



Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Forestali, dei Suoli e del Paesaggio

Bilancio idrologico e conservazione della biodiversità nel territorio recanatese

Water balance and biodiversity conservation in the Recanati area

Studentessa:
MARINA SHARRA

Relatore:
PROF. ALBERTO TAZIOLI

Correlatore:
PROF. FABIO TAFFETANI

Sessione Straordinaria Febbraio 2020
ANNO ACCADEMICO 2018-2019

INDICE

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO	4
1.1 Introduzione e scopo del lavoro	4
CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI	5
2.1 Inquadramento generale delle fonti recanatesi	5
2.2 Materiali e Metodi	13
2.2.1 Metodologie	13
2.2.2 Strumenti utilizzati	15
2.2.3 Descrizione degli strumenti	15
2.2.3.1 Il diver	15
2.2.3.2 Il baro-logger	16
2.2.3.3 Il conducimetro	17
2.2.3.4 Il freatimetro	18
2.2.3.5 La rullina metrica	19
2.2.3.6 Il metro	20
2.2.3.7 Il cronometro	20
2.2.3.8 Il secchiello graduato	20
CAPITOLO 3: INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO	21
3.1 Inquadramento geografico	21
3.2 Inquadramento geologico	21
3.3 Inquadramento geomorfologico	25
3.4 Inquadramento climatologico	29
3.5 Inquadramento idrologico	61
3.6 Inquadramento idrogeologico	62
CAPITOLO 4: STUDIO DEL PATRIMONIO VEGETALE	64
4.1 Analisi floristica	64
4.1.1 Spettro biologico	66
4.1.2 Spettro corologico	68
4.2 Considerazioni sulla flora	70
4.2.1 Specie di interesse naturalistico	71

4.2.2 Specie invasive	76
4.3 Analisi diacronica	84
4.4 Descrizione delle cenosi rilevate	87
4.4.1 Vegetazione acquatica	88
4.4.2 Vegetazione di sponda	93
4.4.3 Vegetazione di margine	96
4.5 Schema sintassonomico	99
CAPITOLO 5: RISULTATI	101
5.1 Risultati dei rilievi idrologici	101
5.2 Risultati dei rilievi idrogeologici	101
5.2.1 Risultati dei rilievi dei pozzi	103
5.2.2 Risultati dei rilievi di piezometria	110
5.2.3 Risultati dei rilievi di temperatura dell'acqua	111
5.2.4 Risultati dei rilievi di conducibilità elettrica	112
5.3 Risultati delle misure in continuo della fonte di Butinello	113
5.4 Risultati del bilancio idrologico dell'area di studio	118
5.4.1 Precipitazioni	118
5.4.2 Temperatura	120
5.4.3 Evapotraspirazione	120
5.4.4 Infiltrazione	121
5.4.5 Ruscaldamento	122
CAPITOLO 6: DISCUSSIONE DEI RISULTATI	123
6.1 Discussione dei risultati	123
CONCLUSIONI	133
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	136
RINGRAZIAMENTI	137

Capitolo 1

INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

1.1 Introduzione e scopo del lavoro

Tra le poche certezze che riguardano i fattori che influenzano la nostra vita c'è il fatto che gli esseri umani sono legati all'acqua. Talete di Mileto, filosofo greco antico vissuto tra il VII e il VI secolo a.C. (640/625 a.C.-548/545 a.C.), fu tra i primi a parlare di questo elemento, formulandone un pensiero che lo accompagnò per tutto il corso della sua esistenza. L'altra evidenza è data dal fatto che gli esseri umani riescono a sopravvivere in questo pianeta proprio grazie alla presenza delle piante e, quindi, del mondo vegetale. Ed è proprio per questo motivo che l'uomo, sin da piccolo, deve essere educato al rispetto di questo mondo. Perché il "verde" rappresenta il polmone di questa nostra Terra e perché, soprattutto, non è il mondo vegetale ad aver bisogno degli esseri umani ma, al contrario, sono gli esseri umani ad aver bisogno di questo mondo. Perché le piante forniscono l'ossigeno necessario alla sopravvivenza degli esseri viventi e, insieme al suolo, che tengono ben stretto con le loro radici, stoccano il carbonio atmosferico, riducendo, in questo modo, il fenomeno dell'effetto serra, allontanando il problema del riscaldamento globale. Perché le piante, con le loro radici, trattengono il suolo ed evitano che si verifichi l'erosione. Perché, si sa, la perdita di suolo causa la perdita di quella biodiversità microbica che è in grado di mantenerlo in vita, questo suolo. E non è concepibile, né tantomeno saggio, arrivare a questo punto. Acqua e vegetazione, dunque, sono strettamente interconnesse tra loro e garantiscono la vita nella Terra. Senza acqua la vegetazione si disseccherebbe, in particolar modo se questa è dipendente, o fortemente legata, dall'ambiente acquatico. Senza vegetazione al suolo, però, l'acqua (così come anche il vento), probabilmente, causerebbe erosioni o frane. È, dunque, una sorta di circolo vizioso.

Proprio per questa ragione il presente lavoro si pone come scopo principale quello di quantificare il bilancio idrologico e quello di conservare la biodiversità nel territorio recanatese, nell'area specifica che circonda la Fonte medioevale di Butinello. Perché l'acqua e la vegetazione assicurano il mantenimento degli ecosistemi più diversi. Perché consentono la sopravvivenza degli esseri umani, dando loro, così, l'opportunità di meravigliarsi di fronte alle svariate bellezze che la natura offre loro e concedendo loro la possibilità di poterle studiare da vicino, in modo tale da conservarle per il bene dell'ambiente e dell'intera umanità. Altro scopo della tesi, poi, è quello di mettere in relazione le caratteristiche idrologiche e quelle idrogeologiche dell'area della sorgente alle caratteristiche della vegetazione, in modo da ottenere informazioni utili alla gestione della biodiversità.

Capitolo 2

MATERIALI E METODI

2.1 Inquadramento generale delle fonti recanatesi

Già dal Medioevo è stata documentata la presenza di fonti d'acqua sul territorio di Recanati, comune in provincia di Macerata che si allunga su una stretta collina, costituita sulla parte superiore da strati sabbiosi che hanno una discreta resistenza meccanica ed una buona permeabilità, mentre gli strati sottostanti sono, invece, costituiti da argille alternate a livelli sabbiosi più o meno sottili, con caratteristiche di impermeabilità. Gli strati sabbiosi, permeabili, costituiscono la zona di accumulo delle acque piovane, fino al sottostante strato di argilla impermeabile che le trattiene. Tale struttura costituisce il serbatoio idrico naturale da sempre utilizzato, attraverso pozzi e sorgenti, per l'approvvigionamento idrico primario. Queste fonti, a causa della caratteristica geologica del suolo, erano presenti al di fuori della cinta muraria, perché prendevano acqua da vene affioranti ad un livello più basso della città. Quindi, al di fuori delle mura, nei punti di contatto fra gli strati di sabbia e argilla, l'acqua fuoriusciva in superficie, trattenuta dagli strati impermeabili, dando origine a piccole sorgenti naturali. In questi punti vengono costruite le fonti, a volte anche con complessi cunicoli di captazione. Le condotte, spesso estese per decine di metri, avanzano orizzontalmente e raggiungono l'interno degli strati sabbiosi per agevolare la fuoriuscita dell'acqua di falda.

Le diverse fonti recanatesi sono le seguenti:

Fonte Piccola (Fig. 2-1, 2-2, 2-3)

La Fonte Piccola è un notevole complesso di gallerie sotterranee che si sviluppa per circa cento metri sotto il quartiere del mercato, esattamente lungo Via alle Fonti uscendo in superficie con una costruzione in muratura, la fonte vera e propria, fornita di lavatoi. Le condotte, larghe circa 0,7 metri ed alte 1,5, sono servite da due pozzi a sezione quadrata profondi poco meno di cinque metri. La fonte ha origini medioevali, in quanto è conosciuta come "Fonte del guazzatore", ed è tuttavia probabile che le forme attuali siano più recenti, relative ad un restauro completo dell'intero impianto, realizzato tra il Seicento ed il Settecento, in parte documentato negli Annali del Comune.



Fig. 2-1: Particolare della Fonte Piccola.



Fig. 2-2: Particolare della Fonte Piccola.



Fig. 2-3: Fonte Piccola.

Fonte del Ponte (Fig. 2-4)

La Fonte del Ponte si trova nelle campagne recanatesi di Contrada Castelnuovo.

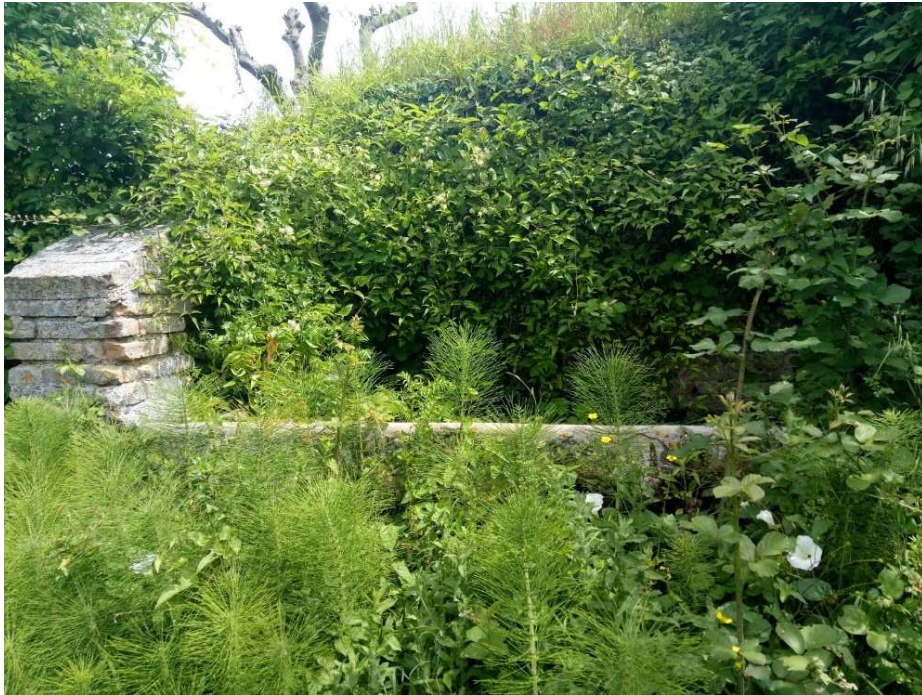


Fig. 2-4: Fonte del Ponte.

Fonte Pisciareello (Fig. 2-5, 2-6, 2-7)

Fonte Pisciareello si trova nel Quartiere delle Fonti San Lorenzo in Via Campagnoli.



Fig. 2-5: Ingresso della Fonte Pisciareello.

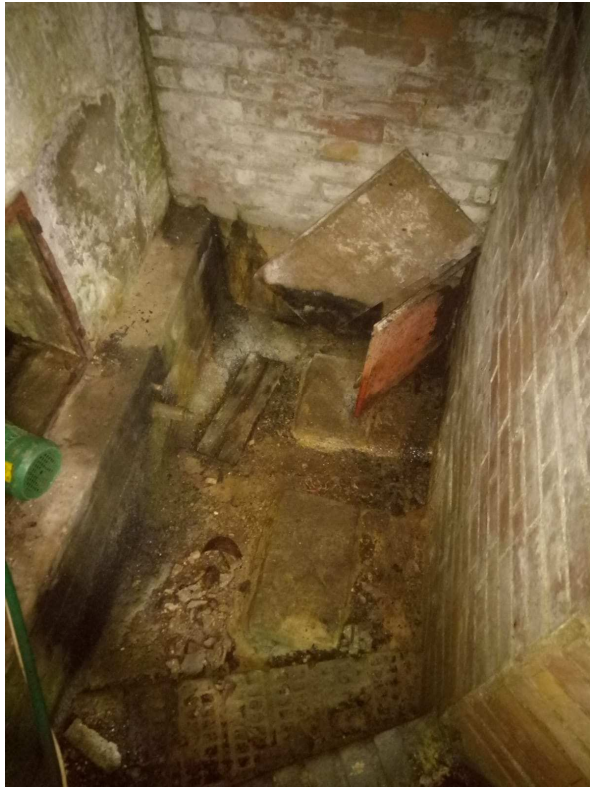


Fig. 2-6: Particolare della Fonte Pisciarello.



Fig. 2-7: Vasca della Fonte Pisciarello.

Fonte della Marmotta (Fig. 2-8, 2-9, 2-10)

La Fonte della Marmotta si trova a ridosso del centro storico nella campagna confinante con il Civico Cimitero, sembra sia stata eretta nel Settecento, ma potrebbe avere origini più antiche.



Fig. 2-8: Fonte della Marmotta.



Fig. 2-9: Struttura della Fonte della Marmotta.

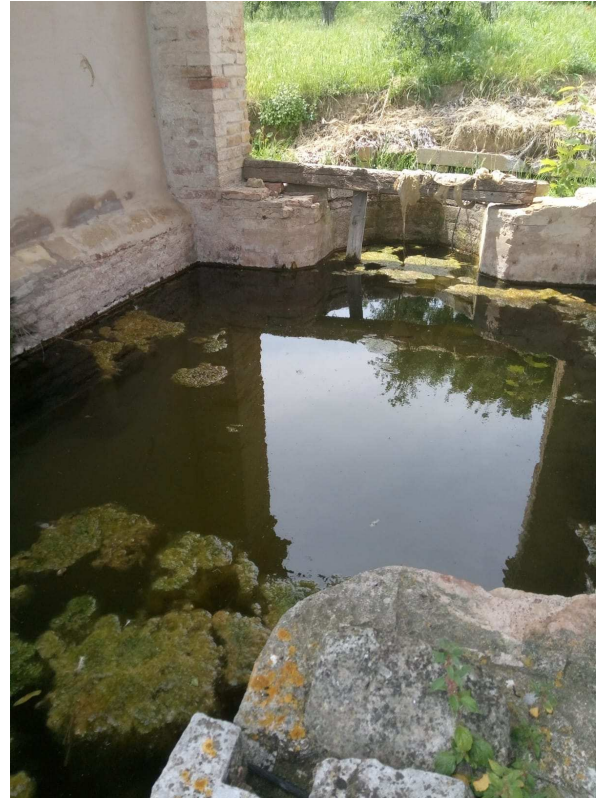


Fig. 2-10: Vasca della Fonte della Marmotta.

Fonti di San Lorenzo (Fig. 2-11, 2-12, 2-13, 2-14)

Le Fonti di San Lorenzo sono una bellissima costruzione del Seicento con arcate e lavatoi, che danno il nome ad un intero quartiere.



Fig. 2-11: Fonti di San Lorenzo.



Fig. 2.12: Particolare delle Fonti di San Lorenzo.



Fig. 2-13: Particolare delle Fonti di San Lorenzo.



Fig. 2-14: Interno della vasca delle Fonti di San Lorenzo.

Fonte di Castelnuovo (Fig. 2-15)

La Fonte di Castelnuovo si trova nelle campagne del Rione Castelnuovo.



Fig. 2-15: Ingresso alla Fonte di Castelnuovo.

Fonte Grande (Fig. 2-16)

Fonte Grande si trova in campagna in zona Addolorata; ormai è quasi interamente interrata dopo la costruzione di una nuova strada.



Fig. 2-16: Fonte Grande, quasi completamente interrata dopo la costruzione di una strada.

Fonte di Butinello (Fig. 2-17, 2-18)

La Fonte di Butinello si trova in via Contrada Duomo, al di sotto del Colle dell'Infinito.



Fig.2-17 : Fonte di Butinello.



Fig. 2-18: Vasca della Fonte di Butinello e *Adiantum capillus-veneris*.

Dopo aver individuato la presenza e la condizione attuale, rispetto al passato, delle diverse fonti d'acqua del luogo, si è deciso di incentrare lo studio su una fonte in particolare, quella di Butinello (toponimo "Butinello"). Questa fonte medievale, che è anche presente nel catasto rustico del 1761, si trova all'interno della Società Agricola "Il fiore dei fiori – Poesia e Arte nei giardini s.r.l.", in Via Contrada Duomo 35. L'Azienda, e dunque la Fonte di Butinello, è situata all'interno del centro storico di Recanati, nella campagna che si affaccia sotto il Colle dell'Infinito, verso i Monti Sibillini; la fonte in questione è confinata a nord dalla via principale, a sud dal fosso e a ovest da una strada romana e da un laghetto, che è alimentato dall'acqua proveniente dalla fonte stessa.

La Fonte di Butinello ha, dunque, origine nei pressi della Società Agricola sopra citata. Non è stata indagata speleologicamente dal Gruppo Grotte di Recanati (GGR), ma dietro la parte architettonica esterna c'è una camera sotterranea, una conserva di pochi metri cubi alimentata da un breve cunicolo di dieci metri circa. Il cunicolo prende l'acqua dalle falde sotterranee sospese fra gli strati permeabili di arenaria e/o sabbie cementate e gli strati impermeabili (argille).

2.2 Materiali e Metodi

2.2.1 Metodologie

Dopo aver cercato, per toponimi, sul web la localizzazione delle diverse fonti recanatesi si è andati in campo a vedere di persona quella che era la loro condizione attuale, osservando in particolare la struttura fisica, la dimensione della vasca (larghezza, lunghezza, profondità), se era presente o meno il getto d'acqua e, in generale, se era presente o meno l'acqua nella vasca, il suolo sui cui giacevano e quale tipo di vegetazione vi era in prossimità di tali fonti. Di tutte le fonti del luogo, però, solo una presentava il getto d'acqua mentre le altre risultavano "ferme", inaccessibili o addirittura tombinate (vi è stata costruita una lastra di cemento proprio sulla superficie della fonte), motivo per cui si è deciso di incentrare tutto il lavoro su quell'unica fonte, la Fonte di Butinello, e sul bacino idrografico che la circonda.

Essendo il bilancio idrologico l'obiettivo principale di tale lavoro risulta doveroso parlare del concetto di "portata", che viene indicata con Q . Con questo termine non si intende altro che il volume di acqua che transita in una sezione di un corso d'acqua nell'unità di tempo e che viene espressa in m^3/s ($Q = \text{Velocità media} \cdot \text{Area}$). E il volume d'acqua è un dato indispensabile per il calcolo del bilancio idrologico.

In particolare, per misurare la portata della Fonte di Butinello, da inserire nella formula del bilancio per l'appunto, sono stati utilizzati tre strumenti: un metro, un secchiello graduato e un cronometro. Innanzitutto, è necessario conoscere le dimensioni della vasca della Fonte di Butinello. Lunghezza, larghezza e profondità della vasca sono state misurate mediante l'utilizzo di un metro. La

lunghezza della vasca, interamente in mattoni, è di 230 cm, la larghezza è di 190 cm, mentre la profondità, al massimo, del livello dell'acqua è di 200 cm.

Per il rilievo della portata si è fatto uso di un secchiello graduato, misurando il tempo con un cronometro. Ad ogni misura di portata si è concordato il cronometraggio per un tempo massimo di 60 secondi.

Avendo la vasca della fonte la forma di un parallelepipedo rettangolo si applica, dunque, per calcolarlo, la formula dell'area di questo solido geometrico. Il volume, a questo punto, sarà dato dal prodotto di tre diversi parametri: lunghezza della vasca, larghezza della vasca e profondità del livello dell'acqua.

Siccome il livello dell'acqua soprastante il diver viene misurato dallo strumento stesso, per il calcolo del volume, a noi serve sapere il livello dell'acqua che sta al di sotto del dispositivo. Per trovare questa incognita dobbiamo fare una semplice differenza. È necessario misurare, dunque, con il metro, la profondità totale del livello dell'acqua, poi va misurata la lunghezza totale di cordicella più diver. A questo punto, si sottrae alla profondità totale del livello dell'acqua la lunghezza totale di cordicella più diver.

In seguito alle misure effettuate sulla Fonte di Butinello si è passati alle misure nei diversi pozzi, 7 in particolare, più le due cisterne, che sono posizionati nell'area che circonda la fonte oggetto di studio. In ognuno dei pozzi, con l'ausilio di svariati strumenti, sono state prese le misure di profondità totale del pozzo (mediante una rullina metrica), le misure di altezza della bocca del pozzo dal piano campagna nonché il diametro della stessa (mediante un metro), le misure effettive di profondità dell'acqua presente nel pozzo (mediante una rullina metrica, ma è stato utilizzato anche un freatimetro per la misura del livello statico dell'acqua, ovvero a quanti metri di profondità si trova l'acqua rispetto al piano campagna) e, per finire, le misure di temperatura dell'acqua e di conducibilità elettrica (mediante un conducimetro).

Gli strumenti sono tutti caratterizzati da facilità, ma anche rapidità, d'uso. Innanzitutto, è stata utilizzata la rullina metrica per conoscere la profondità totale del pozzo. Per sapere questa informazione è necessario, dunque, calare la rullina metrica fino a che il peso dello strumento non tocchi il fondo. Una volta che il peso è stato posato (verticalmente) sul fondo è possibile, mediante il metro, la lettura della profondità totale del pozzo. Con il metro sono stati presi anche l'altezza della bocca del pozzo e il diametro della stessa. E mentre per l'altezza si posiziona il metro in verticale, dal piano campagna alla testa del pozzo, per leggerne la misura, per il diametro si pone il metro orizzontalmente, da un lato all'altro, sopra la bocca del pozzo, per conoscerne la dimensione effettiva. È stato, poi, fatto calare il freatimetro all'interno del pozzo per capire a che livello l'acqua al suo interno si trovava dal piano campagna. Una volta che il sensore raggiunge

l'acqua si attivano due segnali, uno luminoso e uno acustico. Infine, è stato usato un conducimetro per carpire informazioni riguardanti sia la temperatura che la conducibilità elettrica dell'acqua del pozzo. Per poter arrivare a questi dati è necessario far calare il sensore all'interno del pozzo. Una volta che il sensore raggiunge l'acqua si possono leggere sul display i dati di temperatura dell'acqua in gradi centigradi e di conducibilità elettrica in microSiemens/cm. Risulta fondamentale l'aver il dato di conducibilità elettrica dell'acqua per riuscire a capire, in particolar modo, da quale falda il pozzo in esame prende l'acqua.

È bene ricordare che la Fonte di Butinello prende acqua da una tubatura. L'opera di presa, in particolare, si trova a monte, a qualche decina di metri di distanza. Tuttavia, c'è stata una rottura di tale tubatura, e le cause possono essere diverse: un movimento superficiale del terreno, fattori biologici (radici di piante che, trovando una notevole quantità di acqua, si dirigono attorno alla tubatura) oppure la presenza della strada.

2.2.2 Strumenti utilizzati

Il primo passaggio che ha segnato l'inizio di questo lavoro, per quanto riguarda la parte idrologica della tesi, è avvenuto nel mese di maggio, per la precisione il 31 maggio 2019. In questo giorno sono stati posizionati sul luogo di studio due strumenti fondamentali per l'analisi del territorio che è stato deciso di prendere in esame: si tratta, nello specifico, di un diver e di un baro-logger. E mentre il diver è stato immerso nell'acqua della fonte mediante una fine cordicella che lo tiene sollevato dal fondo, il baro-logger è stato appeso, mediante un filo che lo tiene sospeso, nell'ambiente esterno, ovvero nella struttura abitativa in prossimità della fonte di studio.

Ma gli strumenti che sono stati utilizzati per portare a termine il presente lavoro non si esauriscono di certo qui. Sono stati necessari anche altri dispositivi quali un conducimetro, un freatimetro, una rullina metrica, nonché un metro, un secchiello graduato e un cronometro.

2.2.3 Descrizione degli strumenti

Di seguito la descrizione degli strumenti che sono stati utilizzati per effettuare tutte le misure necessarie al raggiungimento dello scopo e, quindi, alla realizzazione di questo lavoro.

2.2.3.1 Il diver

Il diver (Fig. 2-19), dall'inglese "diver", "tuffatore", è uno strumento che viene immerso in una fonte d'acqua (in questo specifico caso la fonte di Butinello), così come anche in un pozzo o in un corso d'acqua, che è in grado di determinare il livello, la temperatura e la conducibilità elettrica dell'acqua.

La gestione dei dati è molto semplice e può essere controllata tramite computer portatile o palmare, e consente di inserire parametri essenziali quali, ad esempio, la locazione del sito di misura e gli intervalli tra una misura e l'altra, nonché quando iniziare le misure (data e ora); il diver, dunque, registra ad intervalli prestabiliti e personalizzabili dall'utente. Rappresenta, quindi, uno strumento rivoluzionario in quanto, una volta installato, l'operatore non ha infatti più necessità di misurare manualmente e continuamente il livello dell'acqua della fonte.



Fig. 2-19: Diver, appeso nella Fonte di Butinello.

2.2.3.2 Il baro-logger

Il baro-logger (Fig. 2-20) è uno strumento che ha lo scopo di misurare la pressione e la temperatura atmosferica, consentendo così al software di compensare le misure rilevate dai sensori inseriti in acqua. In questo modo non si rende più necessario l'utilizzo degli ingombranti, e costosi, cavi di compensazione. Ma non solo perché un baro-logger può fornire il dato di compensazione per un numero teoricamente infinito di sensori. E l'unica condizione è che siano installati in un'area barometricamente omogenea.

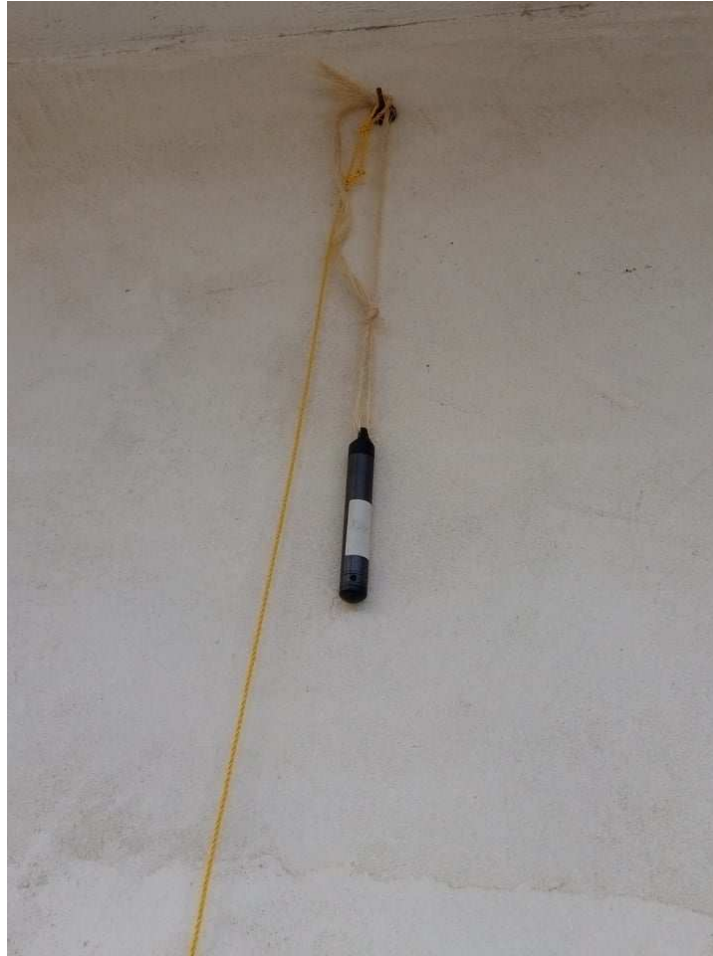


Fig. 2-20: Baro-logger, appeso nella struttura abitativa vicina all'area della Fonte di Butinello.

2.2.3.3 Il conducimetro

Il conducimetro (Fig. 2-21), chiamato anche conduttimetro o conduttivimetro, è uno strumento digitale che misura la conducibilità elettrica dei liquidi, ovvero la capacità di questi di condurre corrente elettrica. Questo strumento identifica la materia ionizzabile presente nell'acqua e la quantità di sali disciolti all'interno di questa. La conducibilità è proporzionale alla concentrazione di sali disciolti nell'acqua; ciò significa che, se il livello e la quantità di sale diminuisce, scende anche la conducibilità elettrica. Il conducimetro misura la conducibilità elettrica in microSiemens per centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) oppure in mg/l ; la relazione tra queste due unità di misura è la seguente: $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$ (parti per milione) = $1 \text{ mg}/\text{l}$. Lo strumento può avere la compensazione della temperatura in modo manuale o automatico. L'attività degli ioni aumenta all'aumentare della temperatura, pertanto, a parità di contenuto di ioni presenti in un liquido, i valori della conducibilità elettrica di un liquido a 15°C sarà più alto rispetto allo stesso liquido portato alla temperatura di 10°C . Il conducimetro consente, inoltre, la misurazione della durezza dell'acqua, dovuta alla presenza di ioni calcio e magnesio disciolti all'interno.



Fig. 2-21: Conducimetro, per la misura della conducibilità elettrica e temperatura dell'acqua.

2.2.3.4 Il freatimetro

Il freatimetro (Fig. 2-22) è uno strumento utilizzato per misurare il livello statico dell'acqua all'interno di pozzi e piezometri, ma può essere usato anche per misure di livello in serbatoi, cisterne, bacini o corsi d'acqua. Può venir chiamato anche "Idrometro per pozzi" o "Water Level Meter", che in inglese significa letteralmente "Misuratore di livello dell'acqua". Questo dispositivo è caratterizzato dalla semplicità e dalla velocità d'uso.

Lo strumento è costituito da una sonda (detta anche puntale), montata su nastro o un cavo graduato (millimetrato o centimetrato) contenente dei conduttori elettrici, da un circuito elettronico di rilevamento e segnalazione e da un avvolgicavo che contiene il tutto.

Il puntale del freatimetro è costituito da due elettrodi che quando entrano in contatto con l'acqua permettono al circuito elettrico di attivare un segnale acustico e luminoso. Una volta percepito il segnale, l'operatore può agevolmente leggere sul nastro graduato la profondità della superficie dell'acqua rispetto alla testa del pozzo (ossia il livello statico dell'acqua).



Fig. 2-22: Freatimetro, per la misura della profondità della superficie dell'acqua rispetto alla testa del pozzo.

2.2.3.5 La rullina metrica

La rullina metrica (Fig. 2-23) è uno strumento, costituito da un nastro metrico e da un peso, che è in grado di misurare il livello reale dell'acqua dei pozzi e delle cisterne.



Fig. 2-23: Rullina metrica, per la misura del livello reale dell'acqua di pozzi e cisterne.

2.2.3.6 Il metro

Il metro (Fig. 2-24) è uno strumento che serve a misurare la lunghezza, larghezza e profondità della vasca della fonte di studio. Serve, inoltre, a conoscere il diametro della bocca dei pozzi e l'altezza della bocca degli stessi a partire dal piano campagna.



Fig. 2-24: Metro, per la misura del diametro dei pozzo e dell'altezza della bocca di questo dal piano campagna, nonché per la misura della lunghezza, larghezza e profondità della vasca della Fonte di Butinello.

2.2.3.7 Il cronometro

Il cronometro è uno strumento che serve a misurare il tempo per il rilievo della portata della fonte oggetto di studio.

2.2.3.8 Il secchiello graduato

Il secchiello graduato (Fig. 2-25) è uno strumento che serve a contenere l'acqua che esce dalla fonte per misurarne l'effettiva portata a ogni rilievo.



Fig. 2-25: Secchiello graduato, per la misura della portata effettiva della Fonte di Butinello.

Capitolo 3

INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

3.1. Inquadramento geografico

Il territorio comunale di Recanati, esteso su una superficie di 102,7 km², si colloca nel settore basso-collinare della Provincia di Macerata del quale occupa la parte nord-est a confine con la Provincia di Ancona; si interpone tra i fondovalle del fiume Potenza e del fiume Musone, inclusi nel territorio. Confina a nord con il comune di Osimo e di Castelfidardo, ad est con il comune di Loreto e di Porto Recanati, a sud con il comune di Potenza Picena e di Montelupone e ad ovest e nord-ovest con il comune di Montecassiano e di Montefano. L'area ricade nelle tavolette topografiche I.G.M. (Carta d'Italia scala 1:25000) Foglio 117 Montecassiano II S.E., Foglio 118 Potenza Picena II S.E., Foglio 118 Recanati III S.O., Foglio Loreto III N.E., Foglio 118 Osimo III N.O.

La città, che si sviluppa nel settore centrale, in posizione panoramica, si estende sulla dorsale di un lungo e tortuoso colle, posto a 296 m.s.l.m.; nel suo complesso il territorio conta di una popolazione costituita da 21657 abitanti, distribuita in pochi nuclei accentrati ai quali si interpone un vasto paesaggio rurale non particolarmente compromesso sotto l'aspetto urbanistico.

3.2 Inquadramento geologico

L'assetto strutturale dell'area in studio è caratterizzato da una blanda monoclinale immergente a ENE, con un'inclinazione degli strati variabile tra circa 5° e 10°. Tale struttura risulta dislocata da una serie di fratture e faglie a debole rigetto, ad andamento appenninico ed ENE-WSW. Dal punto di vista dell'evoluzione tettonico-sedimentaria, in quest'area centrale del Bacino marchigiano esterno, sono stati riconosciuti 3-5 cicli sedimentari, trasgressivo-regressivi, caratteristici di bacini poco profondi e di ambienti di transizione. Dopo l'emersione sono iniziati i processi di versante i cui depositi ricoprono buona parte degli stessi. Sostanzialmente la successione dei terreni, dal più antico al più recente, è così sintetizzabile: Formazione delle Argille Azzurre; Depositi continentali. L'inquadramento geologico e strutturale consente di attribuire le aree indagate al Bacino Marchigiano Esterno, le litologie sono quelle tipiche della formazione sedimentaria marina Plio-Pleistocenica. Questa si presenta in facies arenacea nella parte sommitale del versante ed in facies eminentemente pelitica nella fascia al di sotto di quota 270; nella zona di passaggio si individua una fascia con eteropie di facies piuttosto articolate.

Strutturalmente il bed-rock è in assetto monoclinale con immersione prevalente di 5-10° verso NE. Localmente sono state rilevate giaciture discordanti con l'assetto regionale e brusche variazioni litologiche laterali.

La presenza di faglie di tipo distensivo con andamento sia appenninico che antiappenninico è nota attraverso la letteratura; queste presentano modeste evidenze in superficie, possono provocare modesti rigetti e si manifestano per lo più attraverso lineazioni tettoniche che incrementano localmente lo stato di alterazione dei litotipi riducendone in modo significativo le caratteristiche geotecniche.

I sedimenti che costituiscono il substrato della zona sono soprattutto di composizione terrigena, come la parte più recente della successione Umbro-Marchigiana. Sono principalmente di origine marina, risalenti al periodo compreso tra Pliocene e Pleistocene. Nella maggior parte dei casi si hanno argille con intercalazioni sabbiose o sabbie con intercalazioni lenticolari di argille che possono essere riferite ad eventi torbiditici di basso potenziale (sediment gravity flows) innescatesi sul lembo orientale dell'incipiente subpiega anticlinale.

Localmente si rinvengono orizzonti conglomeratici sabbiosi o argilloso-limoso-sabbiosi testimoni del sollevamento progressivo dell'area con il passaggio dalla sedimentazione marina o di spiaggia a quella lagunare, fluvio-lacustre e deltizia caratteristiche di un bacino chiuso. Le suddette ghiaie si trovano quasi esclusivamente nella parte sommitale del rilievo.

Con il susseguirsi degli eventi meteoroclimatici, trattandosi di litologie poco competenti e, quindi, facilmente erodibili, gli agenti esogeni hanno modellato le strutture preservandone solo alcuni tratti; anche le unità più competenti, ove sono sopraggiunte azioni disgregatrici, alterazioni e decompressioni, hanno subito la stessa sorte. Ulteriori modifiche, ma non per importanza, sono state fatte dall'uomo, soprattutto nel secolo scorso. Quanto sopra può motivare il costante e profondo stato di alterazione individuato sia nei sondaggi che negli affioramenti del substrato geologico.

Nel sottosuolo sono presenti falde idriche dove le condizioni stratigrafiche e giaciture permettono l'accumulo di acqua.

Secondo la Carta Geologica regionale (Fig. 3-1) ed. CTR 1:10.000 la struttura di base è costituita da:

Formazione delle Argille Azzurre - Litofacies Arenacea (FAAc)

Costituita principalmente da strati arenacei e da sottili livelli pelitici intercalati. Le arenarie si presentano ben cementate, a granulometria da fine a grossolana e in strati che, a luoghi, sono anche molto spessi. È riconoscibile una marcata geometria lenticolare, che si sviluppa a scala dell'affioramento, con contatti basali erosivi indicativi di processi canalizzati. Le peliti sono

costituite principalmente da argille marnoso-siltose di spessore centimetrico. L'associazione arenacea, unitamente alla arenaceo-conglomeratica, è individuata sulla sommità del rilievo del Colle dell'Infinito. Nell'area sottostante il centro storico di Recanati, il corpo arenaceo poggia con contatto erosivo sulla sottostante Formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Formazione delle Argille Azzurre-Litofacies Pelitica/Arenaceo-pelitica/Pelitica-arenacea (FAAg)

Unità essenzialmente pelitica o pelitico-arenacea, stratificata. Si osserva la prevalenza di sedimenti con granulometria fine (silt o argille) con presenza, subordinata di sedimenti più grossolani rientranti nella classe delle sabbie.

La frazione pelitica risulta essere composta da argille sovra-consolidate, da argille limose e argille marnose, con colore variabile da grigio-azzurro a grigiastro; la porzione arenacea è formata prevalentemente da sabbie con classi granulometriche comprese tra fini a medio-fini; la colorazione varia da giallo-grigiastra a giallo-ocracea.

Associazione arenaceo-pelitica: anche in questo caso si hanno alternanze tra arenarie e sedimenti con granulometrie minori. L'unica differenza con l'unità precedente sta nel fatto che ad essere prevalenti sono le arenarie mentre i silt e le argille costituiscono una frazione subordinata dei sedimenti.

La frazione sabbiosa è data da sabbie ocracee variamente cementate, talvolta grigiastre, con granulometria da fine a medio-fine. Gli strati arenacei più spessi talvolta risultano essere gradati con laminazione incrociata o piano parallela. La geometria degli strati e quella di questa sotto-unità è sempre lenticolare con eteropie marcate fin quasi a perdere la propria identità ed a fondersi con le associazioni precedentemente descritte. Spesso presente in forma arenaceo-conglomeratica (FEMb) come Formazione di Fermo (Pleistocene inferiore-medio).

La successione geolitologica dell'area investigata può essere così essere riassunta:

Copertura antropica: i terreni di riporto, più o meno recenti, sono localizzati prevalentemente nella parte alta del versante in corrispondenza dell'asse viario S.P. 77 Val di Chienti. Sono il risultato dei lavori di ampliamento della strada stessa effettuati a più riprese, da ultimo nel 1937. Localmente, a quote più basse, sono presenti accumuli riconducibili a tentativi di sistemazione del versante.

Coltri: di origine colluviale ed eluviale (MUSb2), localmente sono presenti estese rielaborazioni gravitative (MUSa1). Queste ultime sono di difficile distinzione nei sondaggi in quanto sono litologicamente costituite dagli stessi litotipi della sottostante Formazione (per lo più in facies pelitico-arenacea) con aspetto caotico. Litologicamente, la porzione colluviale è costituita da limi argillosi e argille limose beige-brunastre e/o bruno-grigie con aspetto irregolare ed inclusioni di

minute concrezioni calcaree, talora macule ocracee o grigie chiare e frustoli torbosi. Nella carta geologica è stata perimetrata in riferimento ad uno spessore minimo di circa 2 metri.

Formazione delle argille azzurre (FAA, presente sia come formazione a se stante sia mediante due facies, una arenacea, l'altra pelitico arenacea)

Formazione, facies arenacea (FAAc): si tratta di sabbie di granulometria variabile da fine a media, di colore ocraceo e/o giallastro, con matrice limosa. Al suo interno sono presenti sottili livelli con ciottoli calcarei e silicei di dimensioni inferiori al cm. Alcuni orizzonti sono dotati di buona cementazione da legante calcareo o limoso; in corrispondenza di variazioni granulometriche si formano concrezioni calcaree nodulari. I livelli cementati più consistenti, in alcuni casi, hanno creato difficoltà di avanzamento con le prove penetrometriche. Il materiale ha una struttura sedimentaria in genere evidente. Nella parte alta del rilievo questa unità presenta una facies arenaceo-conglomeratica, spesso cementata; questa è visibile in numerose grotte del centro storico, non è stata individuata nelle indagini condotte per il presente studio perché posizionata stratigraficamente più in alto.

Formazione delle argille azzurre-membro arenaceo-pelitico (FAAg): questa unità è costituita da materiali prevalentemente pelitici con intercalazioni pelitico arenacee o arenaceo pelitiche subordinate. La porzione più prossima alla superficie è sempre variamente alterata con fratture, giunti di decompressione ed ossidazioni profonde. L'ambiente deposizionale, di mare poco profondo, della porzione superiore delle argille azzurre ha favorito la formazione di lenti e strati con spessori molto irregolari. La geometria degli strati delle sotto-unità è prevalentemente lenticolare con eteropie marcate fin quasi a perdere la propria identità ed a fondersi con le associazioni affini precedentemente descritte (Patrizzetti, 2012).

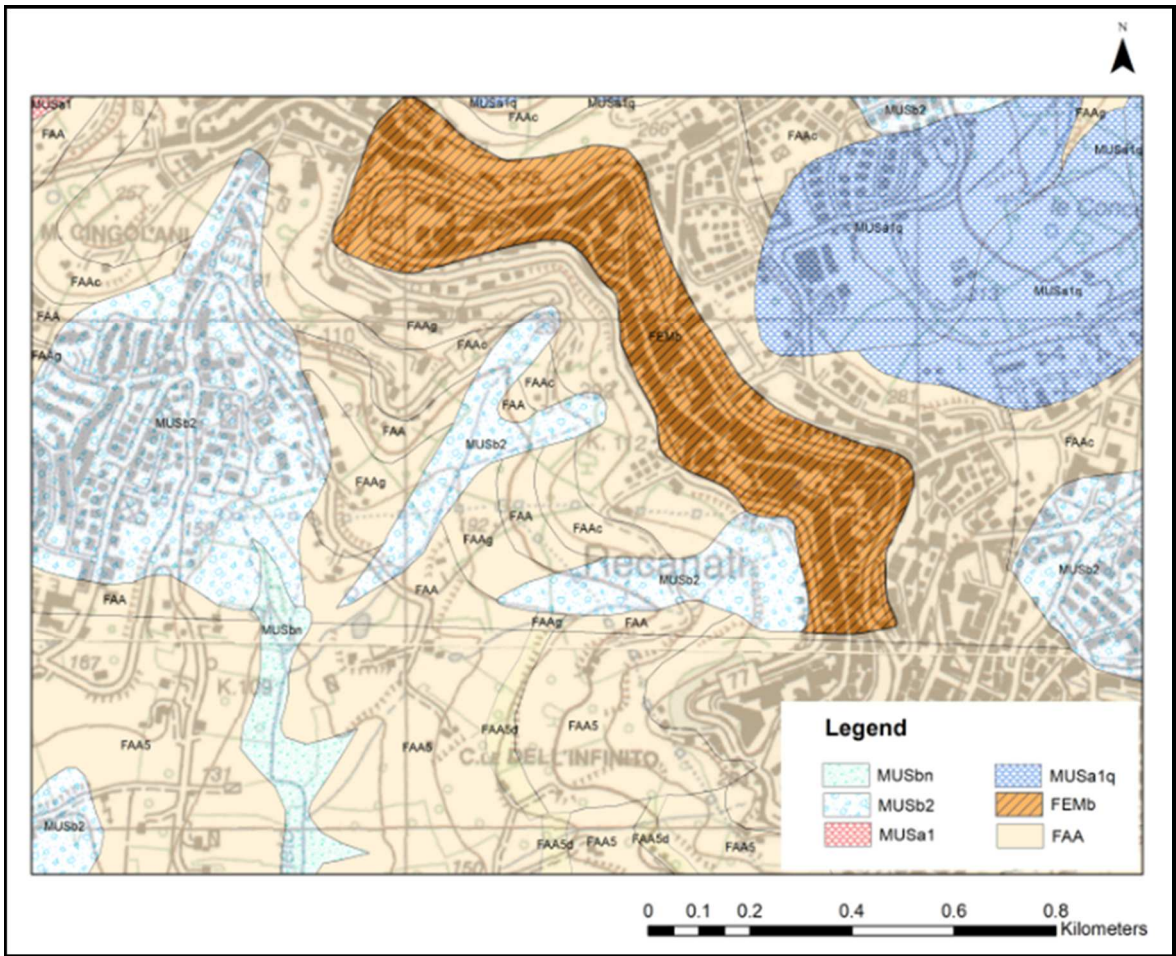


Fig. 3-1: Carta geologica di Recanati; Formazioni presenti all'interno del territorio oggetto di studio: MUSbn (Depositi alluvionali terrazzati), MUSb2 (Depositi eluvio-colluviali), MUSa1q (Depositi di frana senza indizi di evoluzione), MUSa1 (Depositi di frana in evoluzione), FEM (Formazione di Fermo litofacies arenacea conglomeratica), FAA (Formazione Argille Azzurre).

3.3 Inquadramento geomorfologico

L'assetto litologico-strutturale dell'area si riflette sulla sua morfologia, condizionando le forme e l'evoluzione stessa del paesaggio; questa relazione generale tra geologia e morfologia, che sempre si osserva negli studi di interpretazioni del paesaggio, è tanto più vera per quelle situazioni in cui siano presenti indizi di "ringiovanimento" del territorio, intendendo con questa definizione aree nelle quali le fasi tettoniche che sono alla base della formazione del rilievo e che hanno avuto un inizio recente in termini geologici, non hanno ancora esaurito la loro attività; il contemporaneo effetto di tale attività con i processi morfogenetici che modellano il rilievo, ha dato origine alle attuali forme del paesaggio, in lenta e continua evoluzione.

L'analisi geomorfologica è stata effettuata mediante indagini dirette sul terreno per il dettaglio ed indagini indirette, mediante l'utilizzo di foto aeree e di informazioni bibliografiche.

L'unità morfostrutturale oggetto di indagine è costituita dai versanti sud-occidentali della dorsale di Recanati, appartenenti al macrobacino idrografico del Fiume Potenza, alimentato da alcuni suoi tributari minori, quali il Fosso Ricale, il Fosso Pantaneto ed il Fosso S. Antonio, tutti affluenti di sinistra idrografica. Il Colle dell'Infinito in particolare, è inciso da una serie di fossi affluenti in sinistra del Fosso Pantaneto con asse di scorrimento da NE verso SW. Complessivamente, l'area presenta una forma articolata, con crinali e dorsali minori, posti a quote diverse e separati da impluvi e vallecole più o meno ampie con l'andamento sopra richiamato. Nella fascia eminentemente pelitica i crinali sono ben modellati e generalmente morbidi, le vallecole sono prevalentemente a morfologia concava.

Il Colle si caratterizza per il brusco contrasto tra gli affioramenti dei litotipi sabbioso-arenacei-conglomeratici nella parte sommitale, rispetto ai termini prettamente pelitici del versante immediatamente sottostante. Fanno eccezione due orizzonti arenaceo-pelitici di entità disomogenea distribuiti nel medio versante.

I litotipi più grossolani e/o ad elevata cementazione, per la loro maggiore tenacità, in conseguenza di fenomeni di erosione selettiva, condizionati anche dall'assetto strutturale (strati a reggipoggio/traversapoggio rispetto ai versanti), emergono dal rilievo generalmente dolce, dando luogo a rotture di pendio caratterizzate da elevata acclività come le scarpate influenzate dalla struttura che perimetrano l'intero ambito del Colle dell'Infinito seguendo grosso modo il percorso della S.P.77 ossia del Viale Colle dell'Infinito.

I fondovalle dei fossi che drenano tali versanti, presentano generalmente una morfologia sub-pianeggiante, a fondo piatto, di larghezza molto modesta, incisa dall'impluvio attuale del corso d'acqua, con scarpate di erosione fluvio-torrentizia di altezza variabile.

Il reticolo idrografico che incide secondo linee di massima pendenza i versanti, è caratterizzato da un regime prettamente stagionale; alcuni di questi mostrano indizi di erosione ed approfondimento lineare attivo, con creazione di scarpate di denudazione e di erosione in corrispondenza della testata degli stessi.

Nelle aree caratterizzate da acclività, in concomitanza con le pratiche agricole di aratura dei terreni ed in assenza di adeguate regimazioni idriche superficiali, si innescano fenomeni di ruscellamento diffuso, con fenomeni localizzati di erosione del suolo.

Quando le coltri eluvio-colluviali prevalentemente limoso-argillose raggiungono le condizioni critiche di completa saturazione, si innescano fenomeni franosi di tipo scorrimento roto-traslato e deformazioni plastiche, queste ultime caratterizzate da ondulazioni e gibbosità del terreno, contropendenze e ristagni idrici.

Tali fenomeni si innescano soprattutto nei settori particolarmente acclivi dei versanti dell'area, in cui sono presenti coltri colluviali fini e sciolte.

Sono state rilevate e cartografate aree con movimenti gravitativi, attivi e quiescenti, evidenziate da corone di frana di forma arcuata e, talora, contropendenze o rigonfiamenti al piede.

In corrispondenza dei depositi sabbioso-arenacei del tetto del ciclo sedimentario, la notevole acclività che qui assumono i versanti, unitamente alla presenza nell'ammasso litoide di joints (faglie, fratture, diaclasi, ecc.) paralleli al versante stesso, creano condizioni favorevoli al distacco e scivolamento di blocchi e della coltre che li ricopre, con cedimenti delle infrastrutture coinvolte (carreggiata, marciapiede, ecc.).

Infine, i principali elementi idrologici sono costituiti da fossi sorgenti, pozzi e laghetti collinari: l'unica sorgente di un certo rilievo, riportata anche nella Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000 e denominata Fonte Butinello, è ubicata lungo l'alveo del Fosso Pantaneto; i pozzi sono ubicati prevalentemente nei fondovalle, e attingono acqua dalla falda presente all'interno dei depositi alluvionali, mentre i laghetti collinari sono poco diffusi in quest'area.

La connotazione morfologica del Colle dell'Infinito è piuttosto aspra nella porzione sommitale e decisamente più morbida man mano che ci si sposta dalla parte mediana verso il fondovalle. Questa trova una sua ragion d'essere nella litologia dei terreni e nella formazione geologica del Colle.

I terreni eminentemente argillosi, che costituiscono il substrato nella parte mediana del rilievo e nei fondovalle, determinano la conformazione flessuosa, rotondeggiante, morbida dei versanti fittamente incisi da un reticolo idrografico che contraddistingue ed esalta la piacevolezza di questi territori.

Su questi terreni si è sviluppata per secoli l'attività agricola che ha suddiviso l'area in piccoli appezzamenti di coltivi interrotti e delimitati da linee irregolari di sviluppo della vegetazione spontanea tipica mediterranea.

La parte alta del Colle si distingue dalla sottostante per la presenza di sedimenti arenacei, caratteristici dei depositi di paleospiaggia. Queste litologie danno luogo ad una morfologia più aspra, con diverso grado di erodibilità su cui si sviluppano anche essenze vegetazionali diverse e, quindi, il paesaggio risulta diverso.

La SP 77, nel tratto urbano antistante il Colle dell'Infinito, è minacciata dai sottostanti dissesti ed evidenzia sconnessioni e cedimenti verso valle. Il Comune è dovuto già intervenire nel tratto urbano della SP 77 nel 2012 con una palificata nella zona di Porta Cerasa e, più recentemente, a salvaguardia di un breve tratto di viale Colle dell'Infinito antistante l'ospedale.

Il rilevamento geomorfologico ha messo in evidenza scarpate strutturali per erosione differenziata intorno a quota 270÷280; subito sotto iniziano a svilupparsi dissesti gravitativi composti che, asseconda delle condizioni al contorno, evolvono con dinamiche diverse.

Al piede del versante scorre il fosso Pantaneto che in alcuni tratti ha inciso il proprio letto fino a 2÷3 metri di profondità. Ancor più evidenti sono le incisioni di alcuni fossi affluenti in sinistra del Pantaneto ed in particolare il fosso che si origina sotto Porta Nuova e scorre verso ovest, subparallelo al viale Colle dell'Infinito; questo tra quota 170 e 230 m evidenzia incisioni profonde fino a 6 metri che hanno prodotto il collasso delle sponde provocando degrado e crolli delle stesse su una fascia ampia dai 20 ai 35 metri. Il dissesto si è sviluppato nell'ultimo decennio ed appare in rapida evoluzione. Lo stesso ha favorito il reinnescimento dei dissesti gravitativi sui versanti circostanti.

Alcuni dissesti gravitativi attivi possono meglio definirsi di tipo complesso, a porzioni con deformazioni plastiche si associano porzioni con componente rototraslazionale, specie nella parte alta del versante. Sono individuate corone di frana quiescenti connesse con deformazioni plastiche attive. Localmente si hanno fenomeni di colamento, anch'essi con porzioni aventi dinamica complessa. Nella fascia altimetrica tra 240 e 270 m sono presenti corone di frana connesse a corpi con spessore valutabile in diversi metri; il monitoraggio in atto potrà fornire le necessarie precisazioni.

Il tratto di versante sottostante la Circonvallazione sud tra Porta Cerasa, viale del Passero Solitario e Colle dell'Infinito, da quota 160 m s.l.m. fino a 280 m, è interessato da deformazioni plastiche. Al piede del dissesto i fossi Ricale, Pantaneto e affluenti sono in erosione lineare; tale condizione favorisce l'instabilità dei soprastanti versanti. La situazione si è particolarmente aggravata negli ultimi anni in cui, in più occasioni, "celle temporalesche" hanno scaricato qualche centinaio di mm di pioggia in poche ore su questi bacini che hanno tempi di corrivazione molto brevi.

Il rilevamento geomorfologico è stato particolarmente difficoltoso in alcune aree per la presenza di una folta e selvaggia vegetazione arborea e arbustiva. Solo l'apertura di alcune piste per le indagini e successivi interventi localizzati di pulizia hanno permesso un riscontro diretto di molti dei dissesti configurati in precedenza con mezzi diversi. La forte acclività ha indotto a desistere anche all'apertura di ulteriori piste e sentieri per ragioni di sicurezza, almeno in questa fase; a detrimento di rilievi ed indagini.

3.4 Inquadramento climatologico

Il periodo climatico tra il 1920 e il 2009

Le due guerre mondiali hanno negativamente inciso sulla continuità della raccolta dei dati, in particolare in concomitanza della prima, a causa della mancanza di personale addetto alle stazioni, come pure per altre necessità connesse alle priorità che gli eventi bellici imponevano. Inoltre, in alcuni casi, alla ripresa delle attività, le stazioni di rilevamento avevano subito alcuni cambiamenti o della dotazione strumentale o della loro dislocazione. È stato soprattutto il decennio 1911-1920 a denunciare le maggiori carenze, tanto che è stato ritenuto opportuno partire nuovamente dal 1920 per ricominciare un confronto dei dati strumentali, dopo averlo arricchito di altre tre stazioni di rilevamento e cioè: Macerata (precipitazioni, temperature e vento), Osimo (precipitazioni e temperature) e Loreto (precipitazioni). Si è potuto così trattare una più cospicua e completa massa di valori che potevano in modo più esauriente descrivere l'andamento climatico quasi secolare della zona compresa tra le alte colline e la costa del Maceratese, con una parziale estensione alla zona meridionale dell'Anconetano prossima alla costa, e con Recanati al centro dell'intera area. Avvalendosi soprattutto dei dati raccolti dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici, dall'Istituto Centrale di Statistica, dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata, dall'Osservatorio Meteorico Sismico di Camerino, dall'Istituto Tecnico Industriale di Recanati, si è potuto analizzare il succedersi negli anni dei parametri meteorologici della zona con lo scopo di definirne gli andamenti e inquadrare meglio i caratteri climatici, anche alla luce degli importanti mutamenti che si stanno configurando in questo ultimo periodo di tempo.

Pertanto, ora verranno trattati sinteticamente i singoli parametri, traendone, infine, le logiche conclusioni d'insieme.

Le precipitazioni

È questo il parametro che, notoriamente, mostra un'elevata variabilità negli anni. Infatti, le deviazioni standard dei dati annuali delle precipitazioni subiscono oscillazioni intorno al 20-25%. Dalla figura 3-2 si vede ad esempio come a Camerino vi sia stata una flessione delle precipitazioni dal 1859 al 1912, seguito da un incremento dal 1913 al 1937; poi ancora un calo sino al 1945 e, quindi, una breve ripresa sino al 1963, seguita da una flessione durata fino al 1971 e poi una nuova crescita dal 1972 al 1980. Dal 1981 si verifica una serie di contenute oscillazioni fino al 2009. In sintesi, l'andamento complessivo evidenzia mediamente un calo di circa 100 mm in un lasso di tempo di circa 150 anni.

Considerando ora il periodo 1920-2009 (Fig. 3-3, 3-4), in cui possono essere messe a confronto le precipitazioni delle cinque località, si nota negli anni, pur con le consuete oscillazioni, una chiara diminuzione a Camerino, una più contenuta flessione a Recanati, mentre nelle altre località non si intravedono significative variazioni o al massimo una lieve flessione. Resta, comunque, confermato che l'ammontare complessivo delle precipitazioni cresce con l'altitudine delle località, a causa dell'influenza che l'orografia esercita sulla condensazione dell'umidità contenuta nelle masse d'aria coinvolte nella circolazione atmosferica.

Esaminando ora la distribuzione mensile delle precipitazioni (Fig. 3-5 e Tab. 3-1) si vede come in tutte le località si registra un quantitativo minimo di pioggia in luglio e un massimo di acqua precipitata nel bimestre novembre-dicembre.

La tabella 3-3 e le figure 3-7 e 3-9, che descrivono il numero di giorni al mese in cui mediamente si verificano delle precipitazioni, dimostrano un comportamento abbastanza simile a quanto riportato nella tabella 3-1 e nel grafico 3-5, in cui figurano i quantitativi di acqua precipitata, anche se con rapporti leggermente diversi, in quanto, specialmente nei mesi estivi e per ogni singolo evento, solitamente maggiore è l'intensità della pioggia che cade. Si può, inoltre, notare una certa differenziazione (Fig. 3-5, 3-7 e 3-9) tra Camerino e le altre quattro località basso-collinari nei primi e negli ultimi mesi dell'anno; infatti, sulla prima vengono ad avere una certa rilevanza le cadute di neve e di pioggia, favorite dalle frequenti correnti nord-occidentali e nord-orientali. In particolare, nel periodo più freddo dell'anno, tali correnti subiscono l'impatto con i rilievi dell'Appennino e, di conseguenza, rilasciano sotto forma di precipitazioni parte del loro contenuto in acqua soprattutto sulle zone alto-collinari e montane della nostra regione.

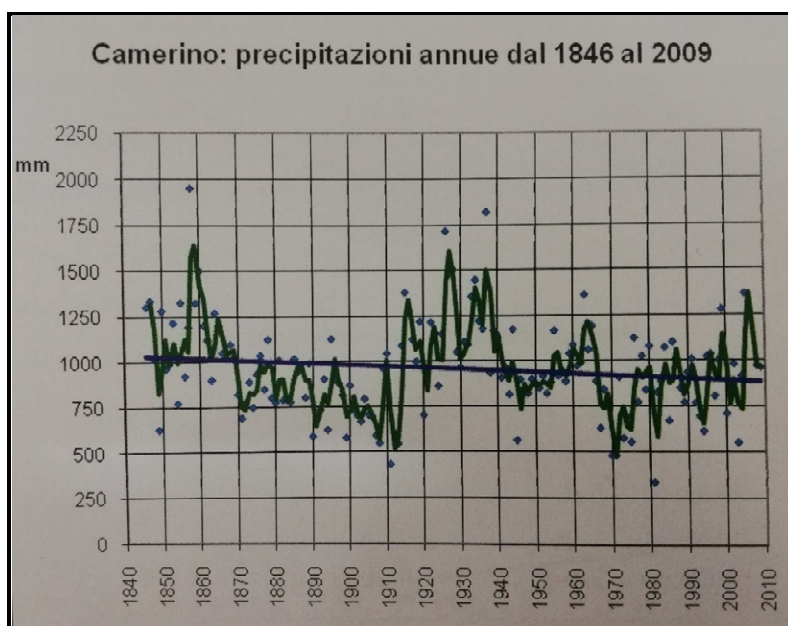


Fig. 3-2: Camerino: precipitazioni annue dal 1846 al 2009.

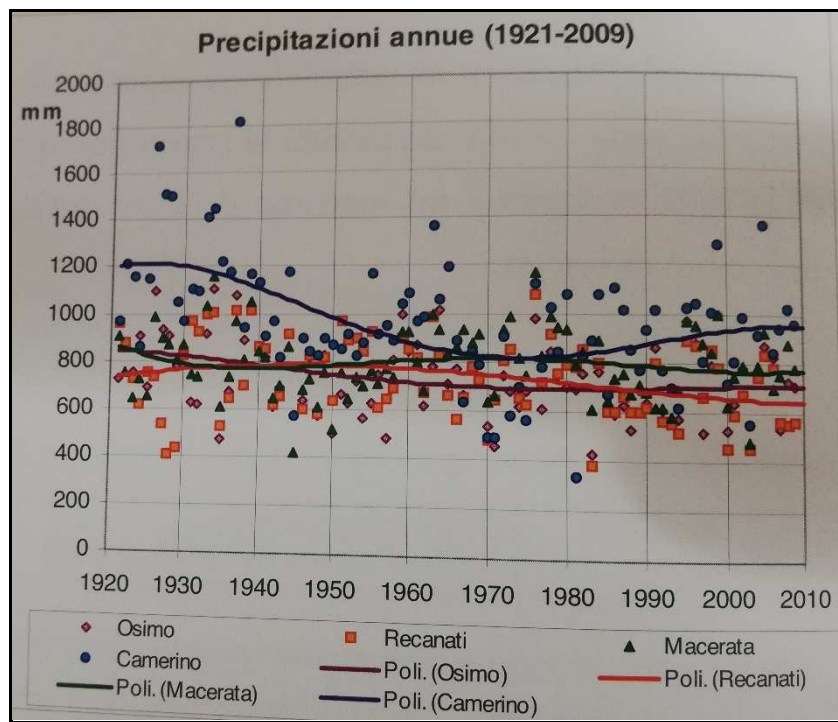


Fig. 3-3: Precipitazioni annue (1921-2009).

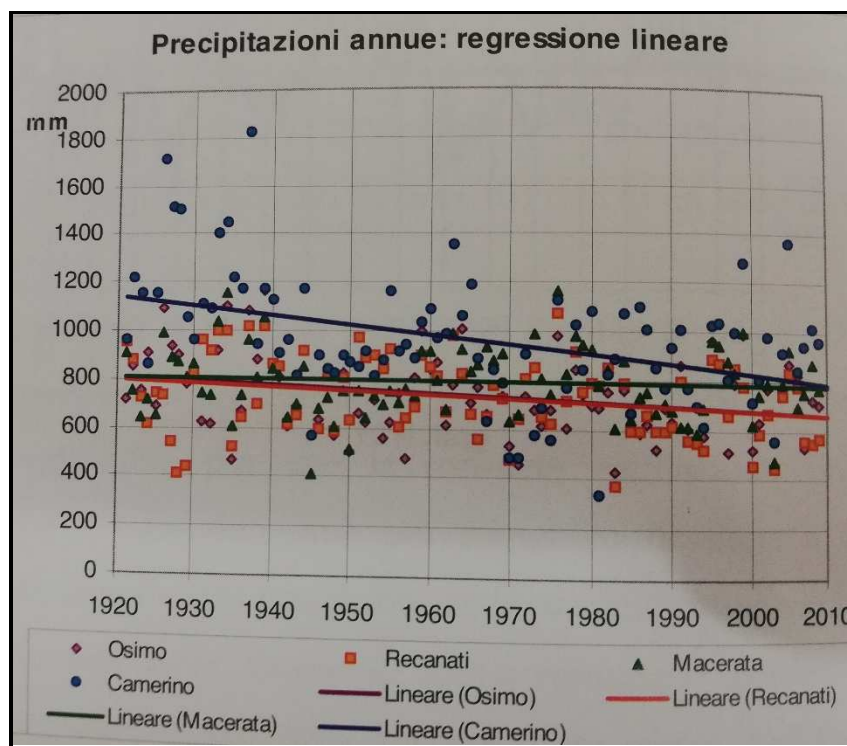


Fig. 3-4: Precipitazioni annue: regressione lineare.

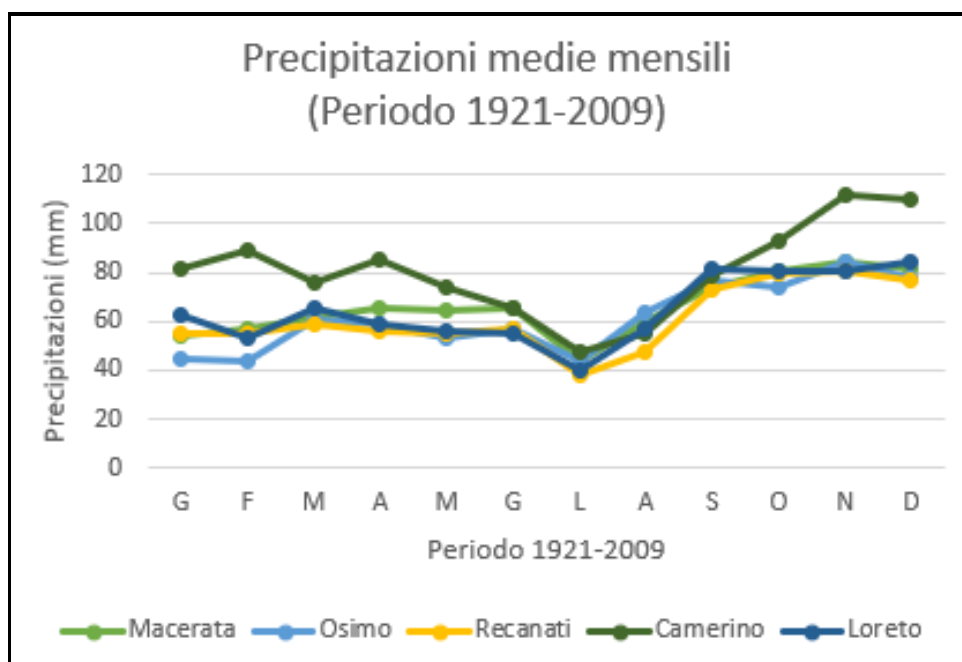


Fig. 3-5: Precipitazioni medie mensili (Periodo 1921-2009).

Tab. 3-1: Precipitazioni medie mensili/annuali.

Precipitazioni medie mensili/annuali					
	Macerata	Osimo	Recanati	Camerino	Loreto
G	53,7	44,7	54,8	81,5	62,5
F	56,7	43,5	55	88,7	52,7
M	61,5	60,5	58,6	76,2	65,8
A	65,5	58,8	55,6	85,1	59,3
M	64,3	52,7	54,7	73,9	56
G	65,6	57,3	57,3	65,3	55,1
L	43,8	44	38	47,4	39,6
A	60,2	63,2	47,8	55,1	57
S	73,5	76,5	73,2	78,2	81,7
O	80,5	74,3	79,3	93,1	80,1
N	84,3	84,8	80,9	111,4	81
D	81,5	77,6	76,5	109,9	84,2
Anno	791	737,9	735,4	968,7	776,6
Periodo	1921-2009	1921-2009	1921-2009	1921-2009	1921-2009

Come si può notare dalla figura 3-6 e dalla tabella 3-2 le precipitazioni medie mensili a Recanati, nel periodo che va dal 1921 al 2019, presentano valori più alti nei mesi di marzo (77,0 mm) e novembre (77,35 mm), mentre quelli più bassi nei mesi di luglio (34,85 mm) e agosto (39,75 mm).

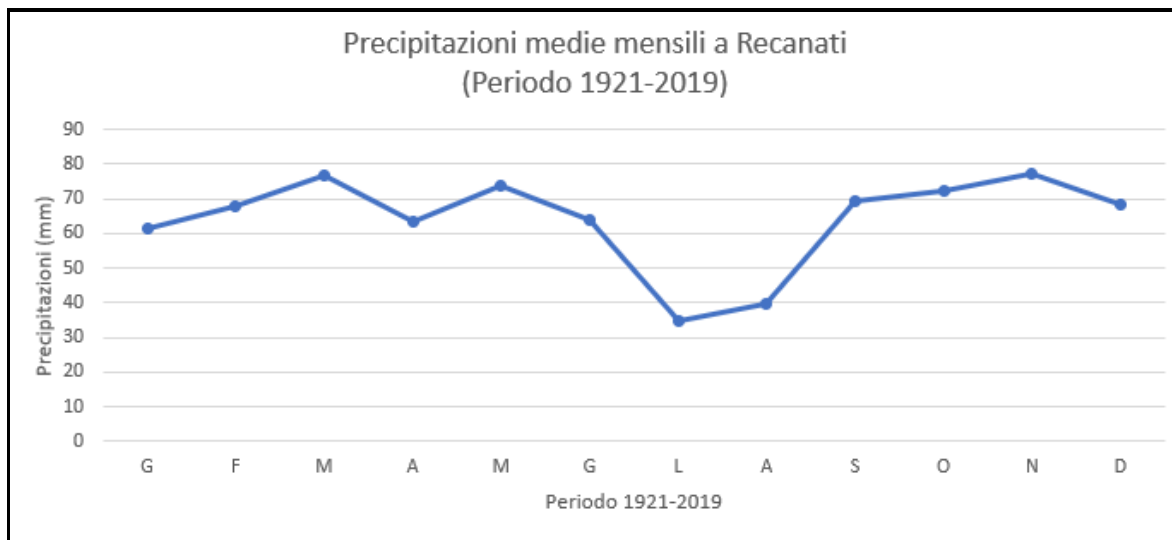


Fig. 3-6: Precipitazioni medie mensili a Recanati (Periodo 1921-2019).

Tab. 3-2: Precipitazioni medie mensili a Recanati (Periodo 1921-2019).

Precipitazioni medie mensili a Recanati (Periodo 1921-2019)	
G	61,35
F	68,0
M	77,0
A	63,25
M	73,6
G	63,95
L	34,85
A	39,75
S	69,15
O	72,4
N	77,35
D	68,4
Anno	682,0
Periodo	1921-2019

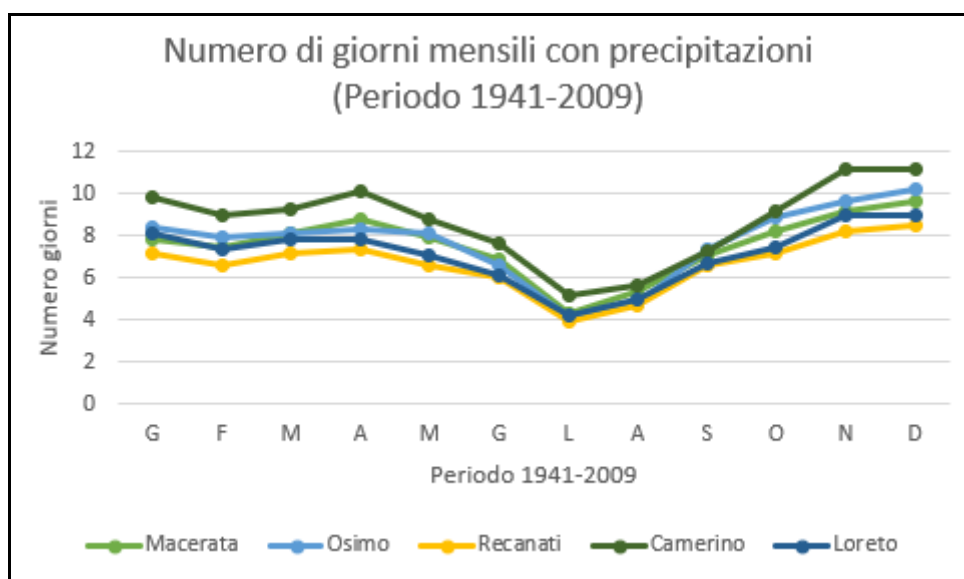


Fig. 3-7: Numero di giorni mensili con precipitazioni (Periodo 1941-2009).

Tab. 3-3: Numero giorni medi con precipitazioni mensili/annuali.

Numero giorni medi con precipitazioni mensili/annuali					
	Macerata	Osimo	Recanati	Camerino	Loreto
G	7,8	8,4	7,2	9,8	8,1
F	7,5	7,9	6,6	9	7,4
M	8,1	8,1	7,2	9,3	7,8
A	8,8	8,3	7,4	10,1	7,8
M	7,9	8,1	6,6	8,8	7,1
G	6,9	6,6	6	7,6	6,1
L	4,3	4,1	3,9	5,2	4,2
A	5,4	4,8	4,7	5,6	5
S	7,1	7,4	6,6	7,3	6,7
O	8,2	8,9	7,2	9,2	7,5
N	9,2	9,6	8,2	11,2	9
D	9,6	10,2	8,5	11,2	9
Anno	90,8	92,5	80,1	104,1	85,8
Periodo	1941-2009	1941-2009	1941-2009	1941-2009	1941-2009

Come si può osservare dalla figura 3-8 e dalla tabella 3-4 il numero di giorni medi con precipitazioni mensili a Recanati, nel periodo che va dal 1921 al 2019, risulta più alto nei mesi di gennaio (12,3 mm), ottobre (13,4 mm), novembre (13,9 mm) e dicembre (14,0 mm) e più basso nei mesi di giugno (8,5 mm), luglio (5,1 mm) e agosto (6,1 mm).

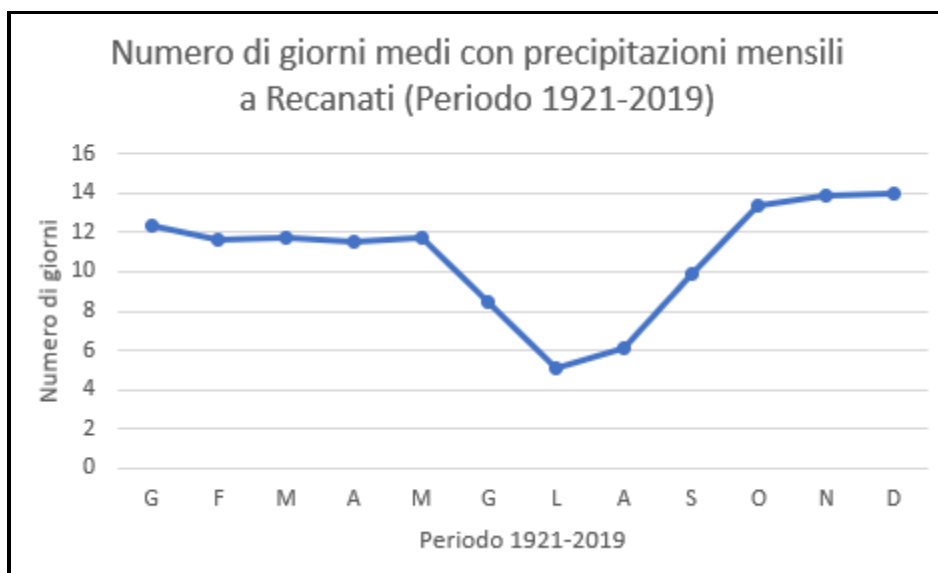


Fig. 3-8: Numero di giorni medi con precipitazioni mensili a Recanati (Periodo 1921-2019).

Tab. 3-4: Numero di giorni medi mensili a Recanati (Periodo 1921-2019).

Numero di giorni medi con precipitazioni mensili a Recanati (Periodo 1921-2019)	
G	12,3
F	11,6
M	11,7
A	11,5
M	11,7
G	8,5
L	5,1
A	6,1
S	9,9
O	13,4
N	13,9
D	14,0
Anno	130,2
Periodo	1921-2019

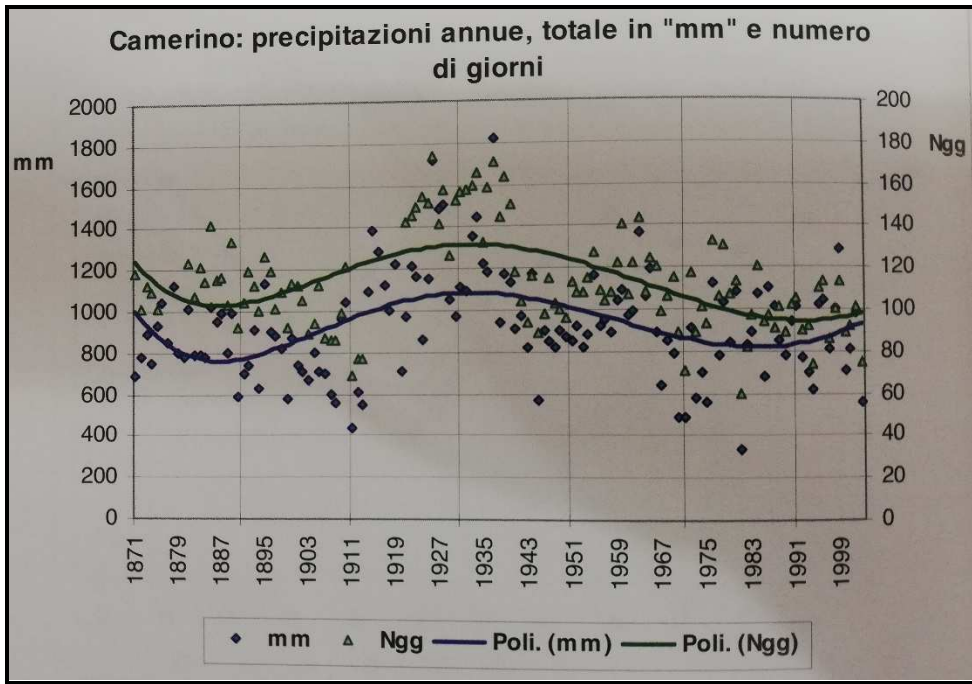


Fig. 3-9: Camerino: precipitazioni annue, totale in "mm" e numero di giorni.

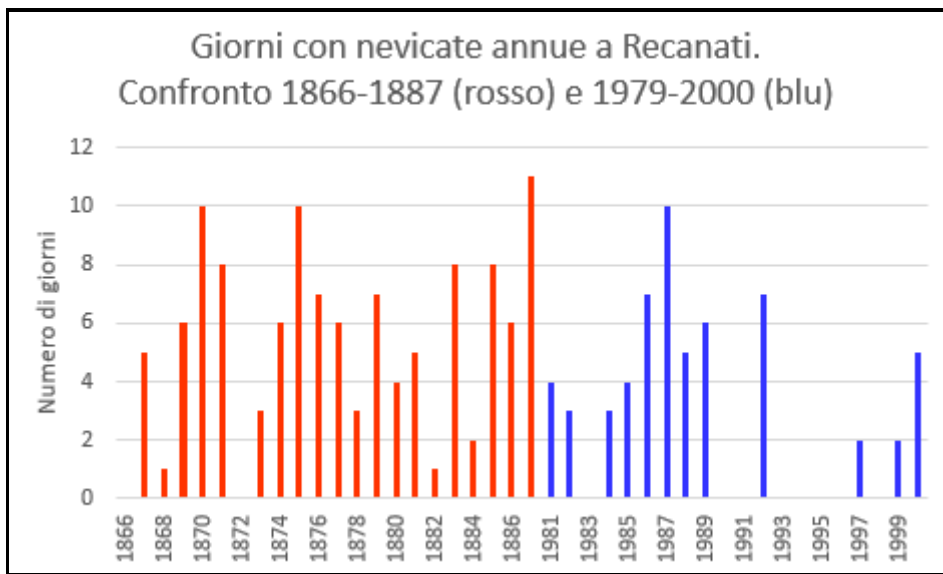


Fig. 3-10: Giorni con nevicate annue a Recanati. Confronto 1866-1887 (rosso) e 1979-2000 (blu).

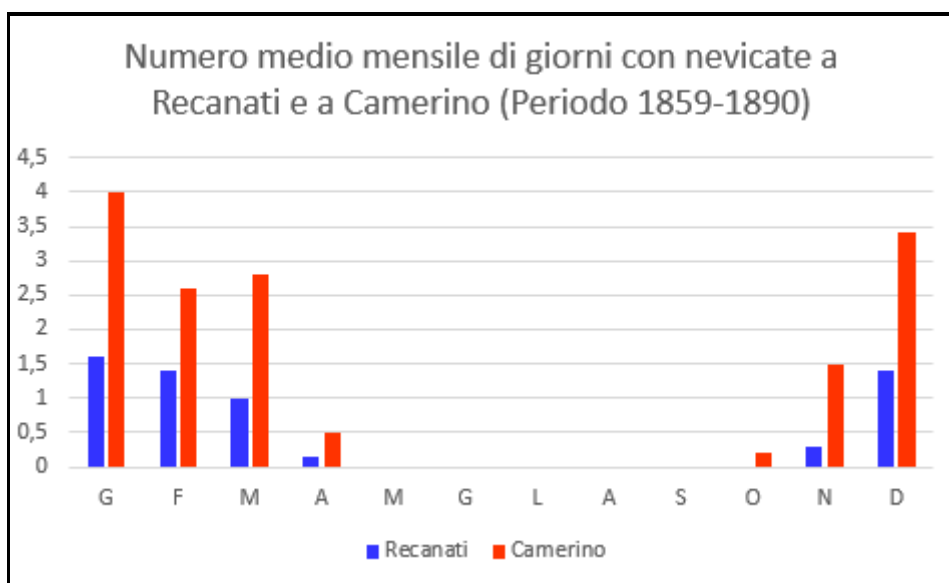


Fig. 3-11: Numero medio mensile di giorni con nevicate a Recanati e a Camerino (Periodo 1859-1890).

Dall'esame statistico dei dati si rileva inoltre che: a) la consistenza della deviazione standard dei totali mensili delle precipitazioni da un anno all'altro oscilla mediamente tra i 35 e i 65 mm, cioè entro limiti che vanno dal + o - 50-90%; variabilità alquanto elevata, che però viene in buona parte attenuata se si considera l'insieme dei mesi, tanto che, come si è detto, quella annua si riduce al 20-25%; b) i mesi più piovosi sono quelli dell'autunno e di dicembre, con punte che hanno raggiunto anche i 402 mm (Camerino, dicembre 1937); a Macerata di recente, nel giugno 2009, sono stati toccati i 248 mm; di Recanati si ricordano i 263 mm caduti nel dicembre 1982 e i 214 mm nel settembre 2006. In questo stesso mese ad Osimo, in particolare il giorno 16, sono caduti 167,2 mm di pioggia in 12 ore con una eccezionale punta di 90,8 mm in una sola ora; a Recanati nella stessa ora il quantitativo raggiunto fu di 68,8 mm e di 138 mm in 24 ore: nella prima mezz'ora i mm caduti sono stati ben 52,8 a Osimo e 44,0 a Recanati; a Loreto il 31/08/1996 si sono superati i 100 mm nelle 24 ore; c) le giornate con nevicate, concentrate tra novembre e marzo (Fig. 3-11), in questi ultimi decenni annoverano una media annuale di 14,9 giorni a Camerino, di 5,4 giorni a Macerata, di 2,9 giorni a Recanati e Osimo; nelle stesse località, il massimo annuo di giorni con nevicate risulta nell'ordine: 34, 22, 14. Interessante far notare come il numero di giorni con caduta di neve sia diminuito negli ultimi 100 anni; lo dimostra la figura 3-10 relativo alle osservazioni fatte a Recanati, in cui si vede chiaramente il divario tra quanto accaduto nel periodo 1859-1887 e quanto tra il 1979 e il 2000.

La pressione

La pressione atmosferica, come è noto, è strettamente connessa alla circolazione generale delle masse d'aria, alla radiazione solare, agli equilibri geofisici che si instaurano tra le masse d'aria che sostano sopra i mari e quelle al di sopra dei continenti. Nel territorio oggetto del presente lavoro, analizzando i valori medi della pressione, ne è risultata una tendenza annuale al graduale aumento (Fig. 3-12), che indubbiamente si sta consolidando da molti decenni, pur con le naturali oscillazioni da un anno all'altro. Tale crescita in parte può essere attribuita ad una maggiore persistenza sull'Italia delle aree anticicloniche di tipo dinamico, in primis dell'anticiclone delle Azzorre che poi caratterizza la cosiddetta estate mediterranea. Esaminando ora la raccolta delle serie di valori medi della pressione raggiunta nei vari mesi dell'anno si ottengono andamenti che toccano livelli più bassi nel periodo primaverile e livelli più elevati, "grosso modo", tra l'estate e gli inizi dell'autunno. Alquanto interessante è il confronto grafico che si ha tra l'ammontare mensile delle precipitazioni e il valore medio della pressione (Fig. 3-13, 3-14); da esso risalta un fondamentale antiparallelismo fra questi due parametri; più evidente nel grafico riferentesi a Camerino dal 1871 al 1940, leggermente differenziato quello di Macerata dal 1965 ai nostri giorni. D'altra parte tale comportamento non fa comunque che confermare quanto già si conosce sulle cause che determinano i fenomeni meteorologici, in quanto sono noti i legami esistenti fra l'instaurarsi delle zone depressionarie e l'insorgenza delle perturbazioni apportatrici di pioggia.

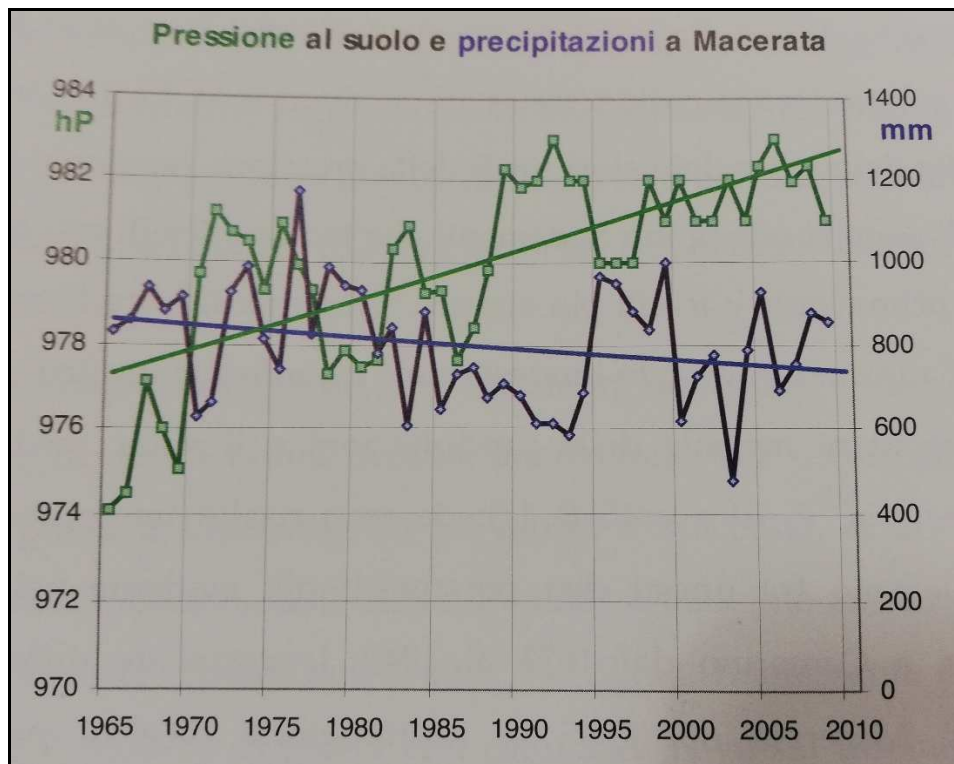


Fig. 3-12: Pressione al suolo e precipitazioni a Macerata.

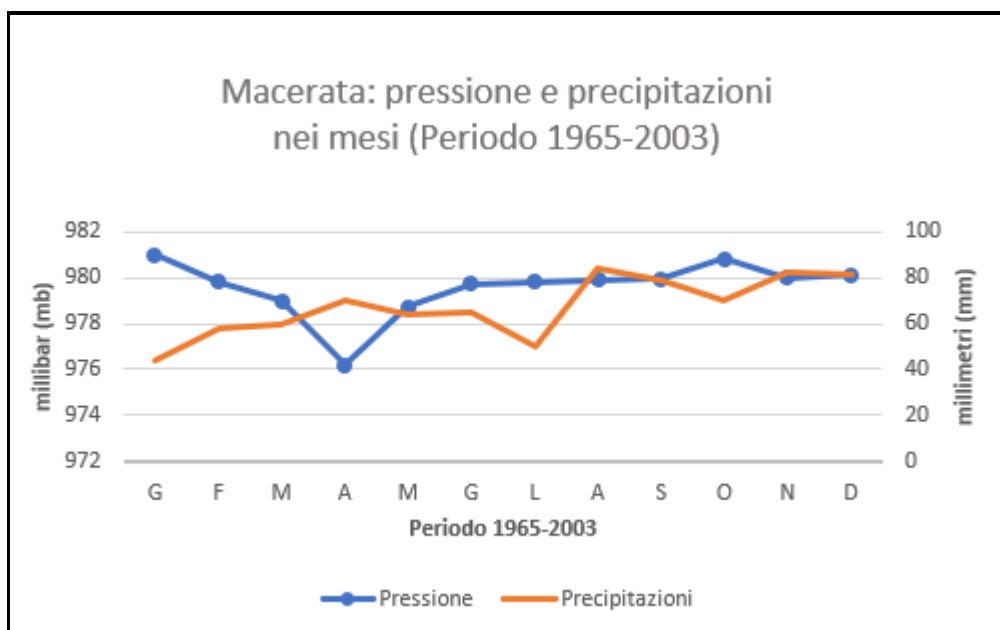


Fig. 3-13: Macerata: pressione e precipitazioni nei mesi (Periodo 1965-2003).

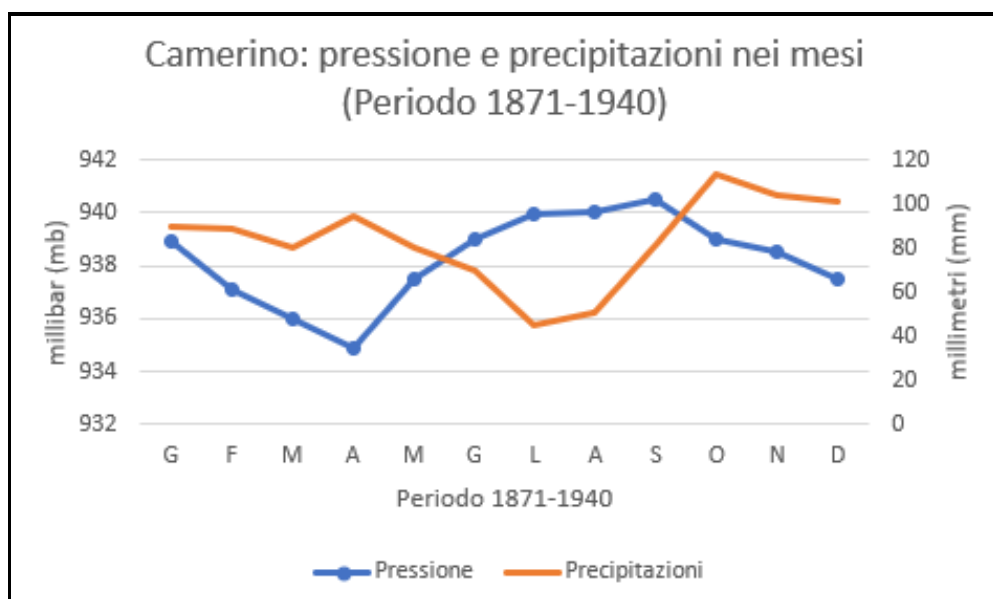


Fig. 3-14: Camerino: pressione e precipitazioni nei mesi (Periodo 1871-1940).

La temperatura

Per quanto riguarda le temperature, l'andamento medio annuale mette in risalto una chiara tendenza verso una graduale crescita, seppur in parte mascherata dalle naturali oscillazioni che avvengono con il succedersi delle annate, dalle serie pluridecennali dei dati, inoltre, è interessante rilevare che, nel Novecento, dopo la temporanea flessione degli anni '70, l'incremento più accentuato si è avuto tra gli anni '80 e l'inizio del nuovo secolo, seguito da un aumento più contenuto in questi ultimissimi anni. Le figure 3-15, 3-17, 3-18 e 3-19 mettono in evidenza comportamenti abbastanza analoghi per le quattro stazioni di misura; in particolare, e per tutte le località, l'incremento termico annuo a partire dagli anni '80 ha toccato o superato un grado centigrado di temperatura. L'altitudine delle località, come è logico ritenere, influenza la temperatura raggiunta nel senso di un livello termico più basso man a mano che questo si eleva; infatti i valori più bassi si sono registrati a Camerino, seguita da Macerata, Osimo e Recanati. V'è, però, da sottolineare che anche la dislocazione della stazione, se su una bassa collina, su un fondovalle, o se prossima al mare ha una incidenza significativa. Infatti, trovandosi la stazione di Osimo nella sottostante frazione di Campocavallo, situata sulla vallata del Musone, le temperature medie annue risultano leggermente più basse di quelle di Recanati, seppure quest'ultima sia posta ad una maggiore altitudine. In realtà sono le temperature minime della notte, più basse nei fondovalle, ad influenzare per gran parte dell'anno maggiormente la media giornaliera; viceversa, nella stagione calda, le temperature diurne delle vallate, essendo più elevate delle più ventilate zone collinari, tendono a riportare i livelli giornalieri su valori analoghi. Quanto procede lo si evince dalle medie mensili delle tre località geograficamente simili, Recanati, Osimo, Macerata (Tab. 3-7, 3-9, 3-11 a cui sono stati aggiunti anche i relativi dati di Camerino), in cui si rileva una temperatura minima media dell'anno relativamente più bassa ad Osimo Campocavallo con 8.6°C (contro i 10.8°C di Macerata e gli 11.4°C di Recanati). Le curve a campana (Fig. 3-20), che descrivono le temperature medie mensili delle quattro località, assegnano il primato del freddo al mese di gennaio e del caldo al bimestre luglio-agosto; l'incremento più accentuato delle temperature si verifica tra il mese di aprile e quello di maggio; la maggiore decrescita da settembre a novembre. A livello stagionale è logicamente l'estate ad essere la più calda, seguita dall'autunno, poi dalla primavera e infine dall'inverno; in tale successione giocano un ruolo determinante non solo l'altezza del sole sull'orizzonte e alla durata del dì, ma anche l'inerzia termica dell'atmosfera e dei mari, che seppur in minore misura condizionano in generale il riscaldamento e il raffreddamento stagionale dell'ambiente. Nell'ultimo cinquantennio le annate con punte più notevoli di freddo sono risultate: il febbraio 1956 con -11.0°C a Camerino e -8.5°C a Macerata; il gennaio 1985 con -14.0°C a Camerino, -8.1°C a Macerata e -8.0°C a Recanati; il febbraio 1991

con -11.2°C a Macerata, -10.2°C a Camerino e -8.4°C a Recanati. Le annate con punte maggiori di caldo torrido, tutte riscontrate nel bimestre luglio-agosto, sono state le seguenti: nel caldissimo 2003 si sono avuti 40.6°C a Macerata e 39.2°C a Osimo; nel 2000 si sono avuti 39.1°C a Osimo, 38.6°C a Macerata, 36.6°C a Camerino; 38.4°C a Recanati nel 1983 e a Macerata nel 2006.

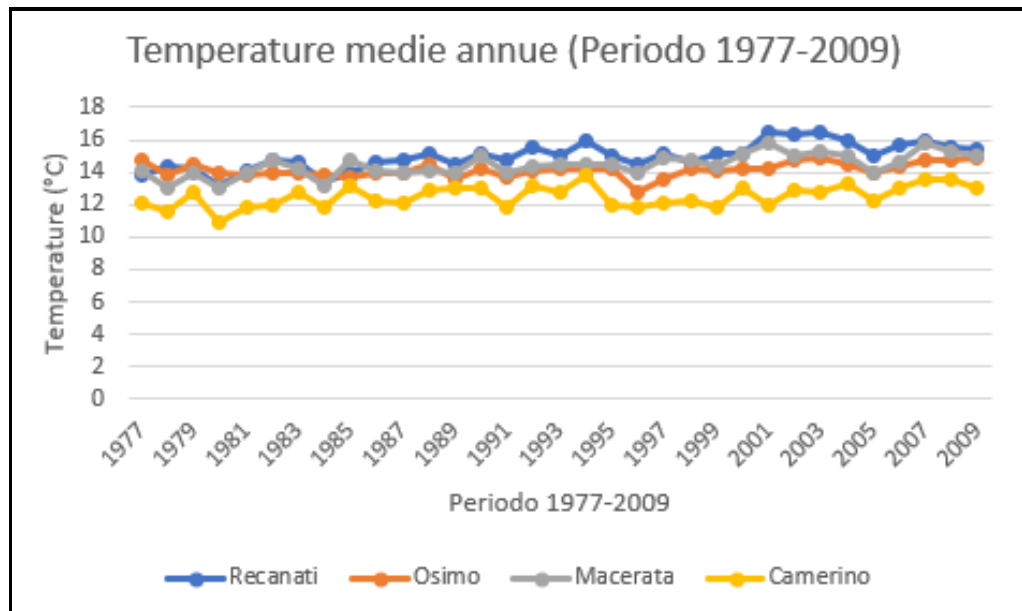


Fig. 3-15: Temperature medie annue (Periodo 1977-2009).

Tab. 3-5: Temperature medie annue (Periodo 1977-2009).

Temperature medie annue (1977-2009)				
	Recanati	Osimo	Macerata	Camerino
1977	13,8	14,7	14,1	12,1
1978	14,3	13,8	13	11,6
1979	14,2	14,5	14	12,7
1980	13,2	13,9	13	10,9
1981	14,1	13,8	14	11,8
1982	14,7	13,9	14,7	12
1983	14,6	14	14,2	12,8
1984	13,4	13,8	13,2	11,8
1985	13,9	13,7	14,8	13,1
1986	14,6	13,9	14,1	12,2
1987	14,8	13,9	14	12,1
1988	15,1	14,5	14,1	12,9
1989	14,5	13,5	13,9	13
1990	15,2	14,2	15	13
1991	14,8	13,7	14	11,8
1992	15,5	14,1	14,3	13,1
1993	15	14,2	14,5	12,7
1994	16	14,2	14,5	13,8
1995	15	14,2	14,5	12
1996	14,5	12,7	14	11,9
1997	15,1	13,6	14,9	12,1
1998	14,6	14,2	14,8	12,2
1999	15,2	14,1	14,4	11,9
2000	15,2	14,2	15,2	13
2001	16,5	14,2	15,8	12
2002	16,3	14,8	15	12,9
2003	16,5	14,9	15,3	12,8
2004	15,9	14,5	15	13,3
2005	15	13,9	14	12,2
2006	15,7	14,4	14,6	13
2007	15,9	14,8	15,8	13,6
2008	15,6	14,8	15,3	13,5
2009	15,4	14,9	15	13

Come si può notare dalla figura 3-16 e dalla tabella 3-6 le temperature medie annue a Recanati, nel periodo che va dal 1977 al 2019, risultano più elevate negli anni 2001 (16,5°C), 2003 (16,5°C), 2014 (16,8°C), 2015 (16,6°C), 2016 (16,5°C), 2017 (16,6°C), 2018 (16,6°C) e 2019 (16,6°C), mentre risultano più basse negli anni 1977 (13,8°C), 1980 (13,2°C), 1984 (13,4°C), 1985 (13,9°C) e 2010 (13,8°C).

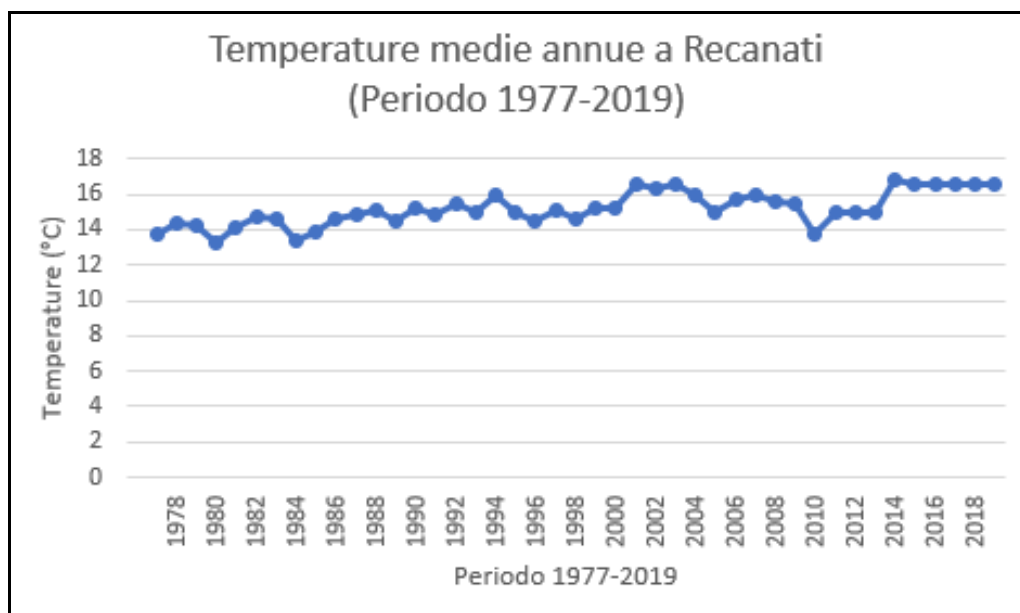


Fig. 3-16: Temperature medie annue a Recanati (Periodo 1977-2019).

Tab. 3-6: Temperature medie annue a Recanati (Periodo 1977-2019).

Temperature medie annue a Recanati (Periodo 1977-2019)	
1977	13,8
1978	14,3
1979	14,2
1980	13,2
1981	14,1
1982	14,7
1983	14,6
1984	13,4
1985	13,9
1986	14,6
1987	14,8
1988	15,1
1989	14,5
1990	15,2
1991	14,8
1992	15,5
1993	15,0
1994	16,0
1995	15,0
1996	14,5
1997	15,1
1998	14,6
1999	15,2
2000	15,2
2001	16,5
2002	16,3
2003	16,5
2004	15,9
2005	15,0
2006	15,7
2007	15,9
2008	15,6
2009	15,4
2010	13,8
2011	15,0
2012	15,0
2013	15,0
2014	16,8
2015	16,6
2016	16,5
2017	16,6
2018	16,6
2019	16,6

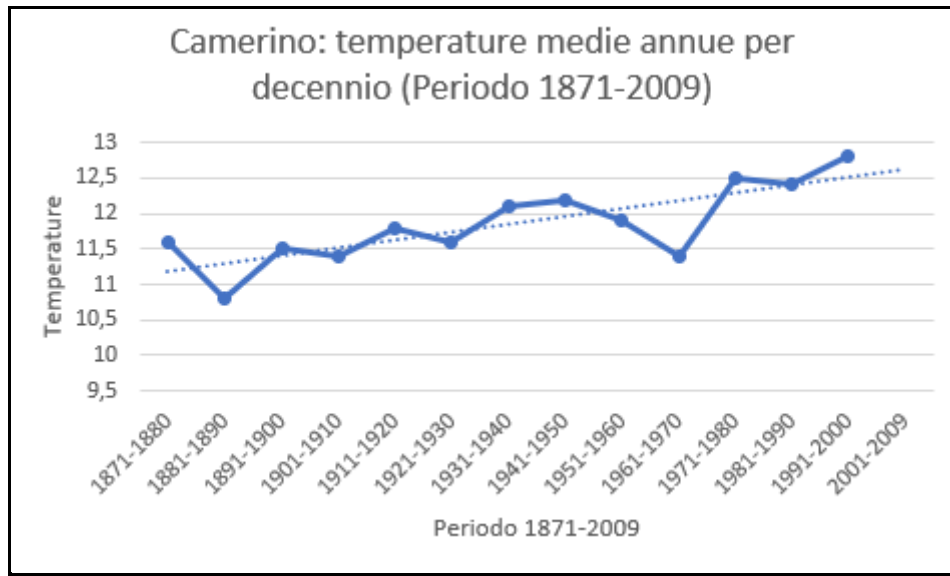


Fig. 3-17: Camerino: temperature medie annue per decennio (Periodo 1871-2009).

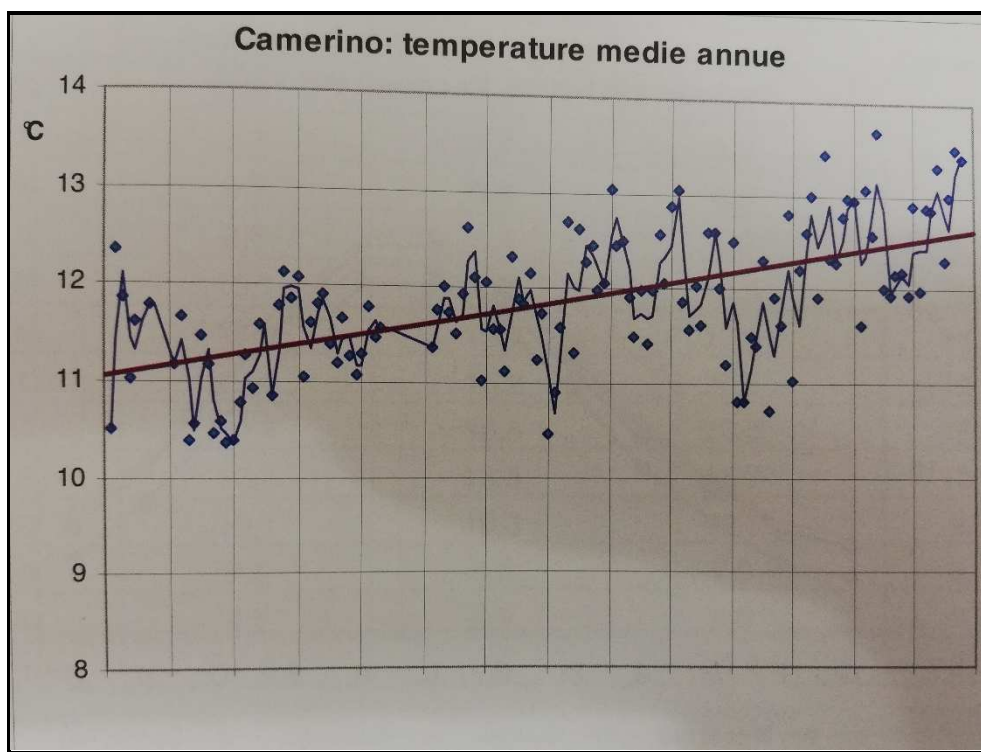


Fig. 3-18: Camerino: temperature medie annue.

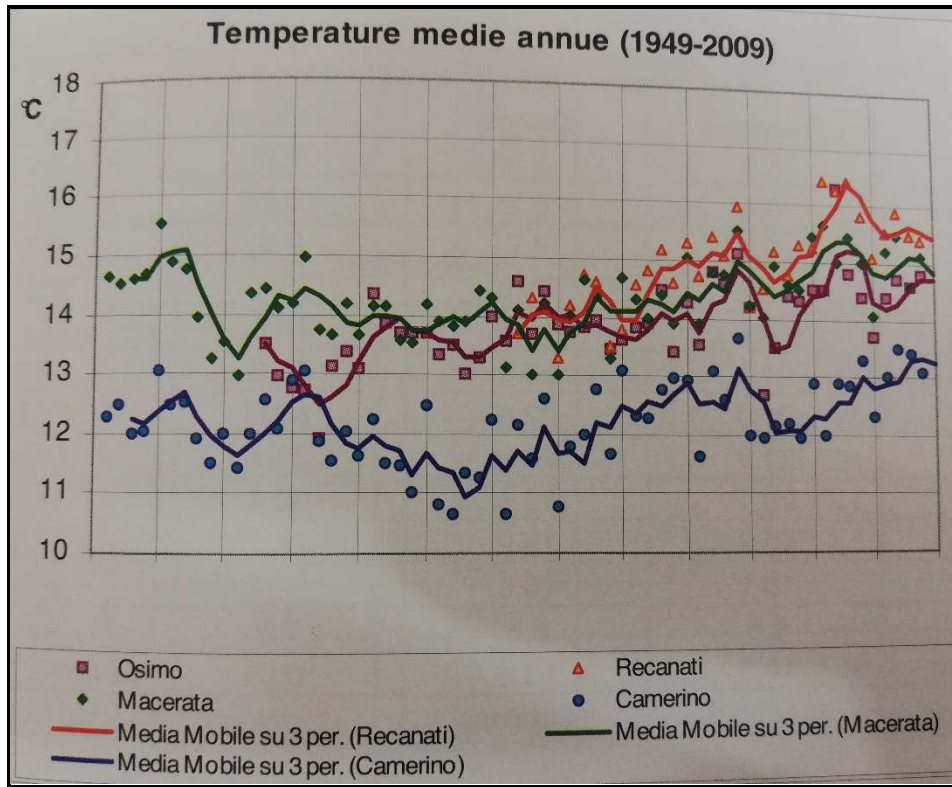


Fig. 3-19: Temperature medie annue (1949-2009).

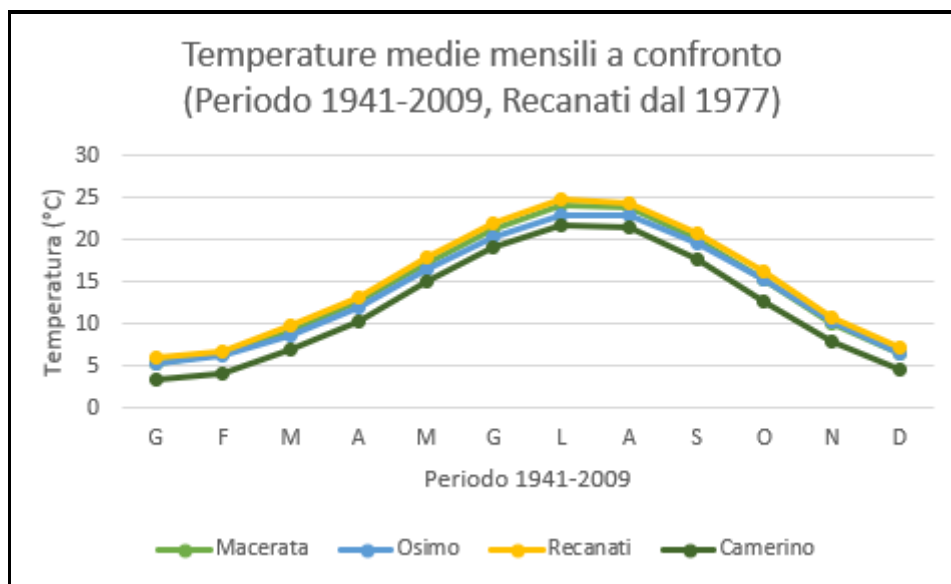


Fig. 3-20: Temperature medie mensili a confronto (Periodo 1941-2009, Recanati dal 1977).

Tab. 3-7: Temperature medie mensili/annuali.

Temperature medie mensili/annuali				
	Macerata	Osimo	Recanati	Camerino
G	5,3	5,3	6	3,4
F	6,4	6,2	6,7	4,2
M	9,2	8,7	9,8	6,9
A	12,6	11,9	13,1	10,2
M	17,2	16,4	18	15
G	21,2	20,2	22	19
L	24	22,8	24,9	21,8
A	23,9	22,8	24,4	21,6
S	20,1	19,5	20,8	17,6
O	15,3	15,2	16,2	12,8
N	10,1	10,3	10,7	8
D	6,6	6,6	7,1	4,6
Anno	14,3	13,8	15	12,1
Periodo	1941-2009	1958-2009	1977-2009	1941-2009

Come si può notare dalla figura 3-21 e dalla tabella 3-8 le temperature medie mensili a Recanati, nel periodo di tempo che va dal 1977 al 2019, risultano più alte nei mesi estivi di giugno (22,0°C), luglio (22,7°C) e agosto (25,1°C), mentre risultano più basse nei mesi invernali di gennaio (6,3°C), febbraio (7,1°C) e dicembre (7,3°C).

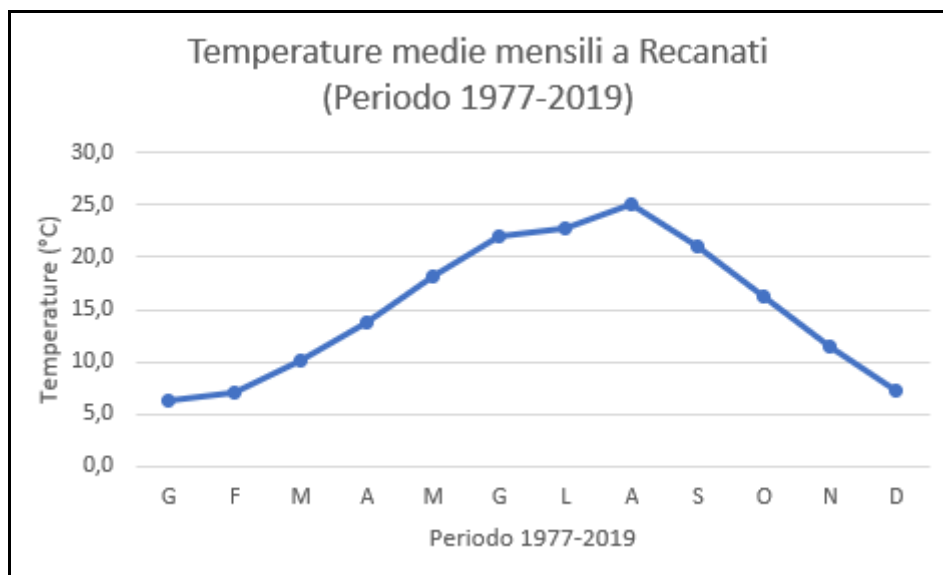


Fig. 3-21: Temperature medie mensili a Recanati (Periodo 1977-2019).

Tab. 3-8: Temperature medie mensili/annuali a Recanati (Periodo 1977-2019).

Temperature medie mensili/annuali a Recanati	
G	6,3
F	7,1
M	10,1
A	13,8
M	18,1
G	22,0
L	22,7
A	25,1
S	21,0
O	16,2
N	11,4
D	7,3
Anno	15,4
Periodo	1977-2019

Tab. 3-9: Temperature minime medie mensili/annuali.

Temperature minime medie mensili/annuali				
	Macerata	Osimo	Recanati	Camerino
G	2,5	1,4	3,3	1
F	3,3	1,7	3,9	1,3
M	5,7	3,6	6,5	3,4
A	8,8	6,4	9	6,3
M	13,1	10,4	13,5	10,4
G	16,9	13,9	17	14
L	19,4	16,2	20,2	16,4
A	19,4	16,6	20,3	16,5
S	16,3	13,8	16,7	13,1
O	12,1	10,3	12,6	9,3
N	7,5	6,2	7,8	5,1
D	4,1	2,9	4,6	2,2
Anno	10,8	8,6	11,4	8,2
Periodo	1941-2009	1958-2009	1984-2009	1951-2009

Dal figura 3-22 e dalla tabella 3-10 si possono osservare le temperature minime medie mensili che sono state registrate a Recanati nel periodo di tempo che va dal 1984 al 2019.

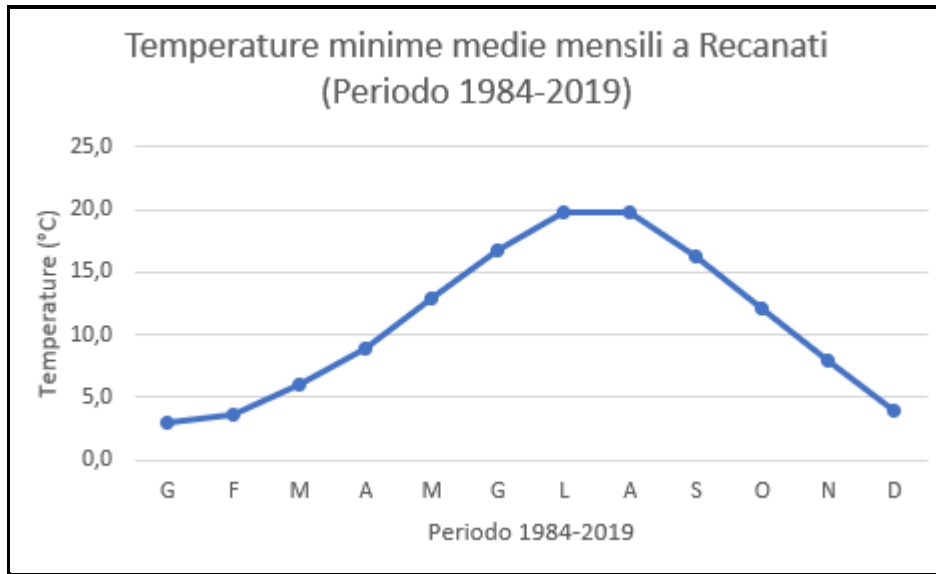


Fig. 3-22: Temperature minime medie mensili a Recanati (Periodo 1984-2019).

Tab. 3-10: Temperature minime medie mensili/annuali a Recanati (Periodo 1984-2019).

Temperature minime medie mensili/annuali a Recanati	
G	3,0
F	3,6
M	6,0
A	8,9
M	12,9
G	16,8
L	19,8
A	19,7
S	16,2
O	12,1
N	8,0
D	3,9
Anno	11,0
Periodo	1984-2019

Tab. 3-11: Temperature massime medie mensili/annuali.

Temperature massime medie mensili/annuali				
	Macerata	Osimo	Recanati	Camerino
G	8,1	9,1	8,6	6,4
F	9,6	10,8	9,8	7,5
M	12,7	13,9	13,5	10,8
A	16,4	17,4	16,6	14,3
M	21,4	22,3	21,6	19,6
G	25,6	26,5	25,7	23,8
L	28,7	29,3	28,9	26,9
A	28,5	29,1	28,6	26,6
S	24,2	25,2	24,5	21,8
O	18,6	20,2	19,1	16,2
N	13	14,4	12,9	10,8
D	9,3	10,4	9,4	7,1
Anno	18	19,1	18,3	16
Periodo	1941-2009	1958-2009	1984-2009	1951-2009

Dalla figura 3-23 e dalla tabella 3-12 si possono osservare le temperature massime medie mensili che sono state registrate a Recanati nel periodo di tempo che va dal 1984 al 2019.

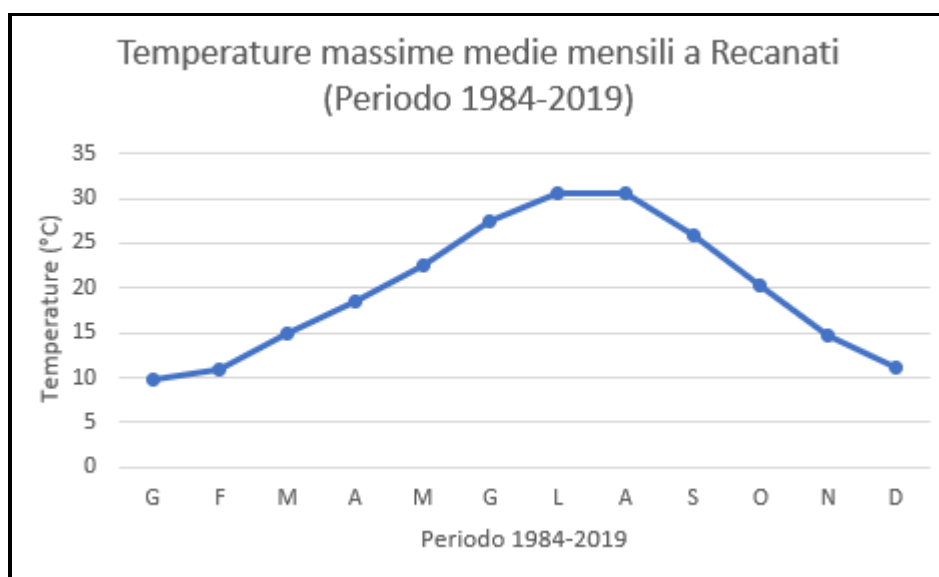


Fig. 3-23: Temperature massime medie mensili a Recanati (Periodo 1984-2019).

Tab. 3-12: Temperature massime medie mensili/annuali a Recanati (Periodo 1984-2019).

Temperature massime medie mensili/annuali a Recanati	
G	9,8
F	10,9
M	14,9
A	18,4
M	22,6
G	27,5
L	30,6
A	30,5
S	25,9
O	20,4
N	14,8
D	11,1
Anno	19,7
Periodo	1984-2019

Il vento

In fisica, la grandezza “velocità” è di tipo vettoriale, cioè viene definita solo se si conoscono intensità, direzione e verso del moto. Il vento, per convenzione internazionale, viene pertanto rappresentato con dei segmenti provvisti di trattini (bavette) che ne indicano la velocità in m/s, mentre l’orientazione del segmento precisa la direzione e l’opposto delle bavette il suo verso. Il vento, in generale, configura un movimento di una massa d’aria che si muove da un’area di alta (anticiclonica) verso una di bassa pressione (ciclonica), anche se oltre a tale forza che ne causa il movimento, si aggiungono quella dovuta al movimento di rotazione della Terra (forza di Coriolis) e quella contraria causata dagli attriti. Si deve, inoltre, tener presente che il vento si sviluppa secondo direzioni non solo orizzontali (advezione), ma anche verticali ascendenti (convezione) o discendenti (subsidenza).

L’orografia del territorio ed altri ostacoli naturali e artificiali esercitano poi una importante influenza sugli effetti che il vento determina sull’ambiente in generale. Pertanto, la complessità di questo parametro richiederebbe una rete di misure strumentali alquanto articolata e diffusa, rete che purtroppo raramente si ha a disposizione.

Di recente molto interesse sta suscitando l’utilizzo della forza del vento come fonte alternativa di energia, che seppur discontinua, potrebbe costituire un prezioso contributo alla sua sempre maggiore richiesta. I progetti europei prevedono addirittura che, nei prossimi decenni, la fornitura di energia elettrica da fonti eoliche, opportunamente integrata con bacini idroelettrici di supporto, possa coprire il 50% del fabbisogno di molte nazioni centro-settentrionali del continente.

Portandosi ora sulla realtà locale possiamo in estrema sintesi affermare che la velocità media del vento si colloca tra i 10 e i 15 km/h, ma con una spiccata variabilità che passa dalle giornate di calma a quelle particolarmente ventose, in cui le raffiche superano i 100 km/h (massimo di 165 km/h a Macerata il 26/07/1987). Da ricordare che il vento di libeccio (proveniente da sud-ovest), localmente denominato anche “montanaccio” o “garbino”, raggiunge frequentemente velocità sostenute associate ad incrementi della temperatura. Ciò è imputabile al fatto che le masse d’aria, dopo aver superato la catena appenninica (lasciando parte del loro contenuto di acqua precipitabile durante l’ascesa), si riversano sulle nostre vallate subendo una caduta (“vento catabaltico”), che ne causa una compressione adiabatica con conseguente aumento della temperatura, una diminuzione dell’umidità relativa e una sensibile accelerazione durante la loro corsa verso l’Adriatico. La temperatura, ad esempio, se prima del superamento della catena montuosa era di 20°C, in caduta potrebbe portarsi sui 23-24°C, la sua umidità dal 50 al 30-20%, la sua velocità di raffica potrebbe superare i 150-120 km/h.

Importanti sono anche le brezze di mare e di terra che, provocate dal differente riscaldamento o raffreddamento e quindi dal conseguente gradiente barico che insorge fra le superfici del mare e della terra o viceversa, favoriscono una piacevole ventilazione in special modo durante la stagione estiva, quando la circolazione generale dei venti si affievolisce a causa del frequente regime anticiclonico che si stabilisce in tale periodo dell’anno. Dall’Adriatico, le brezze di mare possono penetrare anche una trentina di chilometri verso l’interno, mitigandone il clima dalla metà mattinata a tutto il pomeriggio; viceversa le brezze di terra scendono dal nostro Appennino da dopo il tramonto e per tutta la notte.

Le figure allegate 3-24, 3-25, 3-26, 3-27, 3-28 e 3-29, relativi alle località dove è stato possibile avere un soddisfacente numero di rilevazioni, mostrano le frequenze delle varie direzioni di provenienza dei venti e le classi di velocità medie registrate. Come si vede sono i venti provenienti dai quadranti occidentali ad avere una maggiore ricorrenza, seguiti da quelli da sud e sud-est; inoltre, provengono ancora dai quadranti occidentali i venti che raggiungono in genere una maggiore velocità. Resta perciò confermato che sono soprattutto le correnti atlantiche, per via diretta oppure dopo aver lambito le acque del Mediterraneo, a condizionare in maggior misura i fenomeni meteorologici sul nostro territorio. Non va comunque sottovalutato il fatto che sono invece le correnti provenienti dai quadranti nord-orientali (venti di bora), in special modo nel periodo invernale, a caratterizzare le giornate più fredde e nevose dell’anno.

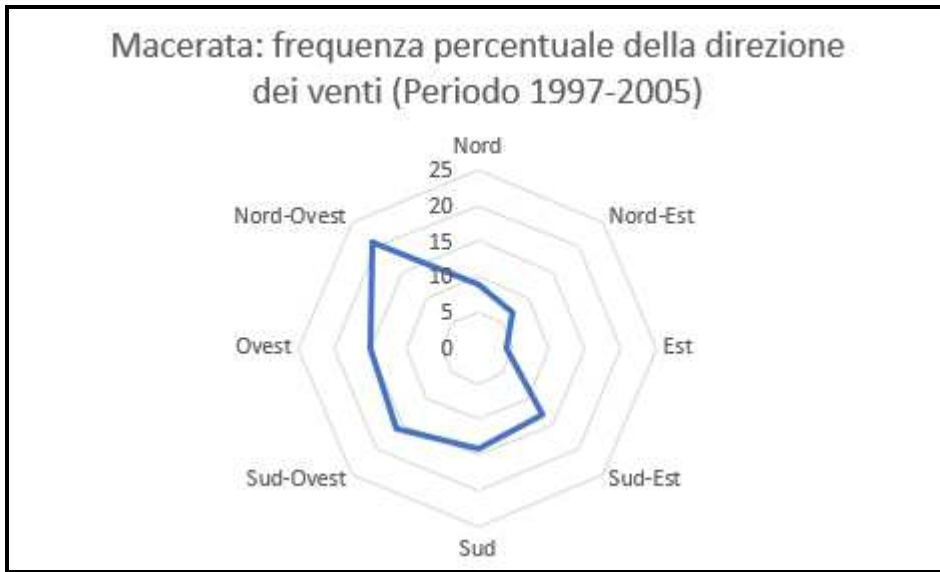


Fig. 3-24: Macerata: frequenza percentuale della direzione dei venti (Periodo 1997-2005).

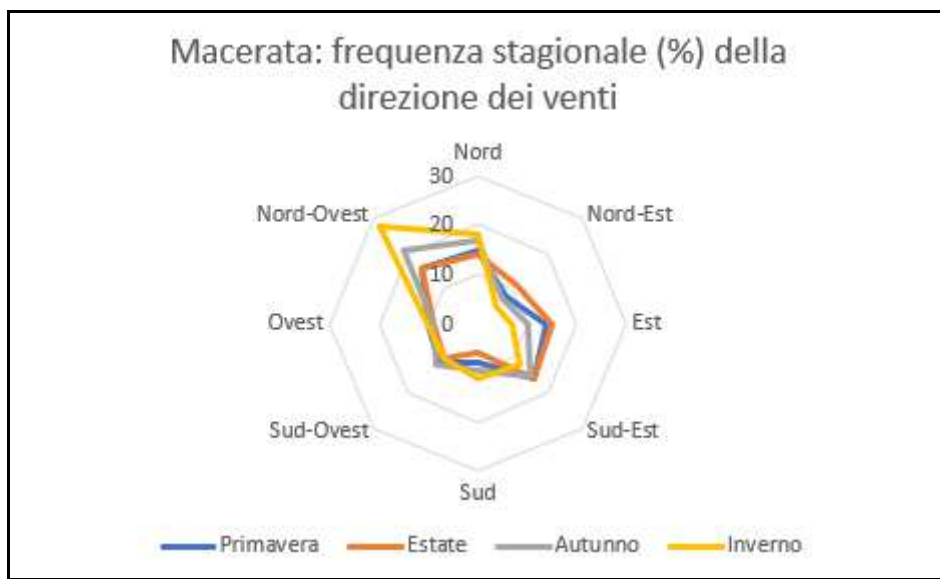


Fig. 3-25: Macerata: frequenza stagionale (%) della direzione dei venti.

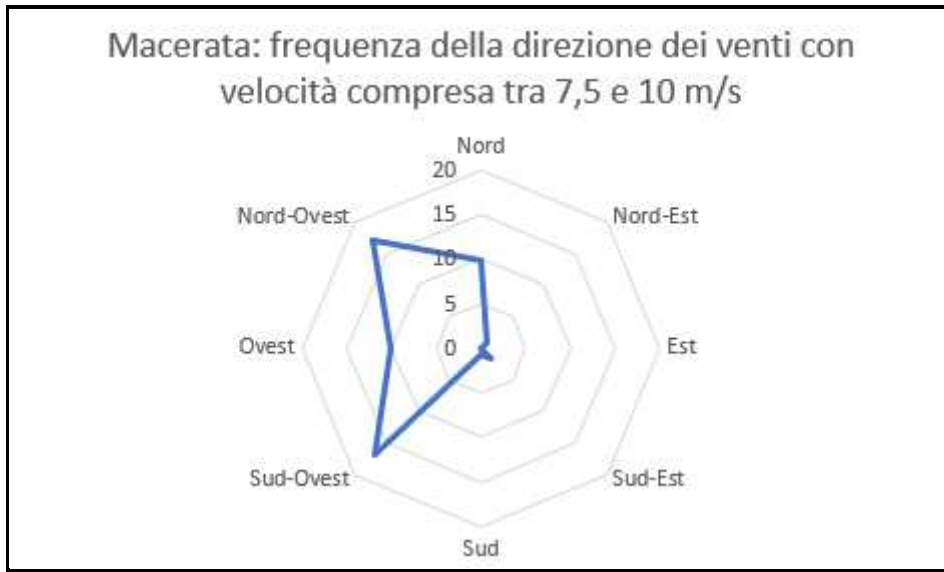


Fig. 3-26: Macerata: frequenza della direzione dei venti con velocità compresa tra 7,5 e 10 m/s.

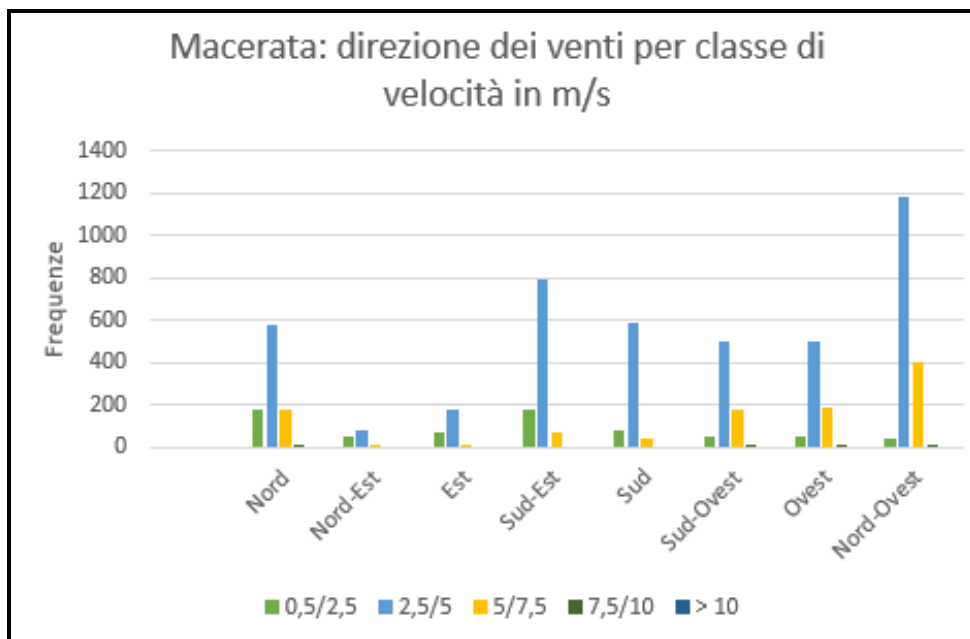


Fig. 3-27: Macerata: direzione dei venti per classe di velocità in m/s.

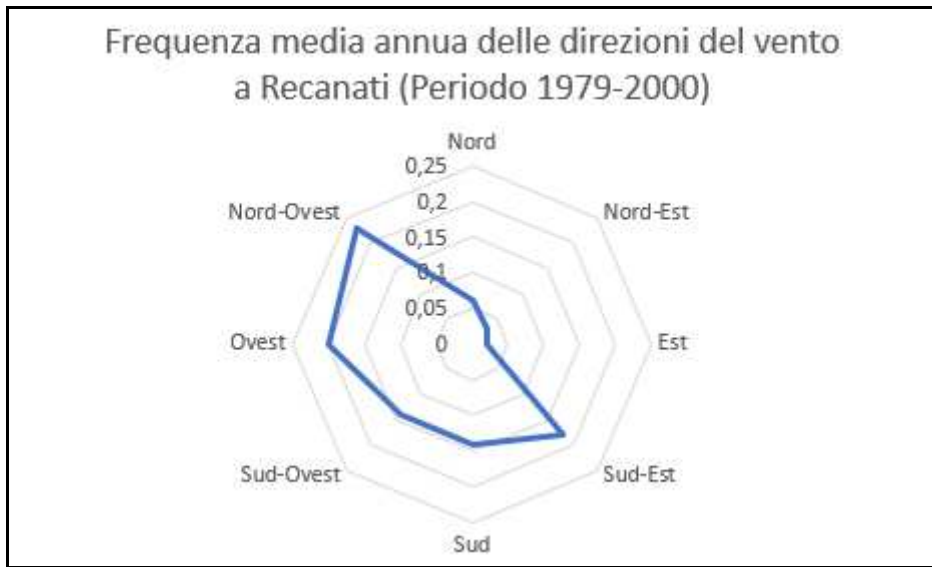


Fig. 3-28: Frequenza media annua delle direzioni del vento a Recanati (Periodo 1979-2000).

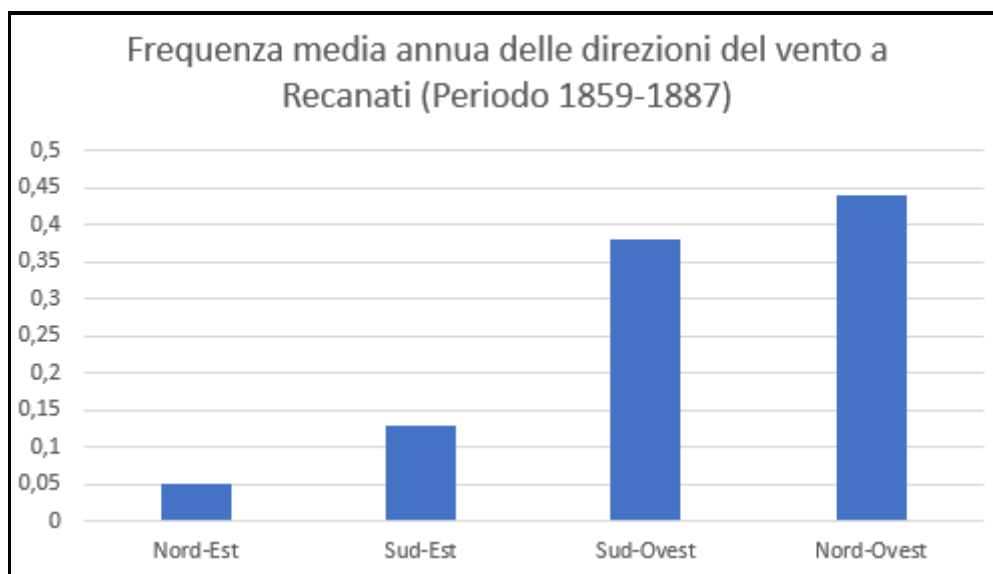


Fig. 3-29: Frequenza media annua delle direzioni del vento a Recanati (Periodo 1859-1887).

L'umidità

Come è noto, la vita sulla Terra è legata alla presenza di acqua; questa è presente anche nell'atmosfera a causa dell'evaporazione che la radiazione solare promuove nel riscaldare la superficie dei mari e delle terre umide. Il vapor d'acqua presente nell'aria diviene così un prezioso veicolo per il trasporto dell'acqua precipitabile e per il trasferimento di grandi quantità di energia sotto forma di calore latente di vaporizzazione. Una valutazione del contenuto di umidità nell'aria viene data attraverso grandezze fisiche come l'umidità assoluta, di saturazione e relativa; parametri che dipendono dal contenuto in grammi di vapor d'acqua per ogni metro cubo di aria (alle nostre

latitudini il valore medio dell'umidità assoluta è di circa 10 grammi di vapor d'acqua per metro cubo di aria, con una oscillazione che passa dai 5.4 g/mc di gennaio ai 14.8 g/mc di luglio).

Più frequentemente il suo contenuto viene definito sotto forma di umidità relativa percentuale, che a sua volta dipende anche dalla temperatura dell'aria. Con il 100% di umidità relativa si ha la saturazione e, quindi, la comparsa di nebbia.

Il territorio oggetto di questo studio presenta intervalli mensili di umidità relativa (Tab. 3-13 riferentesi alle medie mensili pluridecennali di Macerata e decennali di Osimo) variabili mediamente dal 55 all'85%, con valori più bassi in luglio-agosto e sulle zone collinari, e valori più alti nei mesi autunnali e sulle zone costiere e basso-vallive.

Tab. 3-13: Umidità relativa (%).

Umidità relativa (%)		
	Macerata	Osimo C.
G	77,1	83,9
F	72,2	79,5
M	68,4	75,1
A	69,6	77,7
M	68,6	75,2
G	62,5	68,7
L	57,1	63,4
A	59,5	61,5
S	69,8	71,3
O	78,6	82,6
N	82,0	84,1
D	79,6	82,8
Anno	70,6	75,5
Periodo	1985/2009	1998/2009

Molto influente sul tasso di umidità è la circolazione atmosferica, in quanto i venti, a seconda della loro provenienza oceanica o continentale, trasportano masse d'aria più o meno cariche di acqua. Alquanto asciutti sono i venti freddi invernali che provengono dal settore centro-orientale del continente europeo; umidi quelli occidentali che si originano sull'Atlantico o sciroccali che si formano sul o lambiscono il Mediterraneo.

Da notare che la presenza di dense foschie non solo denuncia l'esistenza di un buon livello di umidità nell'aria, ma anche la presenza di nuclei di condensazione, dovuti in gran parte ai inquinanti atmosferici, che favoriscono appunto la formazione delle micro-gocce di acqua che vanno poi a costituire sia la foschia che la nebbia, nel caso in cui si raggiunga la saturazione in vapore dell'aria.

Il clima di Recanati: considerazioni conclusive

Il territorio recanatese centrato sul crinale collinare disposto tra le basse vallate del fiume Musone e del Potenza, distante mediamente 10 km dalla costa adriatica, ha un tipo di clima definito “temperato sublitoraneo” (denominazione derivata dalla classificazione proposta da Koeppen e rielaborata da Pinna), caratteristico delle località interne centro-meridionali della penisola italiana. In effetti, le Marche vengono a trovarsi in una posizione che potremmo definire di transizione tra il clima “subcontinentale” della pianura padano-veneta-emiliana, ivi compresa la costa pesarese, e quello “mediterraneo” che va dalla costa adriatica di San Benedetto del Tronto verso il sud della penisola. Tale dislocazione, intermedia tra le due altre aree sopra citate dal clima ben definito, trova una conferma del suo stato di transizione climatica anche nella spiccata variabilità, che si riscontra dal confronto stagionale dei vari parametri. Non a caso l’ulivo, pianta “mediterranea” per eccellenza, scopre proprio nella regione Marche il suo limite colturale sul lato orientale della penisola italiana; di frequente, in particolari inverni o inizi primavera, l’ulivo non riesce infatti a vincere l’offesa del freddo con conseguenze negative sulla sua produttività. La posizione geografica della penisola italiana e il facile passaggio, che si apre tra le Alpi Giulie e le Alpi Dinariche, espone le regioni adriatiche e, quindi, anche le Marche alle irruzioni di masse d’aria per lo più fredda, che si formano o che attraversano la parte nord-orientale del continente europeo. Infatti, tali masse d’aria vanno poi ad incidere in modo particolare sul clima invernale delle Marche, che tende per questo ad avere caratteri alquanto differenti dalle più protette regioni tirreniche di simile latitudine, le quali invece hanno un clima invernale più mite. È chiaro che su questa ultima considerazione hanno un ruolo determinante sia la catena appenninica che il mare Adriatico. La prima nell’offrire un’ulteriore barriera, anche se non insormontabile, ai flussi d’aria che tendono a dirigersi verso sud o sud-ovest e che, pertanto, giungono meno irruenti e più miti sulle regioni del versante tirrenico; il secondo nel fatto che il tratto di mare attraversato risulta inferiore ai 200 km, tanto da non consentire un soddisfacente scambio termico tra le acque marine relativamente calde (11-13°C) e le correnti fredde (venti di tramontana o di bora) che velocemente lambiscono l’Adriatico. Soprattutto nella stagione invernale, la presenza di un’estesa e ben strutturata area anticiclonica sul territorio della Russia o a volte la formazione di una “saccatura” che da latitudini polari si protende verso il Mediterraneo centrale determina un flusso d’aria alquanto fredda verso l’Italia; tale flusso, oltre ad un calo termico, favorisce la formazione di vortici ciclonici, che di frequente danno luogo a nevicite sulla nostra regione. Ma se, per quanto detto, nella stagione invernale ci si trova spesso accomunati a quanto avviene nelle regioni centro-europee (climi temperati subcontinentali e microtermici umidi), durante l’estate il nostro clima risente, in notevole misura, dell’espansione verso l’area mediterranea dell’anticiclone tropicale

che ha il suo nucleo principale sopra le isole Azzorre e quindi nelle Marche vengono ad aversi condizioni di tempo per lo più caldo e asciutto, come in tutta l'Italia peninsulare (clima temperato caldo subtropicale).

Le precipitazioni nel territorio recanatese sono discretamente distribuite nell'arco dei dodici mesi, salvo un calo che, di solito, si manifesta nel mese di luglio e un ricorrente incremento che si ha tra settembre e dicembre. Anche questa caratteristica in un certo senso assegna alla zona un tipo di clima sublitoraneo, in quanto di solito la stagione estiva non si presenta come un periodo particolarmente asciutto, cosa che invece si ha nei climi mediterranei; inoltre, frequenti temporali estivi ne attenuano la siccità anche se non nella stessa misura delle regioni settentrionali italiane. In inverno poi le nevicate, seppur irregolari nel decorso degli anni, sono molto meno frequenti che nelle regioni a clima subcontinentale a nord delle Marche.

Si può notare, a questo punto, che il nostro clima, come quello degli altri sottotipi che vengono condizionati da quello subtropicale mediterraneo, denota una caratteristica che va poi ad incidere negativamente sulla produzione agricola e sui fabbisogni idrici della popolazione. Infatti, da noi le precipitazioni sono abbondanti nel periodo autunno-invernale e carenti nel periodo primaverile-estivo in cui vi è la massima richiesta di acqua. Inoltre, durante la stagione primavera-estate ai maggiori fabbisogni della popolazione, delle attività agricole e di quelle produttive in generale, si aggiunge la perdita di acqua dovuta all'accentuata evapotraspirazione della vegetazione e all'evaporazione delle acque superficiali in generale.

I diagrammi ombrotermici (Fig. 3-30, 3-31, 3-32), seppur si presentino con delle differenze di anno in anno, solitamente nel nostro tipo di clima si configurano, specialmente nei mesi più caldi, con un evidente divario tra curva della piovosità e quella delle temperature medie (Fig. 3-30 e 3-31). Tale divario sottolinea il deficit di acqua che si genera a danno della vegetazione e, quindi, il suo stato di stress idrico, che può venir ridotto con il ricorso all'irrigazione. Meno frequente è, invece, ciò che si è verificato nel 2005 (Fig. 3-32), in cui la distribuzione delle precipitazioni ha mediamente sempre fatto fronte ai fabbisogni idrici della vegetazione. Sia chiaro che nel mondo tale divergenza tra il fabbisogno e la disponibilità di acqua non si verifica in modo analogo in molti altri tipi di clima: è proprio nel clima mediterraneo (come nel clima di qualche altro territorio, ad esempio, della California) che si presenta tale peculiarità, gradita in taluni settori, ad esempio, quello turistico, ma certamente problematica per altri, specialmente per il settore agricolo.

Visto che la disponibilità di acqua dolce (definita "oro blu") costituirà sicuramente nei futuri anni un fattore determinante ed indispensabile per il mantenimento di un soddisfacente benessere di ogni comunità nazionale, sarà saggio pensare di far tesoro di questa ricchezza, non solo economizzandola e sfruttandola razionalmente, ma anche non permettendo che essa venga perduta

in mare prima di un proficuo utilizzo. Se a tali considerazioni si associa l'attuale tendenza del clima verso un surriscaldamento del pianeta (global warming), fenomeno che si sta ormai da anni manifestando ovunque, è doveroso da parte di tutti assumere regole di vita ecologicamente corrette e predisporre concreti provvedimenti finalizzati ad annullare gli effetti negativi di un cambiamento climatico che certamente aggraverebbero la carenza di acqua. Le varie conseguenze di un cambiamento climatico e le contromisure da intraprendere sono state discusse ed esaminate in vari congressi internazionali, ma purtroppo hanno sinora trovato una limitata accoglienza da parte dei governi di alcuni nazioni, che egoisticamente pensano più ai propri interessi immediati che al bene delle prossime generazioni.

Le approfondite ricerche paleoclimatiche e i carotaggi eseguiti sui ghiacci portano a concludere che gli ultimi 15.000 anni sono stati dal punto di vista climatico più stabili rispetto ai trascorsi 400.000 anni. La stabilizzazione del clima ha avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo della società umana e delle civiltà. Ora ignorare l'importanza che il clima esercita sulla vita di tutti gli esseri umani, vegetali o animali, che popolano il pianeta, è come sottovalutare uno dei fattori dinamici più importanti dell'esperienza umana, uno dei catalizzatori del progresso storico della società.

Anche se al riguardo taluni sono scettici, adducendo il fatto che la storia del nostro pianeta insegna che la Terra è sempre stata sottoposta a ricorrenti variazioni climatiche, e che i cosiddetti gruppi "negazionisti" vogliono relegare il "global warming" nel campo delle teorie e non nell'ambito di risultanze scientificamente appurate, dobbiamo tener presente quanto segue: mai in precedenza le temperature avevano subito un incremento così rapido; l'estensione dei ghiacci dell'Artide in meno di trent'anni si è ridotta di quasi la metà, con incontrollabili conseguenze sui fenomeni meteorologici; le acque oceaniche stanno subendo variazioni termiche preoccupanti; la sovrappopolazione del pianeta richiede sempre più risorse di acqua, di cibo e di energia; la copertura vegetale si sta riducendo sempre di più come pure la biodiversità; e si potrebbe ancora continuare.

Nei trascorsi millenni i vari gruppi etnici e le disperse popolazioni che abitavano la Terra rispondevano alle offese del clima migrando verso territori più ospitali; ora non sarebbe più possibile, visto il progressivo incremento demografico e la non relativa abbondanza di cibo.

Pertanto, i problemi che dovranno essere risolti per il bene del pianeta e dei suoi abitanti sono urgenti e onerosi, ma allo stato attuale non si hanno altre vie da seguire se non quelle di un rigoroso rispetto degli equilibri ambientali e di regole che impongano comportamenti ecosostenibili. È necessario che la saggezza, il buon senso e la sobrietà prendano il sopravvento.

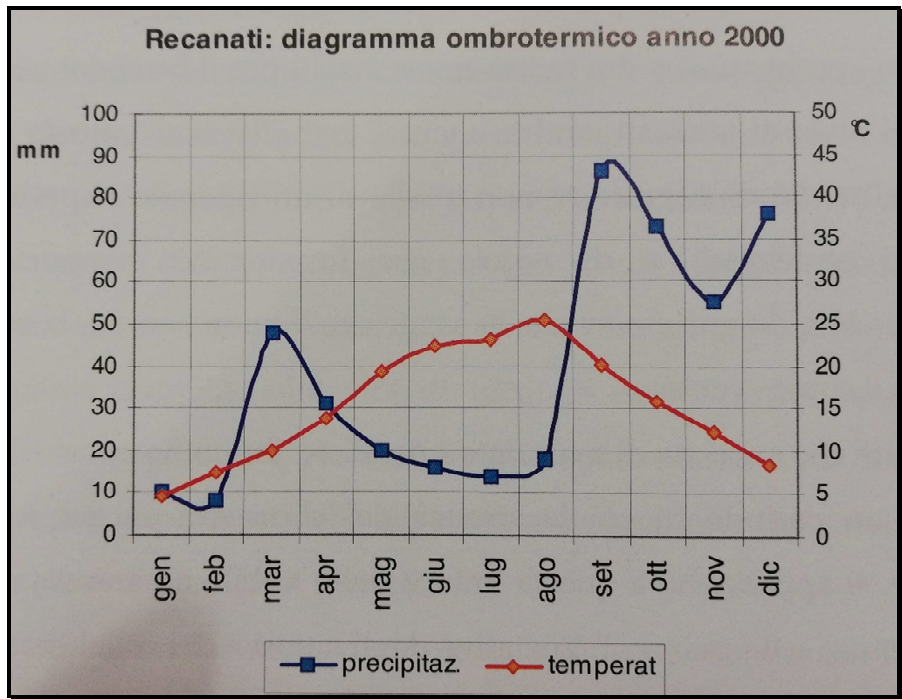


Fig. 3-30: Recanati: diagramma ombrotermico anno 2000.

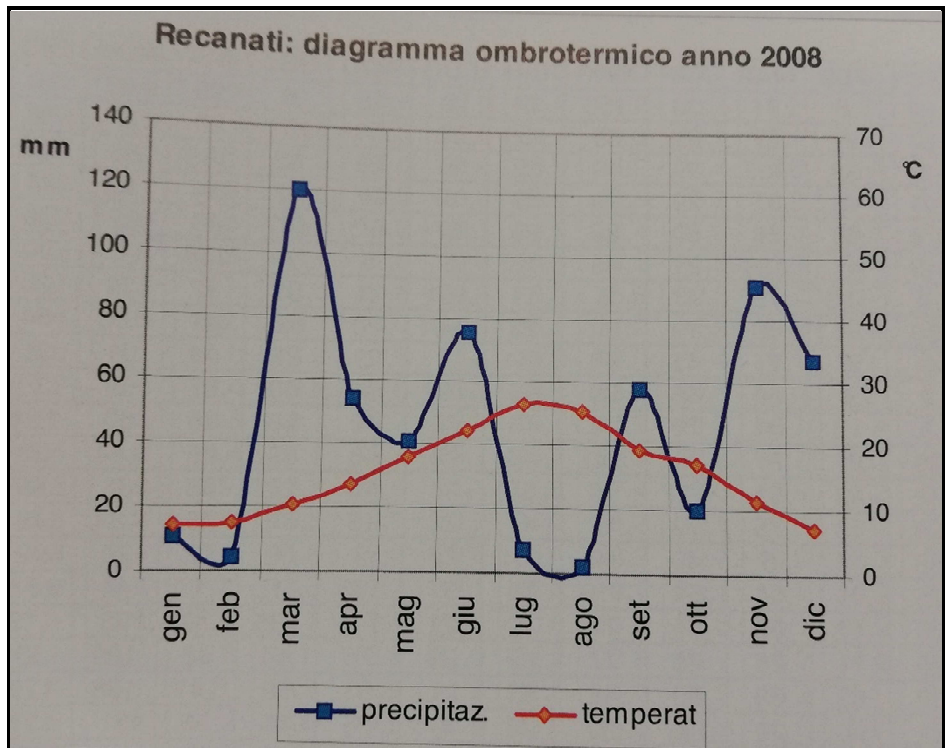


Fig.: 3-31: Recanati: diagramma ombrotermico anno 2008.

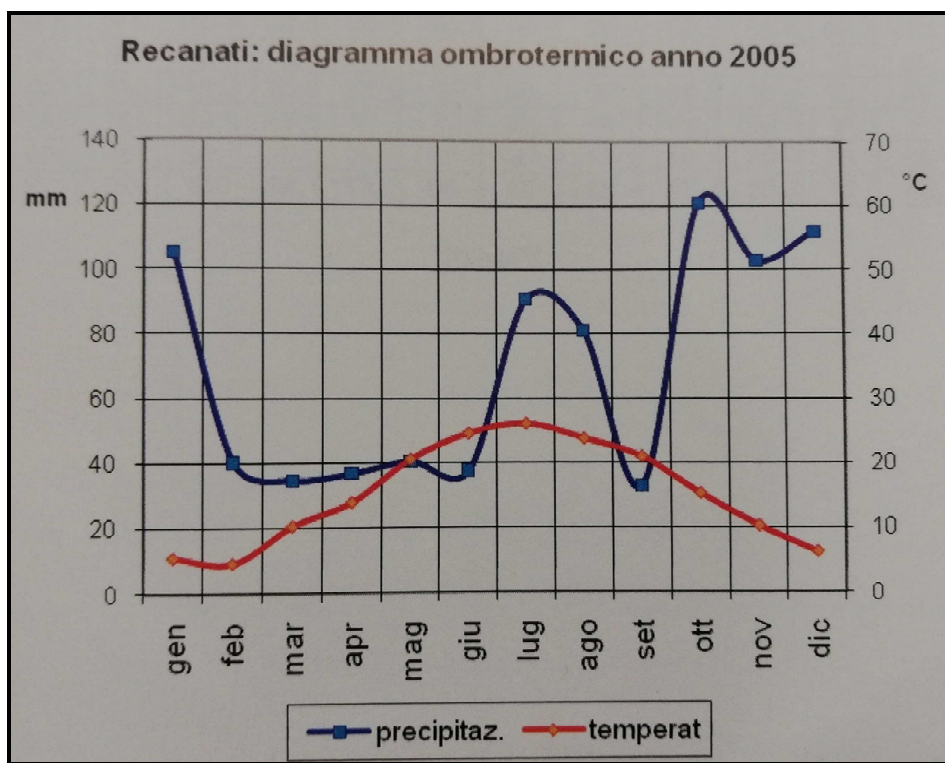


Fig. 3-32: Recanati: diagramma ombrotermico anno 2005.

3.5 Inquadramento idrologico

Il territorio comunale di Recanati è costituito per lo più da rilievi collinari che non superano mai i 300 m.s.l.m., di natura prevalentemente argillosa, che in alcuni punti raggiungono anche acclività elevate, e dalle pianure alluvionali dei due fondovalle principali: quello del fiume Musone e quello del fiume Potenza.

Lo spartiacque principale si sviluppa lungo il crinale in direzione ovest-est che solca il territorio dividendolo approssimativamente a metà; nel settore nord incontriamo il bacino idrografico del fiume Musone alimentato dai corsi d'acqua di seconda classe denominati vallone Cantalupo e fosso del Rivo, che nascono nel settore nord-occidentale del territorio e si sviluppano in direzione sud-ovest/nord-est e da corsi d'acqua minori; nel settore sud si colloca il bacino idrografico del fiume Potenza, alimentato dai corsi d'acqua di seconda classe denominati torrente Monocchia (uno dei due principali affluenti del fiume Potenza), che incontra il territorio comunale nell'estremo settore ovest e si sviluppa in direzione nord-ovest/sud-est, il fosso Ricale, che nasce nel settore centro-occidentale del territorio e si sviluppa in direzione nord-sud, il fosso Grande che nasce nel settore centro-orientale e si sviluppa in direzione ovest-est, nonché da numerosi corsi d'acqua minori che si sviluppano principalmente in direzione nord-sud. Tutto il territorio di Recanati è, inoltre, interessato dalla presenza di un reticolo artificiale molto sviluppato, costituito per lo più dalle scoline dei campi, dagli invasi e da piccoli canali artificiali.

Dalla carta dell'idrologia superficiale (Fig. 3-33) è possibile vedere il reticolo idrografico minore nel suo insieme, la localizzazione dei pozzi, della Fonte di Butinello e del laghetto artificiale.

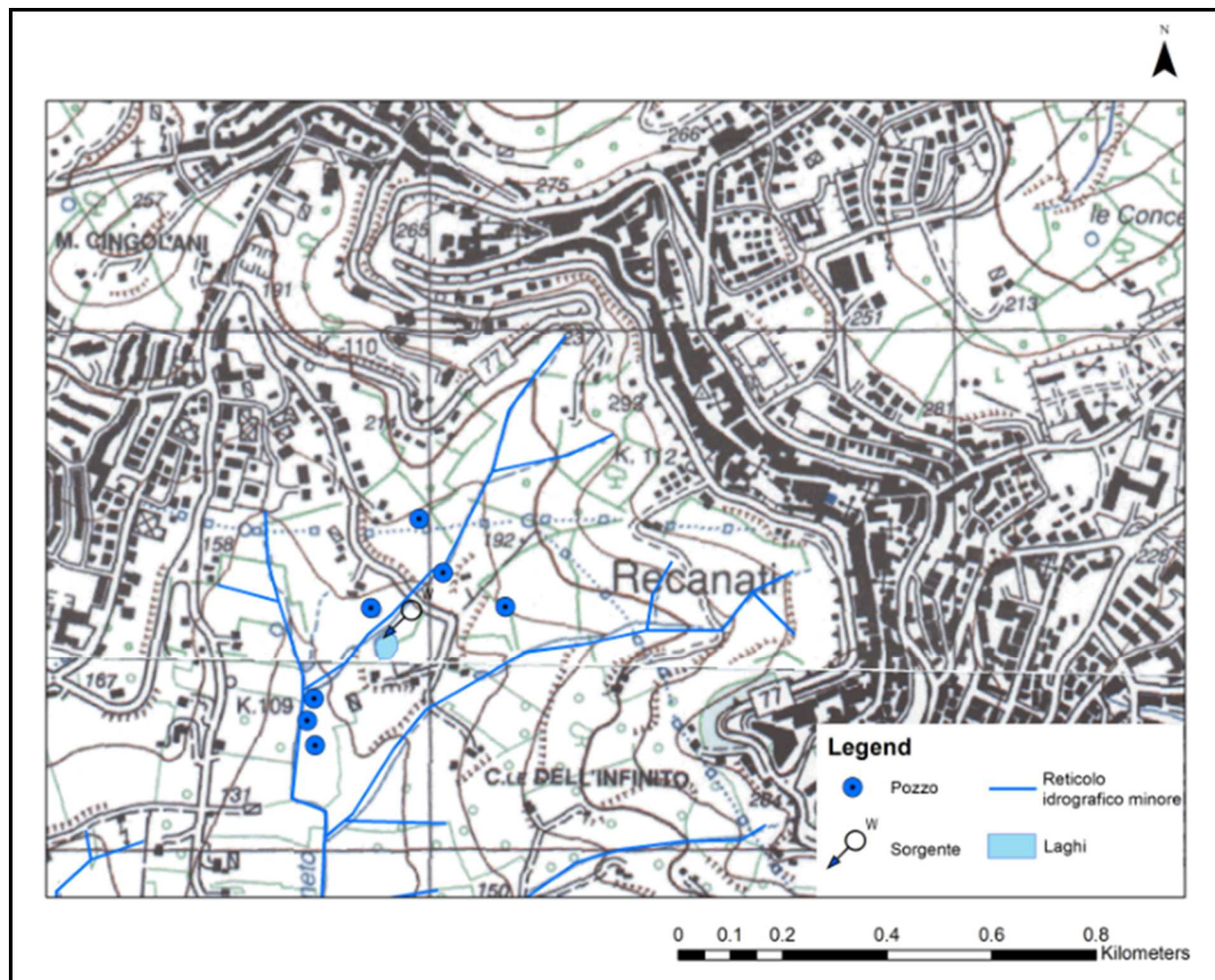


Fig. 3-33: Carta dell'idrologia superficiale.

3.6 Inquadramento idrogeologico

L'idrografia superficiale è costituita da un significativo reticolo di fossi secondari, affluenti di sinistra idrografica del Fosso Pantaneto.

Tali fossi secondari, tutti in erosione concentrata, hanno origine dal versante meridionale della dorsale collinare del centro abitato di Recanati che localmente ha una direzione di circa Nord-Ovest/Sud-Est.

Nella zona di interesse si hanno sedimenti con un grado di permeabilità variabile:

La *Coltre alluvionale fine* è costituita da limo argilloso-sabbioso e/o limo sabbioso-argilloso inglobante concrezioni calcaree in noduli. La permeabilità primaria del litotipo varia tra media e media/bassa in relazione alla percentuale di frazione sabbiosa.

La *Coltre alluvionale grossolana* è costituita da sabbia media grossolana e ghiaia eterometrica in matrice limosa-argillosa di natura essenzialmente calcarea. La permeabilità primaria del litotipo è alta.

Il *Substrato Pelitico* è costituito da limo argilloso-marnoso superficialmente fratturato e molto alterato, alternato a livelli e strati di sabbia limosa. La permeabilità primaria della frazione argillosa è praticamente nulla, mentre dove è presente la fratturazione la permeabilità secondaria è alta. Negli strati eminentemente sabbiosi la permeabilità primaria per porosità è media-alta/alta (Patrizietti, 2012).

Capitolo 4

STUDIO DEL PATRIMONIO VEGETALE

4.1 Analisi floristica

La flora di un territorio è data dall'insieme delle piante che sono state osservate al suo interno. Il risultato di uno studio floristico si esplicita attraverso un elenco di tutte le entità presenti nel territorio oggetto di analisi. L'analisi floristica (Tab. 4-1), e quindi l'elencazione e la classificazione, più completa possibile, delle specie vegetali presenti nel territorio, è preliminare e complementare allo studio della vegetazione, e consente di mettere in evidenza anche le diverse problematiche legate agli ambienti umidi che sono dotati di una certa complessità strutturale e sono molto dinamici, in quanto dipendono dalle variazioni di portata del corso d'acqua, oltre che dagli interventi di manutenzione e di artificializzazione ad esempio. Grazie alla conoscenza floristica è possibile affrontare lo studio della vegetazione che risulta utile per misurare, tramite la presenza di associazioni e/o aggruppamenti vegetali, un'ecologia ben precisa e la presenza dei diversi habitat delle zone umide. Di tutto il territorio recanatese preso in considerazione per la stesura di questo lavoro si è deciso di incentrare un'analisi floristica nella zona in cui sono collocati la Fonte di Butinello e il fosso, in Via Contrada Duomo, sotto il Colle dell'Infinito. Sono stati fatti diversi rilievi fitosociologici, nel mese di maggio 2018 e nel mese di gennaio 2020. Tra le specie acquatiche sono state ritrovate le seguenti specie: *Adiantum capillus-veneris*, *Apium nodiflorum*, *Aster squamatus*, *Calystegia sepium*, *Conyza canadensis*, *Dactylis glomerata*, *Daucus carota*, *Epilobium hirsutum*, *Equisetum telmateja*, *Geranium molle*, *Hedera helix*, *Myriophyllum aquaticum*, *Parietaria diffusa*, *Paspalum distichum*, *Paspalum paspaloides*, *Potentilla reptans*, *Rumex conglomeratus*, *Typha angustifolia* e *Urtica dioica*. Tra le specie di sponda sono state ritrovate le seguenti specie: *Anagallis arvensis*, *Arum italicum*, *Arundo donax*, *Aster squamatus*, *Avena barbata*, *Cirsium arvense*, *Cirsium vulgare*, *Daucus carota*, *Equisetum telmateja*, *Fumaria capreolata*, *Galium aparine*, *Geranium molle*, *Geranium rotundifolium*, *Hedera helix*, *Laurus nobilis*, *Lolium perenne*, *Lotus ornithopodioides*, *Malva sylvestris*, *Mercurialis annua*, *Papaver rhoeas*, *Parietaria officinalis*, *Poa pratensis*, *Raphanus raphanistrum*, *Robinia pseudoacacia*, *Rubus ulmifolius*, *Rumex conglomeratus*, *Silene alba*, *Sinapis alba*, *Solanum nigrum*, *Sonchus asper*, *Sonchus oleraceus*, *Symphytum bulbosum*, *Ulmus minor* e *Urtica dioica*. Tra le specie di margine sono state ritrovate le seguenti specie: *Aster squamatus*, *Avena barbata*, *Bellis perennis*, *Dactylis glomerata*, *Daucus carota*, *Equisetum telmateja*, *Erodium malacoides*, *Galium aparine*, *Geranium molle*, *Geranium rotundifolium*, *Lolium perenne*, *Malva alcea*, *Mercurialis annua*, *Parietaria officinalis*, *Pastinaca sativa*, *Potentilla reptans*, *Rubus ulmifolius*, *Rumex*

conglomeratus, Silene alba, Sinapis alba, Sinapis arvensis, Smyrniium olosatrum, Solanum nigrum, Sonchus asper, Sorghum halepense, Urtica dioica e Veronica persica.

Tab. 4-1: Analisi floristica.

FORMA BIOLOGICA	TIPO COROLOGICO	SPECIE
G rhiz	PANTROP.	<i>Adiantum capillus-veneris</i>
T rept	EUROMEDIT.	<i>Anagallis arvensis</i>
H scap	EUROMEDIT.	<i>Apium nodiflorum</i>
G rhiz	STENOMEDIT.	<i>Arum italicum</i>
G rhiz	AVV.	<i>Arundo donax</i>
T scap	AVV.	<i>Aster squamatus</i>
T scap	EUROMEDIT.	<i>Avena barbata</i>
H ros	EUROP.-CAUC.	<i>Bellis perennis</i>
H scand	PALEOTEMP.	<i>Calystegia sepium</i>
G rad	EURASIAT.	<i>Cirsium arvense</i>
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Cirsium vulgare</i>
T scap	AVV.	<i>Conyza canadensis</i>
H caesp	PALEOTEMP.	<i>Dactylis glomerata</i>
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i>
H scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium hirsutum</i>
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Equisetum telmateja</i>
T scap	STENOMEDIT.	<i>Erodium malacoides</i>
T scap	EUROMEDIT.	<i>Fumaria capreolata</i>
T scap	EUROASIAT.	<i>Galium aparine</i>
T scap	EURASIAT.	<i>Geranium molle</i>
T scap	PALEOTEMP.	<i>Geranium rotundifolium</i>
P lian	EUROMEDIT.	<i>Hedera helix</i>
P caesp	STENOMEDIT.	<i>Laurus nobilis</i>
H caesp	CIRCUMB.	<i>Lolium perenne</i>
T scap	STENOMEDIT.	<i>Lotus ornithopodioides</i>
H scap	CENTRO-EUROP.	<i>Malva alcea</i>
H scap	EUROSIB.	<i>Malva sylvestris</i>
T scap	PALEOTEMP.	<i>Mercurialis annua</i>
I rad	AVV.	<i>Myriophyllum aquaticum</i>
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Papaver rhoeas</i>
H scap	EUROMEDIT.-MACARON.	<i>Parietaria diffusa</i>
H scap	EUROP.-CAUC.	<i>Parietaria officinalis</i>
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Paspalum distichum</i>
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Paspalum paspaloides</i>
H bienn	EUROSIB.	<i>Pastinaca sativa</i>
H caesp	CIRCUMB.	<i>Poa pratensis</i>
H ros	PALEOTEMP.	<i>Potentilla reptans</i>
T scap	EUROMEDIT.	<i>Raphanus raphanistrum</i>
P caesp	AVV.	<i>Robinia pseudoacacia</i>
NP	EUROMEDIT.	<i>Rubus ulmifolius</i>
H scap	EURASIAT.	<i>Rumex conglomeratus</i>
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Silene alba</i>
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Sinapis alba</i>
T scap	STENOMEDIT.	<i>Sinapis arvensis</i>
H bienn	MEDIT.ATL.(EURO)	<i>Smyrniium olosatrum</i>
T scap	COSMOP.	<i>Solanum nigrum</i>
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus asper</i>
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus oleraceus</i>
G rhiz	TERMOCOSMOP.	<i>Sorghum halepense</i>
G rhiz	SE-EUROP.	<i>Symphytum bulbosum</i>
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Typha angustifolia</i>
P caesp	EUROP.-CAUC.	<i>Ulmus minor</i>
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i>
T scap	AVV.	<i>Veronica persica</i>

4.1.1 Spettro biologico

Il sistema Raunkiær è un sistema che classifica le piante in base alla modalità con la quale superano la stagione avversa, cioè in base a come proteggono le gemme durante questo periodo, che può essere l'inverno (quindi temperature troppo basse nel caso delle piante che vivono in un clima temperato) o la stagione secca (dove l'aridità condiziona il comportamento della pianta). Queste particolari caratteristiche (e principalmente la diversa posizione delle gemme dormienti), hanno permesso a Raunkiær di suddividere le piante in vari gruppi ecologici, o classi di forme biologiche, suddivise, a loro volta, in sottoclassi. Si può, quindi, ottenere lo spettro biologico di quella flora, cioè le percentuali delle varie forme biologiche presenti in un certo territorio, che rispecchieranno le caratteristiche ambientali e il grado di interazione antropica a cui è (o è stata) soggetta la zona studiata. Le specie osservate nell'area di studio appartengono a 5 forme biologiche diverse, formanti il seguente spettro biologico (Fig. 4-1): Emicriptofite, Terofite, Geofite, Fanerofite e Idrofite.

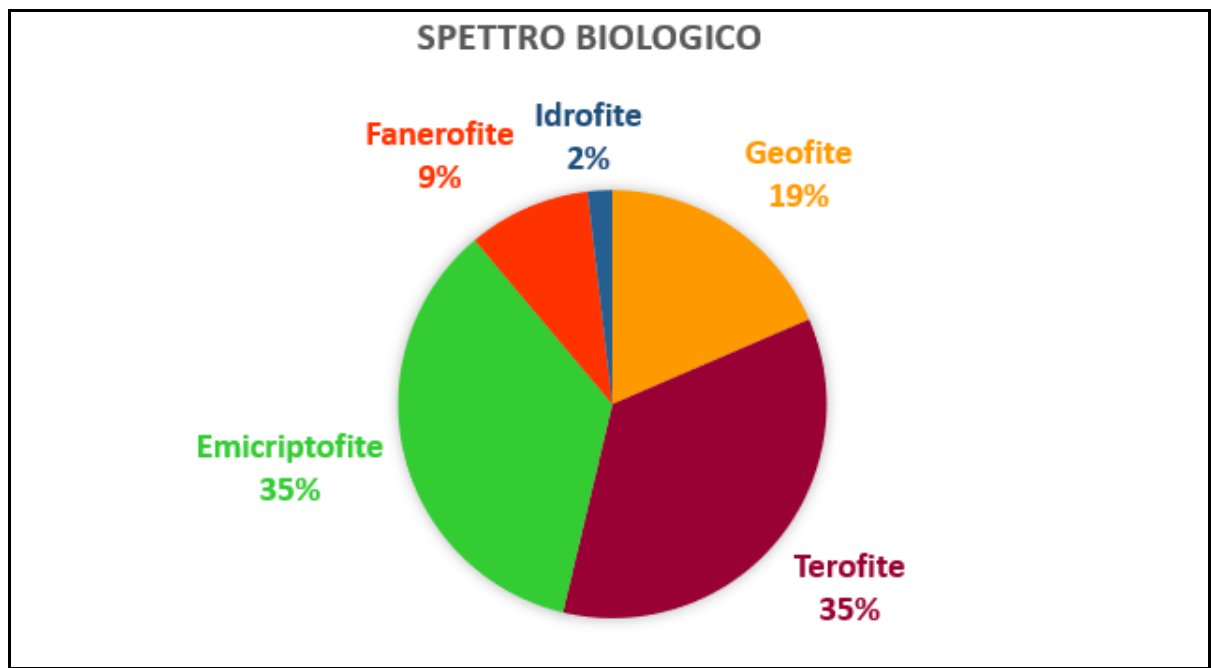


Fig. 4-1: Spettro biologico delle specie interessate dallo studio della vegetazione.

Le forme biologiche con più specie rappresentanti sono le Emicriptofite (35%) e le Terofite (35%). Le prime sono piante erbacee, bienni o perenni, con gemme svernanti a livello del suolo e protette dalla lettiera o dalla neve; le seconde sono piante erbacee che differiscono dalle altre forme biologiche poiché, essendo annuali, superano la stagione avversa sotto forma di seme. A queste seguono le Geofite (19%), piante perenni erbacee che durante la stagione avversa non presentano organi aerei e le gemme si trovano in organi sotterranei come bulbi, tuberi e rizomi. Le percentuali

più basse, invece, sono rappresentate dalle Fanerofite (9%) e Idrofite (2%). Le prime sono piante perenni e legnose, con gemme svernanti poste ad un'altezza dal suolo maggiore di 30 cm; le seconde sono piante acquatiche perenni le cui gemme si trovano sommerse o natanti.

Nella Tab. 4-2 si possono osservare le diverse specie rilevate nell'area di studio e relative forme biologiche.

Tab. 4-2: Numero di specie rilevate e relative forme biologiche presenti nell'area di studio.

Forma biologica	Numero di specie rilevate
EMICRIPTOFITE	
Emicriptofite scapose (H scap)	8
Emicriptofite bienni (H bienn)	5
Emicriptofite cespitose (H caesp)	3
Emicriptofite rosulate (H ros)	2
Emicriptofite scandenti (H scand)	1
Totale	19
FANEROFITE	
Fanerofite cespugliose (P caesp)	3
Fanerofite lianose (P lian)	1
Nano-Fanerofite (NP)	1
Totale	5
GEOFITE	
Geofite rizomatose (G rhiz)	9
Geofite radicegemmate (G rad)	1
Totale	10
TEROFITE	
Terofite scapose (T scap)	18
Terofite reptanti (T rept)	1
Totale	19
IDROFITE	
Idrofite radicanti (I rad)	1
Totale	1

Le Emicriptofite bienni (*H bienn*) sono piante che completano il proprio ciclo in due anni, vegetando nel primo e fiorendo e disseminando nel secondo.

Le Emicriptofite cespitose (*H caesp*) sono piante che iniziano a ramificarsi dal basso così da formare un fitto cespo di foglie o un cespuglio.

Le Emicriptofite rosulate (*H ros*) sono piante che formano rosette di foglie a livello del terreno.

Le Emicriptofite scandenti (*H scand*) sono piante con portamento rampicante.

Le Emicriptofite scapose (*H scap*) sono piante con portamento eretto, con un fusto principale ben definito (scapo).

Le Fanerofite cespugliose (*P caesp*) sono piante con portamento cespuglioso.

Le fanerofite lianose (*P lian*) sono piante con portamento rampicante, incapaci di auto-sorreggersi.

Le Geofite radicigemmate (*G rad*) sono piante con organi sotterranei che portano le gemme da cui, ogni anno, si riforma la parte aerea.

Le Geofite rizomatose (*G rhiz*) sono piante con rizomi, fusti sotterranei metamorfosati orizzontali.

Le Idrofite radicanti (*I rad*) sono piante con l'apparato radicale ancorato sul fondo e foglie galleggianti.

Le Nano-Fanerofite (*NP*) sono piante con gemme perennanti poste tra 25 cm e 2 metri dal suolo.

Le Terofite reptanti (*T rept*) sono piante con portamento strisciante, aderente al suolo.

Le Terofite scapose (*T scap*) sono piante con portamento eretto con un fusto principale ben definito spesso privo di foglie (scapo).

4.1.2 Spettro corologico

La corologia studia la distribuzione delle specie che vivono spontaneamente in una determinata superficie, definita areale. Si possono avere specie limitate ad un'area molto ristretta o addirittura puntiforme, e in tal caso sono dette endemiche; estese ad interi continenti, come Europa o Asia; diffuse su tutta la superficie terrestre, dette cosmopolite.

Confrontando gli areali delle piante, se ne trovano molte che occupano superfici più o meno sovrapponibili; questi gruppi di specie, con simile distribuzione geografica, definiscono un tipo corologico o corotipo.

Le specie osservate nell'area di studio appartengono a 6 tipi corologici differenti, formanti il seguente spettro corologico (Fig. 4-2): Eurasiatiche, Mediterranee, Cosmopolite, Avventizie, Circumboreali ed Europee.

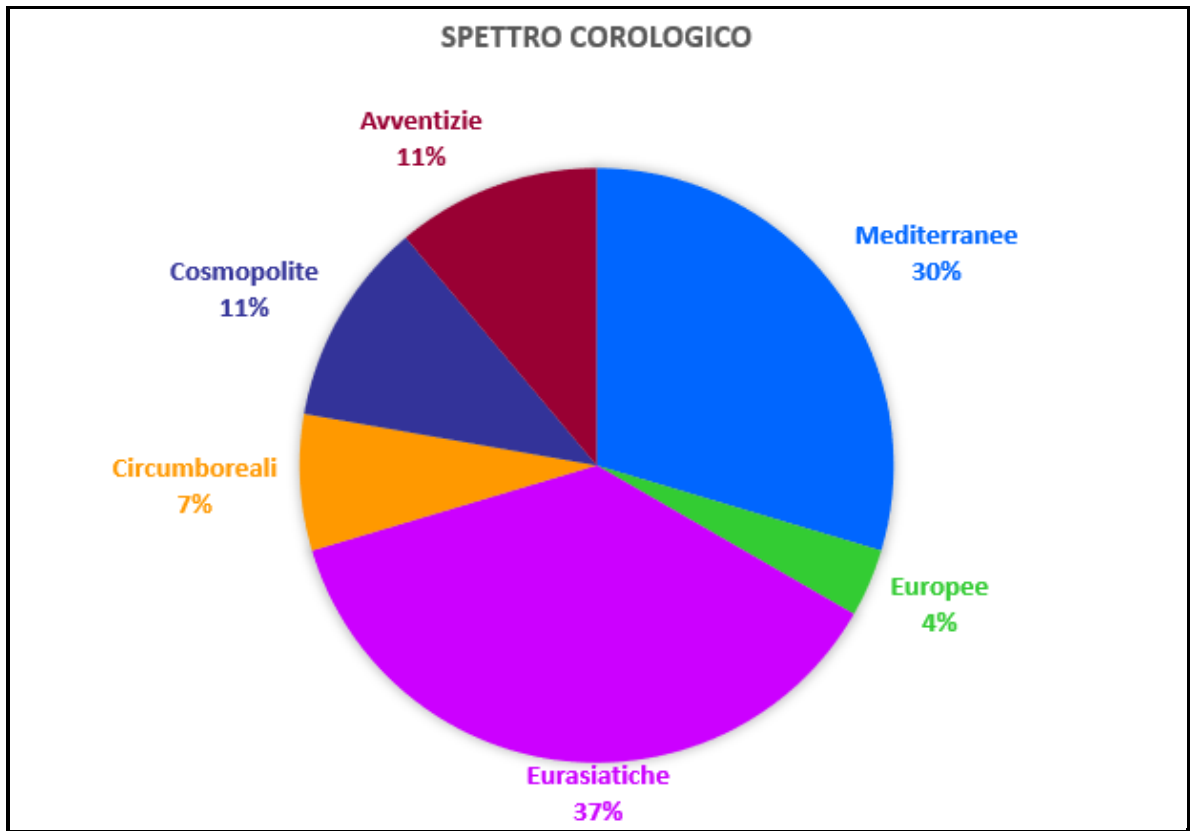


Fig. 4-2: Spettro corologico delle specie interessate dallo studio della vegetazione.

Dalla figura dello spettro corologico si può notare la prevalenza delle specie Eurasiatiche (37%), seguite dalle specie Mediterranee (30%), Cosmopolite (11%), Avventizie (11%), Circumboreali (7%) ed Europee (4%).

Le specie Eurasiatiche sono diffuse dal territorio europeo a quello giapponese; le Mediterranee sono specie con areale definito dall'area mediterranea, intesa in senso lato; le Cosmopolite sono specie presenti in tutte le parti, o quasi, del globo terrestre; le Avventizie sono specie diffuse in un areale diverso da quello originario; le Circumboreali sono specie distribuite nelle zone fredde e temperate dell'emisfero boreale; infine, le Europee sono specie con areale incentrato sull'Europa, con alcune penetrazioni nell'area mediterranea.

Nella Tab. 4-3 si possono osservare le diverse specie rilevate nell'area di studio e i relativi tipi corologici.

Tab. 4-3: Numero di specie rilevate e relativi tipi corologici presenti nell'area di studio.

Tipo corologico	Numero di specie rilevate
AVVENTIZIE	6
Pantropicali	1
Totale	7
EUROPEE	
Centro-Europee	1
Sud-Est-Europee	1
Totale	2
MEDITERRANEE	
Euromediterranee	7
Stenomediterranee	5
Euro-Mediterraneo-Montane	2
Euromediterraneo-Macaronesiane	1
Mediterraneo-Atlantiche	1
Totale	16
COSMOPOLITE	1
Subcosmopolite	3
Termocosmopolite	1
Totale	5
EURASIATICHE	6
Paleotemperate	9
Europeo-Caucasiche	3
Eurosiberiane	2
Totale	20
CIRCUMBOREALI	4
Totale	4

4.2 Considerazioni sulla flora

Innanzitutto, è fondamentale distinguere bene quelle che sono le specie indigene da quelle esotiche per cui si approfondisce il concetto dell'areale, ossia l'area geografica all'interno della quale una specie vive e si riproduce spontaneamente. Ogni specie vegetale occupa, quindi, un determinato territorio, racchiuso da una linea, che può avere un'estensione ampia o ridotta. Se l'areale di una certa specie racchiude il nostro territorio nazionale, o comunque lo attraversa, almeno in parte, quella specie sarà naturalmente indigena; contrariamente quando l'areale originario di una specie non passa per il nostro paese, si avrà che quella specie è esotica. A differenza delle indigene,

bisogna tener conto che le specie esotiche (naturalizzate o meno) non sono indicatrici di qualità di una flora, anzi la dequalificano e, in particolare, tra queste le cosiddette “esotiche invasive”.

4.2.1 Specie di interesse naturalistico

Di seguito l’elenco delle specie interessanti dal punto di vista naturalistico, ottime bioindicatrici dello stato di conservazione dell’ambiente umido.

***Adiantum capillus-veneris* L.** – Felce di Capelvenere (Fig. 4-3)

Famiglia: Adiantaceae

Forma biologica: Geofita rizomatosa

Tipo corologico: Pantropicale

La specie si rinviene nel rilievo n. 7.

Il nome generico ha origine dal termine greco “*adíanton*”, formato da “*a*”, senza, e “*diáino*”, io bagno, ovvero “non mi bagno” riferito alle foglie che immerse ed estratte dall’acqua non si bagnano (idrorepellenti). Il nome specifico sta per “capello”, “*capillus*” e dal genitivo “*Venus*”, Venere, poiché essa, secondo la mitologia romana, quando uscì dal mare aveva i capelli asciutti.

Rizoma strisciante nerastro. Fronde pendule, lunghe fino a 60 cm, con stipite moderatamente paleaceo verso il piede, lungo più o meno quanto la lamina, nerastro e lucido, come la rachide e i piccioletti delle varie divisioni. Lamina a contorno ovato, fino a quattro volte divisa, delicata, glabra, a divisioni ultime flabellate, con numerosi nervi dicotomicamente ramificati e con apice irregolarmente lobato. Estremità dei lobi ripiegate in forma di pseudo-indusio cartilagineo. Sori poveri, corti, perpendicolari al bordo del lobo, tra loro adiacenti, privi di indusio. Sporificazione: da luglio a settembre (www.floraitaliae.actaplantarum.org/).

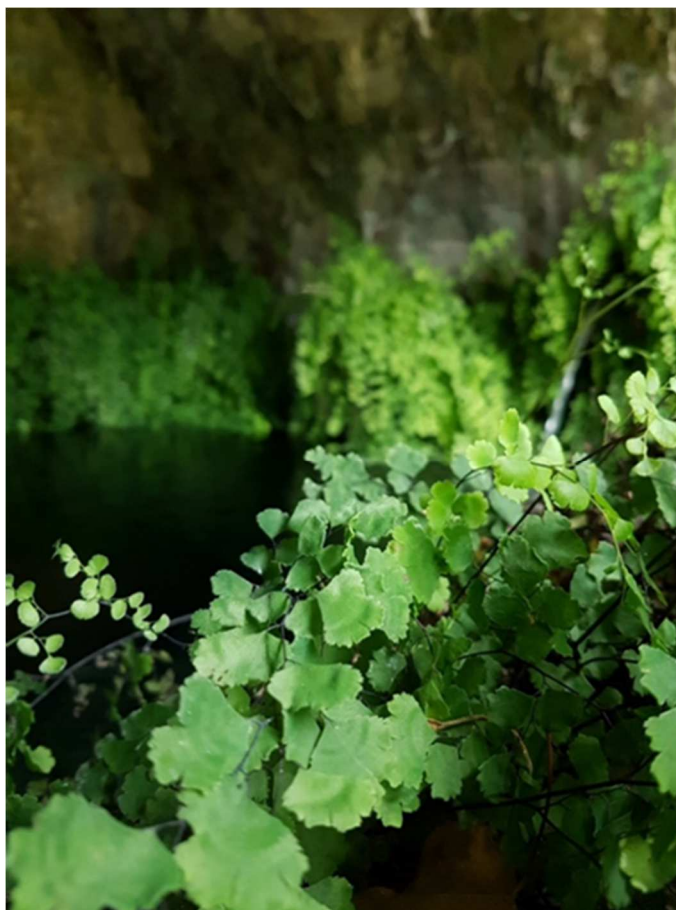


Fig. 4-3: *Adiantum capillus-veneris*.

Laurus nobilis L. – Alloro (Fig. 4-4)

Famiglia: Lauraceae

Forma biologica: Fanerofita cespugliosa

Tipo corologico: Stenomediterranea

La specie si rinviene nei rilievi n. 3 e 14.

Il nome di questa pianta deriva del genere dal latino “*laus*” = lode, per evidenziare le proprietà curative della pianta “lodate” già dagli antichi. L’epiteto della specie, e cioè “*nobilis*” sta per “illustre”, “importante”, “famoso”. Per altri il nome volgare deriverebbe dalla radice celtica “*laur*”, “verde”. Il nome volgare e quello scientifico hanno entrambi una derivazione latina, i greci chiamavano Daphne questa pianta in virtù della leggenda che vide una ninfa tramutata in alloro da Giove per sfuggire ad un bramoso Apollo.

Piccolo albero di 10 o 20 metri, o arbusto poco longevo. Sempreverde, ha chioma piramidale folta e densa; tronco eretto, liscio, spesso sinuoso e fortemente ramificato; corteccia prima verde poi nerastra o bruna, legno giallo e rami eretti e molto fitti. Le foglie sono intere, coriacee, persistenti, aromatiche, alterne, raramente opposte o verticillate; la pagina superiore lucida di colore verde scuro, quella inferiore più chiara verde opaco, sono brevemente picciolate, ellittico-lanceolate con

apice acuto, lunghe fino a 20 cm, glabre a margine lievemente ondulato. Pianta dioica con fiori pedunculati, attinomorfi e tetrameri di colore bianco-giallastro, profumati; riuniti in piccole ombrelle di 4-5 fiori all'ascella delle foglie, quelli maschili con 8-12 stami in verticilli, quelli femminili con ovario supero, 1 stilo, stigma trifido, 4 stami sterili. I frutti sono drupe ovoidali, aromatiche, nerastre che contengono un solo seme sferoidale, con due cotiledoni ricchi di sostanze grasse, giungono a maturazione ottobre-novembre. I frutti rimangono sulla pianta per tutto l'inverno, talvolta sino a primavera inoltrata, non è difficile vedere i nuovi fiori, a fianco delle vecchie drupe. (www.floraitaliae.actaplantarum.org/)



Fig. 4-4: *Laurus nobilis*.

Symphytum bulbosum K. F. Schimp. – *Consolida* minore (Fig. 4-5)

Famiglia: Boraginaceae

Forma biologica: Geofita rizomatosa

Tipo corologico: Sud-Est Europea

La specie si rinviene nel rilievo n. 14.

Il nome generico deriva dal greco “*symphuð*” (unisco), per l'antica credenza che le piante di questo genere potessero rinsaldare le ossa fratturate, da cui il nome italiano “*consolida*”; il nome specifico allude ai rizomi che portano tuberi rotondi simili a bulbi. È una specie perenne di dimensioni medie tra 20 e 40 cm; è una pianta alquanto pelosa e con fusto eretto. Le foglie sono numerose, con lamina da ellittica a lanceolata, di un bel verde intenso e con le basali picciolate; le foglie cauline sono più piccole e con picciolo progressivamente più breve, le superiori sono sessili e decorrenti sul fusto. I fiori sono di colore giallo-pallido, riuniti in una densa cima, corolla con all'interno squame lanceolate emergenti dal tubo. I frutti sono dei microbasari (tetranucle) con 2-4 mericarpi (nucle) monospermi, di 3-4 mm, con superficie rugosa, marrone verdastra a maturità, con una cresta principale che li attraversa per tutta la lunghezza ed altre secondarie, più brevi. Base con denti spinosi e strofiolo sporgente di 3 mm. (www.meditflora.com)



Fig. 4-5: *Symphytum bulbosum*.

Typha angustifolia L. – Lisca a foglie strette o Mazza sorda (Fig. 4-6)

Famiglia: Typhaceae

Forma biologica: Geofita rizomatosa

Tipo corologico: Circumboreale

La specie si rinviene nel rilievo n. 10.

Il nome del genere deriva dalle parole greche τῖφος (*tìfos* = palude) oppure τίφη (*tìfe*) o σίλφη (*silfe*) che, in un versetto giambico del poeta Archiloco di Paro (circa 650 a.C.), significano “canna”. La tifa è pure citata da Teofrasto (370-287 a.C.) come “pianta di palude” nel capitolo XIII del suo libro *Della Storia delle piante* e, come tale, è ripresa da P.A.Mattioli (1500-1577 d.C.) nel III volume dei *Commentari alla materia medica di Pedacio Dioscoride* col nome di “tifa” o “mazza sorda”, di cui dà la seguente spiegazione: “... perché è stato sperimentato che la sua lanugine rende sordi coloro a cui entra nell’orecchio”. Questa erba palustre si incontra abbastanza raramente lungo i fossi, negli stagni e nelle paludi residuali di tutte le regioni d’Italia e riceve il secondo nome del binomio scientifico dalla forma particolarmente stretta ed allungata (in latino l’aggettivo “*angustus*” significa “stretto”) delle foglie che ne accompagnano elegantemente il fusto alto ed eretto; questa forma elegante ed il tratto libero fra le due infiorescenze, maschile (in alto) e femminile (in basso) la differenzia dalla molto più comune *Typha latifolia* L. (Lisca maggiore) che vive in ambiente analogo. Le foglie venivano usate per confezionare stuoie e per impagliare fiaschi e damigiane; dai rizomi essiccati, ricchi di amido, si ricavava una farina commestibile; i peli dell’infiorescenza pressati servivano per imbottire materassi. (www.floralpinabergamasca.net/)



Fig. 4-6: *Typha angustifolia*.

4.2.2 Specie invasive

Di seguito vengono indicate le specie alloctone invasive, cioè quelle che hanno un'origine diversa dal luogo di ritrovamento e che sono in grado di diffondersi velocemente. Sono specie capaci di superare le barriere biotiche e abiotiche e di produrre nuove popolazioni a partire da quella iniziale, colonizzando nuovi territori. Diversi sono i problemi collegati alla diffusione di specie alloctone invasive quali ad esempio la perdita di biodiversità, cambiamenti e alterazioni dei cicli biogeochimici, omogeneizzazione degli ecosistemi e delle comunità, estinzione di specie autoctone.

Arundo donax L. – Canna comune (Fig. 4-7)

Famiglia: Poaceae

Forma biologica: Geofita rizomatosa

Tipo corologico: Avventizia

La specie si rinviene nei rilievi 13 Ovest e 13 Est.

Pianta erbacea perennante sempreverde, simile ad una canna di bambù, munita di un grosso rizoma orizzontale nodoso e articolato. Culmi eretti, robusti e cilindrici (1-2 cm di diametro), alti fino a 5 metri (è la più grande graminacea d'Europa), fistolosi fra gli internodi, sub-legnosi alla base e

molto fogliosi; sono persistenti durante l'inverno e fiorenti nell'anno successivo. Foglie largamente lanceolato-lineari (1-8 x 10-50 cm), verde-glauche, scabre ai margini, con l'apice acuminata e la base ampiamente biauricolata spesso con una frangia, peli sui bordi delle orecchiette; ligula molto corta (2 mm), membranosa. Infiorescenza in pannocchia terminale fusiforme, lunga 30-50 cm, di colore verde pallido o violaceo. Spighe 3-5 flore di circa 12-18 mm; glume subeguali, acuminate e glabre, persistenti, lunghe quanto i fiori; lemmi inferiori bifidi e brevemente aristati all'apice, muniti sul dorso di lunghi peli bianchi (10 mm) che danno alla pianta un aspetto setoso. Stami 3. Il frutto è una cariosside oblunga con pericarpo aderente. I semi raramente arrivano a maturazione per cui la riproduzione è prevalentemente vegetativa (rizomi). (www.floraitaliae.actaplantarum.org/)



Fig. 4-7: *Arundo donax*.

Aster squamatus (Spreng.) Hieron. – Astro annuale (Fig. 4-8)

Famiglia: Asteraceae

Forma biologica: Terofita scaposa

Tipo corologico: Avventizia

La specie si rinviene nei rilievi n. 9, 12, 13 Ovest e 13 Est.

Il nome generico deriva dal greco “*symphysis*” (unione) e “*thrix*” (capello, pelo) e allude probabilmente ad una cultivar europea osservata da Nees che presentava peli uniti alla base; il nome specifico si riferisce alle piccole foglie squamiformi che avvolgono i rami in alto. Pianta erbacea annuale, alta 30-100 cm con fusti eretti e glabri, spesso rossastri, ampiamente ramificato-corimbose nella metà superiore e scanalati in corrispondenza della nervatura centrale ed i lati delle foglie per tutto il tratto dell'internodo. Foglie alterne, intere, di color verde scuro, le inferiori lanceolato-lineari (1 x 8 cm), picciolate, acute all'apice, per lo più disseccate al momento della fioritura; quelle dei rami fiorali sessili, lineari-lesiniformi (1 x 5-10 mm), decrescenti e squamiformi sui peduncoli fiorali. Capolini numerosissimi, molto piccoli (8-10 mm di diametro) con l'involucro conico a squame 3seriate lesiniformi, ialine ai margini e \pm mucronulate, scure all'apice. Fiori periferici ligulati, femminili, biancastri o lilacei, appena superanti l'involucro; i centrali ermafroditi, tubulosi, gialli. Ricettacolo nudo. Il frutto è una cipsela (inferiore a 1,8 mm) costoluta e pubescente sormontata da un pappo con peli semplici di 4,5-5 mm. (www.floraitaliae.actaplantarum.org/)



Fig. 4-8: *Aster squamatus*.

***Conyza canadensis* L.** – Saeppola canadese (Fig. 4-9)

Famiglia: Asteraceae

Forma biologica: Terofita scaposa

Tipo corologico: Avventizia

La specie si rinviene nel rilievo n. 9.

Pianta erbacea annuale o biennale, pelosa, ispida, con radice fittonante, alta (30-80-150) cm. Fusto cilindrico, eretto, semplice o ramificato all'infiorescenza, si eleva subito dopo della comparsa della rosetta basale costituita da foglie ovali-allungate e nettamente picciolate, intere o con qualche dente aguzzo. Le foglie cauline sono lanceolate, vellutate di corti peli e con ciglia rade sul margine e sul picciolo che diventa sempre più piccolo e scompare a media altezza e in alto. Fiori numerosissimi (fino a oltre 200 per capolino) e profumati, i tubolari centrali biancastri o giallognoli, quelli ligulati periferici, poco più grandi dei tubolari di colore bianco o appena rosato,

sono raggruppati in piccoli capolini cilindrici di 3–4 mm a formare una grossa panocchia terminale densa e ramificata. L'involucro è campanulato con brattee disposte in tre serie, lanceolate, subglabre o appena pubescenti che hanno il margine pergamenaceo e sono lunghe quanto i fiori ligulati e talvolta anche più. Il frutto è un achenio di 1-1,5 mm ricoperto da una pelosità breve e sormontato da un pappo tre volte più lungo., con numerose setole di colore bianco sporco. (www.floraitaliae.actaplantarum.org/)



Fig. 4-9: *Conyza canadensis*.

Myriophyllum aquaticum L. – Millefoglio d'acqua (Fig. 4-10)

Famiglia: Haloragaceae

Forma biologica: Idrofita radicante

Tipo corologico: Avventizia

La specie si rinviene nei rilievi n. 8 e 10.

Questa acquatica perenne, originaria dell'Europa e dell'Asia, più che per la bellezza è coltivata per l'utilità: svolge infatti una funzione ossigenante e mantiene limpida l'acqua. Dal rizoma, denso di radici carnose, si alzano sottili fusti, che emergono dall'acqua coperti di numerosissime foglioline verde brillante riunite in mazzetti piumosi. In estate compaiono pannocchie di fiorellini rossi, rosa o bianchi, seguite in autunno da capsule semi-legnose contenenti i semi. Pianta rustica,

non teme il freddo e prospera sia al sole che all'ombra. Preferisce laghetti bassi e lenti, ma può svilupparsi anche in bacini molto profondi grazie alla capacità dei fusti di allungarsi per molti metri. Le radici accettano sia terreni acidi che substrati alcalini. Il portamento strisciante la rende decorativa anche se piantata sulla riva, con un effetto di cascata verso l'acqua. (www.giardinaggio.mobi/)



Fig. 4-10: *Myriophyllum aquaticum*.

Robinia pseudoacacia L. – Robinia o Acacia (Fig. 4-11)

Famiglia: Fabaceae

Forma biologica: Fanerofita cespugliosa

Tipo corologico: Avventizia

La specie si rinviene nel rilievo n. 2.

Fanerofita cespitosa originaria dell'America nord-orientale. Pianta arbustiva o arborea caducifolia con fusti eretti, corteccia rugosa grigio-bruna e rami lisci e spinosi. In fase di plantula potrebbe essere confusa con *Amorpha fruticosa L.*, dal quale si distingue proprio per la presenza di spine. Foglie alterne imparipennate con 6-7 paia di foglioline brevemente picciolate di forma ovale. I fiori (commestibili) sono riuniti densi racemi penduli. La corolla papilionacea è di color

bianco, più raramente rosa. I frutti sono legumi lisci e coriacei lunghi 5-10 cm contenenti da 3 a 10 semi reniformi di color bruno. *Robinia pseudoacacia* L. cresce allo stato spontaneo nelle foreste della Carolina e della Virginia, ma nel 1601 è stata importata in Europa a scopo ornamentale. La pianta si è spontaneizzata diffondendosi in tutta l'area sub-mediterranea. Attualmente è naturalizzata in tutto il territorio italiano, data la sua frugalità e capacità di adattamento a qualsiasi substrato, purché ben drenato e con preferenza per terreni acidi. È considerata specie infestante a causa della velocità di crescita e dell'imponente apparato radicale che emette forti polloni e si diffonde dove nessuna specie arborea vivrebbe, soffocando così specie autoctone. Vegeta in boschi cedui puri, lungo scarpate, luoghi incolti, siepi, dalla pianura generalmente sino a 1300 metri. (www.floraitaliae.actaplantarum.org/). Specie commestibile officinale che trova molteplici usi, i fiori si mangiano anche crudi, i semi vengono impiegati per allungare la farina o tostati come sostituti del caffè, il legno è impiegato per lavori di falegnameria pesante, per paleria, per mobili da esterno, puntoni da miniera, doghe per botti e listoni per pavimento. Infine, la pianta svolge un'importante opera di miglioramento affermandosi in terreni poveri e degradati migliorando il suolo, in quanto ha la capacità di fissare l'azoto atmosferico grazie alla simbiosi radicale con un batterio del genere *Rhizobium*, consolidando, con il solido apparato radicale, i terreni franosi. Famoso è il miele che le api producono con il nettare dell'acacia.



Fig. 4-11: *Robinia pseudoacacia*.

Veronica persica Poir. – Veronica comune o Occhi della Madonna (Fig. 4-12)

Famiglia: Plantaginaceae

Forma biologica: Terofita scaposa

Tipo corologico: Avventizia

La specie si rinviene nel rilievo n. 12.

Pianta annua, erbacea, pelosa, con fusti prostrati radicanti, eretti nella parte fiorale, radice fascicolata; altezza 5-50 cm. Le foglie semplici, da ellittiche ad ovali con margine fortemente dentato, pelose, le basali sono opposte, le cauline sono alterne. I fiori nascono laterali all'ascella delle foglie, sono portati da lunghi peduncoli, hanno corolle azzurre con fauce giallognola. I fiori rimangono chiusi nelle giornate nuvolose con poca luce. I frutti sono capsule (4-6 x 6-10 mm) compresse biloculari reniformi, reticolate e lievemente pubescenti, con lobi ovoidi divergenti; contengono semi ellittici, giallastri, profondamente concavi da un lato. (www.floraitaliae.actaplantarum.org/)



Fig. 4-12: *Veronica persica*.

4.3 Analisi diacronica

Sono stati svolti lavori di indagine sulle trasformazioni subite nel tempo da questo ambiente oggetto di studio ricorrendo all'utilizzo di ortofoto. Le immagini, relative a diversi anni a partire dal 1994 fino al 2018, sono state prese dal Geoportale nazionale.

Dall'ortofoto del 1994 (Fig. 4-13) è possibile osservare che nell'area di studio era presente una siepe lungo tutto il percorso del fosso, che il laghetto artificiale occupava una superficie maggiore e che vi erano presenti, inoltre, diversi filari di alberi da frutto.



Fig. 4-13: Ortofoto anno 1994 del territorio oggetto di studio della vegetazione.

Dall'ortofoto del 2000 (Fig. 4-14) è possibile notare come la vegetazione, sia la siepe lungo il fosso che il frutteto, e le dimensioni del laghetto artificiale non abbiano subito delle variazioni.



Fig. 4-14: Ortofoto anno 2000 del territorio oggetto di studio della vegetazione.

Dall'ortofoto del 2006 (Fig. 4-15) è possibile osservare che la siepe, lungo tutto il percorso del fosso, sia rimasta invariata rispetto agli anni 1994 e 2000, che il laghetto artificiale si sia ridotto di dimensioni rispetto agli stessi anni, e che gli alberi da frutto siano diminuiti, lasciando spazio alla vegetazione di campo.



Fig. 4-15: Ortofoto anno 2006 del territorio oggetto di studio della vegetazione.

Dall'ortofoto del 2012 (Fig. 4-16) è possibile notare che la siepe sia rimasta invariata, rispetto alle ortofoto degli anni precedenti, lungo tutto il percorso del fosso, che il laghetto artificiale si sia ridotto leggermente di dimensioni rispetto all'anno 2006, e che gli alberi da frutto siano scomparsi, lasciando completamente il posto alle specie di campo.



Fig. 4-16: Ortofoto anno 2012 del territorio oggetto di studio della vegetazione.

Dall'ortofoto del 2018 (Fig. 4-17) è possibile osservare che la siepe lungo tutto il percorso del fosso sia rimasta invariata rispetto alle ortofoto degli anni precedenti, che il laghetto artificiale si sia ulteriormente prosciugato rispetto al 2012 e che, nel complesso, la vegetazione di campo sia cresciuta.



Fig. 4-17: Ortofoto anno 2018 del territorio oggetto di studio della vegetazione.

4.4 Descrizione delle cenosi rilevate

La vegetazione è il risultato della distribuzione e della combinazione delle piante nei diversi luoghi, determinata da fattori ecologici, biotici ed abiotici, e dall'azione antropica. Lo studio della stessa è realizzato attraverso l'approccio di abbondanza-dominanza di Pignatti.

Sul campo viene innanzitutto individuata fisionomicamente la comunità (es. se acquatica, di sponda o margine). La superficie di riferimento varia in base al tipo di vegetazione che si vuole analizzare. Per eseguire il rilievo si prendono i dati stazionali, si esegue la stesura dell'elenco floristico e si attribuiscono i coefficienti di copertura delle singole specie. Parametri importanti sono: data del rilievo, numero del rilievo, superficie (mq), coordinate geografiche (tramite

strumento GPS), altitudine (m s.l.m.), esposizione e inclinazione (°). Inoltre, è necessaria l'attribuzione, ad ogni specie, dei valori di copertura del terreno che vengono riportati in percentuale (%) rispetto alla superficie di rilievo.

La cenosi individuata viene inserita, poi, nello “schema sintassonomico” con riferimento al Prodromo della vegetazione italiana (Biondi *et al.*, 2014).

Durante i differenti rilievi nella zona d'esame si sono potute rilevare le svariate classi di vegetazione presenti. Sono state rinvenute in totale 12 classi di vegetazione: *Adiantetea*, *Artemisietea-Vulgaris*, *Galio-Urticetea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Parietarietea*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Potametea*, *Quercetea Ilicis*, *Quercu-Fagetea*, *Rhamno-Prunetea*, *Salici-Populetea* e *Stellarietea Mediae*.

4.4.1 Vegetazione acquatica

Classe: *Adiantetea capilli-veneris* Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952

Vegetazione casmofitica, a distribuzione mediterranea, che si sviluppa sulle fessure delle pareti rocciose calcaree o su depositi di tufo, interessate da infiltrazioni o flussi d'acqua, ricca in briofite e pteridofite. Prevalentemente nel macrobioclima mediterraneo con penetrazioni anche nel temperato.

Ordine: *Adiantetalia capilli-veneris* Br.-Bl. ex Horvatić 1939

Alleanza: *Adiantion capilli-veneris* Br.-Bl. ex Horvatić 1939

Comunità ad *Adiantum capillus-veneris* ricche di briofite, rinvenibili su pareti rocciose stillicidiose, silicee e calcaree, dove possono determinare la genesi dei travertini.

Aggruppamento ad *Adiantum capillus-veneris* (Tab. 4-4)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato all'interno e in prossimità della Fonte di Butinello. La specie dominante di tale rilievo è *Adiantum capillus-veneris*, rinvenuta solo nel rilievo n. 7, accompagnata da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Quercu-Fagetea* e *Parietarietea*.

Tab. 4-4: Aggruppamento ad *Adiantum capillus-veneris*.

Aggruppamento ad <i>Adiantum capillus-veneris</i>			
		Data Rilievo	31/05/2018
		Numero Rilievo	7
		Superficie (mq)	350
		Coordinate	43.240147 N, 13.322784 E
		Altitudine (m)	151
		Esposizione	Nord-Est
		Inclinazione (°)	0-40
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	85
G rhiz	PANTROP.	<i>Hedera helix</i>	80
T scap	AVV.	<i>Parietaria diffusa</i>	8

Classe: *Molinio-Arrhenatheretea* Tüxen 1937

Praterie mesofile, meso-igrofile o igrofile, presenti dalla costa al piano montano e alto-montano, distribuite maggiormente nel macroclima temperato ma presenti anche in quello mediterraneo, su suoli da minerali a più o meno ricchi in sostanza organica. La classe comprende sia praterie fortemente concimate che magre.

Ordine: *Holoschoenetalia vulgaris* Br.-Bl. ex Tchou 1948

Praterie e pascoli perenni, meso-igrofilo, soprattutto legate al macrobioclima mediterraneo (piani bioclimatici a termotipo da termo a supramediterraneo) e occasionalmente presenti anche nella variante submediterranea del macrobioclima temperato. Le comunità riferite a questo *syntaxon* si sviluppano su suoli profondi e costantemente umidi: soggetti a sommersione temporanea, soprattutto nel periodo che va dall'autunno alla fine della primavera, e umidi anche nella stagione estiva per la presenza di una falda freatica superficiale.

Alleanza: *Paspalo distichi-Agrostion semiverticillatae* Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952

Praterie pioniere, mediterranee, che crescono su terreni limosi, alluvionali, in siti lungamente inondati.

Aggruppamento a *Paspalum distichum* (Tab. 4-5)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato in prossimità del laghetto artificiale. La specie dominante di tale rilievo è *Paspalum distichum*, rinvenuto nei rilievi n. 8 e n. 9, accompagnato da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Molinio-Arrhenatheretea*, *Artemisietea Vulgaris*, *Galio-Urticetea* e *Stellarietea Mediae*.

Tab. 4-5: Aggruppamento a *Paspalum distichum*.

Aggruppamento a <i>Paspalum distichum</i>			
		Data Rilievo	18/01/2020
		Numero Rilievo	9
		Superficie (mq)	20
		Coordinate	43.2357 N, 13.3227 E
		Altitudine (m)	138
		Esposizione	-
		Inclinazione (°)	-
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Paspalum distichum</i>	90
H caesp	PALEOTEMP.	<i>Dactylis glomerata</i>	1
H scap	EURASIAT.	<i>Rumex conglomeratus</i>	1
Forma biologica	Tipo corologico	Specie compagne	%
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i>	1
T scap	AVV.	<i>Aster squamatus</i>	1
H scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium hirsutum</i>	1
T scap	AVV.	<i>Conyza canadensis</i>	1

Classe: *Phragmito australis-Magnocaricetea elatae* Klika & Novák 1941

Comunità perenni elofitiche che colonizzano ambienti paludosi, lacustri e fluviali, su suoli da eutrofici a meso-oligotrofici, di acque dolci e salmastre.

Ordine: *Nasturtio officinalis-Glyceretalia fluitantis* Pignatti 1953

Vegetazione a elofite dei margini di corsi d'acqua stagnante o fluente.

Alleanza: *Apion nodiflori* Westhoff & Den Held 1969

Comunità dei margini di corsi d'acqua perenni, con acque fresche, da mesotrofiche a meso-eutrofiche e poco profonde; in alcuni casi possono colonizzare anche le porzioni interne dei corpi idrici, dove l'acqua è meno profonda.

Associazione *Apietum nodiflori* (Tab. 4-6)

Nell'area di studio questa associazione è stata ritrovata nella zona compresa tra la Fonte di Butinello e il fosso. La specie dominante di tale rilievo è *Apium nodiflorum*, rinvenuto solo nel rilievo n. 1, accompagnato da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Salici-Populetea* e *Galio-Urticetea*.

Tab. 4-6: Associazione *Apietum nodiflori*.

Associazione <i>Apietum nodiflori</i>			
		Data Rilievo	31/05/2018
		Numero Rilievo	1
		Superficie (mq)	350
		Coordinate	43.240147 N, 13.322784 E
		Altitudine (m)	151
		Esposizione	Nord-Est
		Inclinazione (°)	0-40
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
H scap	EUROMEDIT.	<i>Apium nodiflorum</i>	60
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Equisetum telmateja</i>	40
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i>	30

Classe: *Potametea pectinati* Klika & Novák 1941

Comunità macrofite di acque dolci, occasionalmente salmastre, da mesotrofiche ad eutrofiche, correnti o stagnanti.

Ordine: *Potametelia pectinati* Koch 1926

Vegetazione sommersa di acque meso-eutrofiche, dominata da macrofite radicate (elodeidi e ninfeidi).

Alleanza: *Potamion pectinati* (W. Koch 1926) Libbert 1931

Comunità di rizofite completamente sommerse o in parte natanti, di acque dolci e calme, da stagnanti a debolmente correnti, moderatamente profonde, da mesotrofiche ad eutrofiche.

Aggruppamento a *Myriophyllum aquaticum* (Tab. 4-7)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato all'interno del laghetto artificiale. La specie dominante di tale rilievo è *Myriophyllum aquaticum*, rinvenuto nei rilievi n. 8 e n.10, accompagnato da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Molinio-Arrhenatheretea* e *Artemisietea Vulgaris*.

Tab. 4-7: Aggruppamento a *Myriophyllum aquaticum*.

Aggruppamento a <i>Myriophyllum aquaticum</i>			
		Data Rilievo	18/01/2020
		Numero Rilievo	8
		Superficie (mq)	30
		Coordinate	43.2357 N, 13.3227 E
		Altitudine (m)	142
		Esposizione	-
		Inclinazione (°)	-
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
I rad	SUBCOSMOP.	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	80
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Paspalum distichum</i>	15
H ros	PALEOTEMP.	<i>Potentilla reptans</i>	1
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i>	1
T scap	EURASIAT.	<i>Geranium molle</i>	1

Classe: *Phragmito australis-Magnocaricetea elatae* Klika & Novák 1941

Comunità perenni elofitiche che colonizzano ambienti paludosi, lacustri e fluviali, su suoli da eutrofici a meso-oligotrofici, di acque dolci e salmastre.

Ordine: *Phragmitetalia australis* Koch 1926

Vegetazione caratterizzata da specie graminiformi di grandi dimensioni soggetta ad inondazioni regolari e prolungate che si sviluppa su suoli minerali da meso a eutrofici, spesso a matrice fangosa.

Alleanza: *Phragmition communis* Koch 1926

Comunità igrofile a carattere palustre legate ad acque dolci o debolmente salate, dominate da elofite di grandi dimensioni (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, eccetera).

Associazione a *Typha angustifolia* (Tab. 4-8)

Nell'area di studio questa associazione è stata ritrovata all'interno del laghetto artificiale. La specie dominante di tale rilievo è *Typha angustifolia*, rinvenuto solo nel rilievo n. 10, accompagnata da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Molinio-Arrhenatheretea*, *Potametea* e *Galio-Urticetea*.

Tab. 4-8: Associazione a *Typha angustifolia*.

Associazione a <i>Typha angustifolia</i>			
		Data Rilievo	18/01/2020
		Numero Rilievo	10
		Superficie (mq)	50
		Coordinate	43.2358 N, 13.3227 E
		Altitudine (m)	138
		Esposizione	-
		Inclinazione (°)	-
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
G rhiz	PANTROP.	<i>Typha angustifolia</i>	90
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Paspalum paspaloides</i>	5
T scap	AVV.	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	5
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Calystegia sepium</i>	1

4.4.2 Vegetazione di sponda

Classe: *Galio aparines-Urticetea dioicae* Passarge ex Kopecky 1969

Vegetazione nitrofila, principalmente perenne o terofitica, da antropogena a naturale, legata ad ambienti da mesofili a più o meno igrofili per umidità edafica e/o per ombreggiamento.

Ordine: *Galio aparines-Alliarietalia petiolatae* Oberdorfer ex Gors & Muller 1969

Vegetazione di alte erbe perenni o annuali, sciafile e nitrofile, da mesofila a meso-igrofila, per lo più antropogena, che si sviluppa su suoli freschi, profondi e ricchi in sostanza organica, dalle aree planiziali a quelle montane, nel macrobioclima sia temperato che Mediterraneo.

Alleanza: *Parietario Judaicae-Arion italici* Biondi, Casavecchia, Gasparri, Allegrezza, Galdenzi, Pesaresi, Vagge & Blasi 2014

Comunità erbacee perenni di orli a dominanza di geofite ed emicriptofite, mesofile, sciafile, che si sviluppano su suoli profondi ricchi di sostanza organica ed umidi, spesso antropogeni, nei

macrobioclimi mediterraneo (termotipo da termo a mesomediterraneo) e temperato, con optimum nella variante submediterranea (termotipo mesotemperato).

Aggruppamento a *Urtica dioica* (Tab. 4-9)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato nella zona compresa tra la Fonte di Butinello e il fosso. Le specie dominanti di tale rilievo sono *Urtica dioica*, rinvenuta nei rilievi n. 1, 2, 3, 4, 11 Est, 13 Ovest, 13 Est e 14 Sud-Ovest, ed *Equisetum telmateja*, rinvenuto nei rilievi n. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11 Ovest, 11 Est, 12, 13 Ovest, 13 Est, 14 Sud-Ovest e 14 Sud-Est, accompagnati da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Rhamno-Prunetea*, *Stellarietea Mediae*, *Quercu-Fagetea* e *Artemisietea Vulgaris*.

Tab. 4-9: Aggruppamento a *Urtica dioica*.

Aggruppamento a <i>Urtica dioica</i>			
		Data Rilievo	31/05/2018
		Numero Rilievo	2
		Superficie (mq)	350
		Coordinate	43.240147 N, 13.322784 E
		Altitudine (m)	151
		Esposizione	Nord-Est
		Inclinazione (°)	0-40
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i>	80
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Equisetum telmateja</i>	80
T scap	EUROMEDIT.	<i>Fumaria capreolata</i>	30
H scap	EUROP.-CAUC.	<i>Parietaria officinalis</i>	20
T scap	EURASIAT.	<i>Galium aparine</i>	15
Forma biologica	Tipo corologico	Specie compagne	%
NP	EUROMEDIT.	<i>Rubus ulmifolius</i>	25
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus oleraceus</i>	30
T scap	EUROMEDIT.	<i>Avena barbata</i>	10
T scap	EUROMEDIT.	<i>Raphanus raphanistrum</i>	10
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Papaver rhoeas</i>	5
P lian	EUROMEDIT.	<i>Hedera helix</i>	10
H scap	EUROSIB.	<i>Malva sylvestris</i>	2
P caesp	AVV.	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1

Classe: *Salici purpureae-Populetea nigrae* Rivas-Martínez & Cantò ex Rivas-Martínez, Bâscones, T.E. Díaz, Fernández-González & Loidi 2001

Boschi ripariali decidui, meso-igrofilo, che si sviluppano nelle pianure alluvionali delle regioni eurosiberiana e mediterranea.

Ordine: Populetales albae Br.-Bl. ex Tchou 1948

Boschi ripariali, meso-igrofilo, decidui (macro e meso-boschi), che si sviluppano su terrazzi alluvionali recenti, saltuariamente inondati, su *fluvisols* con falda freatica elevata.

Alleanza: *Lauro nobilis-Ulmion minoris* Biondi, Casavecchia, Gasparri & Pesaresi in Biondi, Allegrezza, Casavecchia, Galdenzi, Gasparri, Pesaresi, Poldini, Sburlino, Vagge & Venanzoni 2015

Comunità forestali da mesofile a meso-igrofile, non ripariali, dominate da *Ulmus minor* e caratterizzate da un'abbondante partecipazione di specie lianose e arbustive mediterranee. Si rinvencono nel Mediterraneo europeo centro-orientale, nei macrobioclimi mediterraneo e temperato, prevalentemente nella variante submediterranea.

Associazione a *Lauro nobilis-Ulmetum minoris* (Tab. 4-10)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato nella zona compresa tra la Fonte di Butinello e il fosso. La specie dominante di tale rilievo è *Laurus nobilis*, rinvenuto nei rilievi n. 3 e 14 Sud-Est, accompagnato da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Salici-Populetea*, *Rhamno-Prunetea*, *Galio-Urticetea*, *Artemisietea Vulgaris* e *Quercu-Fagetea*.

Tab. 4-10: Associazione a *Laurus nobilis-Ulmetum minoris*.

Associazione a <i>Laurus nobilis-Ulmetum minoris</i>			
		Data Rilievo	18/01/2020
		Numero Rilievo	14
		Superficie (mq)	20
		Coordinate	43.240147 N, 13.322784 E
		Altitudine (m)	151
		Esposizione	Sud-Est
		Inclinazione (°)	30
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
P caesp	STENOMEDIT.	<i>Laurus nobilis</i>	50
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Equisetum telmateja</i>	30
NP	EUROMEDIT.	<i>Rubus ulmifolius</i>	20
G rhiz	SE-EUROP.	<i>Symphytum bulbosum</i>	5
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Silene alba</i>	1
G rhiz	STENOMEDIT.	<i>Arum italicum</i>	1

4.4.3 Vegetazione di margine

Classe: *Salici Purpureae-Populetea nigrae* Rivas-Martínez & Cantò ex Rivas-Martínez, Bàscones, T.E. Díaz, Fernández-González & Loidi 2001

Boschi ripariali decidui, meso-igrofilo, che si sviluppano nelle pianure alluvionali delle regioni eurosiberiana e mediterranea.

Ordine: *Populetalia Albae* Br.-Bl. ex Tchou 1948

Boschi ripariali, meso-igrofilo, decidui (macro e meso-boschi), che si sviluppano su terrazzi alluvionali recenti, saltuariamente inondati, su *fluvisols* con falda freatica elevata.

Alleanza: *Carici remotae-Fraxinion oxycarpae* Pedrotti ex Pedrotti, Biondi, Allegrezza & Casavecchia in Biondi, Allegrezza, Casavecchia, Galdenzi, Gasparri, Pesaresi, Vagge & Blasi 2014

Comunità a *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* dell'Italia centro-meridionale, che si sviluppano in aree paludose, planiziali e nel tratto terminale dei corsi d'acqua.

Aggruppamento a *Equisetum telmateja* (Tab. 4-11)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato nella zona compresa tra la Fonte di Butinello e il fosso. La specie dominante di tale rilievo è *Equisetum telmateja*, rinvenuto nei rilievi n. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11 Ovest, 11 Est, 12, 13 Ovest, 13 Est, 14 Sud-Ovest e 14 Sud-Est, accompagnato da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Molinio-Arrhenatheretea*, *Galio-Urticetea*, *Artemisietea Vulgaris*, *Rhamno-Prunetea* e *Stellarietea Mediae*.

Tab. 4-11: Aggruppamento a *Equisetum telmateja*.

Aggruppamento a <i>Equisetum telmateja</i>			
		Data Rilievo	31/05/2018
		Numero Rilievo	4
		Superficie (mq)	350
		Coordinate	43.240147 N, 13.322784 E
		Altitudine (m)	151
		Esposizione	Nord-Est
		Inclinazione (°)	0-40
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Equisetum telmateja</i>	70
H bienn	EUROSIB.	<i>Pastinaca sativa</i>	15
H caesp	CIRCUMB.	<i>Lolium perenne</i>	5
Forma biologica	Tipo corologico	Specie compagne	%
T scap	EURASIAT.	<i>Galium aparine</i>	20
H bienn	MEDIT.ATL.(EURO)	<i>Smyrniolum olosatrum</i>	10
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i>	10
H scap	EUROP.-CAUC.	<i>Parietaria officinalis</i>	5
T scap	PALEOTEMP.	<i>Geranium rotundifolium</i>	20
NP	EUROMEDIT.	<i>Rubus ulmifolius</i>	10
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus asper</i>	20
T scap	EUROMEDIT.	<i>Avena barbata</i>	15
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Sinapis alba</i>	1

Classe: *Stellarietea Mediae*

Comunità di erbe infestanti legate ai campi coltivati.

Ordine: *Solano nigri-Polygonetalia Convolvuli* (Sissingh in Westhoff, Dijk, Passchier & Sissingh 1946) O. Bolòs 1962

Vegetazione infestante principalmente le colture estive sarchiate su suoli eutrofici.

Alleanza: *Digitario ischaemi-Setarion viridis* Sissingh in Westhoff, Dijk, Passchier & Sissingh 1946

Comunità infestanti le colture irrigue, su suoli limoso-sabbiosi.

Aggruppamento a *Sorghum halepense* (Tab. 4-12)

Nell'area di studio questo aggruppamento è stato ritrovato nella zona compresa tra il laghetto artificiale e la Fonte di Butinello. La specie dominante di tale rilievo è *Sorghum halepense*, rinvenuto solo nel rilievo n. 12, accompagnato da diverse specie appartenenti alle classi vegetazionali *Salici-Populetea*, *Artemisietea Vulgaris*, *Molinio-Arrhenatheretea* e *Galio-Urticetea*.

Tab. 4-12: Aggruppamento a *Sorghum halepense*.

Aggruppamento a <i>Sorghum halepense</i>			
		Data Rilievo	18/01/2020
		Numero Rilievo	12
		Superficie (mq)	60
		Coordinate	43.2358 N, 13.3228 E
		Altitudine (m)	144
		Esposizione	-
		Inclinazione (°)	-
		Copertura (%)	100
Forma biologica	Tipo corologico	Specie caratteristiche	%
G rhiz	TERMOCOSMOP.	<i>Sorghum halepense</i>	60
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Sinapis alba</i>	10
G rhiz	CIRCUMB.	<i>Equisetum telmateja</i>	10
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Silene alba</i>	10
Forma biologica	Tipo corologico	Specie compagne	%
T scap	STENOMEDIT.	<i>Erodium malacoides</i>	1
T scap	PALEOTEMP.	<i>Mercurialis annua</i>	1
T scap	COSMOP.	<i>Solanum nigrum</i>	1
T scap	AVV.	<i>Veronica persica</i>	1
T scap	STENOMEDIT.	<i>Sinapis arvensis</i>	1
T scap	EUROMEDIT.	<i>Avena barbata</i>	1
T scap	AVV.	<i>Aster squamatus</i>	1
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i>	1
T scap	EURASIAT.	<i>Geranium molle</i>	1
H scap	CENTRO-EUROP.	<i>Malva alcea</i>	1
H ros	EUROP.-CAUC.	<i>Bellis perennis</i>	1
H ros	PALEOTEMP.	<i>Potentilla reptans</i>	1
H scap	EURASIAT.	<i>Rumex conglomeratus</i>	1
T scap	EURASIAT.	<i>Galium aparine</i>	1

4.5 Schema sintassonomico

Cl.: Adiantetea capilli-veneris Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952

Ord.: Adiantetalia capilli-veneris Br.-Bl. ex Horvatić 1939

All.: Adiantion capilli-veneris Br.-Bl. ex Horvatić 1939

Aggruppamento ad *Adiantum capillus-veneris*

Cl.: Molinio-Arrhenatheretea Tüxen 1937

Ord.: Holoschoenetalia vulgaris Br.-Bl. ex Tchou 1948

All.: Paspalo distichi-Agrostion semiverticillatae Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952

Aggruppamento a *Paspalum distichum*

Cl.: Phragmito australis-Magnocaricetea elatae Klika & Novák 1941

Ord.: Nasturtio officinalis-Glyceretalia fluitantis Pignatti 1953

All.: Apion nodiflori Westhoff & Den Held 1969

Associazione *Apietum nodiflori*

Cl.: Potametea pectinati Klika & Novák 1941

Ord.: Potametelia pectinati Koch 1926

All.: Potamion pectinati (W. Koch 1926) Libbert 1931

Aggruppamento a *Myriophyllum aquaticum*

Cl.: Phragmito australis-Magnocaricetea elatae Klika & Novák 1941

Ord.: Phragmitetalia australis Koch 1926

All.: Phragmition communis Koch 1926

Associazione a *Typha angustifolia*

Cl.: Galio aparines-Urticetea dioicae Passarge ex Kopecky 1969

Ord.: Galio aparines-Alliarietalia petiolatae Oberdorfer ex Gors & Muller 1969

All.: Parietario Judaicae-Arion italici Biondi, Casavecchia, Gasparri, Allegrezza, Galdenzi, Pesaresi, Vagge & Blasi 2014

Aggruppamento a *Urtica dioica*

Cl.: Salici purpureae-Populetea nigrae Rivas-Martínez & Cantò ex Rivas-Martínez, Bàscones, T.E. Díaz, Fernández-González & Loidi 2001

Ord.: Populetales albae Br.-Bl. ex Tchou 1948

All.: Lauro nobilis-Ulmion minoris Biondi, Casavecchia, Gasparri & Pesaresi in Biondi, Allegrezza, Casavecchia, Galdenzi, Gasparri, Pesaresi, Poldini, Sburlino, Vagge & Venanzoni 2015

Ass.: Lauro nobilis-Ulmetum minoris

All.: Carici remotae-Fraxinion oxycarpae Pedrotti ex Pedrotti, Biondi, Allegrezza & Casavecchia in Biondi, Allegrezza, Casavecchia, Galdenzi, Gasparri, Pesaresi, Vagge & Blasi 2014

Aggruppamento a Equisetum telmateja

Cl.: Stellarietea Mediae

Ord.: Solano nigri-Polygonetalia Convolvuli (Sissingh in Westhoff, Dijk, Passchier & Sissingh 1946) O. Bolòs 1962

All.: Digitario ischaemi-Setarion viridis Sissingh in Westhoff, Dijk, Passchier & Sissingh 1946

Aggruppamento a Sorghum halepense

Capitolo 5

RISULTATI

5.1 Risultati dei rilievi idrologici

L'idrologia è la scienza che si occupa in particolare del ciclo idrologico (ciclo dell'acqua) e dello studio delle sue dinamiche.

Nell'area oggetto di studio sono stati rilevati diversi elementi d'acqua, quali la Fonte medievale di Butinello, un fosso e un laghetto artificiale.

La Fonte di Butinello è situata al disotto di Via del Potenza, nei pressi dell'Azienda Agricola "Il fiore dei fiori-Poesia e Arte nei giardini"; presenta una vasca a forma di parallelepipedo rettangolare, in mattoni, di lunghezza 230 cm, larghezza 190 cm e profondità, al massimo, del livello dell'acqua di 200 cm. Ma è anche caratterizzata da un'ampolla sorgiva, poco distante dalla vasca, da cui esce acqua con continuità. Dietro la parte architettonica esterna c'è una camera sotterranea, una conserva di pochi metri cubi alimentata da un breve cunicolo di dieci metri circa. Il cunicolo prende l'acqua dalle falde sotterranee sospese fra gli strati permeabili di arenaria e/o sabbie cementate e gli strati impermeabili (argille).

Il fosso, che è un affluente del Fosso Pantaneto, è caratterizzato da un alveo stretto e roccioso, una lunghezza di circa 2 km. È localizzato al disotto del Colle dell'Infinito e presenta, per tutta la sua lunghezza, un percorso poco sinuoso, quasi del tutto rettilineo nel suo complesso. Il fosso prende acqua dalla Fonte di Butinello, nonché dalle precipitazioni.

Il laghetto artificiale ha una forma a goccia d'acqua, è caratterizzato da una profondità di circa 2 metri ed è alimentato dalla Fonte di Butinello e, ovviamente, anche dalle precipitazioni.

5.2 Risultati dei rilievi idrogeologici

L'idrogeologia è la scienza che studia l'acqua sotterranea, è la scienza della terra e dell'acqua, è l'applicazione della geologia e dell'idrologia alle acque sotterranee.

Nell'area oggetto di studio sono stati rilevati sette pozzi e due cisterne, per un totale di nove. Tutti sono localizzati al disotto del Colle dell'Infinito, nel territorio che circonda la Fonte medievale di Butinello. In generale, i pozzi e le cisterne sono in cemento, hanno una profondità totale che varia dai 3 ai 22,5 metri e hanno forma circolare, ad eccezione delle due cisterne che hanno forma quadrata, con un diametro della bocca del pozzo/cisterna che varia dai 50 ai 245 cm.

L'area di ricarica può essere definita come la superficie dalla quale proviene l'alimentazione al corpo idrico sotterraneo considerato, costituita dall'area nella quale avviene l'infiltrazione diretta alle acque sotterranee delle acque meteoriche o dall'area di contatto con i corpi idrici superficiali

(laghi, corsi d'acqua naturali o artificiali) dai quali le acque sotterranee traggono alimentazione. In seguito a rilievo geologico di campagna ed analisi della cartografia geologica e geomorfologica disponibile, tenendo conto delle conoscenze delle proprietà idrologiche di coperture simili a quelle dell'area in studio, si è proceduto ad identificare l'area di ricarica della sorgente come in figura, comprendendo la Formazione delle Argille Azzurre, nel membro arenaceo-pelitico, che localmente può essere caratterizzato da fessurazione tale da permettere infiltrazione di acque meteoriche e di ruscellamento.

Come si può osservare dalla Fig. 5-1 il bacino di alimentazione della Fonte comprende una buona parte del reticolo idrografico minore ed è costituito dalla Formazione delle Argille Azzurre, ha forma simile a un cono e un'estensione di circa 2,9 km².

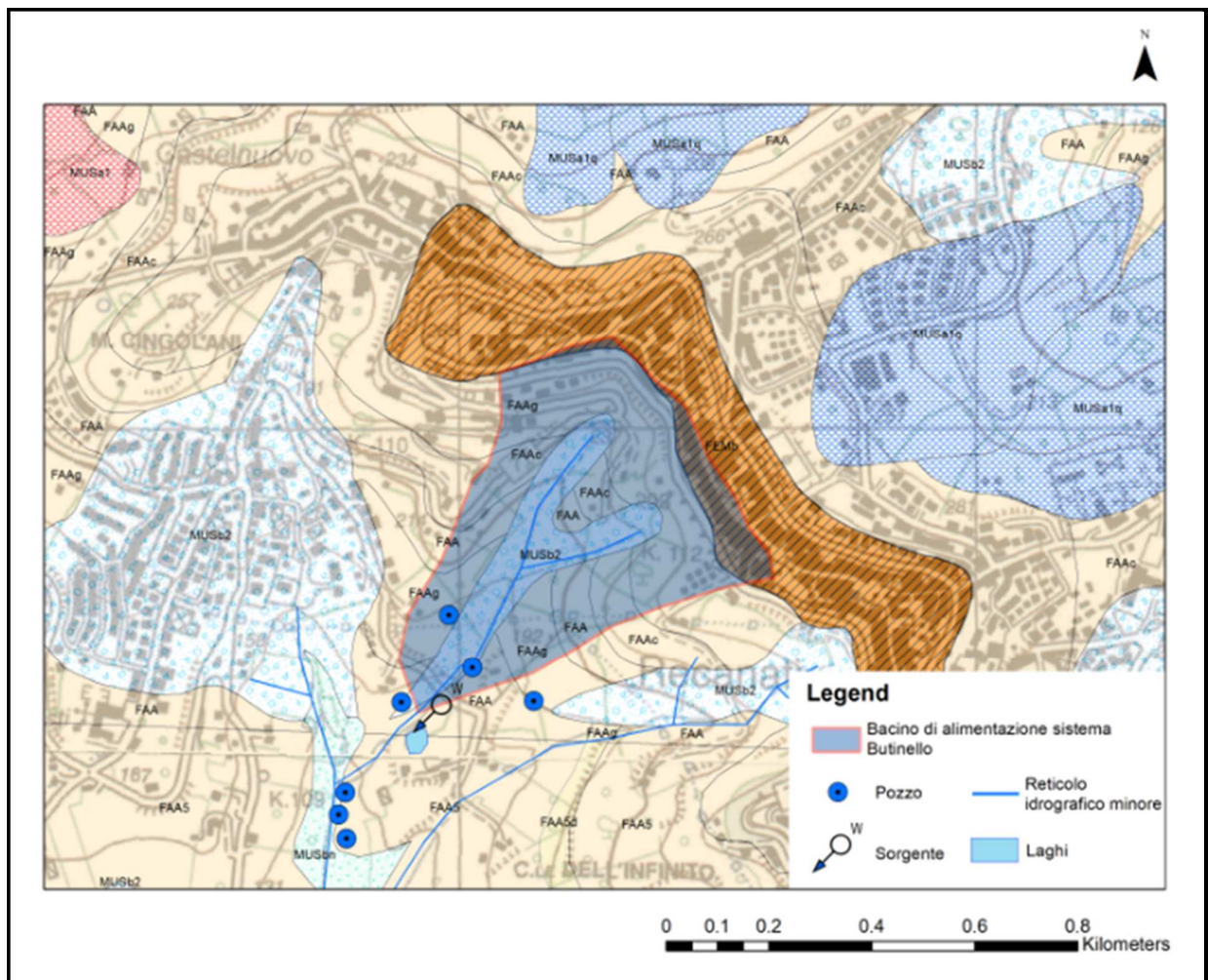


Fig. 5-1: Carta del bacino idrografico e area di ricarica della Fonte di Butinello.

5.2.1 Risultati dei rilievi dei pozzi

Nell'area di studio sono presenti in totale sette pozzi e due cisterne, localizzati all'interno di campi coltivati di diversi proprietari. Tutti i pozzi, ognuno con le sue caratteristiche sia strutturali che di portata d'acqua, misurate mediante un metro, un freatometro e una rullina metrica, sono localizzati in un territorio che circonda la Fonte medievale di Butinello.

A nord del fosso e della Fonte di Butinello si ritrovano, nello specifico, tre pozzi.

Il primo pozzo (P1), in cemento, ha una profondità totale di 3 metri, un'altezza della bocca del pozzo dal piano campagna di 1 metro, un diametro della bocca del pozzo di 110 cm e profondità dell'acqua di 1 metro. (Fig. 5-2)

Il secondo pozzo (P2), in cemento, ha una profondità totale di 6 metri, un'altezza della bocca del pozzo dal piano campagna di 76 cm, un diametro della bocca del pozzo di 116 cm e profondità dell'acqua di 2 metri. (Fig. 5-3)

Il terzo pozzo (P3), in cemento, ha una profondità totale di 9,5 metri, un'altezza della bocca del pozzo dal piano campagna di 90 cm, un diametro della bocca del pozzo di 80 cm e profondità dell'acqua di 50 cm. (Fig. 5-4)



Fig. 5-2: A sinistra, primo pozzo (P1), chiuso; a destra, primo pozzo (P1), aperto, a nord della Fonte di Butinello.



Fig. 5-3: A sinistra, secondo pozzo (P2), chiuso; a destra, secondo pozzo (P2), aperto, a nord della Fonte di Butinello, con in azione il metro per la misura del diametro della bocca del pozzo.



Fig. 5-4: A sinistra, terzo pozzo (P3), chiuso; a destra, terzo pozzo (P3), aperto e con in azione la rullina metrica, a nord della Fonte di Butinello.

A sud del fosso e della Fonte di Butinello si ritrovano, in particolare, un pozzo e una cisterna. Il pozzo (P4), in cemento, ha una profondità totale di 6 metri, un'altezza della bocca del pozzo dal piano campagna di 41 cm, un diametro della bocca del pozzo di 56,5 cm e profondità dell'acqua di 2 metri. (Fig. 5-5)

La cisterna (C1), invece, ha una profondità totale di 4 metri, si trova a piano campagna, ha un diametro di 2,45 metri e profondità dell'acqua di 2 metri. (Fig. 5-6)

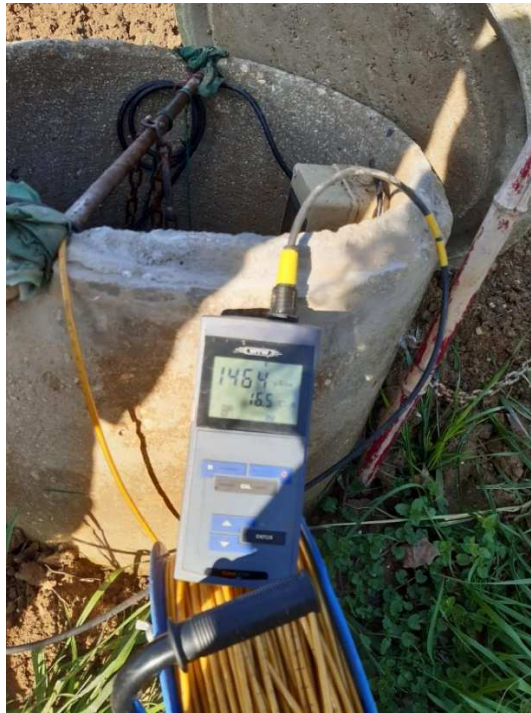


Fig. 5-5: Primo pozzo (P4), aperto, a sud della Fonte di Butinello, con conducimetro e freatimetro in azione.



Fig. 5-6: Cisterna aperta (C1), a sud della Fonte di Butinello.

A ovest del fosso e della fonte oggetto di studio si ritrovano, invece, una cisterna e tre pozzi.

La cisterna (C2) ha una profondità totale di 4 metri, si trova al disotto del piano campagna, ha un diametro della bocca di 2 metri e profondità dell'acqua di 2 metri. (Fig. 5-7)

Il primo pozzo (P5) ha una profondità totale di 19 metri, si trova a piano campagna, ha un diametro della bocca del pozzo di 55 cm e profondità dell'acqua di 6 metri. (Fig. 5-8)

Il secondo pozzo (P6) ha una profondità totale di 21 metri, si trova a piano campagna, ha un diametro della bocca del pozzo di 55 cm e profondità dell'acqua di 7 metri. (Fig. 5-9)

Il terzo pozzo (P7) ha una profondità totale di 22,5 metri, si trova al disotto del piano campagna, ha un diametro della bocca del pozzo di 50 cm e profondità dell'acqua di 14,5 metri. (Fig. 5-10)



Fig. 5-7: A sinistra, cisterna (C2) chiusa con appoggiati sopra un conducimetro, una rullina metrica e un freatimetro; a destra, misura della profondità totale della cisterna (C2), mediante rullina metrica, a ovest della Fonte di Butinello.



Fig. 5-8: Primo pozzo (P5), a ovest della Fonte di Butinello.



Fig. 5-9: Misura della profondità totale del secondo pozzo (P6), a ovest della Fonte di Butinello, mediante rullina metrica.



Fig. 5-10: Misura della profondità totale del terzo pozzo (P7), a ovest della Fonte di Butinello, mediante rullina metrica.

Nella tabella 5-1 si possono osservare le diverse caratteristiche di pozzi e cisterne, in particolare la profondità totale (in metri), l'altezza della bocca dal piano campagna (in metri), il diametro della bocca (in centimetri) e la profondità reale dell'acqua (in metri).

Tab. 5-1: Caratteristiche di pozzi e cisterne.

Pozzi	Profondità totale (m)	Altezza bocca dal piano campagna (m)	Diametro bocca (cm)	Profondità dell'acqua (m)
P1	3	1	110	1
P2	6	0,76	116	2
P3	9,5	0,9	0,8	0,5
P4	6	0,41	56,5	2
P5	19	Si trova a piano campagna	55	6
P6	21	Si trova a piano campagna	55	7
P7	22,5	Si trova al disotto del piano campagna	50	14,5
Cisterne	Profondità totale (m)	Altezza bocca dal piano campagna (m)	Diametro bocca (cm)	Profondità dell'acqua (m)
C1	4	Si trova a piano campagna	245	2
C2	4	Si trova al disotto del piano campagna	200	2

La tabella 5-2 riporta i valori dei volumi d'acqua, espressi in metri cubi (m³), dei diversi pozzi e cisterne. Per il calcolo del volume d'acqua nei pozzi è stata utilizzata la formula del volume del cilindro (superficie di base moltiplicata per l'altezza). Avendo di ogni pozzo solamente il diametro della bocca è stato possibile ottenere il raggio ($r = D/2$). Poi, dalla moltiplicazione del raggio al quadrato per *pi greco* (3,14) si è risaliti alla superficie di base, che è stata infine moltiplicata per l'altezza reale dell'acqua presente nel pozzo. Invece, per il calcolo del volume d'acqua nelle cisterne è stata utilizzata la formula del volume di un parallelepipedo a base quadrata (lato al quadrato per l'altezza reale dell'acqua presente nella cisterna).

Tab. 5-2: Volume d'acqua in pozzi e cisterne.

Pozzi	Volume d'acqua (m ³)
P1	0,95
P2	2,11
P3	0,00003
P4	0,5
P5	1,4
P6	1,6
P7	2,8
Volume d'acqua totale dei pozzi (m³)	9,36
Cisterne	Volume d'acqua (m ³)
C1	12
C2	8
Volume d'acqua totale delle cisterne (m³)	20
Volume d'acqua totale di pozzi e cisterne (m³)	29,36

5.2.2 Risultati dei rilievi di piezometria

A nord del fosso e della Fonte di Butinello i pozzi presentano i seguenti valori di piezometria, misurati mediante un freatimetro.

Nel primo pozzo (P1) l'acqua si trova a 1 metro dal piano campagna.

Nel secondo pozzo (P2) l'acqua si trova a 3,24 metri dal piano campagna.

Nel terzo pozzo (P3) l'acqua si trova a 8,1 metri dal piano campagna.

A sud del fosso e della Fonte di Butinello il pozzo e la cisterna presentano i seguenti valori di piezometria.

Nel pozzo (P4) l'acqua si trova a 3,59 metri dal piano campagna.

Nella cisterna (C1) l'acqua si trova a 2 metri dal piano campagna.

A ovest del fosso e della Fonte di Butinello i pozzi presentano i seguenti valori di piezometria.

Nella cisterna (C2) l'acqua si trova a 2 metri dal piano campagna.

Nel primo pozzo (P5) l'acqua si trova a 13 metri dal piano campagna.

Nel secondo pozzo (P6) l'acqua si trova a 14 metri dal piano campagna.

Nel terzo pozzo (P7) l'acqua si trova a 8 metri dal piano campagna.

La tabella 5-3 riporta i valori di soggiacenza, espressi in metri, della piezometrica dal piano campagna, misurati mediante un freatimetro, dei diversi pozzi e cisterne.

Tab. 5-3: Soggiacenza della piezometrica da piano campagna in pozzi e cisterne.

Pozzi	Soggiacenza della piezometrica da piano campagna (m)
P1	1
P2	3,24
P3	8,1
P4	3,59
P5	13
P6	14
P7	8
Cisterne	Soggiacenza della piezometrica da piano campagna (m)
C1	2
C2	2

Nella Fig. 5-11 è possibile osservare l'ubicazione dei diversi pozzi rilevati all'interno dell'area di studio e la loro quota rispetto al livello del mare, che, in particolare, è 167 m per il pozzo P1; 150,7 m per il pozzo P2; 154,9 m per il pozzo P3; 138,4 m per il pozzo P4; 110 m per il pozzo P5; 108 m per il pozzo P6 e 110 m per il pozzo P7. Le frecce nere, ortogonali rispetto alle curve di livello, rappresentano le direzioni prevalenti di deflusso.

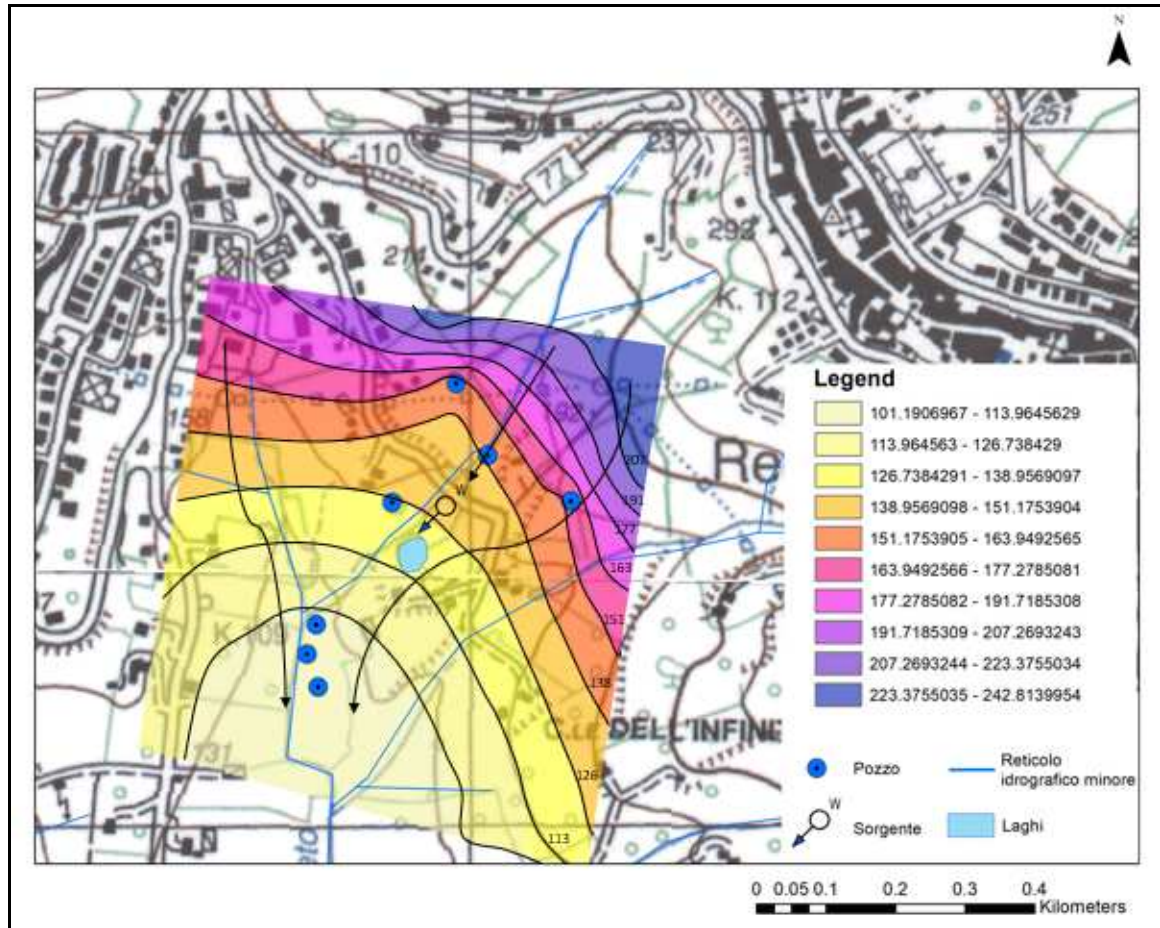


Fig. 5-11: Carta idrogeologica (con localizzazione dei pozzi) e isopiezometrica.

5.2.3 Risultati dei rilievi di temperatura dell'acqua

A nord del fosso e della Fonte di Butinello i pozzi presentano i seguenti valori di temperatura dell'acqua, misurati mediante un conducimetro.

Il primo pozzo (P1) ha una temperatura dell'acqua di 14,6°C.

Il secondo pozzo (P2) ha una temperatura dell'acqua di 14,5°C.

Il terzo pozzo (P3) ha una temperatura dell'acqua di 14,6°C.

A sud del fosso e della Fonte di Butinello il pozzo e la cisterna presentano i seguenti valori di temperatura dell'acqua.

Il pozzo (P4) ha una temperatura dell'acqua di 16,5°C.

La cisterna (C1) ha una temperatura dell'acqua di 16,4°C.

A ovest del fosso e della Fonte di Butinello i pozzi presentano i seguenti valori di temperatura dell'acqua.

La cisterna (C2) ha una temperatura dell'acqua di 15,6°C.

Il primo pozzo (P5) ha una temperatura dell'acqua di 15,8°C.

Il secondo pozzo (P6) ha una temperatura dell'acqua di 15,7°C.

Il terzo pozzo (P7) ha una temperatura dell'acqua di 15,2°C.

La tabella 5-4 riporta i valori di temperatura dell'acqua, espressi in gradi centigradi (°C), misurati mediante un conducimetro, dei diversi pozzi e cisterne.

Tab. 5-4: Temperatura dell'acqua in pozzi e cisterne.

Pozzi	Temperatura acqua (°C)
P1	14,6
P2	14,5
P3	14,6
P4	16,5
P5	15,8
P6	15,7
P7	15,2
Cisterne	Temperatura acqua (°C)
C1	16,4
C2	15,6

5.2.4 Risultati dei rilievi di conducibilità elettrica

A nord del fosso e della Fonte di Butinello i pozzi presentano i seguenti valori di conducibilità elettrica dell'acqua, misurati mediante un conducimetro.

Il primo pozzo (P1) ha una conducibilità elettrica di 1550 mS/cm.

Il secondo pozzo (P2) ha una conducibilità elettrica di 1550 mS/cm.

Il terzo pozzo (P3) ha una conducibilità elettrica di 1039 mS/cm.

A sud del fosso e della Fonte di Butinello il pozzo e la cisterna presentano i seguenti valori di conducibilità elettrica dell'acqua.

Il pozzo (P4) ha una conducibilità elettrica di 1464 mS/cm.

La cisterna (C1) ha una conducibilità elettrica di 1387 mS/cm.

A ovest del fosso e della Fonte di Butinello i pozzi presentano i seguenti valori di conducibilità elettrica dell'acqua.

La cisterna (C2) ha una conducibilità elettrica di 1390 mS/cm.

Il primo pozzo (P5) ha una conducibilità elettrica di 1216 mS/cm.

Il secondo pozzo (P6) ha una conducibilità elettrica di 1190 mS/cm .

Il terzo pozzo (P7) ha una conducibilità elettrica di 1189 mS/cm.

La tabella 5-5 riporta i valori di conducibilità elettrica, espressi in microSiemens/cm (mS/cm), misurati mediante un conducimetro, dei diversi pozzi e cisterne.

Tab. 5-5: Conducibilità elettrica in pozzi e cisterne.

Pozzi	Conducibilità elettrica (mS/cm)
P1	1550
P2	1550
P3	1039
P4	1464
P5	1216
P6	1190
P7	1189
Cisterne	Conducibilità elettrica (mS/cm)
C1	1387
C2	1390

5.3 Risultati delle misure in continuo della Fonte di Butinello

Come si può notare dalla tabella 5-6, e dalla figura 5-12, da fine novembre 2017 a metà febbraio 2018, a causa della scarsità di piogge, la Fonte di Butinello ha mantenuto costantemente bassa la sua portata (3 litri/minuto). In seguito, la Fonte ha risentito gradualmente delle precipitazioni avvenute da marzo 2018 in poi fino a triplicare la sua portata a fine aprile 2018 (9,4 litri/minuto).

Tab. 5-6: Misure in continuo della Fonte di Butinello (Periodo novembre 2017-maggio 2018).

Data	Portata (litri/minuto)
22/11/2017	3
20/12/2017	3
01/02/2018	3
17/02/2018	3,2
10/03/2018	4,1
29/03/2018	8,5
20/04/2018	9
27/04/2018	9,4
09/05/2018	9,1

Dalla tabella 5-7, e dalla figura 5-12, si può osservare che nonostante, nel 2019, la Fonte di Butinello abbia aumentato la sua portata Q , espressa in litri/minuto, rispetto agli anni 2017 e 2018, questa è risultata elevata solamente a fine maggio (13 litri/minuto). Poi, a causa della mancanza di precipitazioni, è diminuita fino a dimezzarsi ad agosto 2019 (6 litri/minuto), per poi riprendersi nuovamente ad ottobre 2019 (12 litri/minuto) e scendere ancora a novembre 2019 (8 litri/minuto).

Tab. 5-7: Misure in continuo della Fonte di Butinello (Periodo maggio-novembre 2019).

Data	Portata (litri/minuto)
31/05/2019	13
07/06/2019	7,5
21/06/2019	8,5
13/08/2019	6
31/08/2019	6
12/09/2019	10
02/10/2019	12
04/11/2019	8
16/11/2019	8

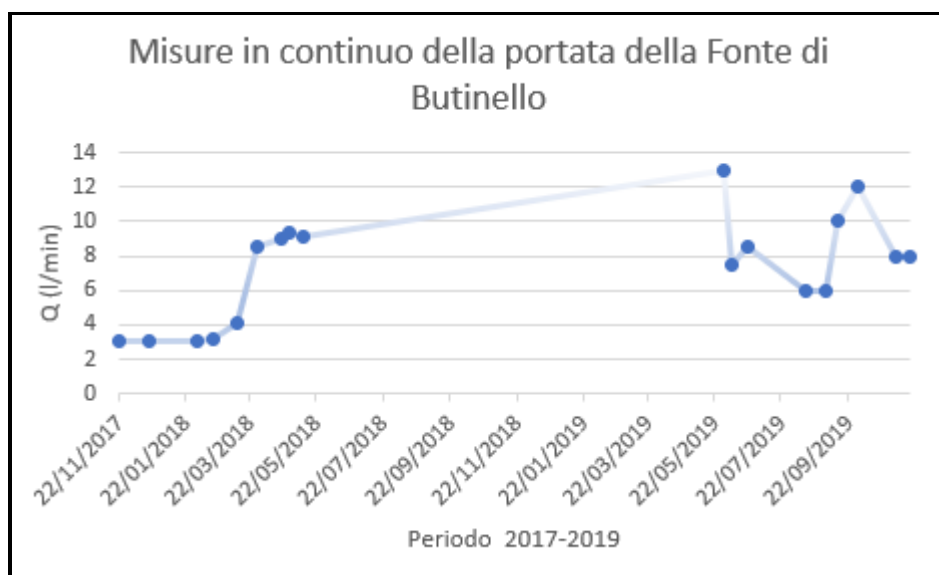


Fig. 5-12: Misure in continuo della portata della Fonte di Butinello (Periodo 2017-2019).

Dalla figura 5-13, e dalla tabella 5-8, è possibile osservare la variazione della portata della Fonte di Butinello in relazione all'altezza del livello dell'acqua nel periodo di tempo che va da fine maggio a metà novembre 2019.

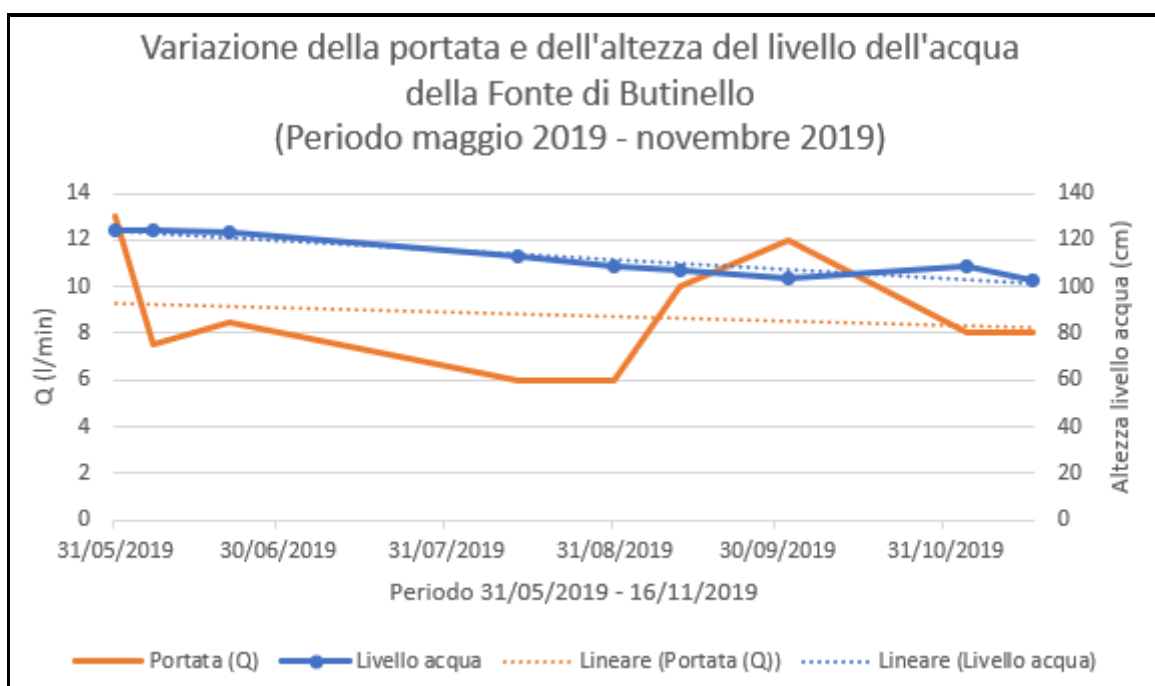


Fig. 5-13: Variazione della portata e dell'altezza del livello dell'acqua della Fonte di Butinello (Periodo fine maggio – metà novembre 2019).

Tab. 5-8: Portata e altezza del livello dell'acqua della Fonte di Butinello (Periodo fine maggio – metà novembre 2019).

Data	Q (l/min)	Altezza livello acqua (cm)
31/05/2019	13	124,5
07/06/2019	7,5	123,8
21/06/2019	8,5	123,4
13/08/2019	6	113,1
31/08/2019	6	109,0
12/09/2019	10	106,9
02/10/2019	12	103,5
04/11/2019	8	108,6
16/11/2019	8	102,6

Come si può notare dalla figura 5-14 la temperatura dell'acqua della Fonte di Butinello, misurata nel periodo che va da fine maggio a fine novembre 2019, ha un andamento che prima è gradualmente crescente, fino ad arrivare a stabilizzarsi, per poi decrescere durante la stagione fredda dell'anno. La temperatura dell'acqua massima è stata registrata nei giorni 2 e 3 settembre (19,1°C), mentre la temperatura minima è stata registrata nei giorni 23 e 24 novembre (12,9°C).

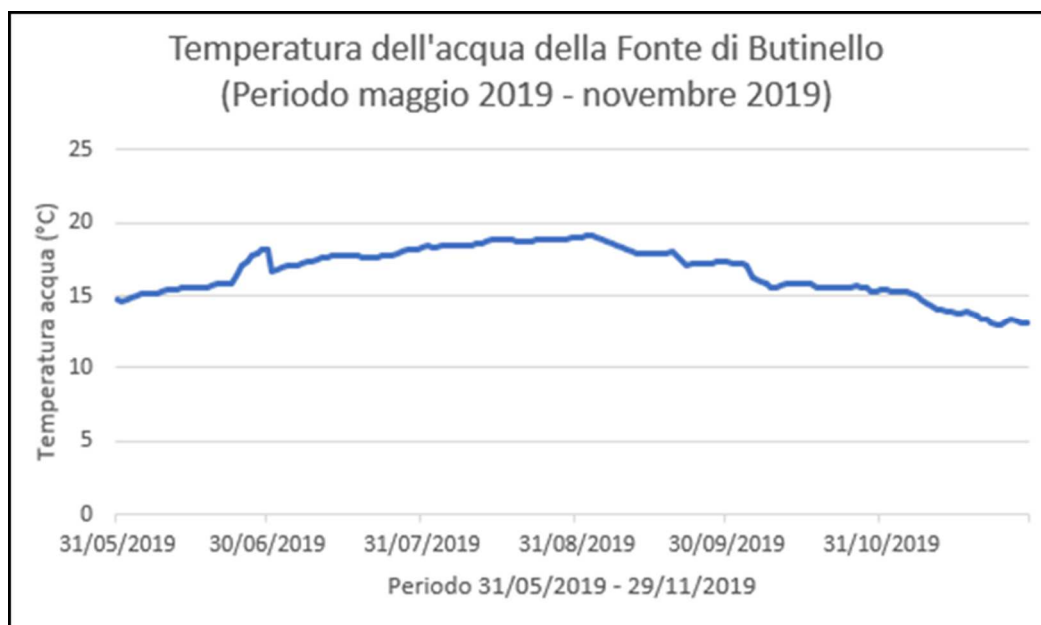


Fig. 5-14: Temperatura dell'acqua della Fonte di Butinello (Periodo maggio - novembre 2019).

Dalla figura 5-15 è possibile osservare la variazione del livello di acqua della Fonte di Butinello nel periodo di tempo che va da fine maggio a fine novembre 2019.

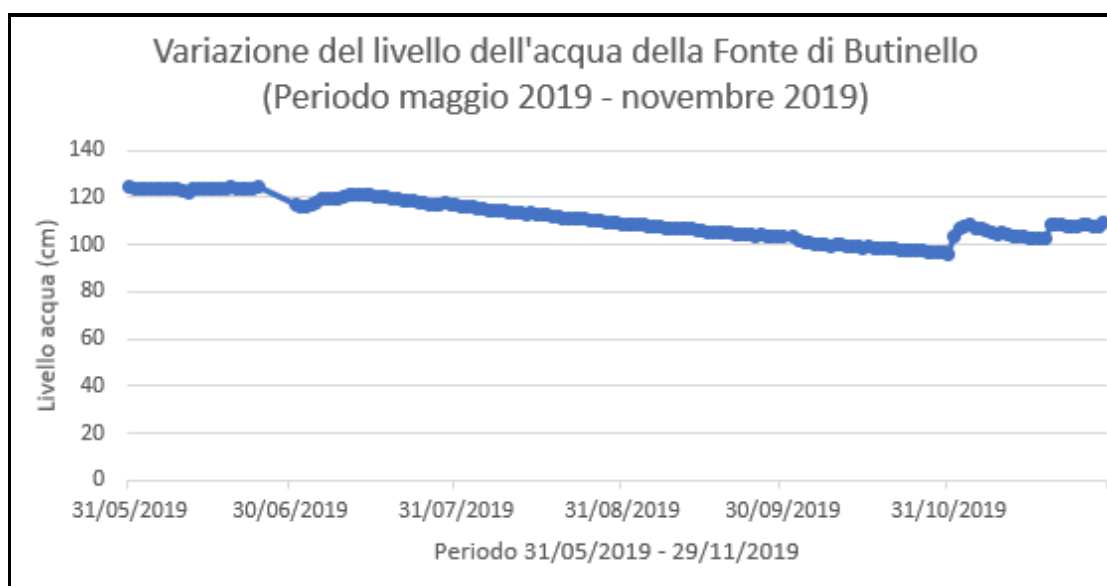


Fig. 5-15: Variazione del livello dell'acqua della Fonte di Butinello (Periodo maggio-novembre 2019).

Dalla figura 5-16 si può vedere l'andamento medio giornaliero del livello dell'acqua, e quello della temperatura, della Fonte di Butinello nel periodo di tempo che va da fine maggio a fine novembre 2019. Il livello dell'acqua della Fonte, in particolare, tende a manifestare un andamento gradualmente decrescente, date le scarse precipitazioni, andando avanti nel tempo. Invece, la temperatura dell'acqua della stessa mostra un andamento gradualmente crescente, per poi abbassarsi lievemente con il presentarsi della stagione autunnale. Il livello dell'acqua più alto è stato registrato il 31 maggio (109,5 cm), mentre quello più basso è stato registrato il 29 settembre (88,3 cm). Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua, quella più alta è stata registrata nei giorni 2 e 3 settembre (19,1°C), mentre quella più bassa è stata registrata il 1 giugno (14,6°C).

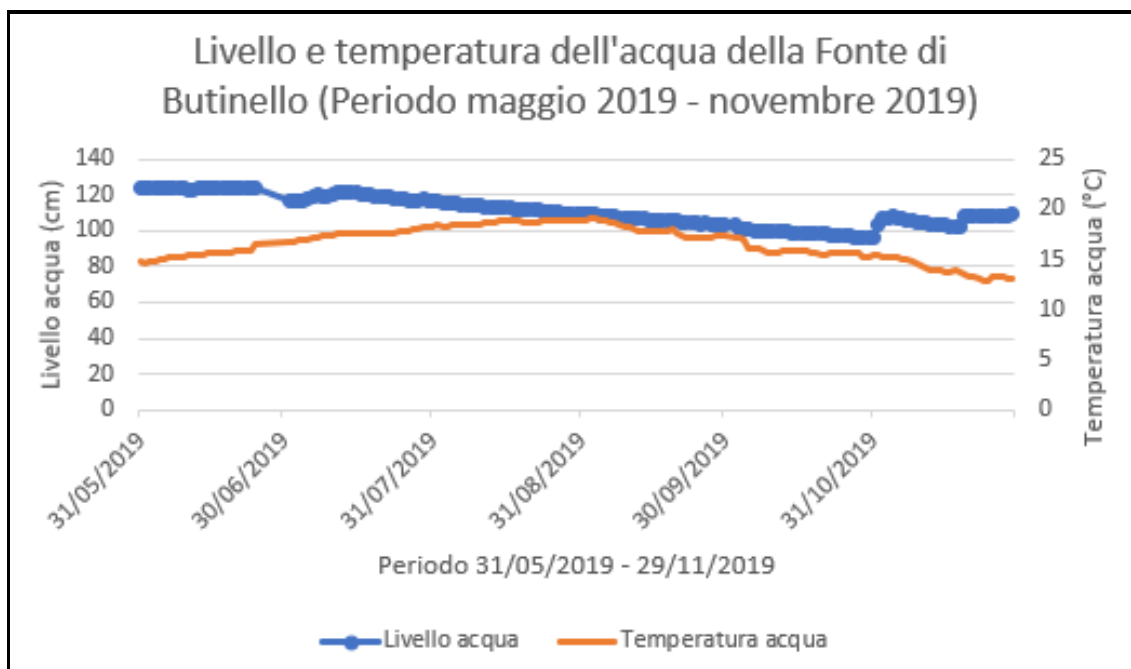


Fig. 5-16: Livello e temperatura dell'acqua medi giornalieri della Fonte di Butinello (Periodo maggio - settembre 2019).

5.4 Risultati del bilancio idrologico dell'area di studio

5.4.1 Precipitazioni

Le precipitazioni (P) sono la principale componente degli apporti (afflussi). Si distinguono in apporti di pioggia e di neve (si esprimono in altezza in mm, rilevate giornalmente da stazioni di misura). Alle precipitazioni si associa la rilevazione della temperatura (serve a determinare in assenza di altre osservazioni o idonee strumentazioni, ad es. nivometro, e distinguere le precipitazioni nevose da quelle piovose). Esse si determinano a partire dai dati rilevati presso le stazioni meteorologiche. I dati si presentano in forma discreta e vengono attribuiti ad un'area di influenza della stazione meteo. L'area di influenza può essere determinata con il metodo dei poligoni di Thiessen o metodo delle isoiete o altri metodi che permettono di interpolare in modo matematico diversi punti di misura. Le precipitazioni meteoriche si misurano con strumenti chiamati pluviometri, nivometri e pluvio-nivometri, installati in diversi punti e a diverse quote del bacino idrografico. Effettuano misure puntuali. Esistono diversi tipi di pluviometro: a bascula, chimico, manuale, eccetera. Il nivometro, invece, misura l'altezza della neve (il più comune è quello a ultrasuoni). Le piogge solitamente si rappresentano con un istogramma che riporta l'altezza di precipitazione (oraria, giornaliera o mensile) in funzione del tempo, oppure con uno ietogramma che riporta l'intensità di pioggia nell'unità di tempo (in mm/h).

Le precipitazioni efficaci (PE) sono le precipitazioni nette, sottratto cioè il contributo "respirato" dalle piante ed evaporato. È la parte di pioggia che è disponibile per il ruscellamento e l'infiltrazione ($PE = P - ET$). Si possono verificare i seguenti casi: a) $PE = 0$ e, dunque, non ci sono precipitazioni efficaci: $ETP = ETR = P + \text{acqua nel suolo prima dell'evento}$. b) PE maggiori di 0 e, quindi, le precipitazioni efficaci sono presenti: $PE = \text{acqua nel suolo} + P - ETR - \text{Capacità di campo}$ (cioè la massima quantità acqua che il suolo può assorbire).

Come è possibile osservare dalla figura 5-17 le piogge a Recanati nel periodo che va da fine maggio a fine dicembre 2019 risultano scarse o assenti per la maggior parte dei giorni di questa seconda metà dell'anno. Tuttavia, si possono notare diversi picchi nel corso di questo intervallo di tempo. I primi due picchi li si osservano il 10 luglio (13,6 mm) e il 28 luglio (16,8 mm). Poi, dopo un mese di siccità estiva (agosto), è possibile vedere altri tre picchi il 2 settembre (26 mm), il 3 settembre (41 mm) e il 23 settembre (23 mm). Ad ottobre si hanno due picchi, il primo il 3 ottobre (13 mm) e il secondo il 30 ottobre (13 mm). Nel mese seguente, si possono notare due picchi, uno il 12 novembre (23 mm) e uno il 16 novembre (17 mm). A dicembre, invece, si possono osservare due picchi significativi, il primo il 2 dicembre (13 mm) e il secondo il 13 dicembre (9,2 mm).

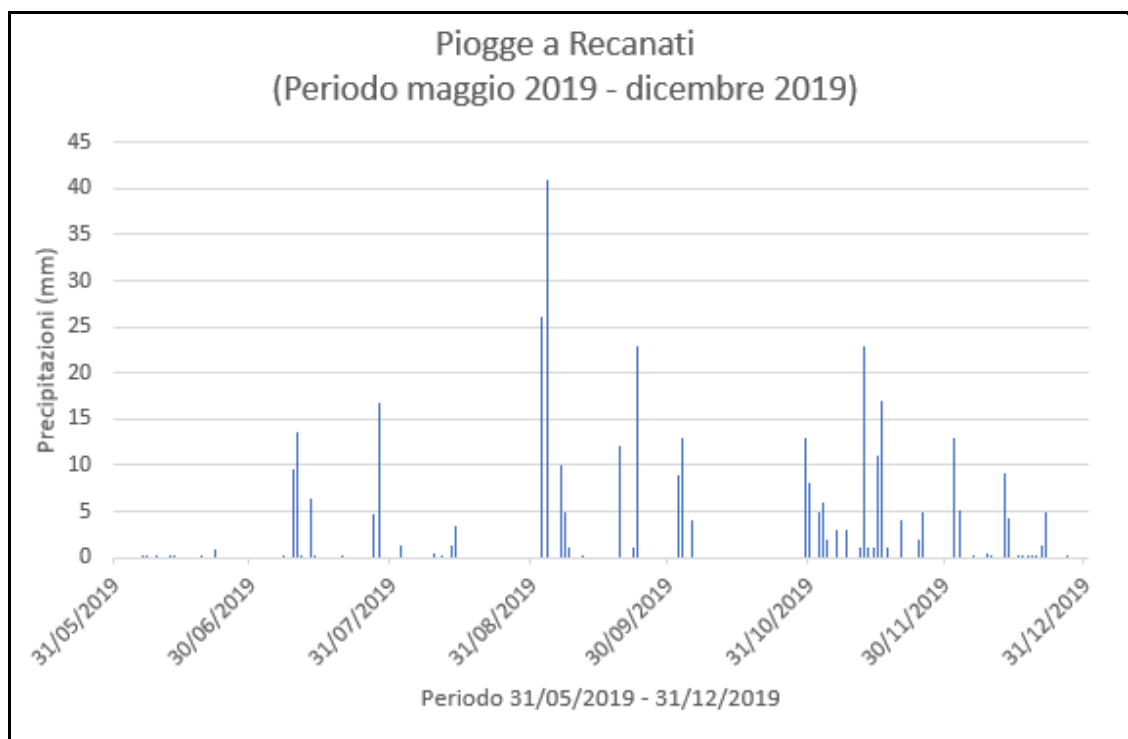


Fig. 5-17: Piogge a Recanati (Periodo maggio - dicembre 2019).

5.4.2 Temperatura

Come è possibile notare dalla figura 5-18 la temperatura dell'aria nel periodo che va da fine maggio a fine novembre 2019 ha un andamento prima crescente, nel periodo estivo, e poi decrescente, nelle stagioni autunnale e invernale. I picchi di temperatura si possono osservare in diversi giorni di tutto questo intervallo di tempo considerato. Si hanno, infatti, temperature più alte nelle seguenti giornate: 27 giugno (30,2°C), 28 giugno (30,4°C), 2 luglio (29,2°C), 3 luglio (29,2°C), 6 luglio (30,3°C), 7 luglio (31,2°C), 8 luglio (29,7°C), 24 luglio (29,3°C), 25 luglio (29,9°C), 26 luglio (30,7°C), 10 agosto (29,6°C), 11 agosto (30,4°C), 12 agosto (30,8°C) e 13 agosto (29,2°C). Le temperature più basse, invece, si sono avute nei seguenti giorni: 10 novembre (11,3°C), 12 novembre (11,1°C), 13 novembre (11,4°C), 14 novembre (11,4°C), 19 novembre (11,4°C), 20 novembre (11,3°C), 21 novembre (11,4°C) e 22 novembre (10,8°C).

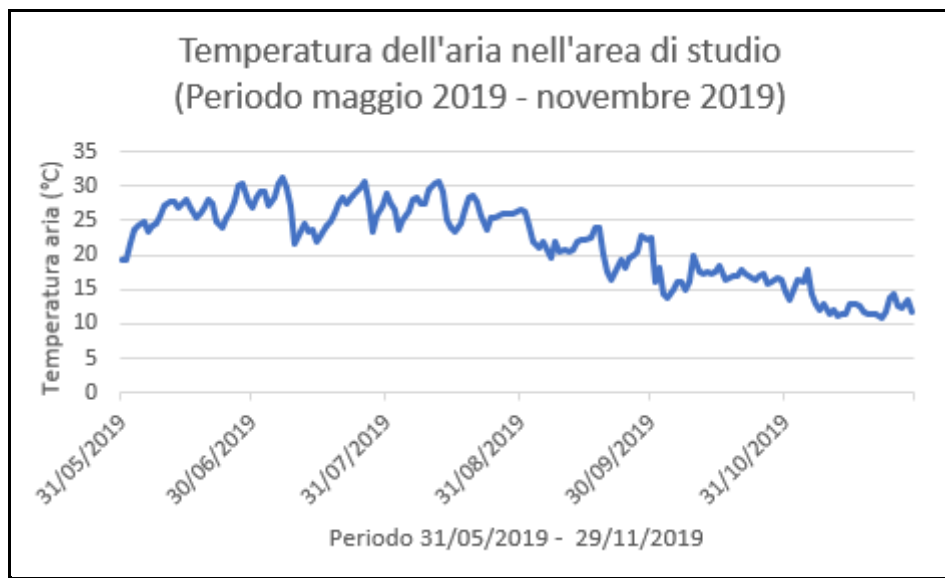


Fig. 5-18: Temperatura dell'aria misurata nell'area di studio (Periodo maggio - novembre 2019).

5.4.3 Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione (ET) è il risultato di due fenomeni: l'evaporazione (fenomeno fisico) e la traspirazione (fenomeno biologico). L'evaporazione avviene nell'atmosfera già nel corso delle precipitazioni, sulla superficie degli specchi d'acqua (laghi, fiumi, mari, oceani) e sulla superficie del suolo. La traspirazione è un fenomeno dovuto alla copertura vegetale. Si distinguono due tipi di evapotraspirazione: evapotraspirazione potenziale (ETP, quantità di acqua che evaporerebbe dal suolo e traspirerebbe dalle piante in quelle condizioni climatiche e pedologiche se le riserve idriche del suolo non si esaurissero, quindi se ci fosse rinnovazione continua) e evapotraspirazione reale (ETR, quantità di acqua che evapora dal suolo e traspira dalle piante in un luogo con certe

caratteristiche climatiche e pedologiche). Le due differiscono se lo stock d'acqua nel suolo è insufficiente per alimentare l'evapotraspirazione potenziale.

L'ETR è uguale all'ETP in assenza di deficit idrico, mentre è inferiore all'ETP in estate, in quanto c'è scarsa disponibilità idrica.

L'evapotraspirazione si misura con strumenti che prendono nome di evaporimetri. La valutazione dell'evapotraspirazione media annua si ottiene considerando le variazioni termiche e idrometriche mensili. Si costruisce, quindi, un bilancio mensile del volume di acqua che precipita, evapotraspira e si accumula. L'evapotraspirazione potenziale si stima sulla base di modelli che considerano diverse variabili climatiche come temperatura, copertura del suolo, vento, umidità relativa, la radiazione solare, eccetera. Si hanno due modelli di evapotraspirazione: il modello di ETP di Thornthwaite (che considera solo la temperatura) e il modello di ETR di Turc (che considera temperatura e precipitazioni). ETP è il livello massimo di acqua che può essere trattenuto da meccanismi di evapotraspirazione; ETR è la parte che effettivamente evapotraspirata ed è per questo motivo che Thornthwaite considera solo la temperatura e non le precipitazioni.

La figura 5-19 mette in relazione temperatura ed evapotraspirazione potenziale; quest'ultima è stata stimata utilizzando la formula empirica di Thornthwaite, basata sulla relazione esponenziale esistente tra l'ETP e la temperatura media mensile.

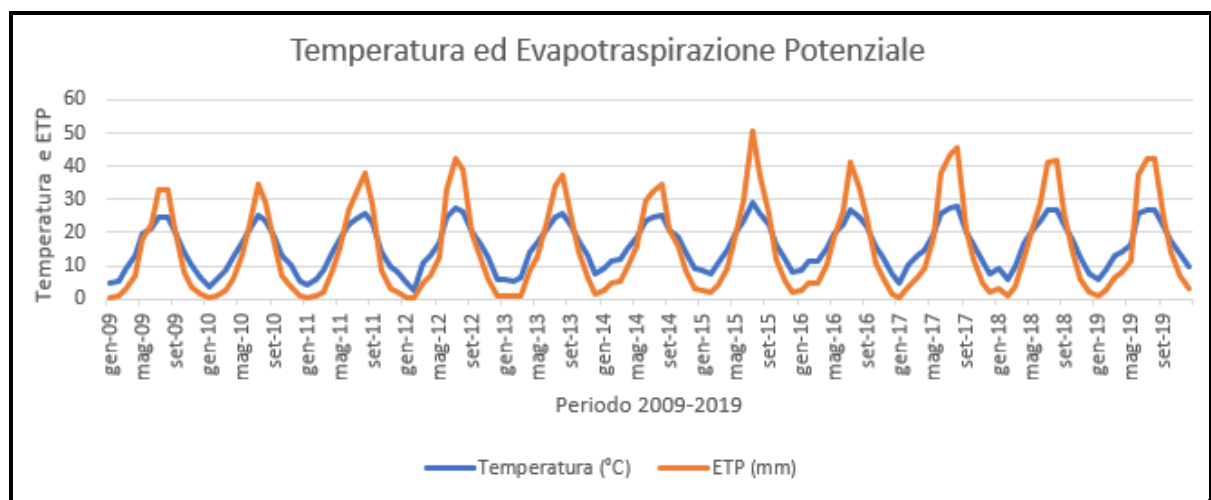


Fig. 5-19: Temperatura ed evapotraspirazione potenziale (ETP). L'ETP è stata calcolata mediante la formula di Thornthwaite (Periodo 2009-2019).

5.4.4 Infiltrazione

Il processo di infiltrazione dell'acqua nel suolo avviene nel seguente modo: l'acqua cade al suolo, inizia a percolare attraverso i pori (spazi vuoti) del terreno, e man mano che si avvicina alla superficie della falda (suolo saturo) satura il suolo riempiendo i pori di acqua. L'infiltrazione

dipende da diversi fattori quali, ad esempio, l'umidità del suolo, la litologia, la granulometria, la vegetazione e l'andamento delle precipitazioni. Sia il suolo che il sottosuolo sono mezzi porosi. La porosità è il rapporto tra il volume di spazi vuoti e il volume di spazi totale. La percentuale di vuoti è la massima percentuale di acqua che può essere trattenuta nel suolo. I macropori sono pori per l'aria, mentre i micropori sono i pori per l'acqua. La quantità di acqua presente, invece, si indica con il contenuto naturale d'acqua. L'acqua in un mezzo non saturo si muove per forza di gravità, tensione superficiale e resistenza viscosa. Per la misura di infiltrazione si utilizza uno strumento chiamato infiltrometro, in genere a doppio anello, che viene infisso nel terreno ed è in grado di misurare la velocità di infiltrazione. Si mette dell'acqua nei due anelli, si registrano i tempi, si può notare l'abbassamento di acqua nel cilindro interno, si mantiene il livello di acqua costante. Il permeometro, invece, è uno strumento che misura la conducibilità idraulica, stima l'infiltrazione potenziale e/o ETP, da usare al posto delle formule.

L'infiltrazione potenziale viene valutata direttamente con Coefficienti di Infiltrazione Potenziale (CIP). È data dal rapporto percentuale tra infiltrazione potenziale e precipitazioni efficaci e varia in base alla litologia; è un valore tabellato che dipende dal tipo di suolo o roccia.

5.4.5 Ruscellamento

Il ruscellamento è il movimento dell'acqua sulla superficie o negli strati sottosuperficiali del terreno. Questo fenomeno determina il trasporto di sostanze disciolte nell'acqua o di particelle solide di suolo. Nel secondo caso si parla più specificamente di erosione. Si distinguono due principali tipologie di ruscellamento: 1) ruscellamento per ridotta infiltrazione, quando l'intensità della pioggia è maggiore della capacità di infiltrazione del suolo. Questo tipo di ruscellamento è talvolta dovuto alla presenza di uno strato a ridotta permeabilità formatosi sulla superficie del terreno (es. crosta); 2) ruscellamento per saturazione, quando il suolo si trova in condizioni di saturazione. In questo caso l'infiltrazione risulta ostacolata e l'acqua in eccesso ristagna sulla superficie del suolo e può generare un flusso di ruscellamento. Può, inoltre, verificarsi anche un movimento laterale di acqua all'interno del profilo del suolo (ruscellamento sottosuperficiale). Rientra in questa tipologia anche il movimento di acqua favorito dalla presenza di sistemi di drenaggio sottosuperficiali. Il ruscellamento, dunque, inizia quando il suolo è saturo non è più in grado di ricevere acqua meteorica. Questo fenomeno può essere quantificato mediante dei modelli che tengono conto del tipo di suolo, litologia, pendenza dei versanti (a scala annuale e/o singolo evento).

Capitolo 6

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

6.1 Discussione dei risultati

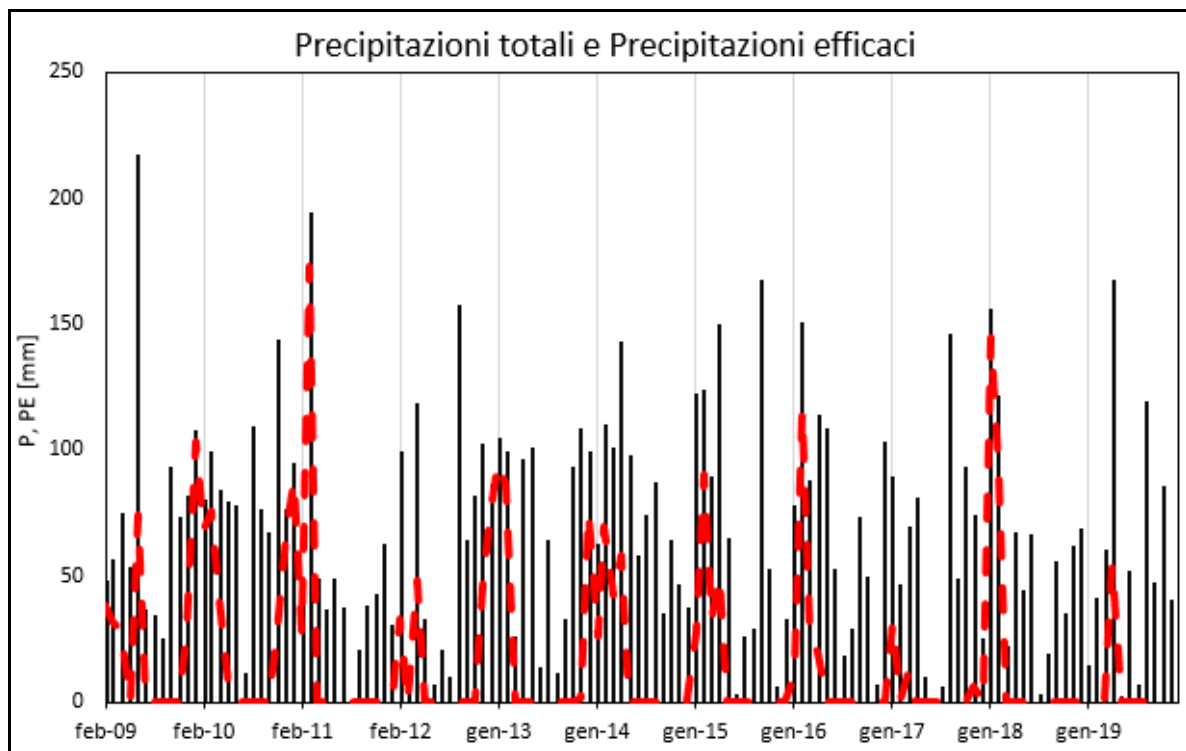


Fig. 6-1: Precipitazioni totali (linea nera) e precipitazioni efficaci (linea rossa tratteggiata).

Il grafico in Fig. 6-1 rappresenta l'andamento nel decennio dei parametri principali del bilancio idrologico, le precipitazioni mensili (anni dal 2009 al 2019) e le precipitazioni efficaci (indicate anche con il termine "Surplus", ovvero "eccedenze idriche") riferite agli stessi anni. Queste ultime rappresentano la parte di pioggia che è disponibile per il ruscellamento e l'infiltrazione e sono ottenute dalla differenza di precipitazioni totali ed evapotraspirazione reale. Come già detto l'evapotraspirazione reale è la quantità di acqua che evapora dal suolo e traspira dalle piante in un luogo con certe caratteristiche climatiche e pedologiche; per calcolarla si è basati sul metodo di Thornthwaite e Mather, ed è stato usato un codice implementato in MATLAB, che tiene conto della capacità di campo del suolo ed aggiusta in maniera iterativa e ciclica il contenuto di acqua nel terreno in funzione della pioggia e temperatura nei giorni antecedenti. Le precipitazioni efficaci sono espresse in millimetri di pioggia ma, per rendere possibile il calcolo del volume, si è proceduto a convertirle in metri. Per ricavare il volume, che è espresso in metri cubi, a questo punto, sono state moltiplicate le precipitazioni efficaci mensili (espresse in metri) di ogni anno dal

2009 al 2019 per l'area del bacino di alimentazione oggetto di studio (pari a 29.413 metri quadrati). Si possono vedere in figura diversi picchi di precipitazioni totali: i picchi massimi, in particolare, si sono rinvenuti nei mesi di gennaio 2009 (217,0 mm), marzo 2011 (193,6 mm), settembre 2012 (157,4 mm), ottobre 2015 (167,4 mm), marzo 2016 (150,2 mm), settembre 2017 (145,4 mm), febbraio 2018 (155,8 mm), marzo 2018 (93,2 mm) e maggio 2019 (167,4 mm). In relazione alle precipitazioni totali si hanno le precipitazioni efficaci, ovvero la quantità netta di acqua disponibile per infiltrazione e ruscellamento. Anche nell'andamento delle piogge efficaci si possono notare svariati picchi, che possono raggiungere o meno i picchi delle piogge totali; l'andamento generale è simile a quello delle precipitazioni totali, ma risulta, tuttavia, sempre inferiore rispetto a quest'ultimo. I picchi massimi di precipitazioni efficaci si sono rinvenuti nei seguenti mesi: febbraio 2009 (38,54 mm), gennaio 2010 (103,01 mm), febbraio 2010 (68,2 mm), marzo 2010 (75,7 mm), dicembre 2010 (67,2 mm), gennaio 2011 (87,9 mm), febbraio 2011 (27,4 mm), marzo 2011 (172,8 mm), gennaio 2013 (75,05 mm), febbraio 2013 (94,8 mm), marzo 2013 (86,5 mm), marzo 2016 (115,4 mm), febbraio 2018 (144,9 mm) e marzo 2018 (93,2 mm). Nel complesso, dati i due andamenti, si può osservare che in diversi periodi, durante tutto l'intervallo di tempo considerato, è piovuto molto, ma, nonostante questo, le piogge efficaci sono pari a zero. Questo fenomeno si è verificato, in special modo, nei seguenti mesi: agosto 2010 (109,4 mm), giugno 2013 (100,8 mm), giugno 2014 (97,4 mm), settembre 2014 (86,8 mm), giugno 2015 (64,4 mm), novembre 2015 (52,2 mm), gennaio 2017 (102,6 mm), settembre 2017 (145,4 mm) e settembre 2019 (119,2 mm). Detto ciò, si può dedurre che si ha ricarica nei mesi invernali, soprattutto di febbraio e marzo, in quanto è proprio in questi due mesi che le precipitazioni efficaci sono abbondanti; c'è da dire, però, che si è registrato un caso eccezionale nel mese di gennaio 2010. Proprio in questi due mesi, infatti, si può vedere come le due linee, quella delle precipitazioni totali e quella delle precipitazioni efficaci, quasi coincidono. Questo è accaduto, in particolare, nei seguenti mesi: gennaio 2010 (107,6 mm di piogge totali vs 103,01 mm di piogge efficaci), febbraio 2010 (80,0 mm di piogge totali vs 68,2 mm di piogge efficaci), marzo 2010 (98,8 mm di piogge totali vs 75,7 mm di piogge efficaci), gennaio 2011 (94,2 mm di pioggia totale vs 87,9 mm di pioggia efficace), febbraio 2013 (104,6 mm di piogge totali vs 94,8 mm di piogge efficaci), marzo 2013 (99,0 mm di piogge totali vs 86,5 mm di piogge efficaci), febbraio 2018 (155,8 mm di piogge totali vs 144,9 mm di piogge efficaci) e marzo 2018 (121,6 mm di piogge totali vs 93,2 mm di piogge efficaci).

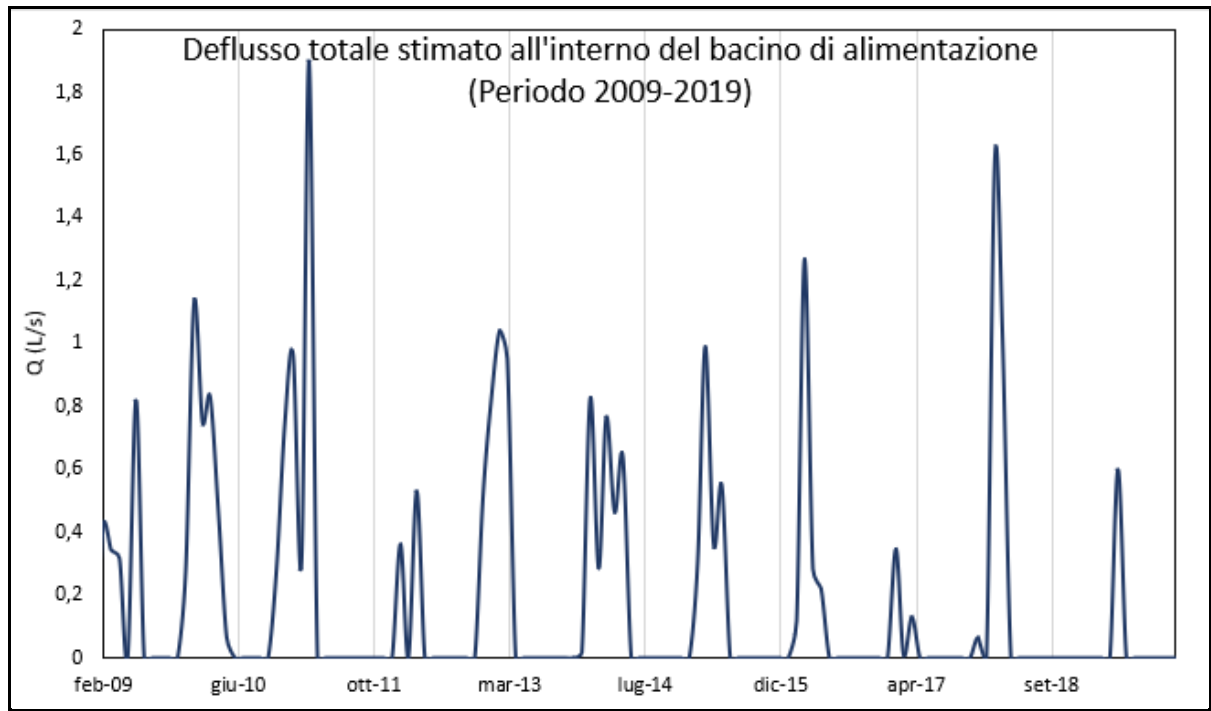


Fig. 6-2: Deflusso totale stimato (espresso in L/s) con la formula del bilancio idrologico all'interno del bacino di alimentazione (Periodo 2009-2019).

Il grafico in figura 6-2 esprime il deflusso totale stimato, espresso in termini di portata e quindi in litri/secondo, riferibile all'intero bacino di alimentazione studiato che comprende, quindi, le portate di tutte le sorgenti (in questo specifico caso la Fonte di Butinello che è l'unica presente nel bacino) e le portate di tutte le acque superficiali, quali il Fosso Pantaneto e suoi affluenti, nel periodo di tempo che va da gennaio 2009 a dicembre 2019. La portata di cui si parla è stimata in quanto calcolata con la formula del bilancio idrologico, che è rappresentata da un'equazione espressa in millimetri.

$$P - ETR = R + IE + Q_{in} - Q_{out}$$

P = Precipitazioni (mm)

ETR = Evapotraspirazione Reale (mm)

R = Ruscaldamento (m³/s)

IE = Infiltrazione efficace (mm; mm/h)

Q_{in} = Apporti esterni

Q_{out} = Prelievi verso l'esterno

L'equazione del bilancio, però, può essere semplificata come segue in quanto $Q_{in} - Q_{out} = 0$, o meglio, apporti esterni e prelievi verso l'esterno possono essere trascurati quando i prelievi sono bassi e il bacino di alimentazione è idrogeologicamente chiuso.

$$P - ETR = R + IE$$

$P - ETR =$ Precipitazione efficace (PE)

Tutti i parametri dell'equazione del bilancio sono espressi in millimetri; dal bilancio discende la definizione dei cosiddetti deflussi totali che comprendono tutti i movimenti d'acqua superficiale, ipodermica e sotterranea all'interno del bacino alla scala dell'anno idrologico; risulta più conveniente esprimere tali deflussi in m^3/s . La portata stimata all'interno del bacino di alimentazione è espressa in litri/secondo (L/s). Per ottenere una portata espressa con questa unità di misura è necessario, dunque, partire dal volume. Come già detto, il volume (espresso in m^3) si ottiene moltiplicando le precipitazioni efficaci (esprese in metri) per l'area del bacino di alimentazione preso in esame (espresso in m^2). Una volta ottenuto questo dato, ovvero il volume (espresso in m^3) è possibile calcolarsi la portata espressa in m^3/s , dividendo il volume per i secondi in un mese (2.678.400 secondi in un mese di 31 giorni). A questo punto, avendo la portata (espressa in m^3/s), si ottiene la portata espressa in L/s, moltiplicando, per l'appunto, la portata espressa in m^3/s per 1000. I picchi di portata più elevata, superiore o uguale a 1 L/s, si sono registrati nei seguenti mesi: marzo 2011 (1,9 L/s), febbraio 2013 (1,04 L/s), marzo 2015 (1 L/s), marzo 2016 (1,3 L/s), febbraio 2018 (1,6 L/s) e marzo 2018 (1,02 L/s). Portate di poco inferiore a 1 L/s si sono rinvenute, invece, nei seguenti mesi: marzo 2010 (0,8 L/s), marzo 2013 (0,9 L/s) e marzo 2014 (0,8 L/s). Da questo si può dedurre, quindi, che le portate sono più alte nei mesi invernali di febbraio e marzo. Tuttavia, si sono registrate delle eccezioni in mesi diversi da questi due nell'intervallo di tempo considerato: giugno 2009 (0,8 L/s), gennaio 2011 (0,9 L/s), gennaio 2013 (0,8 L/s) e gennaio 2014 (0,8 L/s). Una cosa importante che può essere notata osservando la figura è che vi sono lunghi periodi in cui la portata stimata è pari a zero. Questo si verifica, in particolare, nei diversi mesi: da luglio a novembre 2009, da giugno a ottobre 2010, da aprile 2011 a gennaio 2012, da maggio a novembre 2012, da aprile a novembre 2013, da giugno 2014 a gennaio 2015, da giugno 2015 a gennaio 2016, da giugno 2016 a gennaio 2017, da maggio a novembre 2017, da aprile 2018 ad aprile 2019 e da giugno a dicembre 2019.

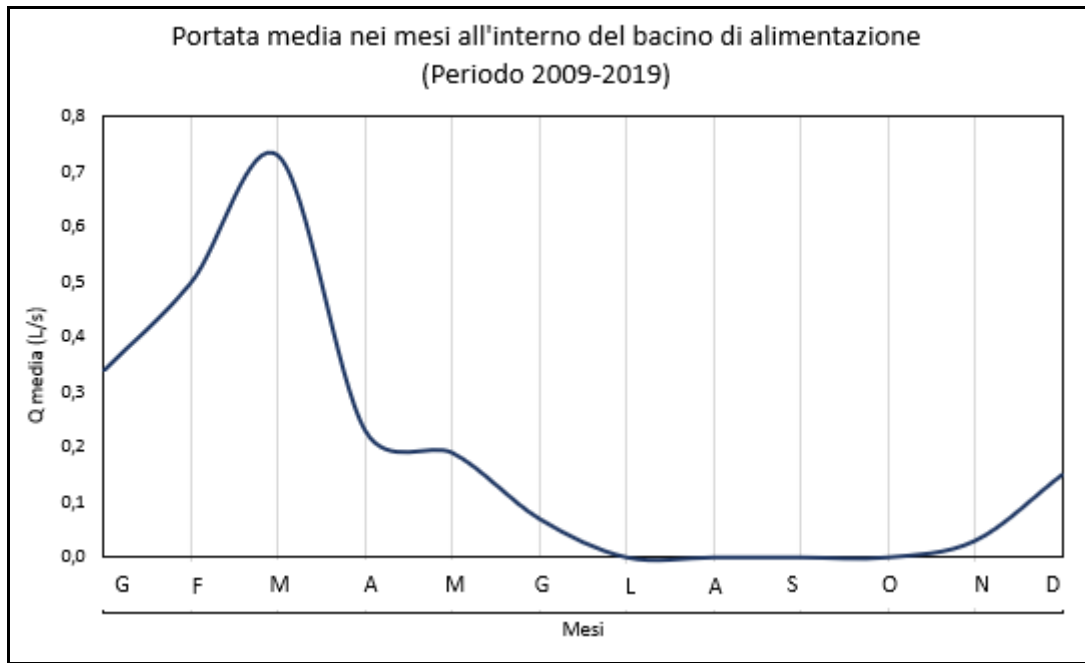


Fig. 6-3: Portata media nei mesi all'interno del bacino di alimentazione (Periodo 2009-2019).

Il grafico in figura 6-3 mostra la portata media, espressa in L/s, nei diversi mesi dell'anno all'interno del bacino di alimentazione nel periodo di tempo che va da gennaio 2009 a dicembre 2019. Le portate massime si sono registrate nei seguenti mesi: febbraio (0,5 L/s) e marzo (0,7 L/s). Le portate minime, invece, si sono rinvenute nei mesi di gennaio (0,3 L/s), aprile (0,2 L/s), maggio (0,2 L/s), dicembre (0,2 L/s) e giugno (0,1 L/s). Oltre al picco, rappresentato dalla portata media dei mesi di febbraio e marzo, ciò che risalta all'occhio è l'andamento perfettamente lineare che si mantiene costante nel periodo che va da luglio a novembre: in questi mesi la portata media all'interno del bacino di alimentazione è nulla. Questo conferma, dunque, ancora una volta, che, a partire dal modello di bilancio idrologico ricavato coi parametri di input correnti di temperatura e precipitazione ricavati dalle stazioni della rete regionale, si ha ricarica nei primi mesi dell'anno, in maniera particolare a febbraio e marzo.

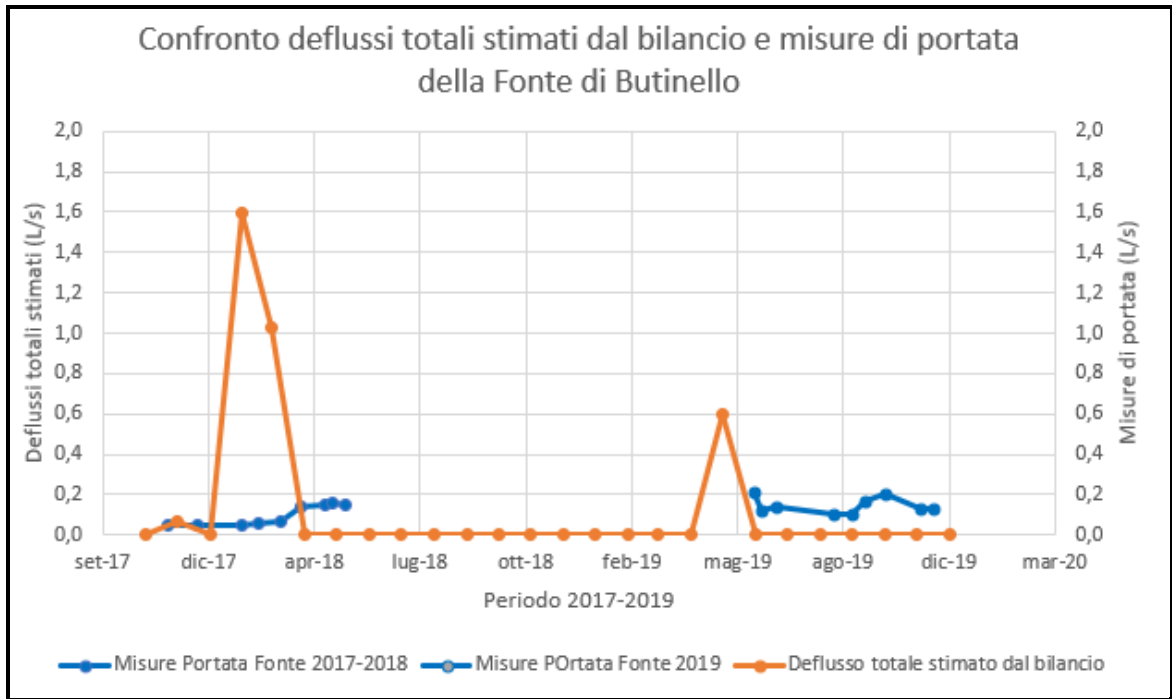


Fig. 6-4: Deflussi totali stimati dal bilancio (linea arancione) e misure di portata della Fonte di Butinello (linea blu), nel periodo di tempo che va dal 2009 al 2019).

Il grafico in figura 6-4 le misure della portata, espressa in L/s (ottenuta dividendo la portata “originaria” espressa in L/min per 60 secondi) effettuate nella Fonte di Butinello nel periodo di tempo che va da novembre 2017 a dicembre 2019. Innanzitutto, è necessario chiarire il concetto di “misura”: con questo termine si intende un valore che è ottenuto direttamente, mediante l’uso di uno strumento specifico; mentre con “stima”, invece, si intende un valore che è ottenuto indirettamente, mediante l’utilizzo di una formula. Osservando la figura si possono notare due andamenti diversi: l’andamento dei deflussi totali stimati dal bilancio, rappresentato dalla linea arancione, e l’andamento delle misure di portata effettuate nella Fonte di Butinello, rappresentato dalla linea blu. In particolare, si può vedere che la curva dei deflussi totali stimati dal bilancio mostra sì tre picchi principali, che sono stati registrati il primo nel mese di febbraio 2018 (1,6 L/s), il secondo nel mese di marzo 2018 (1 L/s) e il terzo nel mese di maggio 2019 (0,6 L/s), ma evidenzia anche un andamento perfettamente lineare, in cui tutte le portate sono pari a zero, nei periodi di tempo che vanno da aprile 2018 ad aprile 2019 e da giugno a dicembre 2019. Questo non accade, invece, nella curva delle misure di portata nella Fonte in cui, per quanto si sono potute registrare portate basse, queste non sono mai scese al di sotto dei 0,1 L/s. I picchi di misure più alti, nel periodo di tempo considerato che va da fine maggio a metà novembre 2019, si sono rinvenuti nei seguenti giorni: 31 maggio (0,2 L/s), 12 settembre (0,2 L/s) e 2 ottobre (0,2 L/s). In tutti gli altri giorni in cui sono state effettuate misure, invece, si sono registrati valori di portata pari a 0,1 L/s. Si può osservare, inoltre, che in figura vi sono alcuni punti in cui le misure

coincidono, o quasi, o avrebbero, pertanto, la tendenza a farlo. Questo fatto si verifica, in particolare, nei seguenti giorni: 22 novembre 2017, 20 dicembre 2017, 20 aprile 2018, 31 maggio 2019 e 7 giugno 2019. Detto ciò, si può dedurre che, siccome la Fonte in esame non ha mai avuto una portata nulla negli ultimi due anni idrologici, da testimonianze locali e misure estemporanee effettuate da ARPAM e da alcuni professionisti, l'aver avuto altri dati avrebbe confermato che le portate misurate sono maggiori di zero, anche quando la stima del bilancio idrologico direbbe che in quel periodo non c'è acqua disponibile. A questo punto possono aprirsi due strade:

1) l'area di ricarica della Fonte oggetto di studio non coincide esattamente con quella che è stata rilevata (e per scoprire questo si rendono, dunque, necessarie indagini più approfondite che coinvolgano ad esempio l'uso di indagini isotopiche, di tracciamento e geochimiche) e quindi si potrebbero avere scambi con bacini attigui;

2) la stima del bilancio si basa su dati misurati in zone le cui caratteristiche idrologiche si discostano da quelli pertinenti all'area di studio. Questo secondo punto, in particolare, presenta delle incertezze. Una è legata al fatto che le temperature e le precipitazioni sono state misurate in altri punti, in quanto, in quella specifica area non sono presenti dei sensori che misurano questi dati. Il secondo dubbio, invece, è insito all'applicazione stessa delle formule empirico-matematiche, che contengono un grado di incertezza sempre non trascurabile.

I pozzi rilevati all'interno del territorio oggetto di studio si trovano a diverse quote rispetto al livello del mare; la quota massima si ritrova nel pozzo P1 (167 m s.l.m.), mentre la quota minima si ritrova nel pozzo P6 (108 m s.l.m.). Sono state fatte le opportune misure ai diversi pozzi presenti nell'area di studio ed è stato osservato che in tutti i pozzi c'era acqua. . Conoscendo le quote a cui si trovano i pozzi e la distanza tra l'uno e l'altro è possibile calcolare il gradiente piezometrico. Questo si ottiene ricavando il dislivello tra le quote a cui i pozzi si trovano, il risultato ottenuto viene a sua volta diviso per la distanza tra i pozzi, a questo punto il risultato finale viene espresso in ‰. Il gradiente lo si può evincere dalla carta isopiezometrica (Fig. 5-11): infatti, più le curve sono fitte e più il gradiente è maggiore e, quindi, la pendenza della superficie piezometrica è maggiore; questo si verifica, in particolar modo, tra i pozzi P1 e P2, che si trovano, rispettivamente, a 167 e a 150,7 metri sopra il livello del mare (gradiente 0,94‰), ubicati a nord della Fonte di Butinello. Mentre differente è il caso dei pozzi P6 e P7 che si trovano, rispettivamente, a 108 e 110 metri sopra il livello del mare, situati a ovest della Fonte studiata, in cui il gradiente risulta più basso (gradiente 0,4‰). Conoscendo le quote assolute dei pozzi è possibile definire quelle che sono le direzioni prevalenti di deflusso, che scendono dalla parte alta del versante; queste direzioni di deflusso vengono rappresentate da frecce ortogonali rispetto alle curve di livello. Si possono individuare, partendo da monte, a nord, tre diverse direzioni prevalenti di deflusso: una va verso

la Fonte di Butinello, una va verso le coordinate 43.2354 N, 13.3221 E, mentre l'ultima va verso le coordinate 43.2354 N, 13.3221 E rispetto alla Fonte studiata, sempre indirizzate verso la parte bassa del versante, verso il Fosso Pantaneto. Quello che ci si può aspettare è che, in un versante, il carico piezometrico sia maggiore nella parte alta; le direzioni prevalenti di deflusso, quindi, sono verso la parte più bassa del versante, con un'inclinazione preferenziale verso la fonte, che è un punto dove c'è continuamente acqua. Per quanto riguarda l'idrografia superficiale c'è da dire che non c'è acqua nel fosso vicinale alla Fonte di Butinello, almeno nel periodo di osservazione della presente tesi; era invece presente, a tratti, negli anni idrologici precedenti. L'acqua, invece, è presente nel Fosso Pantaneto, il quale rappresenta il punto di recapito preferenziale delle acque sotterranee del bacino considerato. L'acqua, dunque, viene tirata dal Fosso che è esterno al bacino della sorgente considerato. Questo è uno dei motivi per cui il deflusso stimato in questo stesso capitolo (6) e paragrafo (6.1), a partire dai dati climatologici delle stazioni che hanno permesso di ricavare il bilancio idrologico, è maggiore della portata misurata nella Fonte durante gli ultimi due anni idrologici (Fig.6-4). Inoltre, c'è da dire che la Fonte, negli ultimi due anni idrologici, non ha mai avuto una portata nulla e l'aver avuto a disposizione altri dati avrebbe ulteriormente evidenziato come la stima del bilancio (che nello stesso periodo indica mancanza di acqua disponibile) non rende ragione della presenza di acqua nella sorgente stessa. A questo punto si possono mettere in discussione due ipotesi: la prima è che l'area di ricarica della Fonte presa in esame (Fig. 5-1) non coincida esattamente con quella che è stata rilevata, ma comprenda anche aree attualmente non considerate con il semplice rilievo di superficie, quali ad esempio parte delle unità conglomeratiche superiori, o i corpi arenaceo-sabbiosi immersi nella formazione delle argille azzurre in contatto con l'acquifero che ricarica la sorgente. Inoltre, potrebbero esserci anche scambi di acque sotterranee con micro-bacini limitrofi. Per quanto esposto sopra, inoltre, le direzioni di deflusso prevalenti indicano un recapito principale verso il fosso Pantaneto: questo fatto implica che parte dell'acqua che si infiltra esce, per così dire, dal bacino della sorgente, andando ad alimentare un altro micro-bacino limitrofo. L'insieme di questi fattori complica ulteriormente la scelta del bacino di alimentazione, rendendo necessarie altre indagini più specifiche e protratte nel tempo.

La seconda ipotesi è basata sull'osservazione che il bilancio idrologico è calcolato a partire da dati misurati in zone le cui caratteristiche idrologiche si discostano da quelle pertinenti all'area di studio. E questa seconda ipotesi presenta delle incertezze che influiscono sul calcolo matematico: una legata al fatto che siccome nell'area di studio non sono direttamente presenti dei sensori, temperature e precipitazioni sono state misurate in altri punti più distanti; l'altra, invece, è insita nell'applicazione stessa delle formule empirico-matematiche che contengono un grado di

incertezza sempre non trascurabile. Occorre anche sottolineare come l'equazione del bilancio sia valida in bacini idrografici in cui lo scambio idrico con bacini limitrofi ed il prelievo di acque dal bacino sia trascurabile, e per quanto sopra esposto, probabilmente questo non è il caso del bacino considerato.

Inoltre, l'applicazione dell'equazione del bilancio a bacini così piccoli presenta sempre problemi sia di tipo teorico che di tipo pratico, in quanto si selezionano strumenti e misure ubicati ad una scala molto diversa di quella attuale, e quindi non sempre utilizzabili senza problemi. In questo caso avremmo dovuto avere a disposizione all'interno del bacino della sorgente un pluviometro ed un termometro, in modo da rilevare dati più pertinenti.

Uno degli scopi della tesi era anche correlare le caratteristiche idrologiche e idrogeologiche dell'area della sorgente alle caratteristiche vegetazionali, in modo da ricavare informazioni utili alla gestione della biodiversità. La biodiversità dell'area, essendo particolarmente legata agli ambienti umidi, è legata al bilancio idrologico. Tenendo conto che questo bilancio presenta, negli ultimi anni, una riduzione significativa, c'è il rischio che alcune cenosi possano scomparire.

Per sapere quanta acqua serve alle specie vegetali presenti nell'area di studio, e se la falda, in particolare, deve essere in profondità o può anche essere superficiale, risulta necessario fare un confronto tra la vegetazione esistente quando c'era un flusso d'acqua e la vegetazione che, invece, c'è adesso. Alla data odierna, comunque, si ha una misura della vegetazione che è ancora in rapporto con la presenza di acqua, e *Adiantum capillus-veneris* e *Equisetum telmateja* ne sono degli esempi, così come anche le specie che sono presenti nel laghetto, sia idrofite che elofite. C'è da dire, però, che questo periodo che si sta vivendo potrebbe essere l'inizio di un periodo di siccità, e anche di un cambiamento del deflusso. E da quando è avvenuto questo cambiamento la vegetazione osservata indica una presenza con poche tracce attuali, se non, per l'appunto, sulla Fonte di Butinello, ma dove è ancora presente un rivolo d'acqua che è, quindi, comunque sufficiente a mantenere l'ambiente per la felce di capelvenere (Fig. 2-18). Situazione diversa è quella che si può notare nel laghetto, in quanto, questo, se non viene alimentato si asciuga. Dunque, bisognerebbe riuscire a capire, rispetto agli anni precedenti, se è variato e quanto è variato il livello dell'acqua, ma questa, tuttavia, è una cosa che non si può vedere dalla vegetazione. Dalla vegetazione si capisce che fino a oggi, ma oggiogiorno, per l'appunto, c'è ancora acqua, c'è stata una continuità di ambiente umido. Però, se questo ambiente è in fase regressiva non lo si può sapere, in quanto bisognerebbe tornare sul luogo alcuni anni più avanti, almeno 5 o 6, o forse anche meno, per fare delle osservazioni e rilevarne i cambiamenti. Quello che è certo, nel laghetto, è che è stata attestata la presenza di acqua, ma non si sa quanta ce n'era l'anno scorso, se di più oppure uguale alla situazione attuale. Tuttavia, il limite dell'acqua non sembra essersi abbassato rispetto

all'anno scorso. L'acqua che esce dalla Fonte oggetto di studio, invece, probabilmente riesce a mantenere un minimo il livello dell'acqua e a garantire la presenza della specie delle pareti stillicidiose. Si può notare che la vegetazione si è contratta intorno allo specchio attuale, e che ci sono tracce della vegetazione precedente nella vegetazione a *Typha* che è molto estesa e, quindi, indica una precedente estensione che è attestata dalle ortofoto (Fig. 4-17). Quindi, quello che si nota è una tendenza al cambiamento, alla perdita di acqua in maniera particolare. La perdita d'acqua più vistosa è sicuramente quella sul fosso, che è pressoché asciutto, e che, però, ha una vegetazione legnosa, che riesce a mantenere la sua struttura in maniera meno strettamente legata alla variazione di portata del fosso stesso. La portata della Fonte, invece, si è mantenuta grazie a un deflusso, seppur minimo, che, però, garantisce la presenza della felce di capelvenere; mentre, il laghetto è quello che sicuramente mostra gli effetti più vistosi della riduzione di portata e questo lo si può osservare dalle diverse ortofoto, negli anni dal 1994 al 2018 (Fig. 4-13, 4-14, 4-15, 4-16, 4-17).

CONCLUSIONI

Lo scopo principale di questo lavoro era quello di quantificare il bilancio idrologico, nonché quello di individuare le principali specie vegetali legate alla presenza o meno di acqua e, quindi, preservare la biodiversità, soprattutto quella legata all'ambiente umido, nel territorio recanatese, nell'area specifica che circonda la Fonte medioevale di Butinello. Solo, così, stimando il bilancio si potrebbe monitorare come varia l'abbondanza delle diverse piante, idrofite e/o elofite che esse siano, in relazione alla presenza, o assenza, di acqua nel reticolo idrografico che è stato preso in esame, e che è costituito, in particolar modo, dalla Fonte, dal fosso vicinale a questa e da un laghetto artificiale. Perché l'acqua rappresenta un elemento importante per la sopravvivenza della vegetazione che, ad essa, è legata, e perché è proprio essa a definire la zona umida in quanto tale e a distinguerla da altri tipi di ambienti. Sono state fatte diverse misure, in continuo, della portata della Fonte oggetto di studio, e questa risulta, tuttavia, aumentata, nel 2019 (Tab. 5-7), rispetto agli anni precedenti, 2017 e 2018 (Tab. 5-6). Sono state fatte delle misure in diversi pozzi che sono localizzati nell'area che circonda la Fonte stessa. I pozzi, essendo sparsi lungo il versante considerato, si sono rinvenuti a quote diverse sopra il livello del mare. È stato individuato il bacino di alimentazione della Fonte medioevale di Butinello, che è situato più a monte rispetto a questa, nell'unità arenacea e arenaceo-pelitica della Formazione delle argille azzurre, e si è calcolato il bilancio idrologico all'interno di quest'area. All'interno del bacino, poi, si sono individuate tre direzioni preferenziali di deflusso: una che va verso la Fonte, una che va verso le coordinate 43.2354 N, 13.3221 E, mentre l'altra che va verso le coordinate 43.2354 N, 13.3221 E. Osservando la presenza costante di acqua nel Fosso Pantaneto si può dedurre che questo, non solo viene alimentato da una falda, ma rappresenta il punto di recapito preferenziale delle acque sotterranee; c'è da dire, comunque, che anche la Fonte, presentando sempre acqua, viene alimentata dalla falda. Il bilancio, però, presenta delle incertezze che sono legate all'ubicazione delle stazioni pluviometriche e termometriche che, per l'appunto, non sono localizzate nel bacino di alimentazione rilevato, ma in zone più lontane; poi si hanno anche delle incertezze che sono legate alle formule empirico-matematiche, in quanto dal bilancio sembrerebbe che in tanti mesi dell'anno la pioggia non contribuisce, ma in realtà l'acqua è presente, nella Fonte così come anche nel Fosso Pantaneto, e sia l'una che l'altro vengono alimentati, come già detto, dalla falda. Si è cercato di fare misure anche nel fosso vicinale alla Fonte studiata ma la condizione di secca per tutto il periodo di studio ha reso impossibile ottenere dati.

Non si può sapere con certezza se la vegetazione presente nel luogo di studio abbia bisogno, per il suo mantenimento, di una falda superficiale o profonda. Per poter dire questo sarebbe stato necessario un confronto tra la vegetazione esistente quando c'era un flusso d'acqua significativo e la vegetazione attuale. Con l'avanzarsi di un periodo sempre più siccitoso si può notare che sono poche le specie vegetali che sono presenti e che queste si mantengono grazie alla presenza di un rivolo d'acqua, quale è il caso della felce di capelvenere nella Fonte di Butinello. Diversa è la situazione del laghetto che, nel tempo, come si può osservare dalle ortofoto dal 1994 al 2018 (Fig. 4-13, 4-14, 4-15, 4-16, 4-17), si è prosciugato sempre più. È necessario, dunque, che questo venga alimentato per consentire la conservazione della vegetazione a *Typha*, che è sempre stata presente e la cui presenza attuale risulta aumentata. Particolare la condizione, invece, del fosso in quanto, a differenza del laghetto che si è asciugato nel tempo un pochino sempre più, nonostante non ci sia mai stata una portata costante nel tempo, presenta una vegetazione legnosa, che riesce, dunque, a mantenere la sua struttura in modo meno strettamente legato alla variazione di portata del fosso stesso.

In conclusione, per poter conservare adeguatamente sia la biodiversità presente nell'area, sia la presenza del laghetto risulta, innanzitutto, necessario capire il perché c'è stata questa forte riduzione di portata. Teoricamente la Fonte, anche se il suo flusso è limitato, dovrebbe mantenere la sua vegetazione. Il capelvenere, nonostante la diminuzione del flusso, non presenta rischi immediati di scomparsa o di riduzione. L'acqua della Fonte è, in realtà, fondamentale per ricostituire il livello del laghetto che, temporaneamente, se non si dovesse trovare qual è il motivo e riportare la portata a quella che era precedentemente (Fig. 4-13, 4-14), andrebbe, per non perdere l'habitat, favorita attingendo temporaneamente dal fosso nei momenti di pioggia, anche mettendo una piccola pompa che, temporaneamente, prende acqua dal fosso, quando questo ha acqua, riversandola sul laghetto. Il laghetto è forse l'unica cosa su cui si può agire perché non viene alimentato artificialmente, ma solo dalle precipitazioni e dal flusso d'acqua che viene dalla Fonte. Se il livello del laghetto dovesse scendere si potrebbero ipotizzare degli interventi di immissione della portata. L'acqua nel laghetto assume una certa importanza, soprattutto per la vegetazione a *Typha* (Fig. 4-6), che è l'unica strettamente acquatica. Forse andrebbe controllato il popolamento del *Myriophyllum* esotico (Fig. 4-10) per favorire l'ingresso del *Myriophyllum* naturale, mentre la presenza del *Typheto* potrebbe essere a rischio se il laghetto scendesse di livello. Se questo fenomeno continuasse anche nei prossimi anni, a quel punto sarebbe opportuno trovare delle forme di recupero della quantità d'acqua presente.

Ulteriori studi di approfondimento si rivelano dunque necessari. In particolare, dal punto di vista idrogeologico, sarebbe opportuno effettuare indagini più specifiche sulle condizioni idrologiche

della sorgente, protratte per almeno un altro anno idrologico, e sull'estensione effettiva dell'area di ricarica, avvalendosi di metodologie isotopiche, geochimiche e di tracciamento per poter sopperire alla mancanza di evidenze di superficie che rende difficile il riconoscimento e l'identificazione del bacino di alimentazione. Tali dati saranno indispensabili per ottenere un bilancio attendibile, utile per preservare la vegetazione del laghetto, il cui rischio è diretto, e per conservare, inoltre, il flusso d'acqua presente nella Fonte, in quanto, nonostante la felce di capelvenere non concorre un rischio immediato, se il flusso continua a diminuire, questa specie vegetale potrebbe avere dei problemi.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Biondi E., Blasi C., Allegrezza M., Anzellotti I., Azzella M.M., Carli E., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Facioni L., Galdenzi D., Gasparri R., Lasen C., Pesaresi S., Poldini L., Sburlino G., Taffetani F., Vagge I., Zitti S., ZivkovicL., 2014. Plant communities of Italy: The Vegetation Prodrome. *Plant Biosystems*, 148 (4): 728-814.

Daniel Pauly, *Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries*, in “*Trends in ecology and evolution*”, vol. 10, 10 (1995), p. 430.

Francesco Dupré, *Dell'acqua potabile in Pesaro, Monografie storiche e scientifiche*, R. Istituto Tecnico “Bramante”, Pesaro, 1893.

Mirko Patrizietti, *Relazione geologica*, 2012.

Rossano Morici, Redo Fusari, *Il clima di Recanati* (2010), pp.101-135.

www.floraitaliae.actaplantarum.org/

www.floralpinabergamasca.net/

www.giardinaggio.mobi/

www.meditflora.com

RINGRAZIAMENTI

Giunta alla fine di questo mio splendido percorso universitario desidero ringraziare innanzitutto il mio relatore, il Prof. Alberto Tazioli, a cui dedico questa tesi, per il suo insegnamento, anche di vita, per la sua comprensione e umanità, per la sua capacità di risolvere problemi come se questi non fossero tali, per il suo aiuto durante tutta la stesura di questa tesi. Desidero ringraziare il mio correlatore, il Prof. Fabio Taffetani, per la sua disponibilità, per la sua tranquillità e per la sua capacità di andare oltre i limiti del possibile. Ringrazio il dottorando del mio relatore, Davide, per il tempo dedicatomi nell'elaborazione dei dati e nella realizzazione delle diverse carte. Ringrazio i ragazzi del Dipartimento di Botanica Sistemica per aver trovato un momento per me e per i loro consigli e indicazioni utili alla stesura di questo lavoro. Ringrazio Alessandro, mio amico, nonché compagno di studi e avventure, che mi ha sempre ascoltata e sostenuta, dandomi consigli e coraggio, che mi ha accompagnata, con gioia ed entusiasmo, ogni volta, camminando di fianco a me, per i campi recanatesi in cerca di fonti d'acqua storiche e pozzi, come se questa tesi fosse stata veramente la sua. Ringrazio Alessandro e sua moglie, nonché mia amica, Marta, per avermi ospitata a casa loro ogni volta che ne avevo necessità, per la tesi così come anche per il tirocinio, e per non avermi fatto mancare niente, come se fossi stata da sempre di famiglia. Ringrazio Ilaria, mia amica, per essermi stata vicino, per il suo supporto, per i suoi consigli ogni volta che ne avevo bisogno, per aver condiviso con me difficoltà, disperazioni e notti insonni, ma anche grandi risate. Forse per non piangere, ma comunque risate. Perché noi sappiamo che questo periodo universitario passerà alla storia. Perché ci ricorderemo, di questi momenti, così intensi e così troppo vicini al giorno della laurea, e ci verrà da ridere con le lacrime agli occhi, già dal fatto che ci siamo ritrovate, casualmente, a fare la stessa tesi, ma in luoghi differenti. Ringrazio i miei genitori, perché è solo grazie a loro che ho potuto continuare e completare il mio percorso di studi. Infine, ringrazio me stessa, per la mia tenacia e la mia pazienza nell'affrontare le situazioni più diverse, per aver sempre creduto in me stessa, per non aver mai perso il sorriso, e per essere diventata quello che sono.

13 febbraio 2020

Marina Sharra