



**Regione Siciliana**

Assessorato regionale dell'energia e dei servizi di pubblica utilità

Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti

**Patto per il Sud della Regione Siciliana FSC 2014-2020 – Delibera G.R. n. 3/2019  
ID 1793 - Progetto di gestione degli svassi, sfangamenti e sghiaamenti delle dighe**

Affidamento dei servizi di architettura e ingegneria relativi alla redazione dei progetti di gestione degli invasi ex art. 114 del D.Lgs. 152/2006, corredati di piani operativi e studi di valutazione ambientale, previa esecuzione di rilievi topo-batimetrici e caratterizzazione di acque e sedimenti, per l'individuazione di interventi finalizzati al recupero di capacità di invaso e funzionalità idraulica di dighe gestite dalla Regione Siciliana

**LOTTO 2**

**INVASO CASTELLO**



**PIANO OPERATIVO – REV.1**



**GRAIA Srl**  
Via Repubblica, 1  
21020 Varano Borghi (VA)



**BLU Progetti srl**  
Via Repubblica, 1  
21020 Varano Borghi (VA)



**Studio Griffini s.r.l.**  
Via Pagliano, 37  
20149 Milano (MI)

**Il Responsabile Unico del Procedimento**  
Ing. Gaetano Chiapparo

**Il Dirigente del Servizio 4 (Gestore Proponente)**  
Ing. Gerlando Ginex

**L'Ingegnere Responsabile**  
Ing. Fabrizio Cairone



## Indice

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Premessa .....  | 4  |
| 2   | Inquadramento dell'area di interesse .....                      | 5  |
| 3   | Quadro di riferimento normativo .....                           | 7  |
| 3.1 | Normativa nazionale .....                                       | 7  |
| 3.2 | Normativa regionale.....  | 7  |
| 4   | Descrizione della diga e del Bacino di Castello .....           | 10 |
| 5   | Condizioni idrologiche attese .....                             | 17 |
| 5.1 | Livelli dell'invaso .....                                       | 18 |
| 6   | Il sedimento presente nel bacino e nell'area di interesse ..... | 20 |
| 6.1 | Quantità e quote del sedimento .....                            | 20 |
| 6.2 | Caratteristiche qualitative del sedimento .....                 | 22 |
| 7   | Intervento previsto .....                                       | 25 |
| 7.1 | Analisi delle alternative .....                                 | 25 |
| 7.2 | Descrizione dell'intervento .....                               | 26 |
| 7.3 | Stima dei costi.....  | 35 |
| 8   | Effetti ambientali della soluzione scelta e mitigazioni .....   | 36 |
| 8.1 | Disturbo aree e mezzi di cantiere .....                         | 36 |
| 8.2 | Torbidità .....   | 36 |
| 8.3 | Tenore di ossigeno .....  | 36 |
| 8.4 | Destinazione sedimento.....                                     | 36 |
| 9   | Monitoraggio.....   | 37 |
| 9.1 | Monitoraggio <i>ante operam</i> .....                           | 37 |
| 9.2 | Monitoraggio in corso d'opera .....                             | 37 |
| 9.3 | Monitoraggio <i>post operam</i> .....                           | 38 |

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce, ai sensi del D.M. 30 giugno 2004 e delle LINEE DI INDIRIZZO PER LA PREDISPOSIZIONE, L'APPROVAZIONE E L'ATTUAZIONE DEI PROGETTI DI GESTIONE DEGLI INVASI, Piano Operativo allegato al Progetto di Gestione del bacino di Castello.

Le risultanze delle indagini effettuate, con particolare riferimento ai rilievi morfo-batimetrici, e le esigenze relative alla garanzia dei rilevanti usi della risorsa idrica in essere, con particolare riferimento per il bacino di Castello all'uso idropotabile, non evidenziano particolari rilevanze o urgenze di intervento; in funzione però del significativo incremento del tasso di sedimentazione media annua osservato attraverso la comparazione dei rilievi, la quota del sedimento potrebbe in futuro interessare lo scarico di fondo e l'opera di presa, che al momento non presentano invece criticità alcuna; si prevede quindi in prospettiva la rimozione di parte del sedimento localizzato nell'intorno dell'opera di presa e degli scarichi profondi, così da tutelare che caratteristiche qualitative della risorsa idrica ed evitare la derivazione di sedimento che comporterebbe gravi effetti sugli usi della risorsa idrica.

Le risultanze delle indagini effettuate, con particolare riferimento ai rilievi morfo-batimetrici, e le esigenze relative alla garanzia dei rilevanti usi in essere prevedono la rimozione di parte del sedimento localizzato nell'intorno dello scarico di esaurimento, così da tutelare l'efficacia e la sicurezza dell'impianto ed evitare effetti sugli usi della risorsa idrica.

Tali interventi, ai sensi di quanto previsto dal DM 30 giugno 2004, sono accompagnati dalla redazione del presente Piano Operativo (detto Programma di Sintesi dal sopra citato DM) che descrive le prossime attività da eseguire per la gestione del sedimento presente nel bacino ai fini della salvaguardia degli usi in essere e della piena efficienza nel tempo delle opere di presa e scarico.

Per le finalità sopra espresse ed in riferimento a quanto previsto dalla normativa vigente, il presente Piano Operativo è costituito dai seguenti capitoli:

- Inquadramento dell'area di interesse;
- Quadro di riferimento normativo;
- Qualità delle acque e dei sedimenti del bacino;
- Intervento previsto;
- Asportazione del sedimento ed il suo ricollocamento;
- Effetti ambientali della soluzione scelta e mitigazioni;
- Monitoraggi (*ante operam*, in corso d'opera e *post operam*).

Resta inteso che per molte delle tematiche di ordine generale si rimanda ai contenuti del Progetto di Gestione.

La versione iniziale del Piano Operativo dell'invaso di Castello è stata presentata dal Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti con nota prot. N. 45272 del 22/11/2021 all'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia ed agli enti chiamati ad esprimersi in merito.

Il presente documento costituisce Revisione 1 del Piano Operativo dell'invaso di Castello, a seguito del Parere n. 5497 del 10/03/2022 emesso dall'Ufficio per Tecnico per le Dighe di Palermo, del quale recepisce e integra le osservazioni e prescrizioni.

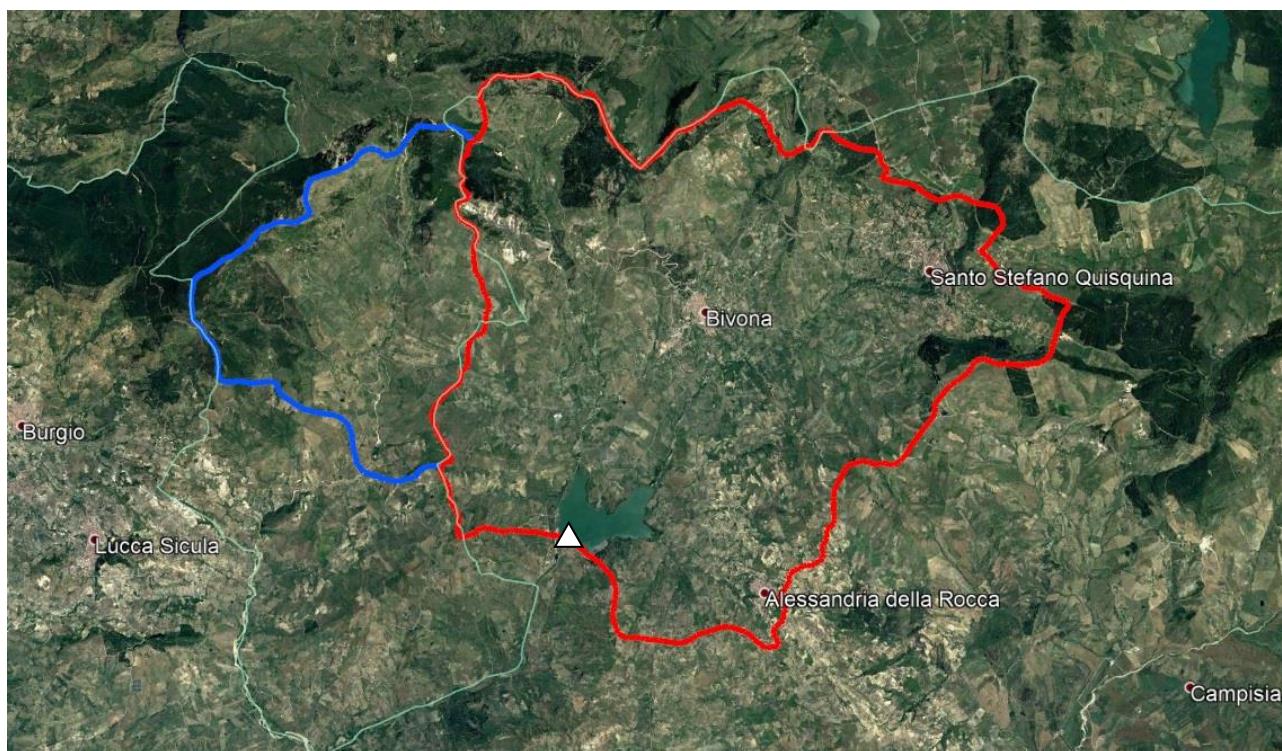
Successivi livelli di progettazione approfondiranno le aree d'intervento correlando le stesse al mantenimento della funzionalità nel tempo degli impianti e alla stabilità del fondo lacustre.



## 2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE

In questo capitolo viene sinteticamente descritto l'ambito territoriale coinvolto dal progetto e sono individuati i sistemi ambientali potenzialmente interessati dagli interventi previsti.


Il bacino idrografico del Fiume Magazzolo e l'adiacente area sono localizzati nel versante meridionale della Sicilia ed occupano una superficie complessiva di circa 231,39 km<sup>2</sup>, interessando il territorio comunale di Agrigento e Palermo. Il distretto idrografico considerato è compreso tra il bacino del Fiume Verdura nella porzione settentrionale ed occidentale e del Fiume Platani ad oriente. Il corso d'acqua principale, ossia il Fiume Magazzolo, trae origine dalle pendici di M. Castelluzzo, nei pressi di Portella del Muro a 800 m.s.l.m., nel territorio comunale di S. Stefano di Quisquina. Esso è generato nella sua parte settentrionale dalla confluenza di due Valloni denominati rispettivamente: Vallone Acque Bianche (nei pressi del territorio comunale di Bivona) e Vallone Calappio (nei pressi del territorio comunale di S. Stefano di Quisquina). Essi confluiscono nei pressi della diga Castello, in territorio comunale di Bivona, per poi diventare Fiume Magazzolo e sfociare nel Mar Mediterraneo.



**Figura 2-1: localizzazione bacino di Castello**

La superficie del bacino direttamente sotteso dalla diga di Castello è di 81 km<sup>2</sup>. Al serbatoio confluiscono anche acque del contermino bacino del torrente Gebbia, per una superficie di 22,40 km<sup>2</sup>.



|  |   |          |
|--|---|----------|
|  | PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI CASTELLO – REV.1 | pag. 6   |
|  |   | (Mag-22) |

La copertura del territorio, riferita all'uso del suolo, è caratterizzata dalle seguenti macrocategorie:

- per circa il 21,3% da praterie aride calcaree;
- per circa il 20,3% da seminativi semplici e colture erbacee estensive;
- per circa il 12,6% da frutteti.

In termini complessivi, rispetto alle finalità del presente documento, la caratteristica comune di queste aree è una ridotta pressione di origine antropica; il tessuto urbano, infatti, ha un'estensione pari a circa il 2,6% del territorio.

Il Bacino di Castello non è interessato da aree naturali protette e/o siti delle Rete Natura 2000 così come il suo emissario; sono presenti Siti della Rete Natura 2000 nelle porzioni apicali delle valli di alcuni affluenti, sia diretti sia allacciati; queste aree per quota e distanza dal bacino non possono essere in alcun modo influenzate dal bacino stesso o dalla sua gestione.

Per ulteriori informazioni e maggiori dettagli rispetto all'inquadramento dell'area di interesse si rimanda al Progetto di Gestione, del quale il presente Piano Operativo costituisce allegato.

### 3 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

In questo capitolo si intende fornire un quadro sintetico della vigente normativa di riferimento per la gestione del sedimento negli invasi.

#### 3.1 Normativa nazionale

La normativa specifica in materia è rappresentata dall'art. 114 del D.Lgs. 152/2006 e dal D.M. del Ministero dell'Ambiente del 30 giugno 2004.

##### 3.1.1 D.M. del Ministero Dell'ambiente del 30 Giugno 2004 (Gu N. 269 del 16-11-2004)

*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell'articolo 40, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modifiche ed integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo.*

##### Art. 5. Esecuzione delle operazioni e comunicazioni

**1. Almeno quattro mesi prima dell'effettuazione delle operazioni di svaso, sfangamento o spurgo il gestore ne dà comunicazione all'amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento, al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, al Dipartimento nazionale della protezione civile all'Autorità di Bacino, alle regioni e agli enti locali interessati, fornendo un programma di sintesi delle attività previste.**

*2. Gli avvisi con i quali si informano la popolazione e tutti i soggetti interessati della prevista effettuazione delle manovre e delle eventuali cautele da adottare sono affissi agli albi pretori dei comuni interessati, nonché pubblicati per estratto su almeno un quotidiano a diffusione locale. Le operazioni di svaso, sfangamento e spurgo devono essere effettuate nel rispetto di quanto indicato nel progetto di gestione, approvato ai sensi dell'art. 40, comma 5, del decreto legislativo n. 152 del 1999, e nel rispetto delle eventuali prescrizioni stabilite dalle regioni.*

#### 3.2 Normativa regionale

##### 3.2.1 Linee guida distrettuali

L'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Sicilia n. 1 del 4 gennaio 2021 ha approvato le LINEE DI INDIRIZZO PER LA PREDISPOSIZIONE, L'APPROVAZIONE E L'ATTUAZIONE DEI PROGETTI DI GESTIONE DEGLI INVASI.

Tali linee guida nel capitolo 5 di descrizione dei contenuti del Progetto di Gestione, relativamente ai Piani Operativi, prevedono quanto segue.

*I Piani Operativi delle operazioni specifiche, presentati unitamente al progetto generale o successivamente all'approvazione dello stesso, comprendono i seguenti aspetti:*

*a. descrizione dettagliata delle procedure delle attività di svaso, sfangamento o spurgo, relativo cronoprogramma e tempistiche di realizzazione;*

*b. indicazione dei volumi di sedimento che si prevede di rilasciare a valle o di asportare dall'invaso;*

*c. completamento e approfondimento delle valutazioni relative agli effetti delle operazioni sull'ecosistema;*

*d. definizione e dettaglio delle misure di mitigazione;*

*e. risultati di eventuali aggiornamenti della caratterizzazione di base (ad esempio, riguardanti la caratterizzazione integrativa del sedimento, a seconda delle modalità di asportazione e gestione del materiale individuate);*

*f. dettagli relativi al piano di monitoraggio ed al piano delle comunicazioni da effettuarsi prima, durante, dopo l'esecuzione degli interventi, se applicabili per la tipologia di operazione scelta;*

*g. eventuali autorizzazioni o nulla osta aggiuntivi, necessari per poter procedere all'utilizzo, riutilizzo, recupero o smaltimento del materiale rimosso meccanicamente dall'invaso.*

*La tipologia di operazioni riportate nel programma generale e/o nei piani operativi dovrà essere scelta con particolare riferimento agli utilizzi delle risorse idriche invase ed a tal fine, con riferimento alle regolazioni annuali/biennali possibili per gli invasi siciliani, saranno da preferire modalità di asportazione dei sedimenti che non comportino la sospensione degli utilizzi per la durata delle operazioni. In ogni caso in fase istruttoria non potranno essere valutate positivamente le proposte di fuori uso degli impianti che comporteranno scenari di severità idrica non sostenibili.*

*Tra gli scenari presi a riferimento dovrà quindi essere compresa la rimozione dei sedimenti con mantenimento dei volumi necessari invasi per garantire la continuità agli usi praticati da attuare con programmate operazioni di sfangamento del materiale solido sedimentato, trascinato o disperso nella corrente idrica, attraverso gli organi di scarico di fondo, anche in contemporanea di eventi di piena.*

### **3.2.2 Decreto Dirigente Generale n. 710 del 07/05/2012**

La Regione Sicilia ai sensi delle vigenti disposizioni con Decreto del Dirigente Generale n. 710 del 07 maggio 2012 adotta il regolamento relativo al procedimento di approvazione dei progetti di gestione sugli sbarramenti fluviali di competenza regionale. Il Regolamento rappresenta le Norme di attuazione dell'art. 14 del D. Lgs. 152/2006 e dell'art. 1 del D.M. 30/06/2004, il "Procedimento di approvazione dei progetti di gestione" e il "Regolamento in materia di sbarramento di ritenuta fluviali non soggetti al D.P.R. n°1363/1959 di competenza della Regione Siciliana."

## **CAPO I – disposizioni comuni**

### **Art. 1 – ambito di applicazione e finalità**

*Il presente regolamento disciplina:*

- a) Il procedimento di approvazione dei "progetti di gestione" delle operazioni di svasso, sfangamento, e spurgo degli invasi, ferme restando le disposizioni dettate dal D.M. di cui all'art. 114 del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 (norme in materia ambientale) per gli invasi diversi da quelli di cui alla seguente lettera b.*
- b) Le operazioni di svasso, sfangamento e spurgo degli invasi originati da sbarramenti (dighe o traverse) non disciplinati dal Decreto del Presidente della repubblica 1° novembre 1959 n° 1363 e s.m.i. (approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta), di seguito denominate operazioni soggette a disciplina regionale.*

...





## Allegato A

### I – modalità e prescrizioni per le operazioni di svasso sfangamento e spurgo

...

7. Durante le operazioni in esame le concentrazioni dei solidi sospesi nel punto monitorato a valle deve rispettare le soglie di durata/concentrazione riportate nella seguente tabella 2. La concentrazione di ossigeno disciolto deve essere sempre superiore a 5 mg/l (pari a circa il 40% di saturazione). Eventuali superamenti delle soglie succitate dovranno essere immediatamente corretti mediante opportune modulazioni delle portate rilasciate.

**Tabella 3-1: soglie di accettabilità per i solidi sospesi nelle acque rilasciate a valle degli invasi e durata di esposizione da non superare (DDG 710/2012 Allegato A, Tabella 2)**

| Concentrazione di solidi sospesi | Ossigeno disciolto | Durata massima (in ore di concentrazione di solidi sospesi)                |
|----------------------------------|--------------------|--|
| Max 40 g/l                       | Maggiore di 5 mg/l | 0,5 ore  |
| Da 15 g/l a 20 g/l               | Maggiore di 5 mg/l | 1,5 ore  |
| Da 10 g/l a 15 g/l               | Maggiore di 5 mg/l | 3,0 ore  |
| Da 5 g/l a 10 g/l                | Maggiore di 5 mg/l | 6,0 ore  |
| Meno di 5 g/l                    |                    | Fino al termine delle operazioni (con un termine massimo di una settimana) |

...

### II – modalità e prescrizioni per l'asportazione dei sedimenti a bacino pieno o vuoto

1. Le operazioni di idroaspirazione devono essere programmate con livello idrico al disotto della soglia di sfioro con tutti gli organi di scarico chiusi. Tali condizioni devono essere mantenute per almeno 24 ore a conclusione di ciascuna operazione.
2. Nel caso sia necessario o preferibile procedere allo sfangamento tramite mezzi meccanici di escavazione a invaso vuoto occorre attenersi a quanto segue:
  - a. Evitare che le acque di percolazione del materiale dragato possano produrre un incremento della torbidità delle acque del corpo idrico a valle dello sbarramento;
  - b. Fatto salvo quanto previsto all'art. 5 comma 3 e all'art. 7 del presente regolamento, le aree scelte per la dislocazione dei materiali rimossi devono essere poste in condizioni di sicurezza idraulica, sia per quanto riguarda la stabilità degli ammassi e l'esposizione a fenomeni erosivi sia per quanto riguarda il verificarsi di eventi di piena;
  - c. Ove possibile e compatibilmente con la qualità dei sedimenti, gli usi in atto e la sicurezza idraulica, i sedimenti asportati devono essere utilizzati tutti o in parte per il ripascimento delle rive del corso d'acqua a valle, con modalità che non compromettano la tutela dell'ecosistema acquatico;
  - d. Qualunque sia la localizzazione finale dei sedimenti devono essere preventivamente confrontati, per diversi tracciati stradali possibili, gli impatti dei mezzi di trasporto utilizzati, al fine di individuare il tracciato meno impattante dal punto di vista ambientale e sanitario.

...



## 4 DESCRIZIONE DELLA DIGA E DEL BACINO DI CASTELLO

La diga e l'invaso di Castello presentano le caratteristiche amministrative e dimensionali riepilogate nella tabella che segue. Si rimanda al Progetto di Gestione per ulteriori dettagli.

**Tabella 4-1: caratteristiche dell'invaso e della diga di Castello**

|  |   |
|--|---|
| Superficie lago alla quota di massima regolazione (km <sup>2</sup> )                       | 1,60                                    |
| Superficie bacino imbrifero direttamente sotteso (km <sup>2</sup> )                        | 81,00                                   |
| Superficie bacino imbrifero allacciato (km <sup>2</sup> )                                  | 22,40                                   |
| Altezza dello sbarramento (ai sensi del DM 24/03/1982) (m)                                 | 49,55                                   |
| Altezza dello sbarramento (ai sensi della L. 584/1994) (m)                                 | 35,55                                   |
| Altezza di massima ritenuta (m)  | 30,50                                   |
| Quota di coronamento (m s.l.m.)  | 301,70                                  |
| Sviluppo coronamento (m)   | 792,00                                  |
| Quota di massimo invaso (m s.l.m.)   | 296,65                                  |
| Quota massima di regolazione da FCEM (m s.l.m.)  | 293,65                                  |
| Quota minima di regolazione (m s.l.m.)   | 274,15                                  |
| Quota soglia scarico di superficie (m s.l.m.)  | 293,65                                  |
| Quota soglia scarico di fondo (m s.l.m.)   | 274,15                                  |
| Quota soglia scarico di esaurimento (m s.l.m.)   | 260,65                                  |
| Quota soglia opera di derivazione (m s.l.m.)   | 274,15                                  |
| Volume di invaso attuale (m <sup>3</sup> )   | 18,7 x 10 <sup>6</sup>                  |
| Volume di invaso originale (ai sensi della L. 584/94) (m <sup>3</sup> )                    | 21,00 x 10 <sup>6</sup>                 |
| Volume utile di invaso attuale (m <sup>3</sup> )   | 18,08 x 10 <sup>6</sup>                 |
| Volume utile di invaso originale (m <sup>3</sup> )   | 18,00 x 10 <sup>6</sup>                 |
| Volume di laminazione (m <sup>3</sup> )  | 5,00 x 10 <sup>6</sup>                  |
| Volume di sedimento attualmente presente nel volume utile di regolazione (m <sup>3</sup> ) | 62.000                                  |
| Stima dell'apporto solido annuo del serbatoio (m <sup>3</sup> /anno)*                      | 63.000 (A)<br>39.000 (B)<br>175.000 (C) |

\*(A) valore calcolato considerando l'intera vita utile dell'invaso (periodo 1982-2021)

(B) valore calcolato sulla sedimentazione occorsa tra la costruzione dell'invaso e la prima batimetria disponibile (periodo 1982-2014)

(C) valore calcolato considerando la sedimentazione occorsa tra la precedente batimetria e i rilievi batimetrici 2021 (periodo 2014-2021)

Lo sbarramento, in materiali sciolti con manto di tenuta in conglomerato bituminoso, ha andamento planimetrico costituito da due tratti rettilinei laterali, di m 165 quello in destra e di m 317 quello in sinistra, raccordati da un arco di cerchio dello sviluppo di m 309,80, con raggio di 268,08 m e concavità verso valle; in destra esso si attesta nel muro in calcestruzzo del canale fagatore dello scarico di superficie, ed in sinistra si collega ad un ampio placcaggio che risale la sponda per circa 400 metri. La sezione trasversale di massima altezza ha forma trapezoidale, con larghezza in testa di metri 9,00 e larghezza alla base di 21 metri circa.

Ai fini del presente progetto sono di particolare rilievo le caratteristiche e le quote dello scarico di fondo, dello scarico di esaurimento e dell'opera di presa.

Lo scarico di fondo è ubicato in sponda destra ed è costituito da una bocca ad imbuto, con soglia a quota 274,15 m s.l.m., posta in una propaggine antistante la struttura a torre dove sono ubicati gli organi di intercettazione, e da una galleria circolare, del diametro di 5,00 m che sbocca nella vasca di smorzamento



dello scarico di superficie con percorso coassiale al canalone di scarico. L'imbocco è protetto da griglie verticali, munite di sgrigliatore meccanico, che delimitano la suddetta propaggine lungo le cui pareti, a varie altezze, sono ubicate le bocche dell'opera della derivazione irrigua. La torre ha sezione interna circolare, del diametro di 6,60 m, e al fondo di essa, a quota 259,15 m s.l.m., sono installati i dispositivi di manovra degli organi di intercettazione. La susseguente galleria ha una lunghezza di 690 m circa e pendenza del 1,5%. Gli organi di intercettazione, costituiti da due paratoie piane in serie, 1,70 x 2,10 m, con soglia a quota 253,65 m s.l.m., sono manovrabili con dispositivo oleodinamico alimentato da energia elettrica da rete ENEL o da gruppo elettrogeno, dalla cabina di comando posta sulla sommità della torre, con piano di calpestio a quota 298,65 m s.l.m., e dalla casa di guardia, o da energia manuale dalla suddetta cabina. Alla torre si accede tramite un viadotto in conglomerato cementizio.

Lo scarico di esaurimento è costituito da una tubazione metallica del diametro di 1500 mm, munita di imbocco, con soglia quota 260,65 m s.l.m., posto a circa 80 m dalla torre delle paratoie dello scarico di fondo verso l'interno del lago in sponda destra. La condotta è alloggiata all'interno della galleria, non più ispezionabile, della deviazione provvisoria, annegata in calcestruzzo. In corrispondenza della torre suddetta lo scarico è intercettato da due paratoie piane a strisciamento, 1,00 x 1,00 m, con soglia a quota 253,65 m s.l.m., e confluisce nella galleria dello scarico di fondo. Le paratoie sono manovrabili con dispositivo oleodinamico, alimentato da energia elettrica da rete ENEL o da gruppo elettrogeno, dalla cabina di comando posta sulla sommità della torre e della casa di guardia, o da energia manuale dalla suddetta cabina.

La presa per la derivazione irrigua, dimensionata per una portata massima di 2,0 m<sup>3</sup>/s, è costituita da quattro bocche rettangolari poste sulla parete destra della propaggine della torre delle paratoie dello scarico di fondo, a cui seguono tubazioni intercettate ciascuna da due paratoie a saracinesca in serie, che fanno capo ad un'unica tubazione verticale che percorre tutta la torre ed è intercettata alla base di questa da una saracinesca a cui segue la condotta di derivazione che sottopassa la galleria dello scarico di fondo e si attesta poi in un apposito manufatto di regolazione e misure. Le bocche di presa hanno soglia rispettivamente alle quote 286,15 - 281,15 - 276,15 - e 271,15 m s.l.m.

Le saracinesche di intercettazione sono ubicate su mensole in c.a. all'interno della torre delle paratoie e sono manovrabili con dispositivo oleodinamico alimentato da energia elettrica da rete ENEL o da gruppo elettrogeno, dalla cabina in testa alla torre, od in loco da energia manuale.

Un impianto di sollevamento posto a valle degli organi di intercettazione, e costituito da tre elettropompe, da una condotta metallica di mandata e da una vasca di carico della capacità di 5000 m<sup>3</sup>, alimenta un comprensorio irriguo che si estende per circa 4,5 km<sup>2</sup> a monte del serbatoio, nella conca di Bivona.

Altre derivazioni irrigue avvengono tramite l'adduttore Castello e tramite la condotta di interconnessione con il bacino del Gebbia. Entrambe le condotte utilizzate in modalità di funzionamento inversa rispetto al "funzionamento invernale" a gravità, consentono, con l'ausilio di sollevamenti, di trasferire risorse idriche rispettivamente alle zone irrigue del bacino del Verdura e del Gebbia.

La derivazione ad uso potabile è costituita da un impianto di sollevamento realizzato con elettropompe poste all'estremità di pontili galleggianti situati in sponda opposta alla diga. Le elettropompe sollevano l'acqua fino all'impianto di potabilizzazione, sito sulla stessa sponda opposta allo sbarramento, di proprietà di Girgenti Acque s.p.a. soggetto gestore del servizio idrico integrato della provincia di Agrigento.

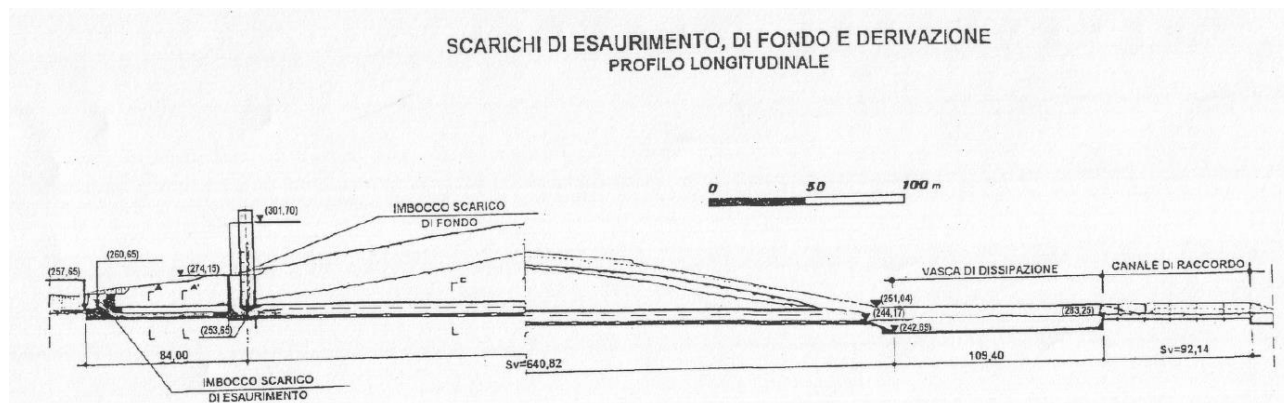


Figura 4-1: scarichi di esaurimento, di fondo e derivazione – profilo longitudinale

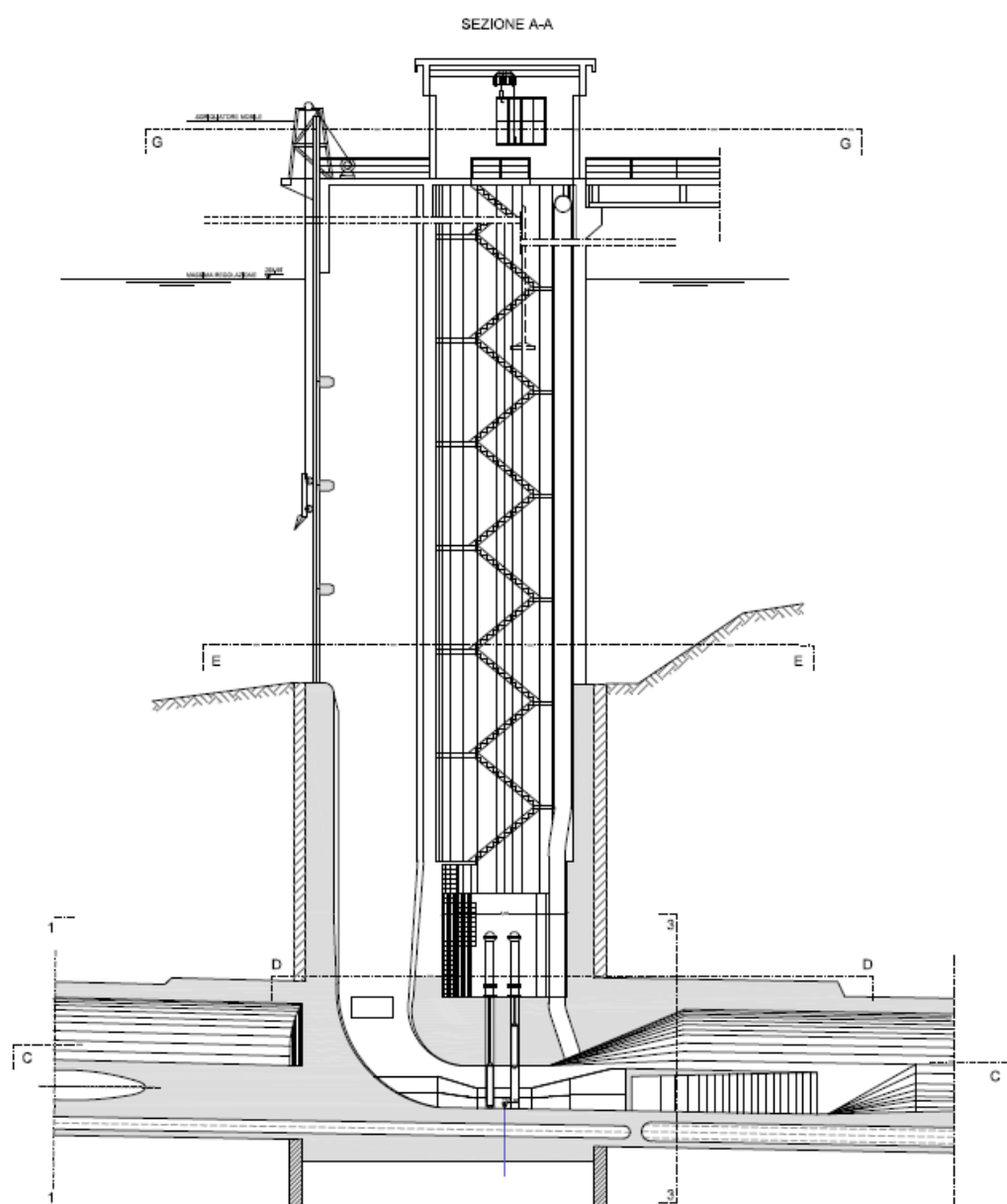


Figura 4-2: sezione della torre di presa

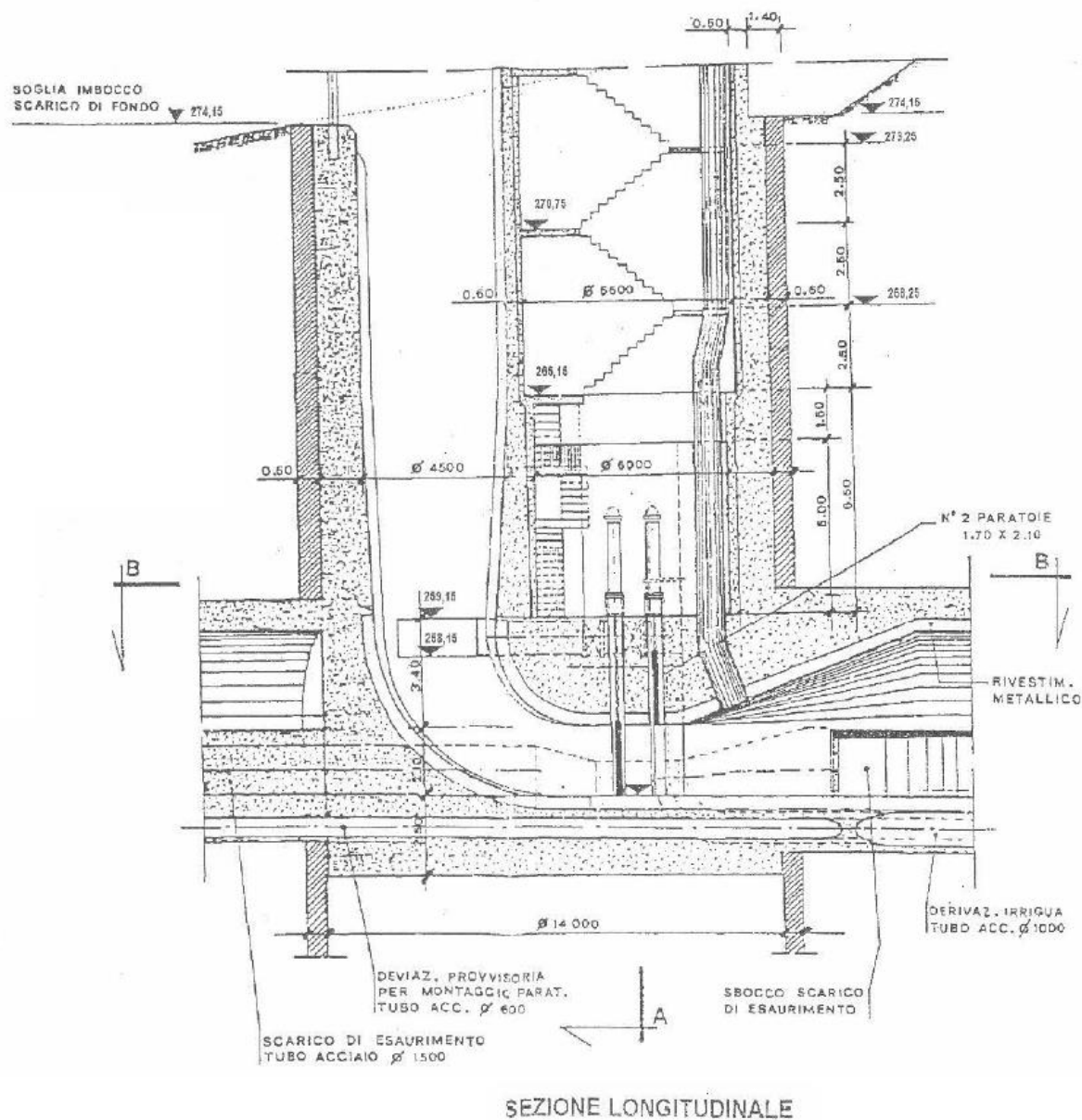


Figura 4-3: scarichi di esaurimento, di fondo e derivazione – particolari della torre di manovra



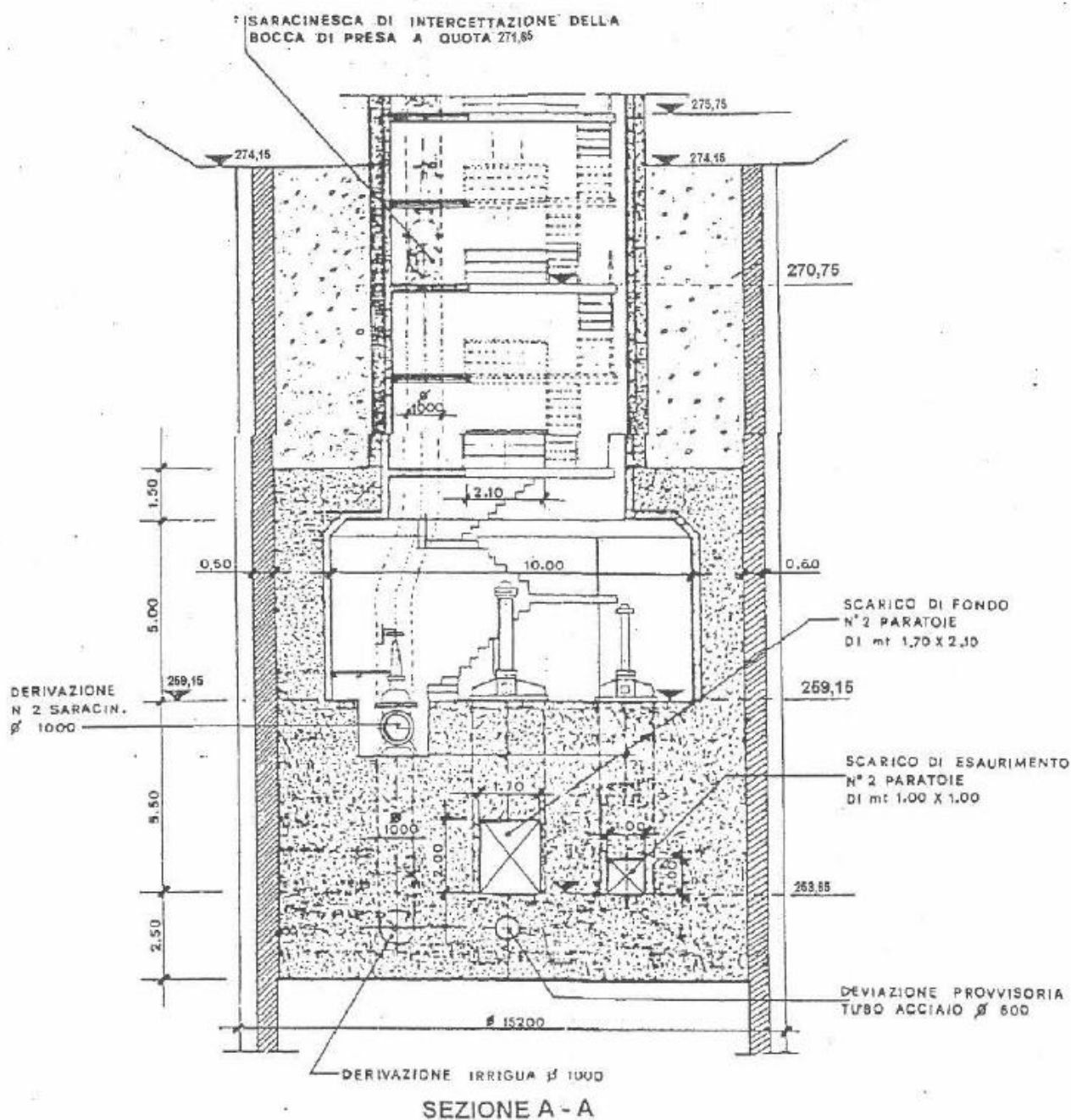


Figura 4-4: scarichi di esaurimento, di fondo e derivazione – particolari della torre di manovra





Figura 4-6: inquadramento planimetrico delle derivazioni a uso irriguo e potabile

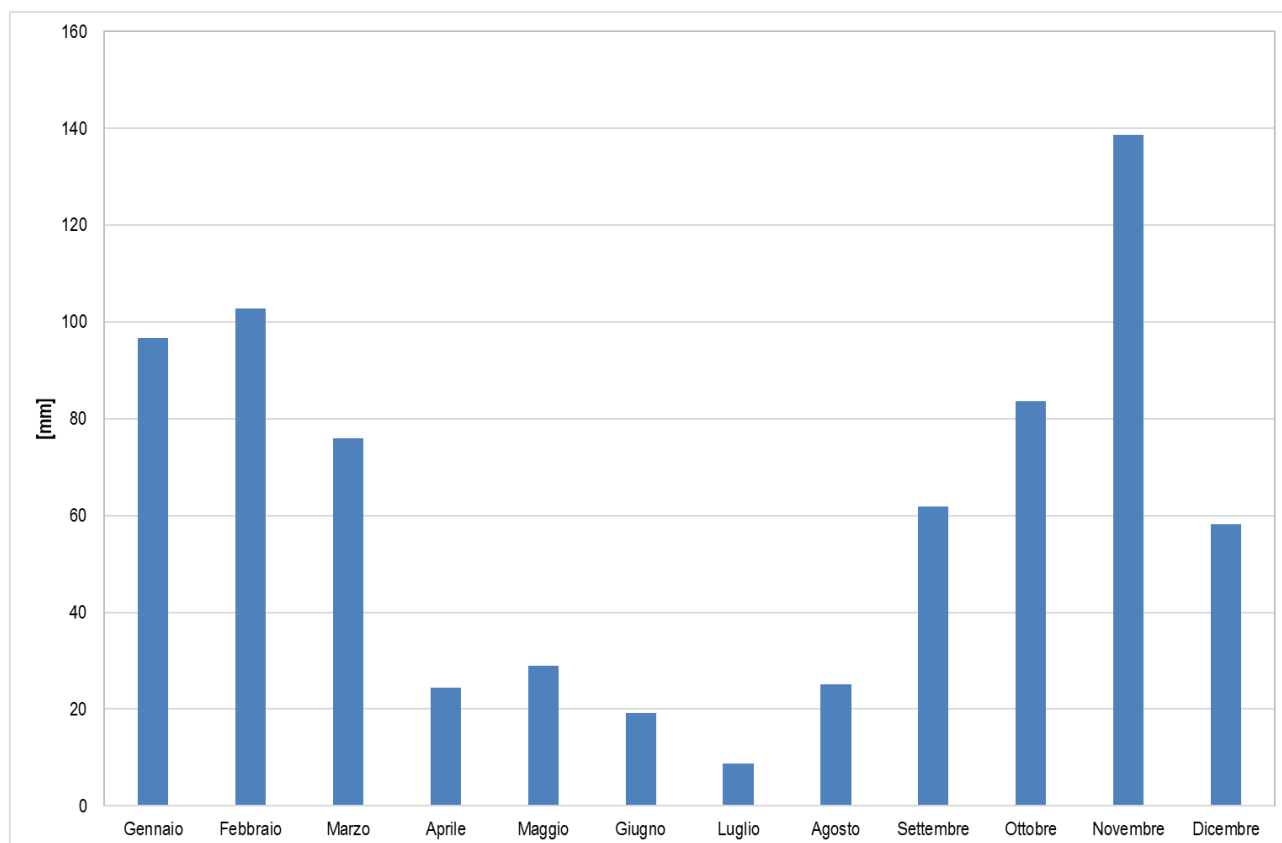


## 5 CONDIZIONI IDROLOGICHE ATTESE

In questo capitolo sono sintetizzate le condizioni idrologiche del bacino di interesse.

La dinamica delle portate in arrivo al bacino è legata all'andamento delle precipitazioni.

Ai fini di una caratterizzazione meteo-climatica dell'area di interesse è stata condotta un'analisi sui dati di precipitazione giornalieri rilevati dal gestore presso la diga di Castello relativi agli ultimi 5 anni; tali dati sono stati aggregati in medie mensili, osservabili nel grafico riportato qui di seguito. Dai dati disponibili, è possibile osservare che la precipitazione media annua si attesta intorno ai 724 mm di pioggia all'anno, con un valore medio mensile di circa 60,4 mm/mese. I mesi più piovosi si collocano a inizio (gennaio e febbraio) e fine anno (ottobre e novembre), con una precipitazione media mensile di 105,4 mm di pioggia al mese; il mese più siccitoso risulta invece luglio, con una precipitazione media mensile di soli 8,7 mm/mese.



**Figura 5-1: pioggia cumulata media mensile (periodo 2015-2020)**

Si riporta inoltre di seguito una tabella riepilogativa dei volumi derivati a uso irriguo e potabile negli ultimi 5 anni.





**Tabella 5-1: Volumi mensili derivati dal 2015 al 2020**

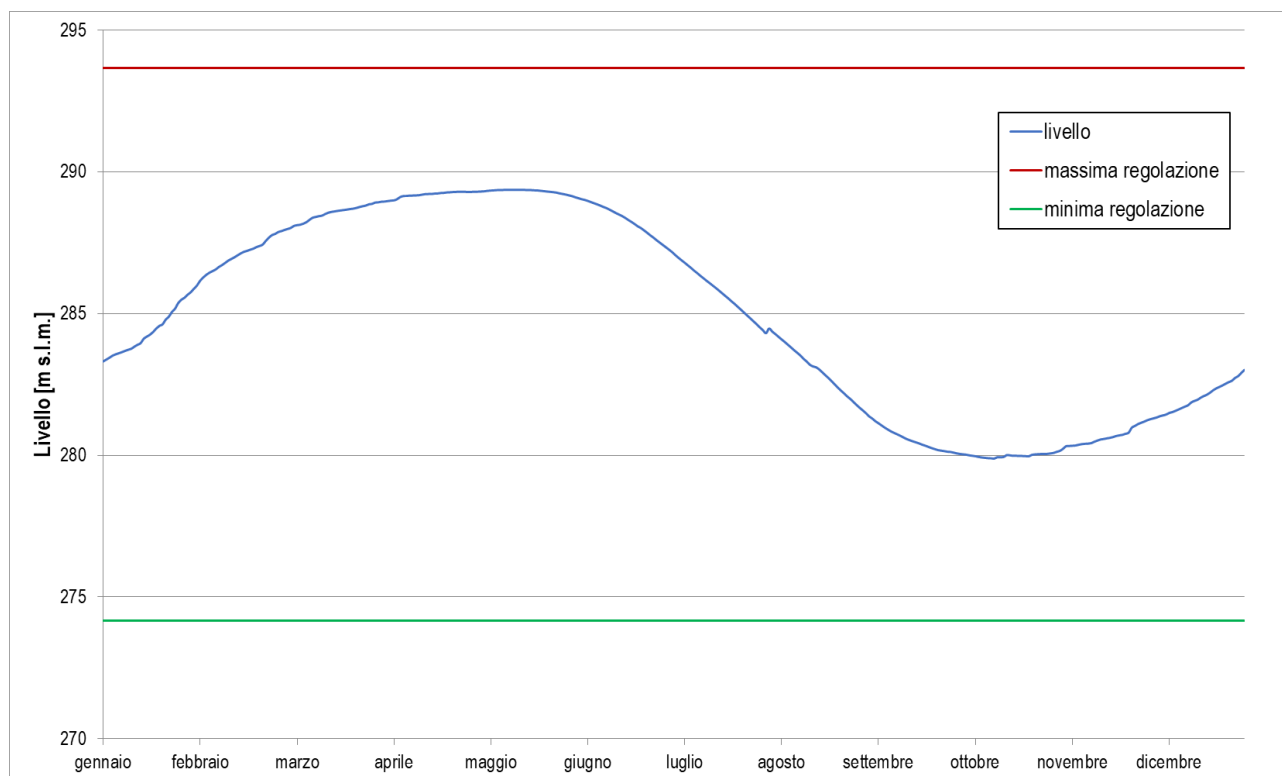
| Volumi derivati [m <sup>3</sup> ] |                   |          |                   |                  |                  |                  |                  |                |                   |                  |
|-----------------------------------|-------------------|----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------|
|                                   | 2016              |          | 2017              |                  | 2018             |                  | 2019             |                | 2020              |                  |
|                                   | irriguo           | potabile | irriguo           | potabile         | irriguo          | potabile         | irriguo          | potabile       | irriguo           | potabile         |
| <b>gennaio</b>                    | -                 | -        | -                 | -                | -                | 143.404          | -                | 55.190         | -                 | -                |
| <b>febbraio</b>                   | -                 | -        | -                 | -                | -                | 129.526          | -                | 49.849         | -                 | 65.511           |
| <b>marzo</b>                      | -                 | -        | -                 | -                | -                | 123.108          | -                | 55.190         | -                 | 295.665          |
| <b>aprile</b>                     | 143.000           | -        | -                 | -                | -                | 77.892           | -                | 53.410         | -                 | 277.600          |
| <b>maggio</b>                     | 741.065           | -        | 676.110           | 48.594           | 283.397          | 80.488           | 109.667          | 55.190         | 1.019.231         | 290.623          |
| <b>giugno</b>                     | 2.274.608         | -        | 2.509.842         | 185.139          | 1.200.239        | 77.892           | 1.602.923        | 53.410         | 2.023.651         | 290.865          |
| <b>luglio</b>                     | 2.961.539         | -        | 3.066.798         | 197.496          | 2.824.027        | 80.488           | 2.964.528        | 55.190         | 2.596.692         | 261.673          |
| <b>agosto</b>                     | 2.750.965         | -        | 2.927.694         | 172.133          | 1.763.835        | 80.488           | 2.646.767        | 55.190         | 2.215.186         | 265.714          |
| <b>settembre</b>                  | 2.051.629         | -        | 1.490.788         | 166.580          | 1.273.046        | 74.628           | 376.327          | 53.410         | 1.172.089         | 257.143          |
| <b>ottobre</b>                    | 566.222           | -        | 1.001.900         | 161.939          | -                | 55.190           | -                | 55.190         | 1.171.200         | 265.714          |
| <b>novembre</b>                   | -                 | -        | 130.613           | 138.778          | -                | 53.410           | -                | 53.410         | 706.251           | 257.143          |
| <b>dicembre</b>                   | -                 | -        | -                 | 143.404          | -                | 55.190           | -                | -              | -                 | 265.714          |
| <b>TOTALE</b>                     | <b>11.489.026</b> | <b>-</b> | <b>11.803.746</b> | <b>1.214.062</b> | <b>7.344.545</b> | <b>1.031.704</b> | <b>7.700.213</b> | <b>594.627</b> | <b>10.904.300</b> | <b>2.793.367</b> |
|                                   | <b>11.489.026</b> |          | <b>13.017.807</b> |                  | <b>8.376.249</b> |                  | <b>8.294.840</b> |                | <b>13.697.667</b> |                  |

Sulla base dei dati riportati in tabella è possibile affermare che la disponibilità media annua del bacino di Castello è di circa 11 Mm<sup>3</sup>/anno. In assenza di informazioni più specifiche, si assume che tale disponibilità annua, incrementata della quota di evapotraspirazione e degli eventuali scarichi in corso di piena, corrisponda al volume medio annuo in ingresso all'invaso.

## 5.1 Livelli dell'invaso

Sulla base dei dati giornalieri di livello nel bacino di Castello raccolti dal gestore dal 1997 al 2020 è stato possibile ricostruire l'andamento dei livelli nell'anno medio, osservabile nel grafico seguente.





**Figura 5-2: andamento dei livelli del bacino di Castello**

Risulta quindi evidente che i massimi livelli sono normalmente raggiunti in primavera e quelli minimi in autunno.



## 6 IL SEDIMENTO PRESENTE NEL BACINO E NELL'AREA DI INTERESSE

### 6.1 Quantità e quote del sedimento

Il volume originario dell'invaso, ai sensi della l. 584/1994, risultava pari a 21,0 milioni di m<sup>3</sup>, mentre il volume utile corrispondeva a 18,0 milioni di m<sup>3</sup>; a seguito dei rilievi eseguiti nel 2021 è possibile effettuare una valutazione in merito all'interrimento presente nell'invaso:

- dal confronto con il volume originario si deduce un interrimento pari a 2,5 milioni di m<sup>3</sup> (circa il 12% del volume totale originario);
- dal confronto con il volume utile si deduce un interrimento pari a 62.000 m<sup>3</sup> (circa il 0,3% del volume utile originario).

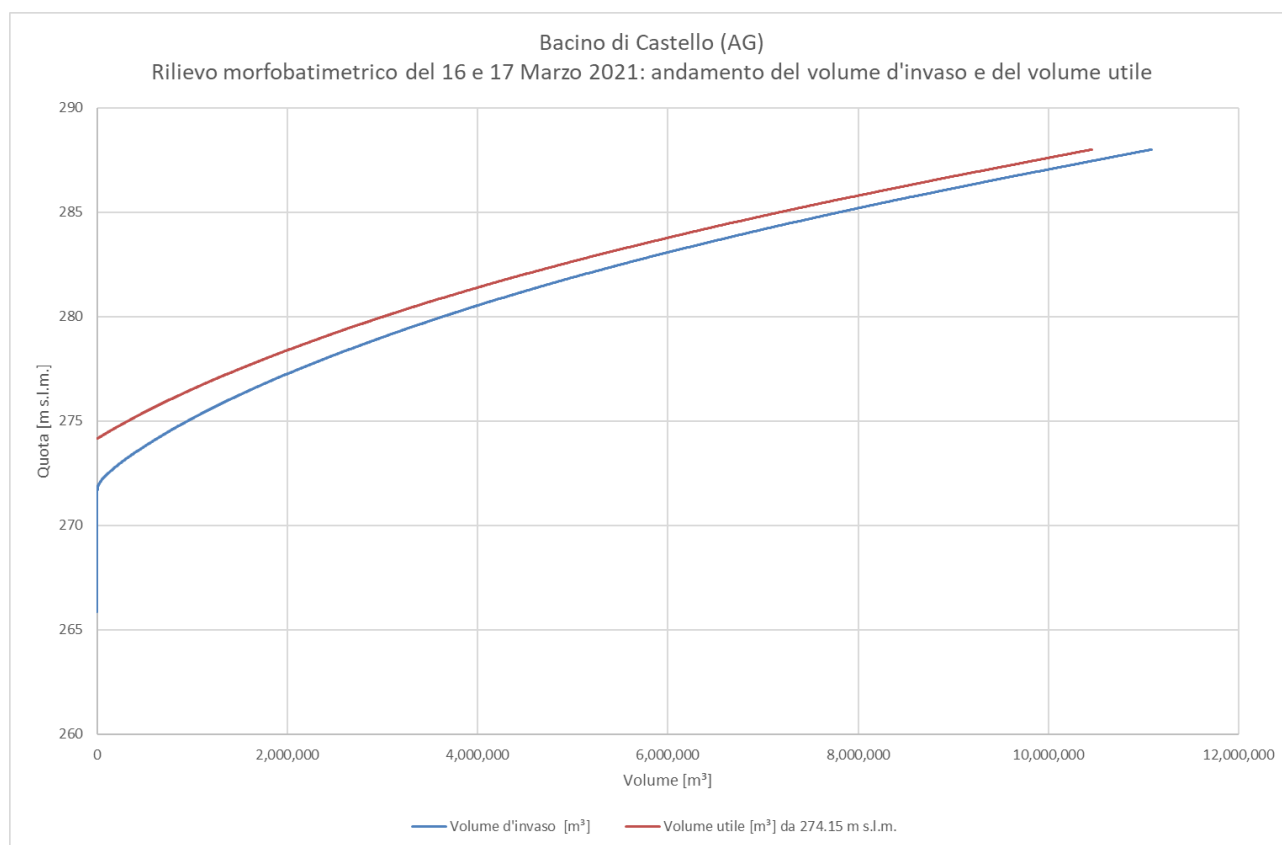


Figura 6-1: confronto curve di invaso del bacino di Castello

Si riportano di seguito estratti delle tavole relative al rilievo eseguito nel 2021.

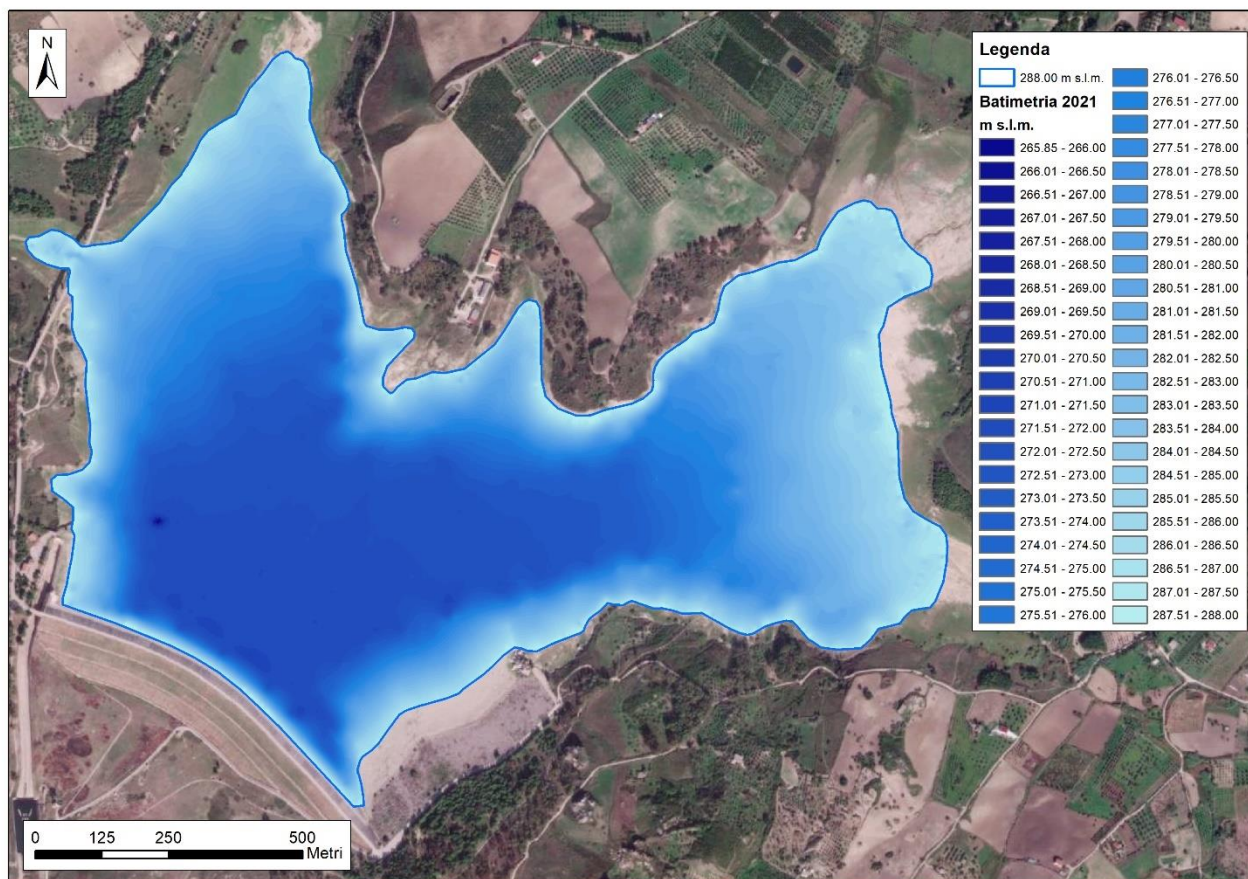
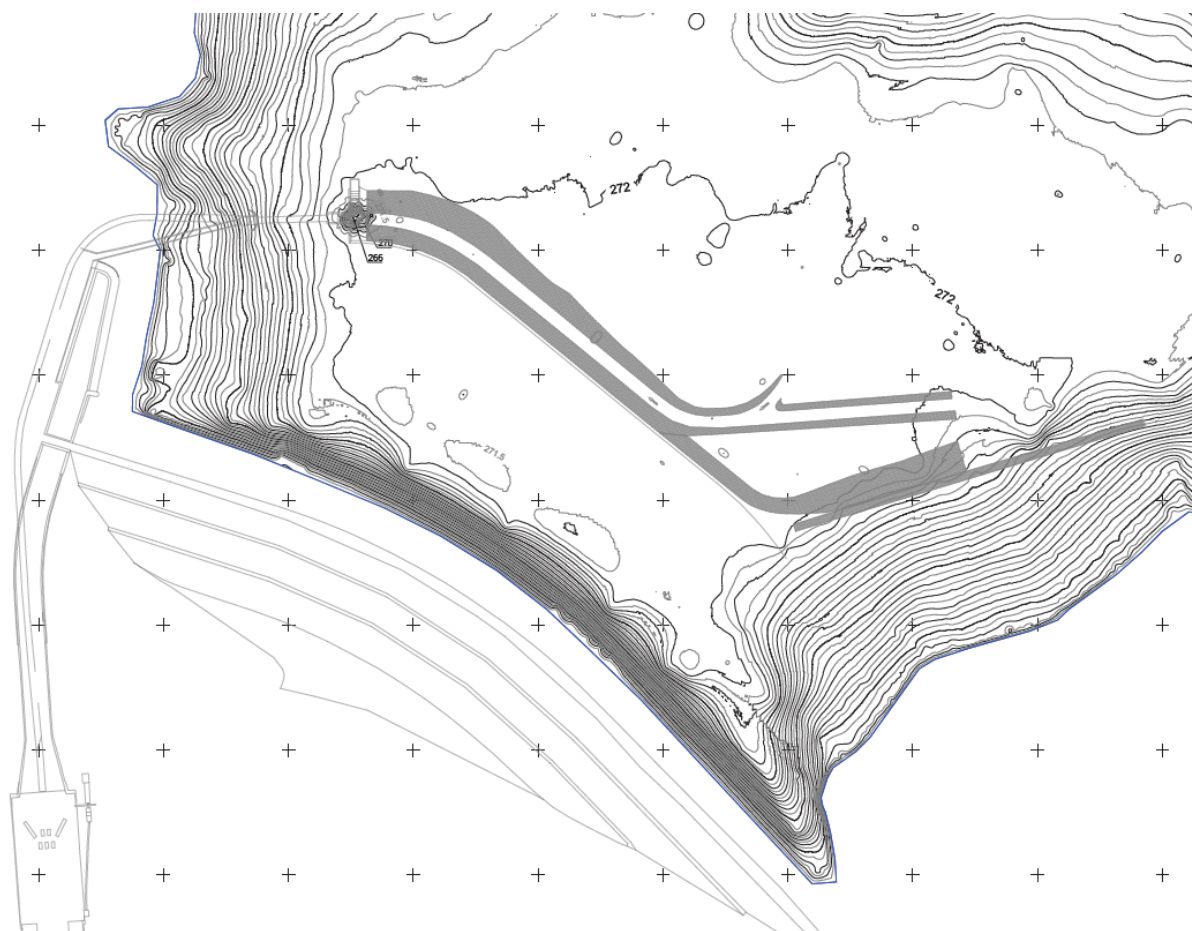


Figura 6-2: carta batimetrica (rilievo 2021)

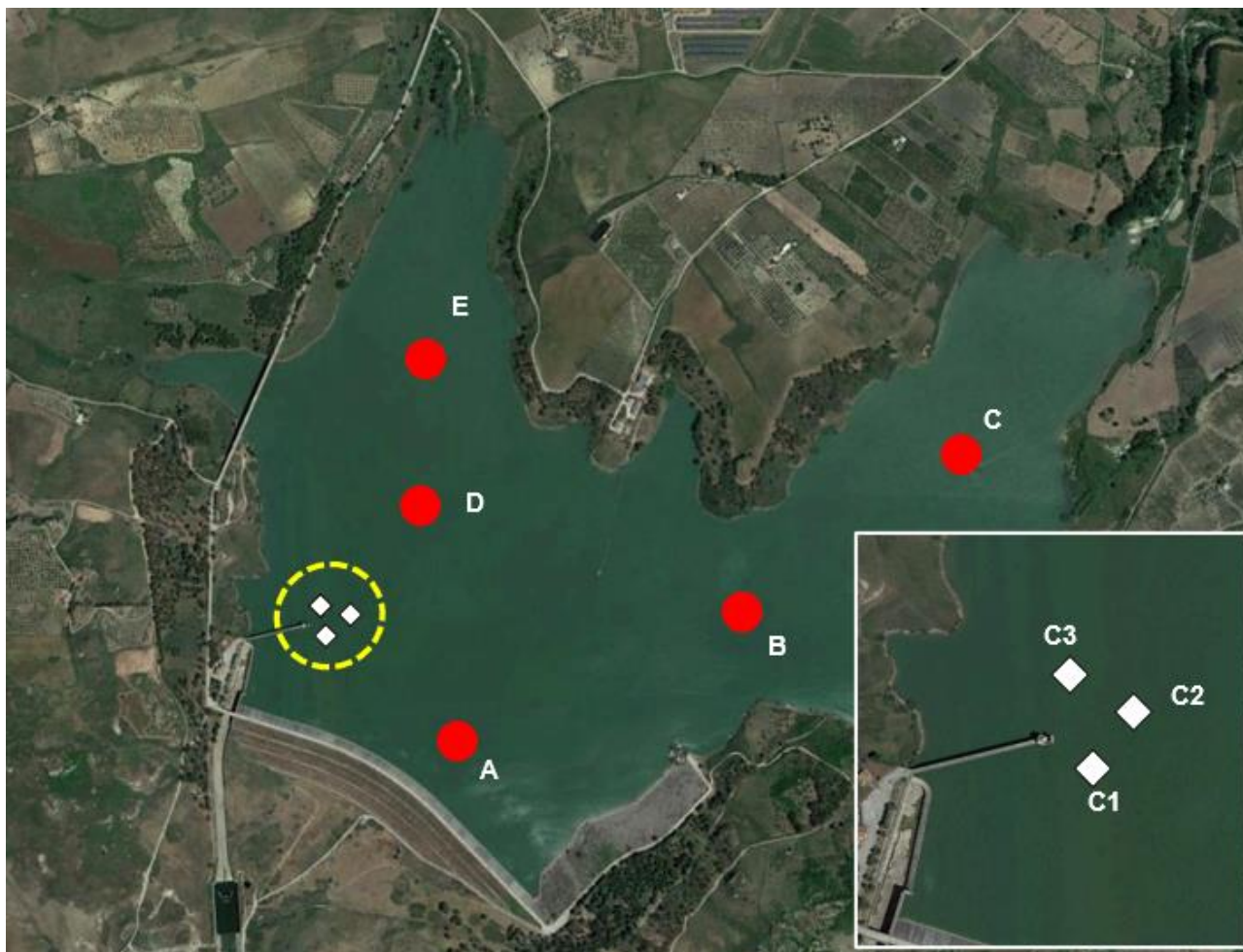


**Figura 6-3: carta batimetrica isobate a 0,5 m (rilievo 2021) – dettaglio diga**

## 6.2 Caratteristiche qualitative del sedimento

Rimandando per i dettagli al PdG nel presente paragrafo si riportano in sintesi gli esiti delle campagne di valutazione qualitativa del sedimento 2021: i cerchi rossi indicano i punti di campionamento della qualità superficiale del sedimento, i rombi bianchi indicano i punti di carotaggio per la caratterizzazione profonda del sedimento presso lo scarico di fondo.



**Figura 6-4: localizzazione punti di indagine 2021**

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle indagini granulometriche effettuate sui campioni di sedimento.

Dal punto di vista granulometrico i campioni superficiali mostrano piena omogeneità: prevale la sabbia fine, seguita dall'argilla e dalla sabbia grossa, che risulta particolarmente variabile. Il limo risulta presente in tutti i campioni in quantità limitate sia per la frazione fine sia per la frazione grossolana.

**Tabella 6-1: Analisi granulometrica sedimento superficiale**

| Campione | Sabbia grossa<br>> 0,2 mm<br>g/kg | Sabbia fine<br>0,2- 0,05 mm<br>g/kg | Limo grosso<br>0,05- 0,02 mm<br>g/kg | Limo fine<br>0,02-0,002 mm<br>g/kg | Argilla<br>< 0,002 mm<br>g/kg |
|----------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| A        | 200                               | 400                                 | 8                                    | 12                                 | 380                           |
| B        | 70                                | 550                                 | 2                                    | 8                                  | 370                           |
| C        | 47                                | 563                                 | 34,5                                 | 5,5                                | 350                           |
| D        | 30                                | 590                                 | 19,5                                 | 0,5                                | 360                           |
| E        | 124                               | 486                                 | 10                                   | 10                                 | 370                           |





Anche nei campioni raccolti dallo strato profondo si osserva piena omogeneità, ma a differenza di quanto rilevato nello strato superficiale, la frazione prevalente è quella argillosa, seguita dalla sabbia fine e dalla sabbia grossa. Il limo, analogamente a quanto osservato nei campioni raccolti dallo strato superficiale, è presente in quantità limitate, rispetto alle altre frazioni, sia per la componente fine sia per la componente grossolana.

**Tabella 6-2: Analisi granulometrica sedimento profondo**

| Campione | Sabbia grossa<br>> 0,2 mm<br>g/kg | Sabbia fine<br>0,2- 0,05 mm<br>g/kg | Limo grosso<br>0,05- 0,02 mm<br>g/kg | Limo fine<br>0,02-0,002 mm<br>g/kg | Argilla<br>< 0,002 mm<br>g/kg |
|----------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| C1       | 172                               | 219                                 | 53                                   | 69                                 | 487                           |
| C2       | 167                               | 224                                 | 69                                   | 79                                 | 461                           |
| C3       | 165                               | 226                                 | 74                                   | 83                                 | 452                           |

Sulla base del complesso delle indagini eseguite, in riferimento ai parametri analitici considerati, il sedimento del bacino e più in particolare quello interessato dall'attività descritta risulta essere:

- non pericoloso ai sensi del D.Lgs. 152/06 art. 185 comma 3, quindi può essere spostato liberamente all'interno delle acque superficiali o nell'ambito delle pertinenze idrauliche;
- nel confronto con i limiti del D.Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1, colonna A) compatibile per l'uso residenziale – verde pubblico;
- tutti i parametri indagati dell'eluato presentano valori inferiori ai limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3);
- assenza di ecotossicità.

Nel complesso quindi le indagini eseguite mostrano che il sedimento del bacino Castello non presenta criticità qualitativa alcuna che ne limiti la movimentazione.



## 7 INTERVENTO PREVISTO

Il bacino di Castello presenta, come detto, l'importante funzione di assicurare rilevanti volumi idrici per l'uso idropotabile. La garanzia di tale uso necessita di livelli qualitativi della risorsa idrica maggiori e costanti rispetto, ad esempio, all'uso irriguo o idroelettrico

Come accennato in premessa al momento la situazione dell'invaso non presenta criticità ma si ritiene di dover valutare con attenzione l'indicazione che emerge dai rilievi morfo-batimetrici eseguiti che evidenziano una significativa accelerazione dei fenomeni con un tasso di sedimentazione in forte incremento e conseguentemente un aumento della quota dei sedimenti nei pressi delle “opere sensibili” del bacino stesso.

Ciò considerato si definiscono quindi sin da ora le possibili modalità di intervento a scopo preventivo da mettere in programmazione nel medio periodo.

Rimandando ai prossimi documenti progettuali per i contenuti tecnici specifici dell'intervento, si riporta di seguito una sintetica descrizione delle varie alternative considerate in precedenza e di quanto previsto in termini di fattibilità; ciò ai fini di meglio comprendere la finalità e le modalità operative degli interventi di gestione del sedimento, oggetto specifico del presente Piano Operativo.

### 7.1 Analisi delle alternative

Una rimozione puntuale e localizzata di sedimento in un'area profonda normalmente allagata e prossima alle opere di presa e scarico può essere eseguita secondo almeno tre approcci operativi diversi:

- fluitazione-spurgo utilizzando, ad invaso vuoto, la capacità erosiva delle acque fluenti nel bacino in periodo di buona idraulicità;
- rimozione meccanica utilizzando, ad invaso vuoto, mezzi di movimento terra in condizioni di magra;
- dragaggio/sorbonatura senza particolari vincoli temporali o di quota.

Tali opzioni sono state valutate alla luce delle indicazioni riportate nelle Linee di indirizzo Distrettuali; poiché le prime due opzioni prevedono lo svuotamento completo del bacino e la conseguente indisponibilità degli usi della risorsa idrica normalmente previsti, la scelta è quella di indirizzare l'intervento verso la terza opzione che è compatibile il mantenimento degli usi in essere, oltre che, come meglio spiegato nel seguito pienamente compatibile con le esigenze di tutela ambientale.

Tale scelta di principio potrebbe in futuro essere rivista dopo aver valutato i primi interventi, descritti nel presente Piano Operativo, ed i relativi effetti.

Relativamente alla destinazione del sedimento rimosso le possibili opzioni sono:

- fluitazione verso valle nell'alveo del corpo idrico recettore;
- riposizionamento all'interno del bacino in area non interferente;
- recupero e trasporto in area di riutilizzo;
- smaltimento in discarica.

Pur essendo tutte tecnicamente e normativamente possibili, in relazione alle condizioni ambientali, operative e di rapporto costi-benefici si propende per la seconda soluzione, quanto meno in questo primo intervento,



anche perché i volumi oggetto di intervento sono collocati nel c.d. “volume morto”, quindi al di sotto della quota di minima regolazione, non rappresentando pertanto neppure marginalmente un recupero di volume utile, e rappresentano una frazione del tutto marginale del volume dell’invaso.

## 7.2 Descrizione dell'intervento

L'intervento previsto di tutela della risorsa idrica derivata e della futura piena funzionalità delle opere di presa e scarico profondo prevede la rimozione del sedimento nell'area dell'opera di presa e degli scarichi profondi.

In questo piano operativo, come detto, viene quindi sviluppata l'ipotesi progettuale di preliminarmente fattibilità della rimozione del sedimento, con la premessa che la descrizione di dettaglio degli interventi sarà definita negli elaborati progettuali definitivi, una volta condivisi, dagli enti coinvolti nella valutazione, i principi generali qui presentati.

Si riporta di seguito la planimetria dell'area di dragaggio ed una possibile sezione di scavo sviluppate a tutela della pervietà dello scarico di esaurimento la cui funzionalità garantisce indirettamente la pervietà degli organi a quota superiore.

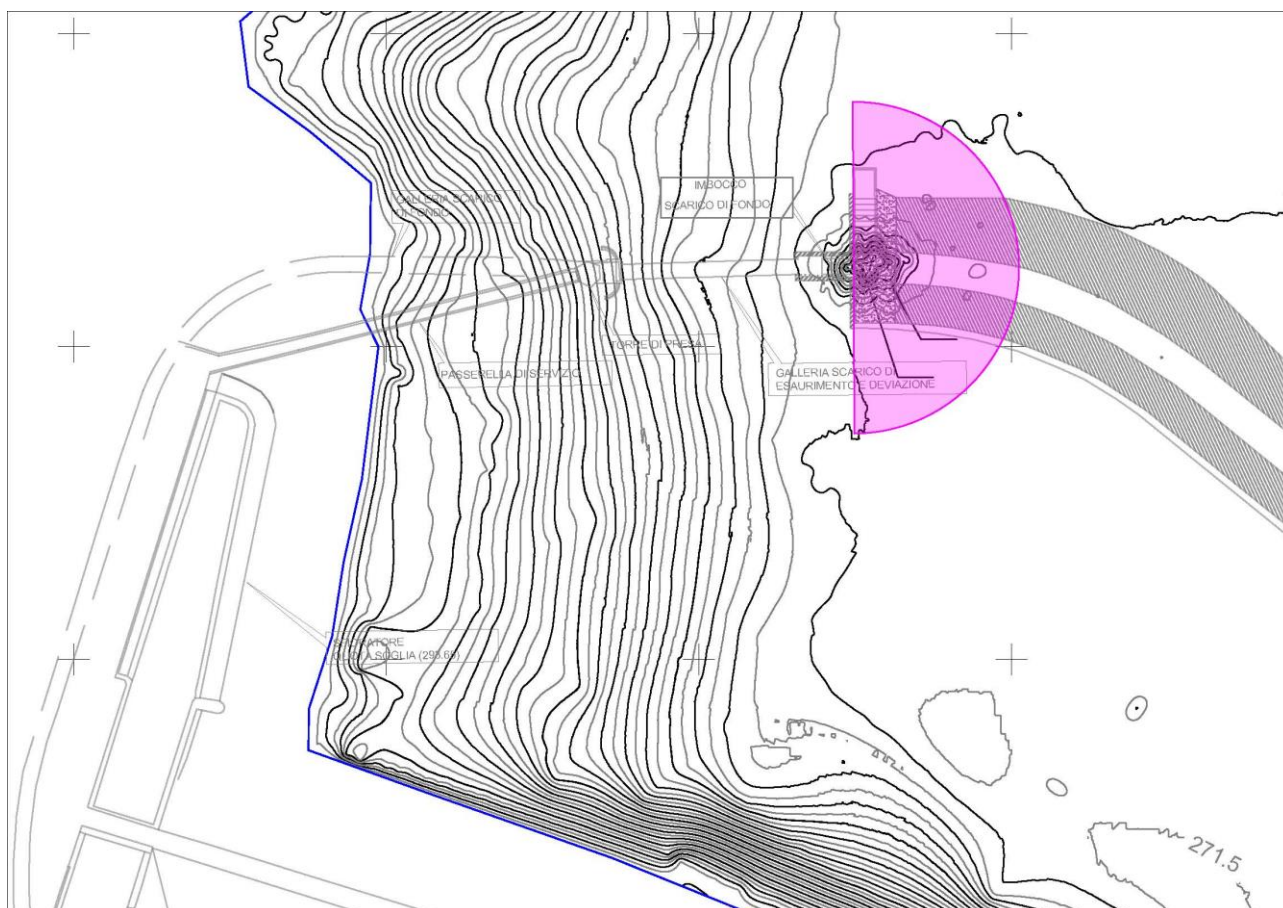
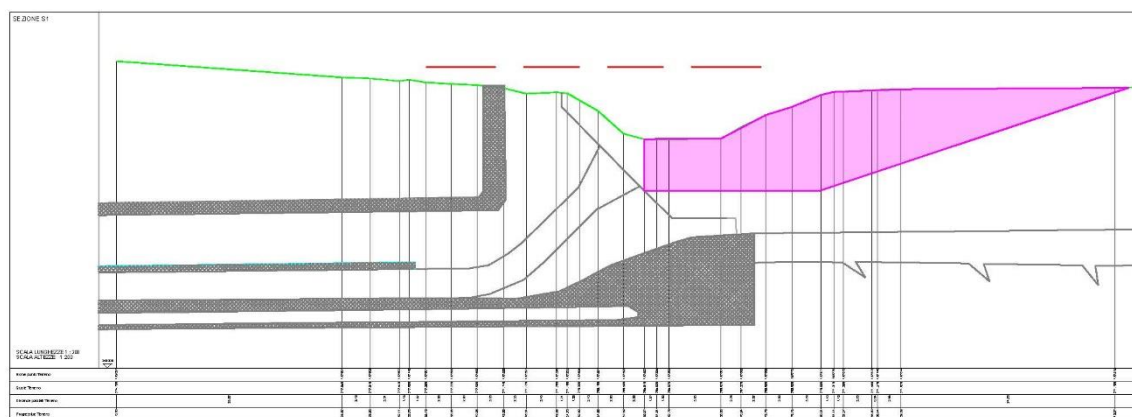


Figura 7-1: planimetria degli interventi di dragaggio



**Figura 7-2: sezione di scavo**

**La soluzione progettuale proposta, come detto, non richiede in fase di realizzazione lo svasso del bacino e, relativamente alla gestione dei sedimenti, prevede la rimozione anche per step successivi di circa 20.000 m<sup>3</sup> e la loro collocazione in area non interferente.**

Il volume da rimuovere è stato valutato sulla base dei rilievi morfobatimetrici eseguiti a marzo 2021, ipotizzando di creare una prima area pianeggiante davanti all'imbocco dello scarico di esaurimento, alla quota della soglia di quest'ultimo, per un raggio di circa 20 metri e successivamente raggiungere la quota attuale del sedimento con una pendenza cautelativa di 1:3.

Le fasi operative individuate nell'ambito dell'asportazione del sedimento sono le seguenti:

1. rimozione tramite dragaggio;
2. trasporto/pompaggio;
3. ricollocazione.

Per realizzare l'intervento previsto deve essere dragata un'area con una superficie di circa 4500 m<sup>2</sup> al fine di rimuovere i circa 20.000 m<sup>3</sup> di sedimenti presenti.

Il materiale da asportare è costituito principalmente da sabbia e argilla, come da dettagli riportati nel capitolo precedente, la prima prevalente negli strati superficiali la seconda in quelli profondi.

Durante le operazioni di rimozione le normali attività di derivazione e scarico saranno mantenute in funzione.

Per la rimozione del sedimento è previsto l'impiego di un sistema dragante costituito da una pompa idraulica sommergibile, munita di escavatori idraulici meccanici per la disaggregazione del materiale, che grazie ad un regime di rotazione estremamente ridotto permettono di ridurre al minimo l'eventuale produzione di torbidità. La pompa è caratterizzata da un sistema di compensazione idraulica necessaria per il raggiungimento della profondità di scavo progettuale.

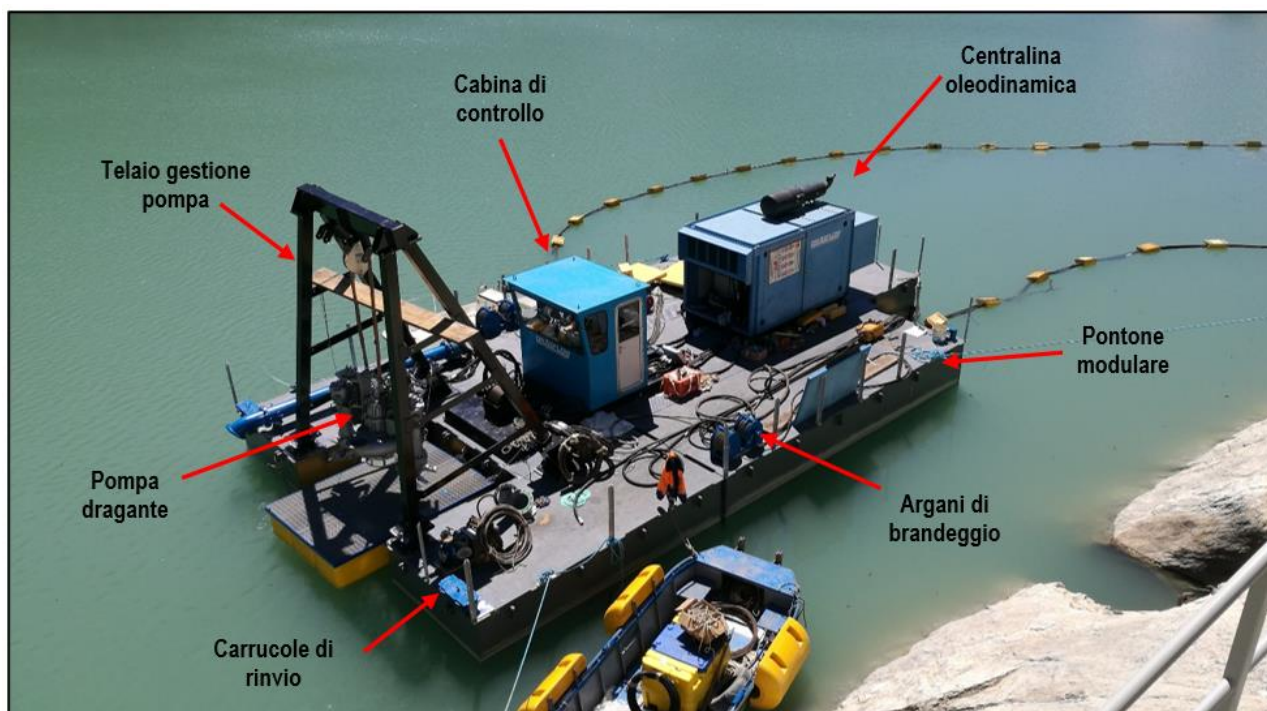


**Figura 7-3: esempio di pompa idraulica sommergibile**

In supporto ai disagregatori idraulici può essere installato un disagregatore *jet-ring*. Tale sistema è costituito da una pompa che invia acqua ad alta pressione attraverso ugelli posti intorno alla pompa di dragaggio.

Per ridurre l'eventuale torbidità che si genera durante le fasi di dragaggio, e quindi minimizzare il rischio di intorbidimento delle acque presso l'opera di presa, può essere installata intorno alla pompa e ai disagregatori idraulici una struttura metallica (campana antitorbidità). Il sistema di dragaggio necessita di una serie di attrezzature e strumentazioni complementari (centralina oleodinamica, cabina di controllo, argani di brandeggio, argano pompa e gruppo elettrogeno) che vengono installate su pontone, come schematicamente rappresentato nell'immagine che segue.





**Figura 7-4: pontone completo con le diverse componenti**

La miscela acqua-sedimento aspirata dalla pompa viene convogliata al sito di destinazione attraverso tubazioni in PE di due tipologie: tubazione flessibile che collega la pompa aspirante-refluente con il misuratore di portata (tratto in aspirazione) e tubazione rigida che convoglia la miscela acqua-sedimenti (tratto in mandata).

Per la misura della portata della miscela acqua sedimento viene generalmente utilizzato un sensore elettromagnetico installato sulla tubazione di mandata. Al fine di migliorare la produttività monitorando la densità della miscela transitante all'interno della tubazione, al misuratore di portata elettromagnetico può sostituirsi un misuratore ad ultrasuoni che consente di determinare la densità della miscela.



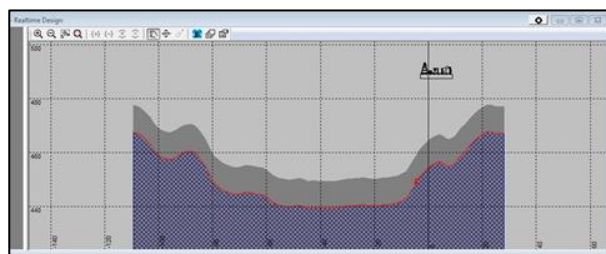
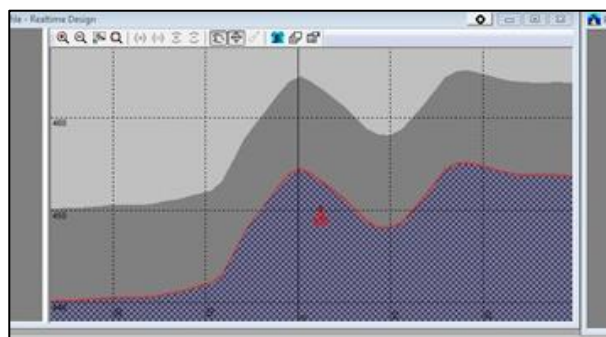
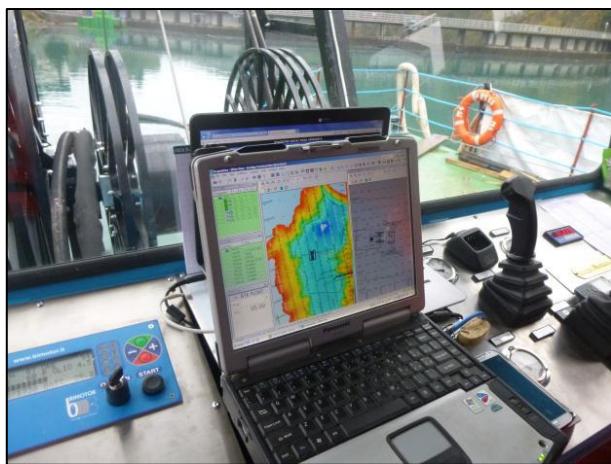
**Figura 7-5: esempio di cantiere**



La posizione del pontone all'interno dell'area di intervento è fondamentale per la verifica ed il controllo della rimozione del materiale. Il posizionamento nello spazio è effettuato tramite un'antenna GPS posta sul vertice del telaio di sostegno della pompa. Tramite un'antenna radio il GPS comunica con una stazione fissa posta a terra avente coordinate note. Tale sistema, appositamente sviluppato per il controllo della precisione in operazioni di scavo o dragaggio, è basato sull'uso di un software, formato da vari moduli, studiato in particolare per il posizionamento del pontone e il monitoraggio ad alta precisione della profondità dello scavo, con elaborazione dei dati registrati durante le attività di dragaggio.

Per l'acquisizione della posizione del pontone è utilizzato un ricevitore GPS a doppia antenna in grado di fornire la posizione planimetrica (precisione inferiore a  $\pm 2$  cm dal punto di vista planimetrico).

Il software è in grado di utilizzare il dato del misuratore di profondità in modo da determinare univocamente la posizione verticale della pompa sommersa. La mappa caricata sul modulo profiler costituisce la base sulla quale si potrà visualizzare la posizione del pontone e l'avanzamento dei lavori. Infatti, anche le batimetrie dell'area di dragaggio si aggiorneranno ai vari passaggi della pompa, cambiando automaticamente i colori sullo schermo e completando un quadro di informazioni necessarie alle operazioni di scavo. L'operatore sarà quindi in grado di visualizzare in tempo reale sia la posizione planimetrica che la quota batimetrica della testa dragante, rispetto alla zona di scavo. I colori sullo schermo cambiano in tempo reale durante il dragaggio, permettendo all'operatore di visualizzare sempre con certezza le zone dragate e quelle ancora da dragare, con le relative profondità. Il sistema profiler interfaccia le informazioni pre-esistenti (batimetria dello stato pre lavori) con le informazioni in tempo reale provenienti dall'apparecchiatura sopra descritta. Queste informazioni sono rappresentate su uno schermo sia in pianta che in sezione, come da immagini che seguono, e consentono agli operatori il pieno e costante controllo dell'attività di asportazione.



**Figura 7-6: cabina di comando e visualizzazione in sezione e in pianta dei dati aggiornati in tempo reale**





Il sistema disgregante/pompante, considerando un rapporto solido liquido prossimo ad 1 a 10, può arrivare a trattare sino a 600 m<sup>3</sup>/ora di miscela. Teoricamente, procedendo in continuo (8 ore al giorno), in assenza di imprevisti, la fase di dragaggio può arrivare ad una rimozione di circa 500 m<sup>3</sup> giorno quindi l'obiettivo complessivo dell'intervento può essere raggiunto in circa 40 giorni di lavoro.

Tale attività, come detto possono essere eseguite per step successivi.

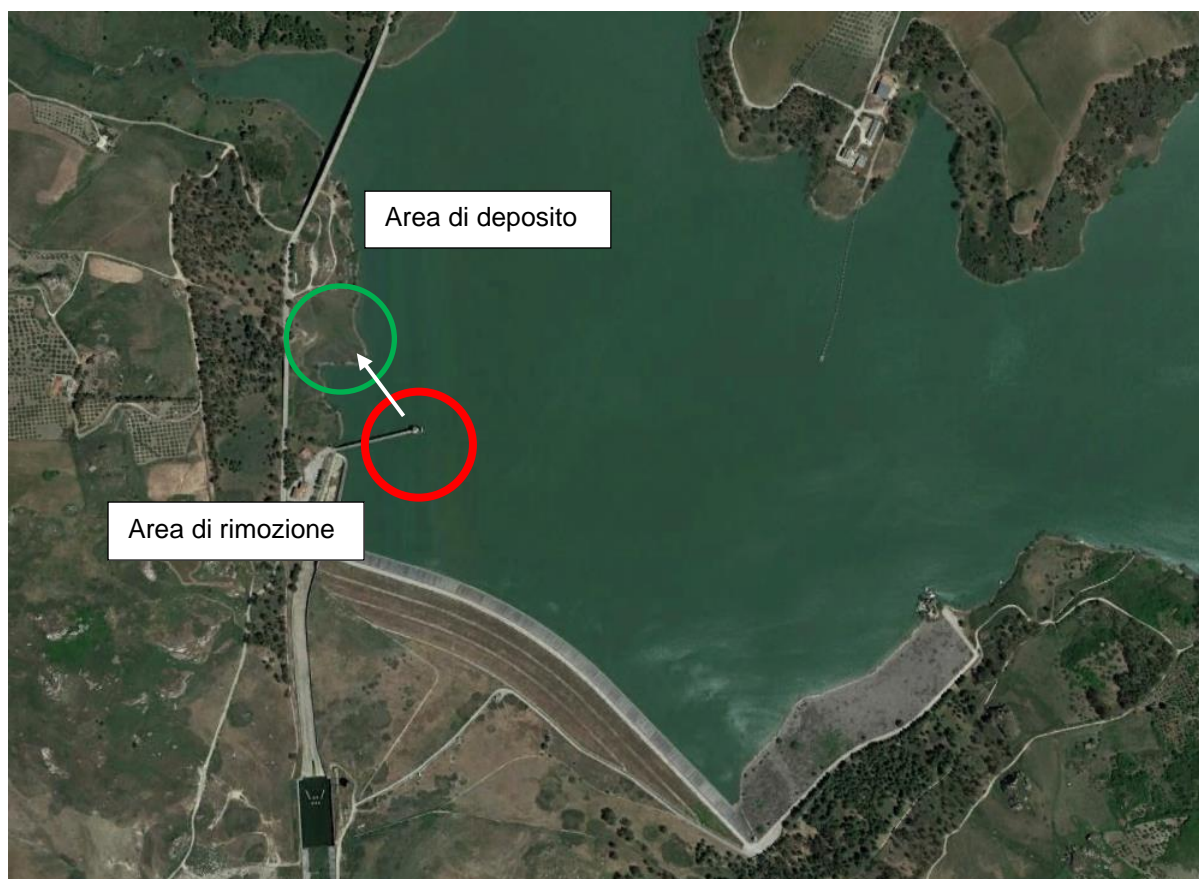
La miscela solido-liquido pompata viene quindi indirizzata nell'area di deposito individuata nell'ansa posta in dx idraulica alla diga, che dista circa 450 m, secondo lo schema riportato nell'immagine che segue.

La tubazione di pompaggio utilizzata è connessa al sistema pompante ed all'area di stoccaggio e normalmente galleggiante sull'acqua come da immagine che segue. Il tratto terminale fisso scaricherà la miscela nell'area di stoccaggio.



**Figura 7-7: tubazione di pompaggio connessa al sistema pompante e all'area di stoccaggio**

Nell'immagine successiva viene schematizzato l'intervento previsto con individuazione delle aree di rimozione (presso lo scarico di esaurimento) e la zona di stoccaggio.



**Figura 7-8: area di rimozione e area di stoccaggio del sedimento rimosso dall'invaso di Castello**

Poiché la fase precedentemente descritta genera una miscela solida/liquida necessita strutture di contenimento che possano far sedimentare la fase solida.

Le due opzioni normalmente utilizzate sono:

- cassa di colmata per volumi significativi
- geotubi, per volumi minori.

I volumi di rimozione previsti per l'operazione descritta sono compatibili con una soluzione di deposito attraverso geotubi. La definizione definitiva di lungo periodo dell'approccio utilizzato sarà compiuta in fase di progettazione definitiva dell'intervento.





**Figura 7-9: geotubi in fase di riempimento**

Le caratteristiche fisiche di queste strutture di raccolta consentiranno il trattenimento del materiale solido e la fuoriuscita dell'acqua. Non si esclude, per aumentare l'efficienza del processo di precipitazione, l'opportunità di prevedere l'uso di una soluzione contenente un agente flocculante/coagulante (polielettrolita) attraverso apposita stazione di dosaggio.

In genere in poche settimane si raggiunge una concentrazione di solidi di oltre il 70%. Una volta che il contenuto di umidità obiettivo è stato raggiunto il sedimento potrà essere rimosso e traslocato o lasciato in loco e consolidato con un apposito intervento di stabilizzazione attraverso anche approcci di ingegneria naturalistica che consentano in pieno recupero anche paesaggistico dell'area di intervento.

Le immagini che seguono evidenziano:

- l'area preliminarmente individuata che presenta, al di sotto della quota di massima regolazione una superficie normalmente libera dall'acqua di circa 10.000 m<sup>2</sup> che risulta ampiamente sufficiente per lo scopo;
- le linee di livello con evidenziata la quota di massima regolazione (239,65 m s.l.m.).

Lo spessore del sedimento accumulato nei geotubi, che possono essere posizionati anche uno sopra l'altro, dipende dalle scelte progettuali, a loro volta legate alla disponibilità delle aree ed alla loro stabilità.

In questo caso specifico le valutazioni preliminari eseguite sulla base dei dati disponibili consentono di valutare la fattibilità dell'intervento nel rapporto fra volumi di rimozione previsti ed area disponibile; la valutazione dei carichi puntuali sostenibili sarà eseguita a seguito di appositi rilievi stratigrafici in fase di progettazione definitiva degli interventi.



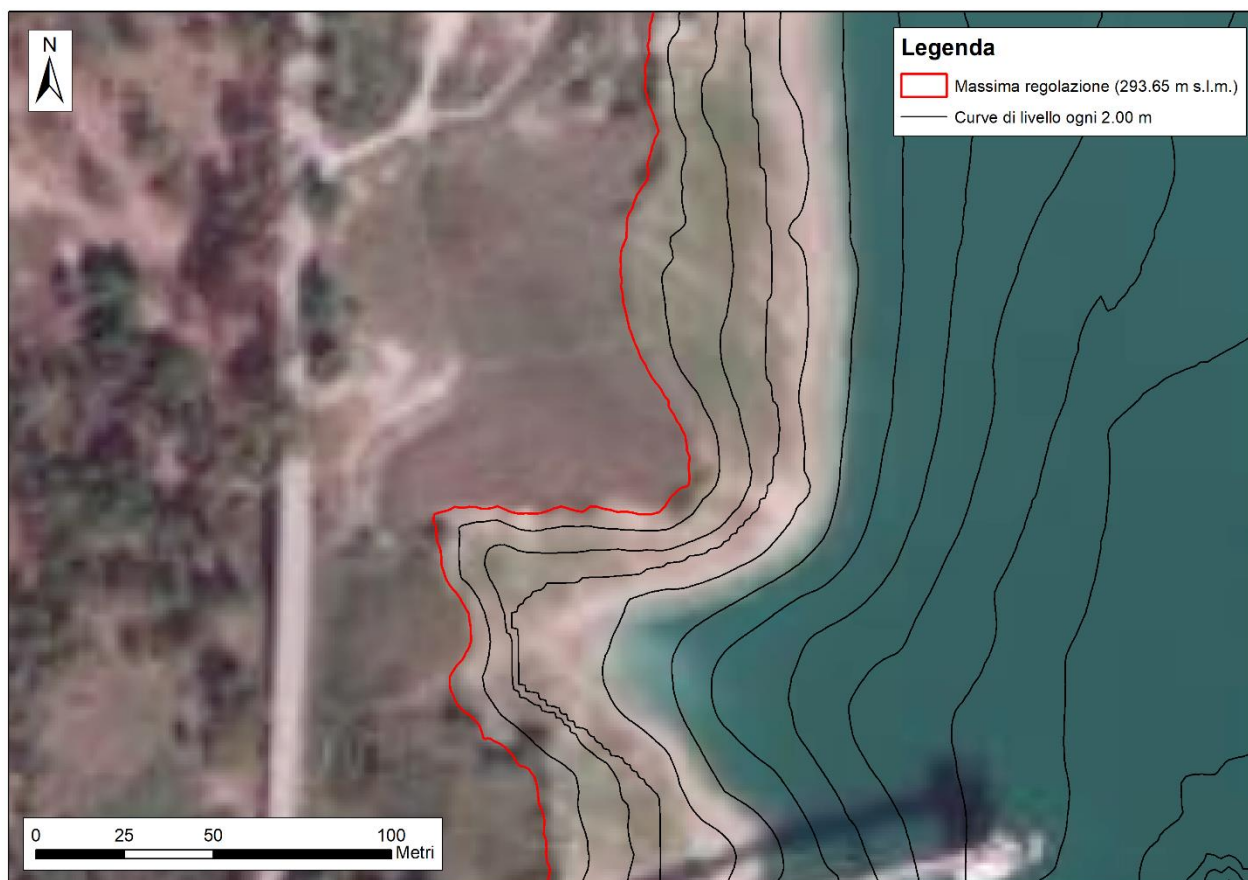


Figura 7-10: area di intervento

Circa la stabilità delle sponde sulle quali verrà posizionato il materiale dragato dal bacino nei geotubi, sulla base degli elementi disponibili non si sono delineati elementi ostativi che possano far pensare a una loro instabilità.

In particolare, sono stati presi in considerazione parametri quali la pendenza, le caratteristiche geolitologiche e la falda e, anche assumendo ipotesi cautelative, non sono emersi elementi che possano far scendere il fattore di sicurezza al di sotto dei valori di riferimento.

Resta inteso che, a corredo della progettazione definitiva dell'intervento, saranno eseguiti i sondaggi specifici necessari alla conferma delle preliminari valutazioni effettuate e che nell'area di posizionamento saranno previsti gli interventi di stabilizzazione utili a migliorare ulteriormente la stabilità di lungo periodo dell'intervento stesso.

### 7.3 Stima dei costi

La stima dei costi degli interventi descritti si compone di differenti elementi, alcuni valutabili a corpo altri a misura. Le principali voci di costo sono così riassumibili:

- trasporto dei macchinari e installazione del cantiere, stimabili complessivamente in 150.000÷200.000 € a prescindere dai volumi complessivi rimossi;
- predisposizione del sito di stoccaggio e dei geotubi e loro gestione in fase di scarico della miscela solido-liquido, stimabili complessivamente in 400.000÷500.000 € per un intervento di rimozione circa 20.000 m<sup>3</sup> di sedimento. Tali costi ricomprendono allestimento dell'area, acquisto dei geotubi, acquisto del polielettrolita e degli accessori necessari, attività di riempimento dei geotubi;
- realizzazione dell'intervento di rimozione, i cui costi sono direttamente proporzionali all'entità della rimozione e quantificabili in circa 35 €/m<sup>3</sup>;
- stabilizzazione definitiva del sedimento stoccato nei geotubi oppure rimozione e sua ricollocazione, i cui costi dipendono dalle scelte progettuali relative alle modalità di consolidamento piuttosto che nel caso di rimozione e ricollocazione della distanza del punto di stoccaggio finale. Tali scelte saranno effettuate nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento e non sono pertanto al momento economicamente quantificabili.

Resta inteso che una valutazione economica più accurata potrà essere eseguita a seguito delle attività di progettazione definitiva degli interventi.



## 8 EFFETTI AMBIENTALI DELLA SOLUZIONE SCELTA E MITIGAZIONI

Le attività descritte non comportano, come detto lo svuotamento del bacino quindi sono evitate tutte le conseguenze, nel bacino e nel corpo idrico di valle, connesse a tale evento.

La soluzione progettuale individuata permette quindi di mantenere il livello del lago entro le quote di gestione ordinaria durante le fasi di cantiere e di minimizzare gli effetti a carico dell'ambiente nelle sue diverse componenti.

Gli effetti sull'ambiente dell'intervento descritto, sono quindi così prevedibili:

- disturbo aree e mezzi di cantiere;
- torbidità nel bacino;
- riduzione tenore di ossigeno;
- trasporto/destinazione sedimento.

### 8.1 Disturbo aree e mezzi di cantiere

L'area di cantiere del dragaggio del sedimento è limitata e al momento della sua installazione è prevedibile che la fauna presente, si sposti naturalmente in aree indisturbate disponibili nel resto del bacino. Gli effetti possono dunque essere considerati trascurabili.

L'area di deposito del sedimento non determina alcuna azione di disturbo sulle biocenosi acquatiche, poiché le attività di cantiere si svolgeranno con un livello idrico inferiore rispetto alle quote di tale area di deposito.

### 8.2 Torbidità

Durante le operazioni di dragaggio, in considerazione delle modalità proposte, con particolare riferimento all'effetto dell'aspirazione, non è previsto un incremento di torbidità delle acque nei pressi del cantiere. La torbidità dell'acqua nei pressi del cantiere verrà comunque monitorata come descritto nel capitolo che segue.

### 8.3 Tenore di ossigeno

Durante le operazioni di dragaggio, in considerazione delle modalità proposte, non è prevista una riduzione della concentrazione di ossigeno. Analogamente al parametro precedente anche l'ossigeno sarà oggetto di monitoraggio.

### 8.4 Destinazione sedimento

Come indicato in precedenza, in relazione alle sue buone caratteristiche qualitative ed alla marginalità dei volumi totali movimentati rispetto alla capacità di invaso, il sedimento sarà riposizionato in aree spondali all'interno del bacino ricomprese nelle sopra citate aree di cantiere.



## 9 MONITORAGGIO

In questo capitolo sono descritte le attività conoscitive che precederanno, accompagneranno e seguiranno le fasi di cantiere.

In termini metodologici si rimanda a quanto descritto nell'apposto capitolo del PdG.

### 9.1 Monitoraggio *ante operam*

Prima dell'inizio delle attività, nell'area interessata dal cantiere di dragaggio, si prevede di eseguire un monitoraggio (*ante operam*) costituito da:

- Rilievi morfobatimetrici multibeam dell'area di rimozione;
- Caratterizzazione analitica dell'acqua.

#### 9.1.1 Rilievi morfobatimetrici

L'effettiva quantità di materiale da movimentare verrà determinata attraverso un'analisi di dettaglio del rilievo batimetrico, in cui si evidenzieranno geometrie e pendenze dei fondali interessati dalle operazioni di asportazione e di deposito del sedimento.

#### 9.1.2 Caratterizzazione analitica dell'acqua

In corrispondenza dell'area del cantiere si procederà a:

- registrare i valori dei principali parametri chimico-fisici lungo la colonna;
- misurare la trasparenza;
- prelevare campioni a diverse profondità da sottoporre ad analisi di laboratorio per la definizione del livello trofico dei laghi per lo Stato Ecologico (LTLecco) secondo il DM 260/2010.

Le misure e le analisi saranno eseguite applicando metodiche analitiche nazionali e internazionali ufficialmente riconosciute.

### 9.2 Monitoraggio in corso d'opera

Durante le attività di dragaggio si procederà ad un monitoraggio costituito da:

- Rilievi morfobatimetrici in tempo reale del materiale dragato;
- Verifica della torbidità dell'acqua;
- Verifica della concentrazione di ossigeno nell'acqua.



### 9.2.1 Rilievi morfobatimetrici

Durante le operazioni di dragaggio verrà eseguito un rilievo aggiornato in tempo reale sulla base della profondità raggiunte dal sistema di rimozione. Tali informazioni vengono utilizzate dall'operatore presente sul pontone per manovrare le operazioni e definire via via le aree/quote di ulteriore intervento.

### 9.2.2 Torbidità dell'acqua

Durante le operazioni di dragaggio verrà eseguito il monitoraggio della qualità dell'acqua nei pressi della zona di movimentazione per la verifica della torbidità dell'acqua. Le operazioni saranno condotte in modo da garantire il rispetto dei limiti, agendo con opportune regolazioni.

Per i valori limite da considerare si fa riferimento alle soglie di accettabilità per i solidi sospesi nelle acque rilasciate a valle degli invasi, definite nella DDG n. 710 del 7/5/12 emanata dalla Regione Siciliana, riportate nella tabella seguente.

**Tabella 9-1: soglie di accettabilità per i solidi sospesi nelle acque rilasciate a valle degli invasi e durata di esposizione da non superare (DDG 710/2012 Allegato A, Tabella 2)**

| Concentrazione di solidi sospesi | Durata massima (in ore) di concentrazione di solidi sospesi |
|----------------------------------|---|
| Max 40 g/l                       | 0.5 h   |
| 15 g/l < conc SS < 20 g/l        | 1.5 h   |
| 10 g/l < conc SS < 15 g/l        | 3.0 h   |
| 5 g/l < conc SS < 10 g/l         | 6.0 h   |
| < 5 g/l                          | Fino al termine delle operazioni*                           |

\*si intende come termine massimo il periodo di una settimana

### 9.2.3 Tenore di ossigeno

Durante le operazioni di dragaggio verrà eseguito il monitoraggio della qualità dell'acqua nei pressi della zona di movimentazione per la verifica della concentrazione di ossigeno. Le operazioni saranno condotte in modo da garantire il rispetto dei limiti, agendo con opportune regolazioni. Per il valore limite da considerare si fa riferimento a quanto riportato nella DDG n. 710 del 7/5/12 emanata dalla Regione Siciliana: la concentrazione di ossigeno disciolto deve essere sempre superiore a 5 mg/l (pari a circa il 40% di saturazione).

## 9.3 Monitoraggio *post operam*

Al termine delle attività, nell'area interessata dal cantiere di dragaggio, si prevede di eseguire un monitoraggio (post operam) costituito da:

- Rilievi morfobatimetrici;
- Caratterizzazione analitica dell'acqua.





### 9.3.1 Rilievi morfobatimetrici

Al termine delle operazioni di movimentazione del sedimento verrà effettuato un nuovo rilievo batimetrico al fine di verificare gli effettivi quantitativi rimossi e riaggiornare lo stato dei fondali in prossimità delle opere di presa e scarico.

### 9.3.2 Caratterizzazione analitica dell'acqua

In corrispondenza dell'area del cantiere si procederà a:

- registrare i valori dei principali parametri chimico-fisici lungo la colonna;
- misurare la trasparenza;
- prelevare campioni a diverse profondità da sottoporre ad analisi di laboratorio per la definizione del livello trofico dei laghi per lo Stato Ecologico (LTLecco) secondo il DM 260/2010.

Le misure e le analisi saranno eseguite applicando metodiche analitiche nazionali e internazionali ufficialmente riconosciute.