiris G. and Giakoumakis S., (1992) On regional drought estimation and analysis, *Water Resources Management* (6): 249-277. Rossi G., Cancelliere A., Giuliano G. (2005) Case Study: Multi-criteria assessment of drought mitigation measures, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(6): 449-457 pp.
- ❖ Schmidt, G., J.J. Benítez, and C. Benítez, 2012: Working definitions of water scarcity and drought. EU & CIS Document in the framework of the activities of the EU CIS "Expert Group on Water Scarcity & Droughts", 11 pp.
- ❖ Edoardo A.C., Costantini “Davvero la siccità riduce l’infiltrazione idrica del suolo?”, 2023. Notiziario di informazione a cura dell’Accademia dei Georgofili, 1 pp.

## 5.2 SITOGRAFIA

- ❖ [www.drought.climateservices.it/](http://www.drought.climateservices.it/)
- ❖ [www.istat.it](http://www.istat.it)
- ❖ [www.ansa.it](http://www.ansa.it)
- ❖ [www.it.geoview.info](http://www.it.geoview.info)
- ❖ [www.d-maps.com](http://www.d-maps.com)
- ❖ [www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it)
- ❖ [www.ambiente.marche.it](http://www.ambiente.marche.it)
- ❖ [www.it-ch.topographic-map.com](http://www.it-ch.topographic-map.com)
- ❖ [www.digimparoprimaria.capitello.it](http://www.digimparoprimaria.capitello.it)
- ❖ [www.geofisico.it](http://www.geofisico.it)
- ❖ [www.google.it/intl/it/earth/](http://www.google.it/intl/it/earth/)
- ❖ [www.maps.it](http://www.maps.it)
- ❖ [www.indaginistrutturali.it](http://www.indaginistrutturali.it)
- ❖ [www.blog.geostru.eu](http://www.blog.geostru.eu)
- ❖ [www.agriexpo.online](http://www.agriexpo.online)
- ❖ [www.scubla.it](http://www.scubla.it)
- ❖ [www.ecosearch.it](http://www.ecosearch.it)
- ❖ [www.misure.net](http://www.misure.net)
- ❖ [www.metergroup.com](http://www.metergroup.com)
- ❖ [www.publications.metergorup.com](http://www.publications.metergorup.com)
- ❖ [www.store.anythingweather.com](http://www.store.anythingweather.com)
- ❖ [www.support.microsoft.com](http://www.support.microsoft.com)
- ❖ [www.excel-facile.info](http://www.excel-facile.info)