



Committente

tecnici

Progetto definitivo

FRI-EL S.p.a.
Piazza della Rotonda 2
I-00186 Roma (RM)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA)

progetto

contenuto Relazione Idrologica

redatto		modificato			scala	elaborato n.
cl	14.12.2021	a				PD-R.3
controllato		b				
wag	22.12.2021	c				
pagine	28	n. progetto	21-208	21_208_PSW_Gravina\einr1\text\PD-R.3_relazione_idrologica_02.docx		

GM

Studio di Geologia Applicata e Geofisica Applicata
Dott. Geol. Gianpiero Monti

Dott. Geol. Gianpiero Monti
Via C. Battisti 21 – 83053 Sant'Andrea di Conza (AV)
tel. +39 0827 35 247
gianpiero.monti@alice.it



BETTIOL ING. LINO SRL
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273
E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

patscheiderpartner

E N G I N E E R S

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza

i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli

a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6

tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01

info@ipp.bz.it – www.patscheiderpartner.it

Indice

1. Introduzione	2
1.1 Committente	2
1.2 Studi tecnici incaricati.....	2
1.3 Riferimenti normativi.....	3
1.4 Oggetto dello studio	3
2. Inquadramento territoriale	3
2.1 Generalità.....	3
2.2 Il bacino imbrifero sotteso dalla diga del Basentello	4
2.3 Quadro degli utilizzi esistenti.....	6
3. Regime pluviometrico	8
3.1 Stazioni pluviometriche di riferimento	8
3.2 Metodologia di studio	8
3.3 Precipitazioni medie mensili.....	9
3.4 Precipitazioni estreme	11
4. Analisi dei deflussi	13
4.1 Deflussi ordinari.....	13
4.2 Deflussi di piena	13
5. Bilancio idrologico	17
5.1 Premessa	17
5.2 Approccio di calcolo	17
5.3 Caratterizzazione dello stato attuale	20
5.4 Caratterizzazione dello stato di progetto.....	22

1. Introduzione

1.1 Committente

FRI-EL S.p.a.

Piazza della Rotonda 2

I-00186 Roma (RM)

1.2 Studi tecnici incaricati

Coordinatore di progetto:

Dott. Ing. Walter Gostner

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

Ingegneri Patscheider & Partner Srl

Via Glorencia 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Responsabile opere civili:

Coordinamento interno:

Progettisti:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dott. Ing. Walter Gostner

Dott. Ing. Ronald Patscheider

Dott. Ing. Corrado Lucarelli

Dott. Ing. David Di Pauli

MSc Alex Balzarini

Geom. Stefania Fontanella

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

Dott. Geol. Gianpiero Monti

Via C. Battisti 21

I-83053 Sant'Andrea di Conza (AV)

Opere elettriche – Impianto Utenza per la Connessione

Progettista e consulente specialista:

Bettiol Ing. Lino S.r.l.

Dr.ssa Ing. Giulia Bettiol

Società di Ingegneria

Via G. Marconi 7

I-31027 Spresiano (TV)

1.3 Riferimenti normativi

Per la redazione della presente relazione idrologica si è fatto riferimento ai seguenti dettami normativi e procedurali.

- Autorità di Bacino della Basilicata, Piano per il Bilancio Idrico e per il Deflusso Minimo Vitale (PSBI), Società Sogesid Spa, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi della Basilicata, in vigore da 9 novembre 2005.
- Distretto Irdografico dell'Appennino Meridionale, Piano di Gestione delle Acque (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.Lvo 152/06, L 13/09, D.L. 194/09), febbraio 2010.
- Autorità di Bacino della Basilicata, Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio idrogeologico, aggiornamento 2015, Norme di Attuazione, approvato in data 16 dicembre 2015;
- Autorità di Bacino della Basilicata, Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, aggiornamento dicembre 2016;
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, D.M. 17 gennaio 2018.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, "Progetto di Variante al Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – Aree di versante" (territorio ex Autorità di Bacino della Basilicata), Delibera Nr. 4.9 del 20 dicembre 2019.

1.4 Oggetto dello studio

Nel presente documento si provvederà ad analizzare in dettaglio le caratteristiche idrologiche dell'area destinata ad ospitare il nuovo impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA). In particolare si procederà ad analizzare le caratteristiche del regime pluviometrico tipico dell'area bradanica e contestualmente verranno quantificati i deflussi ordinari e di piena e verrà indagato il bilancio idrologico caratteristico dell'invaso di Serra del Corvo, identificando anche le possibili modificazioni conseguenti alla realizzazione delle opere in progetto.

2. Inquadramento territoriale

2.1 Generalità

L'invaso di Serra del Corvo ricade nel bacino imbrifero del Fiume Bradano, che presenta una superficie di circa 3.000 Km² ed è compreso tra il bacino del Fiume Ofanto a nord-ovest, i bacini di corsi d'acqua regionali della Puglia con foce nel Mar Adriatico e nel Mar Jonio a nord-est e ad est, ed il bacino del Fiume Basento a sud. Il bacino presenta morfologia montuosa nel settore occidentale e sud-occidentale con quote comprese tra 700 e 1250 m s.l.m.. Poco a monte della

Diga di San Giuliano il Bradano accoglie gli apporti del torrente Basentello (regolati dall'invaso di Serra del Corvo) in sinistra idrografica e del torrente Bilioso in destra. In Figura 1 è riportato il bacino imbrifero del Bradano ed è indicato l'invaso di Serra del Corvo (cerchio rosso).

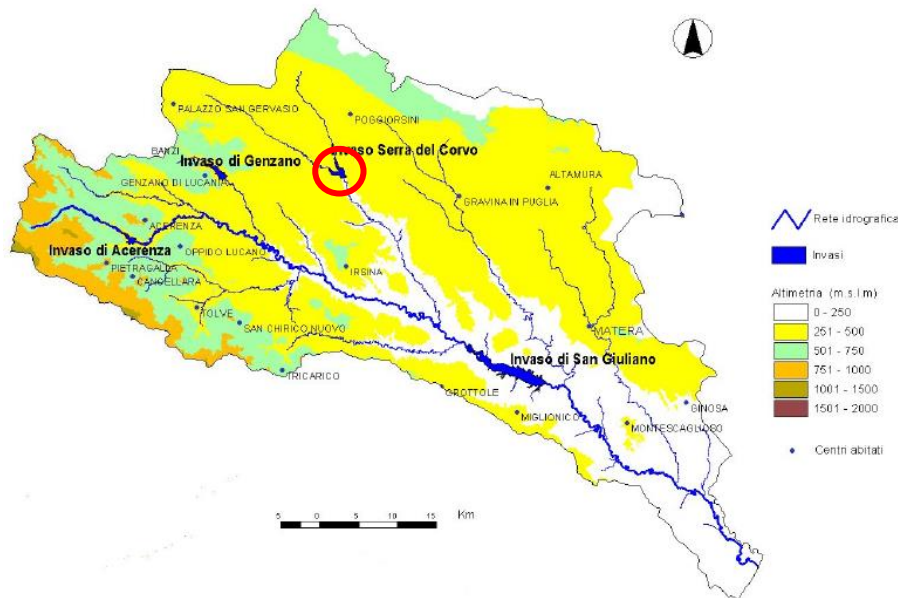


Figura 1. Il reticolo idrografico del Bradano con indicati gli invasi esistenti.

Nella fattispecie il progetto insisterà sul torrente Basentello. Il corso d'acqua scorre per la maggior parte del suo percorso lungo il confine tra Puglia e Basilicata. Esso ha origine poco a nord di Palazzo S. Gervasio e, con direzione NW-SE e andamento piuttosto regolare nel primo tratto e poi tortuoso, sfocia nel Bradano poco a monte della confluenza di questo col Torrente Bilioso. Il Basentello, lungo circa 56 km, ha un bacino idrografico di circa 425 km², la quota massima è di 679 m.s.l.m., quella minima di 132 m.s.l.m. alla confluenza con il con il Bradano. A circa 26 km dall'origine, a quota 275 m.s.l.m., il torrente raccoglie le acque del Canale Roviniero. Il bacino sotteso all'invaso di Serra del Corvo è pari a 267 Km². A parte il Torrente Roviniero, che nasce presso la Masseria Serra Palomba, in agro di Spinazzola e che confluisce nel Basentello in località compresa fra Masseria Gramegna, Monte Marano e Serra del Corso in sinistra idraulica e Tenimento Montecchio in destra idraulica, non ha affluenti di una certa importanza, tuttavia raccoglie lungo il suo percorso, le acque di un notevole numero di fossi e valloni che scorrono profondamente incisi.

2.2 Il bacino imbrifero sotteso dalla diga del Basentello

Il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Bari ed il Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo dell'Università degli Studi della Basilicata hanno presentato

nel 2015 (III. Convegno Italiano sulla Riqualficazione Fluviale, Reggio Calabria 2015) uno studio analitico e sperimentale volto ad ottimizzare la gestione dell'invaso della diga di Serra del Corvo.

Il torrente Basentello è un affluente di sinistra idraulica del fiume Bradano, che nasce nel territorio di Palazzo San Gervaso sul livello del mare e sfocia nel Bradano. La realizzazione dell'invaso Serra del Corvo sul torrente Basentello è avvenuta negli anni '70 ed ha permesso di intercettare le acque del torrente unitamente a quelle del suo tributario, il torrente Roviniero. L'opera è gestita da EIPLI e l'utilizzazione delle sue risorse idriche è a scopo prettamente irriguo. La sezione di sbarramento si colloca 20 km a monte della confluenza con il Bradano, subito a monte della sezione di sbarramento sfocia il torrente Roviniero. I corsi d'acqua Basentello e Roviniero sono entrambi a carattere torrentizio:

- nei **periodi di piena** assumono portate rilevanti con intumescenze a rapidissimo decorso che danno luogo a frequenti esondazioni;
- nei **periodi estivi** rimangono pressoché asciutti con portate moto basse dell'ordine di pochi litri al secondo.

Il bacino non presenta notevoli pendenze trasversali dando luogo ad un paesaggio caratterizzato da una morfologia a dolci declivi senza asperità di raccordi. In Figura 2 è fornita una rappresentazione del modello digitale del terreno disponibile per le Regioni Basilicata e Puglia perimetrato sul bacino imbrifero del torrente Basentello chiuso alla diga di Serra del Corvo, che ammonta a ca. 270 Km².

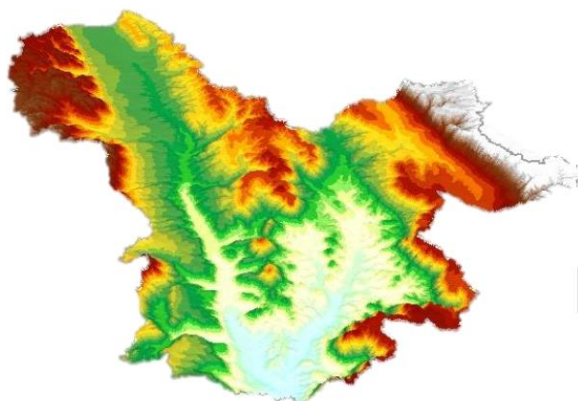


Figura 2. Altimetria del bacino imbrifero sotteso dalla diga del Basentello.

Nella seguente tabella sono riassunti i dati salienti del bacino imbrifero del torrente Basentello sotteso dalla diga di Serra del Corvo.

Superficie sottesa	267 Km ²
Perimetro	115 Km
Pendenza media	0,05
Tempo di corrivazione	4,72 h (Viparelli)
Volume utile di regolazione ^(*)	28 Mio m ³
Quota massima di erogazione	269,00 m s.l.m.

Tabella 1. Caratteristiche principali del bacino imbrifero e dell'invaso di Serra del Corvo. (*) E' riportato il dato ricorrente in bibliografia. Oggi il volume utile di regolazione è ulteriormente diminuito.

2.3 Quadro degli utilizzi esistenti

Lungo il torrente Basentello non sono attive ad oggi concessioni idroelettrico o per uso della risorsa idrica per forza motrice. Presso la diga del Basentello risulta un progetto per la realizzazione di una centralina idroelettrica promosso da EIPLI, ad oggi comunque non ancora concessionata nè costruita.

L'invaso di Serra del Corvo è utilizzato ad oggi esclusivamente per scopi irrigui ed è gestito da EIPLI, che rilascia stagionalmente i volumi necessari alla gestione delle superfici agricole del Consorzio di Bonifica Bradano Metaponto. E' utile pertanto analizzare anche gli schemi irrigui in cui è strutturato il territorio. Con il termine "schema irriguo" si intende la totalità delle infrastrutture idrauliche necessarie alla distribuzione di acqua a scopo irriguo: esso è composto da una fonte di approvvigionamento dalla quale, tramite un'opera di presa, si diparte la rete adduttrice principale a cui si collega la rete secondaria, che distribuisce l'acqua all'interno dei singoli distretti irrigui, fino alla testa del comizio. Infine, la rete terziaria o di distribuzione comiziale provvede, tramite le ramificazioni finali adacquatrici, alla distribuzione all'interno del comizio stesso. Lo schema fornito in Figura 1 comprende infrastrutture realizzate in epoche successive e collegate successivamente tra loro, fino a costituire un'unica struttura a servizio di un vasto territorio. Nell'ambito del complesso sistema idrico dell'Arco Jonico, gli schemi irrigui principali gestiti dal Consorzio di Bonifica Bradano Metaponto sono alimentati dalle acque dei fiumi Bradano, Agri e Sinni accumulate in invasi o intercettate da traverse.

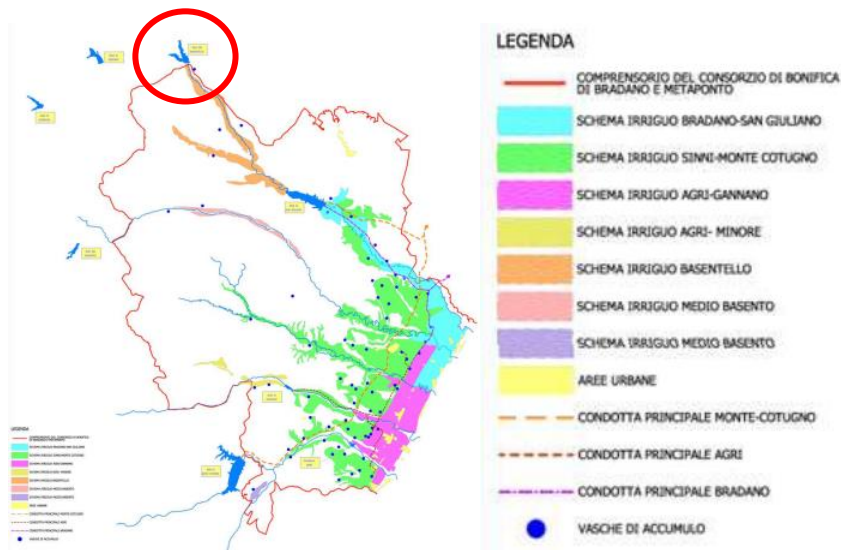


Figura 3. Schemi irrigui del Consorzio di Bonifica di Bradano e Metaponto.

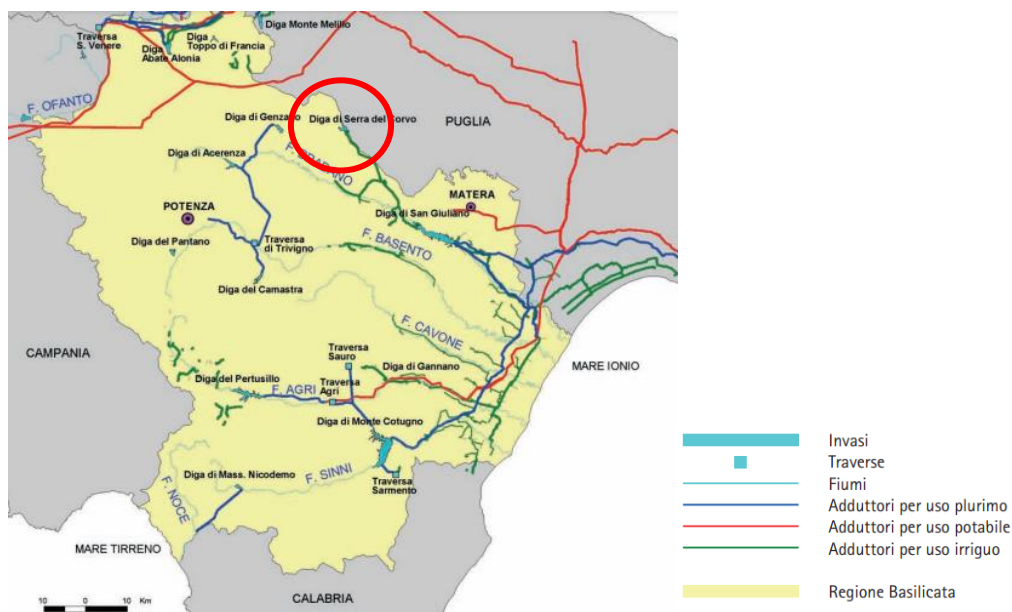


Figura 4. Schema delle infrastrutture idriche primarie in Basilicata.

La concessione PZ D575, la cui istanza è stata depositata in data 11 giugno 1962 ed è relativa ad invasi sperimentali, è nella titolarità del Consorzio di Bonifica Bradano Metaponto ed è relativa all'utilizzo irriguo delle acque invase lungo il corso del torrente Basentello dall'invaso di Serra del Corvo, sito tra i Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA). La portata media concessionata è pari a 0,82 m³/s (2 moduli medi) ed il volume annuo è pari a 25,86 Mm³. La superficie servita è di ca. 4.620 ha.

Il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale identifica l'area come sensibile. Tra le criticità proprio del settore irriguo si cita anche il mancato completamento della rete. Al pari di altri invasi

inoltre, anche Serra del Corvo necessita di interventi di sfangamento per gli interrimenti che ne hanno ridotto la capacità.

Si segnala infine lungo la Valle del Basentello la presenza di numerosi pozzi nella Piana di Palazzo San Gervasio, realizzati dall'Acquedotto Pugliese. I pozzi sono profondi 70 m, in parte fiancheggiano il corso del Torrente Basentello e si trovano su una stessa linea posta in senso longitudinale rispetto all'asse della valle. In ciascun pozzo lo strato impermeabile basale, costituito da argille grigio-azzurre, è posto a circa 40 metri al di sotto del piano campagna, ad una quota di circa 380 m. Al di sopra di tale strato, ci sono sedimenti di circa 25 m costituiti prevalentemente, nella parte bassa, da sabbie e nella parte alta, da ghiaie; i restanti metri sono costituiti da limi e argille con ghiaia. Tali sedimenti ospitano una falda idrica dello spessore di circa 20 m. Dalle stratigrafie disponibili, si rileva come la profondità del tetto delle argille sia variabile in maniera piuttosto irregolare anche se con la tendenza ad un'elevazione della quota da SO verso NE. Lo spessore dei terreni acquiferi, in senso obliquo alla valle, è ridotto e varia da 10 a 4 metri. Il deflusso sotterraneo pare seguire in maniera grossolana la topografia superficiale e non varia molto nei differenti periodi dell'anno.

3. Regime pluviometrico

3.1 Stazioni pluviometriche di riferimento

Al fine di caratterizzare il regime pluviometrico caratteristico dell'area oggetto di intervento, si è scelto di focalizzare il calcolo su tre stazioni meteorologiche in particolare, di seguito indicate:

▪ Spinazzola (BT)	458 m s.l.m.	638,1 mm	16,58 Km da Serra del Corvo
▪ Gravina in Puglia (BA)	392 m s.l.m.	544,2 mm	15,51 Km da Serra del Corvo
▪ Masseria Modesto (BA)	501 m s.l.m.	628,4 mm	21,48 Km da Serra del Corvo

I dati di precipitazione registrati sono stati tratti dai rispettivi Uffici Idrologici regionali e dagli Annali ad oggi disponibili.

3.2 Metodologia di studio

Al fine di determinare il regime pluviometrico mensile che caratterizza l'area di interesse, si è provveduto ad interpolare spazialmente i dati relativi alle tre stazioni pluviometriche prima citate secondo un classico approccio locale, costruendo il modello su punti noti vicino a quello di interesse. Si è adottato pertanto il metodo della Distanza Inversa Ponderata (*Inverse distance weighting* IDW) che rappresenta di fatto un metodo di interpolazione che, in funzione dei dati osservati, applica per l'identificazione del nuovo punto una media pesata in base alla distanza

dal punto di osservazione. L'analisi nella fattispecie è stata condotta sulla scorta del modello digitale del terreno disponibile per le Regioni Puglia e Basilicata.

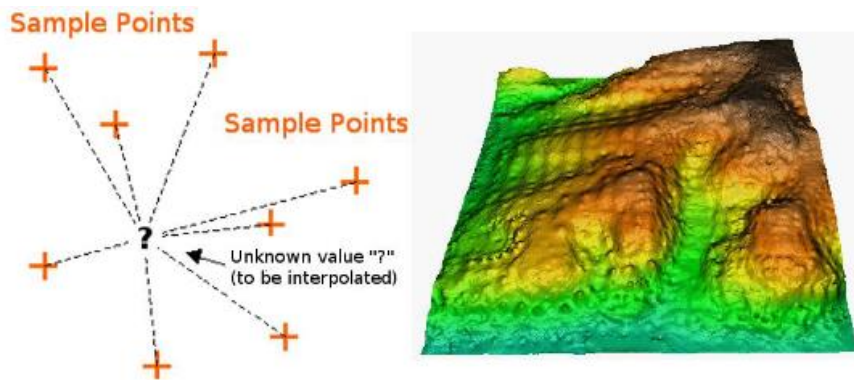


Figura 5. Esempificazione del metodo IDW.

3.3 Precipitazioni medie mensili

In Figura 6 sono indicate le precipitazioni medie mensili caratteristiche del bacino di Serra del Corvo. Si determina una precipitazione medie annua pari a 618 mm. Picchi di precipitazione si hanno soprattutto nei mesi invernali, tra novembre e marzo, mentre i minimi annui sono attesi nei mesi più caldi (luglio ed agosto), con un regime pluviometrico moderatamente variabile.

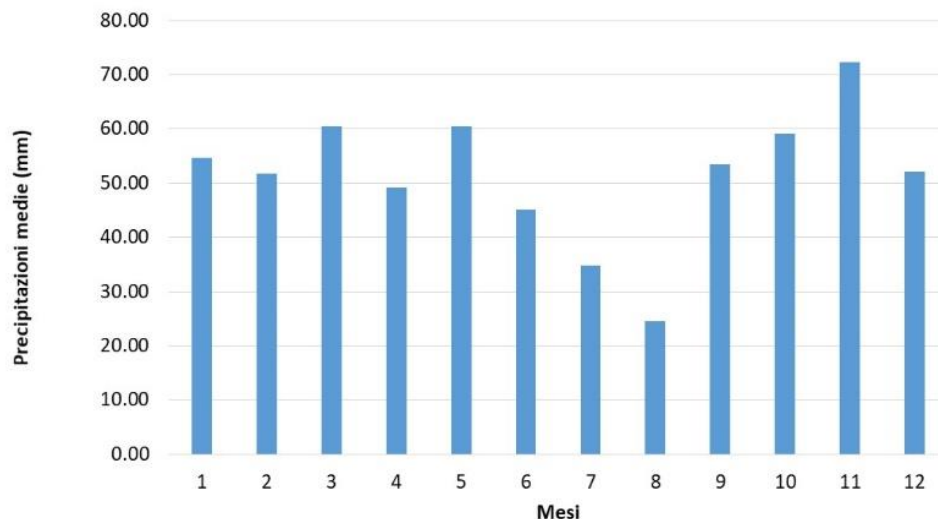


Figura 6. Precipitazioni medie mensili caratteristiche del bacino di Serra del Corvo.

I risultati dell'analisi pluviometrica effettuata sono sostanzialmente in linea con quanto determinato in altri studi (ad es. Mita, Fratino, Ermini, 2015).

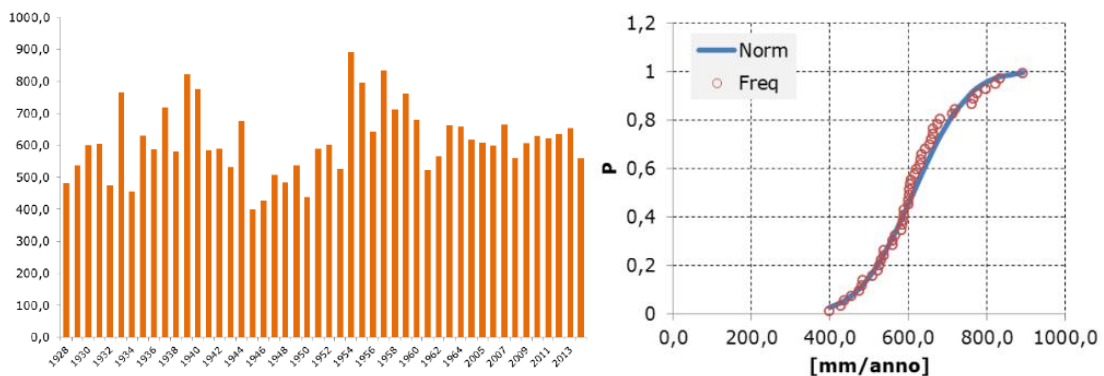


Figura 7. Cumulate annue delle precipitazioni registrate nel bacino imbrifero del lago di Serra del Corvo e analisi statistica della ricorrenza dei dati annui (Mita, Fratino, Ermini, 2015).

Al fine di caratterizzare il regime idrologico, risulta interessante anche l'indice SPI (*Standard Precipitation Index*). Tale indice è un indicatore di surplus o deficit pluviometrico che considera la variabile precipitazione e definisce gli stati siccitosi o umidi rapportando alla deviazione standard la differenza degli apporti pluviometrici rispetto alla precipitazione media di un determinato intervallo di tempo (ovvero il quantitativo di pioggia caduto viene valutato in base alla variabilità della precipitazione negli anni precedenti).

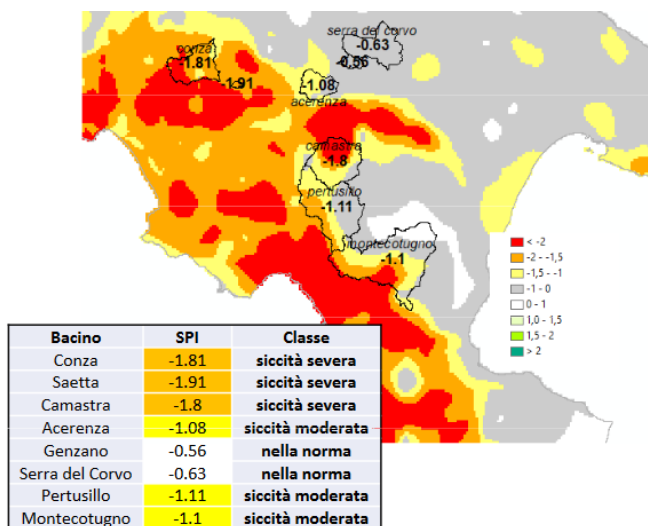


Figura 8. Indice SPI per alcuni invasi di EIPLI riferito al 2017 (Autorità distrettuale dell'Appennino Meridionale, 2021).

I valori dello SPI oscillano nella maggior parte dei casi tra +2 e -2 anche se questi estremi possono essere superati entrambi. I valori positivi indicano situazioni di surplus pluviometrico mentre valori negativi individuano situazioni di siccità. L'indice viene calcolato tipicamente per

periodi di 1-3-6-12 mesi, le durate di 1-3 mesi danno informazioni sulle disponibilità idriche dei suoli ai fini delle produzioni agrarie, le durate di 6-12 mesi (ed oltre) danno informazioni sulle disponibilità idriche a livello di bacino idrologico (portate fluviali e livelli di falda). Secondo lo studio condotto dall'Osservatorio Permanente sugli Utilizzi Idrici dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale nel 2021, analizzando l'indice SPI a scala di bacino per i bacini idrografici sottesi dagli invasi EIPLI per l'ultimo grande anno siccitario 2017, si nota come l'invaso Serra del Corvo registrava un valore dell'indice nella norma. Inoltre sempre l'Osservatorio classifica l'area di studio tra le Regioni Puglia e Basilicata come territorio ad alta severità idrica sia per il comparto potabile che per il comparto irriguo (Figura 9).

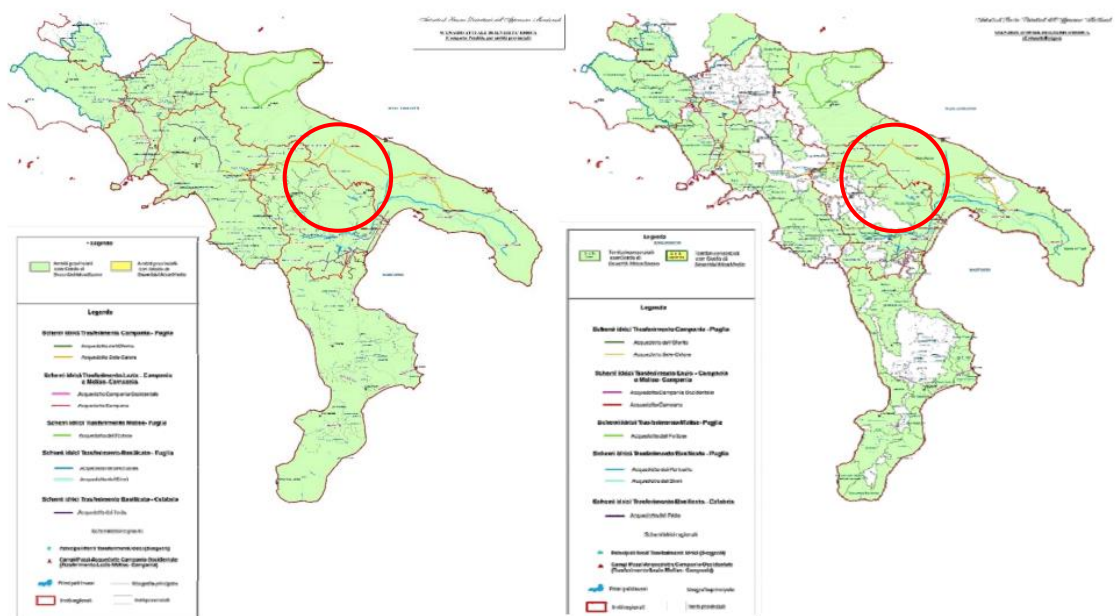


Figura 9. Scenari di severità valutati dall'Osservatorio Permanente sugli Utilizzi Idrici per l'anno 2021 (a sinistra: scenario attuale di severità idrica per il comparto potabile; a destra: scenario attuale di severità idrica per il comparto irriguo).

3.4 Precipitazioni estreme

Ai sensi delle prescrizioni delle NTC 2018, per il dimensionamento degli scarichi di superficie di una diga, parificando ad essa il nuovo bacino di accumulo che funge da bacino di testa dell'impianto idroelettrico di accumulo tramite pompaggio puro in progetto, è necessario considerare un'onda di piena con portata al colmo di piena pari a 3000 anni per le dighe di materiali sciolti, tenendo conto dell'effetto di laminazione esercitato dall'invaso. Il calcolo idrologico è stato ef-

fettuato considerando le curve di possibilità pluviometrica note della vicina stazione di Spinazzola, estrapolando la curva caratteristica per l'evento estremo Tr 3000 anni come indicato in Figura 10. Si determina una precipitazione cumulata nelle 24 ore pari a 241,41 mm.

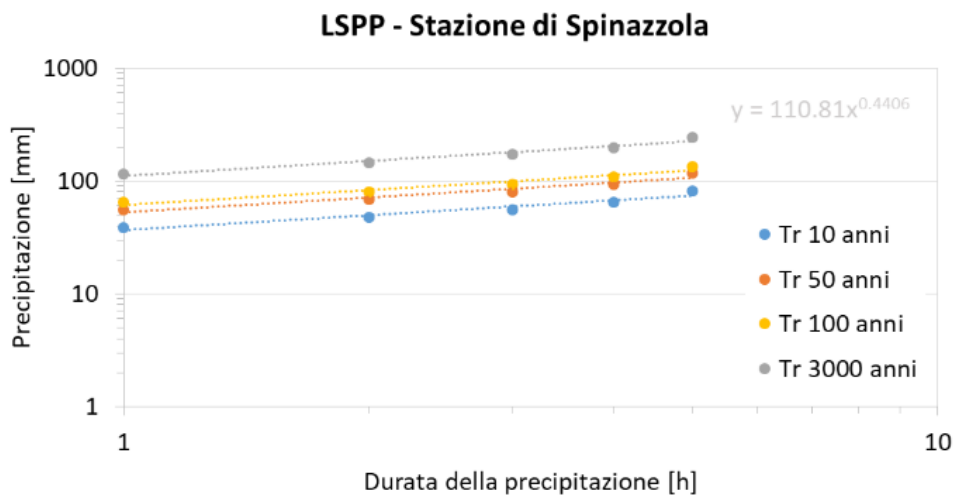


Figura 10. Curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Spinazzola.

Si è successivamente considerata una distribuzione temporale a blocchi simmetrica del fenomeno di precipitazione considerando un evento distribuito nell'arco di 24 h. Si è pertanto costruito un ietogramma a blocchi alternati simmetrico assunto come evento di progetto per verificare il funzionamento dello sfioratore di superficie (Figura 11).

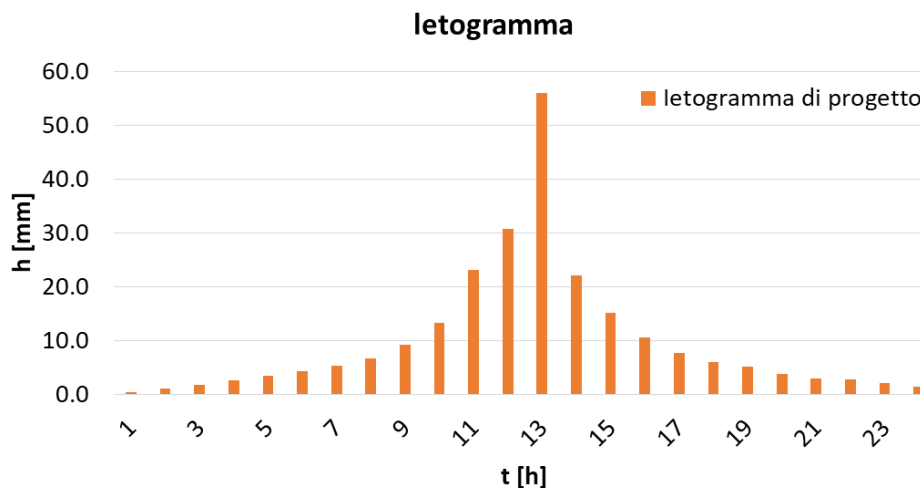


Figura 11. Ietogramma di progetto per Tr 3000 per il dimensionamento dello sfioratore di superficie a servizio dell'invaso di monte.

4. Analisi dei deflussi

4.1 Deflussi ordinari

Al fine di stimare i deflussi mensili influenti nell'invaso di Serra del Corvo si è fatto riferimento in prima approssimazione ai dati sulle portate specifiche mensili riportati sugli Annali Idrografici storici relativi ad alcuni corsi d'acqua dell'Appennino Lucano. Queste variano generalmente tra 5-10 l/s/Km² nei mesi invernali più piovoso a meno di 1 l/s/Km² nei mesi estivi, tradizionalmente quelli maggiormente aridi. Considerando corsi d'acqua dalle caratteristiche idrologiche e morfologiche simili a quelli considerati, il torrente Basentello ed il canale Roviniero, si stimano in prima approssimazione i deflussi mensili riportati in Figura 12, in cui sono riportati anche i volumi idrici in ingresso all'invaso. Si rimanda anche all'Allegato Nr. 4.

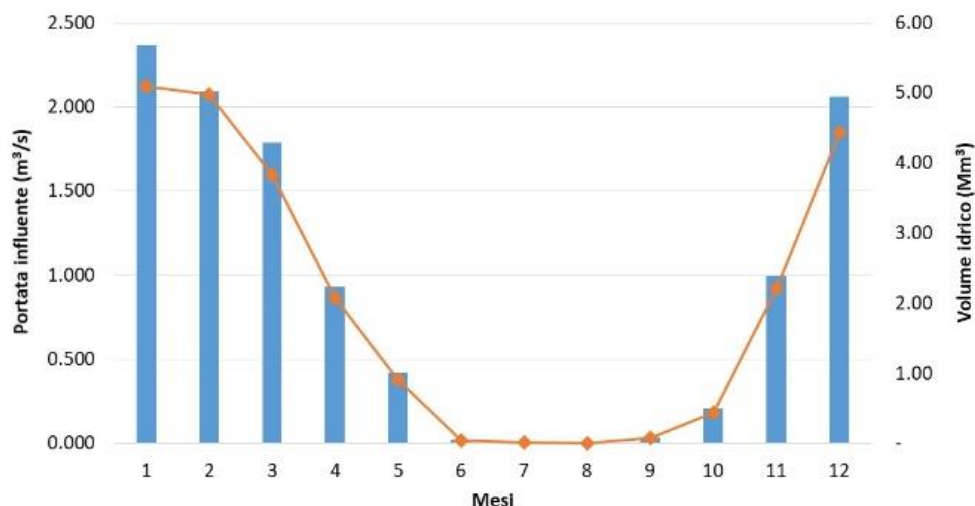


Figura 12. Portate medie e volumi mensili influenti nell'invaso di Serra del Corvo.

Si determina una portata media annua in ingresso pari a 0,84 m³/s, con massimo nel mese di gennaio prossimi a 2,4 m³/s e minimo assoluto in estate nei mesi di luglio e agosto con portate medie di poche decine di litri al secondo. I volumi idrici invasati si concentrano anch'essi tra i mesi di novembre ed aprile, con un deflusso idrico medio annuo in ingresso pari a ca. 26,3 Mm³. Tale valore è in accordo con quanto riportato in letteratura (si veda ad es. Mita, Fratino, Ermini, 2015).

4.2 Deflussi di piena

Al fine di caratterizzare anche l'idrologia di piena caratteristica dell'invaso di Serra del Corvo, si è scelto di determinare il valore delle portate in condizioni ordinarie di deflusso (Tr 2 anni) e per un tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, al fine di quantificare la magnitudo degli eventi

influenti nell'invaso nelle diverse condizioni. In ingresso all'invaso di Serra del Corvo il torrente Basentello copre una superficie complessiva di ca. 146 Km², mentre il torrente Roviniero sottende una superficie scolante pari a 134 Km².

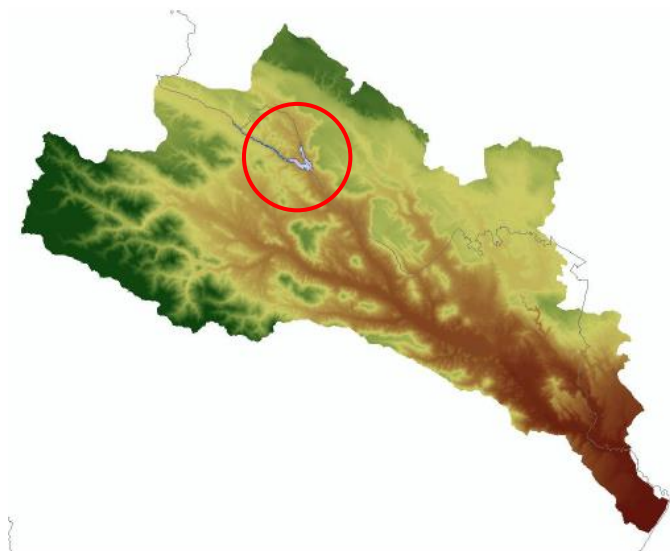


Figura 13. DEM del bacino imbrifero del Fiume Bradano, si identifica facilmente l'invaso di Serra del Corvo.

La valutazione della portata di piena affluente nei due corsi d'acqua è stata effettuata utilizzando la metodologia proposta dal Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche – Metodo Vapi, in particolare dal Rapporto di sintesi per la regione Basilicata- La Valutazione delle Piene in Italia di P. Claps e M. Fiorentino (1998).

La metodologia adottata nel progetto VAPI fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena, sicché non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di analisi regionale che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino. Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce

gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici. Si fa poi riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. La metodologia appena descritta è basata su analisi a scala regionale che tendono a trascurare la presenza di eventuali anomalie locali. Tale studio indica la possibilità di stima delle portate al colmo di piena, Q_T , con assegnato tempo di ritorno, T , come prodotto della piena indice $m(Q)$ per il fattore probabilistico di crescita K_T :

$$Q_T = K_T \cdot m(Q)$$

E' noto che la piena indice $m(Q)$, fortemente influenzata dall' area del bacino, possa essere stimata tramite una legge del tipo $m(Q) = k A^\alpha$. Il VAPI indica due aree omogenee:

- Area Omogenea 1: bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri;
- Area Omogenea 2: bacini del Sinni, Lao e Noce.

Le regressioni effettuate tra piena media e area hanno fornito le seguenti relazioni:

$$\text{Area Omogenea 1: } m(Q) = 2,13 \cdot A^{0,766}$$

$$\text{Area Omogenea 2: } m(Q) = 5,98 \cdot A^{0,645}$$

Ai fini del calcolo del fattore probabilistico di crescita K_T , in accordo con la variabilità dei parametri geomorfoclimatici, è stato suddiviso il territorio in tre zone omogenee (Figura 14), a ciascuna delle quali corrisponde una coppia di valori dei parametri a e b da inserire nella generica relazione:

$$K_T = a + b \cdot \text{LN}(T)$$

In particolare:

$$\text{Zona A: } K_T = -0,5836 + 1,022 \cdot \text{LN}(T)$$

$$\text{Zona B: } K_T = -0,2407 + 0,8004 \cdot \text{LN}(T)$$

$$\text{Zona C: } K_T = 0,0575 + 0,6083 \cdot \text{LN}(T)$$

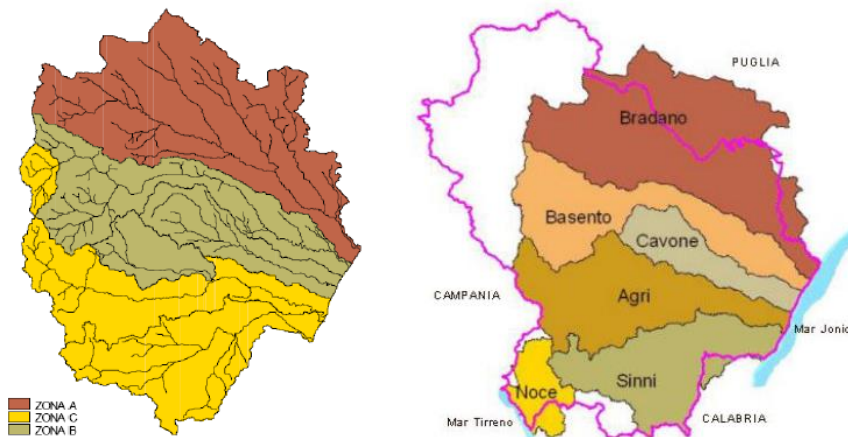


Figura 14. A sinistra, suddivisione della Regione Basilicata in sottozone omogenee al II livello di regionalizzazione. A destra, bacini idrografici della Basilicata ()

Entrambi i sottobacini oggetto di studio ricadono, in quanto parte integrante del Fiume Bradano, nella zona omogenea A. Assumendo, come già detto in precedenza, un tempo di ritorno T rispettivamente pari a 30, 200 e 500 anni, si ottengono i valori del fattore probabilistico di crescita K_T riportati di seguito.

Tempo di ritorno	K_T
30	2,89
200	4,83
500	5,77

Tabella 2. Valori del fattore probabilistico di crescita K_T .

Conseguentemente, per ogni valore del tempo di ritorno e per ciascuna sezione di chiusura individuata si è proceduto alla determinazione della portata al colmo di piena Q_T , come indicato in Tabella 3.

Corso d'acqua	Bacino imbrifero (Km ²)	Tr 2 (m ³ /s)	Tr 30 (m ³ /s)	Tr 200 (m ³ /s)	Tr 500 (m ³ /s)
Basentello	146	12,1	280	468	559
Roviniero	134	11,1	257	430	513

Tabella 3. Portate di piena in ingresso al lago Serra del Corvo.

Date le estensioni dei bacini imbriferi in gioco, si ritiene che il verificarsi contemporaneo di piene molto intense su entrambi gli affluenti sia poco probabile e ricada in ogni caso nella sfera del rischio residuo.

5. Bilancio idrologico

5.1 Premessa

Per quanto concerne il bilancio idrologico che caratterizza l'invaso di Serra del Corvo allo stato attuale, risulta in primis molto utile citare quanto determinato nello studio relativo alla "Stato dell'irrigazione in Basilicata", realizzato da INEA nell'ambito del Programma Operativo Multiregionale "Ampliamento e adeguamento della disponibilità e dei sistemi di adduzione e distribuzione delle risorse idriche nelle Regioni Obiettivo I OCS 1994/1999".

La disponibilità idrica potenziale per l'invaso del Basentello è determinata in 24 Mm³ per TR 5 anni, mentre scende a 18 Mm³ per tempi di ritorno di 50 anni. Parimenti, la disponibilità effettiva della risorsa è stata classificata come deficitaria, con un volume di soli 5 Mm³ per TR 5 anni, rimandando alla possibile realizzazione di un collegamento tra gli invasi di Genzano e di Serra del Corvo. Si ipotizza infatti la realizzazione di un adduttore, che assicurerebbe un'integrazione dell'invaso di Serra del Corvo, che allo stato attuale è caratterizzato da forti deficienze di accumulo. Per quanto concerne invece la disponibilità per uso irriguo, il fabbisogno espresso dal Consorzio Bradano-Metaponto per il territorio sotteso dall'invaso è pari a 22 Mm³, pertanto si determina un deficit di risorsa pari a 17 Mm³.

5.2 Approccio di calcolo

Al fine di definire il bilancio idrologico a scala di invaso allo stato attuale, si è utilizzato lo schema concettuale illustrato in Figura 15. Determinato il volume idrico di origine meteorica influente ogni mese nell'invaso ($V_{idricio}$), nota la temperatura si è determinato il volume idrico perso per evaporazione ($V_{evaporato}$). In accordo con i dati disponibili, si è considerato un prelievo irriguo medio annuo pari a 5 Mm³ ad opera di EIPLI ($V_{irrigato}$). Considerando un volume limite pari al volume dell'invaso alla quota massima limitata pari a 268,50 m m.l.s. (volume di invaso di ca. 26,8 Mm³ in base alle valutazioni sui dati 2019-2021 pubblicati sul sito dell'Autorità di Bacino competente), si determina per differenza il volume idrico sfiorato verso valle ogni mese (V_{sfioro}). Per una stima delle perdite idriche per evaporazione nell'invaso di monte a servizio dell'impianto di pompaggio e nell'invaso di Serra del Corvo, sono stati considerati i valori di temperatura caratteristici del Comune di Gravina in Puglia (BA) riportati nel Sistema Informativo Geografico Fotovoltaico (PVGIS) della Commissione Europea. In Figura 16 è riportato l'andamento annuo delle temperature medie mensili nel Comune di Gravina in Puglia (medie sulle 24 h).

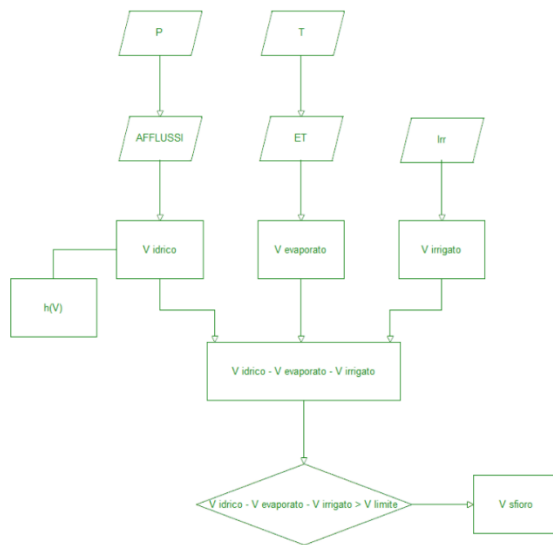


Figura 15. Metodologia di calcolo per la definizione del bilancio idrologico.

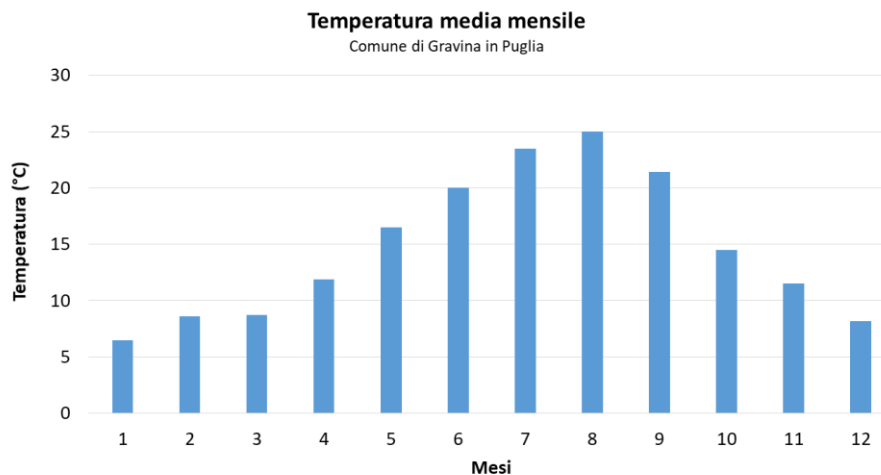


Figura 16. Temperature medie mensili caratteristiche del Comune di Gravina in Puglia (fonte: PVGIS, Commissione Europea).

Tra gli approcci più utilizzati in letteratura, la classica formula di Visentini, proposta negli anni '30 e successivamente modificata da Romita (Visentini, 1937; Romita, 1953), è ancora molto usata per la stima dell'evaporazione media mensile e media annua dai laghi in Italia (Tonini, 1959; Ciabatti, 1982; Crivellari, 1982; Celico, 1988). Nella loro versione più semplificata, le formule di Visentini sono così esprimibili:

$$E_m = b \cdot t_m^{1,5}$$

$$E_a = c_1 \cdot t_a + c_2$$

dove b , c_1 e c_2 sono coefficienti empirici (vedasi Tabella 4), m è l'indice relativo al mese, E_m rappresenta l'evaporazione media mensile (mm), t_m la temperatura media mensile ($^{\circ}\text{C}$), t_a la temperatura media annua ($^{\circ}\text{C}$) e E_a l'evaporazione media annua (mm).

$b = 2,25$	per specchi d'acqua non molto estesi (<i>Romita, 1953</i>)
$b = 2,00$	per grandi laghi (<i>Romita, 1953</i>)
$c_1 = 75; c_2 = 0$	per evaporimetri, alt. fra 0 e 200 m (<i>Tonini, 1959</i>)
$c_1 = 90; c_2 = 0$	per evaporimetri, alt. fra 200 e 500 m (<i>Tonini, 1959</i>)
$c_1 = 90; c_2 = 300$..	per evaporimetri, alt. superiore a 500 m (<i>Tonini, 1959</i>)

Tabella 4. Valori dei coefficienti nelle formule di Visentini.

Note le caratteristiche geometriche dell'invaso di Serra del Corvo e del bacino di monte e le forzanti termo-altimetriche del sistema da studiare, è possibile pertanto procedere ad una stima dell'evaporazione media annua che affligge i due specchi d'acqua. Per quantificare le perdite effettive, è necessario computare nel bilancio anche la ricarica media annua di cui beneficiano gli invasi, imputabile alla precipitazione che cade direttamente sulla loro superficie. Il bilancio idrico è pertanto esprimibile attraverso una semplice equazione:

$$V_c = P - E$$

ovvero, il volume da compensare (V_c) è pari alla differenza tra gli apporti meteorici nei due invasi (P) e le perdite imputabili all'evaporazione (E). Si sono assunti una temperatura media annua dell'aria pari a $14,7^{\circ}\text{C}$ ed una coppia di coefficienti empirici $c_1 = 90$ e $c_2 = 300$. Dal calcolo effettuato si determina per l'invaso di Serra del Corvo una perdita per evaporazione della risorsa idrica pari a ca. 12 mm/mese, che risulta coerente con quanto determinato in altri studi (Figura 17). Per Serra del Corvo si determina una perdita media mensile pari a ca. 259.000 m^3/mese , mentre per il bacino di monte in progetto si determina invece una perdita media mensile di 42.300 m^3/mese .

Nel calcolo del bilancio idrologico sono incluse anche le perdite strutturali interne di acqua nel sistema (P_s) (come ad es. la stagnazione di acqua negli angoli morti del sistema, le perdite determinate per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, etc.), quantificate in ca. 3 % annuo del volume totale di invaso dei due bacini.

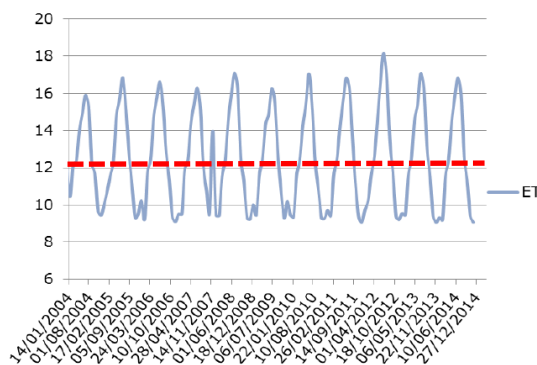


Figura 17. Evaporazione stimata su base mensile (cm/mese) (Mita et al., 2015).

5.3 Caratterizzazione dello stato attuale

La simulazione è stata condotta per un arco di tempo di 10 anni ed i risultati per lo stato attuale sono illustrati in Figura 18. Iniziando la simulazione nel mese di settembre, si nota come ciclicamente il riempimento dell’invaso di Serra del Corvo avvenga nei mesi invernali, mentre i prelievi EIPLI e le perdite per evaporazione si concentrano nei mesi maggiormente aridi. Le perdite sistemiche sono mediamente sempre presenti. Si dimostra di fatto che la risorse idrica di origine meteorica (Apporto Basentello) risulta necessaria per garantire, allo stato attuale, ogni anno minimo di invaso di 20 Mm³ e massimo di 26,7 Mm³ nei periodi di massima precipitazione. Si nota altresì come le perdite per evaporazione (in giallo in Figura 18) ed i prelievi irrigui (in grigio) determinino una drastica diminuzione del volume invasato nel lago tra i mesi di aprile e ottobre. Gli sfiori idrici verso valle inoltre si concentrano stabilmente nei primi mesi dell’anno.

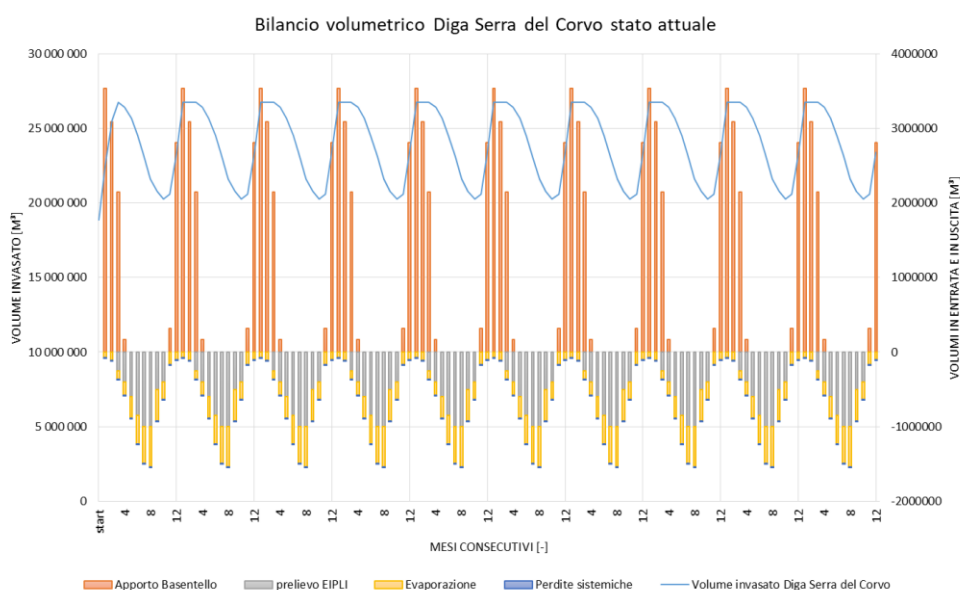


Figura 18. Analisi del bilancio a scala di invaso nello stato attuale.

I risultati delle simulazioni condotte rispecchiano abbastanza bene quelli di altri studi disponibili (Mita et al., 2015). Come riportato in Figura 19, risulta come i prelievi di natura irrigua avvengano generalmente con un primo picco tra marzo ed aprile ed un secondo picco, meno intenso ma più duraturo, tra maggio ed ottobre. Gli sfiori si verificano mediamente tra dicembre e maggio con un picco tra febbraio e marzo.

Nel riferimento bibliografico citato, che ricordiamo essere del 2015, si determinano deflussi pari a 2,47 Mio m³, un volume idrico annuo pari a 27,7 Mio m³ ed un prelievo medio irriguo pari a 0,65 m³. Il volume sfiorato a valle ammonta a ca. 1,51 Mm³ mentre la quota media di invaso è pari a 266,4 m s.l.m.. Lo studio condotto da Mita et al. (2015) riporta anche le oscillazioni che caratterizzano l'invaso di Serra del Corvo allo stato attuale.

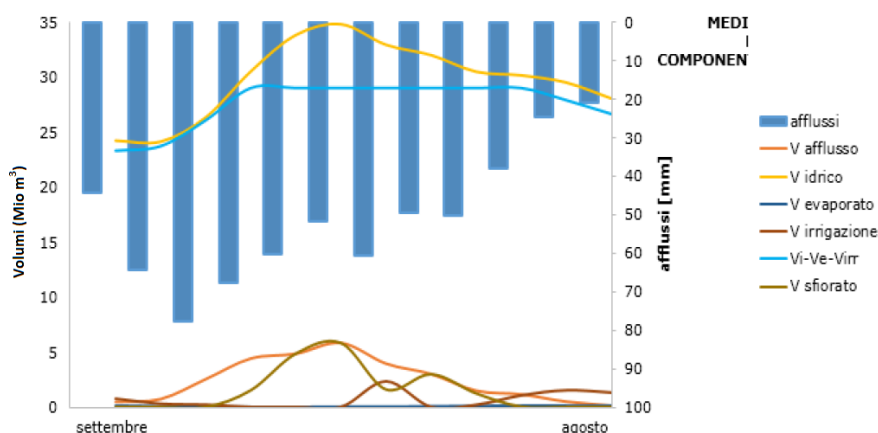


Figura 19. Bilancio idrologico di Serra del Corvo (Mita et al., 2015).

Come si intuisce da Figura 20, si determinano mediamente oscillazioni reali mediamente pari a 1,6 – 1,8 m con punte anche superiori ai 2 m. Tale risultato può essere considerato rappresentativo anche dello stato attuale nonostante la diminuzione del volume utile netto di invaso registrata negli ultimi anni.

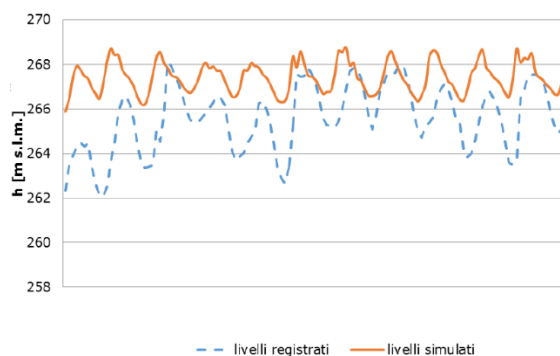


Figura 20. Oscillazione dei livelli nell'invaso di Serra del Corvo (Mita et al., 2015).

Per inquadrare in modo corretto quanto sopra riportato in merito al bilancio idrologico caratteristico dell'invaso di Serra del Corvo, occorre inoltre sottolineare quanto riportato dagli autori:

- A parità di precipitazioni meteoriche che si riversano sul bacino imbrifero sotteso dalla diga di Serra del Corvo, i deflussi generati risultano essere in continuo aumento;
- Il volume utilizzato per l'irrigazione, che di fatto rappresenta il motivo per cui è stato realizzato l'invaso, è particolarmente contenuto ed ammonta a non più del 26 % del volume annuo affluito nell'invaso;
- Mita et al. (2015) non hanno osservato cambiamenti nell'uso del suolo e l'attività principale nel bacino continua ad essere la pratica agricola;
- Il bacino presenta un continuo aumento dell'erosione superficiale che, per oltre il 50 %, contribuisce all'interrimento dell'invaso, nel quale si è osservata una riduzione del 16 % della capacità utile. Ad oggi si ritiene che il tasso di interrimento sia superiori al 20 %.

Infatti, l'intensificazione delle attività antropiche e agricole, l'utilizzo sempre più spinto di macchine agricole pesanti, il ricorso a prodotti chimici per il trattamento del suolo e per l'apporto di fertilizzanti, la risagomatura dei versanti e l'assenza di opere di regimazione idraulica, favoriscono sempre più i processi erosivi che portano al degrado biologico, alla riduzione della fertilità e della qualità del suolo con la conseguente perdita di sostanza organica, riduzione della capacità di infiltrazione e aumento dei deflussi; fenomeni ancora più esaltati dalla ricorrenza di eventi estremi connessi alla tropicalizzazione del clima.

5.4 Caratterizzazione dello stato di progetto

In Figura 21 si riporta la simulazione condotta sul bilancio idrologico a scala di vaso considerando l'esercizio dell'impianto a pompaggio di progetto in un arco di tempo di 10 anni. Si nota come l'andamento del volume invasato si discosti leggermente da quanto ottenuto allo stato attuale solamente per il primo anno di simulazione (vedasi cerchio rosso), in occasione del primo riempimento dell'impianto, dato che i volumi da pompare verso monte, seppur diluiti nel tempo, rimangono comunque importanti.

Dal secondo anno di esercizio in poi, l'unica quota parte di risorsa idrica necessaria all'impianto in progetto è rappresentata dai volumi idrici necessari alla compensazione delle perdite sistemiche e di evaporazione. Si intuisce chiaramente come la curva del volume invasato nell'invaso di Serra del Corvo risulti coincidente con quello dello stato attuale e sia garantito ogni anno il raggiungimento di un volume invasato pari a 26,7 Mm³ che corrisponde alla massima quota concessa in condizioni di piena incipiente. Si dimostra in sostanza che gli apporti idrici del bacino imbrifero sotteso dalla diga di Serra del Corvo sono sufficienti a garantire una sostanziale

invarianza nei volumi invasati nonostante le operazioni di pompaggio e generazione effettuate dall'impianto di pompaggio. In base a quanto riportato in precedenza dagli studi di letteratura disponibili emerge come gli apporti di pioggia siano in tendente aumento nell'area oggetto di studio.

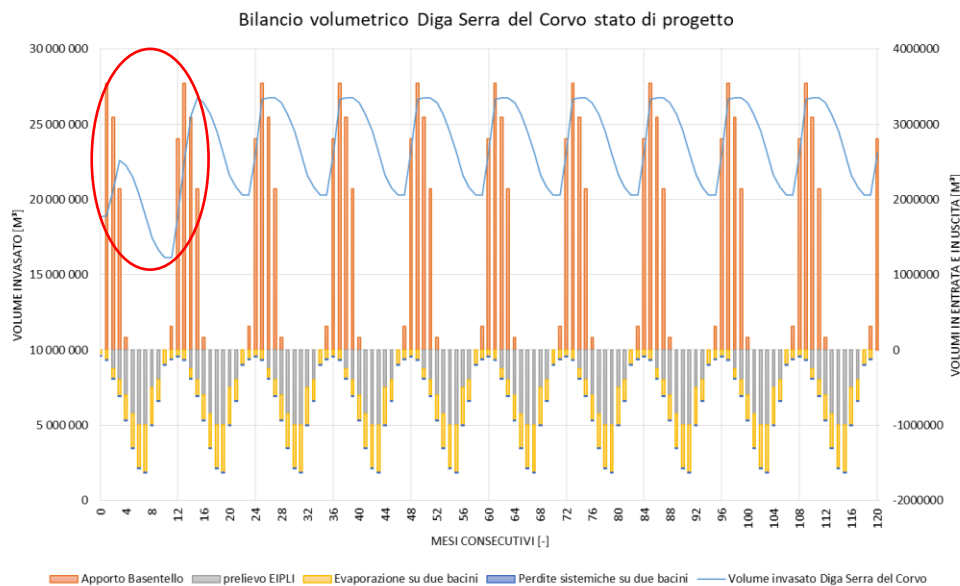


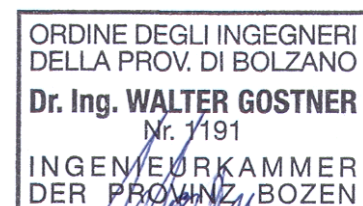
Figura 21. Analisi del bilancio idrologico a scala di invaso nello stato di progetto.

Pertanto, alla luce di quanto sopra esposto, si ritiene che, eccezion fatta per il primo riempimento del sistema, la realizzazione delle opere in progetto **non modifichi il quadro esistente** presso l'invaso e che l'impatto sul bilancio idrologico dell'invaso possa essere considerato marginale.

Bolzano, Malles, Roma, li 22.12.2021

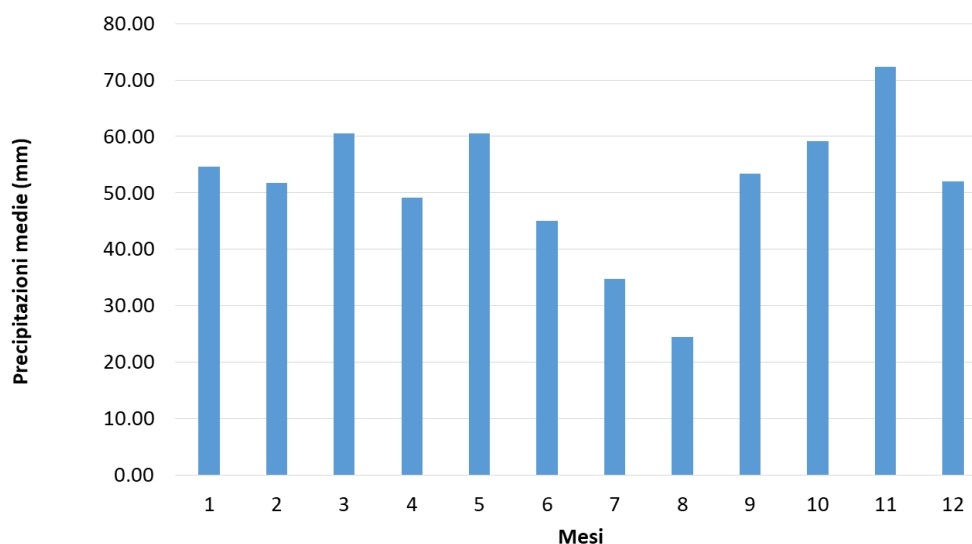
Il Tecnico

Dr. Ing. Walter Gostner



ALLEGATO Nr. 1 – Analisi delle precipitazioni meteoriche

Stazione	Pioggia media annua [mm]	Quota [m.s.l.m]	Distanza Diga serra del Crovo [m]	
Spinazzola	638.085	458	16584	
Gravina	544.343	392	15508	
Masseria Modest	628.450	501	21480	
	Spinazzola 1921-2019	Gravina 2013-2020	Masseria Modesti 2009-2020	
Mese	h media mensile [mm]	h media mensile [mm]	h media mensile [mm]	spazializzazione [mm]
1	64.54	39.40	58.11	54.68
2	57.76	46.91	50.82	51.84
3	58.77	49.34	70.09	60.58
4	52.33	44.37	50.07	49.12
5	51.83	61.74	66.44	60.56
6	39.23	50.69	45.54	45.07
7	27.52	37.05	38.69	34.76
8	26.35	23.85	23.65	24.54
9	54.28	45.35	58.71	53.47
10	62.91	50.98	62.20	59.17
11	73.63	72.58	71.27	72.38
12	67.35	40.73	48.42	52.05



Precipitazione medie mensili caratteristiche per l'area di progetto.

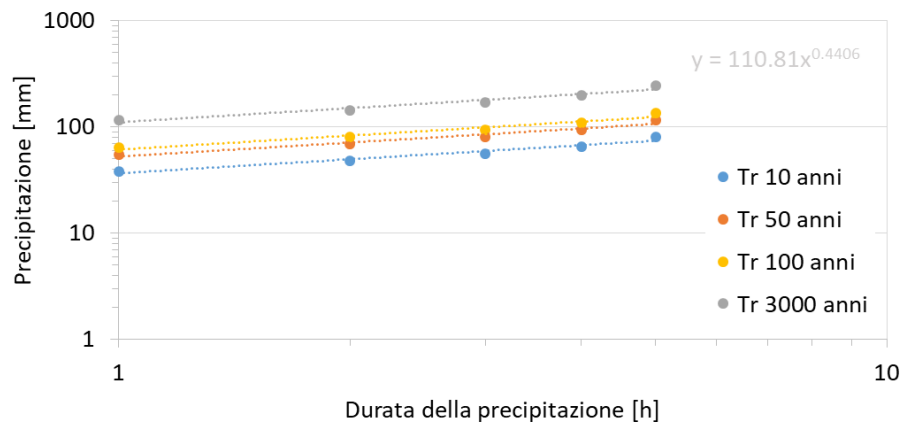
ALLEGATO Nr. 2 – Eventi pluviometrici estremi

- Determinazione evento di progetto (Tr 3000 anni)

Stazione pluviometrica Spinazzola: media dei massimi annuali delle piogge brevi					
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Media [mm]	25.78	32.04	37.41	43.77	54.39
Eventi [-]	61	61	61	61	61

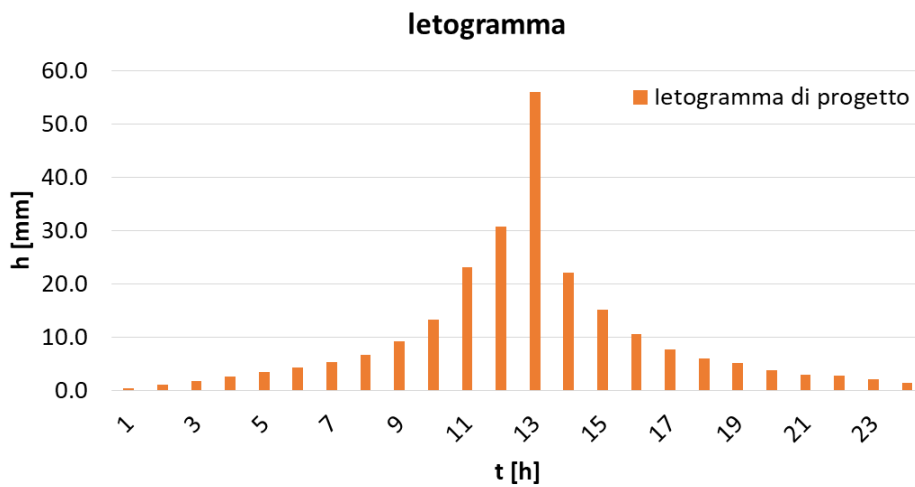
media dei massimi annuali delle piogge brevi [mm] SP Spinazzola					
Tr	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
10	38.41	47.74	55.75	65.22	81.04
20	37.90	47.10	55.00	64.34	79.95
25	47.18	58.63	68.47	80.10	99.53
40	52.33	65.04	75.95	88.85	110.41
50	55.17	68.56	80.06	93.67	116.39
100	64.19	79.78	93.16	108.99	135.42
200	75.02	93.23	108.87	127.37	158.27
500	90.23	112.14	130.95	153.20	190.35
1000	102.35	127.20	148.53	173.77	215.92
3000	115.86	143.98	171.73	196.70	244.41

LSPP - Stazione di Spinazzola



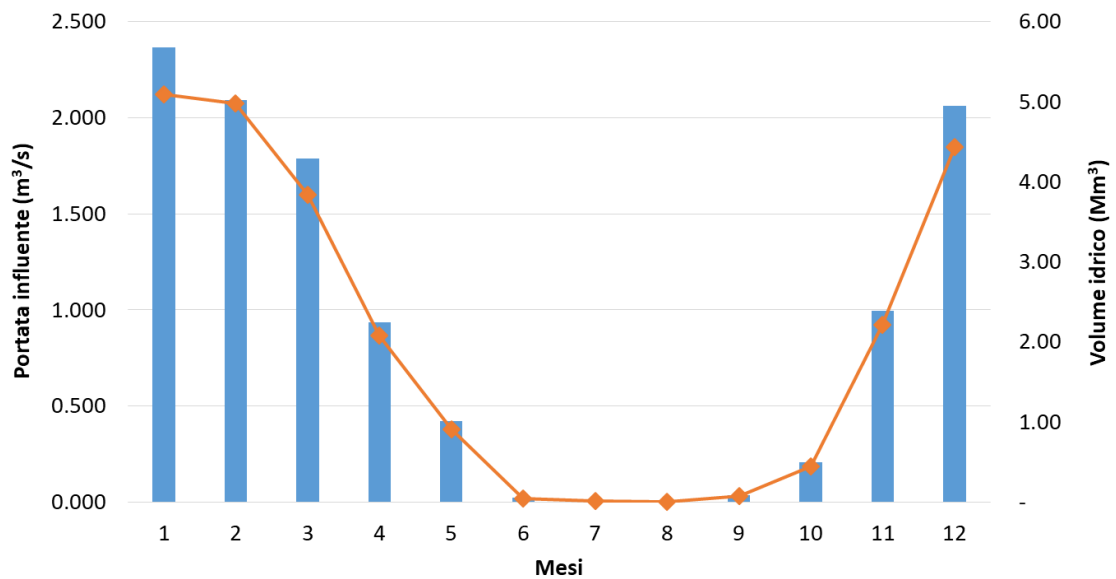
- letogramma a blocchi con $t_p=24$ ore con picco posticipato

t [min]	t [h]	h [mm]	dh [mm]	letogramma [mm]
60	1	114	114	0.4
120	2	133	20	1.1
180	3	147	13	1.8
240	4	157	10	2.6
300	5	165	8	3.4
360	6	172	7	4.3
420	7	178	6	5.3
480	8	184	6	6.6
540	9	189	5	9.3
600	10	194	5	13.3
660	11	198	4	23.1
720	12	202	4	30.8
780	13	206	4	56.1
840	14	210	4	22.1
900	15	213	3	15.1
960	16	216	3	10.6
1020	17	219	3	7.7
1080	18	222	3	6.0
1140	19	225	3	5.1
1200	20	228	3	3.7
1260	21	230	3	2.9
1320	22	233	2	2.7
1380	23	235	2	2.1
1440	24	237	2	1.3



ALLEGATO Nr. 3 – Deflussi disponibili

Mesi	Giorni	portata specifica ridotta [l/s,km ²]	portata media mensile [l/s]	portata media mensile [m ³ /s]	DMV [m ³ /s]	Deflussi derivabili [m ³]	Deflussi naturali [m ³]
1	31	7.579	2122.15	2.122	0.80	3541236.84	5 683 956.84
2	28	7.417	2076.89	2.077	0.80	3089059.47	5 024 419.47
3	31	5.716	1600.54	1.601	0.80	2144170.01	4 286 890.01
4	30	3.088	864.58	0.865	0.80	167386.57	2 240 986.57
5	31	1.344	376.32	0.376	0.80	0.00	1 007 929.50
6	30	0.068	19.05	0.019	0.80	0.00	49 388.13
7	31	0.019	5.36	0.005	0.80	0.00	14 353.43
8	31	0.009	2.38	0.002	0.80	0.00	6 379.30
9	30	0.115	32.15	0.032	0.80	0.00	83 342.48
10	31	0.663	185.78	0.186	0.80	0.00	497 585.45
11	30	3.292	921.74	0.922	0.80	315550.97	2 389 150.97
12	31	6.601	1848.24	1.848	0.80	2807617.27	4 950 337.27
Media			838	0.84	0.80	1 005 418.43	
Somma:						12 065 021.11	26 234 719.39



Portate medie mensili e volumi idrici medi mensili disponibili in ingresso a Serra del Corvo.

ALLEGATO Nr. 4 – Determinazione delle perdite per evapotraspirazione

Dati misurati e formula di Visentini

La classica formula di Visentini proposta negli anni '30, e successivamente modificata da Romita (Visentini, 1937; Romita, 1953), è ancora molto usata per stimare l'evaporazione media mensile e media annua dai laghi in Italia (Tonini, 1959; Ciabatti, 1982; Crivellari, 1982; Celico, 1988; AA.VV., 1990). È quindi sembrato interessante confrontare i risultati forniti da questa formula con i dati evaporimetrici a disposizione.

Come noto, la formula di Visentini è disponibile in varie versioni; quelle più semplici e diffuse sono le seguenti:

- b = 2,25 per specchi d'acqua non molto estesi (Romita, 1953)
- b = 2,00 per grandi laghi (Romita, 1953)
- c₁ = 75; c₂ = 0 per evaporimetri, alt. fra 0 e 200 m (Tonini, 1959)
- c₁ = 90; c₂ = 0 per evaporimetri, alt. fra 200 e 500 m (Tonini, 1959)
- c₁ = 90; c₂ = 300 .. per evaporimetri, alt. superiore a 500 m (Tonini, 1959)

TAB. 3 — Valori dei coefficienti nelle formule di Visentini.

— Values of the coefficients of the Visentini formulae.

$$E_m = b \times (t_m)^{1,5} \tag{5}$$

$$E_a = c_1 \times t_a + c_2 \tag{6}$$

I simboli valgono:

b, c₁, c₂ = coefficienti empirici (Tab. 3); m = indice relativo al mese, da 1 a 12; E_m = evaporazione media mensile (mm); t_m = temperatura media mensile (°C); t_a = temperatura media annua (°C); E_a = evaporazione media annua (mm).

Visentini propose le sue formule basandosi su circa un anno e mezzo di misure eseguite su due evaporimetri, uno galleggiante ed uno a terra. Gli evaporimetri, del tipo Bindemann, erano messi in opera sul lago

Calcolo dell'evaporazione media con la formula di Visentini anni '30					
Mese	T media [°C]	Em [mm/mese]	Ea [mm/yr]	Em bacino di valle [m ³ /mese]	Em bacino di monte [m ³ /mese]
gen	6.5	33.14	1322.25	71 364	11 673
feb	8.6	50.44		108 607	17 764
mar	8.7	51.32		110 507	18 075
apr	11.9	82.10		176 780	28 915
mag	16.5	134.05		288 628	47 209
giu	20	178.89		385 174	63 001
lug	23.5	227.84		490 584	80 242
ago	25	250.00		538 297	88 047
set	21.4	197.99		426 317	69 731
ott	14.5	110.43		237 774	38 891
nov	11.5	78.00		167 942	27 469
dic	8.2	46.96		101 119	16 540
media:	14.69	120.10		258 591	42 296

Temperatura media mensile

Comune di Gravina in Puglia

