

Committente

tecnici

Valutazione di Impatto Ambientale

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 sugli effetti quali-quantitativi sulla risorsa idrica

redatto	modificato	scala	elaborato n.
cl 30.06.2022	a		PD-VI.34
controllato	b		
wag 20.07.2022	c		
pagine 56	n. progetto 21-208	21_208_PSW_Gravina\stud_VIA\text\Aggiornamento_integrazioni\PD-VI.34_relazione_effetti_risorsa_idrica_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	3
1.1 Committente	3
1.2 Studi tecnici incaricati	3
2. Introduzione	4
3. Volume minimo di riserva idrica	4
4. Effetti attesi di natura idrologica	9
4.1 Bilancio idrologico	9
4.1.1 Premessa	9
4.1.2 Deflussi ordinari	9
4.1.2.1 Torrente Basentello e Canale Roviniero	9
4.1.2.2 Torrente Pentecchia	10
4.1.3 Deflussi di piena	11
4.1.3.1 Torrente Basentello e Canale Roviniero	11
4.1.3.2 Torrente Pentecchia	11
4.1.4 Cambiamenti climatici e possibili scenari futuri	15
5. Effetti attesi di natura idrodinamica	17
5.1 Premessa	17
5.2 Effetti sul campo di moto	17
5.3 Variazione dei profili della corrente	19
5.4 Effetti sul tempo teorico di ricambio	22
6. Effetti attesi sulla qualità ecologica e idromorfologica dei corpi idrici	23
6.1 Premessa	23
6.2 Rischio di eutrofizzazione	23
6.3 Processi di stratificazione e de-stratificazione, mixing	25
6.4 Asportazione di popolazioni fitoplanctoniche durante il pompaggio	26
6.5 Processi di risospensione del materiale sedimentato	27
6.5.1 Inquadramento della problematica	27
6.5.2 Misure di mitigazione attiva previste	32
6.5.3 Conclusioni	33
6.6 Possibili impatti sulle comunità ittiche	33
6.6.1.1 Prevedibili impatti sull'ittiofauna in fase di cantiere	33
6.6.1.2 Prevedibili impatti sull'ittiofauna in fase di esercizio	35
6.6.1.3 Misure di mitigazione	41

6.6.1.4 Possibili impatti derivanti dall'interruzione dei corsi d'acqua	43
6.7 Possibili impatti sulle comunità di macroinvertebrati.....	44
7. Effetti attesi sul microclima locale	44
8. Effetti attesi sulla qualità morfologica dei corpi idrici	51
9. Effetti attesi sui corpi idrici profondi	51
10. Consumo di risorse per prelievi idrici.....	53
11. Conclusioni.....	54
Riferimenti bibliografici	56

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:

Dr. 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)

Dr. Ing. Walter Gostner

Dr. Ing. Ronald Patscheider

Dr. Ing. Corrado Lucarelli

Dr. Ing. David Dipauli

Dr. Ing. Alex Balzarini

Dr. For. Giulia Bisoffi

Geom. Stefania Fontanella

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

Dr. 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)

2. Introduzione

Nel presente documento verranno valutate tutte le possibili interazioni, anche a scala stagionale, tra le condizioni di utilizzo attuale e potenziale della risorsa idrica accumulata nell'invaso di Serra del Corvo e quella che quantitativamente e qualitativamente caratterizza i suoi tributari ed il reticolo idrografico caratteristico di Monte Marano nel territorio amministrativo di Gravina in Puglia (BA) e le condizioni di utilizzo prevedibili in relazione al futuro impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro in progetto. In primis verranno definiti i volumi di riserva idrica minima al di sotto dei quali prevedere un fermo dell'esercizio dell'impianto a pompaggio a garanzia dell'utilizzo già in concessione, anche nell'ipotesi di apporti idrici inferiori a quelli medi corrispondenti quindi a condizioni di deficit idrico. Successivamente verranno analizzati tutti i possibili impatti attesi, sia di natura quantitativa che qualitativa, sulla risorsa idrica, anche alla luce delle misure di mitigazione previste a livello progettuale, per le quali si rimanda all'Elaborato PD-VI.15.2 della Valutazione di Impatto Ambientale. Si emetterà infine un giudizio sulla sostenibilità ambientale dell'intervento proposto focalizzato proprio sulle interazioni attese con la componente ambientale considerata. Quanto sopra in virtù delle osservazioni e delle richieste di approfondimento avanzate dalla competente Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (Prot. 2432 in data 31 gennaio 2022) nell'ambito del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

3. Volume minimo di riserva idrica

Al fine di analizzare gli impatti esercitati dal nuovo impianto di accumulo sugli ecosistemi caratteristici dell'invaso di Serra del Corvo si è provveduto in primis a stimare un livello minimo di invaso ecologicamente sostenibile, sulla scorta delle curve che legano i livelli di invaso, la superficie d'acqua ed il volume invasato. Si è fatto riferimento alla metodologia proposta da Shang (2013). Il tutto è finalizzato alla definizione di un volume di riserva idrica minima (*volume ecologico minimo*) al di sotto dei quali prevedere un fermo dell'esercizio dell'impianto a pompaggio a garanzia dell'utilizzo già in concessione, anche nell'ipotesi di apporti idrici inferiori a quelli medi corrispondenti quindi a condizioni di deficit idrico.

Il minimo livello ecologicamente sostenibile di un lago è definibile come un livello di invaso critico al di sotto del quale non è più garantito un certo grado di protezione degli ecosistemi lacustri. Noto tale livello è possibile pertanto associare un'estensione minima della superficie lacustre ed un volume minimo di invasi di matrice esclusivamente ecologica. È noto infatti che la biodiversità dei laghi aumenta all'aumentare della superficie dello specchio d'acqua disponibile (Browne, 1981). Pertanto l'estensione superficiale di un lago rappresenta un valido indice correlabile

al livello di protezione degli habitat ecosistemici caratteristici di un lago. La relazione tra la superficie di un lago ed il volume di invaso può essere espressa come segue:

$$S = S(V)$$

dove S rappresenta l'estensione areale superficiale e V il volume di invaso. Generalmente l'area superficiale di un lago aumenta con il volume di invaso, tale incremento è proporzionale alla pendenza della curva che lega S e V in funzione della morfologia lacustre. L'estensione di un lago può infatti cambiare rapidamente nel momento in cui viene superato un certo livello critico di invaso, in corrispondenza del quale una minima variazione delle condizioni di invaso può determinare una repentina variazione degli habitat fisici presenti nel corpo idrico. In Figura 1 è illustrato schematicamente l'approccio teorico utilizzato. L'applicazione al caso in esame si fonda sostanzialmente sulle curve di superficie e di volume di invaso messe a disposizione da EIPLI.

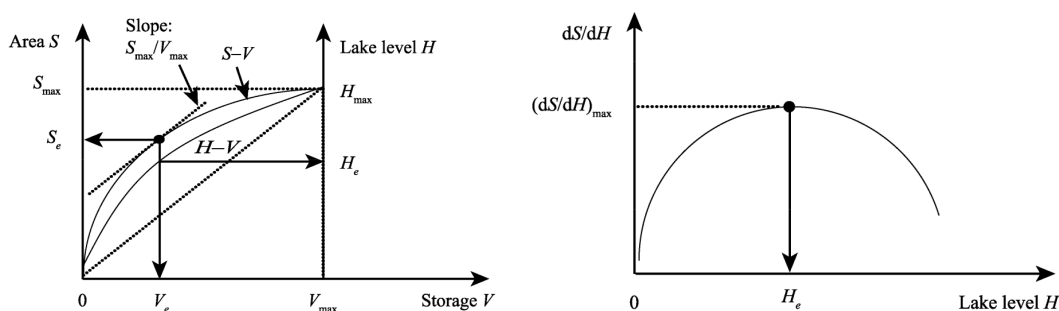


Figura 1. Schematizzazione del metodo utilizzato e a destra il medesimo espresso su scala morfologia (Shang, 2013).

Di fatto è la morfologia lacustre a determinare il rapporto tra l'estensione superficiale del lago ed il volume di invaso. In base alle esperienze di letteratura le relazioni V-S vengono descritte in modo ottimale da funzioni di potenza e logaritmiche. In generale tali funzioni possono essere così espresse per via analitica:

$$S = A \cdot V^B \text{ oppure } s = a \cdot v^b$$

$$S = C \cdot \ln(V) + D \text{ oppure } s = c \cdot \ln(v) + d$$

dove A, a, B, b, C, c, D e d sono coefficienti empirici che dipendono dalle caratteristiche morfologiche del lago e possono essere determinate dalle regressioni di valori noti di V e S. Le relazioni tra questi coefficienti sono così esprimibili:

$$a = A \cdot V_{max}^B, \quad b=B$$

$$c = \frac{C}{S_{max}}, \quad d = (D + C \cdot \ln V_{max})/S_{max}$$

Generalmente i coefficienti a e b sono prossimi a 1. Con S_{max} si indica la superficie coperta dal lago alla quota di massimo invaso e con V_{max} il volume di massimo invaso. Dalle indicazioni di bibliografia, il minimo volume ecologico di un lago derivato dalle curve V-S è così esprimibile:

$$V_{ep} = (A \cdot B \cdot \frac{V_{max}}{S_{max}})^{\frac{1}{1-B}} \text{ oppure } v_{ep} = (a \cdot b)^{\frac{1}{1-b}}$$

$$V_{el} = C \cdot V_{max} / S_{max} \text{ oppure } v_{el} = c$$

Dove si indicano con *ep* le formulazioni per le regressioni per potenza e con *el* quelle per regressione logaritmica. Inoltre con V si indicano i volumi assoluti, con v quelli percentuali. Di conseguenza l'estensione ecologica superficiale minima di un lago per le regressioni potenza (S_{ep} o s_{ep}) e logaritmica (S_{el} o s_{el}) possono essere espresse come segue:

$$S_{ep} = A \cdot (A \cdot B \cdot \frac{V_{max}}{S_{max}})^{\frac{B}{1-B}} \text{ oppure } s_{ep} = a \cdot (a \cdot b)^{\frac{b}{1-b}}$$

$$S_{el} = C \cdot \ln\left(C \cdot \frac{V_{max}}{S_{max}}\right) + D \text{ oppure } s_{el} = c \cdot \ln(c) + d$$

In Figura 2 sono illustrate le regressioni per potenza e per logaritmo con i dati noti dell'invaso di Serra del Corvo. È agile pertanto ricavare il valore dei parametri in base a quanto sopra indicato. Si assume S_{max} pari a 3,53 Km² e V_{max} pari a 31,6 Mio m³, i dati sono relativi alla massima quota di regolazione ammessa pari a 269 m s.l.m. considerando una rivalutazione sismica positiva delle opere a servizio del lago e/o l'implementazione di tutte quelle misure che consentano di ripristinare un esercizio ordinario e non limitato della diga stessa.

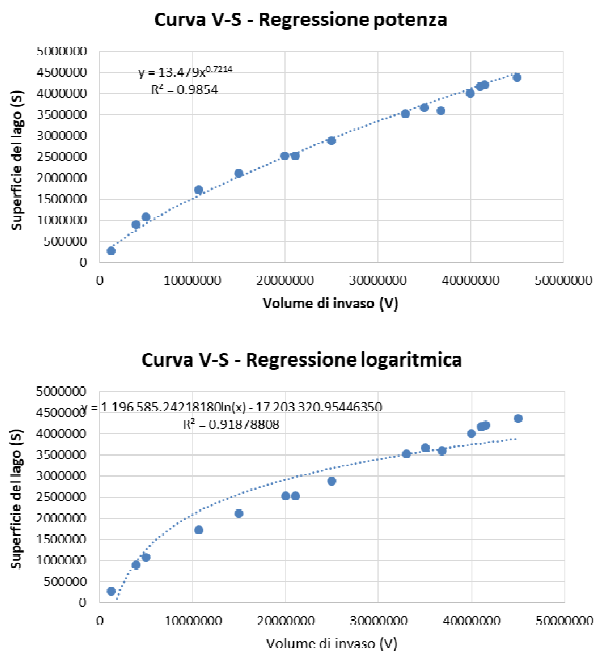


Figura 2. Regressione per potenza e per logaritmo dei dati di volume di invaso (m³) e superficie del lago (m²) messi a disposizione da EIPLI.

Effettuando il calcolo per via analitica per l'invaso di Serra del Corvo come sopra riportato si ottiene quanto illustrato nella seguente tabella.

Regressione	V_E (Mio m ³)	v_E (%)	S_E (Km2)	s_E (%)	H_E (m s.l.m.)
Potenza	8,897	28,16 %	1,389	39,03	262,22
Logaritmo	10,621	33,61 %	2,155	60,55	263,06

Tabella 1. Volume e superficie minimi ecologici secondo l'approccio di Shang (2013) applicato all'invaso di Serra del Corvo.

Il volume minimo ecologico dell'invaso oscilla tra 8,89 Mio m³ e 10,62 Mio m³, valori che corrispondono ad una quota pari del 28,16 % rispettivamente del 33,61 % del massimo volume di invaso. Considerando la regressione che meglio si adatta al campione di valori noto (potenza, $R^2 = 0,9854$), si determina che il volume ecologico minimo del lago ammonta a **8,897 Mio m³** corrispondente ad una quota di invaso ecologica minima di **262,22 m s.l.m.**. Considerando il fatto che la quota di minima regolazione imposta come da progetto all'impianto di accumulo per l'invaso di valle ammonta a 262,30 m s.l.m. si intuisce come questa sia sempre superiore al livello critico precedentemente calcolato. Si intuisce pertanto come le attività di progettazione abbiano già implicitamente considerato tale livello critico.

Il prelievo giornaliero per finalità di pompaggio (corrispondente cautelativamente al volume utile di regolazione dell'impianto) garantisce il non superamento del volume ecologico minimo del lago. Occorre anche sottolineare che nel periodo irriguo la portata mediamente emunta dall'invaso di Serra del Corvo per scopi irrigui ammonta a ca 0,5 m³/s. Considerando un intervallo di emungimento massimo giornaliero di 8 h, si determina un volume emunto giornalmente pari a 14.400 m³ che se rapportato alle volumetrie movimentate dall'impianto di accumulo risulta essere trascurabile ed induce una variazione trascurabile sul livello del lago. Pertanto non si determina un impatto cumulato apprezzabile.

Al fine di valutare come tale soglia critica di invaso potrebbe impattare sull'esercizio del futuro impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro, è stata condotta una semplice simulazione. Come referenza per le valutazioni sono stati assunti i dati del livello di invaso giornaliero medio riportato sul sito dell'ex Autorità di Bacino della Basilicata (<http://www.adb.basilicata.it/>) riferiti al primo giorno di ogni mese dall'inizio delle serie storiche disponibili (1 gennaio 1998). Sono stati considerati in tutto 295 valori di livello di invaso. Si è successivamente confrontato il livello di invaso registrato in ogni giorno di referenza considerato con la soglia critica ecologica sopra indicata. I risultati sono riportati in Figura 3.

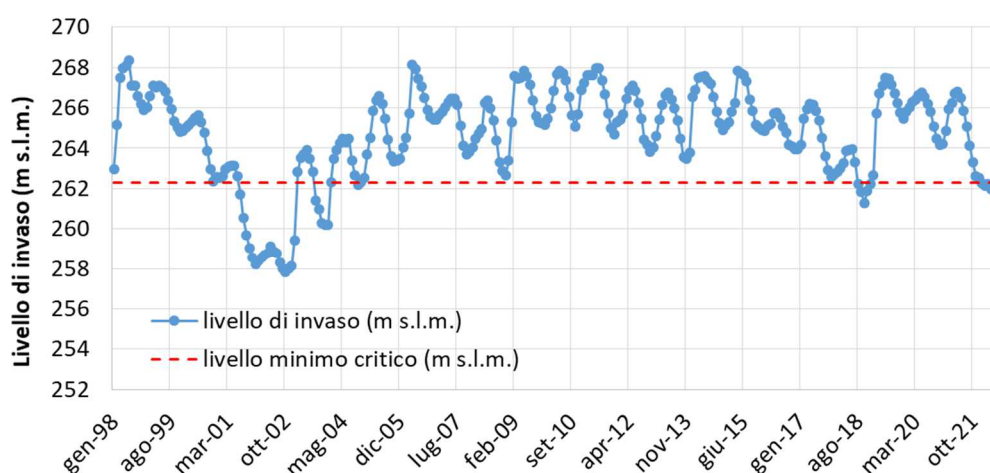


Figura 3. Andamento dei livelli di invaso (1998-2022) confrontato con la soglia di invaso corrispondente al calcolato volume ecologico minimo dell'invaso di Serra del Corvo.

Si nota come stagionale nei mesi tardo-invernali, ovvero alla fine della stagione arida ed irrigua, l'invaso si presenta generalmente con livelli bassi, per andare poi a rinvasare le acque durante la stagione delle piogge ed arrivare di nuovo funzionale all'inizio della successiva stagione irrigua. Dal grafico riportato in Figura 3 si intuisce agilmente come tra il 2001 ed il 2002 vi sia stato il periodo più arido e siccitoso degli ultimi 25 anni, seguito poi dal 2017 e dall'anno in corso. In tali circostanza infatti viene a mancare l'effetto di invaso tipico della stagione invernale che si ripercuote poi sulla disponibilità di acqua nella stagione irrigua.

Nota quindi tale tendenza storica, è stato possibile stimare l'impatto percentuale dei giorni in cui il livello di invaso è risultato inferiore al livello ecologico critico prima definito. Alla luce del fatto che l'analisi è stata basata indicativamente solo su un dato al mese per 25 anni, si ritiene che l'incidenza possa essere stimata in ca. 5% del tempo totale di esercizio.

Occorre rimarcare che il progetto è stato fondato su un principio prioritario di rispetto delle peculiarità ambientali ed ecosistemiche dell'invaso di Serra del Corvo, considerando sempre il fermo impianto come unica alternativa possibile qualora le condizioni di invaso non siano tale da garantire il non superamento del livello di invaso critico (ovvero un invaso minimo ecologico). Se si considera il fatto che in futuro gli eventi siccitosi saranno sicuramente più frequenti, che il fabbisogno di acqua per la pratica irrigua sarà maggiore e che le perdite per evaporazione aumenteranno, si intuisce come questa percentuale è destinata ad aumentare. Si stima pertanto che una percentuale di fermo impianto utile sulla durata della concessione a derivare (30 anni) possa attestarsi intorno ad un 8%.

Si intuisce quindi che l'esercizio dell'impianto non avrà nessun impatto sulla disponibilità della risorsa idrica nell'invaso di Serra del Corvo che dipenderà esclusivamente dalle condizioni meteorologiche del bacino imbrifero. A livello di regolazione operativa infatti, la quota di minima regolazione è stata posta leggermente più elevata del livello minimo critico di invaso. Pertanto al raggiungimento di tale quota, che garantisce ancora un minimo margine di sicurezza sul minimo ecologico, l'impianto verrà messo automaticamente fuori esercizio. Tale scelta è stata attentamente ponderata dal Proponente ed è stata considerata in tutte le analisi di fattibilità economica e finanziaria effettuata. Il Proponente accetta pertanto il rischio economico di natura "idrologica" insito nell'iniziativa.

4. Effetti attesi di natura idrologica

4.1 Bilancio idrologico

4.1.1 Premessa

Per quanto concerne gli impatti delle opere proposte si è proceduto ad analizzare la possibile influenza con il bilancio idrologico chiuso alla sezione dell'invaso di Serra del Corvo, che raccoglie i deflussi dei tributari principali, il torrente Basentello ed il Canale Roviniero. Si considerano nella trattazione seguente sia i deflussi ordinari (in termini di portate medie e di base) che i deflussi di piena.

4.1.2 Deflussi ordinari

4.1.2.1 Torrente Basentello e Canale Roviniero

Come adeguatamente illustrato nella relazione idrologica di cui all'Elaborato PD-R.3.1 è stata eseguita una valutazione delle portate medie mensili che caratterizzano i tributari principali dell'invaso di Serra del Corvo, il torrente Basentello ed il Canale Roviniero. Quanto determinato allo stato attuale non viene minimamente alterato dal futuro esercizio dell'impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro. Non sono previste infatti alterazioni delle portate in ingresso all'invaso. La regolazione delle operazioni di pompaggio e generazione è condizionata come prima illustrato al mantenimento di un volume minimo ecologico all'interno dell'invaso stesso, oltre il quale l'impianto sarà posto fuori esercizio. Pertanto non si determinano effetti sui deflussi ordinari dei tributari dell'invaso di Serra del Corvo.

Occorre inoltre precisare che a valle del bacino è sempre garantito il rilascio del deflusso minimo vitale imposto dalla normativa in essere e da ascrivere al Gestore dell'Invaso. Le modalità operative dell'impianto di pompaggio non sono tali da alterare in modo netto la volumetria del lago

e di inficiare quindi il rilascio del DMV e gli ambienti fluviali a valle dell'invaso. Pertanto gli impatti attesi a valle sono da considerare assolutamente trascurabili.

4.1.2.2 Torrente Pentecchia

Il fossato in cui è previsto lo scarico dei drenaggi del nuovo invaso di monte presso Monte Marano è parte integrante del bacino imbrifero del torrente Pentecchia.

Questo corso d'acqua è un affluente del Torrente Gravina ed è collocato in una zona morfologicamente abbastanza ondulata del territorio di Gravina in Puglia (BA), caratterizzata dalla presenza diffusa di coltivazioni a seminativo e di qualche uliveto e di sporadica vegetazione riparia, per lo più canneti, nei pressi delle aste fluviali. Nel bacino imbrifero di tale fossato è prevista la realizzazione del nuovo invaso di monte a servizio dell'impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro. Tale opera presenta una superficie idrica di ca. 33 ha ed una superficie complessiva, inclusi cioè i paramenti esterni delle arginature di ca. 50 ha. Si intuisce pertanto come, rispetto allo stato attuale, in condizioni ordinarie si riduca la superficie drenante utile del bacino imbrifero del fossato stesso in quanto verrà occupata dal nuovo invaso. Le precipitazioni meteoriche che allo stato attuale incidono sul terreno ed alimentano i deflussi di base ed i deflussi ordinari del fossato, e da qui del torrente Pentecchia più a valle, nel futuro stato di progetto risulteranno minori in quanto le piogge saranno intercettate direttamente dalla superficie dell'invaso e rimarranno confinate in esso senza essere sfiorate. Si rimanda per i dettagli agli Elaborati PD-R.3.1 e PD-R.3.2.



Figura 4. Alcune immagini del fossato afferente al bacino imbrifero del torrente Pentecchia.

Data l'interferenza con i deflussi ordinari riscontrata nella parte apicale del bacino imbrifero del torrente Pentecchia, come misura di mitigazione verrà predisposta una linea di dotazione idrica dedicata che dal bacino di monte garantirà un supporto al deflusso di base del tratto superiore del torrente in caso di siccità prolungata o di particolari necessità nel tratto di valle, per scopi irrigui o idro-ecologici. Pertanto le interferenze attese con la risorsa idrica il tale scenario risultano essere tollerabili ed accettabili.

4.1.3 Deflussi di piena

4.1.3.1 Torrente Basentello e Canale Roviniero

Anche per quanto concerne le dinamiche di piena dei tributari principali dell'invaso di Serra del Corvo non si determinano effetti negativi in termini di risorsa idrica. Occorre sottolineare che:

- L'esercizio del nuovo impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro non altera i franchi idraulici di sicurezza, dato che in caso di allerta meteo o situazioni meteo-climatiche particolari potrà essere messo agilmente fuori servizio e quindi non incidere sulle dinamiche interne dell'invaso di Serra del Corvo;
- Si configura inoltre anche un effetto positivo. Previo accordo con il Gestore della diga del Basentello e con gli Enti regionali e sovraregionali preposti, in caso di allerta meteo particolarmente gravosa l'impianto può essere agilmente messo fuori esercizio ed il bacino di monte svuotato. In caso di piena si può sfruttare la capacità di immagazzinamento tenuta preventivamente libera a monte (ca. 4,7 Mio m³) per alleggerire il carico di piena influente, contribuendo quindi ad aumentare la capacità di laminazione delle piene, ad oggi deficitaria in attesa dei previsti interventi di miglioria e risanamento degli scarichi di superficie. Ciò avrebbe sicuramente ripercussioni positive sia sulla sicurezza delle opere idrauliche stesse che di tutti i territori posti a valle dello sbarramento.

Si configurano pertanto unicamente effetti positivi per quanto concerne i deflussi di piena. Per le stime di piena effettuate e per tutte le considerazioni legate alla sicurezza idraulica si rimanda a quanto riportato nella relazione idrologica di cui all'Elaborato PD-R.3.1.

4.1.3.2 Torrente Pentecchia

Allo stato ante operam i corpi idrici superficiali drenano l'area di progetto nella quale si inserirà il futuro bacino di monte. Mediante l'uso di algoritmi di geoanalisi è stato determinato il bacino imbrifero collocato nell'area di progetto (Figura 5). Il bacino presenta una dimensione di 0,621 km² e una pendenza media dalle estremità al punto di chiusura di 0,03 m/m. Per potere confrontare le due casistiche, stato ante operam e stato post operam, si è considerato il medesimo scenario idrologico, già utilizzato per il dimensionamento dello sfioratore di superficie a

servizio del nuovo invaso di monte, ovvero l'accadimento di una precipitazione con tempo di ritorno $T_r = 3.000$ anni, caratterizzata da una distribuzione temporale alternata a blocchi simmetrica con picco asimmetrico (Figura 6).



Figura 5. Bacino imbrifero allo stato attuale, in rosa sovrapposizione con il nuovo invaso di monte nello stato post operam.

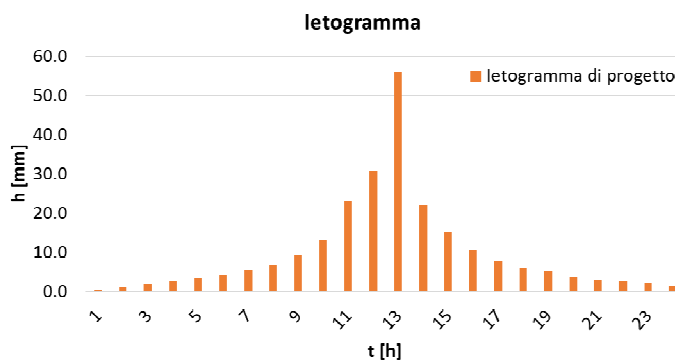


Figura 6. Ietogramma di progetto dello scenario idrologico considerato caratterizzato da un $TR_{3.000}$.

Il tempo di corrivazione del bacino imbrifero è stato valutato considerando separatamente il deflusso superficiale sul terreno e il deflusso nel reticolo idrografico mediante il metodo Kerby – Kirpitch, che ha restituito un valore di ca. 35 min. Considerando passi temporali orari, si può quindi considerare tutta l'area del bacino come contribuente al deflusso nella sezione di chiusura assunta nella presente analisi. Applicando il metodo razionale per la determinazione del deflusso in condizioni quasi-stazionarie è stato valutato l'idrogramma di piena (Figura 7). Si

determina pertanto un valore di picco pari a 4,8 m³/s, che è stato utilizzato per la verifica idraulica del reticolo esistente tramite l'applicazione della formula di Gauckler Strickler per il deflusso a pelo libero.

$$Q = k_s \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot if^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

dove k_s indica la scabrezza idraulica equivalente della sezione considerata, if la pendenza adimensionale del reticolo idrografico, A la sezione idraulica e R_h il raggio idraulico.

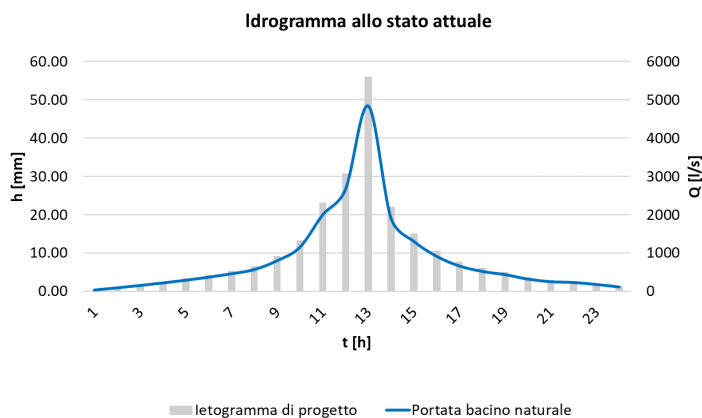


Figura 7. Idrogramma di piena allo stato attuale per un precipitazione di durata 24 h con TR3000 alla sezione di chiusura considerata.

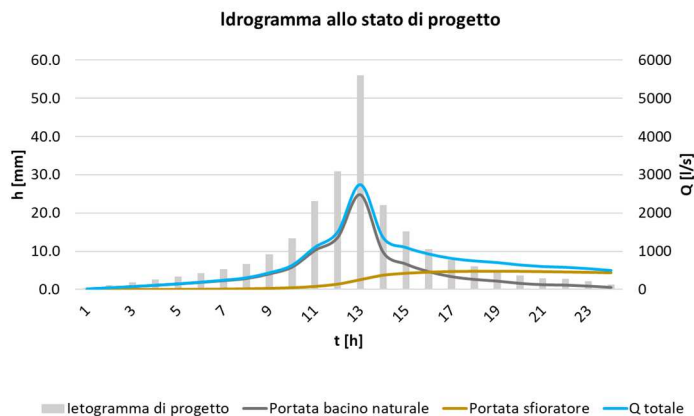


Figura 8. Sovrapposizione degli idrogrammi generati dal bacino imbrifero naturale rimanente (in grigio) e la quantità di acqua sfiorata (in ocra). In azzurro è rappresentato l'idrogramma di progetto complessivo.

Nello stato post operam invece nell'area di progetto sarà collocato il nuovo bacino di monte. Esso raccoglierà gran parte delle acque meteoriche incidenti sull'area, alterando il deflusso nei corpi idrici superficiali. Per valutare le interferenze sono stati calcolati e sovrapposti i deflussi, quelli derivanti dalle sponde esterne del bacino e dalla parte rimanente del bacino imbrifero,

considerando lo scenario idrologico introdotto precedentemente (TR3000), e quelli sfiorati dallo sfioratore di superficie a servizio del nuovo invaso. Si è pertanto considerata implicitamente la capacità di laminazione del bacino di monte, che risulta non trascurabile anche quando esso si dovesse trovare al livello di massima regolazione. La quantità di acqua sfiorata di picco risulta in effetti minore del deflusso superficiale che verrebbe generato da un'area naturale equivalente in assenza del bacino. L'effetto di laminazione si manifesta con un idrogramma prolungato nel tempo (Figura 8).

I metodi di calcolo adattati per la determinazione degli idrogrammi di progetto per la parte rimanente del bacino naturale e le sponde esterne del bacino di monte sono gli stessi illustrati per lo stato attuale. Per l'idrogramma esitato dallo sfioratore di superficie si rimanda invece all'Elaborato PD-R.4.3. Si determina un picco di piena alla sezione di chiusura pari a 2,74 m³/s. I risultati della verifica idraulica condotta sul reticolo esistente ed il confronto fra le due casistiche considerate sono riportati graficamente sull'elaborato PD.EP.16.7.

La capacità di laminazione del bacino di monte si traduce in un valore di portata di picco più ridotto e in una coda prolungata nel tempo dell'idrogramma rispetto allo stato attuale (Figura 9). La forzante idrologica allo stato post operam può considerarsi pertanto più favorevole da un punto di vista della sicurezza idraulica dei territori a valle del bacino di invaso. Pertanto il corso del torrente Pentecchia sarà caratterizzato da contributi di piena minori rispetto allo stato attuale.

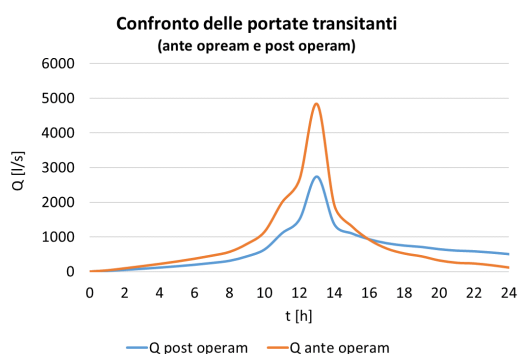


Figura 9. Confronto degli idrogrammi di progetto allo stato ante operam e allo stato post operam alla sezione di chiusura scelta per l'analisi.

In Figura 10 si riporta il confronto dei tiranti idrici che si instaurano nel reticolo idrografico esistente in concomitanza del picco dell'onda di piena nello stato attuale e nello stato di progetto.

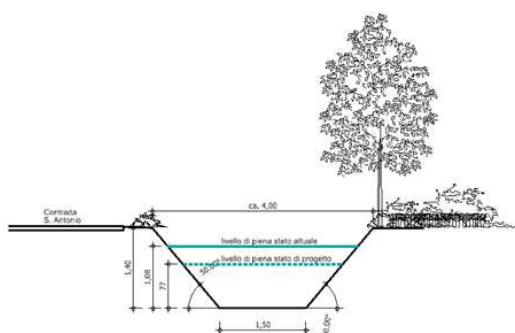


Figura 10. Confronto tra i tiranti attesi in una sezione di controllo nello stato attuale e nello stato post operam.

Pertanto la costruzione del bacino di monte da un punto di vista idraulico migliora il deflusso in condizioni di piena del reticolo idrografico afferente a valle al torrente Pentecchia. Grazie al notevole volume di laminazione del bacino stesso viene infatti indotto uno sfasamento dei picchi di portata ed una conseguente riduzione della portata complessiva defluente. La piena efficienza idraulica del reticolo esistente fino all'immissione nel Pentecchia sarà garantita da opere di stabilizzazione di ingegneria naturalistica nei punti necessari e da una continua manutenzione.

4.1.4 Cambiamenti climatici e possibili scenari futuri

Nell'elaborato PD-R.3.2 del Progetto Definitivo elaborato si è provveduto ad analizzare le possibili interazioni tra i diversi utilizzi dell'invaso di Serra del Corvo considerando diversi scenari climatici futuri. Il confronto è basato sullo studio dei bilanci volumetrici nei vari casi di studio, lo stato attuale e lo stato di progetto, considerando i vincoli progettuali per le condizioni di fermo impianto (minima e massima regolazione, mantenimento del volume ecologico minimo). Le principali variabili alla base del bilancio volumetrico (precipitazioni – portate e temperatura) sono state esaminate con riferimento ad un anno climatico medio, all'anno più arido nel periodo 1999-2019 ed alla luce di possibili cambiamenti climatici futuri 2021-2050, individuati dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Per l'analisi dei possibili scenari di evoluzione futura è stato considerato anche il fatto che con la realizzazione del nuovo bacino di monte aumenterà anche la superficie idrica esposta al sole, pertanto l'evaporazione complessiva sarà quindi sensibilmente più elevata.

Le previste operazioni di pompaggio e generazione indurranno una fluttuazione di livello idrico a scala giornaliera o oraria, che, a seconda del volume idrico movimentato tra monte e valle, varia tra alcune decine di centimetri (0,3 m-0,5 m) ad oscillazioni massime comprese tra 1,5 e 1,75 m. Come già illustrato precedentemente, l'ampiezza di tali oscillazioni non compromette

l'esercizio dell'invaso per scopi irrigui esercito da EIPLI. Dallo studio effettuato si evince quanto segue:

- Il susseguirsi di più anni particolarmente aridi provoca sia allo stato attuale che allo stato di progetto inevitabilmente il progressivo svuotamento dell'invaso di Serra del Corvo. In tali condizioni, il livello di invaso dopo circa un anno e mezzo scenderebbe al di sotto del livello di minima regolazione dell'impianto di progetto e quindi ad una quota inferiore rispetto al minimo volume ecologico individuato nel capitolo 3. Non sarebbe pertanto più possibile esercitare l'impianto. Il fabbisogno irriguo sarà comunque garantito dalla riserva idrica all'interno del lago che ammonterà a ca. 9 Mio m³. A parità di condizioni climatiche ed a parità di volume irriguo prelevato (8,5 Mm³/anno) il livello dell'invaso continuerebbe comunque a scendere e, a prescindere dall'esercizio dell'impianto a pompaggio, l'emungimento della risorsa idrica inficerebbe la qualità delle acque del lago contribuendo ad abbassare progressivamente il livello di invaso ed incidendo negativamente sulla qualità stessa degli ecosistemi presenti. Si determina pertanto uno scenario di degrado ambientale dell'invaso di Serra del Corvo a prescindere dalla presenza o meno del nuovo impianto di pompaggio.
- Considerando invece le condizioni meteorologiche dell'anno medio (1921-2000) si nota una sostanziale invarianza della stagionalità annuale classica dell'invaso ad impianto a pompaggio e generazione in esercizio. L'impianto a pompaggio e generazione non altera significativamente il bilancio volumetrico dell'invaso di Serra del Corvo a scala pluriennale. Nelle condizioni meteorologiche medie il co-uso dei due gestori è perciò sempre garantito e non si ravvisano particolari criticità.
- Lo scenario più significativo considerato è sicuramente quello che tiene in considerazione le variazioni delle condizioni meteorologiche previste per il periodo 2021-2050 ai sensi del PNACC. Si prevede una lieve riduzione delle precipitazioni meteoriche e un aumento delle temperature. Tali fattori incidono sulla resilienza dell'invaso che faticherebbe a ripristinare i livelli di massima regolazione in tempi brevi, comunque raggiunti, sia allo stato attuale che allo stato di progetto. Il co-uso dei due impianti è garantito considerando lo scenario RCP4.5 per il periodo 2021-2050, provocando fluttuazioni giornaliere e stagionali accettabili e del tutto sostenibili.

Si evince pertanto che solamente nello scenario di progressivo e costante inaridimento delle condizioni meteorologiche locali (più anni aridi consecutivi) l'esercizio dell'impianto a pompaggio non sarebbe possibile sul medio periodo per poter garantire un volume di riserva utile alla prosecuzione delle operazioni di emungimento per scopi agricoli, che sarebbe comunque a rischio nel lungo periodo. Negli altri scenari analizzati non si registrano particolari interferenze tra

l'uso irriguo delle acque e l'esercizio del nuovo impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro in progetto.

5. Effetti attesi di natura idrodinamica

5.1 Premessa

Il progetto proposto non influenza in alcun modo l'idrodinamica fluviale dei tributari e dell'emissario dell'invaso di Serra del Corvo. In fase di cantiere non sono da attendersi effetti sostanziali. Al fine di valutare gli effetti in fase di esercizio delle operazioni di pompaggio e generazioni indotti dal progetto sull'idrodinamica lacustre si è provveduto, tramite un semplificato approccio di continuità dei flussi e dei volumi pompati e turbinati sulla sezione verticale del lago e diverse distanze dal punto di prelievo e restituzione delle acque, a stimare gli effetti indotti sul campo di moto, in particolare sulle velocità di flusso, all'interno del lago, approfondendo quindi solo il quadro progettuale relativo all'idrodinamica lacustre.

5.2 Effetti sul campo di moto

Come ampiamente risaputo in letteratura (ad es. Anderson, 2010) per gli impianti di accumulo che alternano cicli di pompaggio a cicli di generazione in un vaso le interferenze con il campo di moto ed in particolare con le velocità di flusso decadono molto velocemente con la distanza dal punto di immissione e di prelievo delle acque. Sulla scorta delle esperienze di letteratura, si stima che in uno stretto intorno di un raggio massimo di 20 m del sito dell'opera di presa si possano instaurare, sia in fase di pompaggio che in fase di turbinamento, velocità della corrente in superficie dell'ordine di 6 cm/s o superiori. È risaputo inoltre che le velocità sulla superficie libera dei laghi naturali, ovvero non influenzati da operazioni antropiche, si aggirano generalmente intorno a 0,2 cm/s mentre in presenza di vento possono essere anche superiori a 2 cm/s. Considerando le caratteristiche di ventosità del sito, si stima che allo stato attuale le velocità di flusso in superficie possano mediamente essere dell'ordine di 1,5-2 cm/s. Considerando pertanto il decadimento medio delle alterazioni indotte dai cicli di pompaggio e di turbinamento con la distanza dalla sorgente del disturbo, si possono determinare tre aree distinte in cui andranno ad esplicarsi gli effetti delle operazioni di pompaggio e turbinamento, così definite:

- Una prima fascia (**A**), determinabile in un raggio mediamente pari a 20 m intorno ai siti di presa che copre un'area di ca. 1.250 m², in cui si determinano le seguenti grandezze di progetto:
 - Tiranti idraulici nel lago: 4-5 m
 - Velocità media del vento: 4 m/s

- Velocità massima indotta alla circolazione delle acque: ≥ 6 cm/s
- Elevato rischio di risospensione del materiale fine (limi ed argille) depositato sulla superficie, data la matrice fortemente organica e parzialmente flocculata attesa.
- Una seconda fascia (**B**), determinabile in un raggio mediamente pari a 240 m intorno ai siti di presa che copre un'area di ca. 150.000 m² (corrispondente a ca. il 3-6% della superficie lacustre a seconda del livello di invaso considerato) in cui si determinano le seguenti grandezze di progetto:
 - Tiranti idraulici nel lago: 6-8 m
 - Velocità media del vento: 4 m/s
 - Velocità massima indotta alla circolazione delle acque: < 6 cm/s
 - Basso rischio di risospensione del materiale fine (limi ed argille) depositato sulla superficie.
- Una terza fascia (**C**), che corrisponde alla restante superficie dello specchio lacustre, sostanzialmente indisturbata rispetto all'alternanza dei cicli di pompaggio e turbinamento.

La localizzazione delle fasce A e B è indicata in Figura 11, si intuisce la limitatezza del cono di influenza delle operazioni legate all'esercizio del futuro impianto di pompaggio.



Figura 11. Localizzazione delle zone di alterazione del campo di moto indotte dall'esercizio del nuovo impianto a pompaggio all'interno dell'invaso di Serra del Corvo.

In fase di pompaggio, considerando le portate massime in prelievo, il cono di influenza massimo nell'invaso si estende per un raggio pari a ca. 180 m dal punto di prelievo. A partire da questa distanza si stimano velocità dell'acqua dell'ordine di 1,5 cm/s, paragonabili di fatto alle velocità caratteristiche delle acque nei laghi naturali in presenza di vento, condizione che in loco è da

considerarsi come molto frequente. Il pompaggio esercita quindi un'influenza sul campo di moto del lago per una quota parte della superficie compresa tra 1,6 e 2,1 % a seconda della quota di invaso considerata (tra 264 e 267 m s.l.m.). Parimenti, in fase di generazione, considerando le portate massime turbinate (maggiori rispetto a quelle pompate), il cono di influenza si estende per un raggio pari a ca. 240 m dal sito di restituzione delle acque. A partire da questa distanza si stimano velocità dell'acqua dell'ordine di 1,8 cm/s, paragonabili anch'esse alle velocità caratteristiche delle acque nei laghi naturali in presenza di vento, condizione che in loco è da considerarsi come molto frequente. La generazione esercita quindi un'influenza sul campo di moto del lago per una quota parte della superficie compresa tra 4,8 e 6,4 % a seconda della quota di invaso considerata (tra 264 e 267 m s.l.m.).

Tali dinamiche sono confermate anche da diversi studi di letteratura (ad es. Müller et al., 2018). Durante le fasi di pompaggio i profili di velocità assiale sono perturbati in modo sostanziale solamente in uno stretto intorno dell'opera di presa, mentre generalmente nelle porzioni più piane degli invasi si registrano solamente lievi variazioni dei profili assiali di velocità, non collegate direttamente alle operazioni di pompaggio. Durante la generazione invece si determinano velocità assiali indotta generalmente maggiori della fase di pompaggio e vengono indotte variazioni di temperatura nel corpo idrico recettore dell'ordine di +/- 0,5 C° a causa della differenza di temperatura dell'acqua residente nel lago e del getto indotto dal bacino superiore. L'estensione di tali effetti, sia in termini di velocità che di temperatura, si esaurisce generalmente dopo qualche centinaio di metri, in funzione della morfologia e della morfometria del lago.

Si ritiene quindi che l'idrodinamica del lago sia influenzata dalle previste operazioni di pompaggio e di generazione solo in minima parte e che tale interferenza non vada sostanzialmente a gravare ulteriormente sulle peculiarità fisiche dell'invaso di Serra del Corvo rispetto all'attuale situazione di prelievo a fini irrigui. Pertanto si ritiene che l'effetto indotto dal progetto proposto su questo indicatore sia da considerarsi marginali e non cambi sostanzialmente il quadro fisico in cui versa ad oggi l'invaso di Serra del Corvo.

5.3 Variazione dei profili della corrente

Le previste operazioni di pompaggio e generazione indurranno una variazione trascurabile dei profili della corrente negli alvei di valle ed in quello di monte. All'interno dell'invaso di Serra del Corvo è da attendersi invece una fluttuazione di livello idrico a scala oraria, che inciderà inevitabilmente sui profili della superficie libera dell'invaso. Si è provveduto ad effettuare alcune simulazioni dei cicli pluri-giornalieri di pompaggio e generazione, secondo le dinamiche di regolazione dell'esercizio del nuovo impianto a pompaggio, considerando anche il prelievo irriguo di EIPLI ed ipotizzando delle condizioni limite di pompaggio e generazione nell'arco delle 24 h

dell'intero volume di invaso utile di regolazione presso il nuovo invaso di monte. Si sottolinea che tale condizione è comunque alquanto improbabile. In condizioni ordinarie infatti, intendendo con ciò l'utilizzo di una quota parte ridotta del volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio ed il funzionamento a ciclo chiuso in cortocircuito idraulico dello stesso, si determinano fluttuazioni dei livelli idrici comprese tra 0,3 e 0,5 m, sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza di quanto accade oggi per l'effetto del pompaggio irriguo operato da EIPLI. Si è provveduto poi come detto a simulare anche la movimentazione dell'intero volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio (ca. 4,7 Mm³) a tre quote differenti di invaso (267, 264 e 262,3 m s.l.m.). Come si intuisce dai grafici riportati nelle figure seguenti, si ottengono delle oscillazioni massime comprese tra 1,5 e 1,75 m. Da un confronto con quanto accade allo stato attuale, si intuisce come le variazioni indotte sulla quota della superficie libera dell'invaso siano di un ordine di grandezza maggiore rispetto a quelle ad oggi causate dal prelievo irriguo operato da EIPLI. Si determina pertanto una modifica sostanziale del quadro attuale nel lago di Serra del Corvo.

In Figura 12 è riportato un ciclo pluri-giornaliero con quota di invaso iniziale a 267 m s.l.m.. Le quote oscillano tra 268 m s.l.m. e 266,75 m s.l.m. determinando una oscillazione pari a 1,5 m. Parimenti si riporta in Figura 13 anche la dinamica speculare che accade presso l'invaso di monte, sempre considerando lo scenario di movimentazione giornaliero dell'intero volume utile di regolazione.

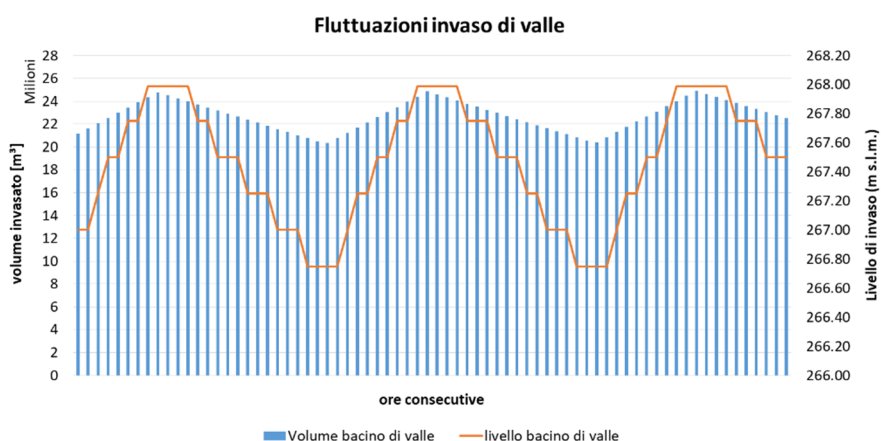


Figura 12. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 267,00 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.

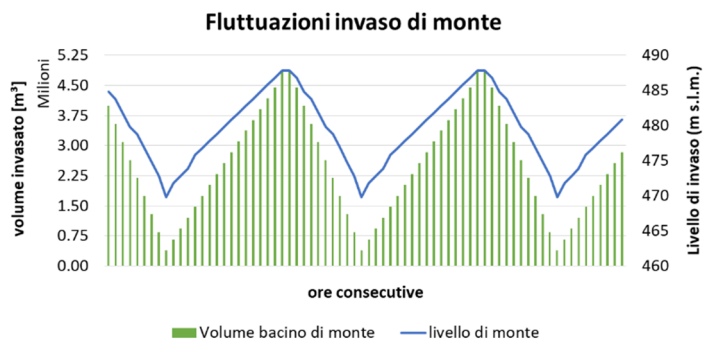


Figura 13. Fluttuazioni di livello di invaso presso il nuovo invaso di monte in località Monte Marano.

Si è provveduto anche a verificare cosa accade quando l'impianto a pompaggio entra in esercizio a quote di invaso inferiori. In Figura 14 si riportano le simulazioni delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 264,00 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.

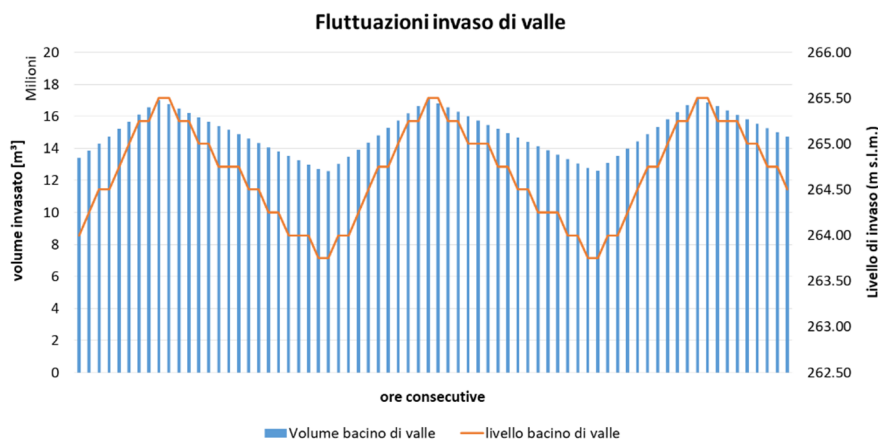


Figura 14. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 264,00 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.

In Figura 15 si riportano le simulazioni delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 262,30 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto. Si ipotizza in sostanza di iniziare la fase di generazione con il livello di invaso posto alla quota di minima regolazione di progetto per l'invaso di Serra del Corvo.

In entrambi i casi l'ampiezza delle oscillazioni generate dall'esercizio dell'impianto è maggiore data la minore quota di invaso. Si determinano oscillazioni comprese tra 1,7 e 1,75 m.

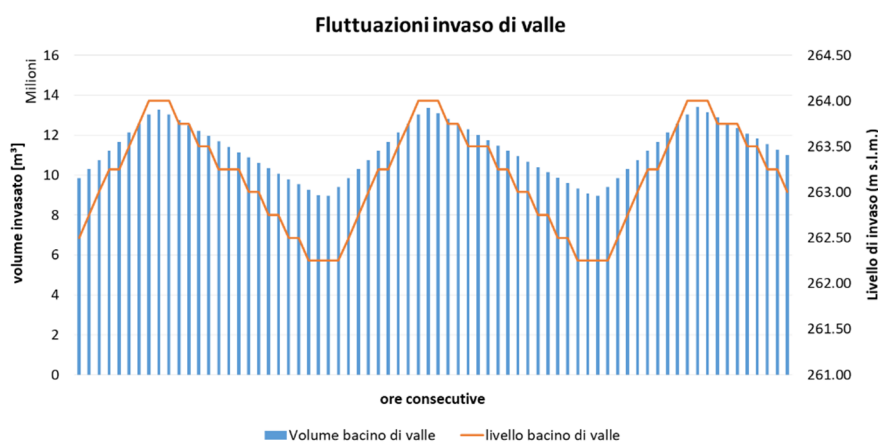


Figura 15. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 262,30 m s.l.m. (quota di minima regolazione) e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.

Su questo indicatore caratteristico della risorsa idrica disponibile si determinano impatti sostanziali, con una netta amplificazione degli effetti di pulsazione dei livelli di invaso rispetto allo stato attuale solo nell'ipotesi (alquanto improbabile) di movimentazione dell'intero volume utile di regolazione nell'arco delle 24 h. In condizioni ordinarie infatti, intendendo con ciò l'utilizzo di una quota parte ridotta del volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio ed il funzionamento a ciclo chiuso, si determinano fluttuazioni dei livelli idrici comprese tra 0,3 e 0,5 m, sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza di quanto accade oggi per l'effetto del pompaggio irriguo operato da EIPLI.

5.4 Effetti sul tempo teorico di ricambio

In tema di idrodinamica lacustre, è interessante valutare anche l'impatto del pompaggio sul tempo teorico di ricambio (T_R) dell'invaso di Serra del Corvo, che rappresenta un indicatore molto utilizzabile correlabile alle variazioni subite dal regime idrico complessivo del lago. Con T_R si intende in modo semplicistico il tempo teorico impiegato dall'acqua ad attraversare il lago, dal punto di immissione al punto di emissione, ed è in primis funzione del volume di lago stesso. È dato dal rapporto tra il volume di lago (m^3) e la portata complessivamente effluente ogni anno dallo stesso (m^3/s). Assumendo una quota media di invaso pari a 266 m s.l.m., un corrispondente volume dell'invaso pari a ca. 18 Mm^3 e considerando le dinamiche esistenti allo stato attuale (rilasci DMV, prelievo EIPLI, perdite sistemiche ed evaporazione) ed allo stato di progetto (rilasci DMV, prelievo EIPLI, pompaggio, perdite sistematiche, compensazione perdite ed evaporazione) si determina un valore di T_R pari a 0,468 anni allo stato attuale e pari a 0,474 anni allo stato di progetto (Figura 16).

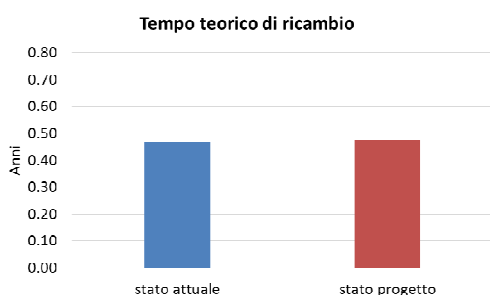


Figura 16. Variazione del tempo teorico di ricambio dell'invaso di Serra del Corvo.

Si intuisce quindi solo una lieve variazione rispetto allo stato attuale, imputabile alle operazioni di compensazione annua delle perdite sistemiche e per evaporazione, così come compete ad un funzionamento a ciclo chiuso del sistema. Non si determina quindi un aumento sostanziale di TR, pertanto le dinamiche legate ad esempio alla proliferazione di cianobatteri e di fioriture algali consistenti nel tempo possono essere escluse come conseguenza diretta del pompaggio.

6. Effetti attesi sulla qualità ecologica e idromorfologica dei corpi idrici

6.1 Premessa

Presso i tributari in ingresso all'invaso di Serra del Corvo non sono previsti interventi tali da inficiare la qualità ecologica ed idromorfologica degli stessi. Al contrario, in base a quanto previsto dal progetto di Sistemazione Ambientale predisposto (Elaborato PD-VI.15.1), tutti gli interventi di compensazione ambientale contribuiranno ad accrescere la qualità ecologica, biologica e morfologica degli stessi. Come sottolineato in precedenza, qualche interferenza è attesa lungo il fossato in località Monte Marano destinato ad ospitare le acque di drenaggio e di scarico del nuovo invaso di monte. Anche in questo caso, sono state predisposte opportune misure mitigative che riescono a contenere notevolmente gli impatti ed a garantire in ogni momento il mantenimento di un deflusso di base sufficientemente elevato, tale da non degradare la qualità degli ambienti fluviali di valle. Il corpo idrico maggiormente interessato dall'esercizio del nuovo impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro risulta pertanto essere l'invaso di Serra del Corvo, un serbatoio artificiale costruito lungo il torrente Basentello negli anni '70 del secolo scorso. Nei paragrafi che seguono è presentata un'attenta trattazione dei possibili effetti attesi sul corpo lacustre dalla realizzazione e dall'esercizio del nuovo impianto in relazione a diversi indicatori ambientali.

6.2 Rischio di eutrofizzazione

Occorre innanzitutto sottolineare che, ai sensi della Delibera della Giunta Regionale pugliese 2273/2019 così come aggiornata nel 2021, l'intera area di Serra del Corvo è stata classificata

come una zona ad elevata vulnerabilità da nitrati a causa dell'alta pressione agricola e zootecnica che insiste sul reticolo idrografico che drena nel lago.

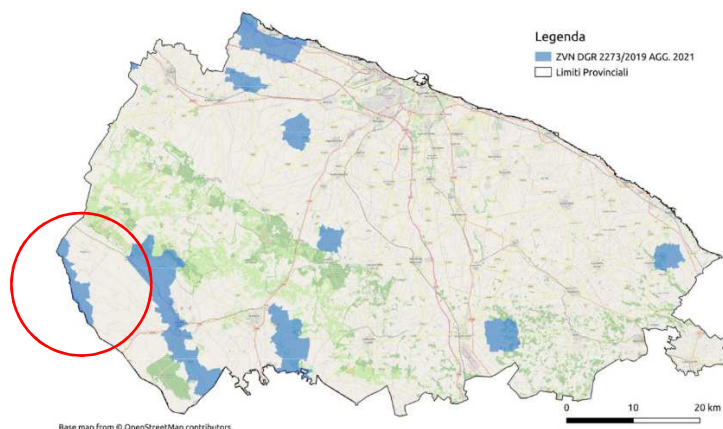


Figura 17. Zone vulnerabili ai nitrati in provincia di Bari. Nel cerchio rosso si identifica l'area di Serra del Corvo.

Pertanto è realistico pensare ad un elevato tasso di accumulo nei sedimenti depositati sul fondo dell'invaso di elevate concentrazioni di nutrienti quali fosforo e azoto, tra i principali responsabili dell'innesco di fenomeni eutrofici nei corpi idrici lacustri. Si ritiene quindi che in assenza di una oculata gestione dell'invaso di Serra del Corvo ed un adeguato contenimento di tutti gli effetti che possono essere causati dall'esercizio del futuro impianto a pompaggio, il rischio di una eutrofizzazione delle acque sia concreto e debba pertanto essere mantenuto basso ed a livelli tollerabili, dato anche il precario stato di salute attuale dell'invaso.

Per limitare il rischio di eutrofizzazione delle acque e mantenere in equilibrio i due sistemi di monte e di valle del nuovo impianto di accumulo idroelettrico a pompaggio puro verranno innanzitutto monitorati costantemente tutti i parametri chimico-fisici delle acque così come riportato nel Piano di Monitoraggio Ambientale. Si provvederà ad installare dei sensori presso il bacino di monte che segnaleranno se ed in che misura la quota del fondo del bacino verrà modificata in virtù dei possibili fenomeni deposizionali dei limi e delle argine che inevitabilmente verranno pompate a monte durante l'esercizio dell'impianto. Seppur non connesso con il reticolo idrografico esistente e alimentato unicamente a ciclo chiuso, nel bacino di monte tenderanno infatti in fase di esercizio ad accumularsi piccole quantità di materiale fine trasportato a monte durante le fasi di pompaggio. Per tali quantità si stimano tassi di deposizione di poche centinaia di m³/anno. Pertanto periodicamente (si stima ad intervalli di 3-5 anni) verranno condotte delle campagne di sgombero di tale materiale tramite azioni di rimozione meccanica o aspirazione, in modo da evitare che questo venga continuamente risospeso e possa inficiare la qualità e la torbidità delle acque che a ciclo chiuso i due bacini si scambieranno. Il materiale asportato sarà

smaltito in luoghi idonei in virtù delle disposizioni di legge vigenti. In tal modo sarà possibile anche evitare la diffusione di patogeni e prevenire il verificarsi di eventi di moria generalizzata dell'ittiofauna del lago come già avvenuto nel recente passato, anche se il rischio di accadimento di tali fenomeni associato all'esercizio dell'impianto è molto limitato.

6.3 Processi di stratificazione e de-stratificazione, mixing

In un lago i processi termodinamici sono dettati dalle forzanti esterne meteorologiche (affluenti, venti, temperature, precipitazioni) che a loro volta condizionano i flussi di corrente, di calore ed i movimenti delle masse d'acqua nel corpo interno del lago. Data la grande massa d'acqua che caratterizza i laghi, il fenomeno del ricircolo non è scontato e richiede un'uguale densità (e quindi un'uguale temperatura) dell'acqua ai vari livelli di profondità. Solo in questa situazione può verificarsi un ricircolo completo della colonna d'acqua che è fondamentale per l'ossigenazione dell'intero lago. Nelle zone temperate (come molti laghi del Trentino) questo avviene in primavera ed in autunno. All'inizio della primavera, le acque di un lago presentano circa la stessa temperatura a tutte le profondità (omeotermia) e l'azione del vento provoca un rimescolamento delle acque ricaricando di ossigeno l'intera colonna d'acqua. Anche i vari altri soluti, tra cui i nutrienti azoto e fosforo, sono distribuiti in maniera uniforme. Con l'aumentare della temperatura durante il periodo estivo si crea uno strato meno denso e più caldo nella parte più superficiale del lago che diviene, man mano che il riscaldamento prosegue, separato dagli strati sottostanti. Si crea una stratificazione stabile con strato superficiale caldo (epilimnio) separato dalle acque profonde uniformemente fredde (ipolimnio) da uno strato di passaggio (metalimnio), dove si ha un rapido abbassamento della temperatura con il crescere della profondità. Durante la stratificazione, che si prolunga per tutta l'estate e parte dell'autunno, nell'ipolimnio avviene una progressiva diminuzione del contenuto di ossigeno, che viene consumato per i processi degradativi della sostanza organica che cade verso il fondo, e non è ripristinato per mancanza di apporto dagli strati soprastanti (epilimnio e mesolimnio). In autunno, poi, la temperatura del lago tende ad uniformarsi di nuovo per il raffreddamento degli strati superficiali e si assiste ad un nuovo rimescolamento completo chiamato circolazione autunnale. Nella stagione invernale l'acqua in superficie si raffredda ulteriormente, aumentando di densità e tende a formare del ghiaccio in superficie. Si crea così una stratificazione termica inversa con temperature più fredde prossime alla superficie del lago.

L'omeotermia e lo spostamento delle masse d'acqua è fondamentale per l'ossigenazione del lago e, soprattutto, degli strati più profondi. Questo fenomeno non avviene in tutti i laghi o può avvenire saltuariamente, in relazione alla profondità della colonna d'acqua, all'andamento climatico e può essere influenzato da particolari operazioni come quelle di pompaggio. In caso di

stratificazione termica infatti la presenza del pompaggio può “bucare” la stratificazione e creare effetti molto negativi soprattutto per le comunità che popolano il lago.

Per quanto concerne l’invaso di Serra del Corvo, occorre sempre ricordare che la condizione in cui versa il lago è già antropizzata e lo stesso è classificato come ambiente non polimittico. Lo specchio d’acqua non è naturale ma deriva dallo sbarramento del torrente Basentello realizzato tra il 1969 ed il 1974. Sin dalla sua costruzione, l’invaso è stato soggetto a prelievi irrigui anche consistenti. L’invaso Serra del Corvo è relativamente poco profondo pertanto una leggera stratificazione delle acque è da attendersi esclusivamente nella zona più profonda dello stesso a centro lago, a ridosso della diga. Le bocche di presa previste dal progetto distano ca. 150 m dalle zone più profonde e saranno realizzate sotto sponda. Gli effetti negativi indotti saranno pertanto trascurabili. Occorre anche considerare che l’acqua utilizzata in generazione (quindi da monte verso valle) è caratterizzata da un tempo di permanenza molto ridotto all’interno dell’invaso di monte, pertanto non è da attendersi un repentino aumento della temperatura e quindi della densità. Il funzionamento a ciclo chiuso e la frequenza relativamente elevata con cui monte e valle si scambieranno acqua garantisce un buon ricircolo delle acque ed induce un grado di mixing relativamente ottimale, che non può che beneficiare al corpo lacustre. L’aerazione delle acque e le percentuali di ossigeno disciolto saranno pertanto elevate, mentre non sono da attendersi aumenti incontrollati delle concentrazioni di nutrienti (fosforo e azoto su tutti). Occorre anche precisare che, come si è discusso in precedenza, il tempo teorico di ricambio dell’invaso di Serra del Corvo non verrà alterato, pertanto non si creeranno condizioni favorevoli alla proliferazione di ambienti anossici sul fondo con conseguente rischio di fioriture di cianofitocce, pertanto un aumento della frequenza delle fioriture algali rispetto allo stato attuale è considerato poco probabile.

Si ritiene pertanto che il nuovo impianto a pompaggio non interferisca in modo sostanziale con le dinamiche del corpo lacustre, neanche all’atto del primo riempimento, che verrà realizzato modulando i pompaggi in modo da “diluire” l’effetto del prelievo nel tempo prelevando portate ridotte per periodi relativamente lunghi di tempo. Si ritiene altresì che in fase di esercizio si instauri la dinamica che attualmente governa i processi interlacuali, pertanto non sono da attendersi variazioni sostanziali rispetto allo stato attuale né fenomeni di eventuale destratificazione.

6.4 Asportazione di popolazioni fitoplanctoniche durante il pompaggio

Nella bibliografia internazionale di settore è riportato da più autori che l’abbondanza fitoplanctonica in un sistema idrico non dipende in modo sostanziale solo dalla velocità della corrente, ma anche e soprattutto dalla disponibilità di nutrienti, dalla morfologia e della morfometria dei

laghi. Le variazioni dei fattori idro-meteoclimatici come la velocità di flusso, le precipitazioni e la temperatura dell'acqua influiscono inoltre in modo significativo sulle dinamiche spaziali e temporali del fitoplancton. Li et al. (2013) dimostrano che la concentrazione media di Chl-a in un corpo idrico in movimento è inferiore rispetto a quella caratteristica di un corpo idrico in quiete, verosimilmente perché il movimento delle acque (indotto ad esempio da un pompaggio) causa danneggiamenti irreparabili alle strutture cellulari. Dimostrano altresì che le acque in movimento sono caratterizzate da una maggiore presenza di alghe verdi e diatomee, mentre i cianobatteri proliferano in acque ferme. Per quanto concerne il progetto proposto, durante le operazioni di pompaggio delle acque verso il bacino di monte è da attendersi sicuramente un certo grado di asportazione delle popolazioni fitoplanctoniche che popolano il lago. Occorre sottolineare che la quota parte della superficie del lago interessata dagli effetti del pompaggio risulta comunque limitata, quindi una perdita sostanziale dell'abbondanza fitoplanctonica non è da attendersi se non in caso estremi, molto poco probabili, associati comunque ad eventi meteoclimatici rari e molto intensi, non ascrivibili all'esercizio dell'impianto in progetto. Pertanto sotto questo punto di vista non si ritiene si instaurino condizioni talmente negative da modificare il quadro attuale dell'invaso di Serra del Corvo.

6.5 Processi di risospensione del materiale sedimentato

6.5.1 Inquadramento della problematica

Come già discusso in precedenza per quanto concerne i probabili effetti sul campo di moto caratteristico dell'idrodinamica del sistema lacustre allo stato attuale, è da attendersi l'innescò di dinamiche di risospensione dei sedimenti già depositati esclusivamente in uno stretto intorno delle bocche di presa. Le bocche saranno poste ad una quota di diversi metri dal fondo del lago quindi il rischio risospensione in fase di generazione sarà relativamente limitato. Non è pertanto da attendersi un aumento dei rilasci di nutrienti dal fondo. Non si determina neanche il rischio di una drammatica riduzione di trasparenza delle acque: gli ultimi decenni di esercizio hanno dimostrato che la trasparenza delle acque diminuisce non a causa dei prelievi irrigui ma quasi unicamente in caso di forti input di materiale in sospensione dai tributari laterali, propensi ad un intenso trasporto in sospensione data la natura morfologica e geolitologica dei loro bacini imbriferi.

Al fine di quantificare il possibile impatto legato all'alternanza di cicli di pompaggio e di generazione sulle attuali dinamiche di risospensione dei sedimenti depositati sul fondo dell'invaso di Serra del Corvo, si è provveduto a determinare gli sforzi tangenziali al fondo e le condizioni di possibili dinamiche di risospensione nella zona più sollecitata dell'invaso (zona A, si veda il paragrafo 5.2. Per l'implementazione di tutti i calcoli si sono considerate tutte forze indotte dal

vento superficiale che causano la risospensione del materiale depositato (uno schema illustrativo è riportato in Figura 18), unitamente alle ulteriori forze generate dalle operazioni di pompaggio e generazione imputabili all'esercizio del nuovo impianto in progetto.

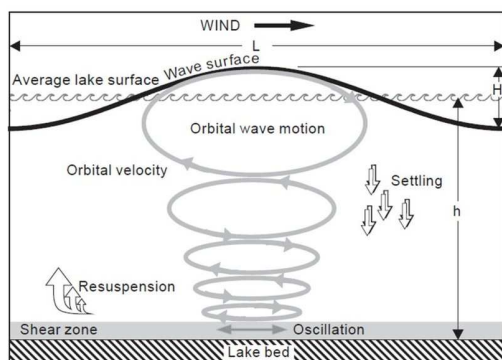


Figura 18. Forze indotte dal vento che causano la risospensione del materiale depositato (Laelen et al., 1996).

In particolare si è provveduto ad analizzare quattro scenari distinti, in relazione al campo di vento che si potrebbe instaurare sulla superficie dell'invaso di Serra del Corvo:

- **Scenario S1:** vento debole o assente (3,6 m/s pari alla ventosità media del sito a quota terreno) allo stato attuale
- **Scenario S2:** raffiche di vento (10-12 m/s) allo stato attuale
- **Scenario S3:** vento debole o assente nello stato di progetto
- **Scenario S4:** raffiche di vento nello stato di progetto

Secondo quanto proposto da Henderson-Sellers (1987) la velocità superficiale della corrente su uno specchio d'acqua (u_s) è strettamente correlata alla velocità del vento ed alla velocità di attrito che si genera sulla superficie (w_{*s}). E' risaputo che il rapporto tra (u_s) e (w_{*s}) tende ad un valore grossomodo costante per i laghi che si avvicina all'unità (1,05-1,1). La velocità di attrito che si genera sulla superficie del lago è pertanto così definibile:

$$w_{*s} = \left(\frac{\rho_a}{\rho} \right) c_D U^2$$

dove con ρ e ρ_a si indicano i pesi specifici di aria ed acqua, con c_D un coefficiente di attrito (assunto pari a $1,2 \cdot 10^{-3}$) e con U la velocità del vento che spira sulla superficie del lago. Per quanto concerne il sito in esame ed ai dati ad oggi disponibili, la velocità minima si attesta intorno a 0,2 m/s mentre la velocità massima registrata a 30 m dal suolo è dell'ordine di 18 m/s. Nota la velocità di attrito sulla superficie si ricava agevolmente la velocità media della corrente in superficie, variabile tra 0,2 cm/s con una velocità del vento di 2 m/s e valori di 5-6 cm in caso di

raffiche dell'ordine di 10-12 m/s sulla superficie del lago. Nota pertanto la sollecitazione in superficie, si può stimare la velocità di attrito u_b^* che viene esercitata sul fondo del lago ad una profondità z , considerando una rugosità del fondo z_0 pari a 0,2 mm (Li et al., 2017). La formulazione è la seguente:

$$u_b^* = \frac{ku_z}{\ln \frac{z}{z_0}}$$

in cui u_z rappresenta la velocità della corrente ad una quota z rispetto al fondo. Nota la velocità di attrito al fondo si determina lo sforzo tangenziale esercitato sul fondo ad una profondità z , così definita:

$$\tau = \rho \cdot u_*^2$$

Per la determinazione del parametro critico di mobilità dei sedimenti depositati al fondo, la cui definizione si basa sull'approccio di Shields, si è utilizzata la formulazione di Soulsby (1997), che esprime il parametro di mobilità in funzione del diametro caratteristico del materiale depositato al fondo. Assumendo una granulometria del materiale dello strato superficiale dell'ordine di qualche decina di micron ed ipotizzando un aggregato parzialmente flocculato, il diametro caratteristico d_* si esprime come segue:

$$d_* = d \left[(s - 1) \frac{g}{\nu^2} \right]^{1/3}$$

La condizioni di incipiente movimento di Shields viene pertanto definita come segue:

$$\theta_{cr} = \frac{0.24}{D_*} + 0.055(1 - e^{-0.020 D_*}) \quad \text{for } D_* > 5$$

$$\theta_{cr} = \frac{0.30}{1 + 1.2 D_*} + 0.055(1 - e^{-0.020 D_*}) \quad \text{for } D_* \leq 5$$

Nel caso in esame, data la ridotta dimensione dei grani considerata, si assume sempre la formulazione valida per d_* inferiore a 5. Si assume parimenti come densità di riferimento dello strato superficiale dei sedimenti depositato al fondo la densità di bulk, assunta nel presente lavoro pari a 1.350 Kg/m³. Noto il parametro adimensionale di Shields, si ricava agevolmente lo sforzo tangenziale critico al fondo oltre il quale si verifica la risospensione dei sedimenti depositati, determinato in 0,00699 N/m². Il calcolo è stato ripetuto al variare della profondità del fondo secondo gli scenari prima definiti. In Figura 20 sono riportati i risultati dell'analisi condotta allo stato attuale, in cui gli sforzi tangenziali al fondo e lo sforzo tangenziale critico di mobilitazione dei sedimenti è plottato in relazione alla profondità della colonna d'acqua. Nei pressi dell'opera

di presa si determina un tirante idrico complessivo tra 12 e 16 m rispetto alla quota del fondo dopo le previste operazioni di dragaggio.



Figura 19. Materiale di fondo lungo le sponde destra e sinistra del lago di Serra del Corvo. Si nota una matrice di materiale molto fino e presenza di biofilm superficiale.

Come si evince da Figura 20, in assenza di vento o in condizioni di vento relativamente debole (3,6 m/s) si osserva come gli sforzi tangenziali al fondo sono sempre molto bassi e si mantengono stabilmente al di sotto della soglia critica di mobilizzazione lungo tutta la colonna d'acqua di riferimento. In occasione di raffiche particolarmente intense (almeno 10-12 m/s) si osserva invece come sotto sponda, in virtù delle onde generate in superficie, si assiste la rimobilizzazione del materiale depositato. All'aumentare della profondità gli effetti sugli sforzi tangenziali vengono progressivamente smorzati e non viene superato il limite critico di risospensione.

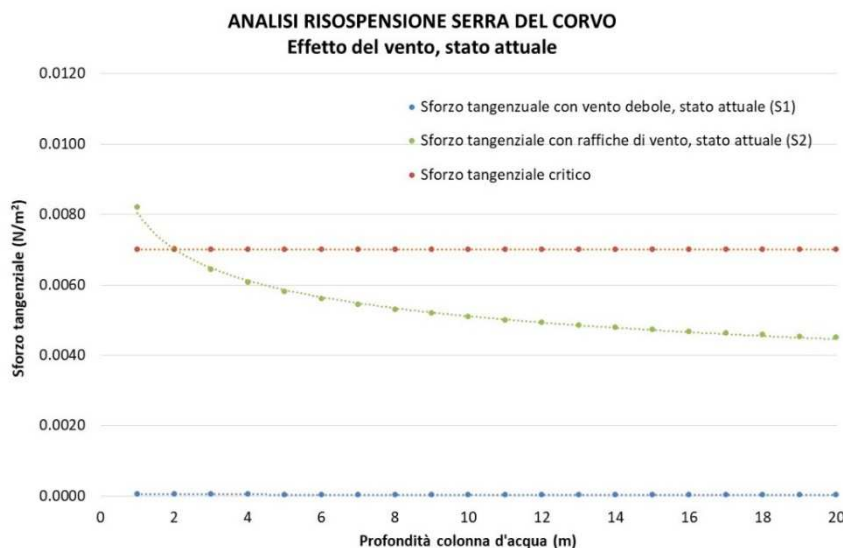


Figura 20. Confronto tra gli sforzi tangenziali al fondo negli scenari S1 e S2 per lo stato attuale.

Il medesimo calcolo è stato ripetuto anche nello stato di progetto, considerando cioè i cicli di pompaggio e di generazione dell'impianto in progetto e di fatto andando a cumulare gli effetti della ventosità con quelli dell'esercizio del nuovo impianto di accumulo.

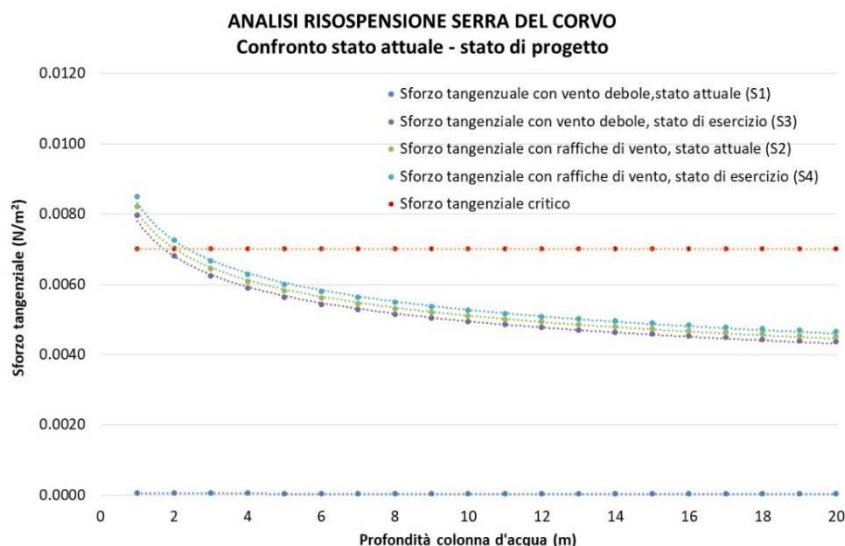


Figura 21. Confronto tra gli sforzi tangenziali al fondo in tutti gli scenari simulati.

Occorre subito sottolineare che per un mero fattore di scala, in condizioni di vento forte l'effetto cumulato sugli sforzi tangenziali al fondo esercitato dall'impianto è di un ordine di grandezza inferiore rispetto a quello della ventosità in superficie e delle onde di sessa interne. Cautelativamente, date le incertezze che affliggono tutte le stime effettuate, il rischio di risospensione si considera elevato quando lo sforzo tangenziale al fondo al variare della profondità rientra in un range pari all'80% dello sforzo tangenziale critico calcolato.

Si nota agevolmente da Figura 21 come, sia con l'impianto in esercizio che allo stato attuale, le dinamiche di incipiente risospensione dei sedimenti depositati al fondo siano limitate esclusivamente alle aree sotto sponda o in generale alle zone in cui il tirante idraulico nel lago non eccede i 3-5 m. Si nota inoltre come lo scenario S3 (vento debole con impianto in esercizio) determini degli sforzi tangenziali al fondo maggiori dello scenario S2, ovvero con l'impianto in esercizio. Nello scenario più cautelativo (S4), in cui si associa il verificarsi di raffiche di vento intenso all'esercizio dell'impianto, la condizione di incipiente movimento si estende cautelativamente fino a 4-5 m di profondità. Si riportano a titolo esemplificativo i risultati dell'analisi condotta nei vari scenari considerando una profondità della colonna d'acqua pari a 6 m.

Scenario	U_{vento} (m/s)	$u_{\text{Superficiale}}$ (cm/s)	τ_{FONDO} (N/m ²)	τ_{CRITICO} (N/m ²)	Rischio risospensione
----------	-----------------------------	-------------------------------------	--	--	--------------------------

S1	3-4	0,52	< 0,001	0,0070	Assente
S2	12-13	6,1	0,0056	0,0070	molto limitato
S3	3-4	6,01	0,0054	0,0070	molto limitato
S4	12-13	6,20	0,0058	0,0070	molto limitato

Tabella 2. Sintesi dei risultati delle analisi effettuate nei quattro scenari considerati per una profondità della colonna d'acqua pari a 6 m.

Per quanto concerne invece la zona B come definita in precedenza, essa è caratterizzata da profondità generalmente maggiori di 6 m, pertanto il rischio di risospensione è classificabile come molto limitato se non addirittura trascurabile, anche alla luce del fatto che le sollecitazioni al fondo indotte dall'esercizio dell'impianto sono progressivamente trascurabili con la distanza dal punto di prelievo e di immissione.

Si ritiene pertanto che condizioni estreme di torbidità si possano avere non tanto a causa dell'esercizio dell'impianto in progetto, bensì in condizioni di piena o di precipitazione intensa, fenomeni che provvedono al dilavamento dei versanti e dei crinali che caratterizzano il bacino imbrifero del Torrente Basentello e del Canale Roviniero adducendo di fatto grandi quantità di materiale fino nel lago e determinando l'insorgenza di correnti di torbida molto intense che si propagano nel lago. Occorre comunque specificare che, nonostante i risultati delle analisi eseguite, in un intorno dell'opera di presa e restituzione sono state comunque previste delle opere di mitigazione diretta, in modo da ridurre ulteriormente il rischio di risospensione.

6.5.2 Misure di mitigazione attiva previste

Gli studi condotti e presentati nell'ambito dello studio di impatto ambientale dimostrano che il rischio di risospensione dei sedimenti depositati sul fondo del lago non è trascurabile solo in un intorno delle opere di presa. La risospensione del materiale di fondo rappresenta un processo dannoso per l'ecosistema lacustre in quanto è associato al rilascio dei nutrienti (fosforo e azoto su tutti) che possono inficiare la qualità delle acque ed innescare fenomeni di autorizzazione delle stesse. Per limitare tale rischio il fondo del lago in prossimità delle opere di presa, queste ultime verranno realizzate con pozzi verticali, dragando e stabilizzando il fondo del lago con coni di massi ciclopici di grandi dimensioni. Inoltre verrà implementato un layout particolare delle bocche di presa dotandole anche di opportune griglie di protezione, che indirizzerà le componenti principali della velocità all'atto dell'aspirazione e dello scarico non in direzione del fondo ma in direzione parallela alla superficie libera, come illustrato nel paragrafo precedente.

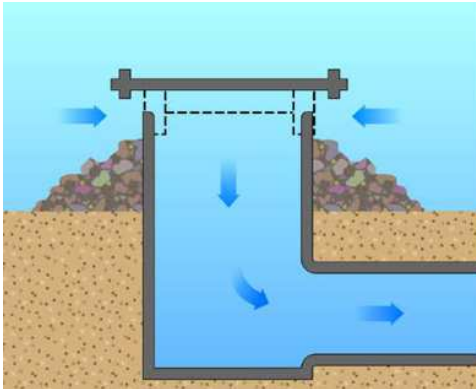


Figura 22. Stabilizzazione del fondo ai lati del pozzo di presa previsto con grandi massi ciclopici in un intorno di almeno 10 m dalla struttura a pozzo.

In tal modo la circolazione delle correnti indotta dall'esercizio dell'impianto influenzerà soprattutto il campo di moto superficiale del lago riducendo notevolmente gli sforzi tangenziali esercitati al fondo, limitando notevolmente anche l'intorbidimento delle acque. Oltre a ciò, si prevedono azioni di dragaggio preventivo del fondo all'atto della realizzazione delle opere che diminuiranno lo strato meno consistente di sedimento depositato sul fondo e di fatto aumenteranno la resistenza al moto dello stesso (ovvero lo sforzo tangenziali critico di fondo), riducendo ulteriormente il rischio di rimobilizzazione del materiale.

6.5.3 Conclusioni

Per quanto sopra esposto, si ritiene che gli impatti generati sull'invaso di Serra del Corvo siano molto limitati in fase di esercizio e non siano tali da modificare nella sostanza il quadro attuale del lago stesso. Pertanto non è da attendersi un peggioramento dello stato di qualità ecologico, chimico ed ambientale del corpo idrico.

6.6 Possibili impatti sulle comunità ittiche

6.6.1.1 Prevedibili impatti sull'ittiofauna in fase di cantiere

Premessa

In fase di cantiere le perturbazioni imposte ai corpi idrici ed alla fauna ittica sono a carattere temporaneo e possono essere identificati come segue:

- **Alterazione dell'habitat**, con degrado e perdita di habitat naturali e alterazione della qualità dell'acqua. Si possono determinare alterazioni dirette degli habitat acquatici, che possono essere distrutti, ridotti in estensione e/o frammentati. Parimenti potrebbero essere alterati i processi di trasporto solido e sedimentazione, esponendo anche in questo caso i pesci ad impatti negativi pesanti, legati non solo alla tossicità diretta del materiale sospeso, ma per

esempio anche alla perdita della componente bentonica - anello chiave della catena alimentare acquatica - in seguito all'intasamento del substrato di fondo, oppure all'intasamento e/o alterazione del substrato di fondo dell'alveo in corrispondenza delle zone di riproduzione, che perderebbero così di funzionalità. Lo stesso aumento del trasporto solido altererebbe la qualità dell'acqua, facendo aumentare la torbidità ed esponendo anche i pesci, ed insieme a loro anche le altre componenti biotiche dell'ecosistema, all'eventuale tossicità diretta del materiale sospeso o ad altri problemi che ne potrebbero causare patologie serie ed anche la morte. Tali processi potrebbero causare problemi respiratori per i pesci, un'alterazione del comportamento degli organismi, la distruzione dei microhabitat interstiziali di fondo o alterazioni a livello di mesohabitat, oppure problemi di deficit di ossigeno e di tossicità diretta, per esempio per la presenza di ammoniaca e di metalli pesanti nei sedimenti.

- **Alterazione della vegetazione riparia**, ricordando che la vegetazione riparia rappresenta in primis una fonte di cibo (animali come insetti e materiale vegetale) e di nutrienti all'ecosistema acquatico. Tali alterazioni potrebbero destabilizzare le sponde, privare gli ambienti di un necessario ombreggiamento che può influenzare anche pesantemente il regime di temperatura, portare alla distruzione dei rifugi della fauna acquatica nonché esercitare una pesante azione erosiva.
- **Interruzione dei corsi d'acqua**, interferendo pertanto con il continuum fluviale.

Tratto di monte

Come ribadito più volte nel presente documento, non sono previsti interventi cantieristici negli alvei dei tributari di monte, pertanto non sono attesi impatti di alcun genere lungo i torrenti Basentello e Roviniero a monte dell'invaso di Serra del Corvo. Non vengono pertanto alterati in alcun modo gli ambienti deposizionali di specie con il barbo e l'alborella (fondi ghiaiosi e ciottolosi in acque basse).

Lago Serra del Corvo

Per quanto riguarda gli impatti attesi in fase transitoria nell'invaso di Serra del Corvo, occorre sottolineare che l'unico tratto di costa in cui si andrà ad intervenire è localizzato in sponda orografica sinistra in agro di Gravina in Puglia (BA) nel tratto in cui verranno realizzate le opere di presa e di scarico. Tale tratto che dovrà essere profondamente modificato in fase di cantiere per permettere la costruzione delle opere, è lungo ca. 80 m. Rispetto allo sviluppo complessivo delle linee di battigia, che ammonta mediamente a 2,4 Km, questo tratto rappresenta ca. il 3,5 % dell'intero sviluppo delle linee di costa. Allo stato attuale ospita sponde relativamente ripide, con tiranti idrici subito importanti dopo qualche metro, tratti paludosi alternati a presenza non abbondante di macrofite, senza ombreggiamenti. Le aree litorali sotto sponda sono dominate da

ciottoli e ghiaie ma già dopo qualche metro il fondale si riscopre fangoso con un abbondante matrice di materiale fino depositato.

In corso d'opera si prevedono aumenti di torbidità delle acque, a causa dei movimenti terra iniziali per l'installazione delle opere provvisorie, con coinvolgimento di una superficie nel lago di ca. 0,8 ha. Verranno realizzate delle opere a sviluppo verticale per l'impermeabilizzazione del sito, pertanto si determinerà una perdita totale degli ambienti di sponda per l'intera durata del cantiere in quest'area. Le aree di lavoro dovranno sempre essere all'asciutto e dovranno come detto essere isolate ed impermeabilizzate, in modo da evitare fenomeni di intorbidimento delle acque e/o di sversamento accidentale di sostanze pericolose.

Data la specificità delle specie ittiche presenti nel bacino e ricordando che specie come la scardola, la tinca e la carpa depongono le uova sulla vegetazione sommersa in fondali ricchi di vegetazione in acque basse e ferme mentre specie con il persico scelgono come aree di deposizione dei nastri ovarici fondali ricchi di vegetazione in acque profonde, si possono prevedere perdite di habitat deposizionali e riproduttivi di specie come scardola, tinca e carpa. Sono da attendersi modeste perdite dirette di esemplari, per impatto diretto o schiacciamento. Un disturbo generalizzato alle aree di cantiere è comunque da prevenire con un aumento temporaneo della torbidità delle acque nel momento di realizzazione di tutte le opere provvisorie sotto sponda. Per quanto possibile i lavori nel corpo lacustre verranno pianificati nei periodi in cui non sono attese piene influenti, per ovvie ragioni di sicurezza, minore difficoltà logistica e minore impegno di risorse e mezzi, calendarizzando gli interventi nel lago evitando per quanto possibile i periodi più critici per la fauna ittica.

Tratto di valle

Parimenti a quanto discusso per i tratti di monte, anche per i tratti torrentizi di monte lungo il Basentello non sono previsti interventi cantieristici negli alvei dei tributari di monte, pertanto non sono attesi impatti di alcun genere lungo i torrenti Basentello e Roviniero a monte dell'invaso di Serra del Corvo.

6.6.1.2 Prevedibili impatti sull'ittiofauna in fase di esercizio

Tratto di monte

A monte dell'invaso di Serra del Corvo non sono previsti interventi di alcuni tipo. Le modalità operative dell'impianto di pompaggio non sono tali da alterare in nessun modo la morfologia e le peculiarità ecologiche, ittologiche e idrauliche dei due tributari principali. Pertanto gli impatti attesi a valle sono da considerare assolutamente trascurabili.

Invaso di Serra del Corvo

- Habitat riproduttivi

Sottolineando il fatto che il carassio ed il persico trota sono specie alloctone e che l'alborella del Vulture non è stata rinvenuta nel corpo lacustre ma esclusivamente nei torrenti nei tratti indagati a monte e valle, gli impatti prevedibili in fase di esercizio si focalizzano quasi esclusivamente sugli habitat riproduttivi delle specie di maggior pregio presenti nell'invaso artificiale, come la carpa e soprattutto il persico reale, per la particolare modalità di deposizione delle uova.

Come illustrato precedentemente, in fase di esercizio ordinario, intendendo con ciò il trasferimento tra l'invaso di monte e l'invaso di Serra del Corvo di una quota parte del volume utile di regolazione previsto per l'impianto a pompaggio, si determinano fluttuazioni di livello contenute tra 30 e 50 cm, assolutamente confrontabili con quelle già indotte allo stato attuale dal prelievo irriguo operato EIPLI nella stagione irrigua. Solo in occasioni assai improbabili si procederà ad utilizzare l'intero volume utile di regolazione per il quale l'impianto di pompaggio è stato progettato. Le oscillazioni massime verticali di livello ammontano a 1,5 – 1,75 m. Si ritiene pertanto che l'intervento proposto non vada a modificare l'attuale quadro di gestione dell'invaso e che le modificazioni indotte non incidano in modo sostanziale sulle volumetrie e sui livelli dell'invaso di Serra del Corvo. Pertanto gli impatti sono classificabili come permanenti ma sostenibili a medio e lungo termine. Per quanto riguarda la perdita di habitat riproduttivi imputabili alle fluttuazioni di livello, sono da attendersi leggeri impatti soprattutto per le specie che depongono le uova tra la vegetazione ripariale e nelle aree sotto sponda. In ogni caso, come ribadito precedentemente, non mutando sostanzialmente le dinamiche ordinarie di oscillazione dei livelli all'interno dell'invaso di Serra del Corvo, anche le ripercussioni sulla perdita potenziale di habitat riproduttivi si può definire non sostanziale rispetto allo stato attuale. Occorre ricordare che molte delle specie censite nel lago, come ad esempio il carassio, la carpa e la tinca, presentano una elevata resistenza ad ambienti estremi con elevate torbidità e scarsa ossigenazione. Inoltre il carassio è una specie particolarmente resistente anche ad eventuali condizioni anossiche così come altre specie che si sono adattate a vivere nel lago.

- Spiaggiamenti

L'alternarsi di cicli di pompaggio e di generazione provoca inevitabilmente delle fluttuazioni giornaliere del livello della superficie libera dell'invaso di Serra del Corvo. Secondo gli studi condotti (si rimanda ad esempio all'Elaborato PD-R.4.2) le oscillazioni massime attese, nell'ipotesi poco frequente che venga utilizzato l'intero volume utile di regolazione dell'impianto (ca. 4,7 Mio m³), variano tra 1,4 e 1,7 m/giorno in fase di pompaggio e tra 1,5 e 1,75 m/giorno in fase di generazione. In uno scenario invece più frequente, in cui si prevede la mobilitazione solamente di una quota parte del volume di regolazione (si assume come valore indicativo ca. un quarto del

volume utile) si determinano oscillazioni massime dell'ordine di 0,3-0,5 m. Tali fluttuazioni comportano il ritiro delle acque (pompaggio) e la veloce risalita delle stesse (generazione) nelle aree di estuario dell'invaso di Serra del Corvo, quelle cioè caratterizzate da pendenze relativamente dolci. Per quanto concerne invece le sponde del lago, queste sono relativamente ripide e le superficie esposte a tali processi sono relativamente ridotte.

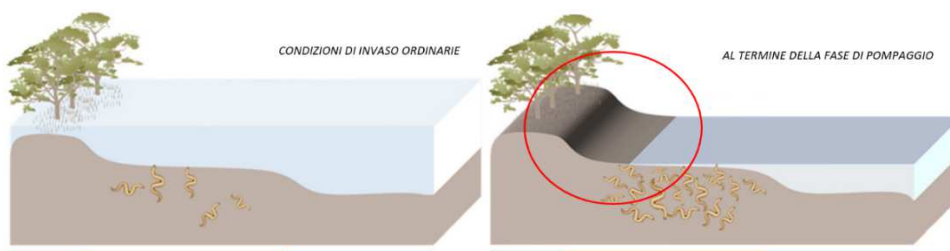


Figura 23. Esempificazione degli effetti di spiaggiamento attesi nelle zone di estuario.

Da quanto noto in letteratura (si veda ad esempio lo studio MCR¹) nel caso in cui le oscillazioni di livello di un lago si ripetano quotidianamente, si determina un duplice effetto:

- In caso di rapida diminuzione dei livelli del lago, conseguente alle operazioni di pompaggio, si determina un rischio di spiaggiamento, soprattutto per gli avannotti ed una perdita generalizzata di ittiofauna e macroinvertebrati;
- In caso di rapido aumento delle portate immesse, e di conseguenza dei livelli del lago, sono attesi fenomeni di drift per l'ittiofauna ed i macroinvertebrati, perdita di fonti alimentari, interruzione di percorsi migratori temporanei ed in generale una condizione di stress.

Risulta pertanto evidente come il parametro di controllo e di mitigazione non sia rappresentato tanto dall'ampiezza totale delle oscillazioni di livello, quanto dalla velocità con cui queste si manifestano. Più veloce e rapida è la variazione di livello, più elevato sarà il rischio di spiaggiamento o di drift perché gli organismi acquatici non riescono ad adattarsi alle modificazioni in tempo reale.

Le linee guida internazionali in materia consigliano proprio per questo motivo di limitare mediamente le variazioni di livello a di 5 cm/ora (ca. 0,09 cm/min) in modo da consentire agli organismi acquatici (larve e macrozoobenthos) di adattarsi ai cambiamenti. Per eventi eccezionali (con frequenza di accadimento annuale o pluriennale, ad esempio svasi totali per operazioni di

¹ MRC Hydropower Mitigation Guidelines –Case Study Report, Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR, October 2018.

dragaggio o fluitazione), le operazioni di abbassamento di livello dovranno prevedere delle velocità di discesa del livello (*down-ramping rates*) non più grandi di 10 cm/ora mentre le operazioni di invaso dovranno prevedere delle velocità di salita del livello idrico (*up-ramping rates*) non maggiori di 20 cm/ora. Altri studi (ad es. Greimel et al. 2018²) dimostrano invece che il limite di sostenibilità ambientale per evitare il rischio di spiaggiamento degli avannotti 0,4 cm/min (24 cm/s) mentre per le larve di alcune specie è relativamente basso, pari a 0,1 cm/min (ca. 6 cm/ora). Schülting et al. (2022)³ dimostrano altresì che il rischio di spiaggiamento per i pesci è relativamente basso fino a velocità di decrescita dei livelli idrici pari a 0,3 cm/min. Al fine di quantificare il rischio di spiaggiamento nel caso in esame, si è provveduto a stimare le velocità di variazione del livello dell'invaso di Serra del Corvo in due configurazioni:

- Uno scenario più frequente, che vede la movimentazione di un terzo del volume utile di regolazione a servizio dell'impianto a pompaggio, con frequenza attesa quasi giornaliera;
- Uno scenario meno frequente, che vede la movimentazione dell'intero volume utile di regolazione a servizio dell'impianto a pompaggio, con frequenza attesa inferiore a 10 g/anno.

I risultati delle analisi condotte sono illustrate nella seguente tabella. Per tutti i dettagli dei calcoli effettuati si rimanda all'Elaborato PD-R.4.2.

Ciclo	Scenario più frequente (> 10 giorni / anno)		Scenario meno frequente (< 10 giorni / anno)	
	Oscillazioni massime (m)	$\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	Oscillazioni massime (m)	$\Delta h/\Delta t$ (cm/min)
Pompaggio	0,3 – 0,5	0,09 – 0,15	1,4 – 1,7	0,13 – 0,17
Generazione	0,3 – 0,5	0,15 – 0,25	1,5 – 1,8	0,25 – 0,3

Tabella 3. Velocità di up- e down-ramping attese nell'invaso di Serra del Corvo.

Stando ai risultati presentati in Tabella 3 ed alle soglie critiche discusse in letteratura, si dimostra che nello scenario più frequente il rischio di spiaggiamento per i pesci (adulti e avannotti) in fase

² Greimel, F. et al. (2018). "Hydropeaking Impacts and Mitigation". Riverine Ecosystem Management, pp 91-110.

³ Schülting, L. et al. (2022). „Flow amplitude or up-ramping rate? Quantifying single and combined effects on macroinvertebrate drift during hydropeaking simulations, considering sensitive traits". River Research and Application.

di pompaggio ed il rischio di drift per i macroinvertebrati in fase di turbinamento è relativamente limitato. Nello scenario meno frequente, il rischio di spiaggiamento in fase di pompaggio permane basso mentre aumenta il rischio di drift per i macroinvertebrati. Si ritiene in ogni caso che il rischio associato a tali fenomeni sia relativamente contenuto.

Ad ogni modo, per ridurre ulteriormente il rischio di spiaggiamento per l'ittiofauna, soprattutto per gli esemplari più giovani, sarà sviluppato nella fase di testing iniziale dell'impianto un concetto centrato proprio sulla regolazione dell'impianto, ovvero sui cicli di pompaggio e generazione, che verranno calibrati non solo sulle esigenze della rete ma anche sulla salvaguardia degli ecosistemi lacustri. Si sceglierà per quanto possibile una configurazione che induca un gradiente di livello ($\Delta h/\Delta t$) tale da consentire, sia all'ittiofauna che alle popolazioni di macroinvertebrati, di reagire agilmente alle perturbazioni indotte nel lago ed occupare le zone rifugio disponibili. Per incrementare le possibilità di nascondimento degli organismi, nelle zone di battigia in cui il fondo presenta una pendenza sufficientemente debole ed in generale nelle zone di estuario, potranno essere realizzati di piccoli ripari in massi ciclopici completamente sommerse (pennelli o similari) che possano arginare la movimentazione momentanea delle acque formando delle risacche di acqua aumentando la capacità di reazione degli organismi acquatici.



Figura 24. Alcuni possibili interventi mitigativi per le aree soggette a spiaggiamento.

Inoltre tramite le misure di compensazione ambientale promosse sarà possibile incentivare anche la risalita dell'ittiofauna lungo i due tributari, Basentello e Roviniero, in cui verranno migliorate le strutturazioni morfologiche del fondo e delle sponde proprio per offrire nuovi habitat di riparo.

Si ritiene quindi che il rischio associato a fenomeni di spiaggiamento e di drift nelle aree ripariali e di estuario dell'invaso di Serra del Corvo sia relativamente ridotto e che tutte le specie censite nel lago posseggano dinamiche e capacità tali per reagire prontamente alle variazioni idrauliche indotte ed adeguarsi alle nuove condizioni.

- Habitat alimentari

Data l'interferenza negativa con le popolazioni di macroinvertebrati, sia per il ritiro delle acque che per l'esposizione alla predazione da parte degli uccelli, e le oscillazioni di livello che interessano le aree litoranee popolate da macrofite, si può ipotizzare una leggera perdita di habitat alimentare nel lungo periodo. Tale modifica non va però ad alterare pesantemente il quadro attuale all'interno dell'invaso di Serra del Corvo, soggetto ad oggi a violente variazioni di livello per i prelievi irrigui e teatro di manifestazioni di pesca sportiva che comunque alterano notevolmente le abitudini alimentari delle specie presenti.

▪ Variazione del campo di moto e della direzione di flusso

A causa delle operazioni di pompaggio e generazione previste per l'impianto in progetto, sono da attendersi delle variazioni del campo delle velocità e della direzione di flusso nei pressi delle bocche di presa. Vengono infatti mobilitati importanti volumi di acqua ad ogni ciclo di generazione e di pompaggio. A livello di impatto sulle velocità della corrente, indicazioni bibliografiche e le stime empiriche effettuate riportano di velocità indicative in fase di pompaggio tra i 2 ed gli 8 cm/s a seconda della direttrice e della vicinanza alle opere di presa, intendendo con ciò un intorno prossimo a tale settore. Le variazioni indotte dalle operazioni di generazione e di pompaggio sul campo di moto e sul regime delle velocità tendono in ogni caso a decadere molto velocemente con la distanza, dimezzandosi a ca. 150 m dal punto di immissione o di prelievo (Anderson, 2010). Come riportato nel paragrafo 5.2, le variazioni indotte al campo di moto ed al regime delle velocità decadono già dopo alcune decine di metri dal sito di presa.

Sussiste ovviamente un rischio di risucchio degli esemplari nelle bocche di presa in fase di pompaggio ed un rischio di onda d'urto in fase di generazione. Occorre in ogni caso ricordare che la velocità di spostamento e la resistenza fisica delle popolazioni ittiche dipende dal grado di maturità dei pesci e della loro lunghezza. Si ritiene che le specie che popolano gli ambienti bentici dei fondali non siano esposte a tale rischio. Per quanto concerne le altre, gli individui adulti sono generalmente considerati buoni nuotatori, possono raggiungere velocità di spostamento anche superiori a 1 m/s ed hanno pertanto la capacità di allontanarsi prontamente dal sito di presa in caso di attivazione del pompaggio o della generazione. Per gli individui giovani, che ancora non hanno sviluppato una adeguata resistenza fisica, il rischio di risucchio è reale esclusivamente in un intorno di 10 m dal sito di presa, area in cui è possibile attendersi un aumento locale della mortalità nel caso in cui gli individui si trovi a circolare in tale area nel momento di attivazione del pompaggio. Si ritiene che il rischio sia permanente e reale, ma di difficile quantificazione. In ogni caso, nel paragrafo successivo sono indicati alcuni accorgimenti mitigativi che determinano una netta riduzione della mortalità attesa in questi casi.

6.6.1.3 Misure di mitigazione

Per quanto concerne le misure strutturali dirette di mitigazione previste occorre sottolineare che, come previsto dalla normativa statale di settore, si rimanda ad esempio al Testo Unico della Pesca di cui al Regio Decreto Nr. 1604 del 1931, le bocche di presa e di restituzione delle acque processate dal nuovo impianto di pompaggio saranno dotate di opportuni graticci e grigliati, verosimilmente una prima griglia a maglia più grossolana (per l'intercettazione del materiale flottante) ed una griglia interna a maglia più fine (verosimilmente 30-50 mm). In questo modo, oltre a ridurre la probabilità di ostruzione delle bocche stesse, sarà anche notevolmente diminuita la probabilità che l'ittiofauna venga aspirata nelle fasi di pompaggio. Oltre a tali sistemi, vi è la possibilità di creare intorno alle bocche di presa, sempre sommerse, anche una struttura a gabbia su tutti i lati, in modo da impedire le interazioni negative con l'ittiofauna in modo più robusto. Tali soluzioni saranno oggetto di valutazione più approfondita nel corso della progettazione esecutiva, in accordo anche con le richieste degli Enti regionali di settore.

A livello prettamente strutturale, le bocche delle opere di presa e di restituzione delle portate pompate e turbinate nell'invaso di Serra del Corvo saranno dotate anche di una soletta superficiale che funga semplicisticamente da "tappo" (Figura 25).

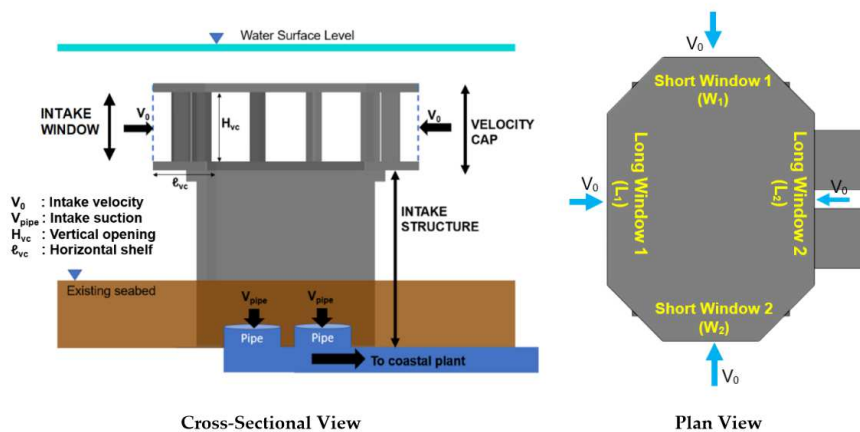


Figura 25. Rappresentazione schematica della soluzione proposta.

La struttura a cappello di protezione impone una configurazione tale da determinare una netta variazione delle linee di corrente in un intorno dell'opera di presa, riducendone anche la velocità e cambiando la direzione prevalente del moto stesso. Da quanto illustrato in Figura 26, si nota che in assenza di tale protezione i vettori velocità sono prevalentemente verticali ed inducono una forte vorticità in superficie, mentre in presenza di tale protezione la superficie libera del lago ed in generale la zona fotica (quella biologicamente più produttiva) non viene sostanzialmente alterata e la direzione prevalente del moto indotto è quella orizzontale.

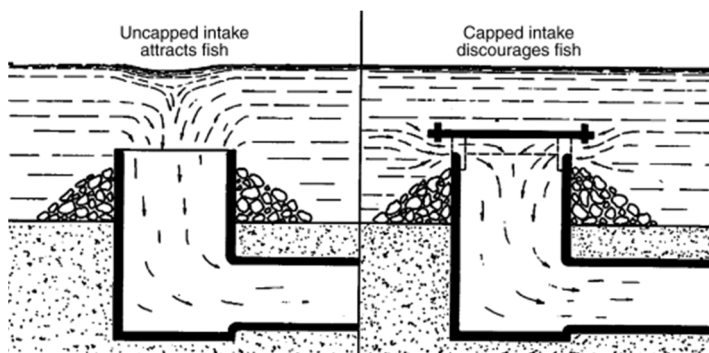


Figura 26. Effetti sul campo di moto indotto dalle opere di presa verticale: a sinistra la situazione senza protezione superficiale, che induce una forte vorticità lungo l'asse del pozzo di presa e condiziona in maniera sostanziale il campo di moto superficiale.

Pertanto, le comunità ittiche riescono più agilmente ad evitare gli effetti di risucchio spostandosi verso l'alto o verso il basso e non vengono più aspirate verso il basso qualora si trovino in un intorno dell'opera di presa all'atto dell'entrata in funzione dell'impianto. Inoltre l'incremento di velocità orizzontale conseguente alle manovre di pompaggio e generazione viene percepito dai pesci, sia adulti che giovanili, come indicatore di pericolo, dato che la maggior parte dei pesci hanno ricettori di pericolo distribuiti lungo l'intera lunghezza del proprio corpo. Pertanto questa perturbazione del campo di moto orizzontale viene percepita meglio. Studi e monitoraggi di campo dimostrano che i pesci tendono ad allontanarsi rapidamente dalle aree in cui si manifesta questo effetto (Chie, L. H. et al., 2020)⁴. Tale soluzione è molto utilizzata a livello mondiale, diversi grandi impianti in California, Australia, Spagna ed Israele hanno utilizzato questi accorgimenti mitigativi. Secondo USEPA (2011) tale configurazione delle opere di presa sommerse nei laghi e nei mari riduce di oltre il 50% la mortalità delle specie acquatiche.

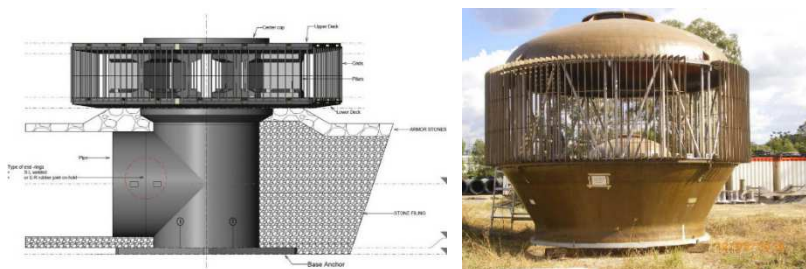


Figura 27. Esempi di strutture coperte per limitare il rischio di aspirazione dei pesci e le interferenze con il campo di moto sia in fase di pompaggio che in fase di generazione.

⁴ Chie, L. H. et al. (2020). "Derivation of Engineering Design Criteria for Flow Field Around Intake Structure: A Numerical simulation study". Journal of marine Science and Engineering.

▪ Alterazione di habitat originari

L'intervento proposto prevede la realizzazione di opere che alterano solo in maniera parziale ma permanentemente la continuità e la connettività longitudinale e trasversale del tratto litorale interessato dalla realizzazione delle opere stesse. Si attende quindi un'alterazione locale ed in maniera permanente di habitat naturali originali. Tale perdita è confinata unicamente nel tratto di ca. 80 m di litorale in cui saranno presenti fisicamente le opere di presa e restituzione delle acque. Si ritiene che nel peso complessivo dell'estensione dei litorali lacustri tale perdita sia tollerabile ed accettabile.

Sottolineando il fatto che ad oggi l'invaso di Serra del Corvo si presenta molto povero di biodiversità e che le sponde del lago sono spesso disconesse dalle dinamiche naturali lacustri e non sono sostanzialmente vegetate, per ridurre la perdita di habitat deposizionali e riproduttivi di specie acquatiche, lungo alcuni tratti delle sponde dell'invaso di Serra del Corvo si interverrà con apposite misure di stabilizzazione con palificate verdi, terrazzi vivi rinforzati e/o con scogliere in massi, che consentiranno di creare di fatto nuovi microhabitat lacustri e di ripristinare la connessione tra gli habitat riparo e l'ambiente lacustre.



Figura 28. Esempi di scogliere, terrazzi vivi rinforzati o palificate in legno vivo.

Saranno poi realizzate nuove zone di back-water nelle zone di estuario, senza alterarne l'equilibrio esistente, in modo da diversificare la tipologia e la distribuzione spaziale degli habitat fluviali e lacustri ad oggi esistenti.

6.6.1.4 Possibili impatti derivanti dall'interruzione dei corsi d'acqua

Il progetto non prevede l'interruzione di corsi e non incide la continuità longitudinale e trasversale dell'invaso di Serra del Corvo o dei corpi idrici ad esso afferenti. Pertanto non sono da attendersi impatti in questo senso. Al contrario, grazie alle misure di compensazioni ambientali definite nell'ambito del progetto di Sistemazione Ambientale redatto, è atteso il ripristino della connessione longitudinale dei principali corsi d'acqua (Basentello e Rovinierto), pertanto si determinerà un effetto positivo in tal senso.

6.7 Possibili impatti sulle comunità di macroinvertebrati

Come ampiamente illustrato nel capitolo 6.6, le previste operazioni di pompaggio, già presenti allo stato attuale ad opera di EIPLI, generano una fluttuazione giornaliera dei livelli idrici nell'invaso di Serra del Corvo e determinano di fatto una variazione periodica della superficie dello specchio lacustre. Considerando una quota media del lago tra 265 e 266 m s.l.m. in condizioni di funzionamento ordinario dell'impianto di pompaggio, si determinano fluttuazioni di livello comprese tra 0,3 e 0,5 m, che comportano una riduzione della superficie del lago variabile tra 3,4 e 5,7 ha, che corrisponde ad una percentuale della superficie lacustre compresa tra 1,3 e 2,7%. Tali variazioni, attese quotidianamente, interessano esclusivamente le zone ripariali e le aree prossime agli estuari dei due torrenti, Basentello e Roviniero. In tali aree la coltre dei sedimenti depositati al fondo sarà esposta quotidianamente agli agenti atmosferici e subirà dei cicli frequenti di bagnatura ed essiccamento. Tale dinamiche possono portare ai seguenti impatti:

- Aumento della resistenza tessiturale superficiale dei sedimenti, che con ciclicità aumenteranno di fatto la loro resistenza all'erosione superficiale, diminuendo di fatto la tendenza alla risospensione durante le fasi di turbinamento dell'impianto;
- Interferenza negativa con le popolazioni di macroinvertebrati, sia per il ritiro delle acque che per l'esposizione alla predazione da parte degli uccelli. Nel primo caso, si sottolinea comunque che il decremento di livello sarà progressivo, quantificato con velocità massima di 5-10 cm/h sul tirante idrico, pertanto non si innescheranno dei processi di drift, in ogni caso non drammatici in quanto le popolazioni macrobentoniche rimarranno comunque confinate nell'ambiente lacustre.

Occorre inoltre sottolineare che l'invaso è soggetto a fluttuazioni di livello anche intense da quasi 50 anni. Allo stato attuale delle conoscenze non sono presenti processi di acidificazione delle acque o di mutazione idromorfologica tali da influire negativamente sulla fauna litorale né si è a conoscenza di processi di eutrofizzazione delle acque tali da poter inficiare la fauna profonda. Pertanto è verosimile pensare che le popolazioni di macroinvertebrati litoranei e di macrobenthos di fondo si siano adattati con il tempo a tale condizione ed abbiano sviluppato ad oggi un buon grado di adattamento e di resistenza a questi fenomeni. Pertanto, si ritiene che siano da attendersi impatti permanenti di popolazioni di macroinvertebrati esclusivamente nelle zone litoranee, permanenti in quanto imputabili alla predazione, sicuramente non trascurabili, ma sostenibili sul medio e lungo periodo.

7. Effetti attesi sul microclima locale

Con il termine "*microclima*" in climatologia si indica il clima di una zona geografica locale in cui i parametri atmosferici medi differiscono in modo caratteristico e significativo da quelli delle zone

circostanti a causa di peculiarità topografiche, orografiche, geomorfologiche e ambientali. I microclimi locali sono quindi alla base di differenze meteo-atmosferiche che si registrano localmente su un'ampia fetta di territorio. È noto che la presenza di uno specchio d'acqua determina l'insorgenza di un microclima particolare, contribuendo a raffreddare o mitigare l'atmosfera circostante. La presenza di un invaso influenza il microclima dei territori circostanti a causa della grande massa d'acqua che si raccoglie. L'acqua ha infatti un'elevata capacità termica, un parametro che indica la quantità di calore necessaria ad innalzare di 1°C la temperatura di un corpo, l'acqua in sostanza per riscaldarsi assorbe calore prelevandolo dall'atmosfera. Nei mesi più freddi avviene l'inverso, con l'acqua che per raffreddarsi cede molto calore all'atmosfera. Generalmente nei pressi dei bacini artificiali la temperatura atmosferica risulta più bassa di quella dei territori circostanti nei mesi caldi, proprio perché l'acqua sottrae calore all'aria. In merito agli effetti degli invasi artificiali sul microclima locale, esistono numerosi studi in letteratura (si veda ad es. Wang et al., 2018). Nel caso specifico di un impianto di accumulo tramite pompaggio è risaputo che l'ambiente ecologico circostante è molto sensibile alle variazioni di livello e di superficie dello specchio d'acqua, pertanto risulta prioritario regolare le attività ed i cicli di pompaggio e di generazione sull'esigenze ambientali del contesto in cui si opera. È altresì noto che l'intensità delle variazioni microclimatiche indotte dalla presenza degli invasi artificiali dipendono dalla collocazione geografica degli invasi e dalle caratteristiche morfologiche del contesto di prossimità. Nelle regioni montuose infatti gli effetti indotti sul microclima locale sono molto più contenuti rispetto a quelli censiti nelle aree di pianura. Generalmente nei contesti di pianura si determinano variazioni di temperatura degli ambienti circostanti molto contenute (dell'ordine massimo di 1°C) dopo la realizzazione di un invaso. Tali variazioni in prossimità degli invasi sono più contenute nella stagione arida che in quella piovosa. Nel caso di specie il territorio è caratterizzato da un invaso esistente, Serra del Corvo, costruito nel 1974 ed in esercizio ormai da quasi cinquanta anni, al quale si aggiungerà un secondo invaso, di dimensioni più contenute, che verrà realizzato a poca distanza sul promontorio di Monte Marano. Occorre subito sottolineare che il contesto idrogeologico e morfo-altimetrico risulta molto differente tra i due siti. Lo stato di fatto vede quindi già un contesto all'apparenza modificato dalla presenza di un invaso. Al fine di valutare gli impatti sul microclima locale indotti dalla realizzazione del nuovo invaso di monte presso Monte Marano si è applicata la metodologia proposta da Wang et. al (2018), assumendo quanto segue:

- I dati relativi alla temperatura dell'acqua della diga del Basentello sono stati tratti dal portale dell'ARPA Basilicata (<https://monitoraggio.arpab.it/>) e sono stati assunti come dati di progetto per valutare la temperatura dell'acqua nel nuovo invaso nella stagione piovosa (mese di gennaio) ed in quella secca (mese di giugno);

- I dati relativi alla temperatura dell'aria al suolo sono stati tratti sempre dalle portate di ARPA Basilicata e sono stati utilizzati per la caratterizzazione termica degli ambienti di Monte Marano nello stato attuale ed in quello di progetto.

Al fine di stimare le differenze di temperatura al suolo e presso lo specchio d'acqua, si determina un coefficiente TD così definito:

$$TD = LST - LST_{EA}$$

Dove TD rappresenta la differenza di temperatura (°C), LST rappresenta la temperatura al suolo e LST_{EA} rappresenta la temperatura nelle immediate vicinanze dello specchio d'acqua, assunta uguale alla temperatura dello specchio d'acqua. Allo stato attuale i parametri LST e LST_{EA} sono uguali, in quanto non esiste un invaso nelle immediate vicinanze del sito di intervento. Nello stato di progetto LST è assunto pari alla temperatura del suolo mentre LST_{EA} è assunto pari alla temperatura dell'acqua registrata da ARPA Basilicata presso la diga del Basentello. Nei mesi invernali si determina una temperatura media dell'acqua di ca. 10 °C, mentre nei mesi caldi ed aridi la temperatura dell'acqua arriva anche a 28-30 °C in superficie. Per quantificare l'impatto derivante dalla realizzazione del nuovo invaso è definito un indice RECI (*Reservoir Effect Change Intensity*) definito come segue:

$$RECI = TD_L - TD_F$$

dove RECI quantifica le differenze in termini di variazione di temperatura (°C) mentre con TD_F e TD_L si indicano le differenze di temperatura tra i siti di analisi prima (F) e dopo (L) la realizzazione dell'invaso. Per l'analisi qui proposta si intuisce come il parametro TD_F risulti sempre nullo, in quanto allo stato attuale non esiste un invaso. In Figura 29 è riportato l'andamento medio per fascia oraria del parametro TDL nella stagione umida (gennaio) e nella stagione arida (giugno). Si nota che mediamente tale parametro restituisce valori negativi, indice di un effetto di raffreddamento indotto dalla realizzazione del nuovo invaso sul territorio circostante.

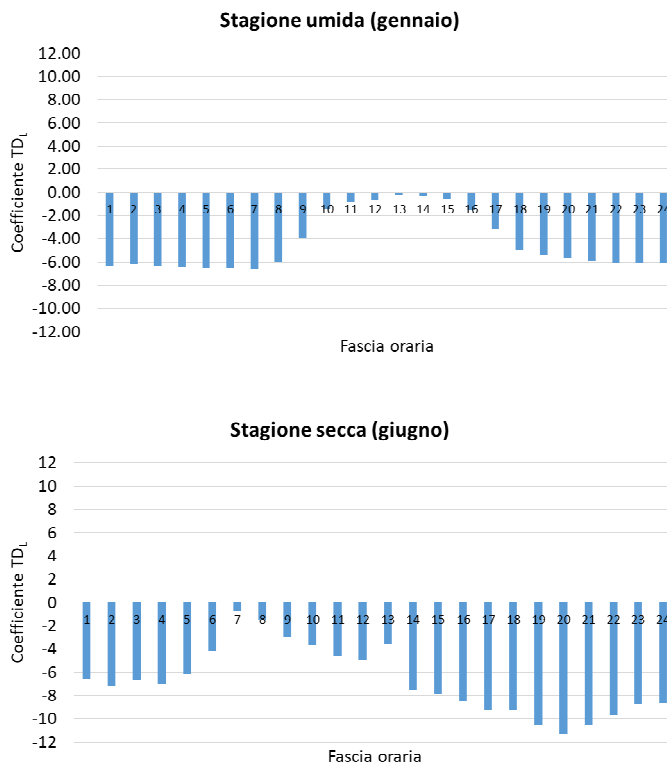


Figura 29. Indice TDL nella stagione umida (gennaio) e nella stagione secca (giugno).

Al fine di rappresentare meglio il risultato del calcolo effettuato si è utilizzata anche la standardizzazione degli indici proposta dagli autori e di seguito illustrata:

$$NTD = (TD - TD_{MIN}) / (TD_{MAX} - TD_{MIN})$$

$$NRECI = (RECI - RECI_{MIN}) / (RECI_{MAX} - RECI_{MIN})$$

Grade	NTD's Range	Grade	NRECI's Range
Lowest	0.0~0.2	Weakest	0.0~0.2
Lower	0.2~0.4	Weaker	0.2~0.4
Transition	0.4~0.6	Middle	0.4~0.6
Higher	0.6~0.8	Stronger	0.6~0.8
Highest	0.8~1.0	Strongest	0.8~1.0

Tabella 4. Livelli di classificazione dei due indici standardizzati.

Stagione	NRECI
Umida (gennaio)	0,36
Arida (giugno)	0,43

Tabella 5. Risultati dell'analisi condotta.

Dall'analisi dei risultati sopra riportati si intuisce quanto segue:

- I valori del coefficiente TDL sono sempre negativi, il che suggerisce come ci si debba probabilmente attendere un effetto di raffreddamento (*cooling*) delle aree limitrofe al nuovo invaso di monte nell'area di Monte Marano.
- Tale effetto è presente in entrambi gli scenari stagionali ed è più marcato nella stagione arida ed estiva. In base ai valori del coefficiente NRECI, l'intensità del raffreddamento è bassa nella stagione umida (0,36) ed è media (0,43) nella stagione arida ed estiva.

Da quanto sopra riportato emerge quindi uno spiccato effetto di raffreddamento dei territori latitanti al nuovo invaso di Monte Marano, l'ordine di grandezza della variazione media di temperatura indotta è di 0,5 – 1 °C. In tali scenari non solo non si determinano effetti negativi sulle colture tipiche locali (ad esempio leguminose come il cece rosso di Gravina e la lenticchia di Altamura, le cui coltivazioni sono peraltro relativamente lontane dal sito di indagine) e sulle specie di fauna e flora che popolano l'area, ma si configura anche un generale beneficio per le aree circostanti. Negli ultimi decenni infatti le temperature medie dei territori tra Puglia e Basilicata sono progressivamente aumentate a causa degli evidenti cambiamenti climatici in corso. Pertanto un leggero raffreddamento del territorio non può che giovare. Non si configurano effetti negativi da questo punto di vista. Quanto appena affermato trova conferma anche dall'analisi dell'evoluzione storica del territorio in cui l'intervento va ad inserirsi. In Figura 30 è riportato un aerofotogramma della valle del Basentello e di Monte Marano del 1954. Si nota agilmente come la vocazione del territorio fosse già allora spiccatamente agricola, come fossero assenti sia insediamenti urbani che macchie di vegetazione naturale, se non nella piana del Basentello in cui successivamente è stata realizzata l'omonima diga.

Nelle immagini seguenti la stessa area è ritratta nel 1975, ovvero subito dopo la realizzazione dell'invaso di Serra del Corvo, nel 1987 e nel 2003. Pertanto tali immagini possono essere considerate rappresentative per inquadrare gli effetti sul microclima locale nel breve, nel medio e nel lungo periodo. Sono indicate anche le principali strade per consentire un più agile confronto delle immagini stesse. Si nota agilmente che dopo un anno dalla realizzazione della diga del Basentello (1975) la situazione non risulta alterata. Si nota esclusivamente la scomparsa degli ultimi residui di macchia di vegetazione spontanea, verosimilmente arbustiva ed arborea, soppiantati da aree coltivate. Tale alterazione risulta pertanto prettamente di natura antropica. Anche nei decenni successivi (1987 e 2003) non si notano modificazioni particolari, se non le normali modificazioni del mosaico agricolo causate dalla normale rotazione e dalla variazione delle colture. Anche la configurazione idromorfologica del territorio è rimasta sostanzialmente invariata, dall'analisi osservativa delle immagini disponibili i fossati in erosione lungo i versanti

di Monte Marano che degradano verso l'invaso di Serra del Corvo sono sostanzialmente rimasti stabili. Si intuisce quindi come la realizzazione dell'invaso non abbia causato alterazioni sostanziali del territorio limitrofo. A parte un inevitabile fattore di scala dovuto alla più limitata estensione superficiale, tale effetto di invarianza è atteso anche per il nuovo impianto di Monte Marano.



Figura 30. Aerofotogramma dell'area di Serra del Corvo e di Monte Marano del 1954.



Figura 31. Aerofotogramma dell'area di Serra del Corvo e di Monte Marano del 1975 subito dopo la realizzazione dell'invaso.



Figura 32. Aerofotogramma dell'area di Serra del Corvo e di Monte Marano del 1987.



Figura 33. Ortofoto BW dell'area di Serra del Corvo e di Monte Marano del 2003.

8. Effetti attesi sulla qualità morfologica dei corpi idrici

Il progetto non prevede l'interruzione di corsi d'acqua né la realizzazione di barriere nell'invaso di Serra del Corvo e lungo i corsi d'acqua ad esso afferenti. Unicamente in fase di cantiere sarà necessario isolare ed impermeabilizzare l'area prospiciente alle bocche di presa per consentirne la realizzazione, ma tale effetto si considera temporaneo ed assolutamente marginale. Medesima considerazione può essere avanzata per il reticolo minore in località Monte Marano. In fase di esercizio non sono da attendersi pertanto impatti in relazione a questa tematica.

9. Effetti attesi sui corpi idrici profondi

Per quanto concerne i corpi di falda, come ampiamente relazionato nella relazione geologica e idrogeologica di progetto, occorre premettere che gli acquiferi che caratterizzano gli ambienti di Monte Marano e quelli caratteristici delle sponde dell'invaso di Serra del Corvo sono nettamente distinti e non interagiscono tra loro. Bisogna inoltre sottolineare che nelle aree di progetto non sono presenti pozzi, sorgenti o fontanili, non vi sono ad oggi strutture programmate per l'utilizzo idropotabile della risorsa né sono presenti pratiche agricole o pastorali che necessitano di prelievi da pozzo o da falda. Pertanto le falde non vengono utilizzate per scopi antropici. A livello di opere, si riporta inoltre quanto segue:

- Il bacino di monte a servizio dell'impianto verrà completamente impermeabilizzato e verrà realizzato al di sopra della quota media nota del corpo di falda. Pertanto non si attendono interferenze negative con l'acquifero né peggioramenti a livello di qualità delle acque;
- La centrale di produzione, realizzata in caverna, sarà impermeabilizzata. Il terreno circostante ha una conducibilità idraulica molto bassa e le falde non risentiranno delle pulsazioni del livello di invaso se queste avvengono nel breve periodo (ore). Pertanto anche in questo caso non si ravvisano particolari interferenze;
- Per quanto concerne invece le opere di rete, queste prevedono interventi unicamente superficiali (pochi metri sotto il piano campagna), pertanto il piano di posa delle opere sarà sempre ben al di sopra del livello delle falde.

Come ribadito anche nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), di cui all'Elaborato PD-VI.11, è stato già installato un sistema di piezometri che consente di monitorare l'andamento delle falde sia nel sito di installazione della centrale di produzione che presso l'invaso di Monte Marano. Le osservazioni riportate presso il sito della centrale sono riportate in Figura 34.

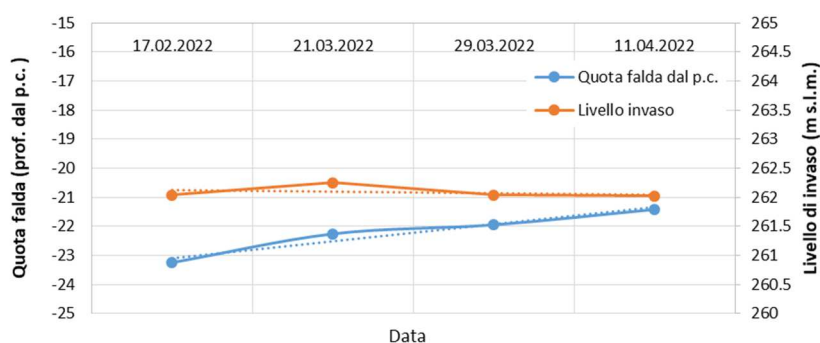


Figura 34. Variazioni dei livelli di falda tra febbraio e aprile 2022 per il sito di installazione della centrale di produzione (S1). È riportato anche il corrispondente livello di invaso.

Da quanto riportato in figura, si evince che a fronte di una variazione di pochi centimetri della quota di invaso di Serra del Corvo nei mesi, la quota della falda presso la centrale oscilla di alcuni metri, tali fluttuazioni sono caratterizzate pertanto da ampiezze di oscillazione su scale completamente differenti. Si può pertanto concludere che:

- Date le matrici molto fini di terreno presenti, la conducibilità orizzontale dei suoli di fondazione è molto molto bassa ed a scala giornaliera non si verifica un trasferimento della pulsazione del livello di invaso del lago alla falda. Tale processo si esaurisce nel giro di qualche ora e la pulsazione non viene trasferita alla falda.
- A scala stagionale invece, l'invaso di Serra del Corvo e la falda sembrano essere correlati, il che lascia intendere un certo grado di connessione laterale tra i due corpi idrici. Il lago

risulta verosimilmente alimentante sul lungo periodo. Dall'analisi dei dati si intuisce infatti come un progressivo abbassamento del livello di invaso del lago si traduca in un aumento del livello delle falde.

Si può pertanto concludere che le dinamiche delle falde ai piedi di Monte Marano risulteranno scollegate dalle dinamiche indotte dall'alternanza dei cicli di pompaggio e generazione che verranno prodotte dall'esercizio del nuovo impianto a pompaggio. L'impianto verrà esercito a ciclo chiuso a scala giornaliera, pertanto tutto il volume pompato verrà turbinato e restituito nel giro di poche ore nel corpo lacustre. Anche sul lungo periodo pertanto il bilancio generale dei volumi idrici a scala di invaso rimane sostanzialmente invariato, al netto delle inevitabili perdite per evaporazione.

10. Consumo di risorse per prelievi idrici

Per l'espletamento delle attività di cantiere sarà necessario effettuare dei prelievi idrici, ad esempio per il confezionamento dei cementi, la cui entità sarà differente a seconda dei cantieri considerati. Il consumo maggiore è atteso presso il cantiere della centrale di produzione, in cui gli elementi strutturali portanti da realizzare saranno particolarmente massicci.

La modalità di approvvigionamento delle risorse idriche necessarie e tali scopi è prevista qualora possibile attraverso la rete acquedottistica, che ne garantisce la disponibilità attraverso il proprio sistema di captazioni e sorgenti nel territorio. In alternativa le acque verranno prelevate dalle falde sotterranee e/o verranno addotte in sito con speciali autobotti previa la realizzazione contestuale di opportuni bacini di stoccaggio. Pur escludendo che i prelievi possano avere effetti tangibili sull'ambiente idrico considerando la ricchezza di risorsa, in considerazione delle quantità necessarie e della durata dei prelievi, si ritiene che l'impatto sulla componente sia di media entità in termini di sottrazione di risorse. Ad ogni modo l'impatto generato sarà temporaneo e limitato alla sola fase di cantiere, reversibile, a breve termine ed a scala locale.

Preme ad ogni modo sottolineare che la risorsa idrica così utilizzata, prima di essere scaricata nei corpi idrici superficiali, subirà tutti i trattamenti più idonei

- Per le acque sotterranee intercettate ed i reflui civili sarà installato un apposito sistema per assicurare il mantenimento del pH e l'abbattimento dei solidi in sospensione e delle eventuali sostanze inquinanti contenute negli scarichi idrici, garantendo il rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente;
- Per le acque dei cantieri provvisti di pavimentazione verrà predisposta una idonea rete di drenaggio e raccolta delle acque meteoriche di prima pioggia che verranno trattate in un disoleatore prima di essere scaricate in corpo idrico superficiale.

Si ritiene che tali scarichi idrici non inducano effetti significativi sulla qualità delle acque superficiali in considerazione della presenza di trattamenti preventivi a cui saranno sottoposti gli scarichi. Nel complesso l'impatto sulla componente derivante dagli scarichi è valutato di bassa entità, a carattere temporaneo, reversibili, a breve termine ed a scala locale.

11. Conclusioni

In base a quanto sopra riportato per i vari indicatori considerati, si è provveduto a stimare qualitativamente il livello di rischio di compromissione qualitativa e quantitativa della risorsa idrica derivante dalla realizzazione e dall'esercizio del nuovo impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro (Figura 35).

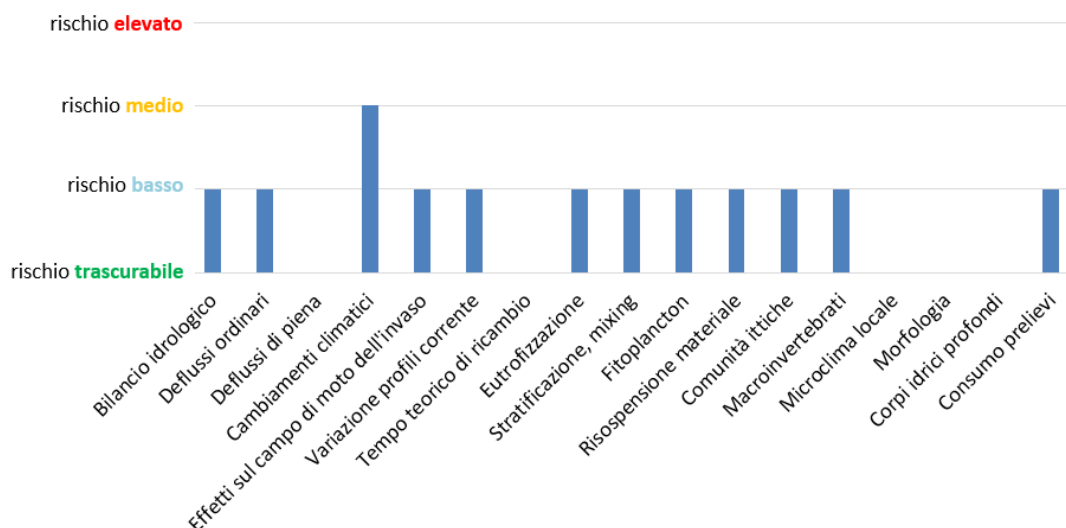


Figura 35. Livelli di rischio di compromissione della risorsa idrica derivanti dalla realizzazione e dall'esercizio del nuovo impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro.

Da quanto esposto nel presente documento, si evince come non ci siano fattori, indicatori o processi attesi tali da essere associati da un rischio elevato di compromissione della qualità e della quantità della risorsa idrica ad oggi disponibile. Si intuisce altresì che un rischio medio è associato unicamente agli scenari legati ai cambiamenti climatici. Qualora dovessero susseguirsi più anni molto aridi infatti, al fine di garantire la risorsa idrica necessaria al mantenimento di un minimo volume vitale ecologico all'interno dell'invaso di Serra del Corvo e nel contempo l'esercizio degli emungimenti irrigui, l'impianto di pompaggio potrebbe essere esercito solo per un limitato intervallo di tempo per limitare il più possibile la compromissione della risorsa stessa.

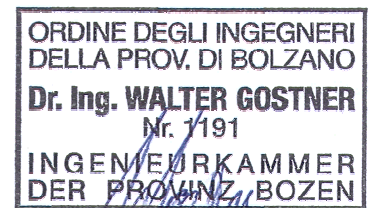
In tutti gli altri casi l'esercizio nell'impianto in progetto è associato ad un rischio basso e spesso trascurabile di alterazione della risorsa stessa.

Si intuisce quindi come, a valle di una oculata regolazione dell'esercizio dello stesso in termini di alternanza di cicli di pompaggio e generazione e di volumi movimentati quotidianamente, la realizzazione del nuovo impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" risulti sostenibile e determini effetti tali da non compromettere sul breve, medio e lungo periodo la disponibilità e la qualità delle risorse idriche che caratterizzano il territorio oggetto di intervento tra i Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA).

Bolzano, Malles, Roma, li 20.07.2022

Il Tecnico

Dr. Ing. Walter Gostner



Riferimenti bibliografici

Aalderink, R. H. et al (1985). "Quantification of wind induced resuspension in a shallow lake". *Water Sci Technol* 17 (6-7): 903–914.

Anderson, M. A. (2010). "Influence of pumped-storage hydroelectric plant operation on a shallow polymictic lake: Predictions from 3-D hydrodynamic modelling". *Lake and Reservoir Management*, ISSN 1040-2381.

Browne R. A. (1981). "Lake as islands: biogeographic distribution, turn-over rates and species composition in the lakes of central New York". *Journal of Biogeography*, 8(1): 75-83.

Henderson-Sellers, B. (1988). "The dependence of surface velocity in water bodies on wind velocity and latitude". *Appl. Math. Modelling*, 1988, Vol. 12, April.

Müller, M. et al. (2018). "Flow field in a reservoir subject to pumped-storage operation – in situ measurement and numerical modelling". *Journal of Applied Water Engineering and Research*, Vol. 6 No. 2 109-124.

Laenen A., Le Tourneau, A. P. (1996). "Upper Klamath Basin Nutrient-loading study – Estimate of wind induced resuspension of bed sediment during periods of low lake elevation". US Geological Survey, Report 95-141, Portland, Oregon.

Li. F. et al. (2013). "Effect of flow velocity on phytoplankton biomass and composition in a freshwater lake". *Science of the Total Environment* 447, 64-71.

Shang S. (2013). "Lake surface area method to define minimum ecological lake level from level-area-storage curves". *Journal of Arid Land*, 5(2): 133-142.

Wang, D. et al. (2018). "Examining the Effects of Hydropower Station Construction on the Surface Temperature of the Jinsha River Dry-Hot Valley at Different Seasons". *Remote Sen.*, 2018, 10, 600.