



# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale – ICEA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria per l'ambiente e il territorio

## **IMPIANTO IDROVORO DI SANTA MARGHERITA DEL CONSORZIO DI BONIFICA BACCHIGLIONE: EVOLUZIONE STORICA E REGIMI DI FUNZIONAMENTO**

Tutor universitario:  
**Prof. Luca Carniello**

Laureando:  
**Marco Frizzarin**

N° matricola:  
**2004393**

A.A. 2022/2023



# Indice

<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Consorzio di bonifica Bacchiglione</b> .....	<b>6</b>
1.1 Cenni storici .....	6
1.1.1 Storia della bonifica .....	6
1.1.2 Nascita del Consorzio di bonifica Bacchiglione .....	7
1.1.3 Cattastico et perticazione della Sesta Presa del Piovado di Sacco .....	8
1.2 Consorzio di bonifica Bacchiglione .....	9
1.2.1 Il comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione .....	9
1.2.2 Evoluzione del consorzio negli ultimi anni .....	12
1.2.3 Obiettivi e linee di intervento dell'attività del consorzio .....	14
<b>2 Impianto idrovoro di Santa Margherita con evoluzione storica</b> .....	<b>18</b>
2.1 Il museo delle idrovore di Santa Margherita .....	18
2.2 Storia della Sesta Presa ed evoluzione territoriale del delta del Brenta .....	20
2.2.1 La Sesta Presa della Repubblica Serenissima .....	20
2.2.2 Evoluzione territoriale del delta del Brenta .....	21
2.3 Storia ed evoluzione dell'impianto .....	24
<b>3 Pompe: Principio di funzionamento e parametri caratteristici</b> .....	<b>31</b>
3.1 Principio di funzionamento.....	31
3.1.1 Introduzione .....	31
3.1.2 Pompa centrifuga .....	32
3.1.3 Principio di funzionamento della pompa centrifuga .....	34
3.2 Parametri caratteristici.....	37
3.2.1 Parametri della similitudine .....	37
3.2.2 Cavitazione .....	38
3.2.3 Grado di reazione .....	39
3.2.4 Altri parametri .....	40

<b>4 Analisi dati Consorzio</b> .....	<b>41</b>
4.1 Introduzione .....	41
4.2 Analisi dati pluviometrici .....	42
4.2.1 Analisi singole stazioni .....	42
4.2.2 Confronto tra stazioni .....	48
4.3 Analisi livelli attacco-stacco elettropompe .....	51
4.4 Confronto tra dati piogge e livelli attacco-stacco elettropompe .....	54
4.5 Referenze .....	58
<b>5 Conclusioni</b> .....	<b>77</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>79</b>



## Abstract

In questo elaborato lo scopo è quello di analizzare dapprima il Consorzio di bonifica Bacchiglione. Si vuole fare un'analisi storica sulla bonifica nella zona d'interesse, passando a definire la nascita del Consorzio, per poi passare a definire l'evoluzione negli ultimi anni del Consorzio stesso, mostrando l'adattamento alle problematiche della società. Si vuole poi descrivere il comprensorio, per poter poi fare un inquadramento generale sugli obiettivi e le linee d'intervento dell'attività del Consorzio.

Si vuole poi definire e descrivere l'impianto idrovoro di Santa Margherita, il quale è stato abilitato anche ad essere un museo storico delle idrovore. Inizialmente si vuole fare un inquadramento storico sulla Sesta Presa, ovvero la zona che poi confluisce nell'impianto idrovoro d'interesse e si vuole analizzare l'evoluzione territoriale del delta del Brenta, zona sempre d'interesse per l'idrovora di Santa Margherita. Quest'impianto idrovoro è stato preso in studio perché da fine Ottocento ad oggi ha avuto una profonda evoluzione e questo ha consentito di svolgere un'approfondita analisi sulla sua evoluzione, principalmente dal punto di vista tecnologico.

L'impianto idrovoro ha varie pompe per sollevare enormi quantità d'acqua. Si vuole quindi fare un'accurata analisi su di esse, partendo da un iniziale inquadramento generale, per poi passare ad analizzare in particolar modo la pompa centrifuga, tipologia utilizzata dall'impianto idrovoro di Santa Margherita. Su questa si vuole vedere in modo accurato il suo principio di funzionamento, sfruttando in particolar modo i vettori velocità per capire il movimento del fluido al suo interno. Sulle pompe centrifughe si vogliono inoltre elencare i principali parametri caratteristici che la compongono, capendo ancor meglio il suo comportamento e le sue caratteristiche.

Infine, il Consorzio è munito di un moderno sistema di telecontrollo dei principali impianti idraulici. Si vuole fare dapprima un'analisi sul funzionamento di attacco-stacco delle elettropompe dell'impianto idrovoro di Santa Margherita. Si vuole poi fare un'accurata analisi sulle piogge delle stazioni Patriarcato, Cambroso e Santa Margherita, comparandole anche tra di loro. Tali stazioni sono state scelte perché le piogge in esse registrate, vanno poi a defluire sull'idrovora del nostro caso studio. Si è infine proceduto a confrontare, nel lasso temporale 2017 ÷ 2022, eventuali analogie tra il funzionamento delle pompe dell'impianto idrovoro di Santa Margherita e le piogge che hanno interessato il bacino asservito dall'impianto stesso.

# 1 Consorzio di bonifica Bacchiglione

## 1.1 Cenni storici

### 1.1.1 Storia della bonifica

La pianura padano-veneta è un territorio costruito nei secoli tramite un incessante lavoro di bonifica idraulica. Le centuriazioni romane, le bonifiche dei monaci benedettini e le sistemazioni idrauliche della Repubblica di Venezia sono testimonianza di un lavoro secolare per regolare il flusso delle acque.

La modifica principale dell'assetto idraulico del territorio, da Padova alla laguna di Venezia, fu eseguita principalmente dalla Repubblica Serenissima, preoccupata soprattutto di salvaguardare la città di Venezia e la laguna circostante. A partire dal 1500 tutti i fiumi sfocianti in laguna e in prossimità della città furono deviati per non mettere a rischio la navigabilità e le attività della città lagunare. Le acque dei fiumi, specialmente dei periodi di piena, trasportavano infatti una grande quantità di sedimenti, che secondo i veneziani avrebbero potuto interrare parte della laguna, arrecando danni alla navigazione e anche all'attività di pesca. Se da una parte le nuove inalveazioni dei fiumi misero in sicurezza Venezia e il suo territorio lagunare, dall'altra si rivelarono un disastro per il territorio affacciato alla gronda lagunare, che da allora fu sempre più soggetto ad inondazioni e allagamenti.

Proprio per tentare di porre rimedio a tali problemi, il 23 giugno 1604, per decreto dei Pregadi, ossia i membri dell'antico senato di Venezia, furono Istituite le "Sette Prese del Brenta". Il territorio venne diviso in sette porzioni allo scopo di migliorare la gestione idraulica, a vantaggio non solo dell'agricoltura, ma anche della navigazione interna e della difesa degli allagamenti. Le sette prese del Brenta possono essere considerate l'origine dei "Consorzi di bonifica". In ogni presa venne individuato un proprio bacino idraulico, delimitato dai rami dei corsi d'acqua principali del sistema idrografico. Ogni presa veniva governata da un'amministrazione eletta dai proprietari dei terreni, che contribuivano altresì alle spese necessarie per la regolamentazione idraulica. Nacque così quello che ancora oggi rappresenta il principio di autogoverno.

Verso la metà del 1800 si diede inizio alla fase detta della "bonifica meccanica", ossia il prosciugamento di paludi, valli e zone soggette a continui allagamenti mediante l'uso di macchinari per innalzamento delle acque.

L'evoluzione della realtà storica, sociale ed economica ha determinato l'evoluzione del concetto di bonifica ("fare buono") e l'ampliamento dei campi d'intervento: la bonifica, oggi, interessa l'intero territorio con i centri abitati, gli insediamenti e le infrastrutture. (Compagno, 2019)

Nella *Figura 1.1* si può vedere una carta storica che mostra l'evoluzione delle principali vicende ed opere idrauliche avvenute a Venezia, così da capire meglio come la bonifica è intervenuta in questi ultimi secoli: (ConsorziodiBonificaBacchiglione, 2021)



Figura 1.1 – Carta storica delle principali vicende ed opere idrauliche di Venezia dal secolo XIV ai giorni nostri (disegnata dall'ingegnere civile Pietro Marcon, 1878)

### 1.1.2 Nascita del Consorzio di bonifica Bacchiglione

Il Consorzio di bonifica "Bacchiglione Brenta" è stato costituito con deliberazione della Giunta Regionale n. 1228 il 7 marzo 1978 in applicazione della L.R. n. 3/1976. Deriva dalla unificazione dei comprensori di sette Consorzi di bonifica: Bacchiglione Colli Euganei, Delta Brenta, Due Carrare, Foci Brenta Adige, Montà Portello, Patriarcato e Sesta Presa.

Il 19 maggio 2009, con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1408, si sono costituiti nuovi Consorzi di bonifica del Veneto, modificando così il nome da "Consorzio Bacchiglione Brenta" a "Consorzio Bacchiglione", mantenendo i confini invariati. (ConsorziodiBonificaBacchiglione, 2021)



### 1.1.3 Cattastico et perticazione della Sesta Presa del Piovado di Sacco

Si può definire il “Cattastico et perticazione della Sesta Presa del Piovado di Sacco”, in *Figura 1.2*, come uno dei documenti di maggior interesse dell’archivio storico del consorzio di bonifica Bacchiglione di Padova. Nella suddetta opera (complessivamente 2010 pagine) formata intorno al 1675, sono rappresentate graficamente tutte le proprietà dell’epoca di un territorio di oltre 20000 ettari. Quest’opera comprende in tutto o in parte, il territorio dei Comuni di Arzergrande, Bovolenta, Brugine, Campagna Lupia, Campolongo Maggiore, Camponogara, Codevigo, Correzzola, Dolo, Fossò, Legnaro, Noventa Padovana, Padova, Piove di Sacco, Polverara, Pontelongo, Ponte San Nicolò, S. Angelo di Piove, Saonara, Stra e Vigonovo, con dettagliate indicazioni ed una minuziosa rappresentazione dei corsi d’acqua, strade, ponti, abitazioni, ville, luoghi di culto e osterie. (Consorzio di Bonifica Bacchiglione, 2021)

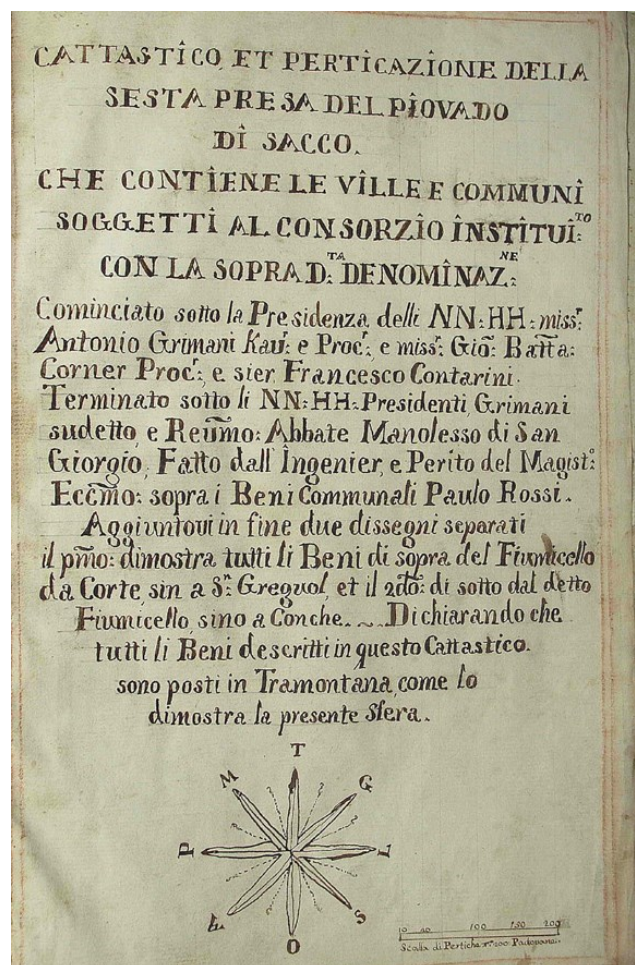


Figura 1.2 - Cattastico et perticazione della Sesta Presa del Piovado di Sacco

## 1.2 Consorzio di bonifica Bacchiglione

### 1.2.1 Il comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione

Il Consorzio di bonifica è un ente pubblico economico istituito dalla Regione Veneto nel 2009. Esso è amministrato direttamente dai propri consorziati – cioè da tutti i proprietari di immobili (terreni e fabbricati) ricadenti nel territorio di competenza. Il sostentamento del Consorzio proviene dai contributi consortili versati annualmente. L'ente svolge compiti di progettazione e gestione di interventi pubblici per la salvaguardia del territorio e dell'ambiente, occupandosi inoltre dell'esercizio e della manutenzione di impianti e corsi d'acqua della rete idrografica minore (canali di scolo), compresa tra i fiumi Bacchiglione e Brenta, in un territorio che si estende dai Colli Euganei alla laguna di Venezia.

Le competenze per la gestione del territorio dal punto di vista idraulico sono suddivise tra la Regione Veneto che si occupa dei fiumi, il Consorzio di bonifica, che ha in gestione i corsi d'acqua minori (canali di scolo), e infine i Comuni e i privati, ai quali competono rispettivamente le condotte per le acque piovane (fognature bianche) e la manutenzione della fossatura privata.

Il logo rappresentativo del Consorzio (*Figura 1.3*) si può vedere:



Figura 1.3 Logo del Consorzio di bonifica Bacchiglione

Il comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione si estende nella Pianura Padana Veneta per 58247 ettari. Esso più precisamente è racchiuso:

- a nord dal corso del fiume Bacchiglione, dal canale Brentella, dal Naviglio Brenta e dagli scoli consorziali Brentella Vecchia e Fiumazzo;
- a sud dal fiume Brenta, dal fiume Bacchiglione e dai canali di Cagnola, Vigenzone, di Sottobattaglia;
- ad est dal canale Novissimo e dall'argine di conterminazione lagunare;
- ad ovest dalla dorsale dei Colli Euganei e dalla strada Frassanelle.

Si può meglio vedere l'inquadramento idraulico del consorzio nella *Figura 1.4*:

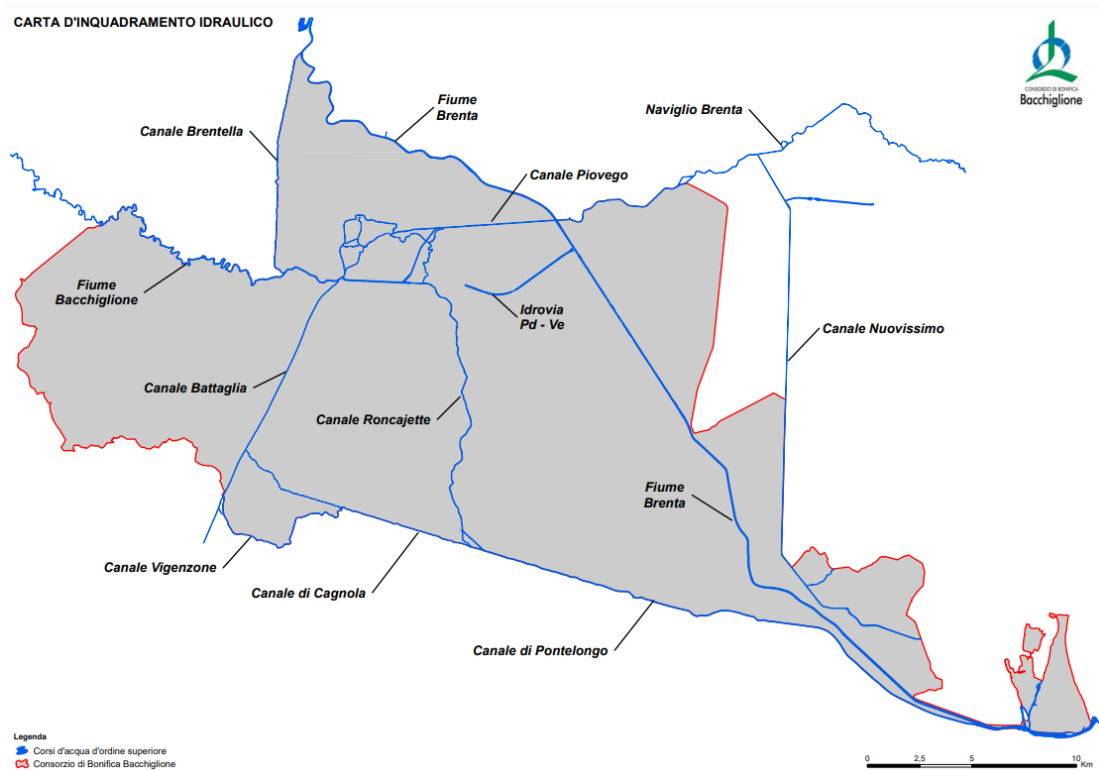


Figura 1.4 - Carta di inquadramento idraulico del Consorzio di bonifica Bacchiglione

Esso comprende 39 *Comuni* distribuiti nelle provincie di Padova e Venezia. L'allontanamento delle acque piovane dal comprensorio è garantito attraverso una rete di canali di 941 km di lunghezza e dal funzionamento di 43 *impianti di pompaggio* (idrovoce) che mediamente sollevano un volume di 70 miliardi di litri d'acqua l'anno. Ben 14435 *ettari* del territorio consortile necessitano infatti di una costante azione di pompaggio meccanico per l'espulsione delle acque e ulteriori 21734 *ettari* sono sottoposti a scolo alternato (le pompe entrano in funzione solo quando il livello dei fiumi non consente il deflusso naturale delle acque). Le aree con disponibilità d'acqua per l'irrigazione hanno un'estensione complessiva di 17004 *ettari*. Il servizio consortile consiste essenzialmente nell'immissione di acque prelevate dai fiumi nei canali di scolo opportunamente regolati, al fine di consentire l'irrigazione da parte delle aziende agricole. (Consorzio di Bonifica Bacchiglione, 2021)

I dati consortili si possono meglio vedere nella *Tabella 1.1*, mentre la carta dei sottobacini idraulici, che rendono l'idea della suddivisione del Consorzio, si possono vedere nella *Figura 1.5*:

<b>Estensione totale del comprensorio</b>	58247 ettari
<b>Superficie sotto il livello del mare</b>	4150 ettari
<b>Superficie a deflusso meccanico</b>	14435 ettari
<b>Superficie a deflusso alternato</b>	21734 ettari
<b>Superficie a deflusso naturale</b>	22078 ettari
<b>Superficie irrigabile</b>	17004 ettari
<b>Reticolo idrografico in gestione</b>	941 chilometri
<b>Popolazione residente</b>	450000 abitanti
<b>Impianti idrovori</b>	43
<b>Portata complessiva impianti idrovori</b>	195330 litri al secondo
<b>Manufatti totali in gestione</b>	598
<b>Comuni del comprensorio</b>	39
<b>Province</b>	2

Tabella 1.1 – Dati consorziali del comprensorio aggiornato a 03/09/2021

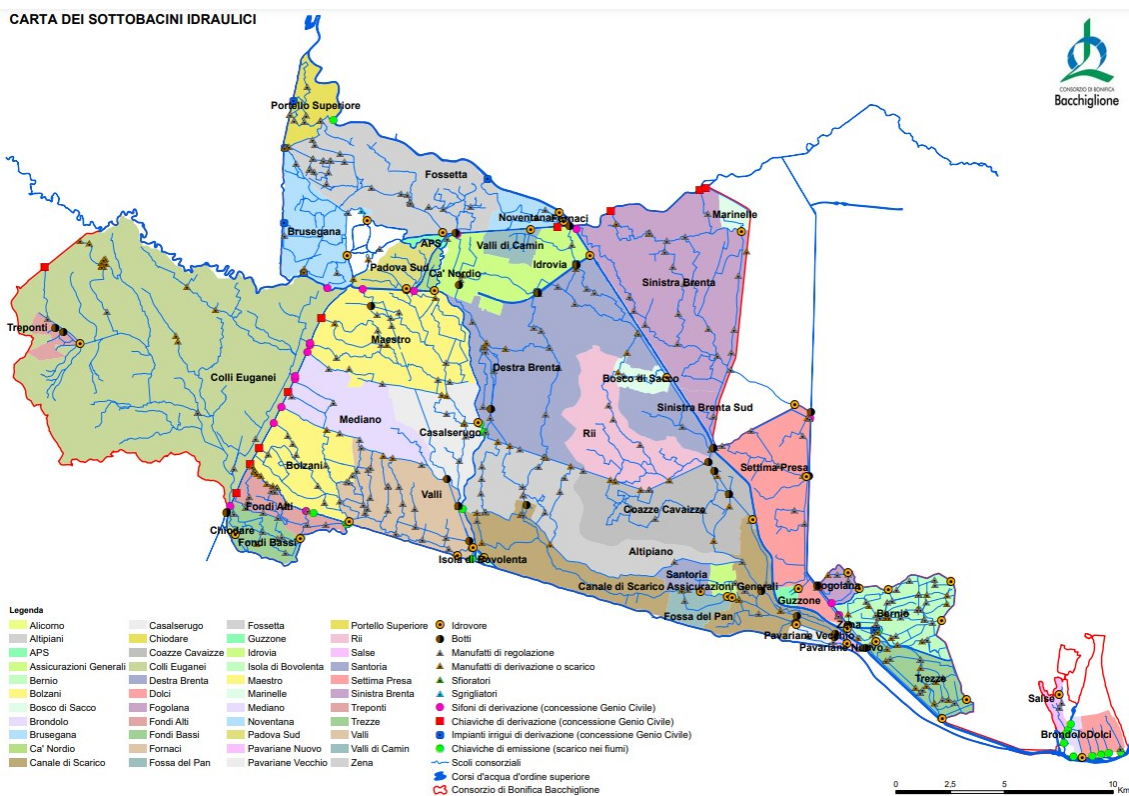


Figura 1.5 - Carta dei sottobacini idraulici del Consorzio di bonifica Bacchiglione

### 1.2.2 Evoluzione del consorzio negli ultimi anni

Le trasformazioni d'uso del territorio avvenute nel comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione, con notevole espansione delle aree urbanizzate, ha costretto il Consorzio a rivedere e ricalcolare molte delle strutture di bonifica.

Per evidenziare tale fenomeno si riportano, in *Tabella 1.2*, alcuni dati relativi all'evoluzione delle aree urbanizzate avvenuta tra il 1960 ed il 2000:

BACINO	ESTENSIONE COMPLESSIVA ETTARI	AREE URBANIZZATE		
		1960 ETTARI (%)	1980 ETTARI (%)	2000 ETTARI (%)
Patriarcati	10024	1081 (10,8)	1667 (16,6)	2248 (22,4)
Due Carrare	1204	25 (2,1)	59 (4,9)	122 (10,1)
Montà - Portello	5229	1485 (28,4)	2235 (42,7)	2851 (54,5)
Colli Euganei	11804	533 (4,7)	1538 (13,0)	2331 (19,7)
Sesta Presa	26155	1267 (4,8)	3073 (11,7)	4836 (18,5)
Delta Brenta	2367	14 (0,6)	50 (2,1)	52 (2,2)
Foci Brenta	1049	141 (13,4)	326 (31,1)	425 (40,5)

Tabella 1.2 – Aumento delle aree urbanizzate tra gli anni 1960-2000 nei vari bacini del Consorzio di bonifica Bacchiglione

All'aumentare dell'urbanizzazione l'acqua piovana non può essere assorbita dal terreno, accumulata e rallentata nei fossi. Quindi si infila meno nel sottosuolo e fa aumentare la quantità d'acqua che rimane in superficie, ovvero l'acqua che viene scaricata nella rete di bonifica. Per questi motivi la portata scaricata da una zona urbana è anche 20 volte superiore rispetto a quella di un'area agricola. Questo fenomeno è raffigurato schematicamente nella *Figura 1.6*:

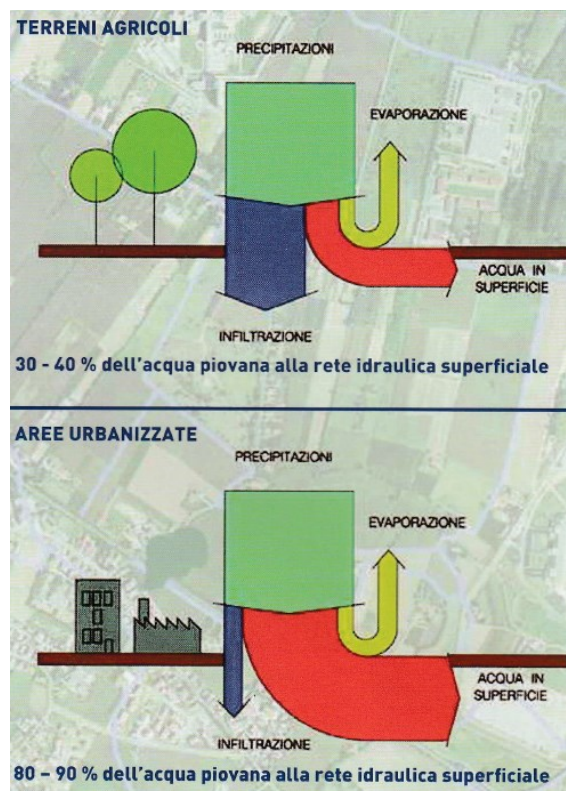


Figura 1.6 – Effetti dell'acqua piovana su terreni urbanizzati o meno

Dal grafico, in *Figura 1.7*, si può capire come l'urbanizzazione abbia fatto aumentare negli ultimi quarant'anni il numero dell'acqua defluita e di conseguenza il numero di impianti idrovori e la portata complessiva degli stessi all'interno del Consorzio.

Si è passati dai 15 impianti idrovori con portata complessiva di 63000 l/s negli anni '80, ai 43 impianti con portata complessiva di 195330 l/s ad oggi.

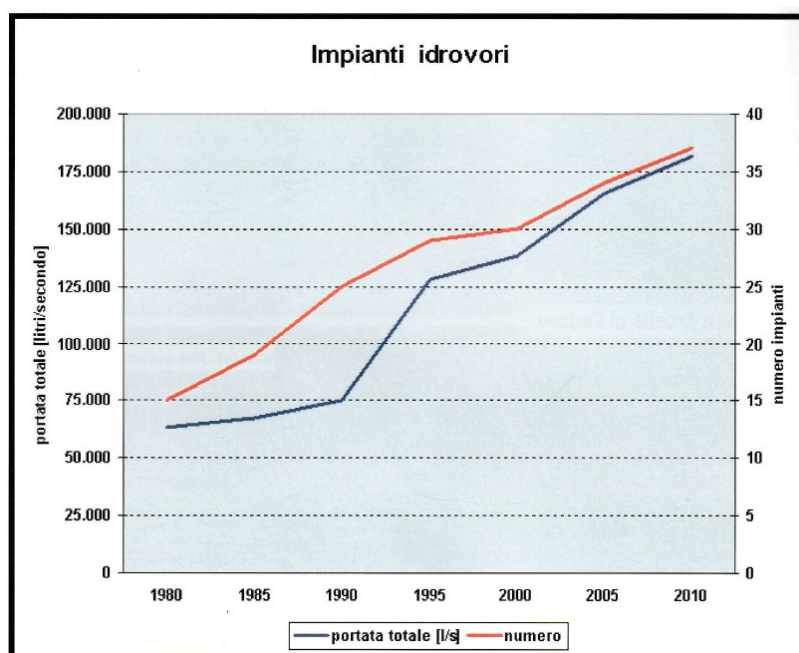


Figura 1.7 – Numero e portata degli impianti idrovori dal 1980 ad oggi

Oltre all'aumento del numero degli impianti e alle loro portate complessive il Consorzio ha investito anche su un moderno sistema di telecomando e telecontrollo dei principali impianti e manufatti idraulici, costituito dal centro di controllo e da una quarantina di periferiche.

Le periferiche sono in grado di rilevare in continuo e trasmettere le misurazioni di interesse, quali:

- il livello dell'acqua nei canali e nei fiumi;
- la pioggia oraria registrata dalle varie stazioni pluviometriche dislocate nel territorio;
- il funzionamento e i livelli di attacco-stacco delle pompe;
- la potenza assorbita dai motori;
- il grado di apertura delle paratoie;
- la presenza di tensione nella rete ENEL.

Il sistema può essere quindi interrogato e le manovre possono essere eseguite dal personale abilitato, anche con accesso via INTERNET. In questo modo sono garantiti 24 ore su 24 il monitoraggio e la gestione da remoto degli impianti del Consorzio; infatti, anche al di fuori dell'orario di lavoro, il personale reperibile può intervenire tramite personal computer portatili in dotazione.

Questo sistema è stato anche abilitato ai Comuni, Protezione Civile, Genio Civile e ARPAV. (Veronese, 2009)

### **1.2.3 Obiettivi e linee di intervento dell'attività del consorzio**

#### Fare spazio per le acque

La risposta ai maggiori deflussi conseguenti all'urbanizzazione è stata per vari decenni, come già visto, l'adeguamento dalla rete di bonifica al fine di renderla in grado di smaltire velocemente maggiori portate: allargando la sezione dei canali, aumentando il numero e la portata degli impianti idrovori. Questa tecnica ha comportato qualche miglioramento locale, però ha trasferito spesso il problema a valle.

Con il passare degli anni ci si è accorti quindi che "fare spazio all'acqua", ovvero aumentare i volumi d'invaso, era una scelta pressoché obbligatoria al fine di migliorare la sicurezza idraulica. Si può quindi vedere per le diverse situazioni la gestione di tale problematica:

- Fiumi: Dato che gli alvei dei fiumi non sono sufficienti a contenere le prevedibili portate di piena, ed è improponibile ampliare la sezione dei fiumi, la migliore soluzione da adottare è quella di ridurre le portate di piena dei fiumi stessi mediante bacini di laminazione;

- Canali: Le migliori tecniche adottate sono quelle di costruire vasche di laminazione su vari parchi, i quali vengono allagati in occasione di forti piogge, così da trattenere le acque e migliorare la sicurezza idraulica del territorio. Si può meglio vedere in un esempio nella *Figura 1.8*:



Figura 1.8 – Scolo Poggese con vasca di laminazione delle acque a Monterosso, Abano terme

- Acque piovane su territorio urbanizzato: Si progettano volumi per l'accumulo delle acque piovane e il successivo rilascio delle stesse in modo da limitare la portata scaricata dai ricettori finali. Per motivi di efficienza si cerca di costruire un intero comparto urbano, con volume di invaso pari alla somma dei volumi richiesti dai singoli interventi, rispetto a piccole vasche di accumulo da gestire singolarmente. Inoltre, nella costruzione di nuove opere, si cerca di rispettare il principio di invarianza idraulica, ovvero il principio per cui la trasformazione di un'area non deve provocare un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

### Irrigazione

Anche se il comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione è il più urbanizzato della regione Veneto, l'agricoltura riveste comunque una notevole importanza. Al riguardo, le azioni e gli interventi che ha realizzato e programmato sono molteplici e indirizzati su differenti fronti, avendo tutti lo scopo comune di fronteggiare con l'irrigazione la siccità, la quale è accentuata dai cambiamenti climatici. Tale problematica si sta affrontando:

- Installando elettropompe per riutilizzare acque per l'irrigazione che altrimenti andrebbe perduta;
- Operando con interventi strutturali di trasformazione della rete di distribuzione irrigua, mediante impianti tubati in bassa pressione, così da servire le aziende in modo più efficiente risparmiando acqua;
- Creando interconnessioni tra bacini, allo scopo di riutilizzare le acque e favorire le zone che subiscono la carenza idrica;



- Realizzando nuovi volumi d'invaso, che servono per accumulare e sfruttare l'acqua piovana raccolta nei momenti di necessità;
- Adeguando, mediante automazione e telecontrollo, i vari manufatti per regolare l'ingresso e l'uscita di aree umide e specchi d'acqua, così da fare un maggiore risparmio;
- Estendendo le aree per l'irrigazione, questo perché a seguito dei cambiamenti climatici, anche aree dove in passato bastava l'apporto delle acque piovane per il loro sostentamento, ora necessitano di un servizio irriguo;
- Sensibilizzando gli agricoltori al risparmio idrico, mediante assemblee.

## Ambiente

Migliorare la qualità dell'ambiente è un obiettivo trasversale di tutte l'attività del Consorzio.

Una delle più grandi opere del Consorzio in tale ambito sono stati gli interventi per il disinquinamento nel bacino scolante della laguna di Venezia, su incarico della Regione Veneto. Le finalità degli interventi consiste nell'aumentare i tempi di residenza delle acque nei canali e favorire tutti i processi fisici, chimici e biologici che determinano un miglioramento delle qualità delle acque che defluiscono in laguna. Si può meglio capire nella *Figura 1.9*:

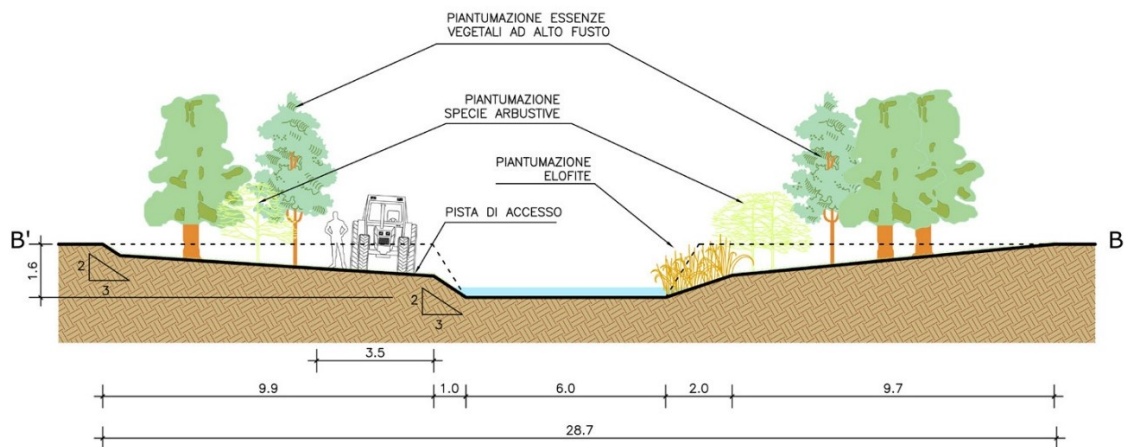


Figura 1.9 – Rappresentazione del processo di fitodepurazione

## Comunicazione

Comunicare, far conoscere, sensibilizzare, promuovere iniziative per le scuole sono ormai parte integrante dell'attività del Consorzio, al pari dei lavori di manutenzione di canali e idrovore. Se un corso d'acqua non è valorizzato ed apprezzato non viene neppure rispettato e diventa il recapito di scarichi e oggetto di abusi e manomissioni di tutti i tipi.

### Collaborazione e accordi con i comuni

Per il Consorzio è fondamentale ricercare accordi, in particolar modo con i comuni, questo perché è oramai obbligatorio avere la presenza dei sindaci negli organi di amministrazione del Consorzio. Inoltre gli accordi sono importanti per riuscire, con il cofinanziamento dei comuni, a realizzare opere per le quali, altrimenti, non ci sarebbe copertura della spesa.

Dalla *Tabella 1.3* si può capire quanto gli accordi con i comuni aiutino in parte le spese del Consorzio: (Compagno, 2019)

<b>Comune</b>	<b>Importo del finanziamento comunale</b>
<b>Vigonovo</b>	149.000,00€
<b>Montegrotto Terme</b>	128.494,00€
<b>Fossò</b>	50.000,00€
<b>Piove di Sacco</b>	50.000,00€
<b>Campolongo Maggiore</b>	48.290,00€
<b>Polverara</b>	46.000,00€
<b>Ponte San Nicolò</b>	45.000,00€

Tabella 1.3 – Finanziamenti dei comuni nel 2014 per interventi manutentori di carattere straordinario sulla maglia idraulica territoriale

### Principali attività del Consorzio

Le principali attività del Consorzio in modo completo e schematico sono:

- Partecipare all'elaborazione dei piani territoriali e urbanistici, nonché dei piani e programmi di difesa dell'ambiente contro gli inquinamenti e di protezione del suolo;
  - Eseguire la manutenzione, l'esercizio e la vigilanza delle opere di bonifica, delle opere idrauliche e delle opere relative ai corsi d'acqua naturali pubblici;
  - Eseguire la manutenzione delle opere di bonifica obbligatorie per conto di terzi, l'ammodernamento e l'adeguamento delle opere idrauliche e irrigue esistenti di competenza dello Stato, della Regione o di altri enti territoriali, affidate in concessione;
  - Coordinare iniziative a carattere territoriale inerenti lo scolo delle acque;
  - Partecipare a enti, società e associazioni la cui attività riveste un interesse per l'aumento dell'efficacia nel proseguimento delle finalità istituzionali;
  - Sostenere e promuovere attività culturali volte a promuovere gli impianti e l'importanza del territorio e del rispetto di esso, come il progetto scuole, le visite guidate e altre iniziative.
- (Consorzio di Bonifica Bacchiglione, 2021)

## 2 Impianto idrovoro di Santa Margherita con evoluzione storica

### 2.1 Il museo delle Idrovore di Santa Margherita

Fra le vaste distese agricole bonificate, a ridosso degli alvei fluviali del Brenta e del Bacchiglione prossimi alla foce, si staglia l'edificio dell'idrovora di Santa Margherita, inquadramento geografico in *Figura 2.1*, sviluppato su un unico piano e sovrastato da un'alta ciminiera. L'impianto di sollevamento, realizzato nel 1888 e tuttora perfettamente funzionante, è un'importante testimonianza delle opere di allontanamento e controllo delle acque effettuate nelle aree prossime alla laguna, da sempre soggette a malsani impaludamenti e alle disastrose esondazioni dei grandi fiumi che scorrono nelle vicinanze.

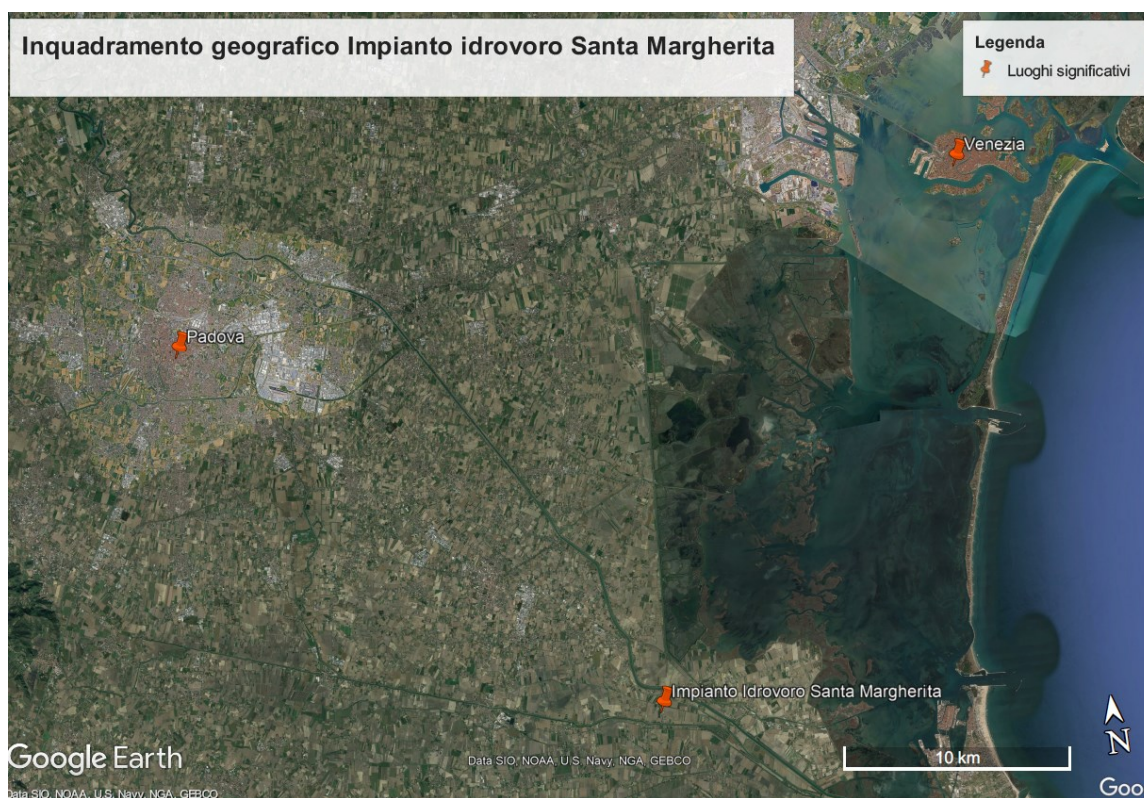


Figura 2.1 – Inquadramento geografico dell'impianto idrovoro di Santa Margherita

Nel 2005 si è deciso di rendere questo luogo anche un museo espositivo, ultimando i lavori di ristrutturazione dell'ex carbonaia (*Figura 2.2*), ovvero luogo nel quale si depositava il carbone, la cui costruzione risale al 1886. Si è ristrutturato per ricavarvi all'interno spazi espositivi destinati a mostre e proiezioni di materiale informativo multimediale.

Il "museo delle idrovore" in realtà è un impianto idrovoro ancora in funzione anche se ha più di un secolo di vita.

STATO DI FATTO - prospetti

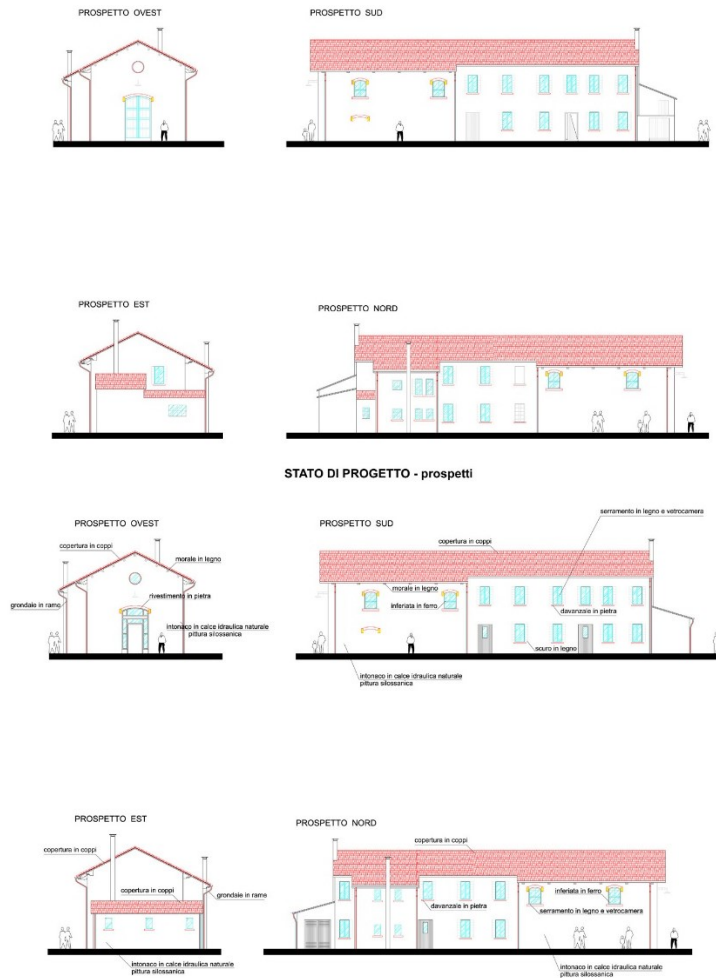


Figura 2.2 – Prospetto dell'ex carbonaia prima e dopo i lavori di ristrutturazione

Oltre alla storia del funzionamento dell'impianto, nel complesso idrovoro si possono ancora vedere le bolle d'aria nel canale di scarico per l'inizio del funzionamento della pompa centrifuga, si può assistere alle operazioni di messa in moto dei vecchi motori diesel degli anni Trenta ancora funzionanti. Il tutto è riconosciuto a livello globale da diverse organizzazioni (Figura 2.3). (Consorzio di Bonifica Bacchiglione, 2010)



Figura 2.3 – Logo del Water Museum of Venice e del Water Museum global network di cui fa parte l'impianto idrovoro di Santa Margherita

## 2.2 Storia della Sesta Presa ed evoluzione territoriale del delta del Brenta

### 2.2.1 La Sesta Presa della Repubblica Serenissima

Per capire meglio l'evoluzione storica dell'impianto Idrovoro di Santa Margherita, bisogna prima capire l'evoluzione della zona nella quale è situata.

Fin da epoca antichissima la situazione del territorio consorziale, e in particolare quella della sua parte bassa, è rimasta subordinata alle vicende del fiume Brenta, alle opere di sistemazione fluviale e a quelle di difesa della Laguna Veneta. Nel XV secolo lo sbocco del fiume Brenta fu portato, insieme a quello del fiume Bacchiglione, nella laguna di Chioggia. Tra questi lavori si cita l'importante scavo della Brenta Nova (da Dolo a Conche) fatta nel 1507.

Una svolta importante si ebbe nel 1604, quando la Repubblica Veneta, per ovviare al disordine idraulico esistente nell'intera Regione, decretò l'allontanamento del Brenta e altri fiumi minori dalla Laguna, costituendo le "Sette prese del Brenta", una delle quali è l'origine del Consorzio Sesta Presa. In quegli anni la prima grande opera idraulica realizzata fu l'ultimazione dello scavo del Taglio Novissimo (da Mira a Brondolo) avvenuta nel 1610. Il territorio del Consorzio di Sesta Presa si può vedere nella corografia in *Figura 2.4*:



Figura 2.4 – Corografia del Consorzio di Sesta Presa con bacino di Settima Presa Inferiore

Nei secoli successivi si svilupparono nuovi scoli che portarono alla costruzione di numerose botti a sifone. In particolar modo, dopo le frequenti rotte del Brenta che sconvolsero la sistemazione idraulica della Sesta Presa, il Governo austriaco decise di ricondurre il Brenta a sfociare in laguna a Conche (1840), e a scavare un nuovo Taglio del Brenta da Stra a Corte (La Cunetta), che ne abbreviò il percorso. (Veronese, 2009)

## 2.2.2 Evoluzione territoriale del delta del Brenta

Nel 1842 si ultimò la remissione del Brenta in laguna, portando così alla formazione del delta, che si delineò in circa vent'anni, passati i quali il Brenta venne definitivamente estromesso dalla laguna riportandone la foce a Brondolo. Esso si può vedere in *Figura 2.5* dove la sua fisionomia è più compatta nell'area settentrionale, portando a nuovi insediamenti umani e timidi segni dell'attività agricola.



Figura 2.5 – Delta del fiume Brenta nel 1960

L'evoluzione del delta che poi è avvenuta nel secolo successivo si può delineare nelle quattro fasi seguenti:

-1892: l'insediamento è concentrato nella parte settentrionale, in territorio Padovano. Compaiono così le prime arginature che delimitano gli spazi adibiti all'agricoltura. Il settore meridionale è invece ancora soggetto alle acque del Brenta (*Figura 2.6*).

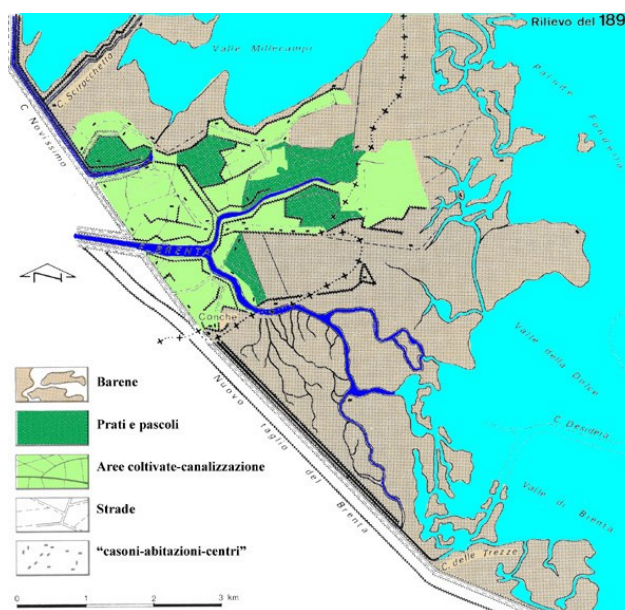


Figura 2.6 – Rilievo del delta del Brenta nel 1892

-1911: l'insediamento ancora non si è espanso, ma si intensifica l'attività agricola e si sviluppano le reti viarie. Le colture si inseriscono anche nell'area chioggiotta. Il Brenta è ormai estromesso dalla laguna (Figura 2.7).

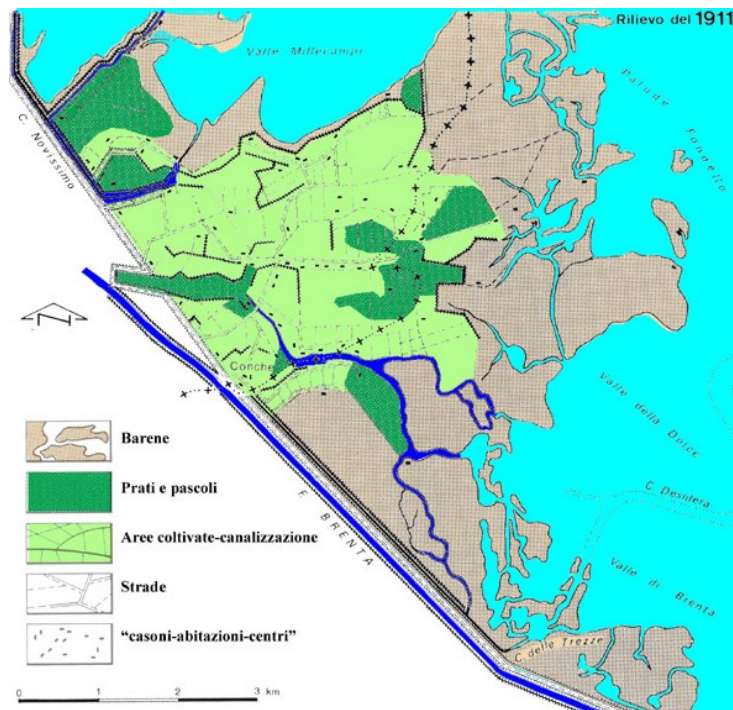


Figura 2.7 – Rilievo del delta del Brenta nel 1911

-1931: l'area bonificata è ormai nettamente delineata dall'arginatura della linea di conterminazione lagunare verso la quale si orienta lo sviluppo della rete scolante che convoglia le acque alle idrovore. L'abitato di Conche si sposta verso il cuore della bonifica. Sono però ancora diffuse aree non messe a coltura (Figura 2.8).

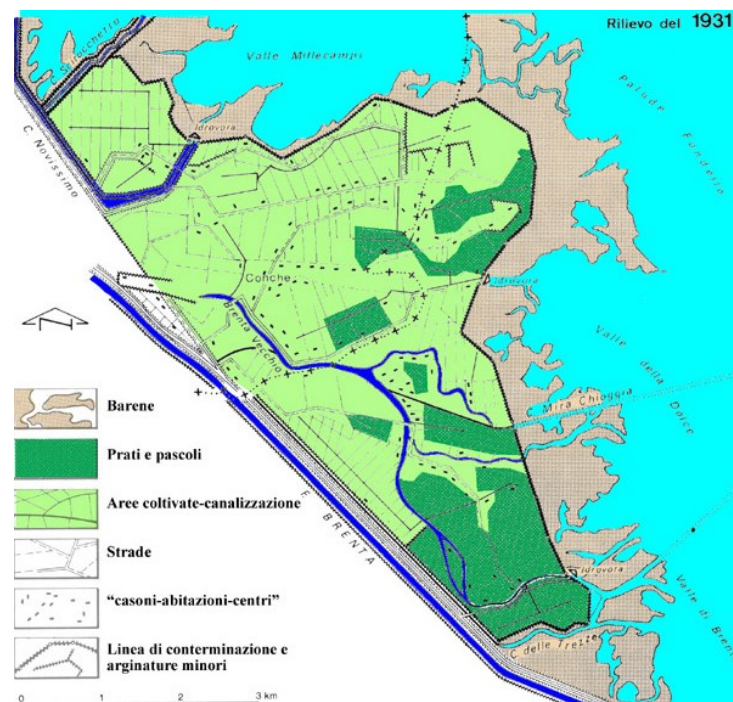


Figura 2.8 – Rilievo del delta del Brenta nel 1931

-1963: appare un intenso insediamento umano e lo sviluppo del reticolo viario; tutto il delta è messo a coltura. Il canale Mira-Chioggia e la via Romea, paralleli, dividono il settore Padovano settentrionale da quello meridionale gravitante su Chioggia (figura 2.9). (Consorzio di Bonifica Bacchiglione, 2010)

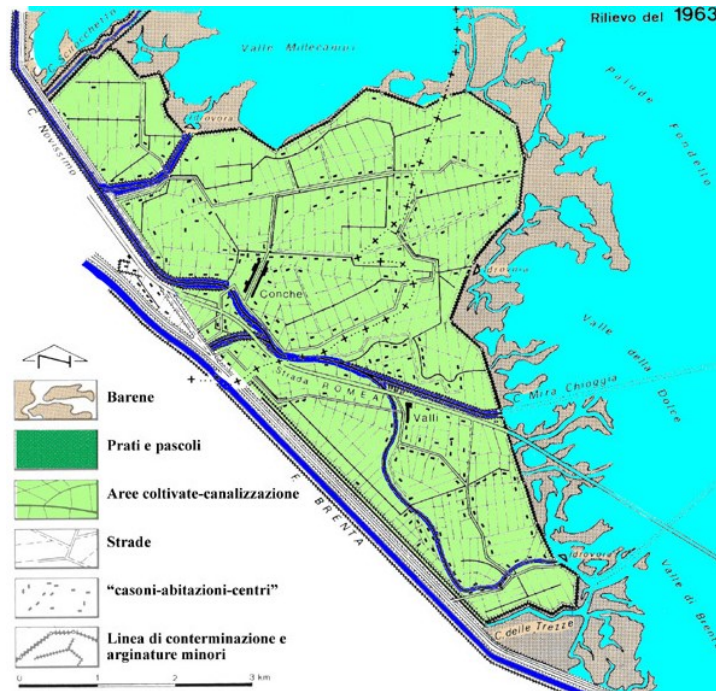


Figura 2.9 – Rilievo del delta del Brenta nel 1963



## 2.3 Storia ed evoluzione dell'impianto

La deviazione del fiume Brenta del 1840 fece peggiorare le condizioni idrauliche ed igieniche del territorio della Sesta Presa, la quale rese paludosa tutta la parte bassa. Dopo l'evento disastroso del 1882, nel quale ci fu la rottura degli argini del fiume Brenta e Bacchiglione in quattro diversi punti che allagò per mesi il territorio consorziale, si decise di bonificare i terreni paludosi ricadenti in quel territorio. Le acque dei terreni alti furono separate da quelle dei terreni bassi e condotte a scaricare nella laguna sottopassando il Brenta. Le acque basse, incanalate nel collettore principale Schilla, confluirono in un bacino di raccolta a Santa Margherita di Codevigo dal quale, sollevate meccanicamente, vennero espulse nella laguna insieme a quelle del bacino a scolo naturale, poco a monte del sifone sottopassante il Brenta. L'impianto idrovoro entrò in funzione nel 1888 (Figura 2.10) e tutti i lavori vennero completati nel 1895. (Veronese, 2009)

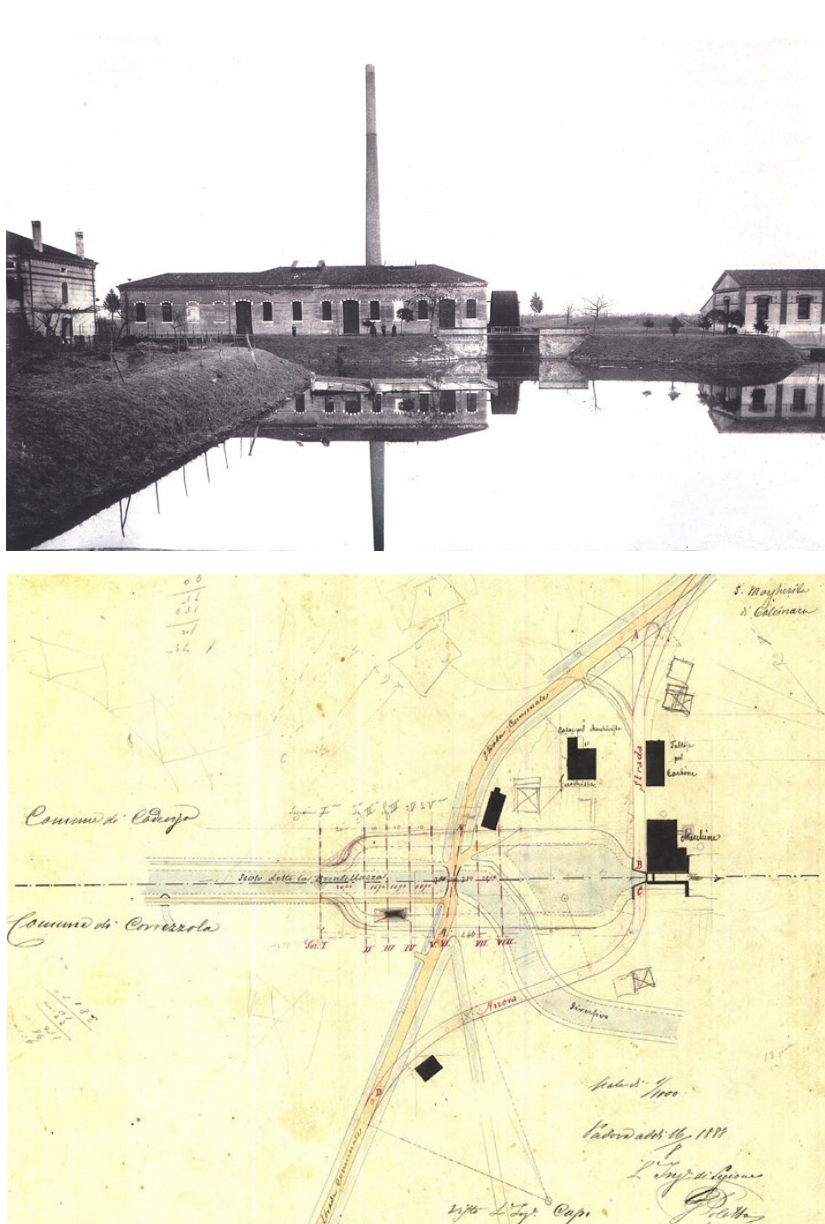


Figura 2.10 – Panoramica e planimetria dell'impianto Idrovoro Santa Margherita nel 1888

Il primo impianto idrovoro nella zona centrale era costituito da una ruota “a schiaffo” (Figura 2.11) dal diametro di 10.50 metri, con 30 pale larghe 3.34 metri, azionata da una motrice a vapore (da 400 CV) generata da quattro grandi caldaie. Essa era capace di smaltire 5500 litri/secondo (l/s), alla prevalenza di 2.20 metri. Al tempo tale ruota era considerata la più grande del mondo.

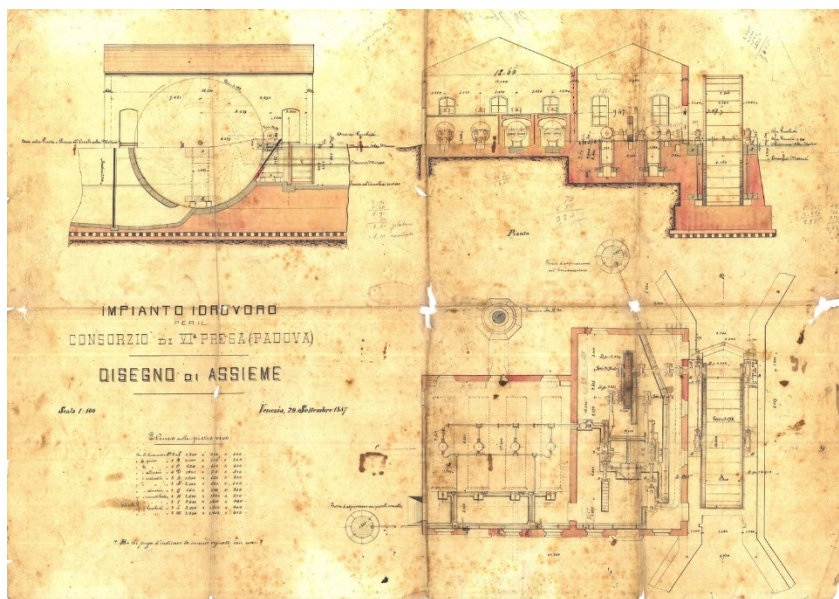


Figura 2.11 – Santa Margherita di Codevigo: Panoramica della ruota a schiaffo; prospetto, sezione e pianta del fabbricato e della ruota a schiaffo

Nell’anno 1898 l’impianto idrovoro venne ampliato in una seconda sala macchine con l’installazione di due turbine ad asse verticale ciascuna della portata di 1700 litri al secondo (l/s) alla prevalenza di 2.10 m. Esse erano azionate da due motori a vapore della potenza di 87 CV ciascuna, alimentate con vapore a 9 atm fornito da due caldaie tipo Cornovaglia. Esso si può vedere nella Figura 2.12.

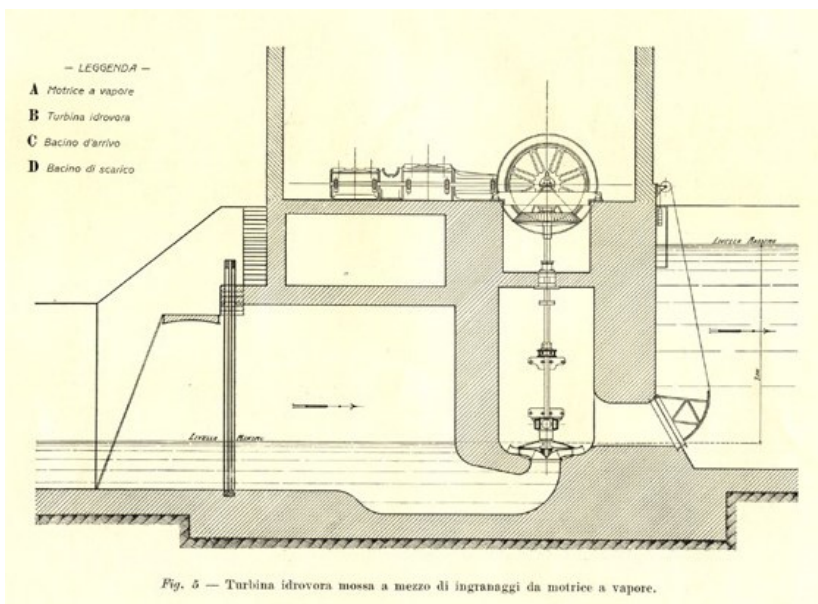


Figura 2.12 – Sala macchine con motrici a vapore e Schema di turbina ad asse verticale

Nel dicembre del 1911 fu portato a compimento un nuovo impianto idrovoro in una terza sala macchine, il quale era costituito da due pompe centrifughe azionate mediante motori a gas povero (Figura 2.13). Ognuna delle due pompe poteva sollevare 2810 litri al secondo (l/s), alla prevalenza di 2.8 metri. Però a seguito dell'elevato prezzo raggiunto dall'antracite durante la guerra e alle difficoltà che talora sorgevano per assicurarsi il rifornimento di tale combustibile, il consorzio studiò nel 1917 il modo di sostituire al gas povero l'energia elettrica nell'azionamento di due pompe centrifughe. Mediante accordi presi con la Società Adriatica di Elettricità si assicurò l'energia occorrente per azionare le due pompe dalla potenza di 180 CV ciascuno e furono affidati i lavori per la costruzione del macchinario elettrico, il quale entro in funzione nel 1919. (Figura 2.14)

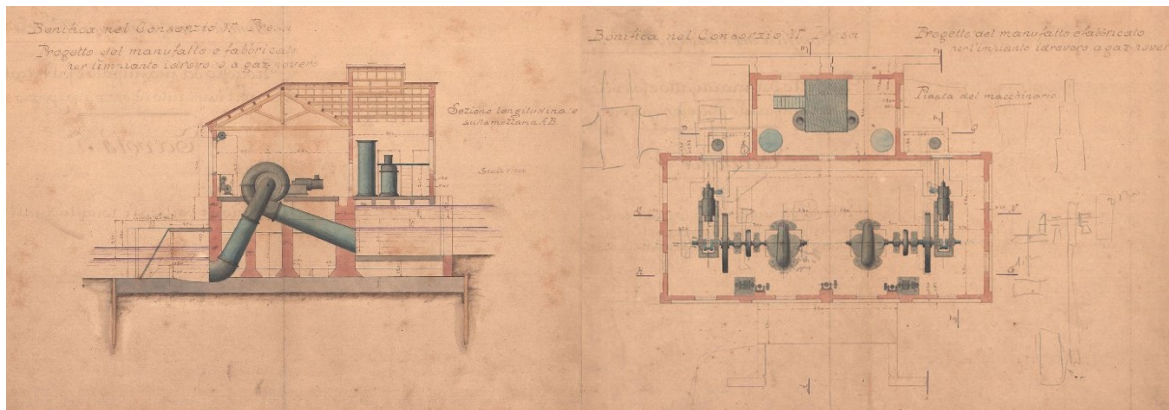


Figura 2.13 – Sezione e pianta della sala macchine nel 1911: sono visibili le pompe centrifughe, le motrici a gas povero e i gasogeni.

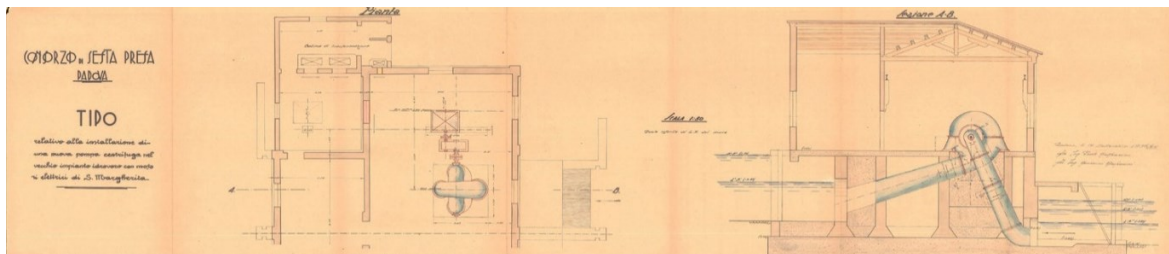


Figura 2.14 – Sezione e pianta dell'impianto elettrificato nel 1917

Negli anni compresi tra il 1930 ed il 1936 la ruota idrovora a schiaffo della sala macchine principale, ormai inservibile, venne demolita. L'edificio adibito alla sala motori venne ampliato ed al suo interno vennero installati due gruppi pompa centrifuga-motore diesel della ditta Franco Tosi di Legnano (Figura 2.15). Ciascuno era costituito dalla portata di 3000 litri al secondo (l/s), potenza di 180 CV e prevalenza di 2.80 metri. Due delle quattro caldaie, ancor oggi conservate all'interno dell'impianto, furono convertite in serbatoi per il gasolio. Queste imponenti macchine motrici (Figura 2.16) sono esposte nella prima sala macchine (quella centrale), dove una delle due è ancora collegata alla pompa centrifuga ed è ancora perfettamente funzionante come riserva. Questi gruppi sono oramai sostituiti da motori elettrici.

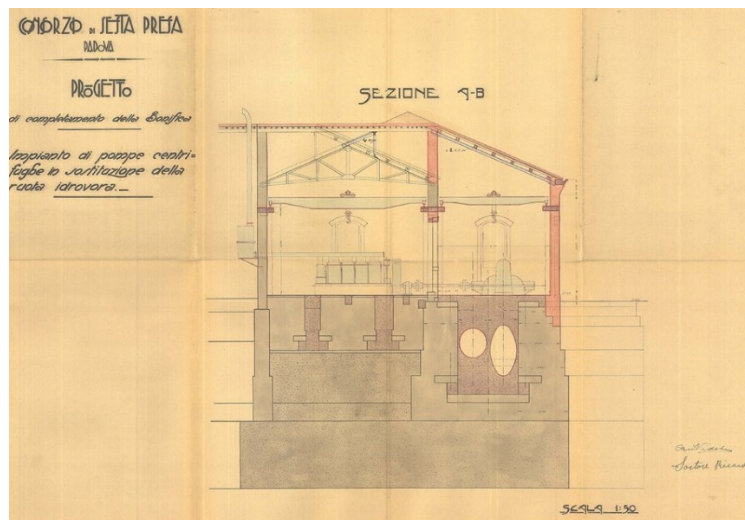
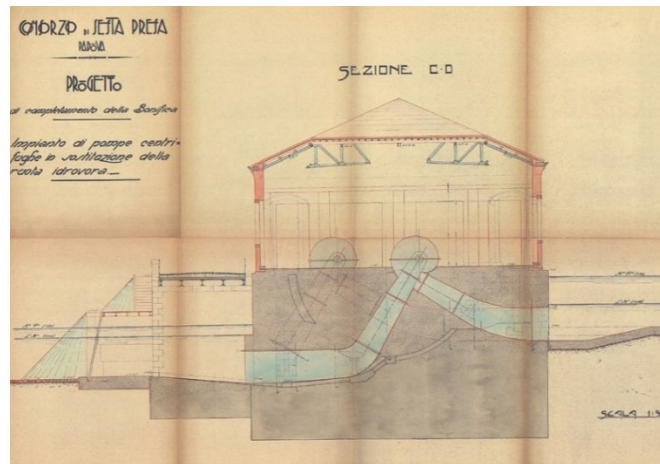
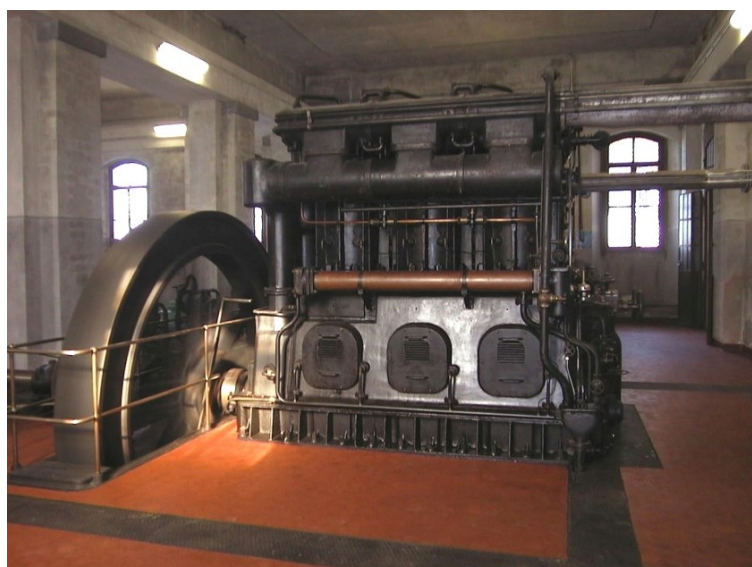


Figura 2.15 – Sezione longitudinale e trasversale del nuovo impianto. Sono visibili i bacini di presa e di scarico, la struttura dell’edificio e le due pompe centrifughe con relative tubazioni di aspirazione e scarico.



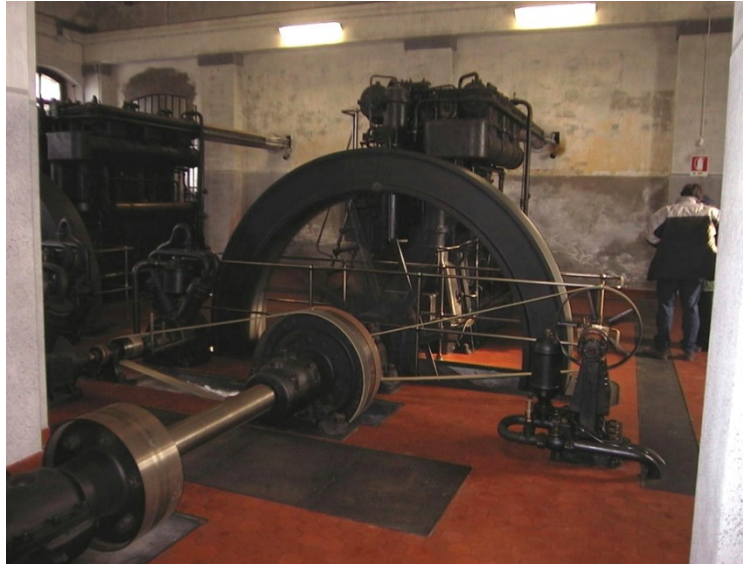


Figura 2.16 – Motore diesel e albero di trasmissione “Franco Tosi”

Nell’anno 1954 le due turbine ad asse verticale della seconda sala macchine furono sostituite con due pompe centrifughe dalla portata complessiva di 3000 litri al secondo (l/s). Esse sono azionate dal motore diesel Franco Tosi della potenza di 220 CV a 550 giri al minuto giri/min o, in alternativa dall’attuale motore elettrico di 220 CV, ancora in utilizzo. (Figura 2.17)

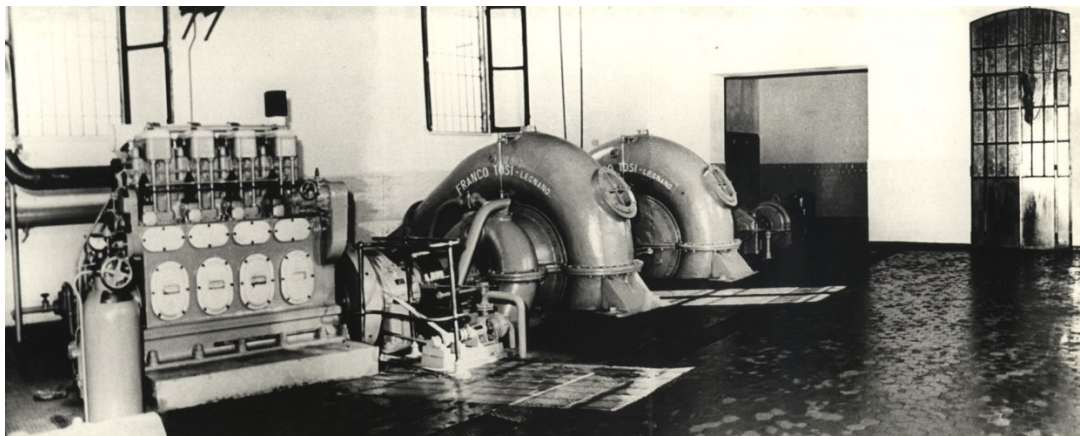


Figura 2.17 – Gruppo pompe centrifughe-motore diesel-motore elettrico

L’attuale impianto Idrovoro di Santa Margherita (Figura 2.18) tutt’oggi svolge un’importante funzione per la sicurezza idraulica e la regolazione delle acque di un vasto territorio. Come tutti i principali impianti del Consorzio di bonifica Bacchiglione, il suo funzionamento è automatizzato e telecontrollato. E’ dotato di moderni motori elettrici con avviatori a frequenza variabile (inverter). Il funzionamento è regolato in funzione dei livelli dell’acqua rilevati tramite sensori a ultrasuoni. Il materiale grossolano trasportato dall’acqua è invece trattenuto da griglie pulite da uno sgrigliatore automatico installato su una passerella-ponte a monte dell’impianto.

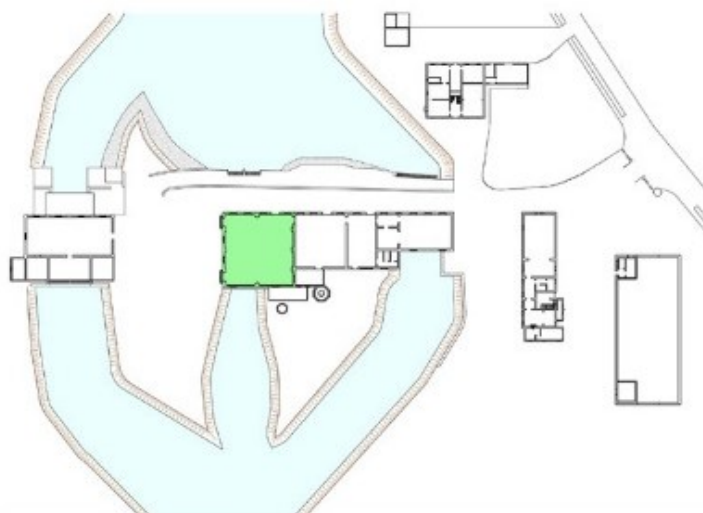


Figura 2.18 – Planimetria attuale dell'impianto idrovoro di Santa Margherita, evidenziando la principale sala macchine

Dati tecnici dell'impianto:

- Impianto automatizzato e telecontrollato con 6 pompe centrifughe, 4 motori elettrici e 2 motori diesel (di cui uno storico, del 1936, ancora funzionante);
- È presente un gruppo elettrogeno da 500kVA;
- La portata complessiva delle pompe è di 13500 litri d'acqua al secondo (l/s);
- La superficie del bacino servita dall'impianto è di 3820 ettari (ha);
- La potenza complessiva installata è pari a 640 kW.

(Consorzio di Bonifica Bacchiglione, 2010)

## 3 Pompe: Principio di funzionamento e parametri caratteristici

### 3.1 Principio di funzionamento

#### 3.1.1 Introduzione

Prima di capire il principio di funzionamento della pompa si vuole fare una panoramica sulle macchine a fluido, le quali per definizione sono macchine in cui all'interno è presente il flusso di un fluido. Esse si possono dividere in:

- Macchine volumetriche, se hanno un flusso fisso, ovvero se c'è un fluido incompressibile che non varia il suo volume, il quale viene maggiormente spostato all'aumentare delle corse che fa lo stantuffo;
- Turbomacchine, se hanno un flusso dinamico, ovvero se portata e pressione dipendono l'un l'altro e variano in modo dinamico all'interno della corrente. Quest'ultima tipologia è di maggiore interesse per il nostro studio. (Mirandola, 2023)

Entrambe le tipologie si possono poi vedere applicate nell'impiego di pompe idrauliche (*Figura 3.1*), le quali sono macchine operatrici che spostano volumi di fluido in modo continuo e/o discontinuo. La pompa fornisce energia meccanica ad un fluido, la stessa può essere:

- Energia cinetica, per fare acquisire velocità al fluido;
- Energia di pressione, la quale può ulteriormente essere geodetica (per sollevare il fluido in altezza) oppure piezometrica (per superare le differenze di pressione nelle tubazioni).

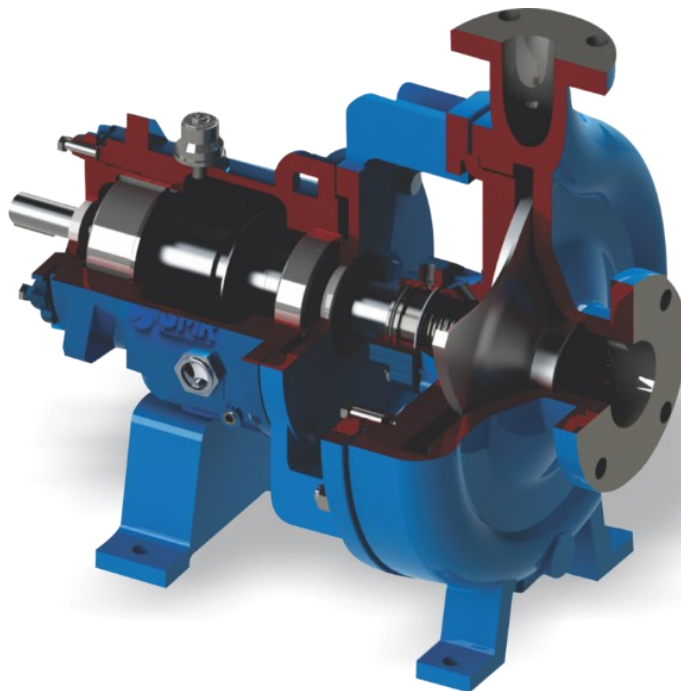


Figura 3.1 – Design di pompa idraulica: caso specifico di pompa centrifuga



Le pompe idrauliche possono essere di varie tipologie a seconda delle più svariate condizioni d'impiego, a seconda del tipo di fluido da utilizzare, a seconda delle pressioni di esercizio, delle temperature e delle caratteristiche dell'impianto. Esse si possono dividere in:

-Pompe volumetriche: caratterizzate da un moto alternativo degli organi mobili. L'energia meccanica di spinta viene trasferita al liquido aumentandone direttamente la pressione. Esse possono dividersi in pompe alternative o rotative;

-Pompe cinetiche: caratterizzate dal fatto che la parte mobile ruotando trasferisce al liquido energia cinetica che successivamente si trasforma in energia di pressione. Esse si possono dividere in pompe centrifughe o turbine. (DebemIndustrialPumps, 2022)

### **3.1.2 Pompa centrifuga**

L'impianto Idrovoro di Santa Margherita trattato nel capitolo precedente è attualmente dotato di sei pompe centrifughe. Sarà quindi questa la tipologia di pompe che andremo ad analizzare nello specifico, per poi successivamente andarne a vedere il principio di funzionamento.

Le pompe centrifughe (*Figura 3.2*) sono costituite da una camera a sezione crescente, detta diffusore o chiocciola, collegata al centro con la condotta d'aspirazione e alla periferia con quella di mandata. All'interno del diffusore gira a grande velocità (da 1500 a 3000 giri/minuto) un organo rotante, chiamato girante. Il liquido contenuto dentro la chiocciola, per effetto dell'elevata velocità angolare trasmessa alla girante, viene spinto per forza centrifuga verso la periferia e conseguentemente si genera una depressione al centro; in tal modo parte dell'energia cinetica si trasforma in energia di pressione, convogliando il liquido nella tubazione di mandata e creando al centro della pompa una depressione che richiamerà altro liquido dalla tubazione d'aspirazione. Quindi esse sono composte essenzialmente da:

-Distributore: organo fisso attraverso il quale si ha l'entrata in direzione assiale del liquido da pompare e il relativo invio alla girante;

-Diffusore: detto anche chiocciola, elemento fisso che trasforma l'energia cinetica accumulata dal liquido in energia di pressione (mediante il graduale aumento della sezione trasversale di tale organo), convogliando quindi il liquido in direzione radiale verso la condotta di mandata;

-Girante: si tratta di un organo rotante, con forma e profili diversi, innestato sull'albero del motore da cui riceve l'energia da imprimere al liquido. La girante è l'elemento principale della pompa, costituito da una serie di palette la cui curvatura deve ridurre al minimo le perdite di carico della pompa. Per rispettare questo, l'ingresso del liquido nella pompa deve avvenire senza urti, mentre l'uscita del liquido nella pompa deve avvenire con la minore velocità possibile.

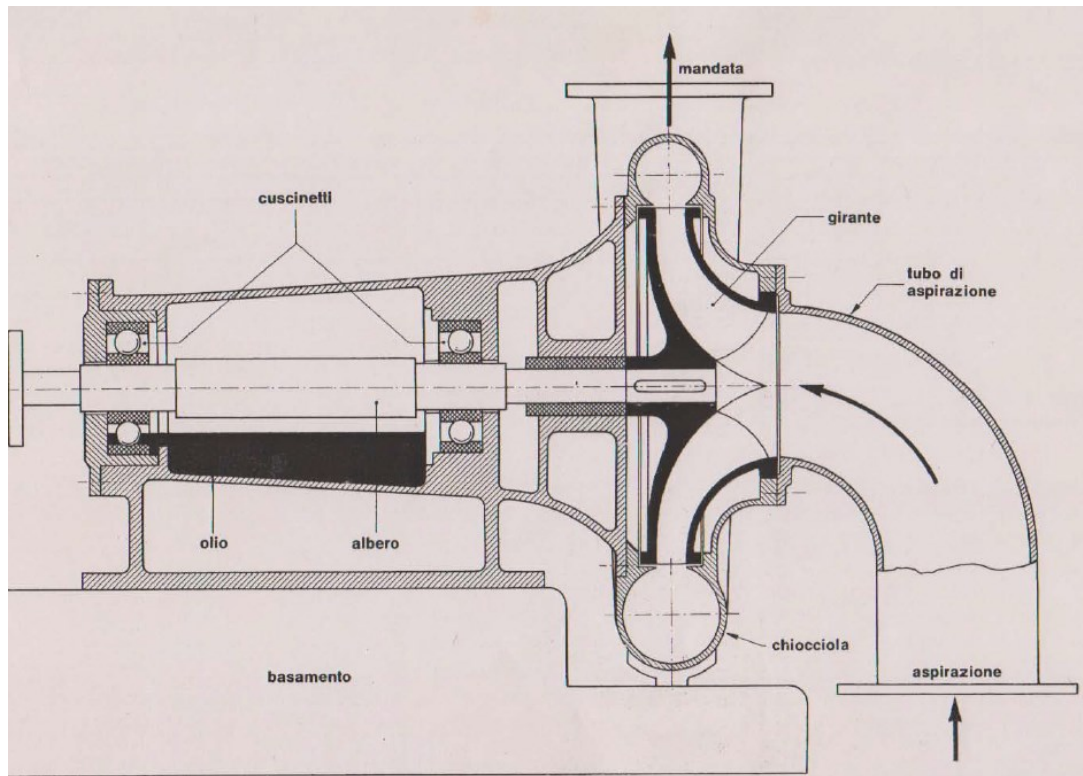


Figura 3.2 – Schema di pompa centrifuga con girante montata a sbalzo

Le pompe centrifughe, in base alle necessità e all'impiego, possono cambiare la loro struttura:

- Pompe centrifughe a multi-girante: si utilizzano quando si ha la necessità di superare alte prevalenze, mantenendo comunque alti i valori di portata. In queste, un certo numero di giranti sono connesse con lo stesso albero. La geometria interna obbliga il liquido in uscita da una girante ad entrare in quella successiva. La pompa funziona così come diverse pompe in serie, ma con una compattezza maggiore;

- Pompe centrifughe ad asse verticale: sono impiegate quando lo spazio disponibile per l'installazione è veramente esiguo, in quanto il motore è posto proprio sopra la pompa. Un particolare tipologia è la pompa sommersa, in cui il motore elettrico è posto all'interno di un contenitore ermetico. Queste pompe possono, perciò, essere installate sotto il livello del liquido e sono utilizzate quindi per pompare acqua da pozzi particolarmente profondi o da serbatoi interrati;

- Pompe centrifughe autoadescanti: sono in grado di aspirare l'aria contenuta nella condotta d'aspirazione e di creare all'interno della pompa una depressione capace di assicurare l'aspirazione del liquido da pompare. Tali pompe sono a una girante, posseggono una buona prevalenza, ma hanno generalmente un rendimento inferiore rispetto alle normali pompe centrifughe, in considerazione del ricircolo di parte del liquido pompato. (DebemIndustrialPumps, 2022)

### 3.1.3 Principio di funzionamento della pompa centrifuga

Avendo capito la struttura di una pompa centrifuga (*Figura 3.3*), si può ora passare a definire in modo tecnico il suo principio di funzionamento.

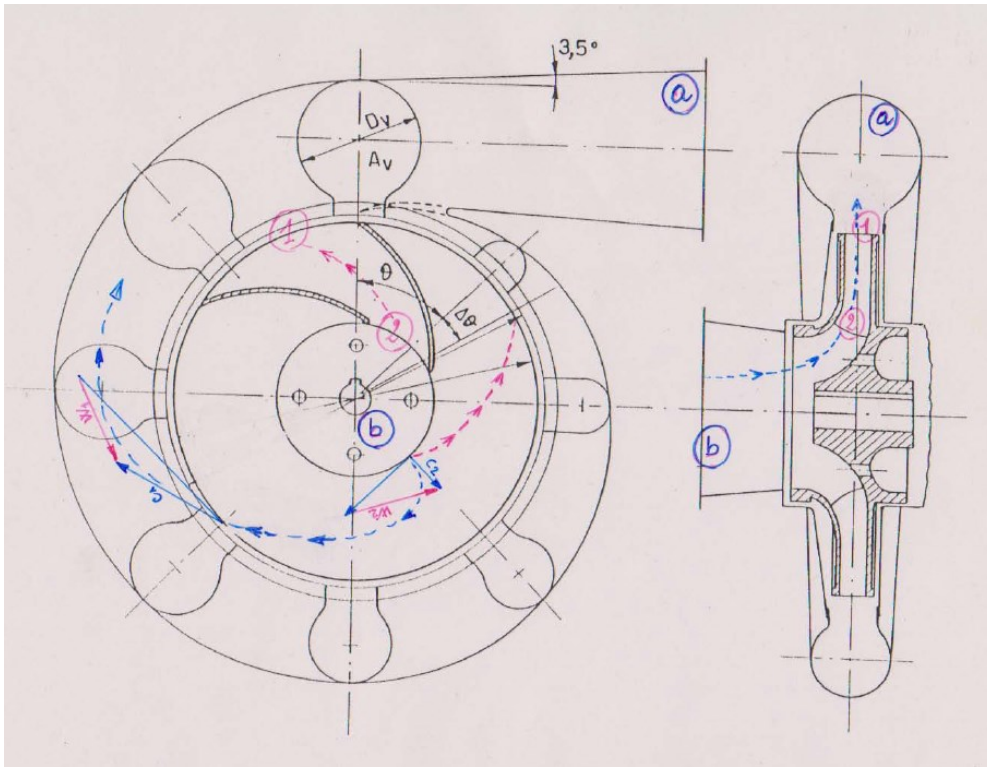


Figura 3.3 – Sezione trasversale di pompa centrifuga: si può distinguere un tratto rosso rappresentante la corrente relativa, da un tratto blu rappresentante la corrente vista da un osservatore esterno. Inoltre, si può vedere come l'ingresso della corrente nella pompa sia nel punto "b", mentre l'uscita avviene nel punto "a"

Si parte definendo i vettori velocità (*Figura 3.4*), i quali si possono distinguere:

- Vettore "w": velocità relativa (osservatore interno), il quale segue l'andamento delle pale. Questo avviene perché si ipotizzano infinite correnti tra pale vicine l'un l'altra in modo infinitesimo;
- Vettore "c": velocità assoluta (osservatore esterno), la quale, grazie al profilamento della pompa, scorre verso l'esterno nel modo indicato;
- Vettore "u": velocità periferica (somma vettoriale dei due precedenti vettori), la quale si può esprimere anche come  $u=wr$ .

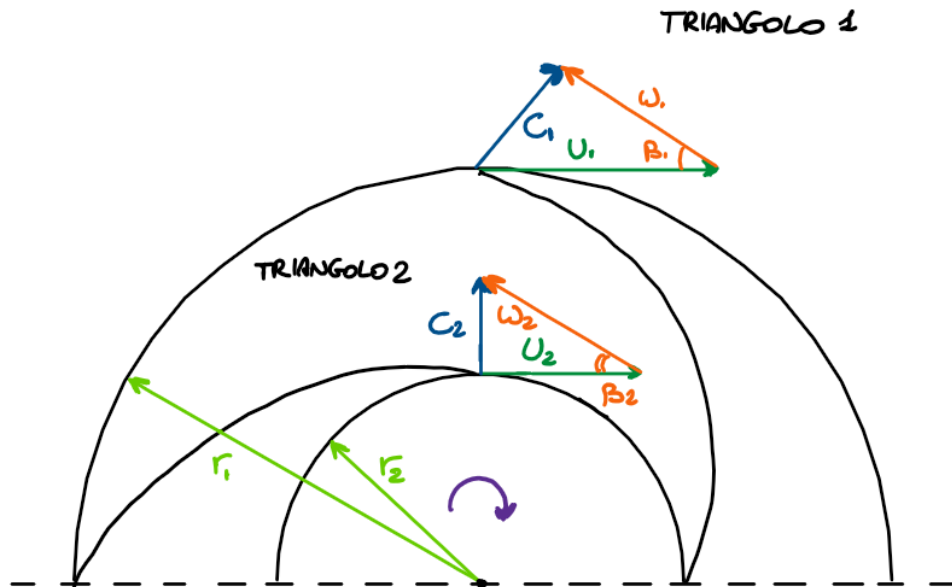


Figura 3.4 – Sezione della girante della pompa centrifuga rappresentante i triangoli delle velocità in ingresso e in uscita

Il seguente funzionamento si può osservare definendo il teorema del momento della quantità di moto, nel quale il flusso si muove proprio grazie alla variazione della quantità di moto. Bisogna però tenere conto che tra ingresso ed uscita il flusso varia di 90°:

$$M = \rho Q_v (r_1 c_{u1} - r_2 c_{u2})$$

Nella quale considerando solo la componente orizzontale del vettore velocità della corrente assoluta, si può ottenere la potenza elaborata dalla girante come:

$$P_G = M\omega = \rho Q_v (u_1 c_{u1} - u_2 c_{u2})$$

Si definisce ora il criterio di funzionamento monodimensionale (*Figura 3.5*), nel quale si considera un solo flusso di pressione. Questo è dato dalle pale infinitamente vicine che dettano la forma del flusso. Variando la portata variano le velocità d'ingresso ed uscita:

-Velocità d'uscita (triangolo 1): aumentando la portata, aumentano la corrente relativa ( $w_1$ ) e la corrente assoluta ( $c_1$ ). L'angolo d'uscita ( $\beta_1$ ) rimane invariato;

-Velocità d'ingresso (triangolo 2): aumentando la portata, aumentano la corrente relativa ( $w_1$ ) e la corrente assoluta ( $c_1$ ). Varia però l'angolo d'uscita ( $\beta_1$ ).

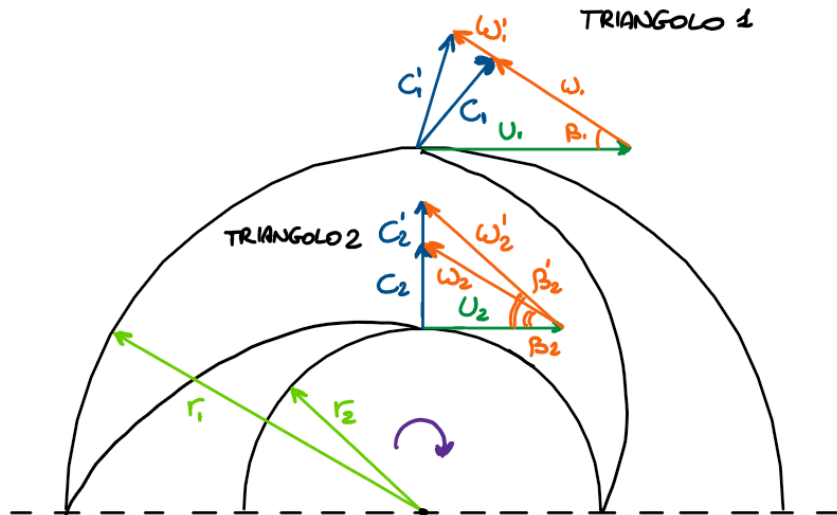


Figura 3.5 – Criterio di funzionamento monodimensionale rappresentato dai triangoli delle velocità in ingresso e in uscita della girante della pompa centrifuga. Si mostra la variazione dell'angolo del flusso d'ingresso

Si può però considerare la teoria monodimensionale modificata (Figura 3.6), ovvero la casistica più reale. In questa situazione si ha uno spazio tra le pale che genera una differenza di pressione data da intradosso ed estradosso. Essa comporta la variazione dell'angolo d'uscita ( $\beta_1$ ) del triangolo delle velocità all'aumentare della portata, ovvero aumenta l'inclinazione del flusso all'aumentare della differenza di pressione creata dalle pale. Per fronteggiare a ciò bisogna:

- Ridurre lo spazio tra le pale, aumentando il numero di pale;
  - Diminuire la portata di uscita, così risentendo meno della differenza di pressione.
- (Mirandola, 2023)

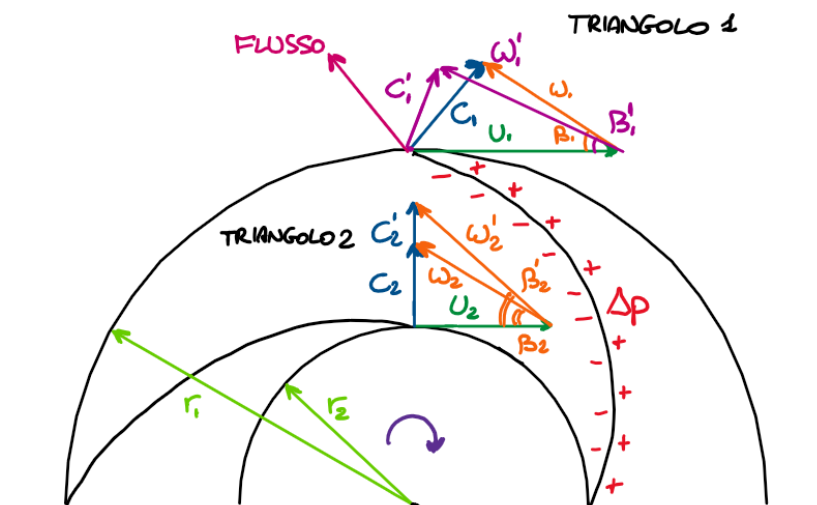


Figura 3.6 – Criterio di funzionamento monodimensionale modificato rappresentato dai triangoli delle velocità in ingresso e uscita della girante della pompa centrifuga. Si mostra l'influenza della variazione di pressione che devia il flusso d'uscita

## 3.2 Parametri caratteristici

### 3.2.1 Parametri della similitudine

I primi parametri importanti che si possono andare a definire in riferimento alle pompe idrauliche sono i parametri della similitudine, i quali sono in relazione ai vettori velocità in uscita dalla girante della pompa stessa:

-numero di pressione: 
$$\psi_t = \frac{c_{u1}}{u_1}$$

-numero di flusso: 
$$\phi = \frac{c_{m1}}{u_1}$$

I quali possono essere messi in relazione l'un l'altro da una complicata analisi dimensionale, la quale porta ad ottenere, per fluidi perfetti, la dipendenza del primo parametro in funzione del secondo e della geometria della macchina:

$$\psi_t = f\left(\phi, \frac{b_1}{D_1}\right)$$

Grazie a questi parametri, conoscendo la geometria e le pressioni, è possibile ricavare le leggi della similitudine seguenti, dove conoscendo parametri e/o numero di giri di una macchina, si possono trovare i parametri e/o numero di giri di una seconda macchina, simile alla prima:

$$\psi_1 = \frac{gh}{n^2 D_1^2} = \frac{gh'}{n'^2 D_1'^2}$$

$$\phi_D = \frac{Q_v}{n D_1^3} = \frac{Q_v'}{n' D_1'^3}$$

$$\frac{P_a}{n^3 D_1^5} = \frac{P'_a}{n'^3 D_1'^5}$$

Da esse si può quindi:

-Caratterizzare le prestazioni su due macchine geometricamente simili, con prestazioni differenti. Si possono quindi progettare due macchine con un solo progetto, facendo poi le proporzioni tramite le leggi della similitudine;

-Sfruttare l'effetto scala, il quale consiste nel costruire e testare una macchina di piccole dimensioni in laboratorio, in modo da avere minori costi e operare in modo più facilitato, per poter poi estendere il modello ottenuto a dimensioni più grandi. (Mirandola, 2023)

### 3.2.2 Cavitazione

Si può definire la cavitazione (*Figura 3.7*) come quel fenomeno dove portando una macchina ad una pressione minore di quella di vapore, porta al formarsi di bolle d'aria che:

- Implodendo rovinano la macchina;
- Rilasciano gas che facilita la corrosione.

Per evitare questo fenomeno sfavorevole bisogna mettere in sovrappressione le zone di bassa pressione. Questo si può fare operando sul trinomio di Bernoulli seguente, dove a velocità costante, per alzare la pressione bisogna abbassare l'altezza della pompa, con relativi costi negli scavi.

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{c_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{c_2^2}{2g}$$



Figura 3.7 – Danni della cavitazione sulle pompe

Da questo fenomeno si può definire NPSH (Net Positive Suction Head) come:

$$NPSH = \frac{p_2 - p_v}{\rho g} + \frac{c_2^2}{2g}$$

Il quale parametro può essere utilizzato per controllare che la cavitazione non avvenga. Questo può accadere se si rispetta:

$$NPSH_{disponibile} > NPSH_{richiesta}$$

Il primo membro della disequazione è il valore di pressione della macchina in un determinato punto, il quale si può facilmente ricavare tramite formula. Il secondo membro della disequazione invece indica il valore dove al di sotto si verifica la cavitazione, il quale si può ricavare sperimentalmente in laboratorio. (Mirandola, 2023)

### 3.2.3 Grado di reazione

Un parametro importante per definire le pompe idrauliche è il “grado di reazione” (Figura 3.8), definito come:

$$\varepsilon_r = 1 - \frac{1}{2}\psi_t$$

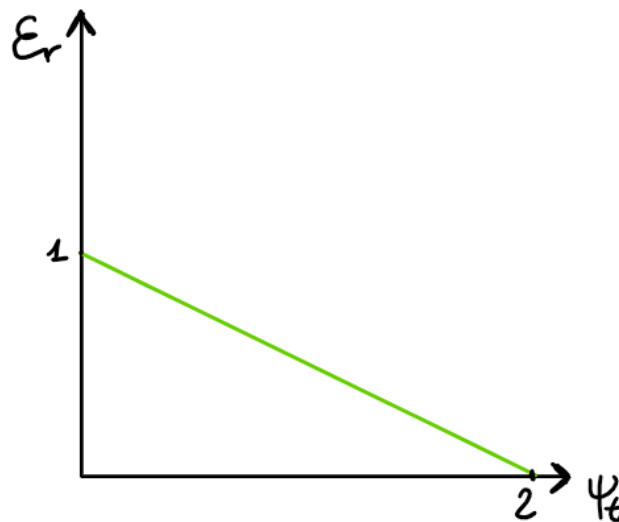


Figura 3.8 – Grafico che mostra il grado di reazione in funzione del numero di pressione

Il grado di reazione fa capire come l'energia in un punto è presente più sottoforma di energia cinetica ( $\varepsilon_r$  tendente a 0) o sottoforma di energia statica ( $\varepsilon_r$  tendente ad 1). Solitamente il valore del grado di reazione nelle pompe ha un range  $0.5 \div 1$ .

Sulle pompe questo valore dev'essere elevato perché avendo un valore crescente, si ottengono perdite di energia date dal distacco dello strato limite; quindi, per sviare a ciò, si tiene l'energia sottoforma di pressione. Realmente per evitare il fenomeno del distacco dello strato limite bisogna costruire pale molto lunghe. (Mirandola, 2023)



### 3.2.4 Altri parametri

Unendo i concetti in riferimento alla cavitazione e alla similitudine, si può definire la “Cifra di Thoma”:

$$\sigma_c = \frac{NPSH_{richiesta}}{h} = cost$$

Essa indica un valore che permette di dire che, se due macchine geometricamente simili hanno stessa Cifra di Thoma, allora sono simili anche nella cavitazione. Si possono così ricavare importanti ipotesi sull’NPSH.

Un ultimo parametro importante è il “numero di macchina”:

$$k = \omega \frac{Q_v^{0.25}}{(gh)^{0.75}}$$

Il quale definisce come macchina con stesso parametro  $k$ , siano geometricamente simili. (Mirandola, 2023)

## 4 Analisi dati Consorzio

### 4.1 Introduzione

Come già affermato precedentemente il consorzio è dotato di un moderno sistema di telecomando e telecontrollo dei principali impianti e manufatti idraulici, costituito dal centro di controllo e da una quarantina di periferiche. Quest'ultime sono in grado di rilevare in continuo e di trasmettere le misurazioni di diverse caratteristiche dei vari impianti. In questo studio si sono analizzati:

-La pioggia oraria registrata in determinate stazioni pluviometriche dislocate nel territorio, afferenti all'idrovora di Santa Margherita;

-Il funzionamento e i livelli di attacco-stacco delle pompe dell'idrovora di Santa Margherita.

In seguito ad un accurata analisi lo scopo sarà quello di mettere a confronto il funzionamento di attacco-stacco delle pompe dell'Impianto idrovoro di Santa Margherita e le piogge che vanno poi a defluire sull'impianto idrovoro stesso (Figura 4.1). L'analisi temporale di riferimento parte dall'installazione del nuovo sistema di telecontrollo avvenuto nel 2017, fino a dicembre 2022. L'analisi non è pienamente completa in quanto per determinati lassi temporali non si è avuta la disponibilità dei dati per motivi di manutenzione e aggiornamento.

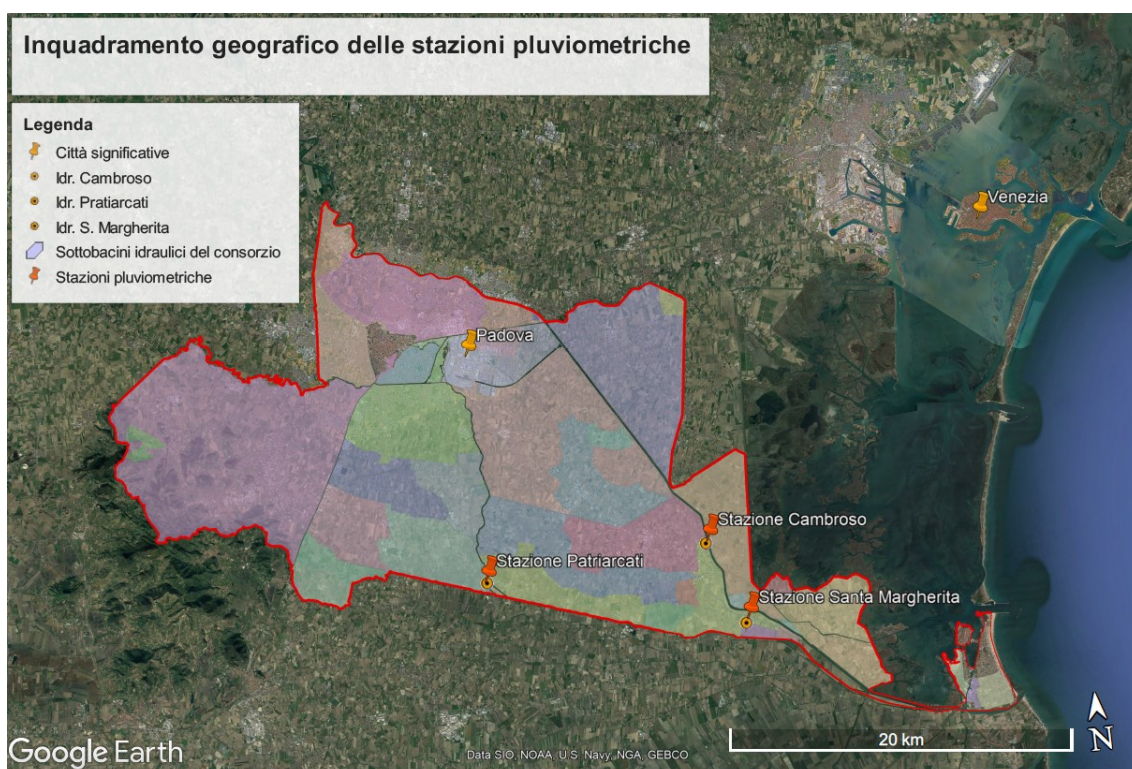


Figura 4.1 – Inquadramento geografico che localizza le stazioni Santa Margherita, Cambroso e Patriarcati

## 4.2 Analisi dati pluviometrici

### 4.2.1 Analisi singole stazioni

Si sono analizzati i dati pluviometrici delle stazioni Santa Margherita, Cambroso e Patriarcato, le quali sono state scelte perché sono situate nell'area che andrà poi a defluire nell'impianto Idrovoro di Santa Margherita. Si menziona una lieve incertezza nei dati in quanto la manutenzione e la pulizia nei pluviometri viene fatta in modo sporadico.

Per ogni stazione si sono analizzate le piogge giornaliere, le piogge mensili e le piogge annuali totali, in riferimento ad ogni anno d'interesse nel lasso temporale già definito. Per ogni stazione si è ottenuto:

-Stazione Santa Margherita:

Si osserva il grafico in riferimento alle piogge giornaliere nel 2017 (*Figura 4.2*), dove si può osservare un andamento delle piogge con maggiori intensità in inverno nel mese di febbraio e in autunno nei mesi di settembre e novembre. Il maggior picco di pioggia si osserva il 13 novembre con 86 mm di pioggia.

I restanti grafici con le piogge giornaliere da gennaio 2018 a dicembre 2022 si possono osservare su *referenze 1* a fine capitolo. Per motivi di manutenzione del sistema di telecontrollo non sono stati analizzati i dati per l'anno 2020.

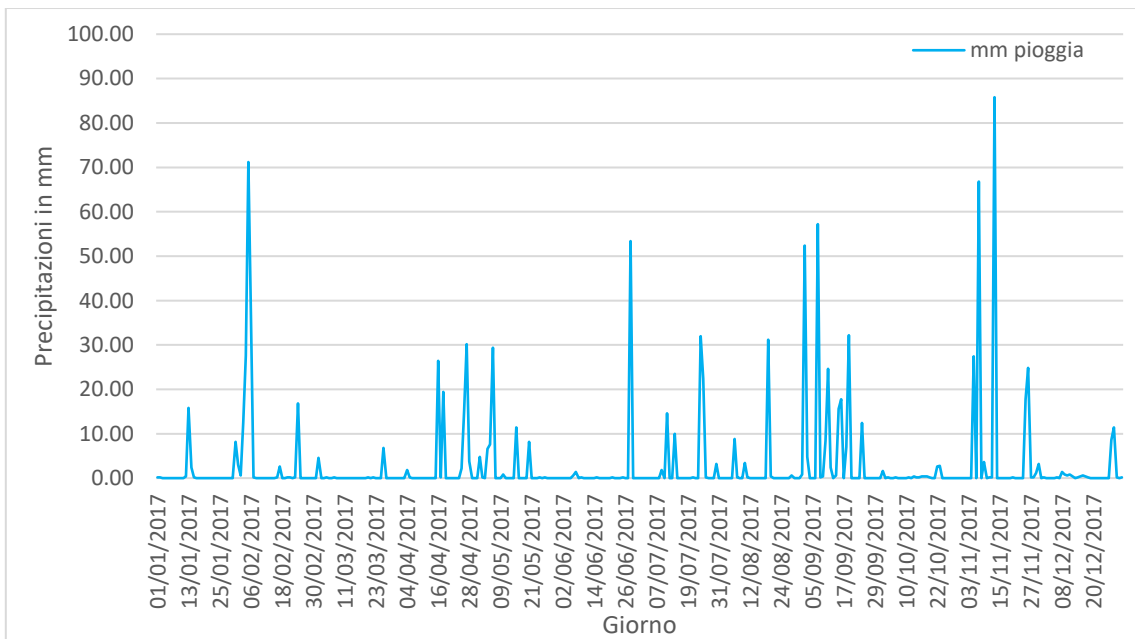


Figura 4.2 – Analisi delle piogge giornaliere nel 2017 nella stazione Santa Margherita

Si è ricavato poi il grafico in riferimento alle piogge mensili nel 2017 (*Figura 4.3*), dove si possono osservare picchi a settembre (237mm), novembre (232mm) e febbraio (172mm), mentre si osserva maggiore siccità nei mesi di marzo (12mm) e ottobre (10mm).

I restanti grafici con le piogge mensili da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020, si possono osservare su *referenze 2* a fine capitolo.

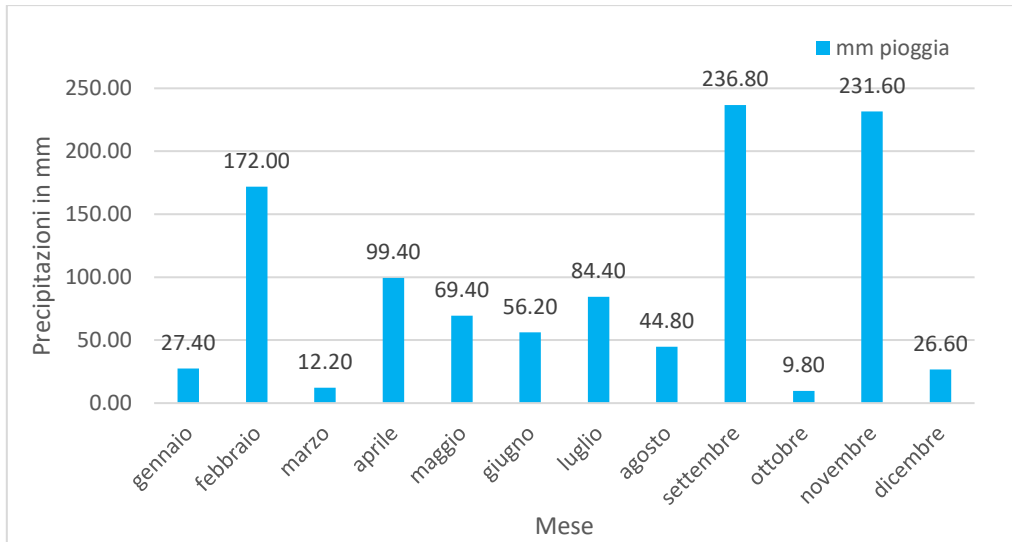


Figura 4.3 - Analisi delle piogge mensili nel 2017 nella stazione Santa Margherita

Si è infine ricavato il grafico in riferimento alle piogge annuali (*Figura 4.4*) in riferimento al lasso temporale dal 2017 al 2022, tralasciando l'anno 2020. Si può osservare una tendenza delle piogge che nel complesso tende a diminuire negli anni.

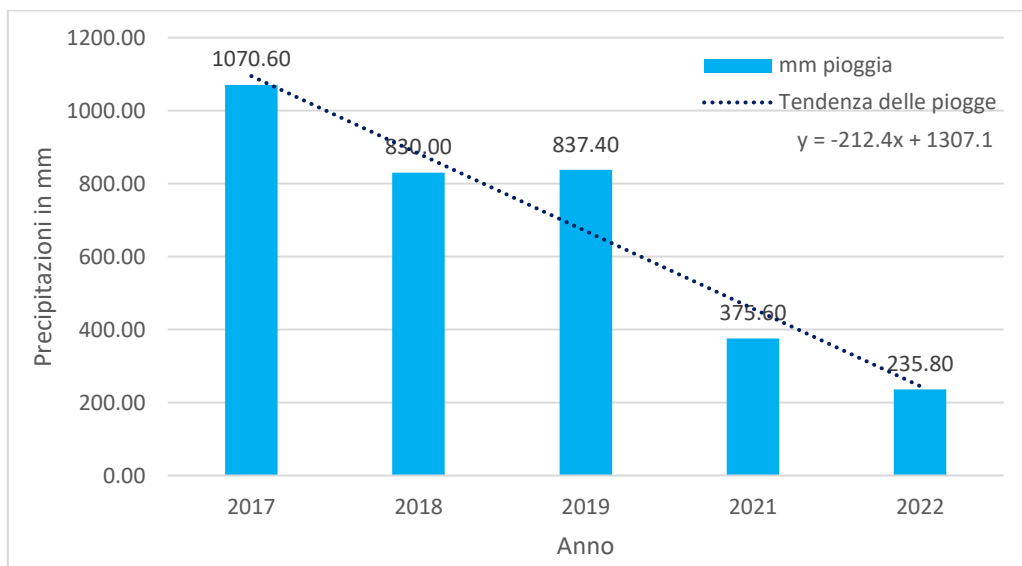


Figura 4.4 – Stazione Santa Margherita: Analisi delle piogge annuali tra gli anni 2017-2022, escludendo il 2020

-Stazione Patriarcati:

Si osserva il grafico in riferimento alle piogge giornaliere nel 2017 (*Figura 4.5*), dove si può osservare un andamento delle piogge con maggiori intensità in inverno nel mese di febbraio e in autunno nei mesi di settembre e novembre. Il maggior picco di pioggia si osserva il 5 febbraio con 32 mm di pioggia.

I restanti grafici con le piogge giornaliere da gennaio 2018 a dicembre 2022 si possono osservare su *referenze 3* a fine capitolo. Per motivi di manutenzione del sistema di telecontrollo non sono stati analizzati i dati per l'anno 2020.

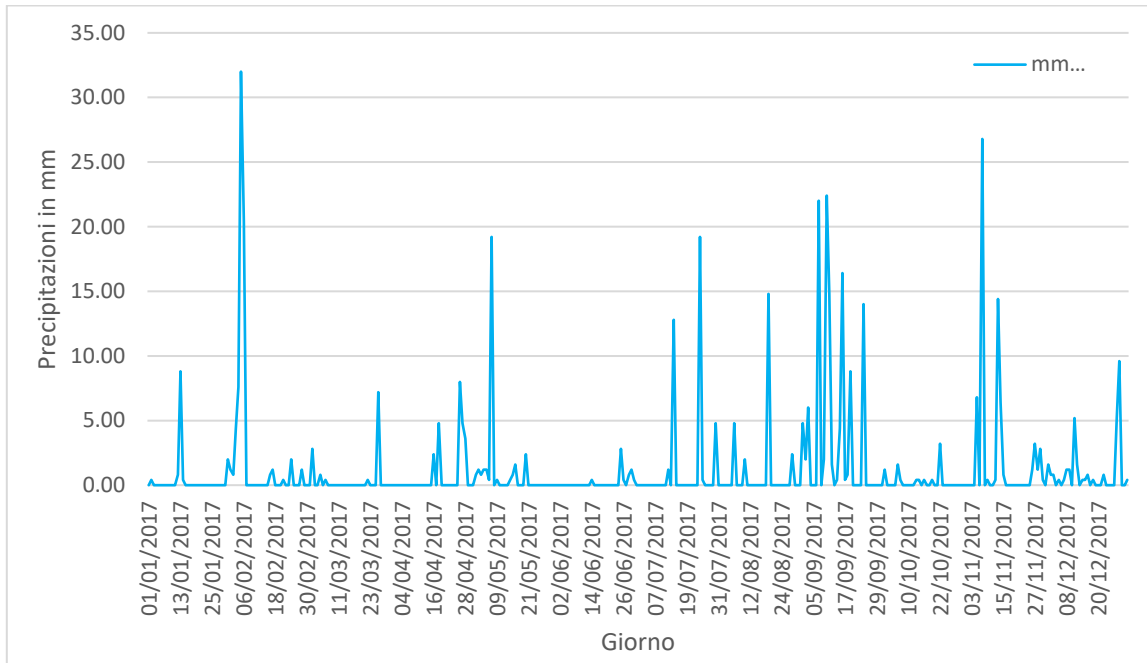


Figura 4.5 – Analisi delle piogge giornaliere nel 2017 nella stazione Patriarcati

Si è ricavato poi il grafico in riferimento alle piogge mensili nel 2017 (*Figura 4.6*), dove si possono osservare picchi a settembre (121mm), febbraio (72mm) e novembre (65mm), mentre si osserva maggiore siccità nei mesi di ottobre (8mm) e giugno (6mm).

I restanti grafici con le piogge mensili da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020, si possono osservare su *referenze 4* a fine capitolo.

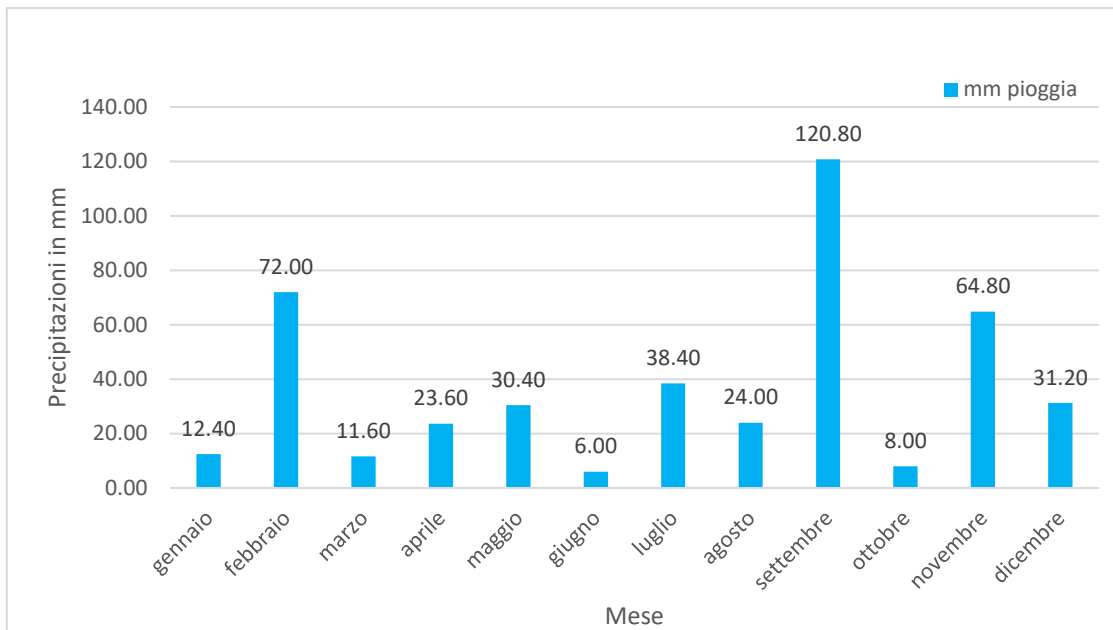


Figura 4.6 - Analisi delle piogge mensili nel 2017 nella stazione Patriarcati

Si è infine ricavato il grafico in riferimento alle piogge annuali (*Figura 4.7*) in riferimento al lasso temporale dal 2017 al 2022, tralasciando l'anno 2020. Si può osservare una tendenza delle piogge che nel complesso tende a diminuire negli anni.

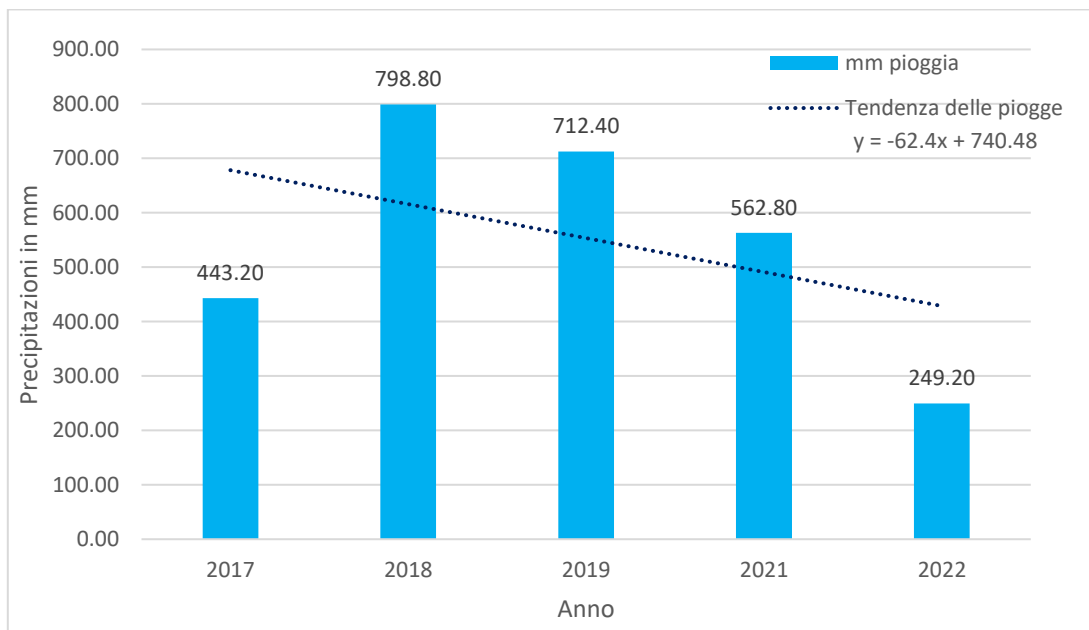


Figura 4.7 – Stazione Patriarcati: Analisi delle piogge annuali tra gli anni 2017-2022, escludendo il 2020

-Stazione Cambroso:

Si osserva il grafico in riferimento alle piogge giornaliere nel 2017 (*Figura 4.8*), dove si può osservare un andamento delle piogge con maggiori intensità solo in autunno nel mese di settembre. Il maggior picco di pioggia si osserva il 19 settembre con 20 mm di pioggia.

I restanti grafici con le piogge giornaliere da gennaio 2018 a dicembre 2022 si possono osservare su *referenze 5* a fine capitolo. Per motivi di manutenzione del sistema di telecontrollo non sono stati analizzati i dati per l'anno 2020.

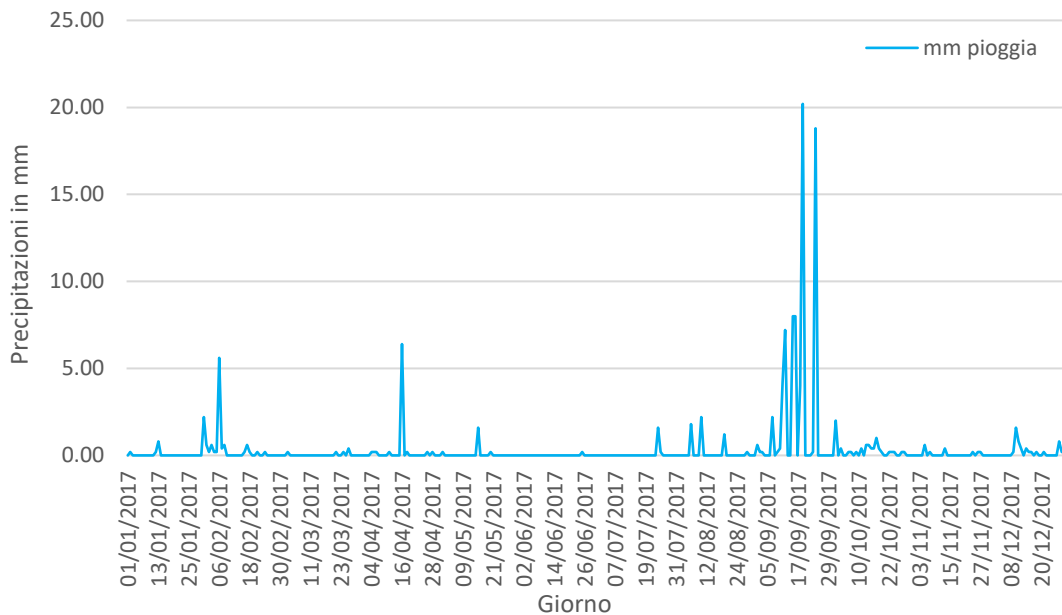


Figura 4.8 – Analisi delle piogge giornaliere nel 2017 nella stazione Cambroso

Si è ricavato poi il grafico in riferimento alle piogge mensili nel 2017 (*Figura 4.9*), dove si possono osservare picchi rilevanti solo a settembre (74mm), mentre si osserva maggiore siccità nei restanti mesi, in particolare nel mese di giugno la precipitazione è nulla.

I restanti grafici con le piogge mensili da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020, si possono osservare su *referenze 6* a fine capitolo.

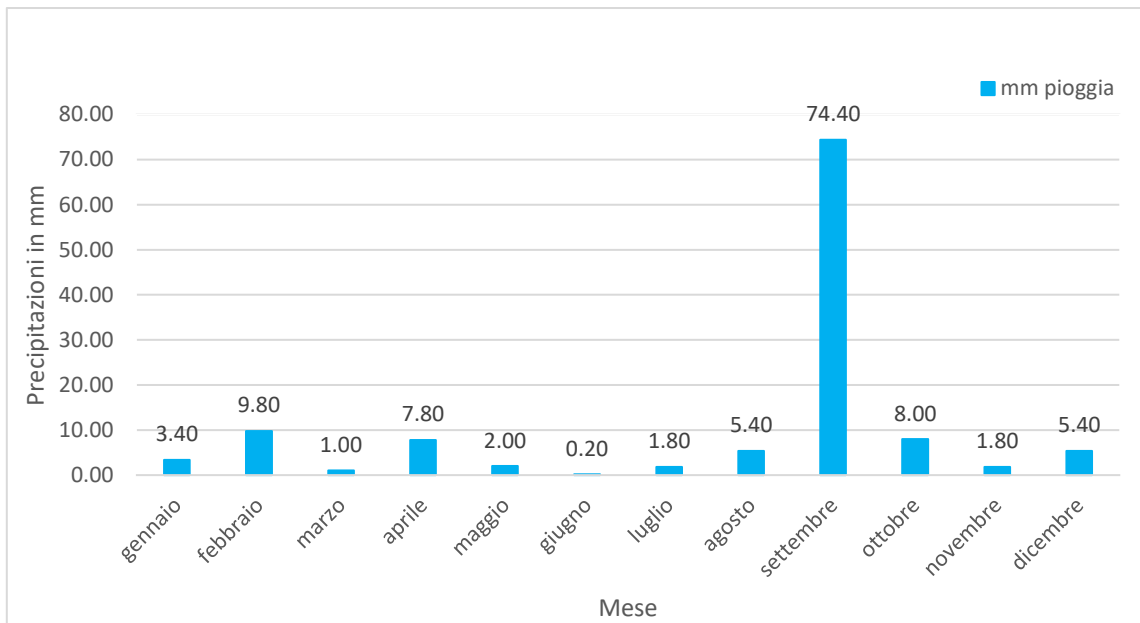


Figura 4.9 - Analisi delle piogge mensili nel 2017 nella stazione Cambroso

Si è infine ricavato il grafico in riferimento alle piogge annuali (*Figura 4.10*) in riferimento al lasso temporale dal 2017 al 2022, tralasciando l'anno 2020. Si può osservare una tendenza delle piogge che nel complesso tende ad aumentare negli anni.

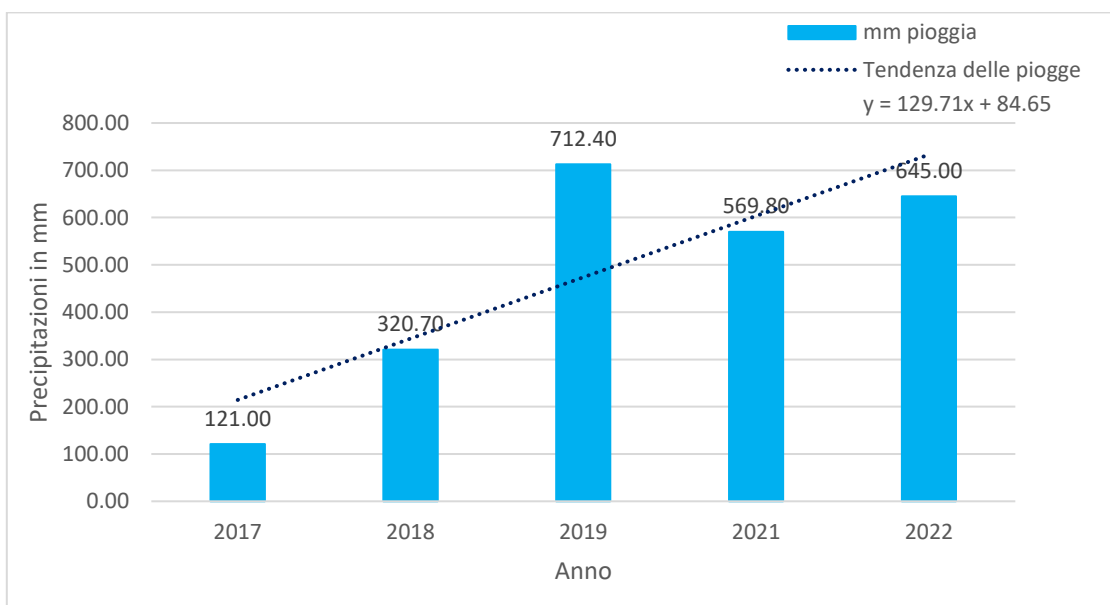


Figura 4.10 – Stazione Cambroso: Analisi delle piogge annuali tra gli anni 2017-2022, escludendo il 2020



## 4.2.2 Confronto tra stazioni

Avendo condotto un'accurata analisi delle singole stazioni, si è poi fatto un confronto tra quest'ultime, in riferimento alle precipitazioni mensili e annuali, nel lasso di tempo già definito precedente, escludendo l'anno 2020 per motivi già spiegati. Si è inoltre calcolata la media tra le varie stazioni per avere un'idea della tendenza generale delle piogge nell'area totale di riferimento.

Inizialmente si è fatto un confronto delle piogge mensili tra le varie stazioni per ogni anno di riferimento, considerando anche la media tra esse. Nel primo anno di riferimento dell'analisi, ovvero il 2017 (Figura 4.11), si può vedere una notevole differenza tra le varie stazioni, anche se la stazioni tra loro non sono geograficamente distanti in modo significativo (tra 10km÷20km di distanza). In particolar modo si può vedere come la stazione Cambroso rilevi piogge molto esigue, rispetto alla stazione Santa Margherita che rileva piogge abbondanti; mentre la stazione Patriarcati rileva sempre piogge con valori intermedi rispetto alle altre due stazioni.

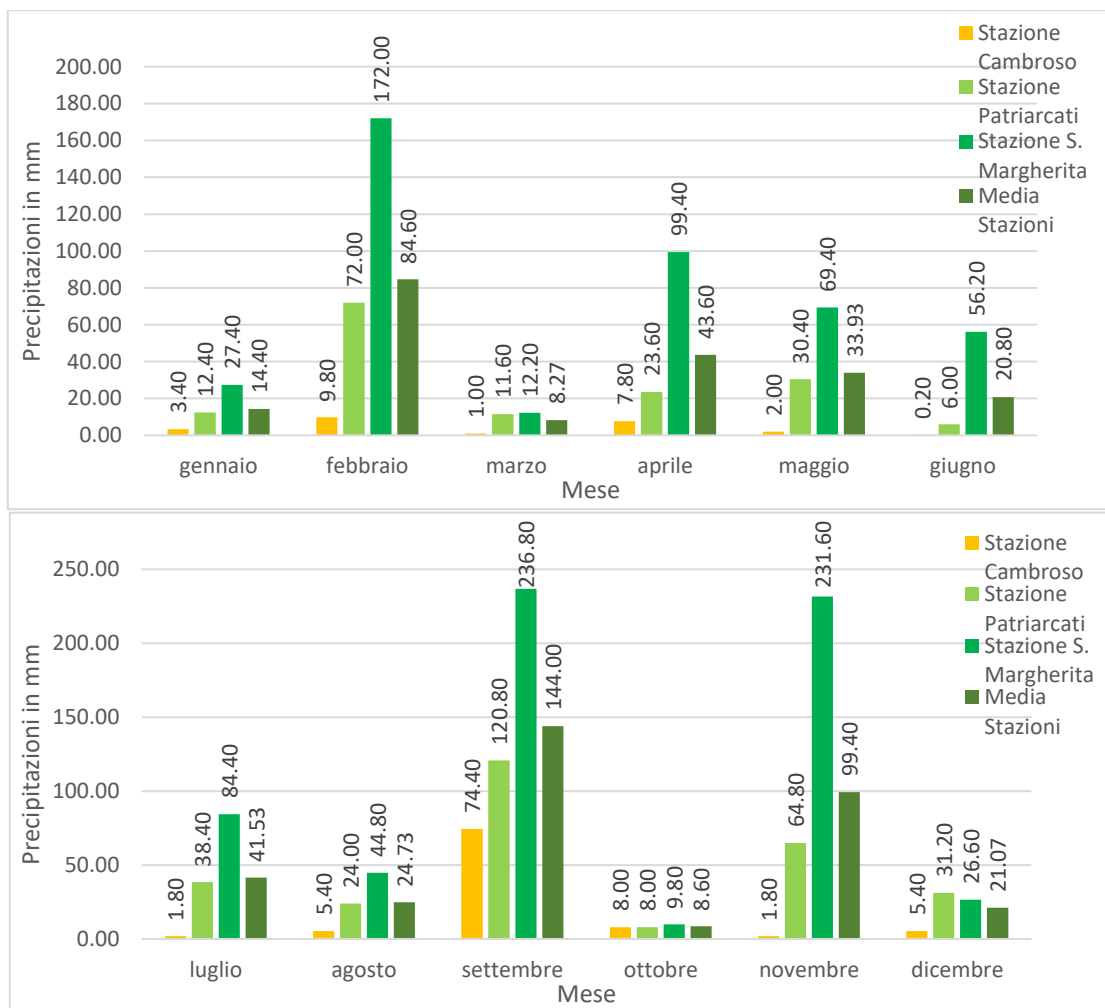


Figura 4.11 – Confronto piogge mensili nel 2017 tra le varie stazioni di riferimento, con media tra esse

I restanti grafici con il confronto delle piogge mensili da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020, si possono osservare su *referenze 7* a fine capitolo.

Si è poi fatta un'analisi considerando solo il valore pluviometrico delle media tra le varie stazioni nei vari mesi, confrontando gli anni 2017÷2022, escludendo il 2020 (*Figura 4.12*). Si può osservare una buona variabilità delle piogge tra i vari anni, notando che nel complesso i primi anni nel lasso temporale di riferimento (2017-2018-2019), hanno valori superiori rispetto agli ultimi anni nel lasso temporale di riferimento (2021-2022).

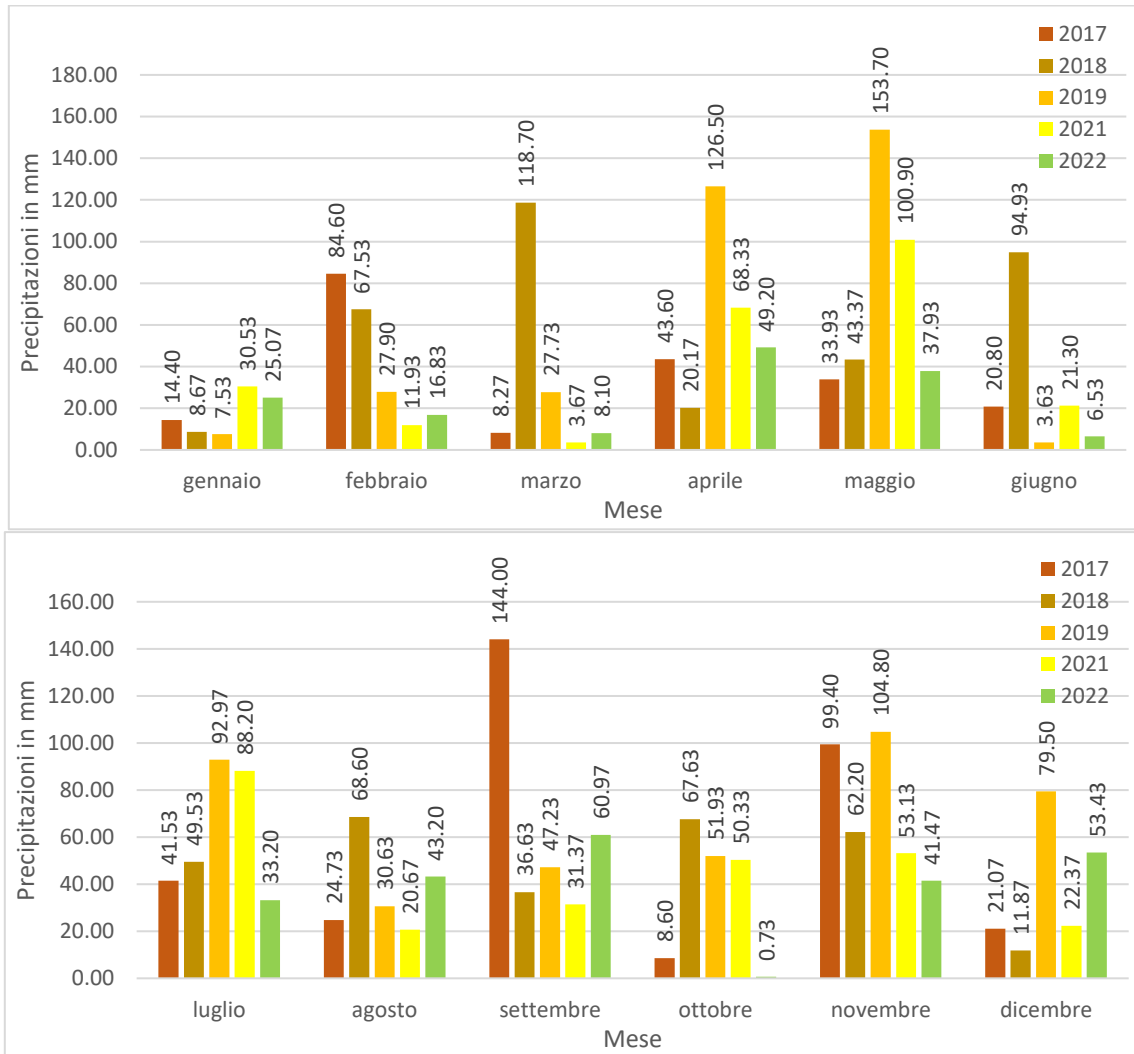


Figura 4.12 – Confronto piogge mensili della media tra le varie stazioni tra gli anni 2017÷2022, escludendo il 2020

Infine, si sono analizzati i dati delle piogge annuali delle varie stazioni e della media tra esse, nel lasso temporale 2017÷2022, escludendo il 2020 (Figura 4.13). Si può vedere come le stazioni tra loro abbiano avuto valori sempre più omogenei all'aumentare degli anni, nel lasso temporale di riferimento. Questo può essere dato dalla maggiore pulizia e manutenzione dei pluviometri nelle varie stazioni negli ultimi anni, rispetto ai primi, diminuendo così l'incertezza e la disomogeneità tra i vari risultati.

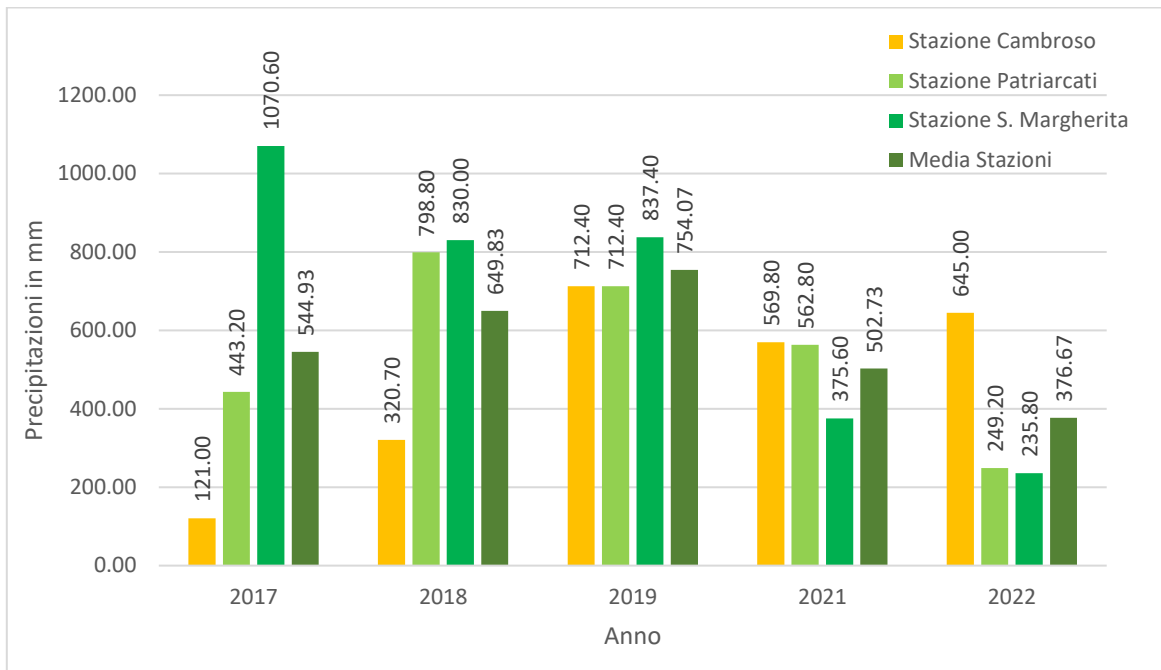


Figura 4.13 – Confronto tra le piogge annuali delle varie stazioni e media tra di esse tra gli anni 2017÷2022, escludendo il 2020

### 4.3 Analisi livelli attacco-stacco elettropompe

Dopo l'accurata analisi pluviometrica sulle tre stazioni del consorzio, è stata fatta un'analisi sui livelli di attacco-stacco delle elettropompe nell'impianto idrovoro di Santa Margherita, nel medesimo lasso temporale dei dati pluviometrici (gennaio 2017 ÷ dicembre 2022). Nel dettaglio sono state analizzate i dati di quattro elettropompe:

-Elettropompa 1: modello Franco Tosi, con portata 2.8 metri cubi – secondo ( $\frac{m^3}{s}$ );

-Elettropompa 2: modello Riva Milano, con portata 2.8 metri cubi – secondo ( $\frac{m^3}{s}$ );

-Elettropompa 3: modello Franco Tosi, con portata 2.5 metri cubi – secondo ( $\frac{m^3}{s}$ );

-Elettropompa 4: modello Franco Tosi, con portata 2.8 metri cubi – secondo ( $\frac{m^3}{s}$ );

Il loro funzionamento viene ruotato in modo da poter sempre utilizzare tutte le elettropompe, evitando di lasciare un'elettropompa per troppo tempo non funzionante. Per capire meglio il funzionamento si prende l'esempio dove è necessario sollevare una determinata portata con la prima elettropompa, che alla fine del suo utilizzo si spegne; ad un successivo utilizzo delle elettropompe si accendono la seconda e la terza per l'elevata portata da sollevare, che alla fine del loro utilizzo si spengono; al nuovo utilizzo si accende la quarta elettropompa, continuando così la rotazione dei loro utilizzi nel modo più adatto in base alle portate da sollevare.

Si può vedere in *Figura 4.14* l'esempio della curva caratteristica dell'elettropompa 1:

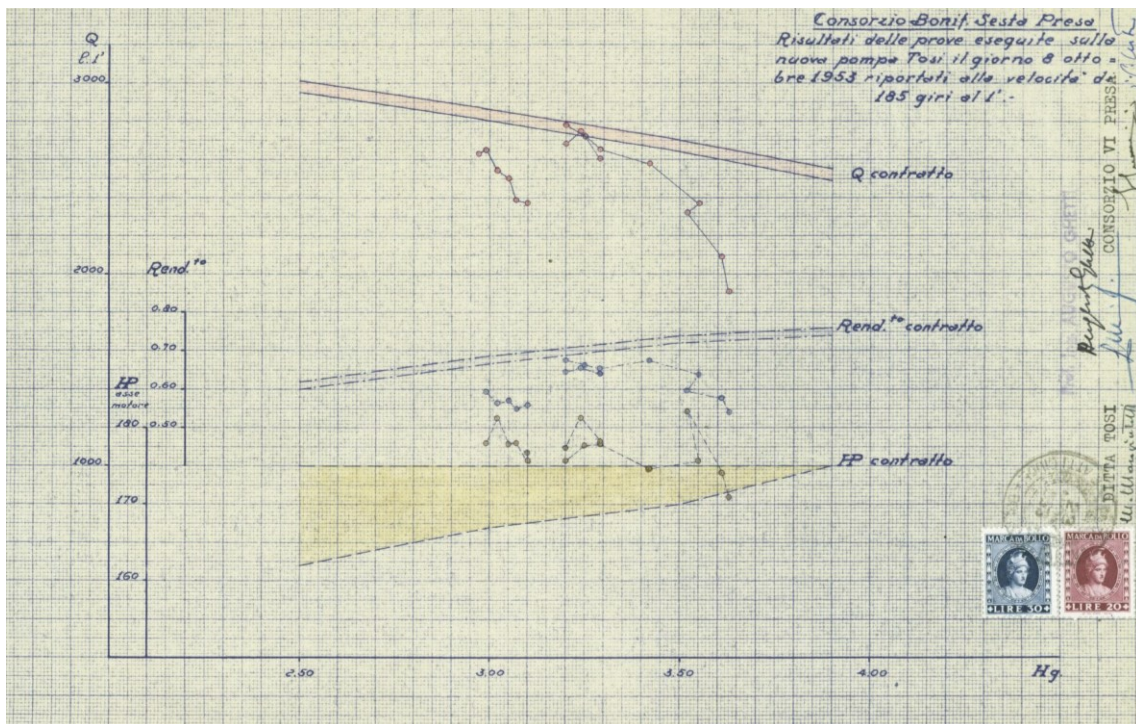


Figura 4.14 – Curva caratteristica dell'elettropompa 1 nell'impianto idrovoro di Santa Margherita

Si è analizzato il tempo di funzionamento delle quattro elettropompe nell'impianto idrovoro di Santa Margherita. Conoscendo poi la loro portata sollevata, si è potuto definire quanti  $m^3$  totali sono stati sollevati dall'impianto, sommando i contributi di ogni singola elettropompa.

È stato ricavato il grafico dei  $m^3$  mensilmente sollevati dall'impianto per ogni anno. Si può vedere per esempio l'anno 2017 (Figura 4.15), dove si può notare che la portata è stata principalmente sollevata nei mesi di gennaio e febbraio, mentre il mese di maggio è stato quello con il minor utilizzo.

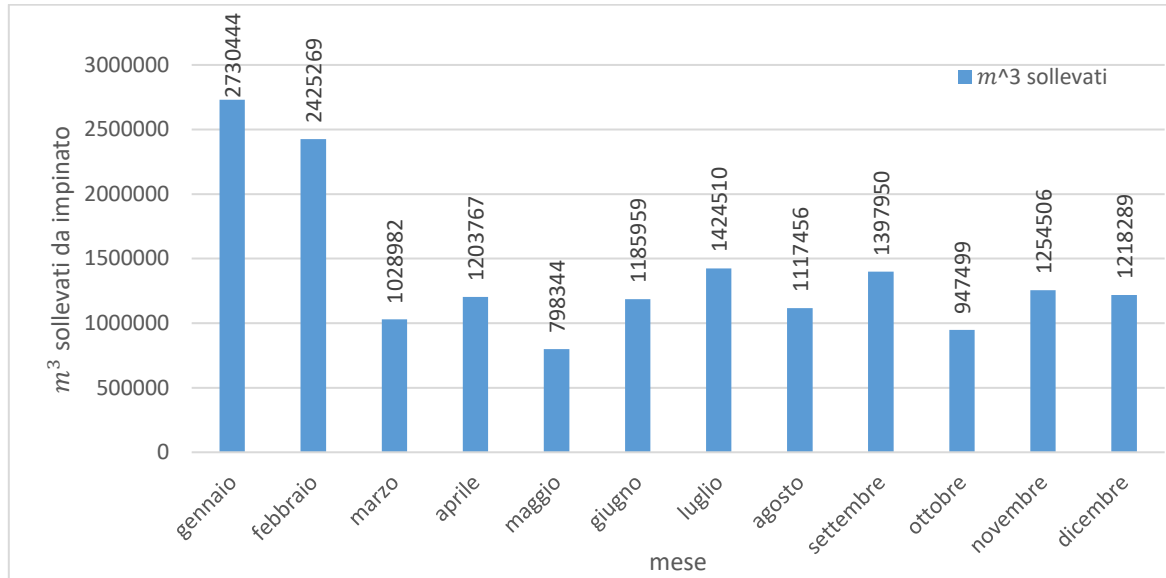


Figura 4.15 -  $m^3$  sollevati mensilmente dall'impianto idrovoro di Santa Margherita nell'anno 2017

I restanti grafici con i  $m^3$  mensilmente sollevati dall'impianto negli anni successivi si possono trovare su *referenze 8* a fine capitolo. Sono stati analizzati i dati da gennaio 2018 a dicembre 2022, con una mancanza di dati da dicembre 2021 a marzo 2022 per manutenzione dell'impianto di telecontrollo.

Si sono poi confrontati i  $m^3$  mensili sollevati dall'impianto, tra i vari anni, nel lasso temporale 2017÷2022 (Figura 4.16). Si considerano valori nulli tra dicembre 2021 e marzo 2022, per manutenzione dell'impianto di telecontrollo. Si può vedere come tra i vari anni, in ogni mese, ci sia una buona omogeneità tra i dati, ad eccezione di qualche estremo caratterizzante, come si può notare nel mese di marzo del 2018 o nel mese di maggio del 2019. Questo sta a significare come le piogge non siano nel complesso drasticamente variate nel lasso temporale preso in analisi.

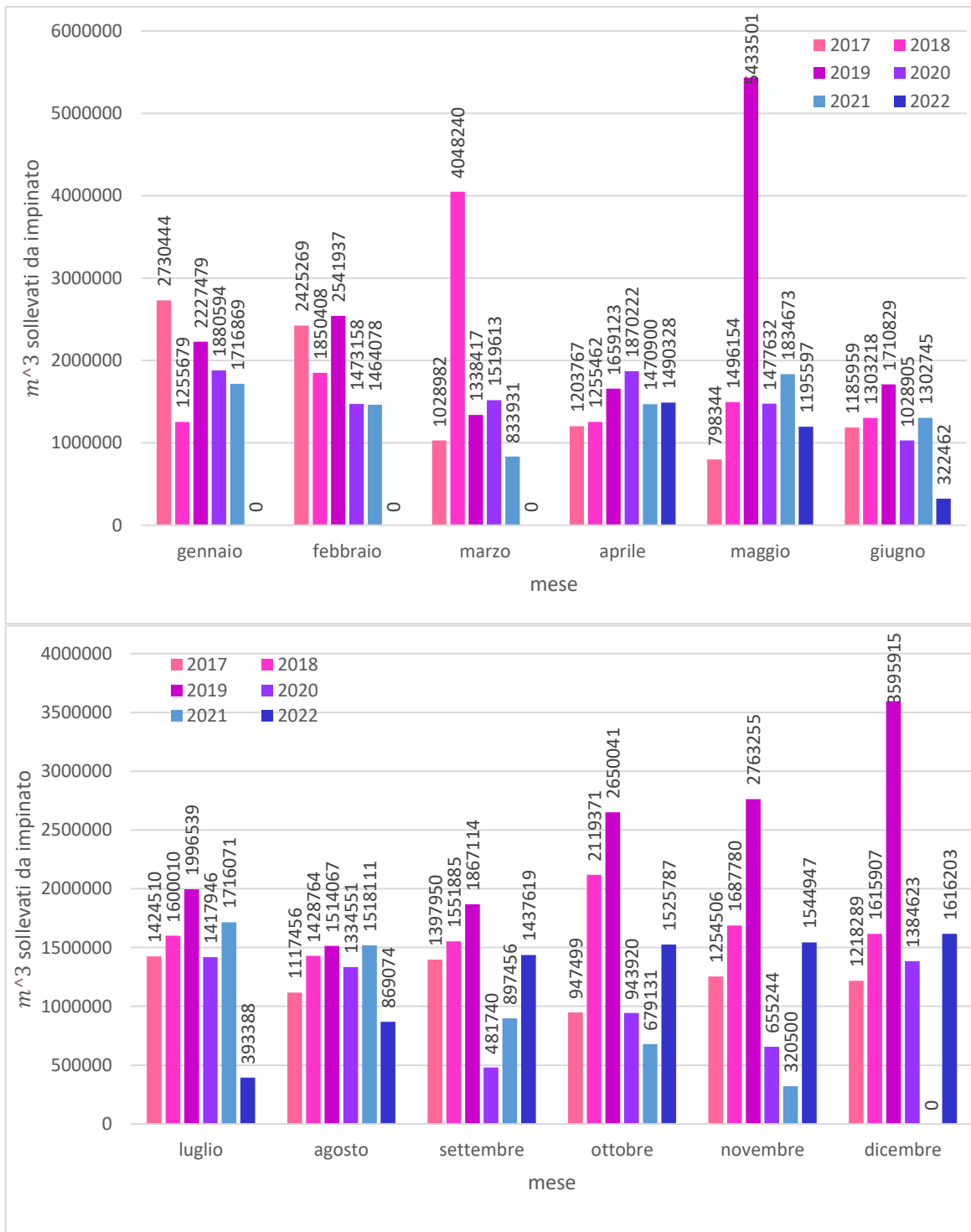


Figura 4.16 - Confronto  $m^3$  mensili sollevati dall'impianto, tra i vari anni, nel lasso temporale 2017÷2022, escludendo periodo dicembre 2021 ÷ marzo 2022

#### 4.4 Confronto tra dati piogge e livelli attacco-stacco elettropompe

Inizialmente si vuole fare un confronto qualitativo tra i  $m^3$  annualmente sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita e le piogge annuali mediate sulle tre stazioni precedentemente analizzate che vanno poi a defluire sull'impianto idrovoro stesso.

Si può analizzare il grafico delle piogge annuali dei valori mediati delle tre stazioni di Santa Margherita, Patriarcati e Cambroso (Figura 4.17), tra gli anni 2017÷2022. Per motivi di manutenzione del sistema di telecontrollo non sono stati analizzati i dati per l'anno 2020. Si osserva nel complesso una diminuzione delle precipitazioni annuali, con il picco nel 2019 (754 mm).

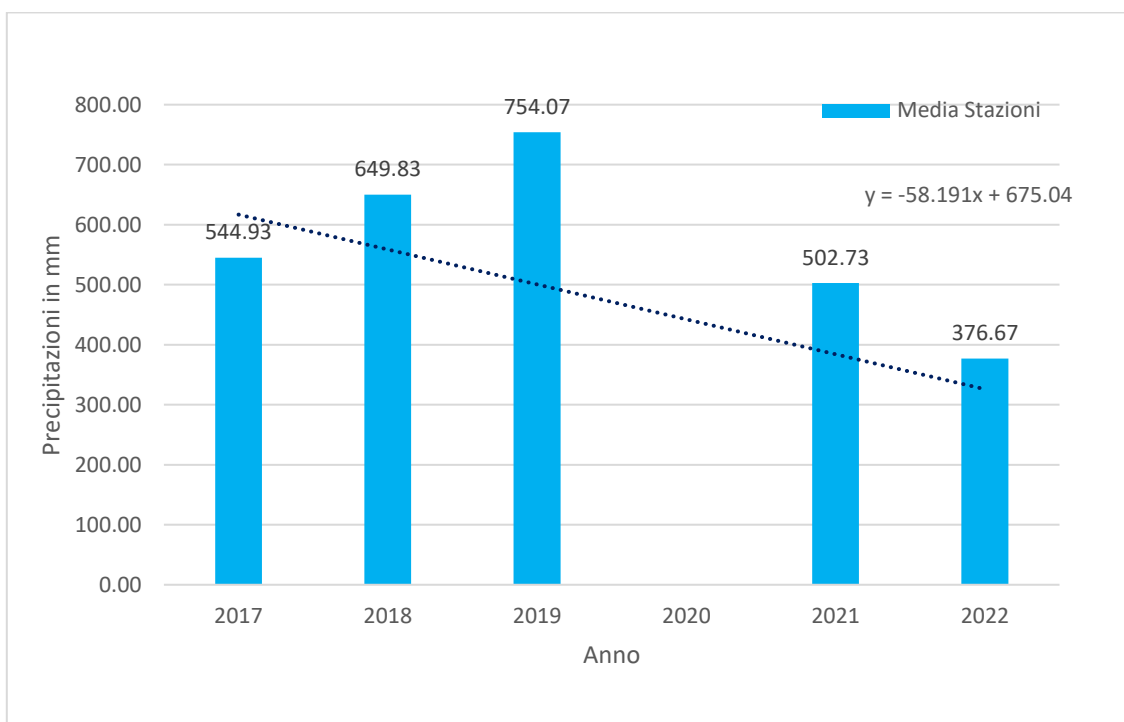


Figura 4.17 – Piogge annuali con i valori mediati delle tre stazioni di Santa Margherita, Patriarcati e Cambroso, tra anni 2017÷2022, escludendo il 2020

Si può quindi confrontare con il grafico dei  $m^3$  annualmente sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita tra gli anni 2017÷2022 (Figura 4.18). Nell'analisi bisogna però considerare che, per manutenzione del sistema di telecontrollo, è presente una mancanza dei dati tra dicembre 2021 e marzo 2022. Per questo motivo, per fare un confronto omogeneo, si sono considerati solo i mesi da aprile a novembre, per i quali si hanno i dati in tutti gli anni di analisi. Nel complesso si ottiene una diminuzione dei  $m^3$  sollevati dall'impianto idrovoro all'aumentare degli anni, con un picco nel 2019.

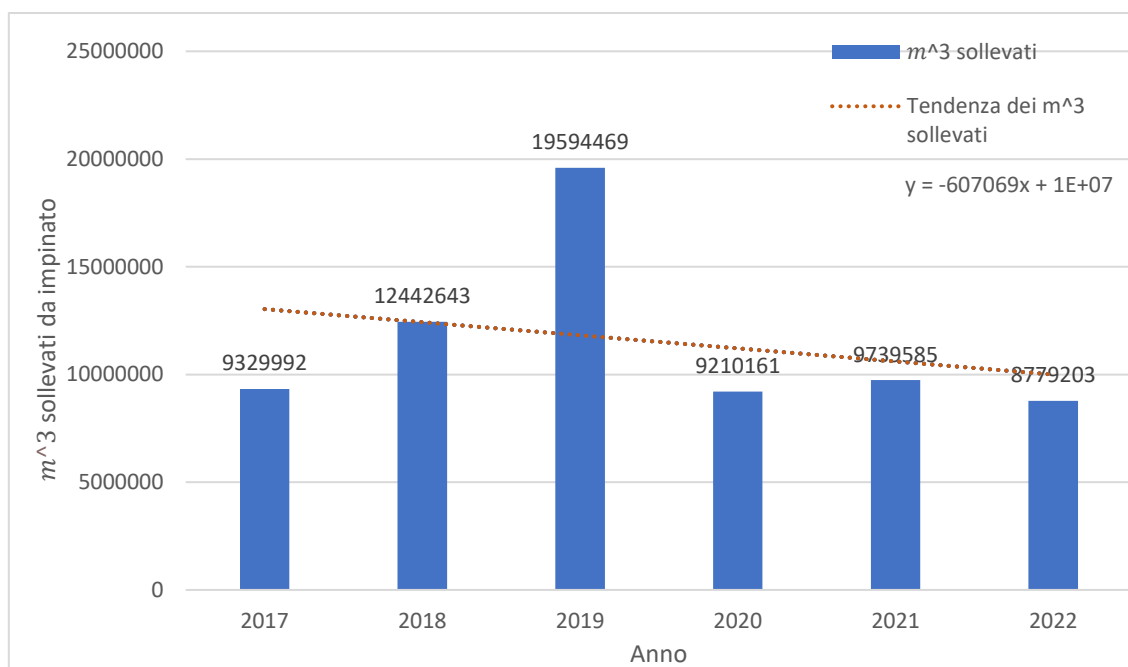


Figura 4.18 -  $m^3$  annualmente sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita tra gli anni 2017÷2022

Si può concludere in modo qualitativo una notevole somiglianza tra i due grafici, notando che entrambi hanno un picco nel 2019; hanno inoltre una tendenza che va a diminuire all'aumentare degli anni. Questo significa che, nel lasso temporale analizzato, all'aumentare degli anni le piogge sono nel complesso diminuite, e sono di conseguenza diminuiti i  $m^3$  sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita.

Si vuole poi fare un confronto per capire se tra gli anni 2017 e 2022, in un periodo dove le piogge sono state simili tra loro, si abbia avuto una variazione nei  $m^3$  sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita, potendo così fare ipotesi sulla variazione del territorio nei sei anni presi in analisi.

Per il confronto si sono presi in considerazione i mesi di giugno e luglio negli anni 2017 e 2022. Si può vedere (Figura 4.19) come tra i due distinti anni, non ci sia una sostanziale differenza di precipitazioni. Si può vedere come tra l'anno 2017 e 2022 per il mese di giugno si ha una variazione di circa 14 mm mensili, mentre per quello di luglio si ha una variazione di circa 9mm.



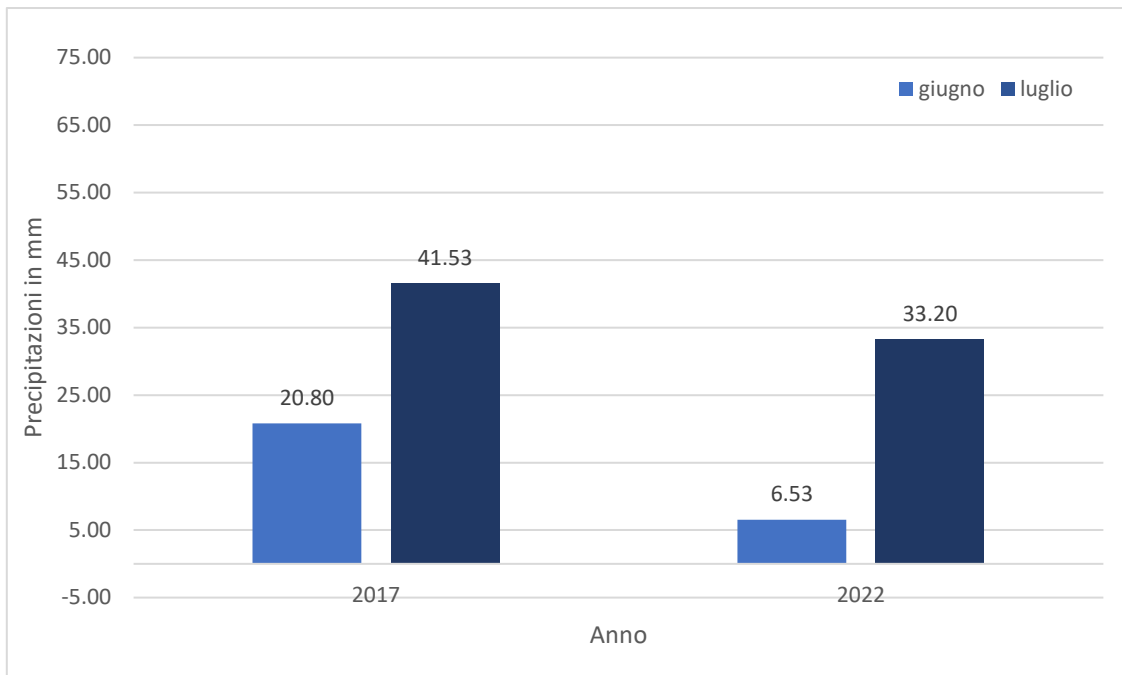


Figura 4.19 – Confronto delle piogge nella zona di riferimento tra gli anni 2017 e 2022, per i mesi di giugno e luglio

Si sono poi presi in considerazione i  $m^3$  sollevati dall'impianto idrovoro, negli analoghi mesi e anni del grafico precedente (Figura 4.20). Si può notare come il funzionamento dell'impianto idrovoro sia drasticamente diminuito tra i due anni presi in riferimento, diminuendo per entrambi i mesi di circa 3.5 volte il suo utilizzo.

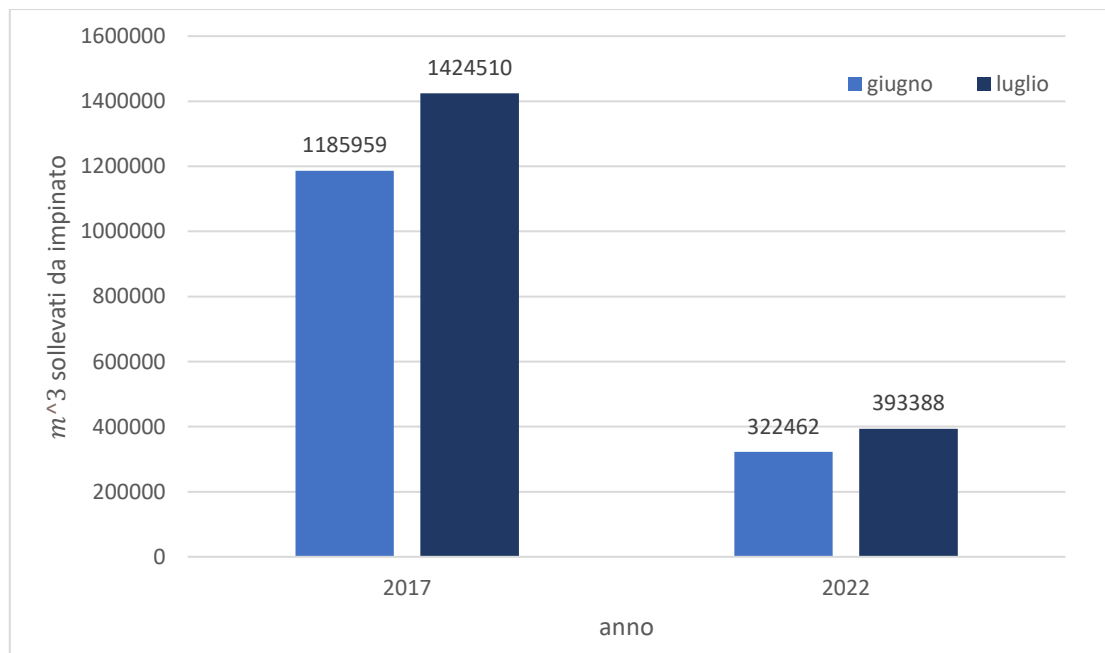
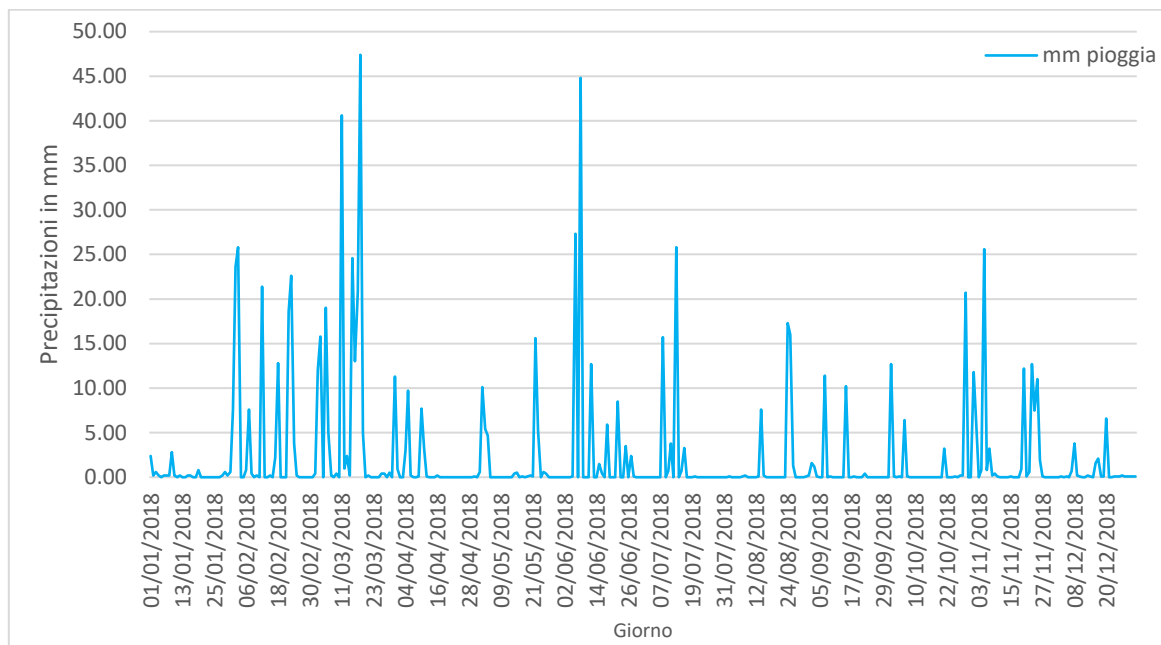


Figura 4.20 – Confronto dei  $m^3$  sollevati dall'idrovoro Santa Margherita tra gli anni 2017 e 2022, per i mesi di giugno e luglio

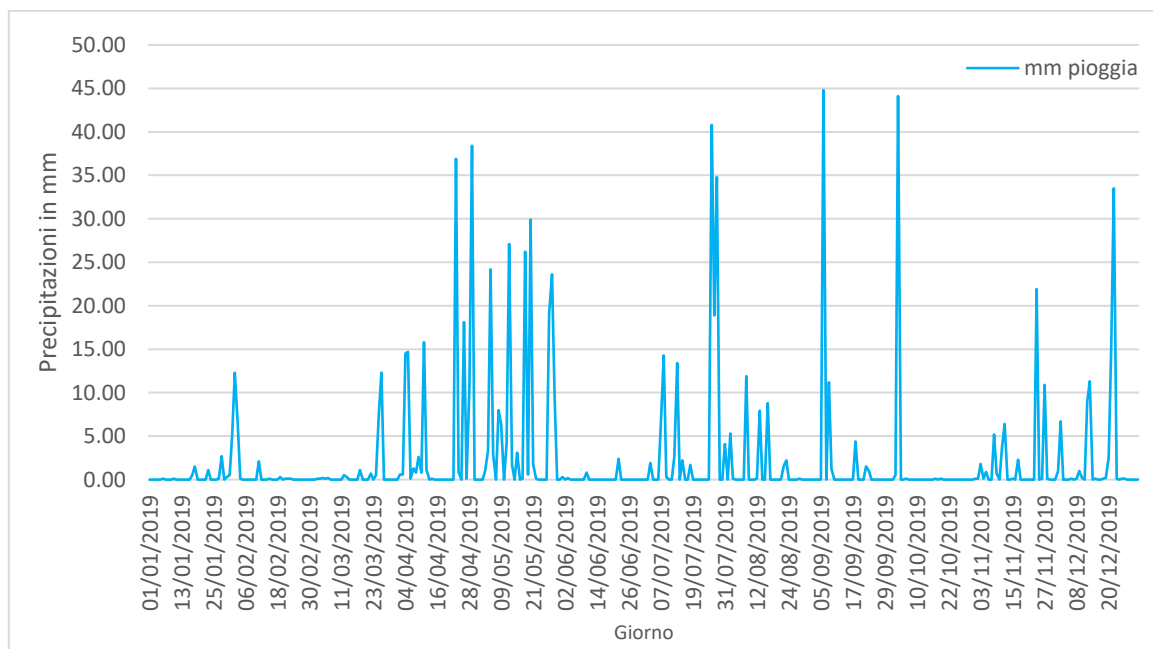
Da questo confronto si può concludere come, a distanza di sei anni (2017-2022), in un periodo dove le precipitazioni sono simili, il funzionamento dell'impianto idroforo sia drasticamente diminuito. Questo fenomeno potrebbe essere dato dalle opere idrauliche di invaso costruite nel territorio, le quali hanno portato negli anni ad incanalare maggiori quantità d'acqua, facendone così arrivare meno all'impianto idroforo d'interesse. Inoltre, la scelta dei mesi estivi potrebbe aver accentuato maggiormente il verificarsi di tale fenomeno.

## 4.5 Referenze

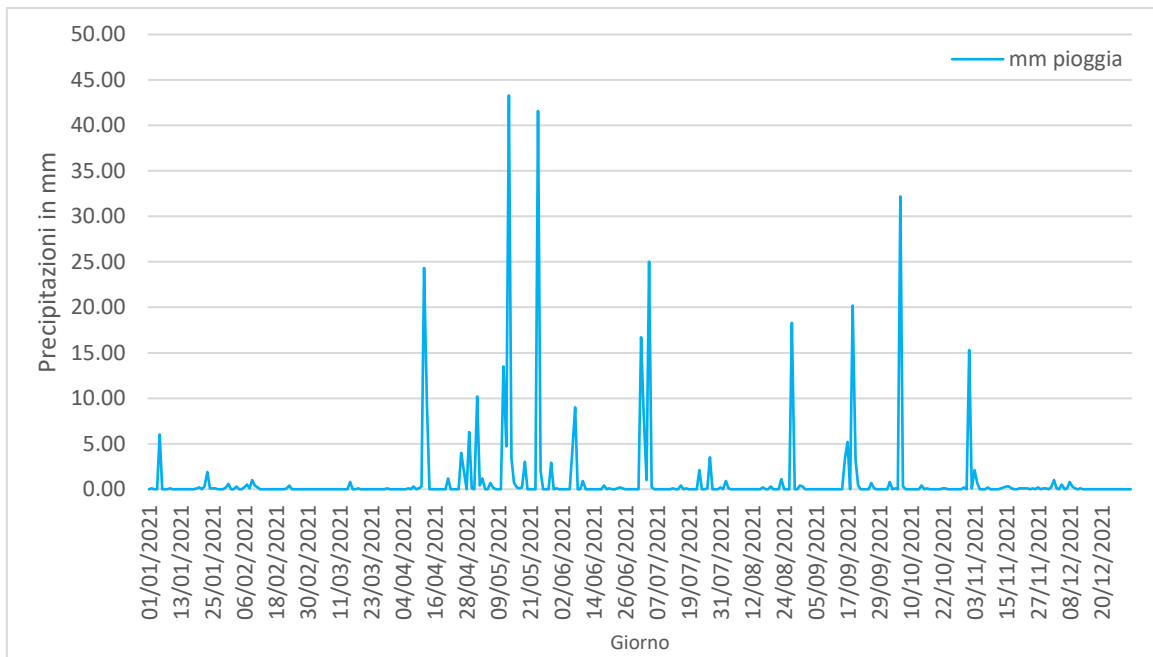
-Referenze 1: Analisi delle piogge giornaliere nella stazione Santa Margherita da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.



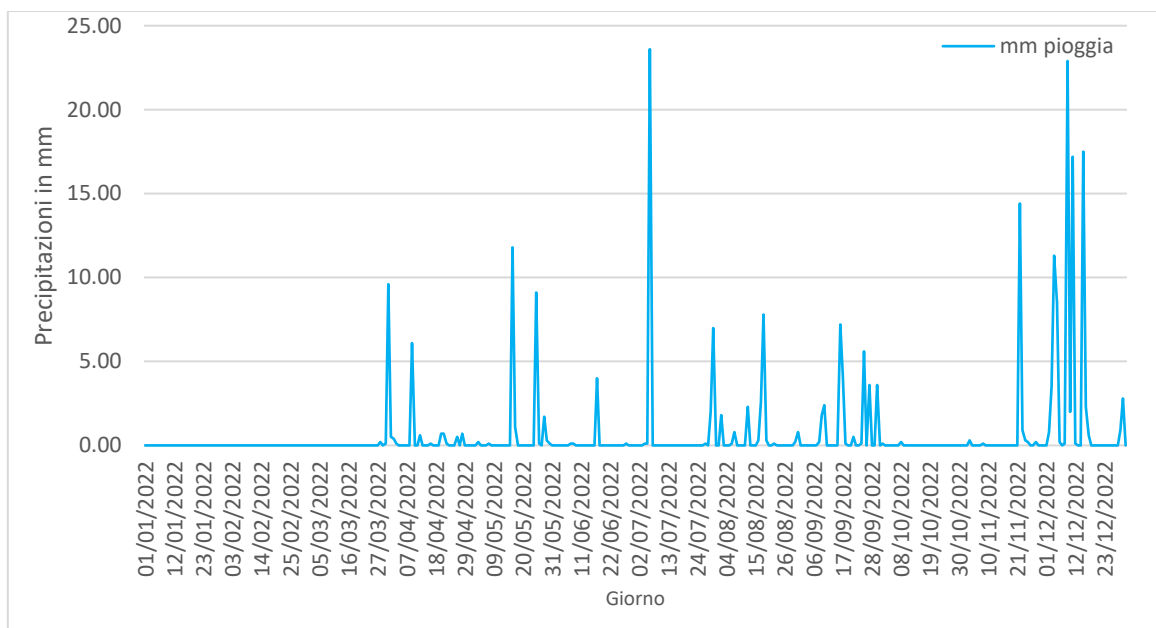
Analisi delle piogge giornaliere nel 2018 nella stazione Santa Margherita



Analisi delle piogge giornaliere nel 2019 nella stazione Santa Margherita

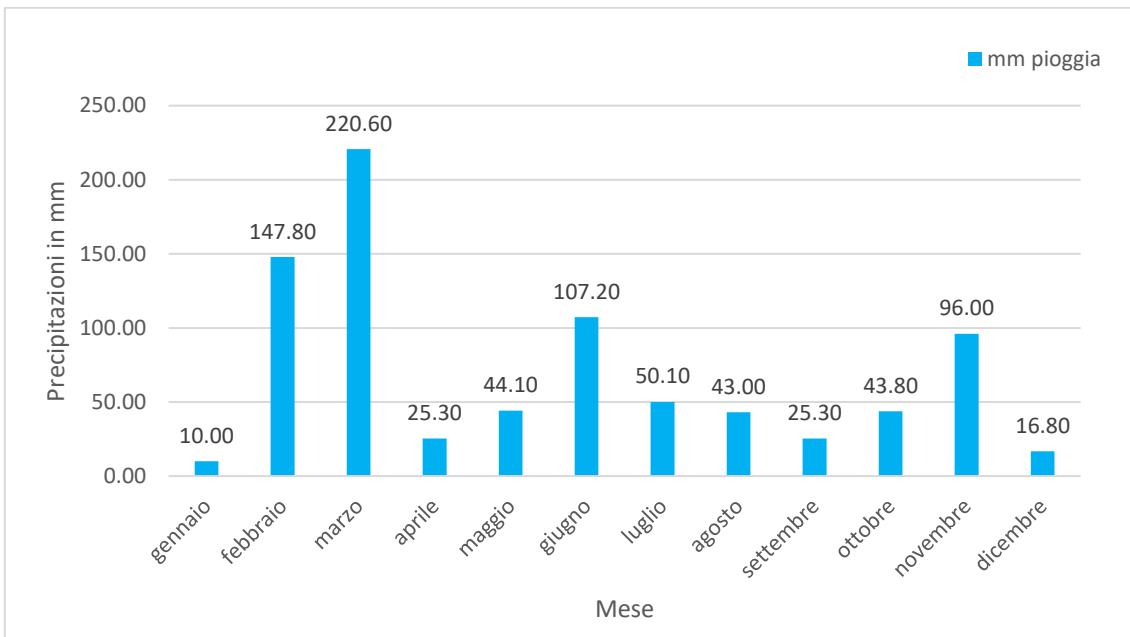


Analisi delle piogge giornaliere nel 2021 nella stazione Santa Margherita

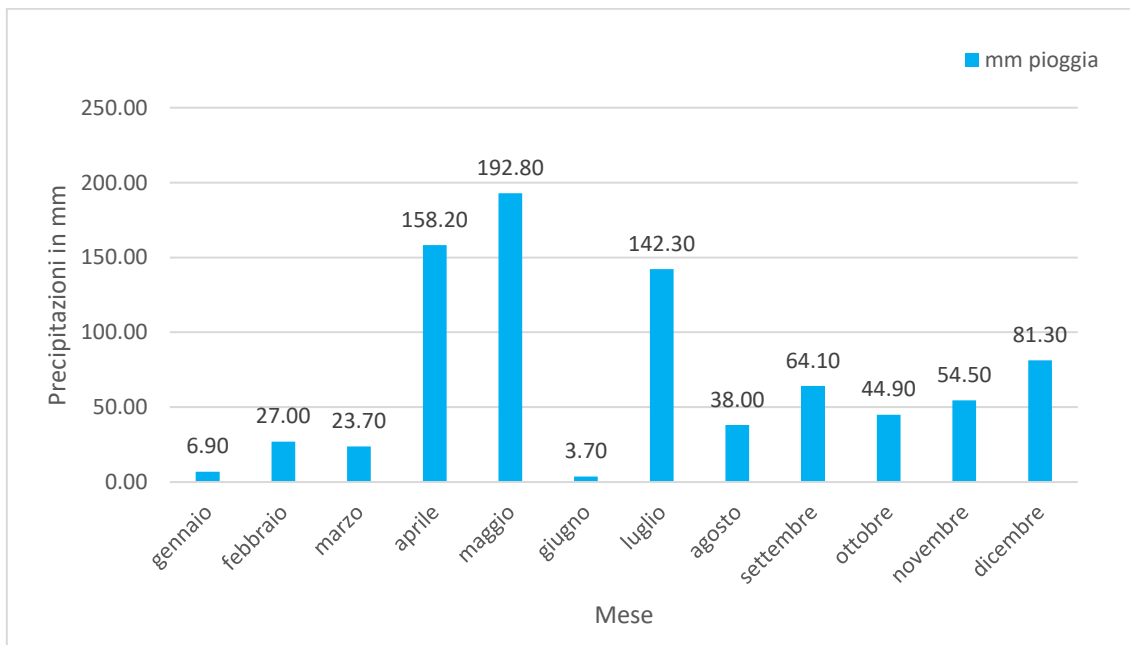


Analisi delle piogge giornaliere nel 2022 nella stazione Santa Margherita

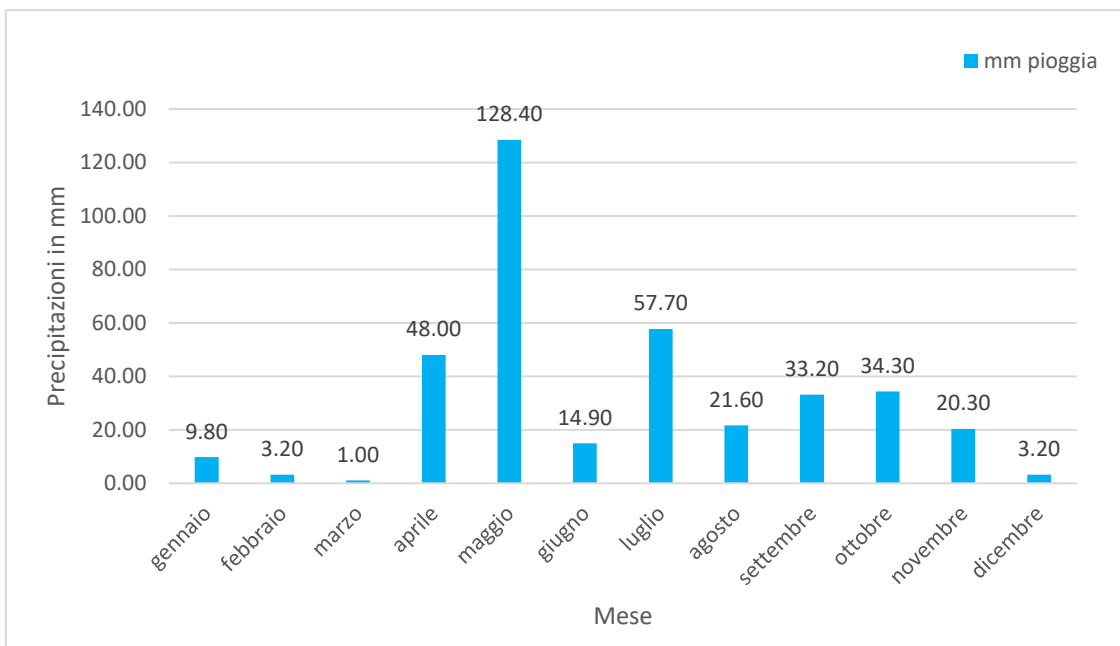
-Referenze 2: Analisi delle piogge mensili nella stazione Santa Margherita da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.



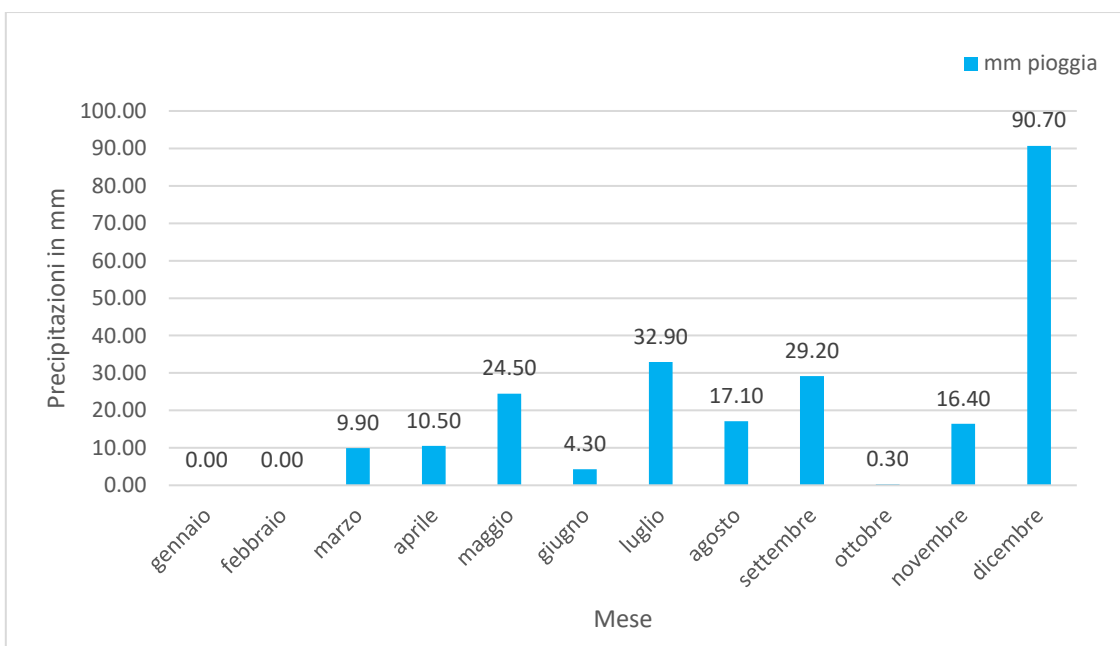
Analisi delle piogge mensili nel 2018 nella stazione Santa Margherita



Analisi delle piogge mensili nel 2019 nella stazione Santa Margherita

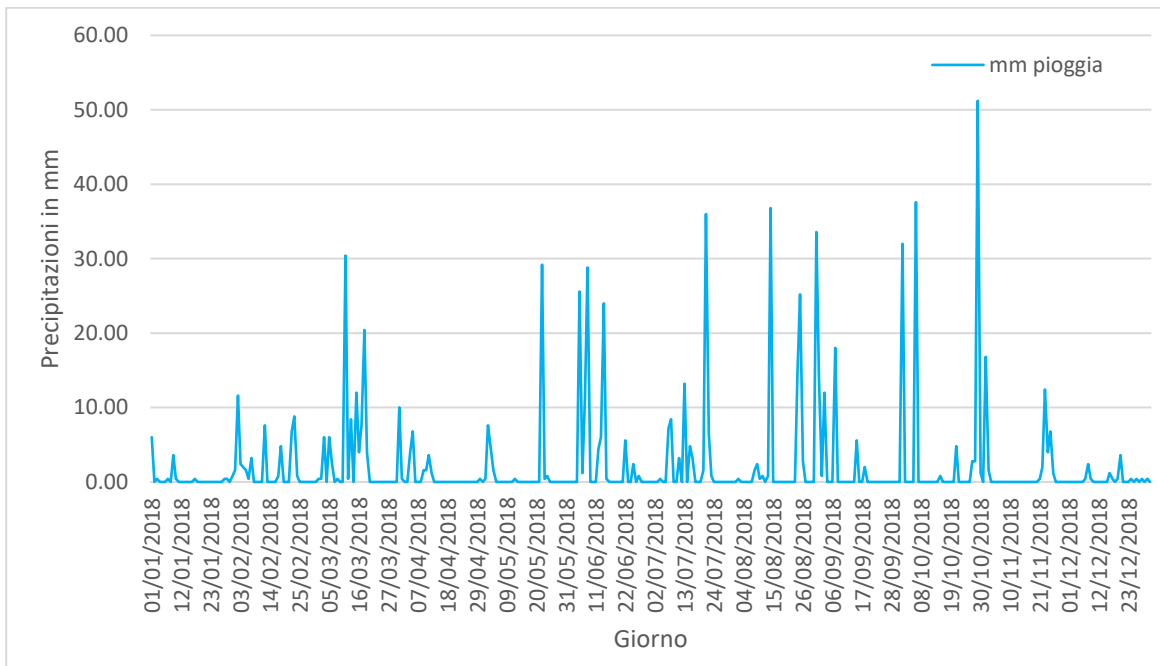


Analisi delle piogge mensili nel 2021 nella stazione Santa Margherita

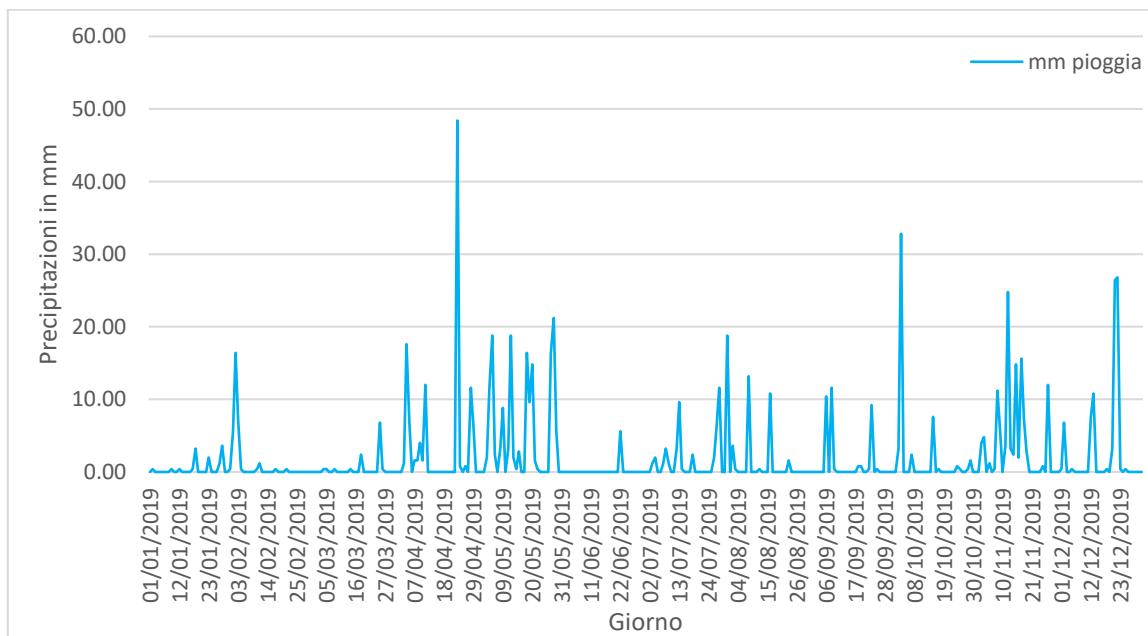


Analisi delle piogge mensili nel 2022 nella stazione Santa Margherita

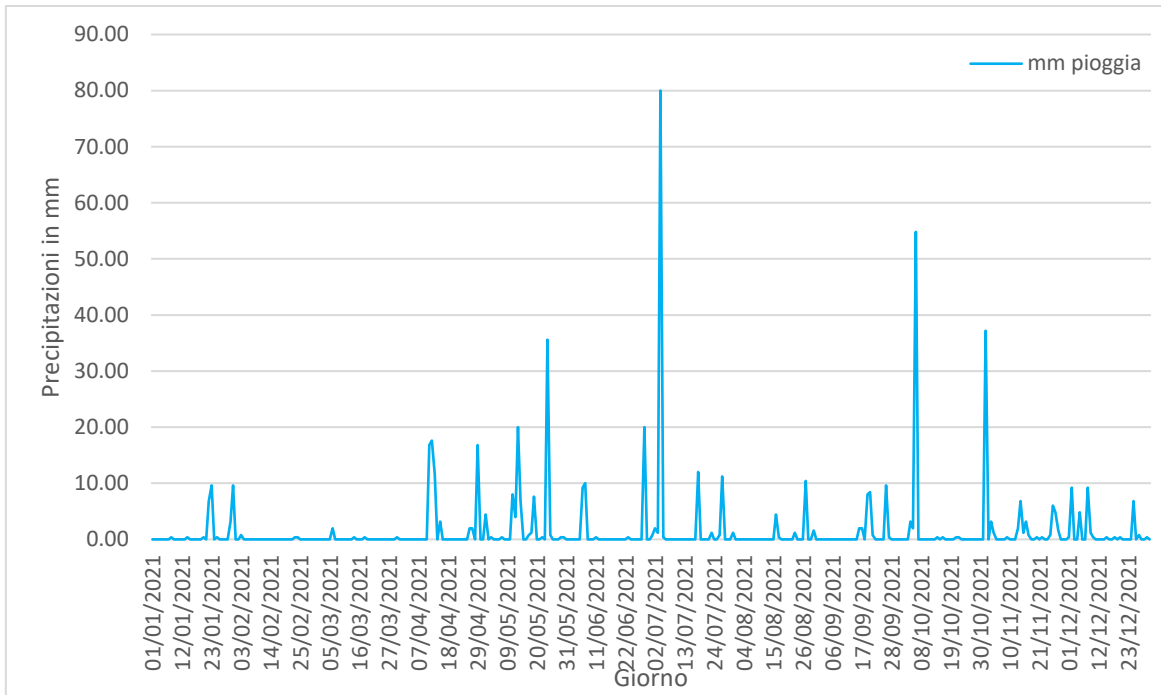
-Referenze 3: Analisi delle piogge giornaliere nella stazione Patriarcati da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.



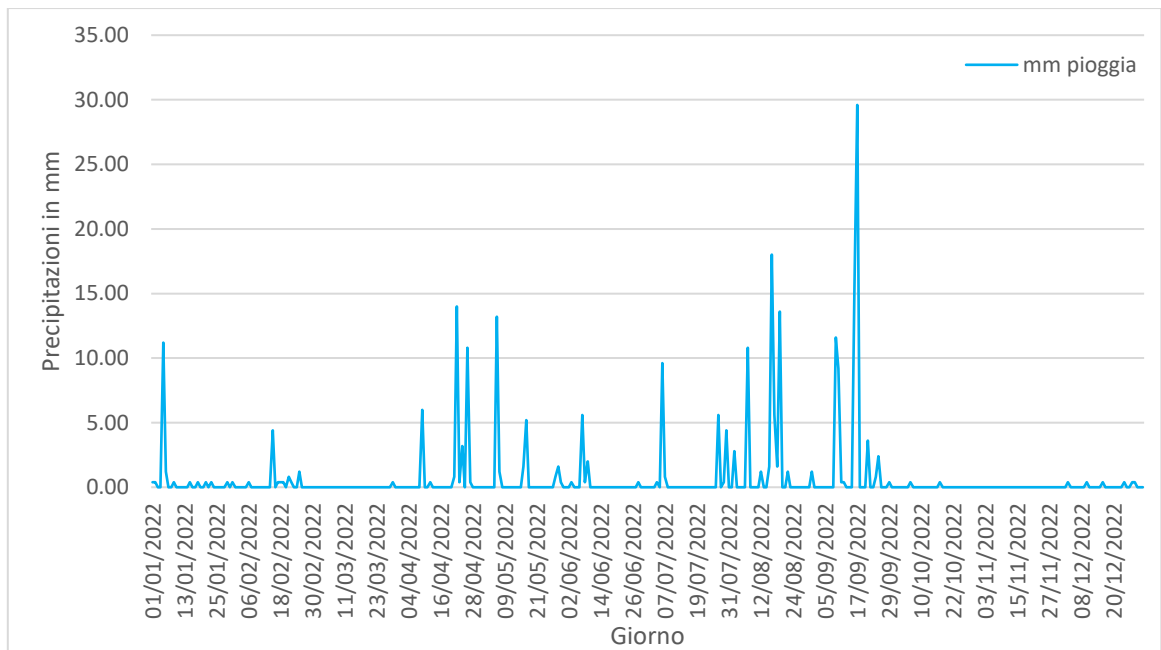
Analisi delle piogge giornaliere nel 2018 nella stazione Patriarcati



Analisi delle piogge giornaliere nel 2019 nella stazione Patriarcati



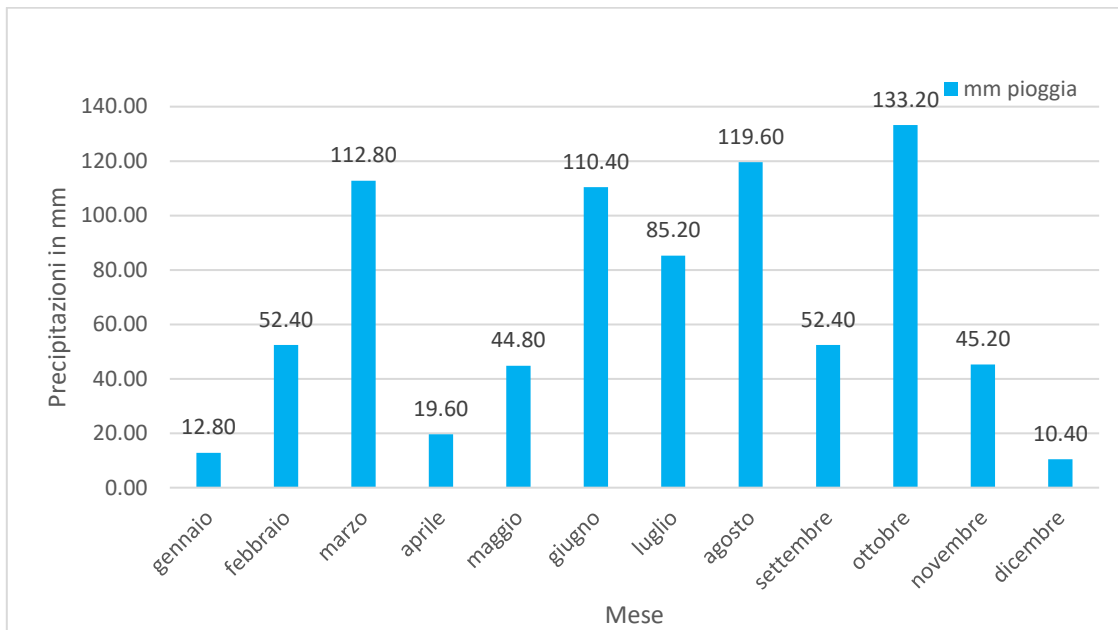
Analisi delle piogge giornaliere nel 2021 nella stazione Patriarcati



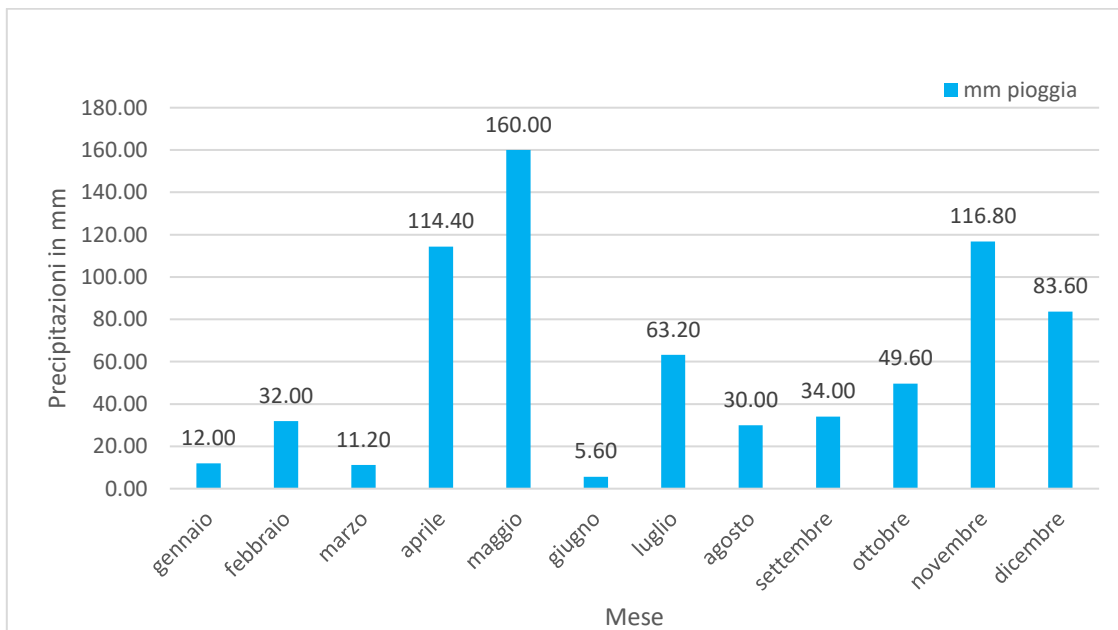
Analisi delle piogge giornaliere nel 2022 nella stazione Patriarcati



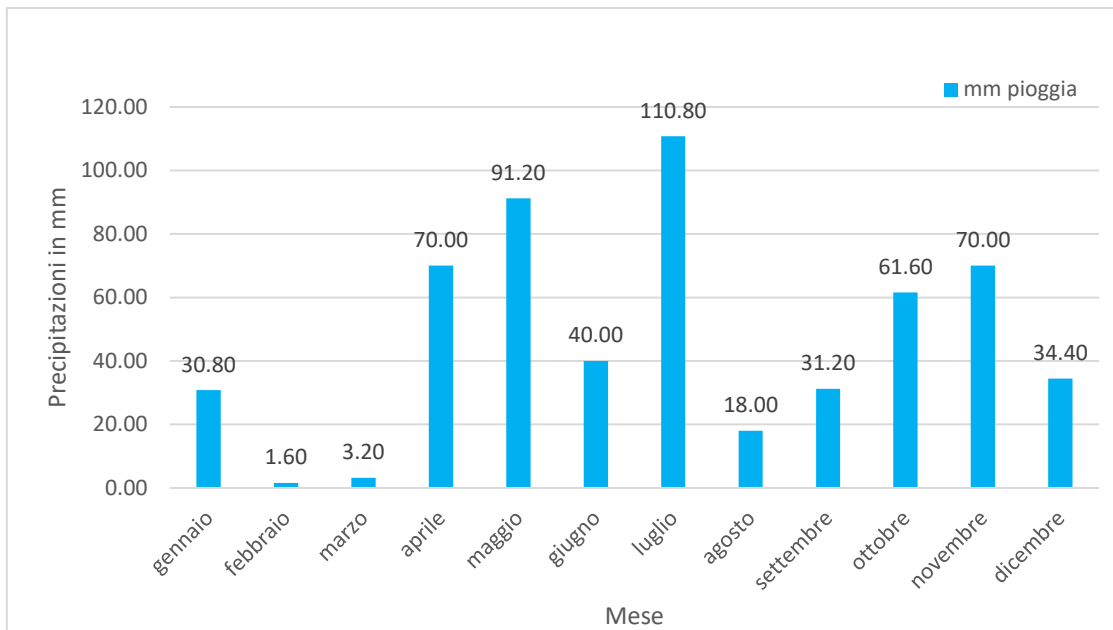
-Referenze 4: Analisi delle piogge mensili nella stazione Patriarcati dal 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.



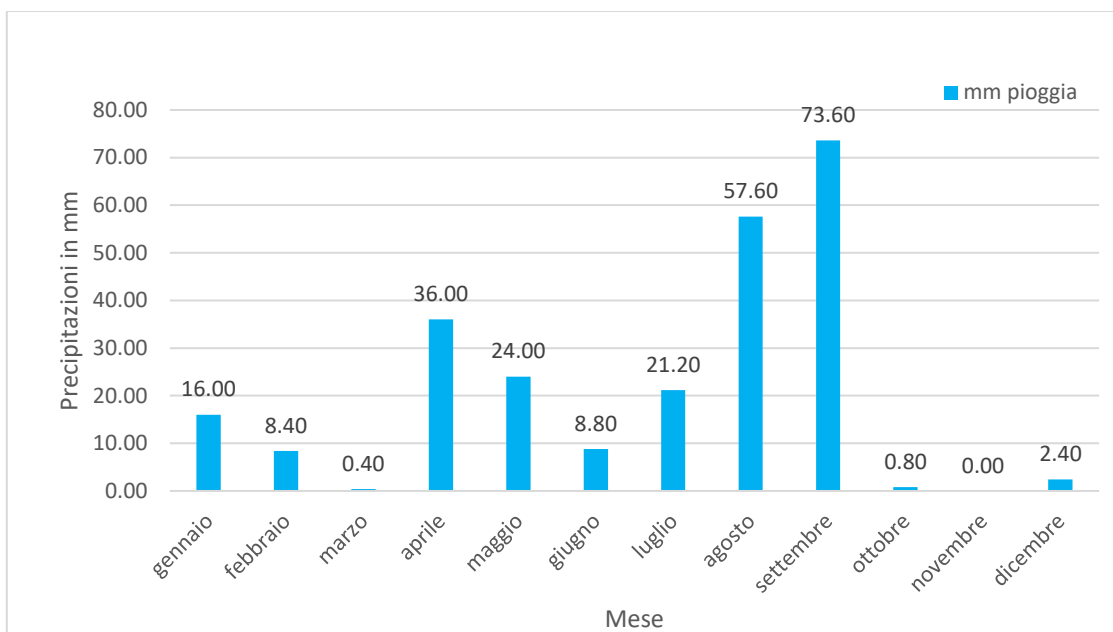
Analisi delle piogge mensili nel 2018 nella stazione Patriarcati



Analisi delle piogge mensili nel 2019 nella stazione Patriarcati

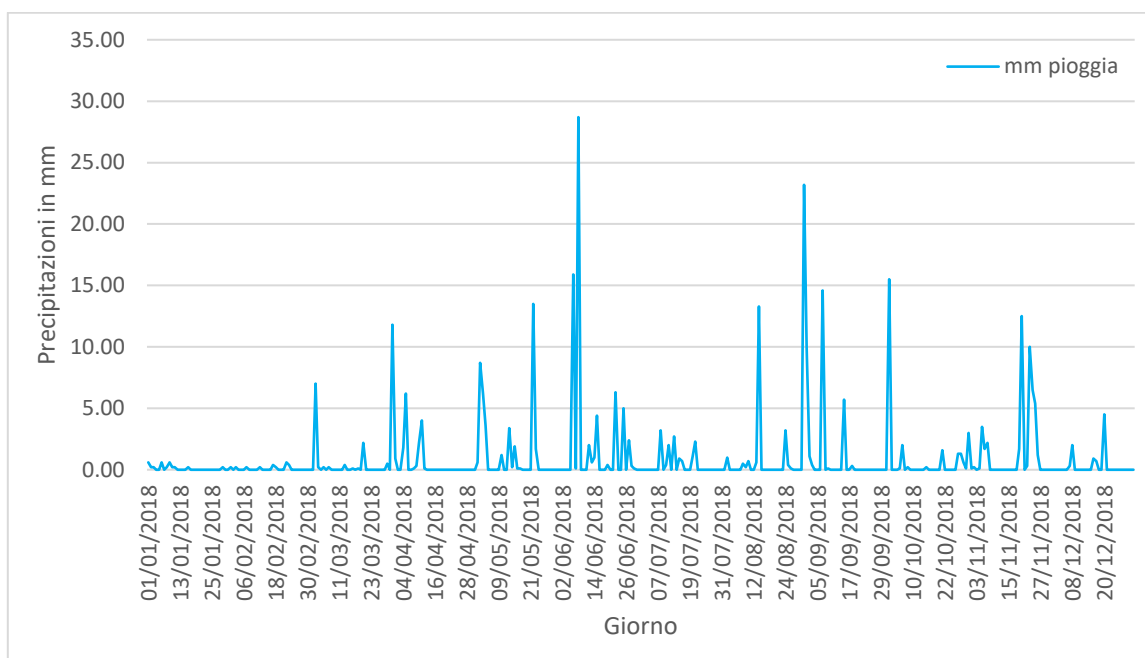


Analisi delle piogge mensili nel 2021 nella stazione Patriarcati

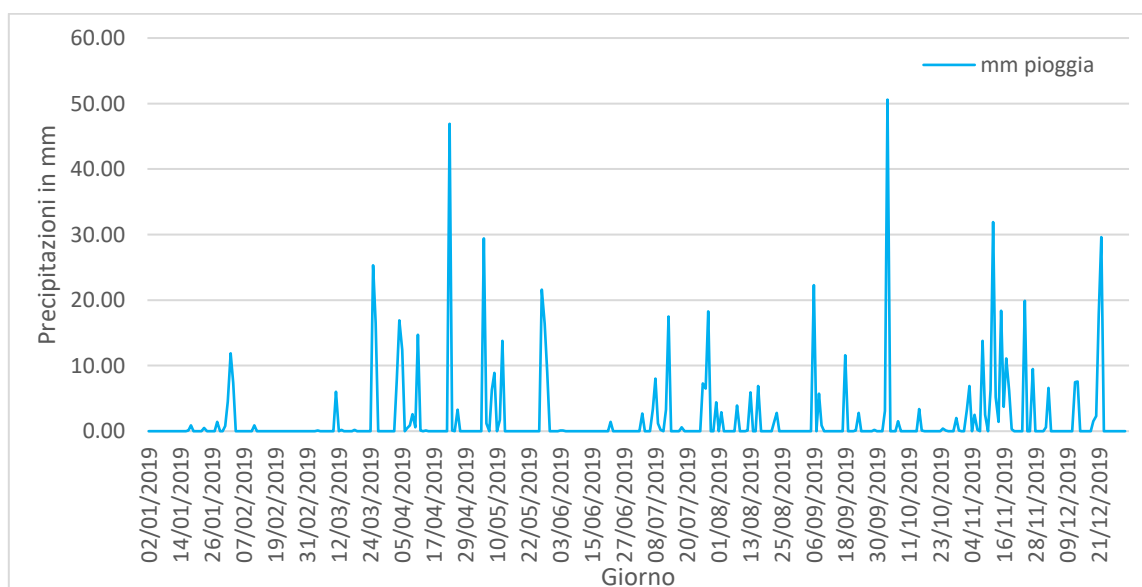


Analisi delle piogge mensili nel 2022 nella stazione Patriarcati

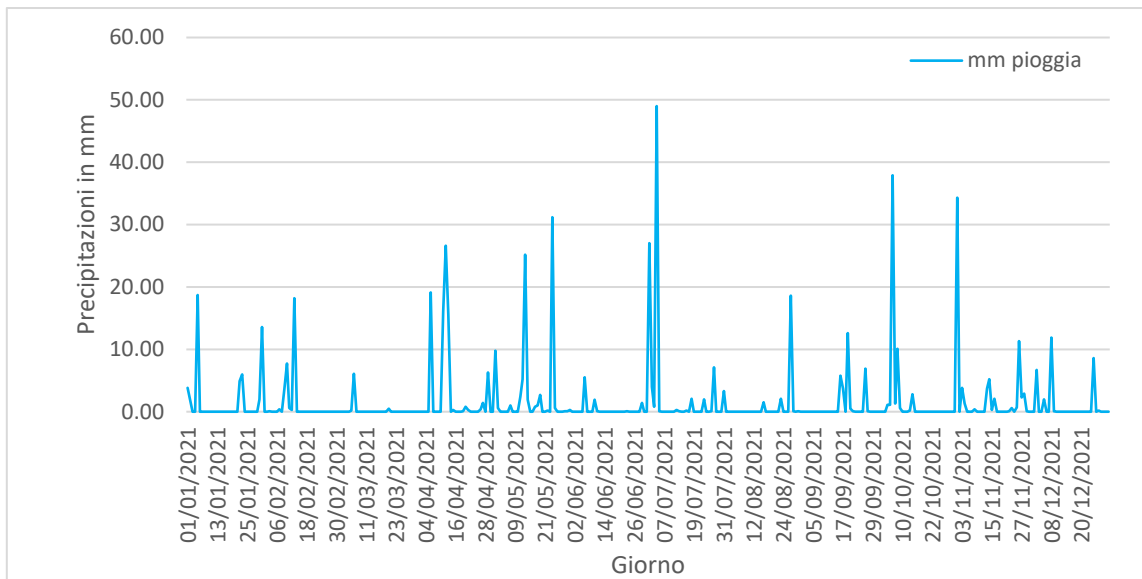
-Referenze 5: Analisi delle piogge giornaliere nella stazione Cambroso da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.



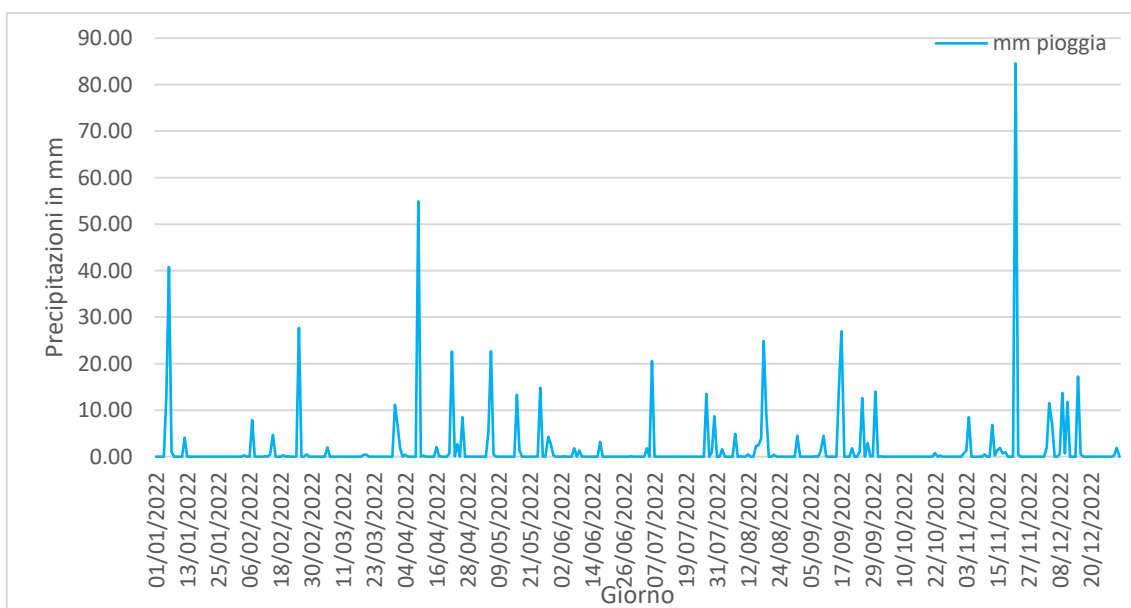
Analisi delle piogge giornaliere nel 2018 nella stazione Cambroso



Analisi delle piogge giornaliere nel 2019 nella stazione Cambroso

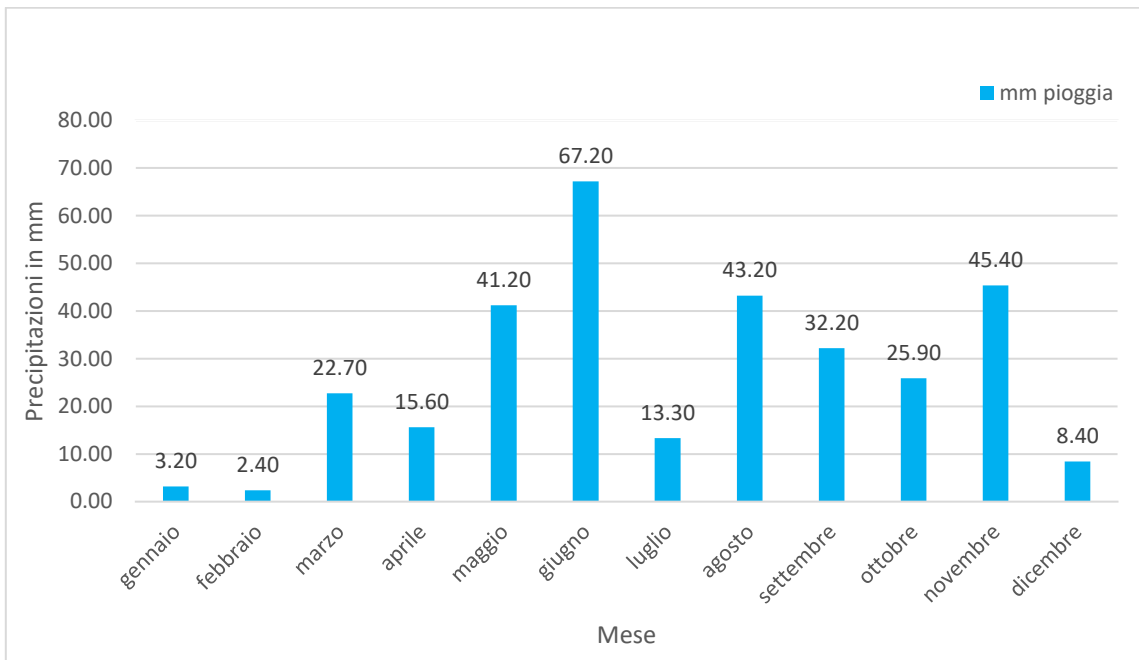


**Analisi delle piogge giornaliere nel 2021 nella stazione Cambroso**

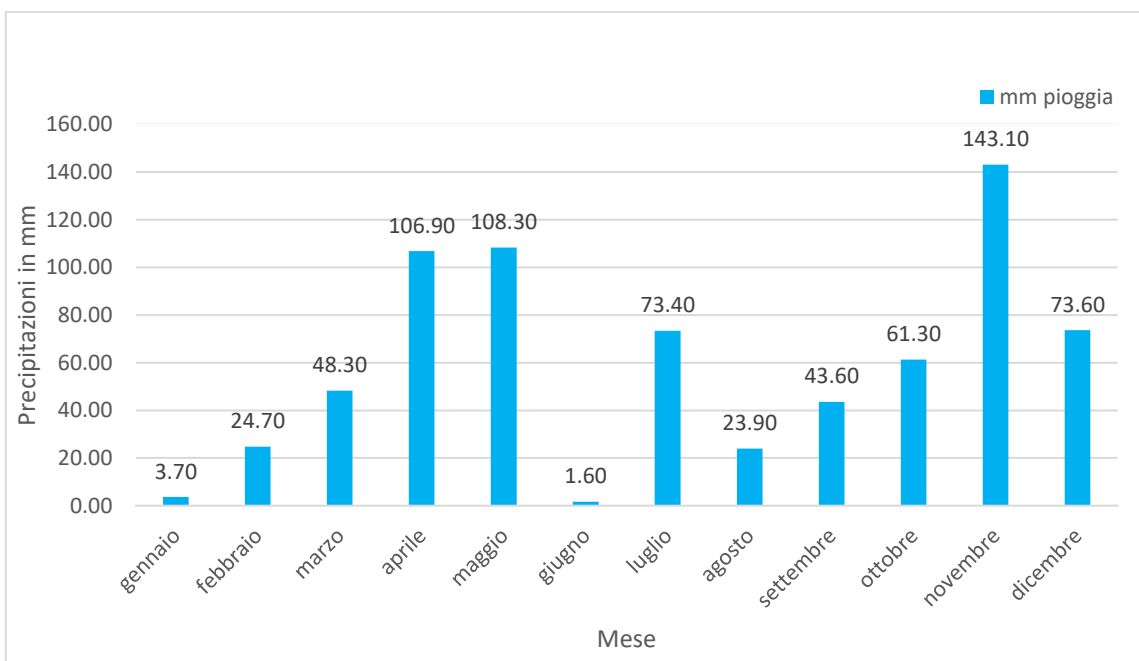


**Analisi delle piogge giornaliere nel 2022 nella stazione Cambroso**

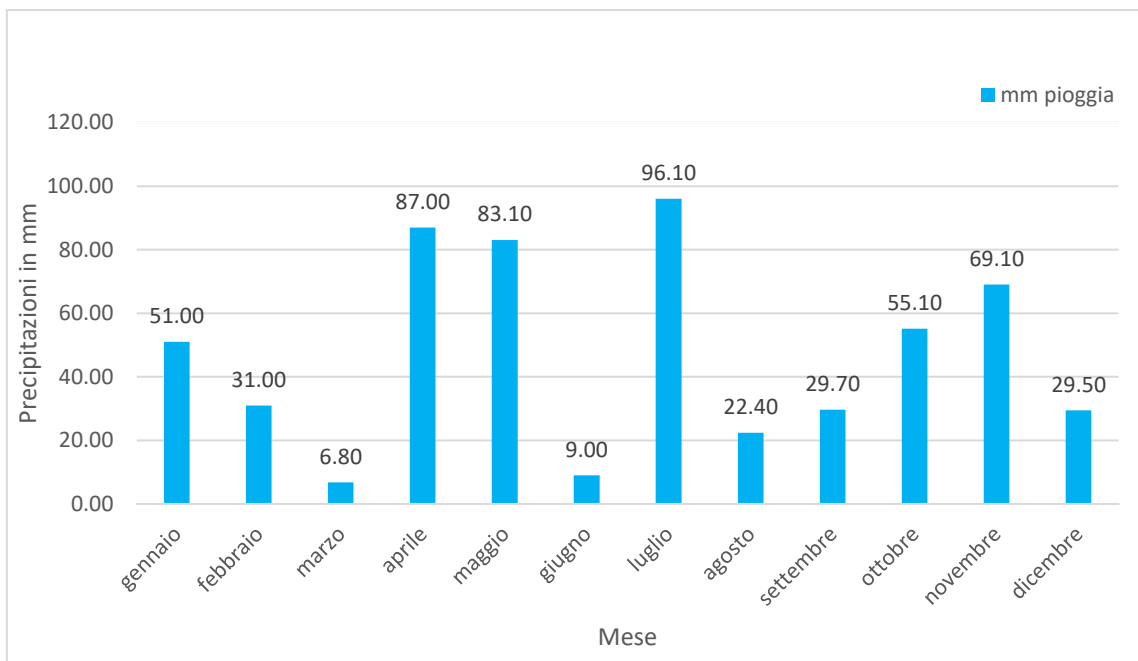
-Referenze 6: Analisi delle piogge mensili nella stazione Cambroso da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.



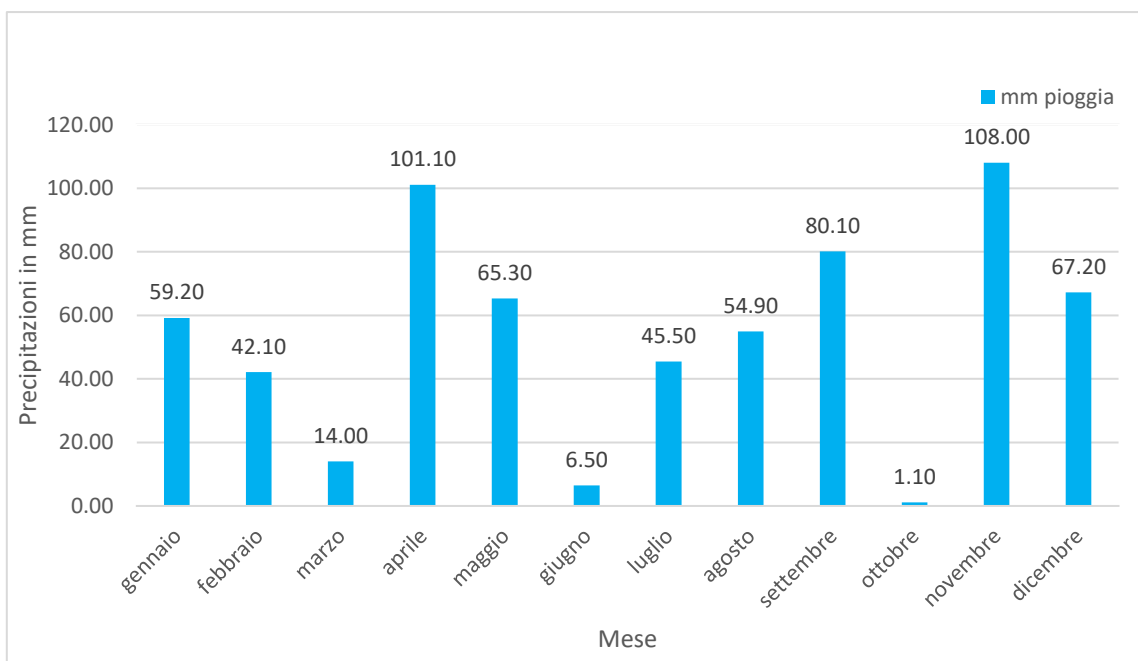
Analisi delle piogge mensili nel 2018 nella stazione Cambroso



Analisi delle piogge mensili nel 2019 nella stazione Cambroso

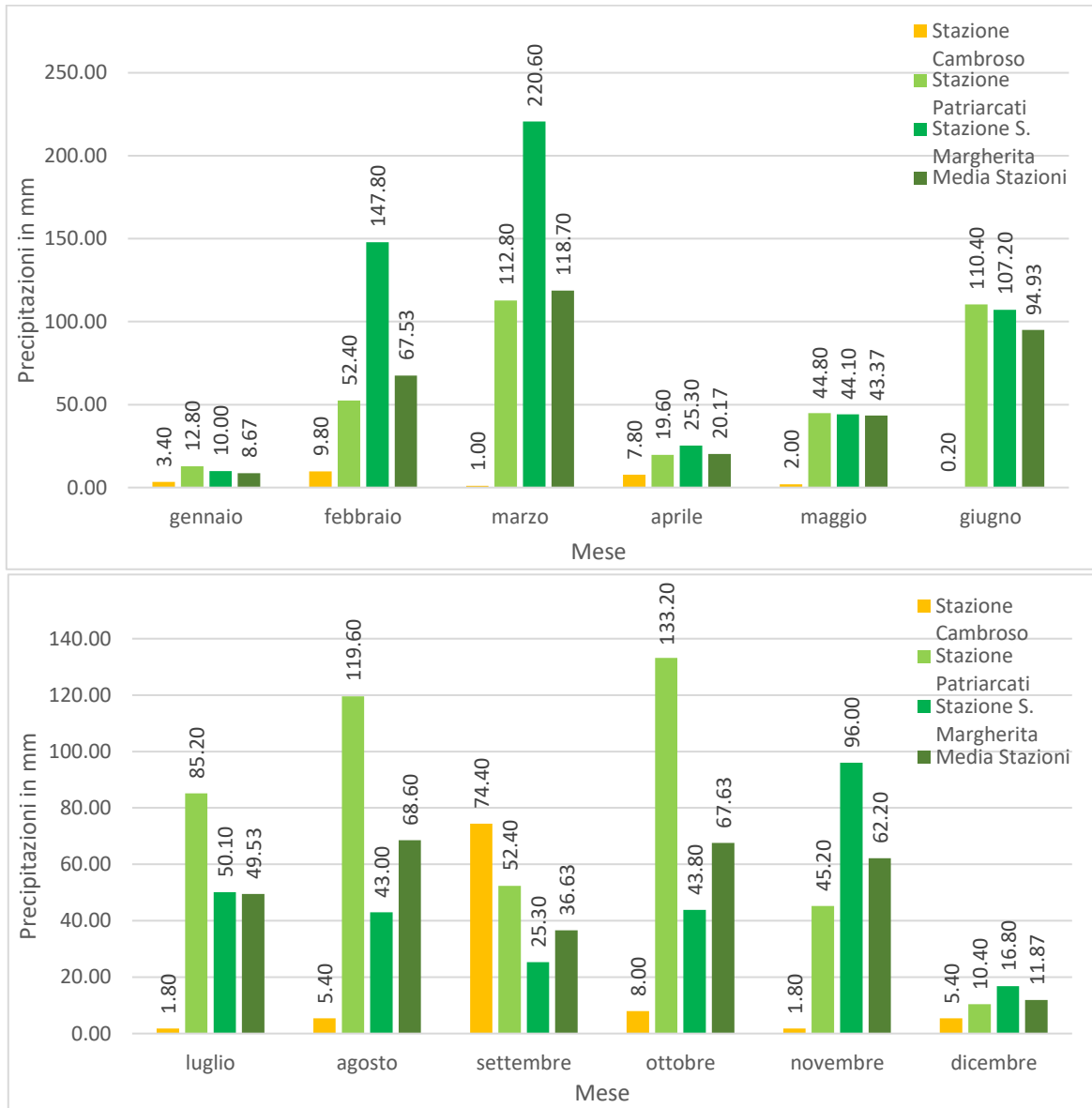


Analisi delle piogge mensili nel 2021 nella stazione Cambroso

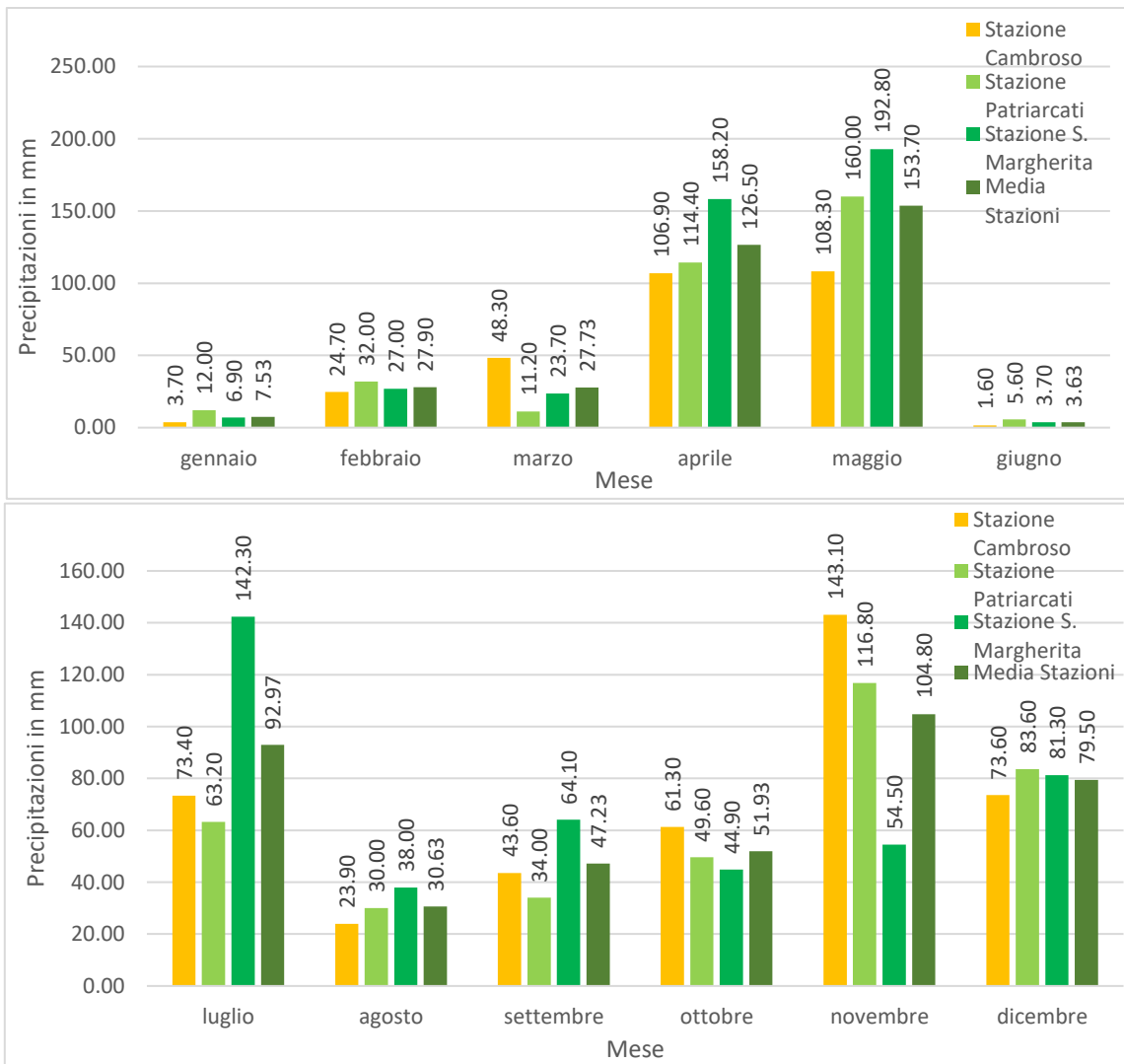


Analisi delle piogge mensili nel 2022 nella stazione Cambroso

-Referenze 7: Analisi nel confronto delle piogge mensili tra le varie stazioni, con riferimento anche alla loro media, da gennaio 2018 a dicembre 2022, tralasciando l'anno 2020.

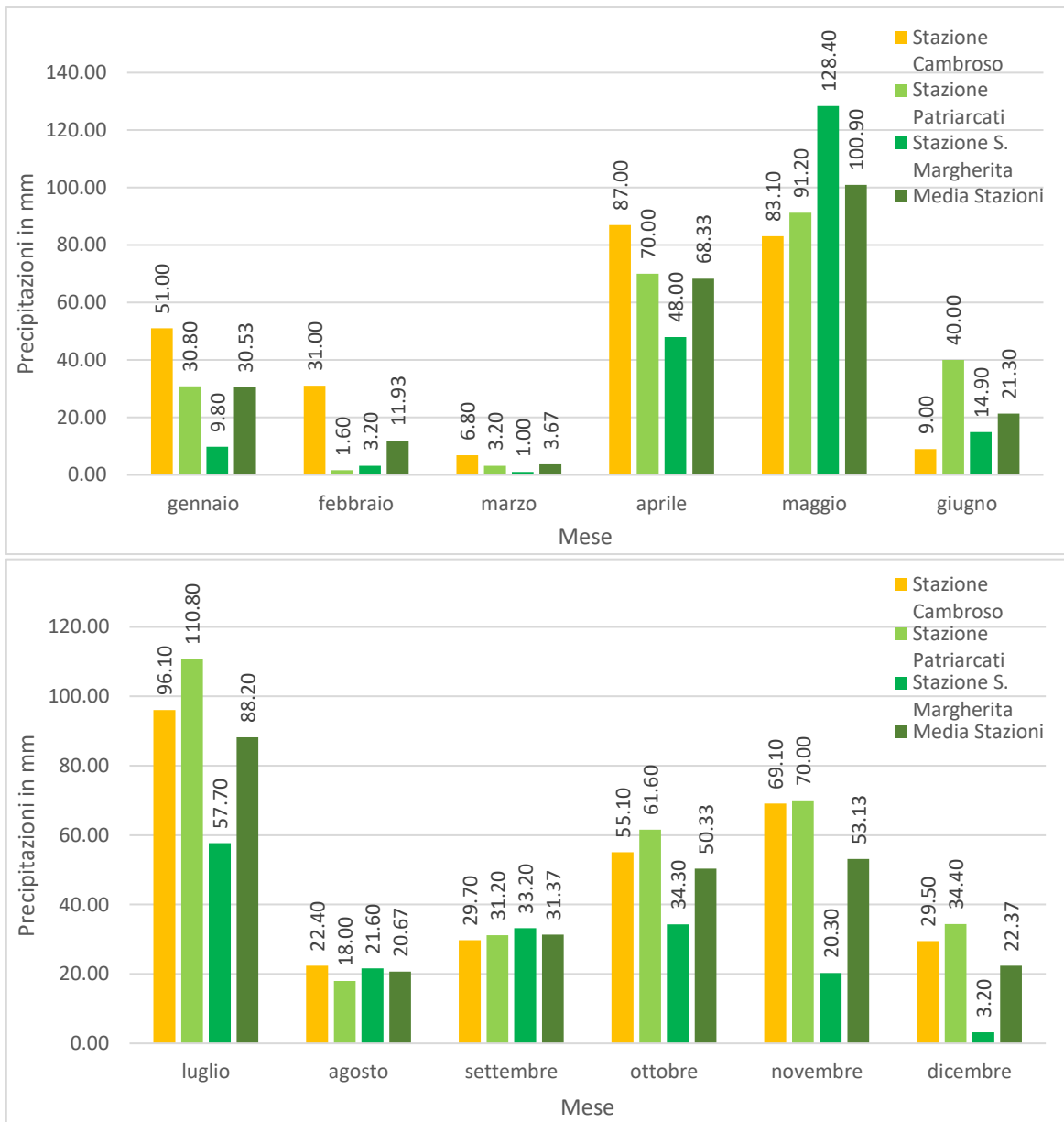


Confronto piogge mensili nel 2018 tra le varie stazioni di riferimento, con media tra esse

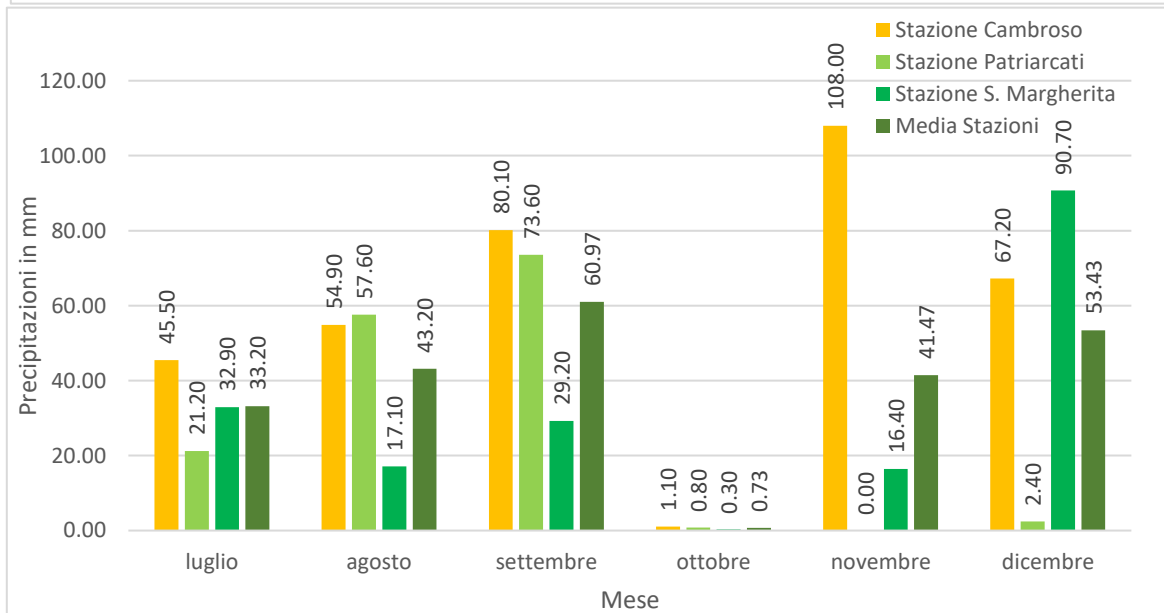
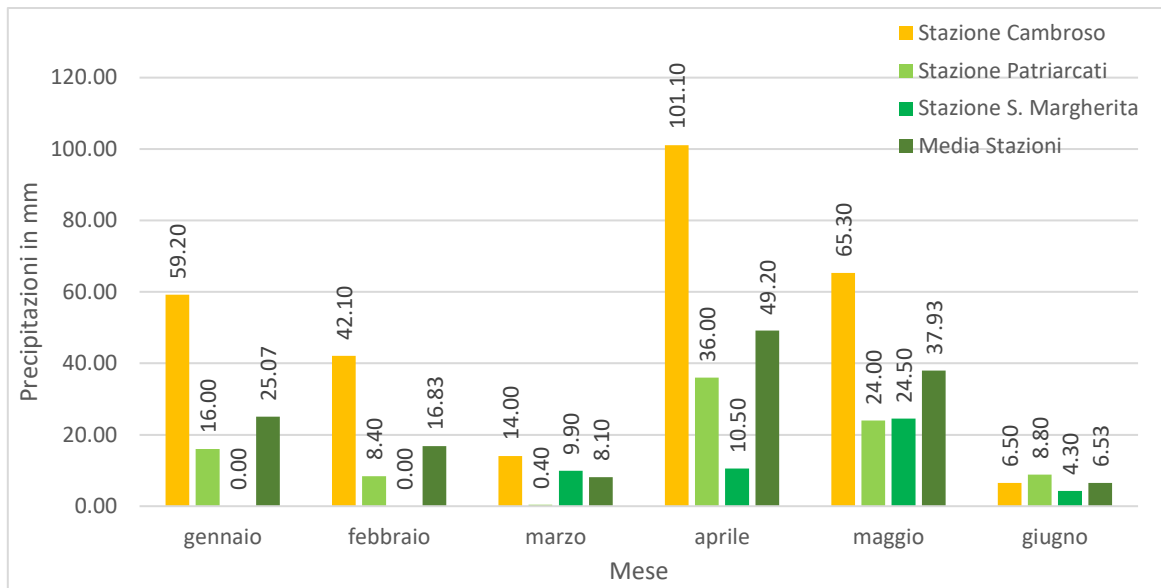


Confronto piogge mensili nel 2019 tra le varie stazioni di riferimento, con media tra esse



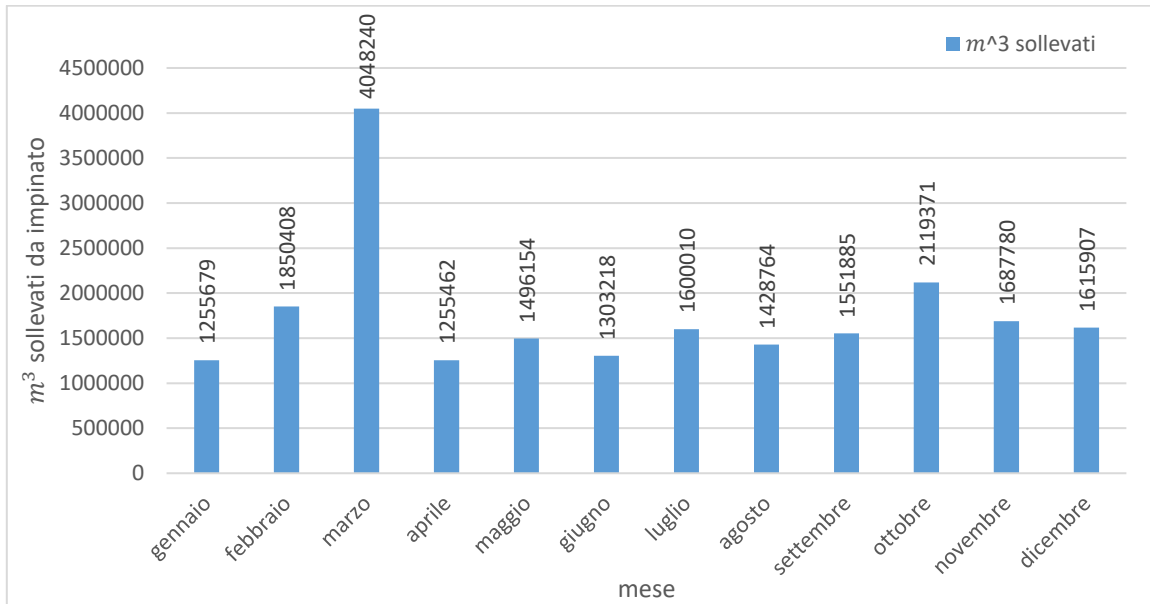


Confronto piogge mensili nel 2021 tra le varie stazioni di riferimento, con media tra esse

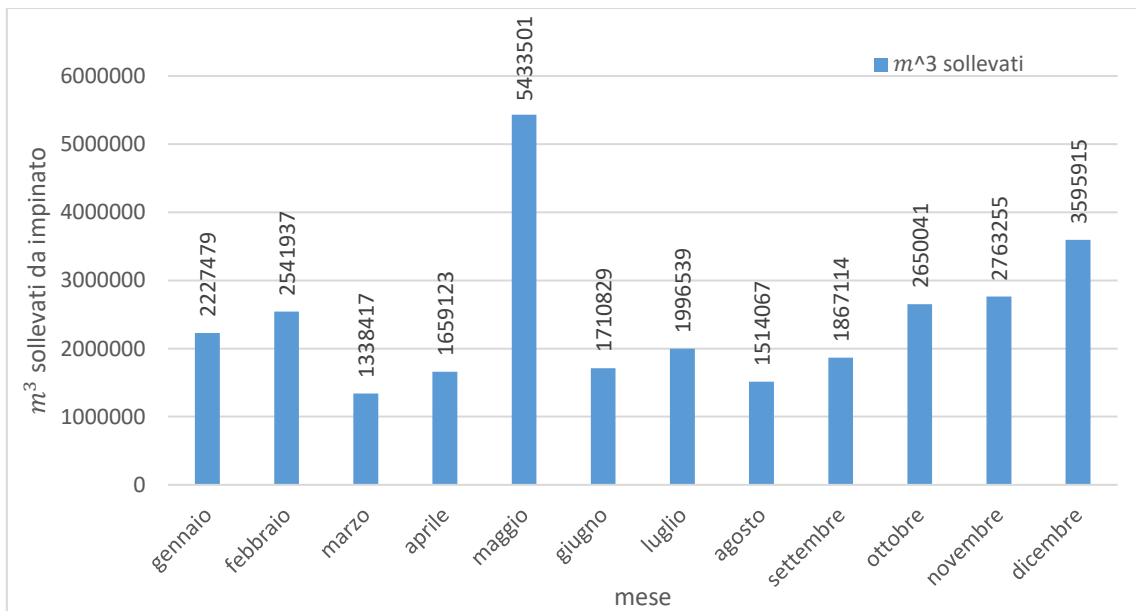


Confronto piogge mensili nel 2022 tra le varie stazioni di riferimento, con media tra esse

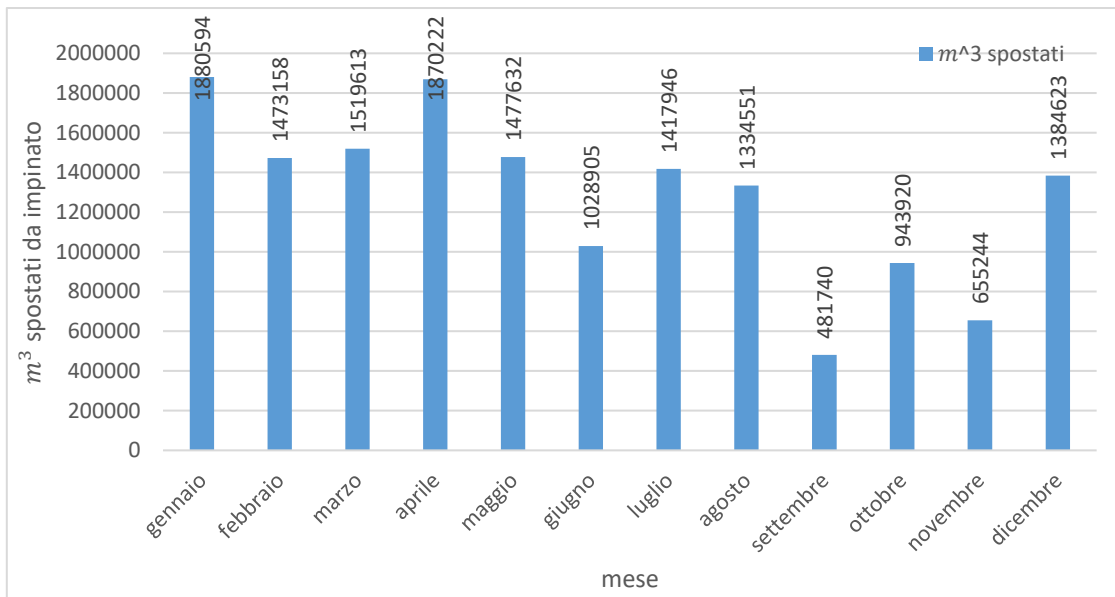
-Referenze 8: Analisi dei  $m^3$  mensilmente sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita tra gennaio 2018 e dicembre 2022, con mancanza di dati tra dicembre 2021 e marzo 2022 per manutenzione dell'impianto di telecontrollo.



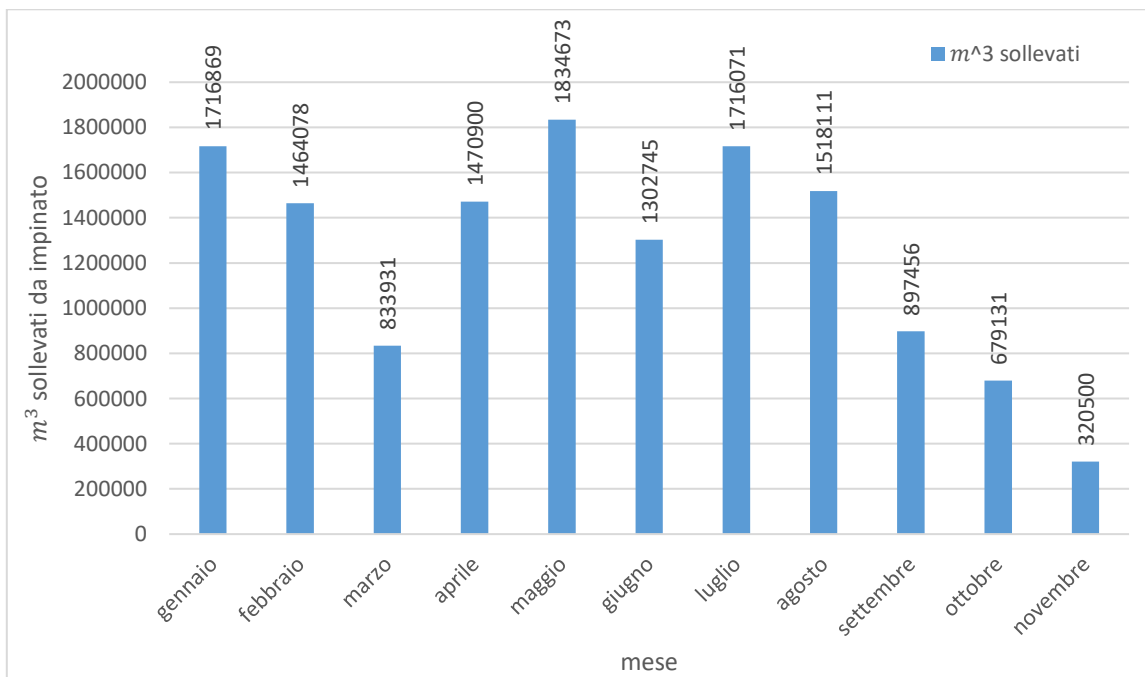
$m^3$  sollevati mensilmente dall'impianto idrovoro di Santa Margherita nell'anno 2018



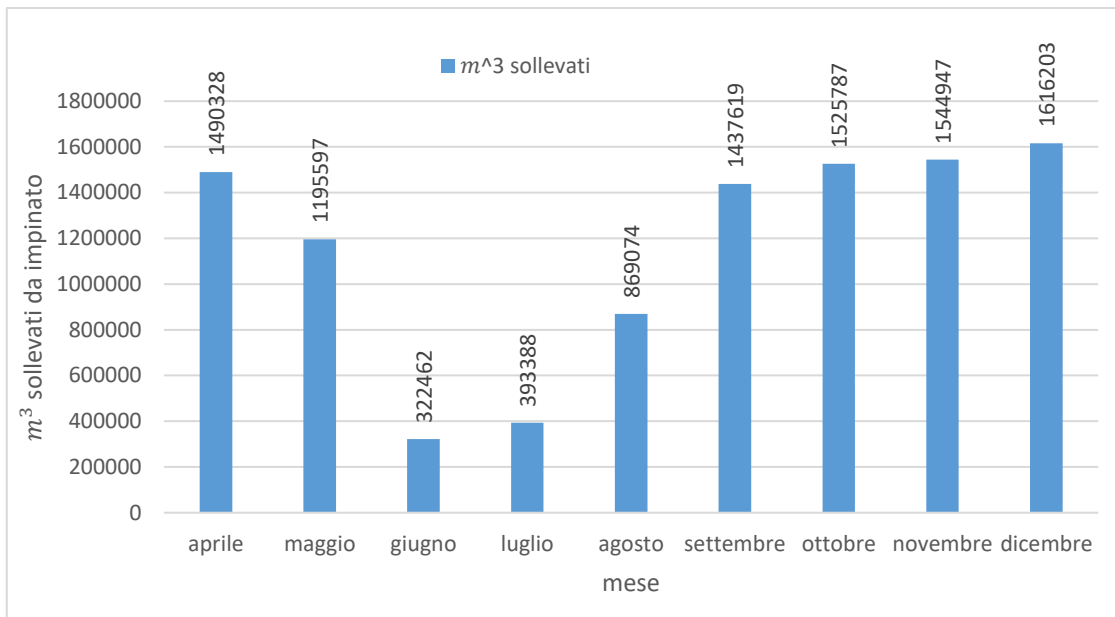
$m^3$  sollevati mensilmente dall'impianto idrovoro di Santa Margherita nell'anno 2019



$m^3$  sollevati mensilmente dall'impianto idrovoro di Santa Margherita nell'anno 2020



$m^3$  sollevati mensilmente dall'impianto idrovoro di Santa Margherita nell'anno 2021, escludendo il mese di dicembre



m<sup>3</sup> sollevati mensilmente dall'impianto idrovoro di Santa Margherita nell'anno 2022, escludendo i mesi di gennaio, febbraio e marzo

## 5 Conclusioni

In questo studio si è voluto inizialmente descrivere il Consorzio di bonifica Bacchiglione. È stata fatta un'analisi storica sulla bonifica nella zona d'interesse, passando a definire la nascita del Consorzio, per poi passare a definire l'evoluzione negli ultimi anni del Consorzio stesso. Si è mostrato l'adattamento alle problematiche della società con l'installazione di nuovi impianti e manufatti idraulici, con la modernizzazione e la digitalizzazione degli stessi. È stato poi descritto il comprensorio, definendo i principali dati consortili, per passare poi a descrivere i principali obiettivi e linee d'intervento dell'attività del Consorzio, tra le quali l'invasamento delle acque, l'irrigazione e il rispetto per l'ambiente.

È stato poi definito e descritto l'impianto idrovoro di Santa Margherita, il quale è stato abilitato anche ad essere un museo storico delle idrovore. Inizialmente è stato fatto un inquadramento storico sulla Sesta Presa, ovvero la zona che poi confluisce nell'impianto idrovoro d'interesse. Poi si è passati ad analizzare l'evoluzione territoriale del delta del Brenta, zona sempre d'interesse per l'idrovora di Santa Margherita, la quale zona si è evoluta dopo la deviazione del fiume Brenta nel 1842. L'impianto idrovoro è stato preso in studio perché da fine Ottocento ad oggi ha avuto una profonda evoluzione; nella trattazione si è visto il passaggio dalla ruota a schiaffo, alle pompe centrifughe-motore diesel esposte ancor'oggi, alle moderne elettropompe utilizzate attualmente dal Consorzio.

L'impianto idrovoro ha varie pompe per sollevare enormi quantità d'acqua. È stata fatta un'accurata analisi su di esse, partendo da un iniziale inquadramento generale, per poi passare ad analizzare in particolar modo la pompa centrifuga, tipologia usata dall'impianto idrovoro di Santa Margherita. Su questa è stato analizzato il suo principio di funzionamento dove, grazie all'utilizzo dei vettori velocità, è stato trattato il criterio di funzionamento monodimensionale modificato. Sulle pompe centrifughe sono inoltre stati elencati i principali parametri caratteristici, tra i quali la similitudine, la cavitazione e il grado di reazione, capendo ancor meglio il comportamento e le caratteristiche della pompa stessa.

Infine, il Consorzio è munito di un moderno sistema di telecontrollo dei principali impianti idraulici. È stata fatta dapprima un'analisi sul funzionamento di attacco-stacco delle elettropompe dell'impianto idrovoro di Santa Margherita, ricavando i  $m^3$  sollevati dall'impianto mensilmente e annualmente. È stata poi fatta un'accurata analisi sulle piogge delle stazioni Patriarcati, Cambroso e Santa Margherita, le quali sono state scelte perché le piogge registrate in tali stazioni, andranno poi a defluire sull'idrovora del nostro caso studio. In questo studio sono state ricavate informazioni su piogge giornaliere, mensili e annuali, sia delle singole stazioni, ma anche facendo dei confronti tra esse. È stato quindi confrontato, nel lasso temporale 2017 ÷ 2022, il funzionamento annuale delle pompe dell'impianto idrovoro di Santa Margherita e le piogge annuali che vanno a defluire sull'impianto idrovoro stesso. È stato visto in modo qualitativo una notevole somiglianza tra i due risultati, mostrando una tendenza che va a diminuire all'aumentare degli anni. Questo sta a suggerire come, nel lasso temporale analizzato, all'aumentare degli anni le piogge sono nel complesso diminuite, e sono di conseguenza diminuiti anche i  $m^3$  sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita. È stato inoltre fatto un confronto per capire se tra gli anni 2017 e 2022, in un periodo dove le piogge sono state simili tra loro, si abbia avuto una variazione dei  $m^3$  sollevati dall'impianto idrovoro di Santa Margherita, potendo così fare

ipotesi sulla variazione del territorio nei sei anni presi in analisi. Dal confronto si è potuto vedere come, tra il 2017 e il 2022, nei mesi di giugno e luglio, le precipitazioni sono state pressoché simili, mentre il funzionamento dell'impianto idrovoro è drasticamente diminuito di circa 3.5 volte. Questo fenomeno potrebbe essere dato dalle opere idrauliche di invaso costruite nel territorio, le quali hanno portato negli anni ad incanalare maggiori quantità d'acqua, facendone così arrivare meno all'impianto idrovoro d'interesse.

## Bibliografia

Brasini, M. (2022). "Fitodepurazione. Cosa significa e come si predispone un impianto idoneo". EdilImpianti. <https://www.edilimpianti.it/approfondimenti/fitodepurazione-cos-e-e-come-funziona>

Compagno, V. (2019). "Sfide nella gestione delle acque da Padova alla laguna". Consorzi di Bonifica Bacchiglione.

Consorzio Bacchiglione. (2023). "Informazioni generiche sul Consorzio". Consorzi di Bonifica Bacchiglione. <https://www.consorziobacchiglione.it/>

Debem. (2022). "Definizione e tipologie di pompe idrauliche". Debem Industrial Pumps. <https://www.debem.com/it/tipologia-pompe/>

Global Water Museum. (2023). "Mappa del Consorzio nel Global Network of Water Museum". Global Network of Water Museum. <https://www.watermuseums.net/network/>

Kent, C. (2018). "What is cavitation?". CPE system. <https://www.cpesystems.com/blogs/news/what-is-cavitation>

Mirandola, A. (2023). "Dispense di Macchine e impianti per l'energia". Università di Padova.

Paganizza, N. (2023). "Dispense dall'archivio del Consorzio". Consorzi di Bonifica Bacchiglione.

Robuschi, S. (2018). "Pompe centrifughe a girante chiusa". CMI. <https://www.rivistacmi.it/articolo/pompe-centrifughe-a-girante-chiusa-1/>

Salvagno, A. (2023). "Dati del Consorzio". Consorzi di Bonifica Bacchiglione.

Veronese, G. (2009). "Acque di Padova. Gestione idraulica del territorio fra Colli Euganei e Laguna". Consorzi di Bonifica Bacchiglione.

Water Museum. (2023). "Un idrovora funzionante dell'Ottocento racconta la storia della bonifica e del paesaggio". <https://watermuseumofvenice.com/network/rete-patavina/museo-delle-idrovore-di-santa-margherita/>