



**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**



**PROGETTO DI GESTIONE – 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 .....	5
2	Obiettivi, contenuti e norme.....	7
2.1	Normativa di riferimento.....	7
2.2	Contenuti del Progetto di Gestione .....	8
3	Il bacino imbrifero .....	9
3.1	Uso del suolo .....	10
3.2	Geologia e litologia .....	13
3.3	Clima .....	15
3.4	Aree naturali protette e Siti della Rete Natura 2000 .....	19
3.5	Pressioni .....	19
4	Quadro pianificatorio .....	22
4.1	Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) .....	22
4.1	Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR).....	24
4.1	Piano Regolatore Generale (PRG) .....	25
5	Invaso di Castello .....	28
5.1	Dati strutturali.....	29
5.2	Schema idraulico con descrizione degli utilizzi.....	38
5.3	Idrologia .....	40
5.4	Trasporto solido .....	41
6	Caratterizzazione dei sedimenti e delle acque.....	44
6.1	Volumi d'invaso e sedimento presente .....	44
6.2	Qualità del sedimento .....	48
6.3	Qualità delle acque .....	59
6.4	Dati e valutazioni disponibili.....	65
7	Il corso d'acqua immissario e ricettore .....	67
7.1	Fiume Magazzolo a monte del bacino .....	68
7.2	Vallone Santa Margherita a monte della diga di Castello.....	69
8	Modalità di gestione dell'invaso.....	70
8.1	Manovre di esercizio degli scarichi .....	71
8.2	Gestione degli eventi di piena.....	71

8.3	Spurgo in coda di piena .....	72
8.4	Gestione del sedimento presso l'opera di presa e scarico di fondo .....	72
8.5	Programma generale delle attività di svasso/spurgo ai fini del mantenimento del volume utile .....	74
8.6	Svuotamento per manutenzione .....	75
8.7	Sghiaimento-sfangamento .....	76
8.8	Asportazione meccanica dei sedimenti .....	76
8.9	Sintesi complessiva delle linee di intervento e relativo cronoprogramma .....	77
9	Interventi nel bacino imbrifero per limitare l'apporto solido .....	79
9.1	Opere per il controllo del trasporto solido .....	79
9.2	Opere di difesa dall'erosione .....	79
9.3	Interventi di stabilizzazione dei terreni agricoli .....	80
10	Limiti massimi di concentrazione dei solidi in sospensione .....	81
11	Mitigazioni e compensazioni .....	82
12	Attività di monitoraggio .....	84
12.1	Ubicazione delle stazioni di monitoraggio .....	84
12.2	Monitoraggio chimico-fisico durante le operazioni .....	85
12.3	Monitoraggio ecologico .....	85
13	Attività preliminari all'esecuzione delle operazioni .....	86
13.1	Comuni interessati .....	86
14	Metodologie di indagine .....	88
14.1	Rilievi morfobatimetrici .....	88
14.2	Prelievo e analisi del sedimento .....	89
14.3	Prelievo e analisi dell'acqua .....	91
14.4	Solidi Sospesi Totali .....	92
14.5	Solidi Sedimentabili – Coni Imhoff .....	93
14.6	Habitat fluviale .....	94
14.7	Parametri chimico-fisici .....	95
14.8	Parametri biologici .....	95
14.9	Bibliografia .....	98
15	Allegati .....	100





## 1 PREMESSA

Il Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti, gestore di 26 serbatoi artificiali in Sicilia, ha bandito una gara di evidenza pubblica in due lotti per appaltare l'elaborazione dei progetti di gestione di sette invasi: Poma, Rubino, Trinità (Lotto 1) e Castello, Gibbesi, Nicoletti, Sciaguana (Lotto 2). L'ATI GRAIA-Blu Progetti-Studio Griffini è risultata aggiudicataria, per entrambi i lotti, del suddetto bando e, a seguito dell'incarico ricevuto, ha avviato la redazione dei sette progetti in oggetto, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 114 del D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006, dall'art. 1 comma 2 del DM 30/06/04 e dalle *“Linee di Indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi”*, pubblicate con il Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Sicilia n. 1 del 4 gennaio 2021.

Il presente PdG riguarda l'invaso Castello, situato nel bacino imbrifero del fiume Magazzolo in Provincia di Agrigento.

Le acque accumulate in questo invaso hanno un uso irriguo e potabile, per l'alimentazione degli acquedotti gestiti rispettivamente dal Consorzio di Bonifica 3 di Agrigento e dall'Azienda Idrica Comuni Agrigentini (AICA).

Nelle more del decreto attuativo previsto al comma 4 del succitato articolo 114, i contenuti del presente Progetto sono articolati in conformità a quanto previsto dal Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 30/06/04 e dalle Linee di Indirizzo emanate dall'Autorità di Bacino della Sicilia.

Nel Progetto di Gestione sono specificate le linee guida secondo le quali verrà articolata la gestione del serbatoio, in concomitanza con le possibili operazioni di svaso e rimozione dei sedimenti finalizzate all'esercizio in sicurezza dell'opera, al mantenimento della sua funzionalità e alla tutela quali-quantitativa delle acque invasate. In particolare, sono descritte le principali caratteristiche che contraddistinguono la diga, il serbatoio Castello nonché il bacino imbrifero sotteso e il corpo idrico immissario/emissario.

Sono illustrati i dati relativi alla quantità di sedimenti accumulati nel bacino, le caratteristiche qualitative dei sedimenti e delle colonne d'acqua sovrastanti, ricavate dalle analisi chimico-fisiche eseguite sui campioni prelevati nel corso degli appositi campionamenti (comma 2 art. 3 del DM 30/06/04). I rapporti completi, con i risultati dei rilievi batimetrici e delle analisi di laboratorio, sono riportati negli Allegati che costituiscono parte integrante del presente documento.


Il quadro conoscitivo presentato è frutto quindi di rilievi e analisi appositamente eseguite ma anche di una sintesi delle diverse informazioni disponibili relative all'invaso e al bacino imbrifero di riferimento; non per tutti gli aspetti di potenziale interesse sono disponibili dati di dettaglio, tali elementi potranno essere eventualmente integrati ed approfonditi nei prossimi anni nei successivi periodici aggiornamenti del PdG.

Sono esposte le modalità operative di gestione del serbatoio secondo il DM 30/06/04 e secondo i disposti delle recenti Linee di Indirizzo regionali.

Tali modalità conciliano, per quanto possibile, gli obiettivi sopra richiamati, con i vincoli normativi e pianificatori vigenti, la tutela degli usi in essere, la fattibilità tecnico-economica degli interventi e la tutela degli ambienti interessati; la complessa sintesi di questi elementi, talvolta difficilmente conciliabili, tiene in considerazione l'attuale grado di interrimento del bacino, con particolare riferimento all'area interessata dalla opere di presa e scarico di fondo, e la rata di interrimento annuo che, come meglio descritto nel seguito, pare incrementarsi negli ultimi anni.

Sono infine descritti gli elementi di mitigazione e di monitoraggio ambientale necessari a rendere compatibili gli interventi di rilascio del sedimento con la tutela degli ecosistemi coinvolti.

In allegato è presentato anche il c.d. Piano Operativo o Programma di Sintesi, che descrive il primo intervento specifico in programma.

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

La versione iniziale del Progetto di Gestione 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 Progetto di Gestione 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.



## 2 OBIETTIVI, CONTENUTI E NORME

Le finalità del progetto di gestione sono quelle di assicurare:

1. Il mantenimento della capacità di invaso
2. La salvaguardia della qualità dell'acqua invasata
3. La salvaguardia della qualità dell'acqua del corpo idrico ricettore

Il progetto individua le modalità di manovra degli organi di scarico, anche al fine di assicurare la tutela del corpo ricettore e prevede, ove possibile, scenari per l'utilizzazione degli scarichi di fondo in corrispondenza degli eventi di piena, in relazione alla possibilità di soddisfare le seguenti esigenze:

- a) Garantire comunque la funzionalità degli scarichi di fondo a fronte di fenomeni di interrimento;
- b) Ricostituire il trasporto solido a valle degli sbarramenti;
- c) Modulare le condizioni di deflusso a valle degli sbarramenti, ricorrendo alle possibilità di laminazione dell'invaso.

Per rispondere compiutamente alle prescrizioni della normativa vigente, il presente Progetto di Gestione è articolato in una serie di punti che possono riassumersi nei seguenti:

- a. **Quadro conoscitivo:** questa sezione, costituita da elaborati descrittivi, elaborati grafici e cartografie tematiche, contiene le informazioni relative al bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento (uso del suolo, caratteristiche geologiche e geomorfologiche, aree protette, caratteristiche climatiche, pressioni che gravitano sul bacino imbrifero, caratterizzazione idrologica) e i dati essenziali relativi all'invaso e allo sbarramento.
- b. **Definizione delle caratteristiche generali dell'invaso:** in questa sezione vengono sintetizzati i dati acquisiti con le indagini e gli studi a carattere conoscitivo circa le caratteristiche quantitative e qualitative del materiale sedimentato e delle acque dell'invaso.
- c. **Parte operativa:** questa sezione contiene il programma generale delle operazioni specifiche di svasso, sghiaimento o spurgo degli invasi, il piano delle operazioni sistematiche, le modalità di monitoraggio e mitigazione.

### 2.1 Normativa di riferimento

Sono di seguito riassunte le norme di riferimento utilizzate per la stesura del presente PdG.

- [1] D.Lgs. 11.05.1999 n° 152 *“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento”* abrogato e sostituito dal D.Lgs. 03.04.2006 n° 152 *“Norme in materia ambientale”*;
- [2] D.M. 30.06.2004 del 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”*;
- [3] D.M. 25.10.1999 n° 471 – *“Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati”*;
- [4] Ordinanza Commissariale Reg. Sicilia n° 333 del 24.12.2008 – *“Piano di Tutela delle Acque della Sicilia”*;
- [5] D.S.G. dell'Autorità di Bacino della Sicilia n. 1 del 04.01.2021 – *“Linee di Indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei Progetti di Gestione degli invasi”*;
- [6] DPCM 27.10.2016 – *“Piano di Gestione delle Acque del Distretto Idrografico della Sicilia”*;
- [7] Circolare esplicativa n.12710 del 06.11.2012 della Direzione Generale Dighe contenente l'Allegato *“Indicazioni generali sui contenuti dei progetti di gestione per gli aspetti relativi alla sicurezza degli invasi”* trasmessa a tutti i Concessionari/Gestori di grandi dighe con nota UTDPA n.1810 del 08.11.2012.



## 2.2 Contenuti del Progetto di Gestione

In questo paragrafo sono dettagliatamente indicati i contenuti previsti dalle *Linee di Indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei Progetti di Gestione degli invasi* e la loro relativa collocazione all'interno del presente documento.

PRIMA SEZIONE – QUADRO CONOSCITIVO	
Anagrafica e georeferenziazione dell'impianto (dati FCEM)	Cap. 5
Dati essenziali relativi all'invaso e allo sbarramento (dati FCEM, informazioni sull'interrimento previsto in progetto, attuale e atteso a fine concessione, volume totale attuale, volume utile attuale, volume di interrimento medio annuo, eventuale interrimento delle opere di scarico e di derivazione, ultimo rilievo batimetrico con analisi del trend)	Cap. 5 Par. 6.1
Schema idraulico con descrizione degli utilizzi	Par. 5.2
Concentrazione del materiale solido in sospensione nelle acque del corpo idrico a monte e a valle dello sbarramento	Par. 5.4
Valutazione del volume medio di interrimento	Par. 6.1
Calcolo del volume di materiale solido sedimentato nel serbatoio al momento della redazione del PdG (rispetto al volume totale e al volume utile di invaso), ricavato da idonei rilievi	Par. 6.1
Distribuzione planimetrica del materiale sedimentato all'interno dell'invaso	Par. 6.1
Stato di interrimento in prossimità degli organi di scarico e presa e del paramento di monte dello sbarramento	Par. 6.1 Rel. Batimetrica e Tavole
Caratterizzazione qualitativa dei sedimenti presenti nell'invaso nel rispetto di quanto prescritto dalla lettera b) del comma 2 dell'articolo 3 del DM 30.06.2004	Par. 6.2
Caratterizzazione qualitativa delle acque presenti nell'invaso nel rispetto di quanto prescritto dalla lettera c) del comma 2 dell'articolo 3 del DM 30.06.2004	Par. 6.3 Par. 6.4
Individuazione delle infrastrutture e dei manufatti esistenti interessati dalle operazioni previste dal progetto di gestione e/o dai piani operativi	Cap. 5 Cap. 8
Caratteristiche geologiche e geomorfologiche, uso del suolo, aree sottoposte a vincoli ambientali o idrogeologici dei bacini sottesi dallo sbarramento e degli eventuali bacini allacciati	Cap. 3
Inquadramento delle diverse attività antropiche che gravitano sul bacino sotteso e allacciato dallo sbarramento e descrizioni quali-quantitative di quelle che potrebbero influenzare la qualità delle acque invasate e dei sedimenti	Cap. 3
Caratterizzazione idrologica del bacino imbrifero sotteso e allacciato	Par. 5.3
SECONDA SEZIONE – PARTE OPERATIVA	
Programma generale delle operazioni specifiche di svaso, sfangamento, sghiaimento o spurgo degli invasi	Cap. 8 Cap. 9 Cap. 10 Cap. 11
Piano delle operazioni sistematiche	Cap. 8 Cap. 9 Cap. 10 Cap. 11
Eventuali piani operativi relativi alle operazioni da effettuarsi a breve termine	Par. 8.4 P.O.



### 3 IL BACINO IMBRIFERO

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. Lungo il suo corso verso la foce, il Fiume Magazzolo riceve in destra idrografica le acque del Vallone Gebbia, che nasce in territorio comunale di Palazzo Adriano, e le acque del Vallone Giangolaro, che nasce in territorio comunale di Ribera.

Il bacino imbrifero sotteso dalla diga di Castello ha un'altitudine media di 653,50 m s.l.m. ed è delimitato:

- ad Ovest dai rilievi di Pizzo il Moscamento, Cozzo Timperasse, Serra Mezzo Canale, Pizzo Scavarrante e Pizzo Mondello, che formano lo spartiacque con la valle del Verdura, con altitudini variabili da 572 a 1245 m s.l.m.;
- a Nord dai rilievi del versante meridionale dei monti Sicani, Piano delle Fiere, Monte Rose, Monte Pernice, Pizzo S. Filippo, Monte Scuro Pizzo Cotera, Portella Cicala, Serra Mannerozza e Cozzo Confissionario, di altitudine compresa tra 900 e 450 m s.l.m.;
- ad Est dalla dorsale che forma lo spartiacque con la valle del Platani e comprende Serra Quisquina, Serra della Moneta, Monte Castellazzo e Pizzo la Menta.

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

Nel mese di aprile del 2011 sono stati ultimati i lavori di realizzazione dell'Adduttore San Carlo-Castello nell'ambito del progetto d'interconnessione dei laghi "Prizzi-Gammauta-Castello". La finalità delle opere, finanziate dal Ministero delle Politiche Agricole e appaltate dal Consorzio di Bonifica 3 Agrigento, è il collegamento del sistema degli invasi Prizzi e Gammauta con l'invaso Castello per ivi trasferire un volume medio annuo pari a 5 Mm<sup>3</sup>/anno prelevati dal fiume Sosia.

Entrambe le interconnessioni, sia quella con i laghi Prizzi e Gammauta sia quella con il contermine bacino del torrente Gebbia, consentono, oltre al principale utilizzo in "funzionamento invernale" a gravità, anche un funzionamento a flusso invertito che durante la stagione irrigua permette, con l'ausilio di impianti di sollevamento, il trasferimento di volumi d'acqua dall'invaso Castello rispettivamente verso le aree irrigue del medio Verdura e del Magazzolo occidentale.

Nelle immagini seguenti è evidenziata la localizzazione della diga rispetto al territorio regionale e a quello circostante.



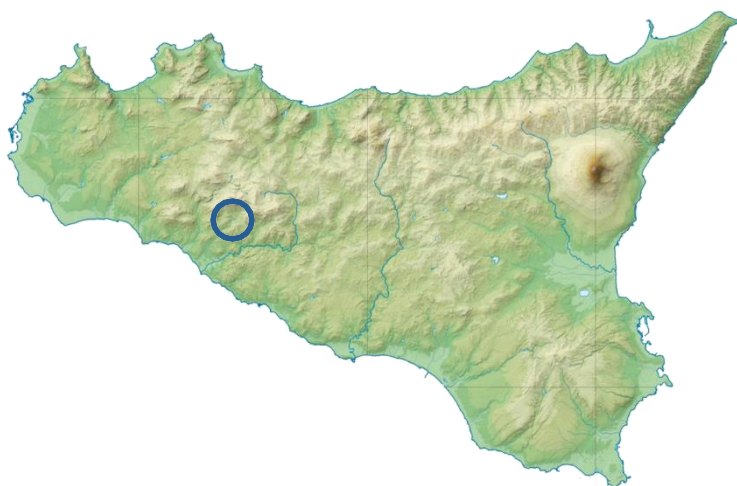


Figura 3-1: localizzazione della diga di Castello

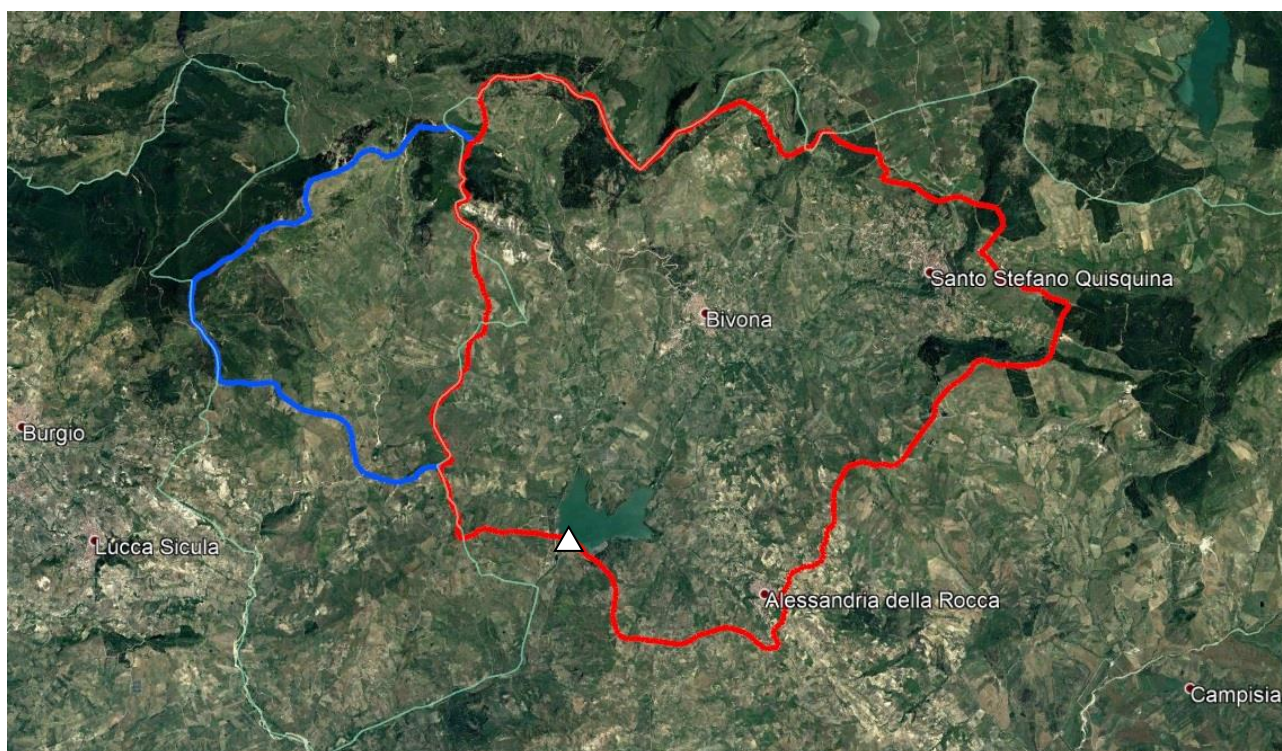


Figura 3-2: la diga di Castello (indicata dal triangolo bianco) e i bacini imbriferi diretto (in rosso) e allacciato (in blu)

### 3.1 Uso del suolo

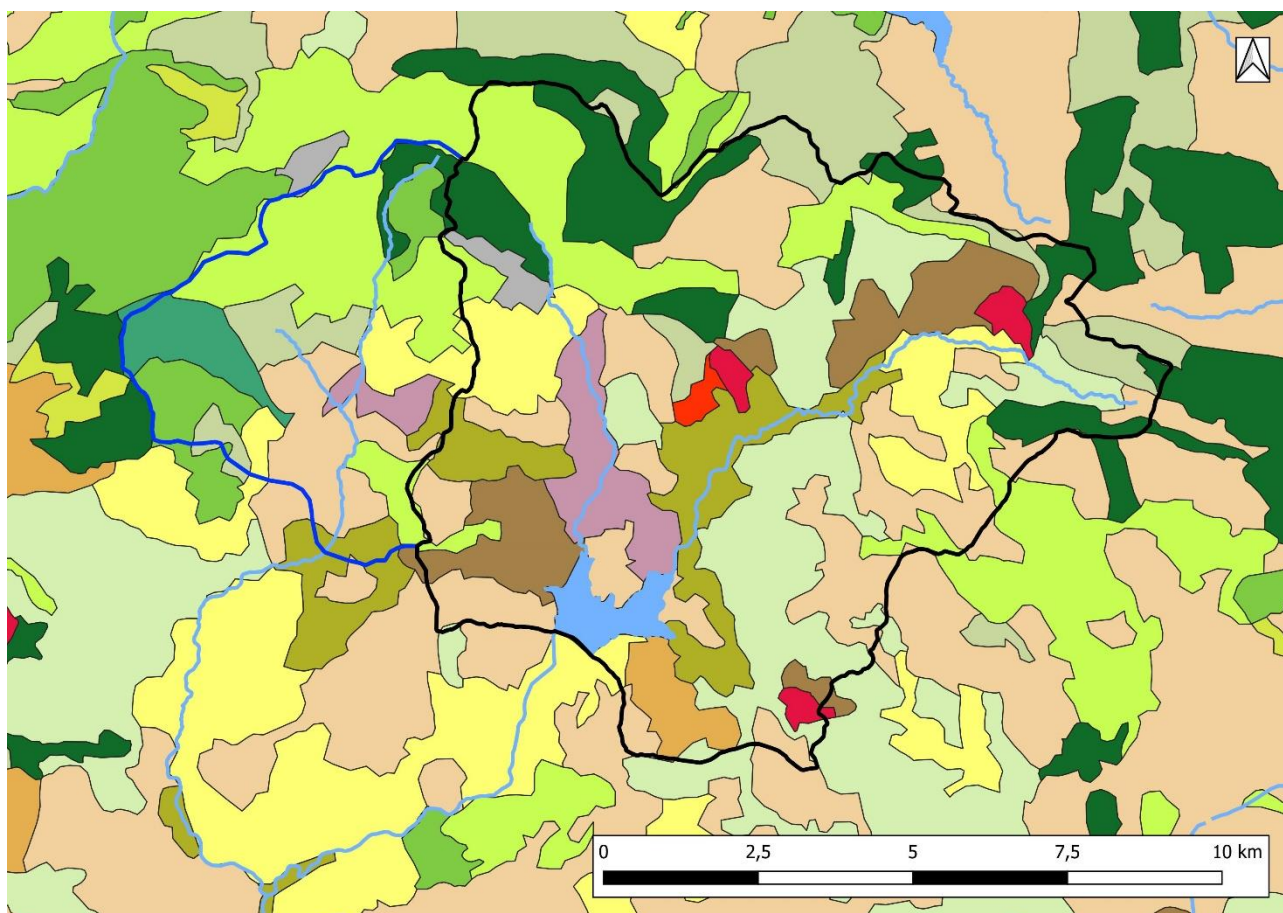
La copertura del territorio, riferita all'uso del suolo, è caratterizzata dalle seguenti macrocategorie principali:

- 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.

Nelle immagini e nelle tabelle seguenti sono riportati i dati concernenti l'uso del suolo del bacino imbrifero, sia diretto sia allacciato, del serbatoio di Castello.

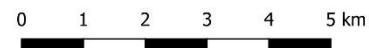
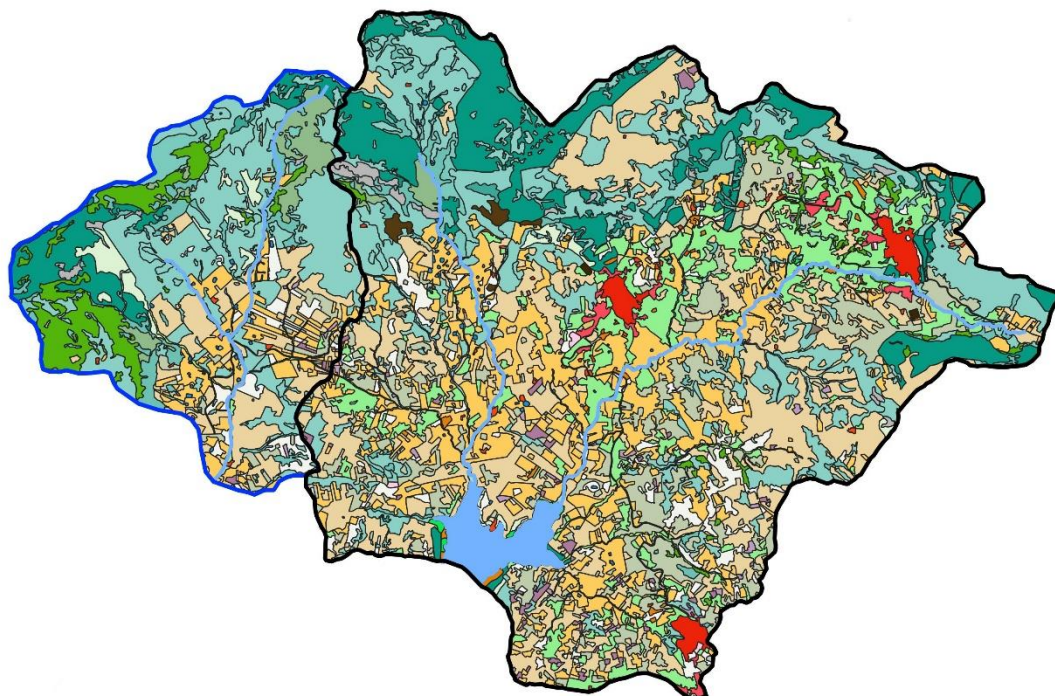


### Legenda

- |   |  |
|---|--|
| Bacino diretto Castello                               | Boschi misti                                   |
| Bacino allacciato                                     | Colture annuali associate e colture permanenti |
| Laghi   | Frutteti e frutti minori                       |
| Fiumi principali                                      | Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti        |
| Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota       | Seminativi in aree non irrigue                 |
| Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione | Sistemi culturali e particellari permanenti    |
| Aree a vegetazione sclerofilia                        | Tessuto urbano continuo                        |
| Aree prev. occup. da colture agrarie, con spazi nat.  | Tessuto urbano discontinuo                     |
| Boschi di conifere                                    | Uliveti  |
| Boschi di latifoglie                                  | Vigneti  |

**Figura 3-3: ripartizione per categorie di uso del suolo del bacino imbrifero diretto e allacciato del serbatoio di Castello (Corine Land Cover – Italia 2012 – livello 3)**





### Legenda

- |  |  |
|--|--|
| Bacino diretto Castello  | 2242 Piantagioni a latifoglie, impianti di arboricoltura (noce e/o rimboschimenti) |
| Bacino allacciato  | 2243 Eucalipteti   |
| Fiumi principali   | 2311 Incolti   |
| 1111 Zone residenziale a tessuto compatto e denso                      | 242 Sistemi culturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)  |
| 1112 Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado                    | 3111 Leccete   |
| 1122 Borghi e fabbricati rurali  | 31122 Querceti termofili   |
| 121 Insediamenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi | 3116 Boschi e boscaglie ripariali  |
| 1222 Viabilità stradale e sue pertinenze                               | 31163 Pioppeti ripariali   |
| 131 Aree estrattive  | 3125 Rimboschimenti a conifere   |
| 132 Aree ruderali e discariche   | 3211 Praterie aride calcaree   |
| 133 Cantieri   | 3214 Praterie mesofile   |
| 142 Aree ricreative e sportive   | 32222 Pruneti  |
| 143 Cimiteri   | 3231 Macchia termofila   |
| 21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive                  | 32312 Macchia a lentisco   |
| 221 Vigneti  | 3232 Gariga  |
| 2211 Vigneti consociati (con oliveti, ecc.)                            | 332 Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti                                       |
| 222 Frutteti   | 4121 Vegetazione degli ambienti umidi fluviali e lacustri                          |
| 223 Oliveti  | 5122 Laghi artificiali   |

**Figura 3-4: ripartizione per categorie di uso del suolo del bacino imbrifero diretto e allacciato del serbatoio di Castello (Corine Land Cover – Sicilia – livello 5)**



**Tabella 3-1: ripartizione per categorie di uso del suolo del bacino imbrifero diretto e allacciato del serbatoio di Castello (Corine Land Cover – Sicilia – livello 5)**

3211 Praterie aride calcaree	21,30%
21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive	20,33%
222 Frutteti	12,63%
3125 Rimboschimenti a conifere	9,37%
223 Oliveti	8,29%
242 Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	7,45%
2311 Incolti	3,44%
32222 Pruneti	3,34%
31122 Querceti termofili	2,86%
5122 Laghi artificiali	1,73%
3111 Leccete	1,41%
3214 Praterie mesofile	1,22%
2243 Eucalipteti	1,05%
1111 Zone residenziale a tessuto compatto e denso	0,88%
31163 Pioppeti ripariali	0,65%
221 Vigneti	0,64%
332 Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti	0,60%
3116 Boschi e boscaglie ripariali	0,60%
1112 Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0,54%
1222 Viabilità stradale e sue pertinenze	0,30%
1122 Borghi e fabbricati rurali	0,30%
2211 Vigneti consociati (con oliveti, ecc.)	0,29%
131 Aree estrattive	0,24%
121 Insediamenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi	0,24%
3232 Gariga	0,16%
4121 Vegetazione degli ambienti umidi fluviali e lacustri	0,09%
142 Aree ricreative e sportive	0,06%
143 Cimiteri	0,04%
132 Aree ruderali e discariche	0,03%
32231 Ginestreti	0,03%
133 Cantieri	0,03%
32312 Macchia a lentisco	0,01%
2242 Piantagioni a latifoglie, impianti di arboricoltura (noce e/o rimboschimenti)	0,01%
3231 Macchia termofila	0,01%

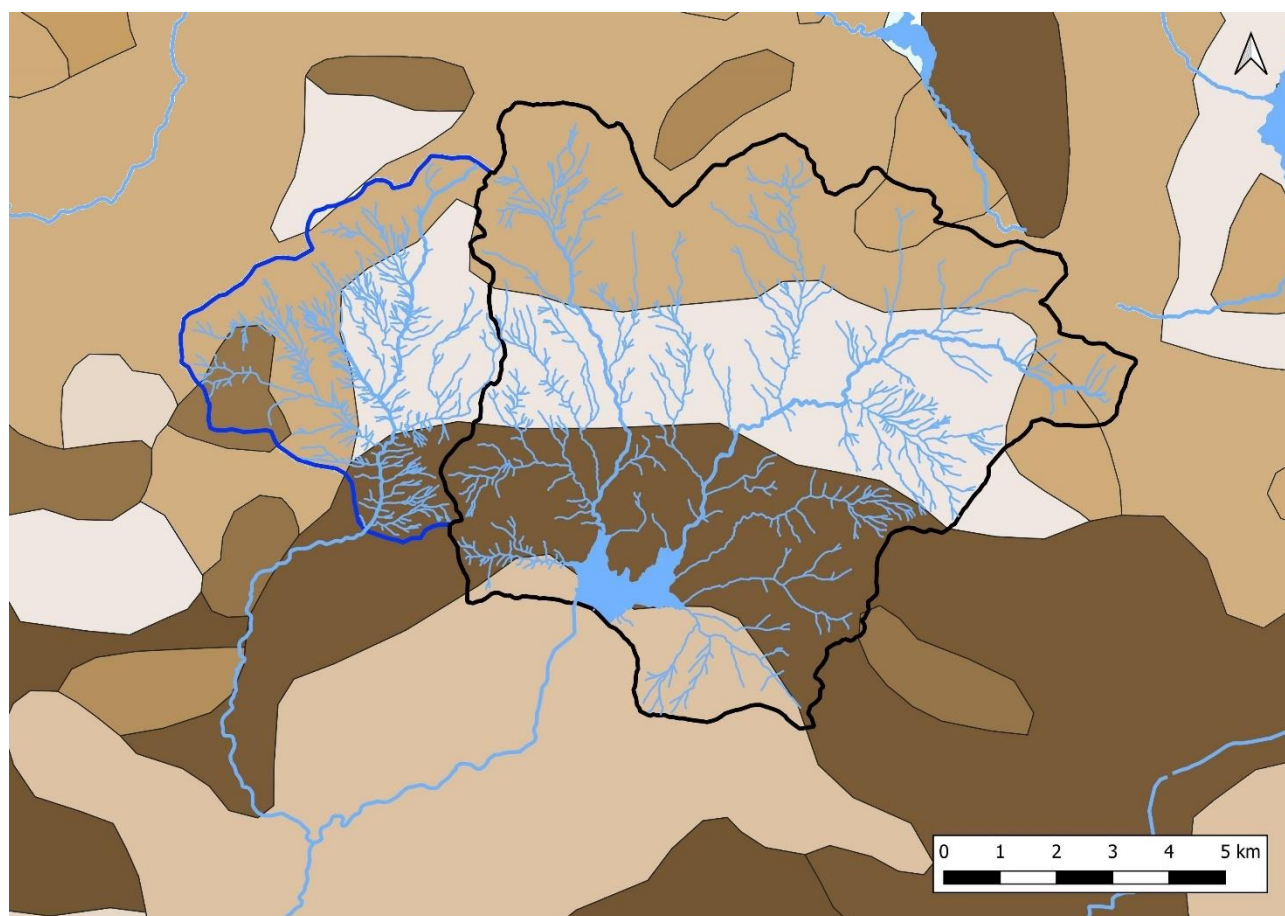
## 3.2 Geologia e litologia

Nella parte alta, la valle del Magazzolo è costituita da terreni di caratteristiche alquanto diverse che, dal punto di vista geologico, vanno dai calcari della serie mesozoica ai termini prevalentemente argillosi della serie miocenica. I termini della serie mesozoica affiorano nella parte settentrionale del bacino e sono costituiti da dolomie e calcari che formano masse rigide di elevata potenza, dando origine a forme rupestri piuttosto accentuate con pareti a picco e dislivelli di notevole entità. Segue un potente complesso plastico costituito da argille e argille marnose, che occupa tutta la parte centro-meridionale del bacino. Le forme orografiche sono qui molto addolcite con ondulazioni di tipo collinoso. I dissesti presenti nell'area del bacino sono tutti del tipo superficiale, legati alla presenza di una coltre di ricoprimento delle formazioni costituita da detriti e argille rimaneggiate e a un notevole disordine delle acque di ruscellamento. Smottamenti in forma di colata sono presenti sul versante occidentale del Monte Badia e sulla sponda sinistra del T. Pilato; incisioni calanchive interessano un tratto della sponda destra del Magazzolo; scoscendimenti, dovuti allo scalzamento della corrente, sono presenti nella parte alta del bacino, fuori della zona d'invaso.

Il ricoprimento di vegetazione arborea è scarso e a ciò sono dovuti i dissesti superficiali dei terreni del bacino.



Nell'immagine e nella tabella seguente sono riportati i dati concernenti le caratteristiche geolitologiche del bacino imbrifero dell'invaso di Castello.



### Legenda

- |  |  |
|--|--|
| Bacino diretto Castello                    | Calcari e calcari detritici, talora con gessi di facies da neritica a lagunare                                     |
| Bacino allacciato Castello                 | Calcari e calcari dolomitici di facies neritica e di piattaforma   |
| Fiumi principali                           | Calcari micritici e micriti argillose, spesso con selce, di facies pelagica  |
| Fiumi secondari bacino imbrifero           | Calcari, calcari marnosi e marne, selciferi, di facies pelagica  |
| Laghi                                      | Formazione Gessoso-solfifera   |
| Argille e marne, a luoghi con olistostromi | Sabbie e conglomerati  |
| Argille e marne                            | Unità sovente con carattere torbiditici, talora comprendenti il Miocene inferiore: argillose ed argilloso-calcaree |
| Basalti e tefriti sodiche (ialoclastiti)   |  |

Figura 3-5: geolitologia del bacino imbrifero (diretto e allacciato) dell'invaso di Castello

**Tabella 3-2: ripartizione in classi geolitologiche del bacino imbrifero diretto e allacciato del serbatoio di Castello**

Calcari, spesso selciferi, calcari marnosi ed argille marnose di facies pelagica.	38,99%
Unità sovente con carattere torbiditici, talora comprendenti il Miocene inferiore: argillose ed argilloso-calcaree.	28,86%
Argille e marne.	22,80%
Formazione Gessoso-solfifera.	5,20%
Calcari, calcari marnosi e marne, selciferi, di facies pelagica.	2,32%
Basalti e tefriti sodiche (ialoclastiti).	1,82%

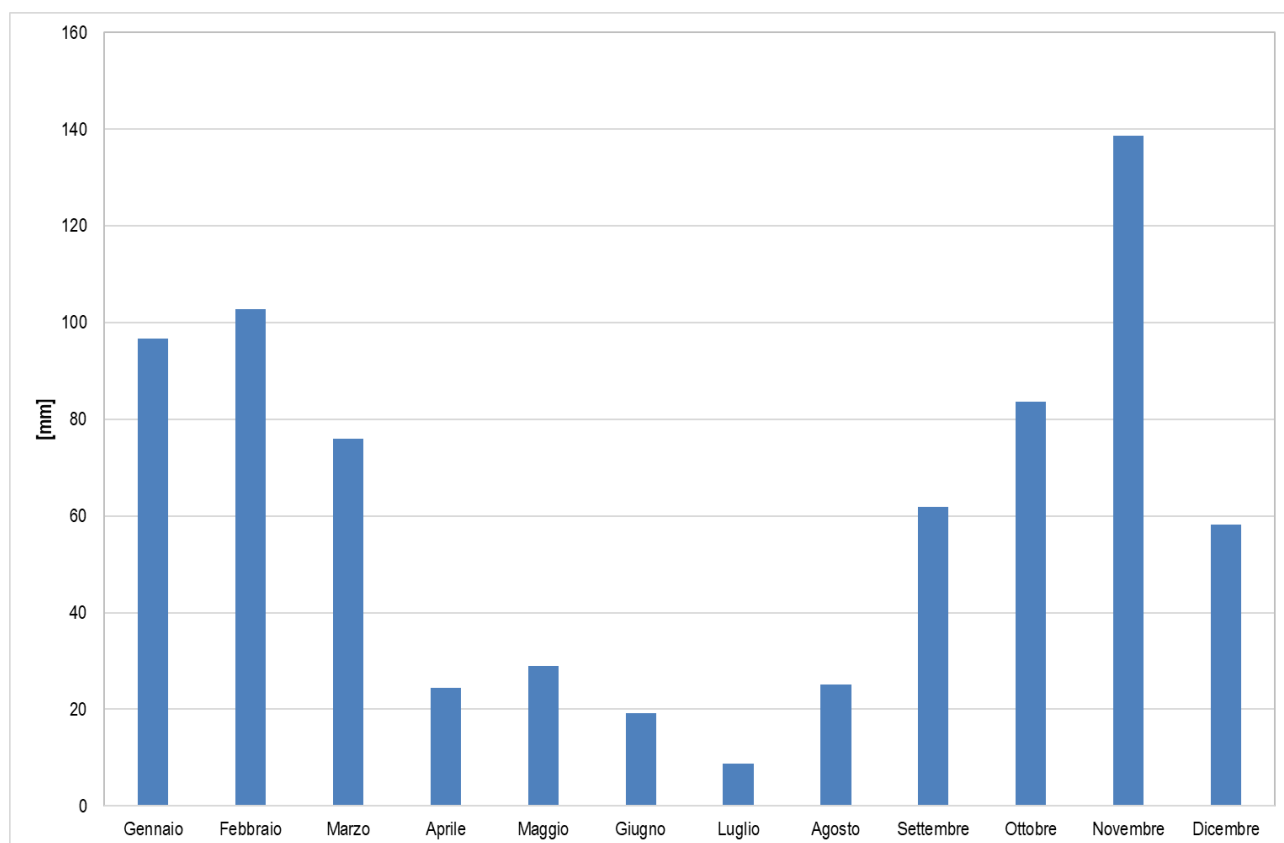
### 3.3 Clima

Nell'elaborato “Bacino Idrografico Magazzolo e bacini minori tra Magazzolo e Platani (R19062)” allegato al Piano di Tutela delle Acque della Sicilia (PTA) sono riportate informazioni relative alle caratteristiche climatiche dell'area oggetto di studio.

Dall'analisi delle temperature medie annue è possibile distinguere chiaramente all'interno del bacino la presenza di almeno due zone climatiche. La prima è l'area montana con temperature medie intorno ai 15 °C. La seconda è costituita dalle stazioni costiere nelle quali si registrano temperature medie annue di 18 °C. Queste due zone presentano valori differenti anche per quanto riguarda le minime assolute, intorno ai 4-5 °C nelle aree costiere per arrivare a -1,2 °C nelle aree interne. Il mese più freddo è di norma febbraio lungo la costa, gennaio nei rilievi interni. Luglio è invece il mese più caldo, con temperature medie di 31,5 °C lungo la costa e che non superano i 28,5 °C nelle zone interne.

Dallo studio delle precipitazioni mensili si osserva che prevalgono le aree con precipitazioni medie comprese tra 450 e 600 mm, seguite dalle aree con precipitazioni medie comprese tra 600 e 700 mm.

Ai fini di una caratterizzazione meteo-climatica dell'area di interesse è stata condotta un'analisi sui dati di precipitazione giornalieri rilevati presso la diga di Castello relativi agli ultimi 6 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.

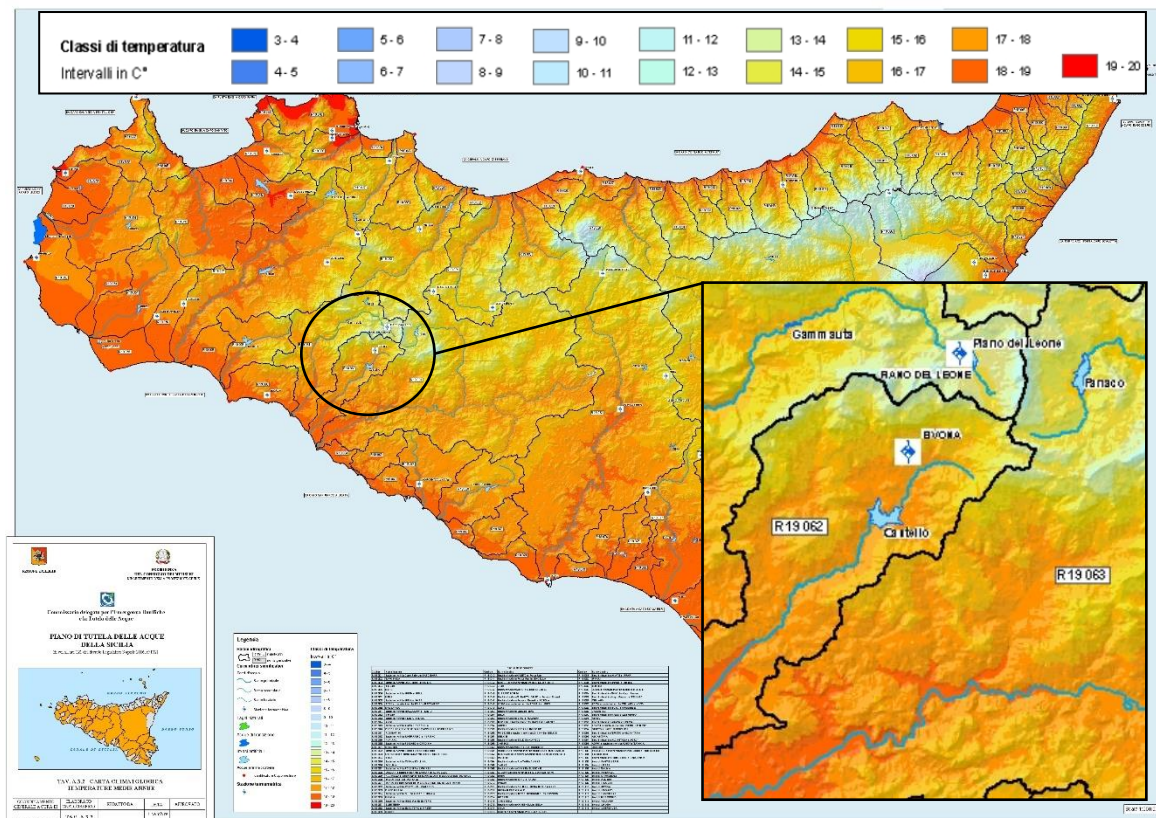
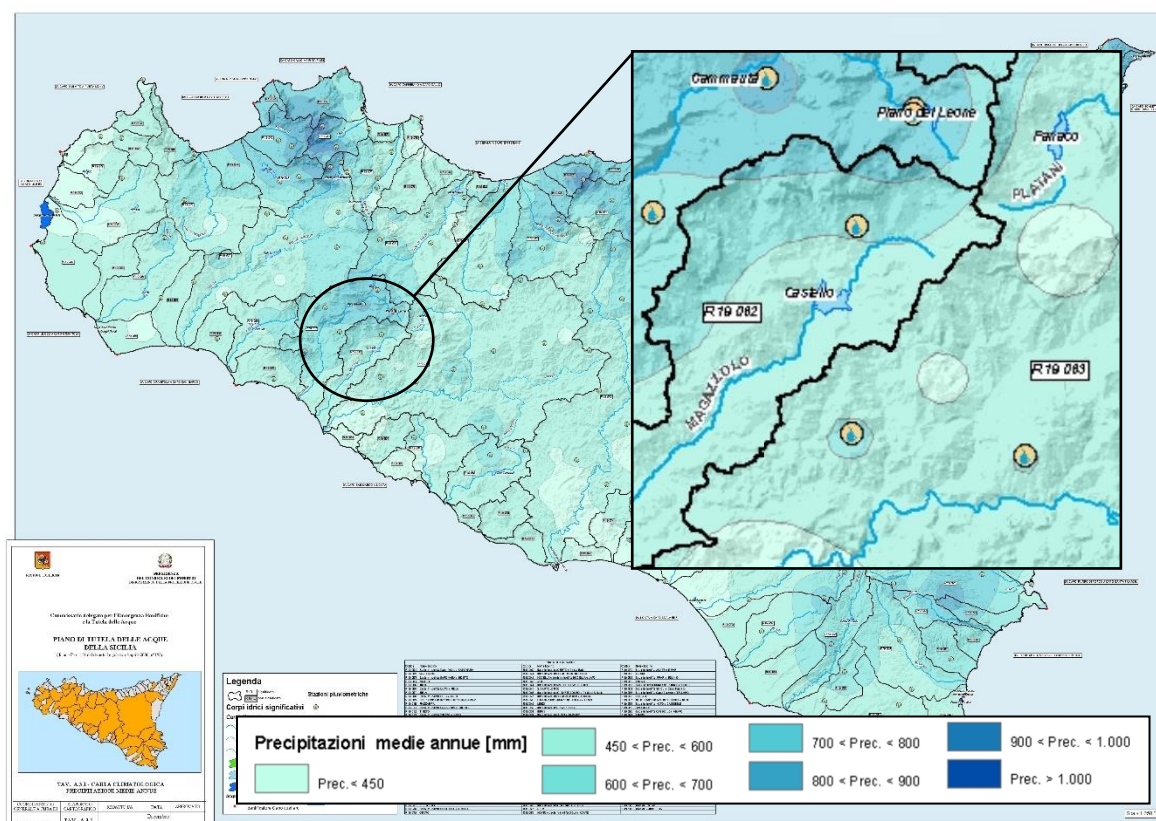


**Figura 3-6: pioggia cumulata media mensile (periodo 2015-2020)**

Il Piano di Tutela delle Acque della Sicilia riporta le carte climatologiche del territorio siciliano aggiornate al 2007. Si riportano di seguito gli estratti di tali carte, che mostrano le precipitazioni medie annue e le temperature medie, minime e massime nell'area di interesse.

Dalle carte si evince che il bacino di Castello è caratterizzato da una piovosità media annua compresa tra i 450 e i 700 mm, una temperatura media annua di 17-18°C, una temperatura minima annua di 6-8 °C e una temperatura massima annua di 32-34 °C.







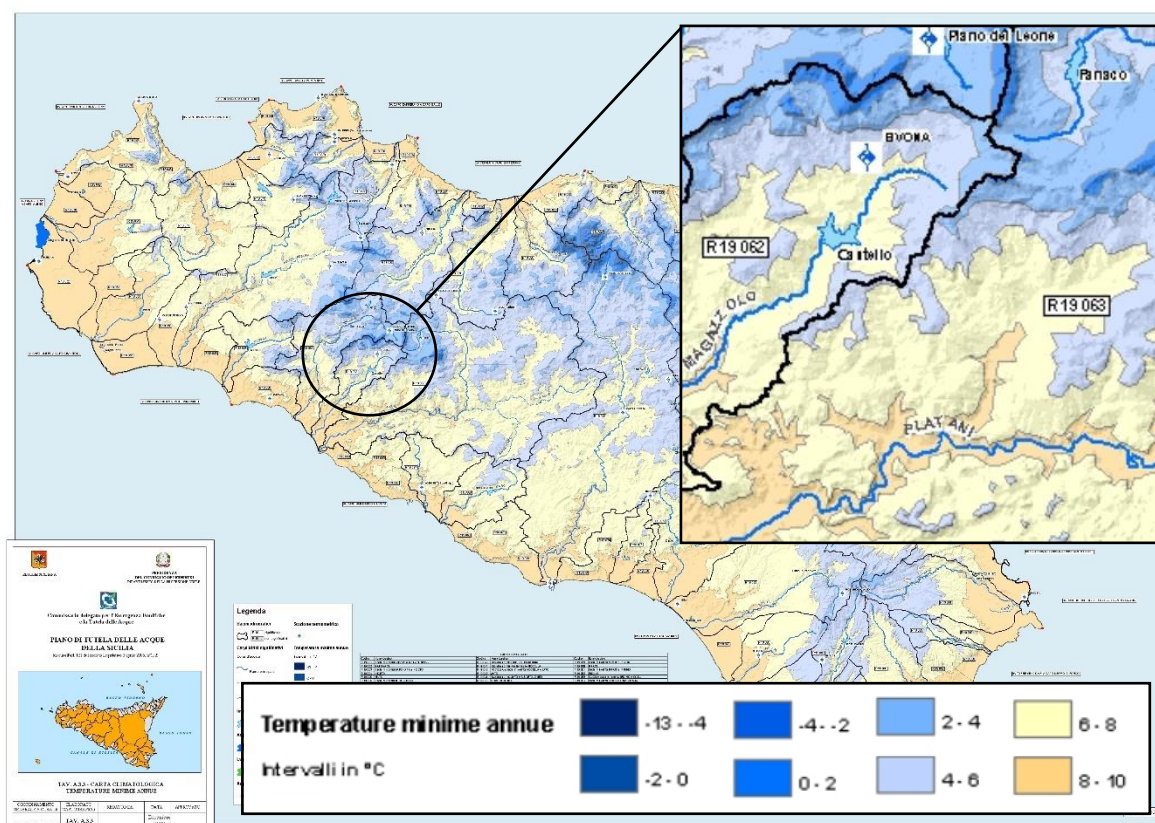


Figura 3-9: estratto della tavola A.3.3 “Carta climatologica – Temperature minime annue” del PTA

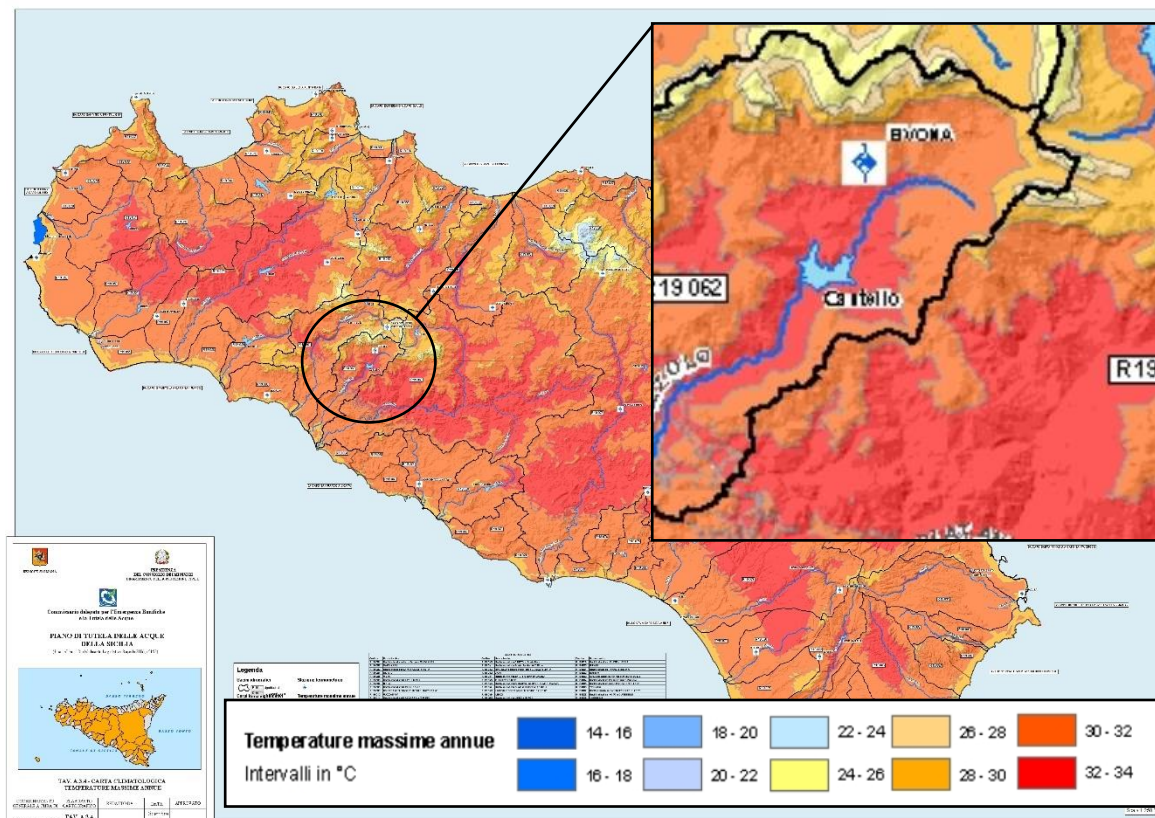


Figura 3-10: estratto della tavola A.3.4 “Carta climatologica – Temperature massime annue” del PTA





### 3.4 Aree naturali protette e Siti della Rete Natura 2000

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

Analogamente, la ZSC ITA040003 e il SIC ITA040016, per la distanza alla quale si trovano rispetto alla diga di Castello (25 km), non risentono delle operazioni effettuate nel bacino.

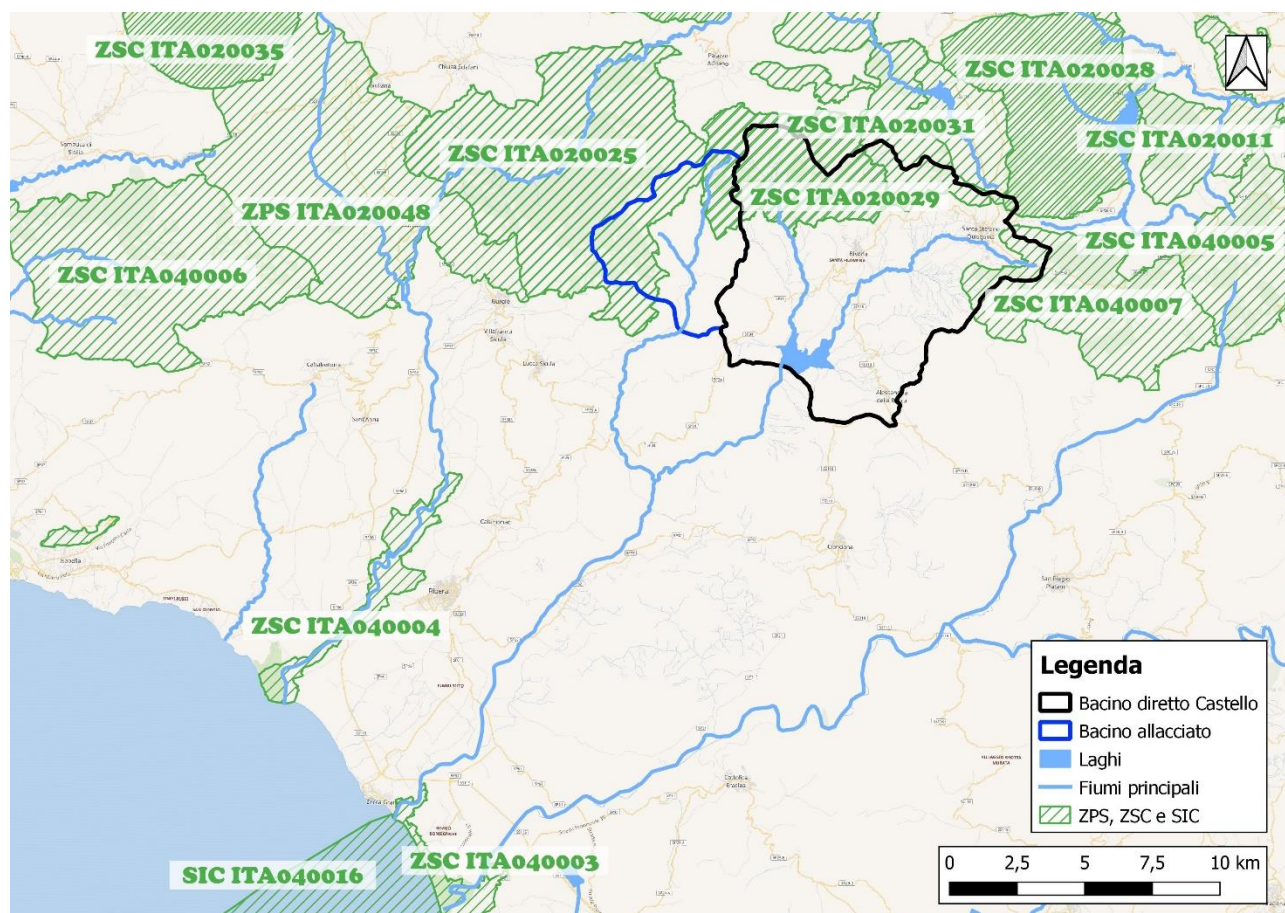


Figura 3-11: l'invaso di Castello e le aree protette

### 3.5 Pressioni

Le pressioni che interessano l'ambiente idrico superficiale possono essere distinte tra:

- fonti puntuali, riconducibili agli scarichi di reflui urbani e industriali, alle derivazioni e alla presenza di siti contaminati,
- fonti diffuse riferite essenzialmente all'uso antropico del territorio (uso urbano, uso agricolo con utilizzo prodotti fitosanitari e fertilizzanti e spandimento di liquami zootecnici).

Inoltre un impatto rilevante sull'ecosistema fluviale è rappresentato dalle alterazioni morfologiche dei corsi d'acqua (rettificazioni, compromissione delle fasce tampone, artificializzazione attraverso la costruzione di argini, briglie, difese spondali e altre infrastrutture).

Nella tabella seguente si riportano le pressioni e gli impatti significativi, individuati nell'ambito della redazione del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia (2° Ciclo di Pianificazione 2015-2021), riferiti sia ai corpi idrici afferenti all'invaso sia all'invaso stesso.

**Tabella 3-3: pressioni e impatti significativi (fonte: Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia 2016)**

Nome corpo idrico	Pressioni			Impatti	
	Codice	Tipologia	Descrizione	Tipologia	Descrizione
Invaso di Castello	1.1	Puntuali	Acque reflue urbane	NUTR	Inquinamento da nutrienti
	2.2	Diffuse	Agricoltura	ORGA	Inquinamento organico
	2.10	Diffuse	Altro (IPNOA - Indicatore di Pressione per Nitrati di Origine Agricola)	CHEM	Inquinamento chimico
Fiume Magazzolo	1.1	Puntuali	Acque reflue urbane	CHEM	Inquinamento chimico
	2.5	Diffuse	Siti contaminati o siti industriali abbandonati		
	2.10	Diffuse	Altro (IPNOA - Indicatore di Pressione per Nitrati di Origine Agricola)		
	4.1.1	Alterazioni fisiche	Protezione dalle piene	HMOC	Habitat alterati dovuti a cambiamenti morfologici (inclusa la connettività fluviale)
	4.2.3	Alterazioni morfologiche	Dighe, barriere e chiuse - Acqua potabile		
	4.2.4	Alterazioni morfologiche	Dighe, barriere e chiuse - Irrigazione		
Vallone Acque Bianche (o Vallone Santa Margherita)	2.10	Diffuse	Altro (IPNOA - Indicatore di Pressione per Nitrati di Origine Agricola)	CHEM	Inquinamento chimico
	4.1.2	Alterazioni fisiche	Agricoltura		
	4.1.4	Alterazioni fisiche	Altro (Modifica della zona riparia e/o della piana alluvionale per attività agricole e zootecniche)		
	4.2.3	Alterazioni morfologiche	Dighe, barriere e chiuse - Acqua potabile	HMOC	Habitat alterati dovuti a cambiamenti morfologici (inclusa la connettività fluviale)
	4.2.4	Alterazioni morfologiche	Dighe, barriere e chiuse - Irrigazione		
	4.3.2	Alterazioni idrologiche	Trasporto		





La carta di seguito riportata mostra la localizzazione di depuratori rispetto all'invaso di Castello: è possibile osservare la presenza di due depuratori nel bacino imbrifero diretto sotteso dalla diga. Rispetto a tali elementi, si sottolinea fin da ora che nelle analisi eseguite a marzo 2021 la componente microbiologica (*E. coli*) è risultata presente negli strati superficiale e intermedio con valori corrispondenti al livello 2 secondo la classificazione dell'indice LIM (D.lgs. 152/99).

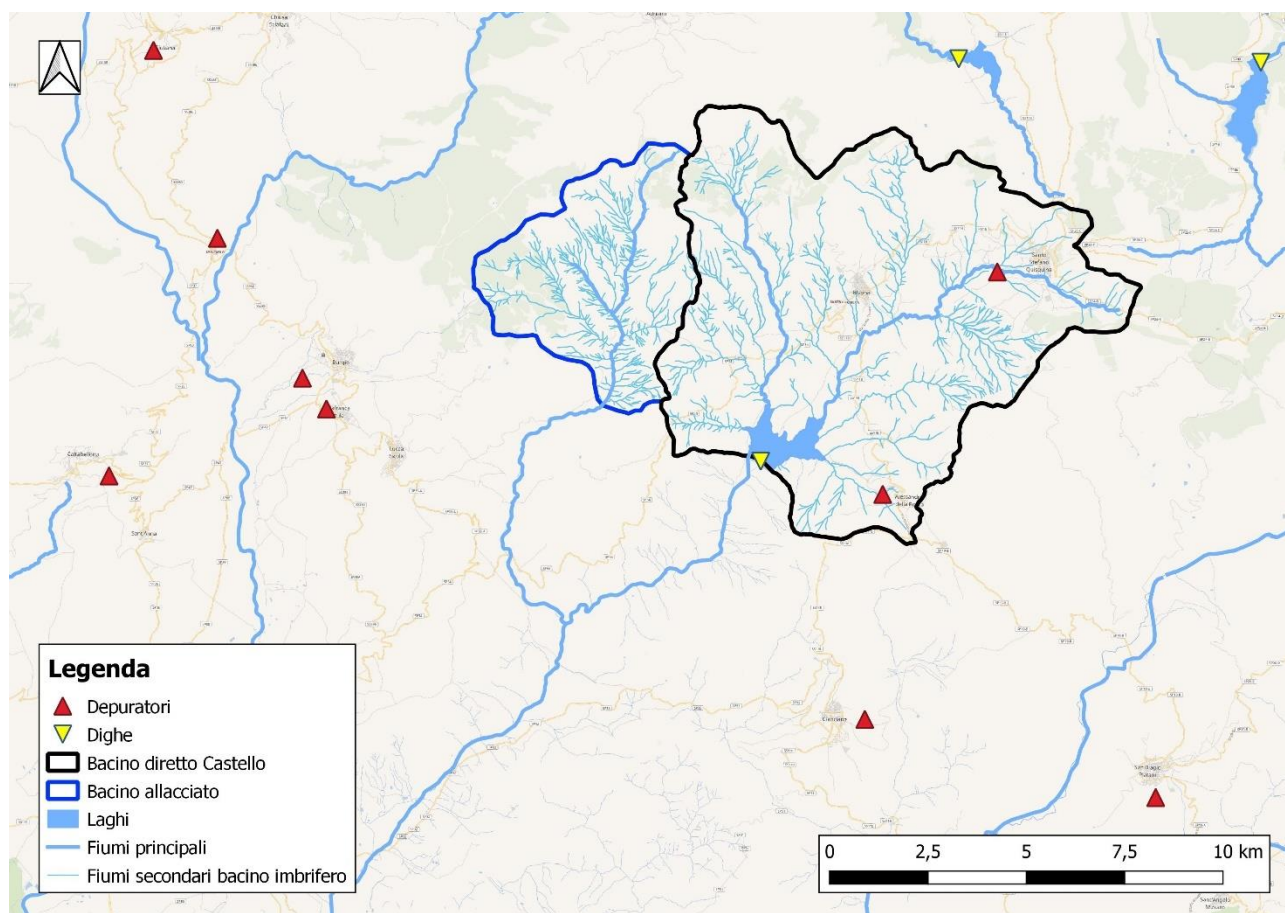


Figura 3-12: localizzazione delle pressioni sul bacino imbrifero sotteso della diga di Castello



## 4 QUADRO PIANIFICATORIO

In questo capitolo vengono analizzati i principali strumenti di pianificazione di rilievo per il presente Progetto di Gestione.

### 4.1 Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico, o P.A.I., redatto ai sensi della L. 183/89, e succ. mod., ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Esso esprime funzioni di tipo conoscitivo, normativo-prescrittivo e programmatico con gli obiettivi che seguono:

- conoscenza dello stato di dissesto idrogeologico del territorio;
- individuazione degli elementi vulnerabili;
- valutazione delle situazioni di rischio;
- programmazione di norme di attuazione finalizzate alla conservazione e tutela degli insediamenti esistenti;
- sviluppo di una politica di gestione degli scenari di pericolosità;
- programmazione di indagini conoscitive, di studi di monitoraggio dei dissesti, di interventi specifici per le diverse situazioni e, ove necessario, di opere finalizzate alla mitigazione e/o eliminazione del rischio.

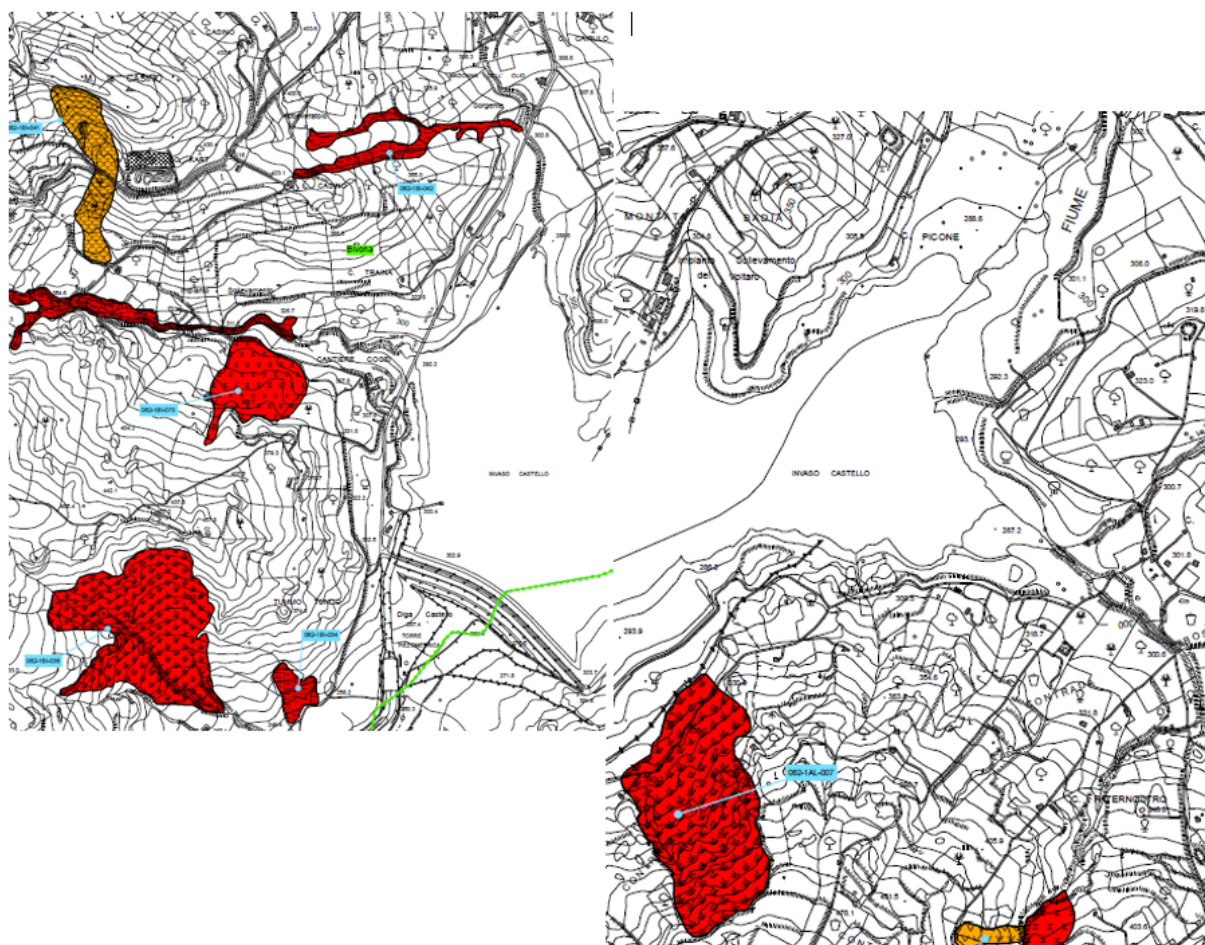
In relazione al bacino di Castello, oggetto del presente Progetto di Gestione, è stata analizzata la relazione “Bacino Idrografico del Fiume Fiume Magazzolo ed Area Territoriale tra il Bacino del Fiume Platani ed il Fiume Magazzolo (062)”.

Il Documento e la cartografia allegata evidenziano lo stato dei dissesti e delle aree a rischio dei comuni di Alessandria della Rocca, Bivona, Calamonaci, Lucca Sicula, Ribera, Santo Stefano di Quisquina, Castronovo di Sicilia e Palazzo Adriano.

A proposito dell'invaso di Castello la relazione riporta i risultati dello studio relativo alle manovre di apertura delle opere di scarico (apertura istantanea e contemporanea degli organi di scarico superficiali e profondi) e all'ipotetico collasso dello sbarramento.

I risultati dello studio sono stati riprodotti in una cartografia che riporta le aree soggette a potenziale inondazione nelle due ipotesi.

Si riporta di seguito un estratto della cartografia tematica relativa ai dissesti, che evidenzia come in prossimità delle sponde dell'invaso di Castello vi siano “aree a franosità diffusa”, “dissesti conseguenti ad erosione accelerata” e aree a “deformazione superficiale lenta”.



## LEGENDA

### TIPOLOGIA

	Crollo e/o ribaltamento
	Colamento rapido
	Sprofondamento
	Scorrimento
	Frana complessa
	Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
	Colamento lento
	Area a franosità diffusa
	Deformazione superficiale lenta
	Calanco
	Dissesti conseguenti ad erosione accelerata
	Sito di attenzione

### STATO DI ATTIVITA'

	Attivo
	Inattivo
	Quiescente
	Stabilizzato artificialmente o naturalmente

	Limite bacino idrografico
	Limite area territoriale tra i Bacini del F. Platani e del Fiume Magazzolo
	Limite comunale

Figura 4-1: estratto delle Carte dei Dissesti allegate alla relazione “Bacino Idrografico del Fiume Fiume Magazzolo ed Area Territoriale tra il Bacino del Fiume Platani ed il Fiume Magazzolo (062)”





## 4.1 Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR)

L'Assessorato Regionale dei Beni Culturali ed Ambientali, in attuazione dell'art. 3 della L.R. 1 agosto 1977, n. 80, e dell'art. 1 bis della legge 8 Agosto 1985, n. 431, al fine di assicurare specifica considerazione ai valori paesistici e ambientali del territorio regionale, analizza ed individua le risorse culturali e ambientali, e fornisce indirizzi per la tutela e il recupero delle stesse mediante il Piano Territoriale Paesistico Regionale.

Il Piano Territoriale Paesistico investe l'intero territorio regionale con effetti differenziati, in relazione alle caratteristiche e allo stato effettivo dei luoghi, alla loro situazione giuridica e all'articolazione normativa del piano stesso.

Il Piano ha elaborato, nella sua prima fase, le Linee Guida.

Mediante esse si è teso a delineare un'azione di sviluppo orientata alla tutela e alla valorizzazione dei beni culturali e ambientali, definendo traguardi di coerenza e compatibilità delle politiche regionali di sviluppo, evitando ricadute in termini di spreco delle risorse, degrado dell'ambiente, depauperamento del paesaggio regionale.

L'analisi della Tavola 16 "Vincoli Paesaggistici" non ha evidenziato la sussistenza di criticità legate al bacino di Castello e al suo emissario.

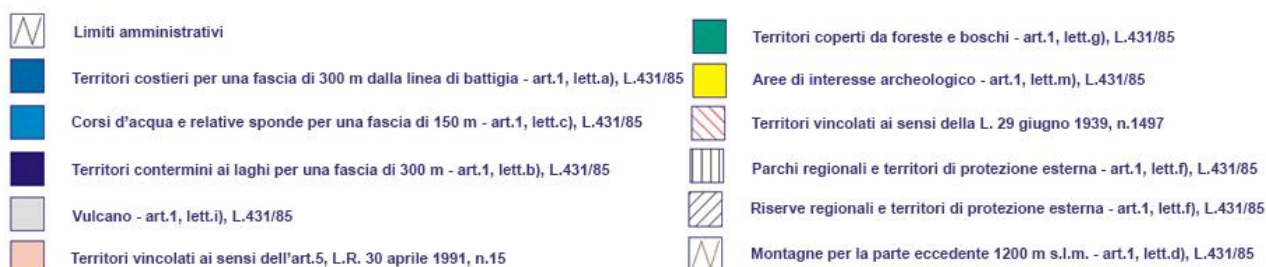
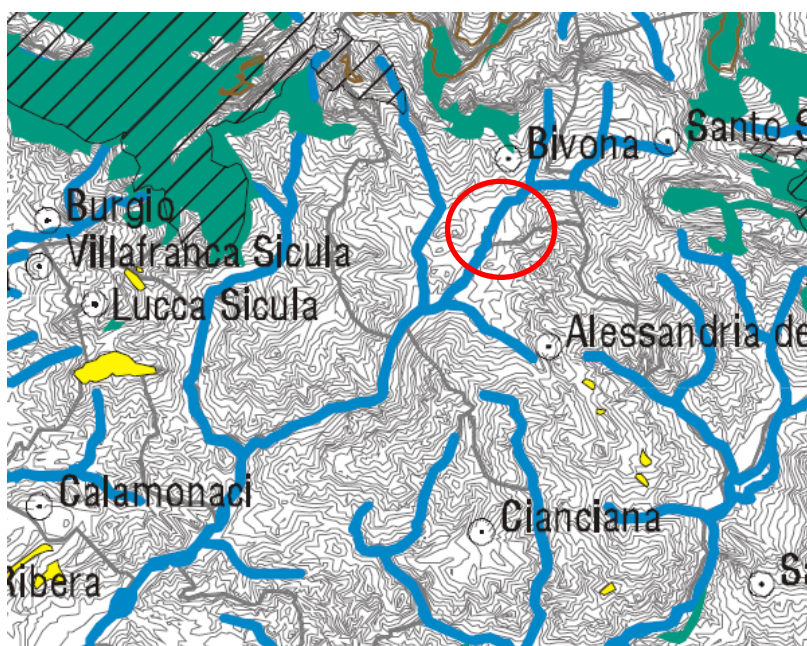



Figura 4-2: estratto della Tavola 16 "Vincoli Paesaggistici" allegata alle Linee Guida del Piano Territoriale Paesistico Regionale

	PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI CASTELLO – REV.1	pag. 25
		(Mag-22)

## 4.1 Piano Regolatore Generale (PRG)

Il P.R.G. è uno strumento urbanistico comunale il cui compito è quello di organizzare l'assetto comunale e di pianificare lo sviluppo delle varie aree di cui è composto, ovvero le aree urbane ed extraurbane, tenendo conto delle linee guida tracciate dal piano territoriale di coordinamento e dai vincoli esterni. Il PRG contiene le seguenti informazioni:

- rete principale delle infrastrutture;
- zonizzazione del territorio comunale;
- indicazione degli spazi destinati a uso pubblico;
- indicazione delle aree destinate a fabbricati d'uso pubblico;
- vincoli paesaggistici e di carattere storico.

Ai fini del completamento del quadro pianificatorio, sono stati consultati i Piani Regolatori Generali dei comuni di Bivona e Alessandria della Rocca, nei quali ricade l'invaso di Castello. Come è possibile osservare dalle immagini seguenti, l'invaso ricade in Zona E, ovvero in una zona destinata a uso agricolo. Non sono stati riscontrati vincoli interferenti con il bacino.

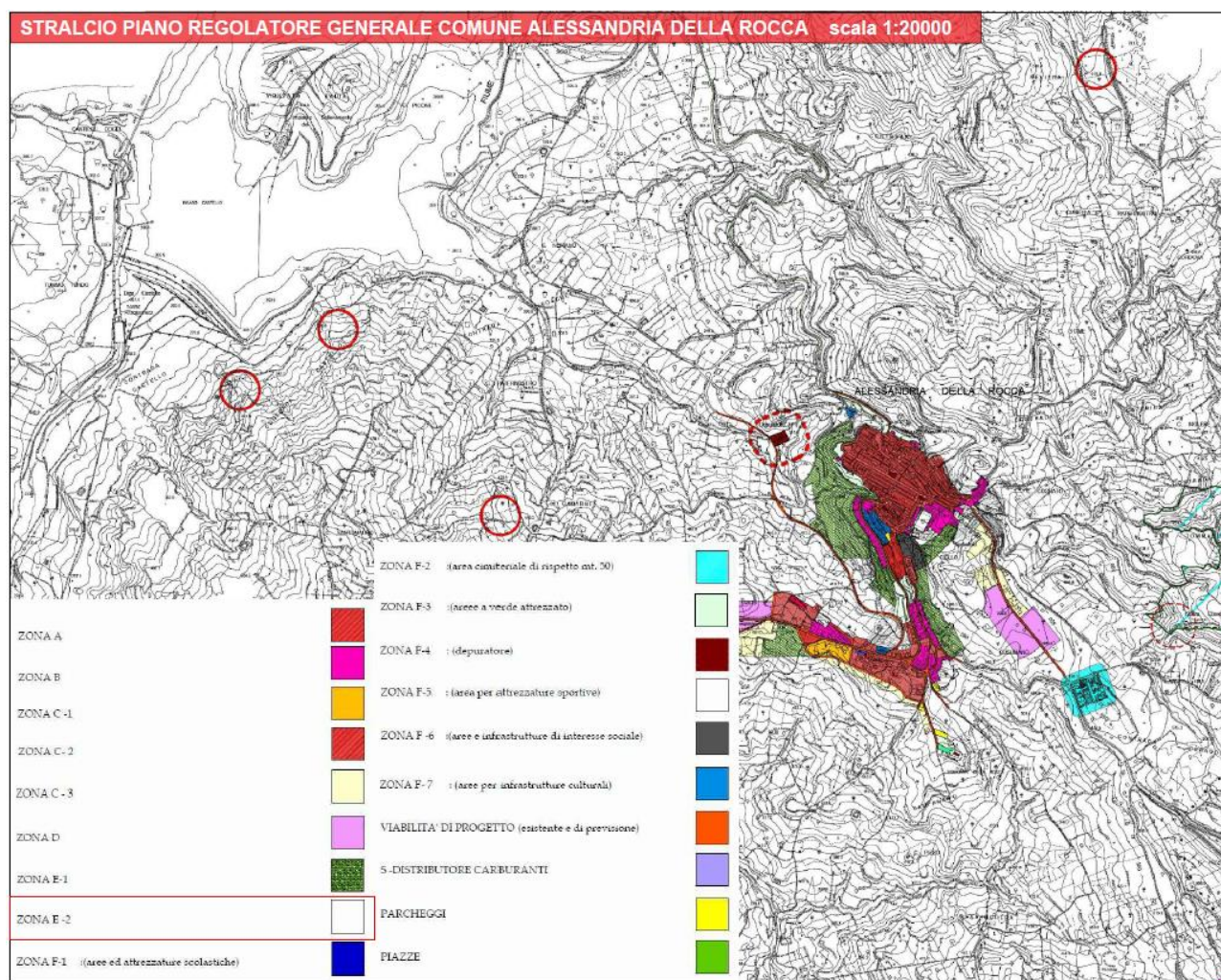


Figura 4-3: estratto della cartografia allegata al PRG di Alessandria della Rocca



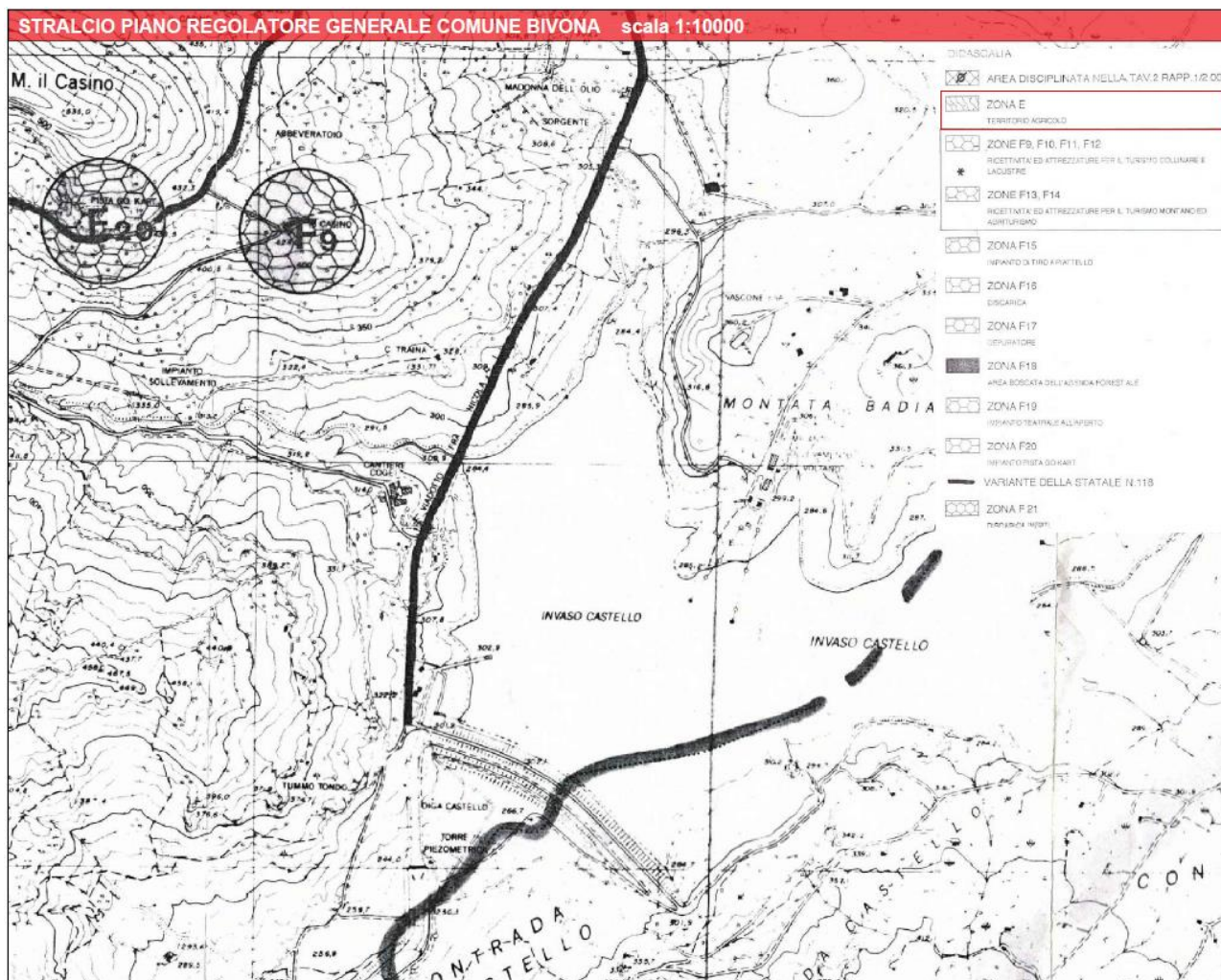


Figura 4-4: estratto della cartografia allegata al PRG di Bivona



## 5 INVASO DI CASTELLO

La diga e l'invaso di Castello presentano le caratteristiche amministrative e dimensionali riepilogate nella tabella che segue.

I dati caratteristici dell'invaso riportati in tabella sono desunti dal Foglio Condizioni di Esercizio e Manutenzione (FCEM) e dai rilievi morfobatimetrici eseguiti a marzo 2021, per i quali si rimanda al successivo capitolo 6.

**Tabella 5-1: caratteristiche dell'invaso e della diga di Castello**

Località	Castello
Longitudine Ovest	0° 57' 34''
Latitudine Nord	37° 34' 38''
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
Immissari	F. Magazzolo
Emissari	F. Magazzolo
Bacino idrografico	F. Magazzolo
Nome diga	Castello
Comune	Bivona e Alessandria della Rocca
Provincia	Agrigento
Regione	Sicilia
Corpo idrico principale	F. Magazzolo
Data di collaudo (ex art. 14 DPR 1363/59)	30/03/2007
Uso	Irriguo e potabile
Gestore	Dipartimento Regionale Acqua e Rifiuti
Richiedente concessione derivazione acqua uso potabile	Assemblea Territoriale Idrica Agrigento
Richiedente concessione derivazione acqua uso irriguo	Consorzio di Bonifica Sicilia Occidentale
Comuni rivieraschi interessati	Bivona, Palazzo Adriano, Alessandria della Rocca, Lucca Sicula, Ribera
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 (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 del DM 24/03/1982)	26,00 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 del bacino (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





Figura 5-1: invaso di Castello

## 5.1 Dati strutturali

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; il paramento di monte ha pendenza costante 2/1 fino alla quota di 266,15 m s.l.m. del rinterro di monte e del coronamento avandiga, il cui paramento di monte, sommerso dal rinterro, ha pendenza 2/1 fino all'originario piano di campagna; il paramento di valle, rivestito con manto erboso su terreno vegetale, è costituito da una linea spezzata, interrotta da due banchine di larghezza 2,50 m alle quote 290,15 e 278,15 m s.l.m., ed ha pendenze dall'alto verso il basso di 1,75/1, 2/1 e 2/1; esso si attesta sullo zoccolo di valle, il cui coronamento è a quota 266,15 m s.l.m. e con paramento esterno a pendenza 3/2, interamente sommerso dal rinterro di valle a quota 266,15 m s.l.m. La diga è costituita da materiale omogeneo a grana grossa (alluvioni di fondo valle e formazioni calcaree di Pizzo S. Matteo), con uno strato di sottofondo del manto bituminoso di monte, dello spessore di 2,00 m costituito da pietrame selezionato, regolarizzato con uno strato di 15 cm di pietrisco, sul quale poggia il manto di tenuta formato da un pacchetto costituito, dall'interno verso l'esterno: da uno strato di conglomerato bituminoso semiaperto (binder) dello spessore di 10 cm, da un sovrastante strato di conglomerato bituminoso chiuso, impermeabile, di 5 cm, da un successivo strato di conglomerato bituminoso drenante dello spessore di 8 cm, seguito da un altro strato di



conglomerato impermeabile di 8 cm, su cui è realizzato un sigillo di mastice dello spessore di 1,50+2,00 mm. Il manto di tenuta si attesta su una struttura in c.a. munita di sottostante paratia in c.a., dello spessore di 80 cm, che si immerge nella formazione argillosa di base; tale struttura è percorsa da un cunicolo ispezionabile lungo tutto il suo sviluppo, ove recapita il sistema di raccolta dei drenaggi, costituito da tubi di raccolta dei drenaggi del manto di tenuta, che confluiscono nella parte alta del cunicolo, lato valle, e da tubi di raccolta dei drenaggi del sottofondo del manto, che confluiscono nella parte bassa del cunicolo. Al cunicolo longitudinale si accede tramite due torrette d'estremità e tramite un cunicolo trasversale che fa capo, a valle, ad un pozzo verticale, che dalla quota 266,15 m s.l.m., piano del rinterro di valle, raggiunge l'estremità del cunicolo trasversale a quota 251,15 m s.l.m. La struttura dell'avandiga, che costituisce piede di monte della diga è realizzata in parte da materiale impermeabile e, verso l'esterno, da materiale alluvionale, a grana grossa; essa si collega alla diga, ed in particolare alla struttura in c.a. al piede del manto, con un tampone in materiali impermeabili. Lo zoccolo di valle è in pietrame. I rinterri di monte e di valle sono costituiti da materiale alluvionale proveniente dagli scavi di imbasamento della diga. Il placcaggio che ricopre la sponda sinistra a monte della diga è costituito da materiale alluvionale a grana grossa, che si attesta su uno zoccolo in pietrame, e ricoperto verso l'esterno da uno strato di pietrame; la pendenza esterna del placcaggio, che si estende dalla quota 301,15 m s.l.m. alla quota variabile da 266,15 a 287,15 m s.l.m., è pari a 10/1.



Figura 5-2: diga di Castello

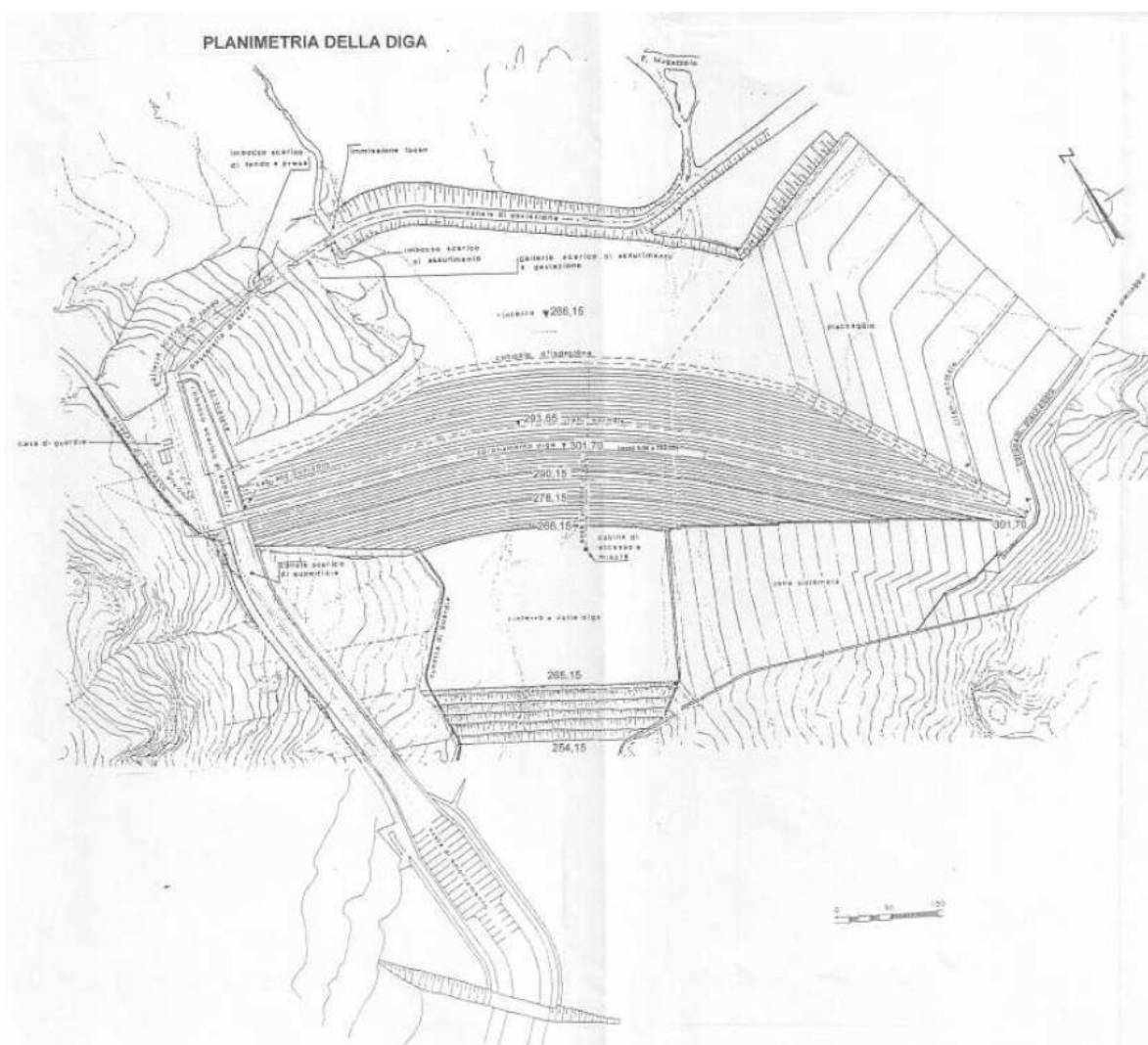


Figura 5-3: planimetria dello sbarramento di Castello

### 5.1.1 Opere di scarico e opere di derivazione

La diga di Castello è dotata di uno scarico di superficie, di uno scarico di fondo, di uno scarico di esaurimento, di un'opera di derivazione irrigua e di una derivazione a uso potabile.

La portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 296,65 m s.l.m. è pari a 1120 m<sup>3</sup>/s dallo scarico di superficie, a 73,57 m<sup>3</sup>/s dallo scarico di fondo e a 15 m<sup>3</sup>/s dallo scarico di esaurimento.

Lo scarico di superficie è ubicato in sponda destra ed è costituito da un'opera di imbocco a soglia libera, che fa capo ad un canale collettore, da un canale fagatore e da una vasca di smorzamento. La soglia sfiorante ha il ciglio quota 293,65 m s.l.m. ed ha andamento rettilineo, salvo un risvolto finale in curva nella estremità di monte; lo sviluppo complessivo è pari a 115 metri. La soglia, sagomata esternamente secondo un profilo idraulico ed opportunamente areata, fa capo ad un canale collettore disposto normalmente all'asse diga, di larghezza variabile da 14 m circa a 24,00 m e di lunghezza in asse di 95 m circa; la quota di fondo è variabile da 285,12 m s.l.m. in testa a 284,65 m s.l.m. al filo della sezione terminale di controllo. Alla sezione di controllo segue un tratto di canale a sezione costante a cui si appoggia gran parte del rilevato diga in spalla destra, sorpassato da una passerella carrabile in prosieguo del coronamento della stessa. Detto tratto, della lunghezza di 60 m e largo 20 m, con muri in c.a. verticali per tutto il suo sviluppo, è seguito dal





canale fagatore, a sezione trapezia con fondo largo 20 m e sponde a scarpa 1/5, della lunghezza di 351,50 m e con pendenze raccordate del 10%, del 20% e del 30%. Il canale, nel tratto terminale a scivolo della lunghezza di 46,50 m, si allarga gradualmente fino a 36,15 m in corrispondenza dell'inizio della vasca di smorzamento, dove sbocca anche la galleria dello scarico di fondo; al termine sono disposti n° 6 denti dissipatori. La vasca di smorzamento si allarga ulteriormente, nel tratto iniziale della lunghezza di 26,50 m, fino a raggiungere la larghezza di fondo di 46,00 m, che si mantiene costante per altri 70 m; i muri laterali sono in tale tratto in c.a. con scarpa 1/5. La vasca successivamente si restringe al fondo fino a m 25 e le sponde assumono la pendenza 3/2. Lo sviluppo totale della vasca è di metri 137,50 e la pendenza del fondo dello 0,3%. Su fondo della vasca sono presenti soglie trasversali frangiflutto di altezza gradualmente crescente procedendo verso valle e decrescendo nel tratto ristretto finale. A valle della vasca è presente un raccordo canalizzato all'alveo del fiume della lunghezza di 600 m. Tutte le opere sono state sottoposte a prove di funzionamento su modello idraulico.

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 m³/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 m³, alimenta un comprensorio irriguo che si estende per circa 4,5 km² 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 dell'Azienda Idrica Comuni Agrigentini (AICA), soggetto gestore del servizio idrico integrato della provincia di Agrigento.

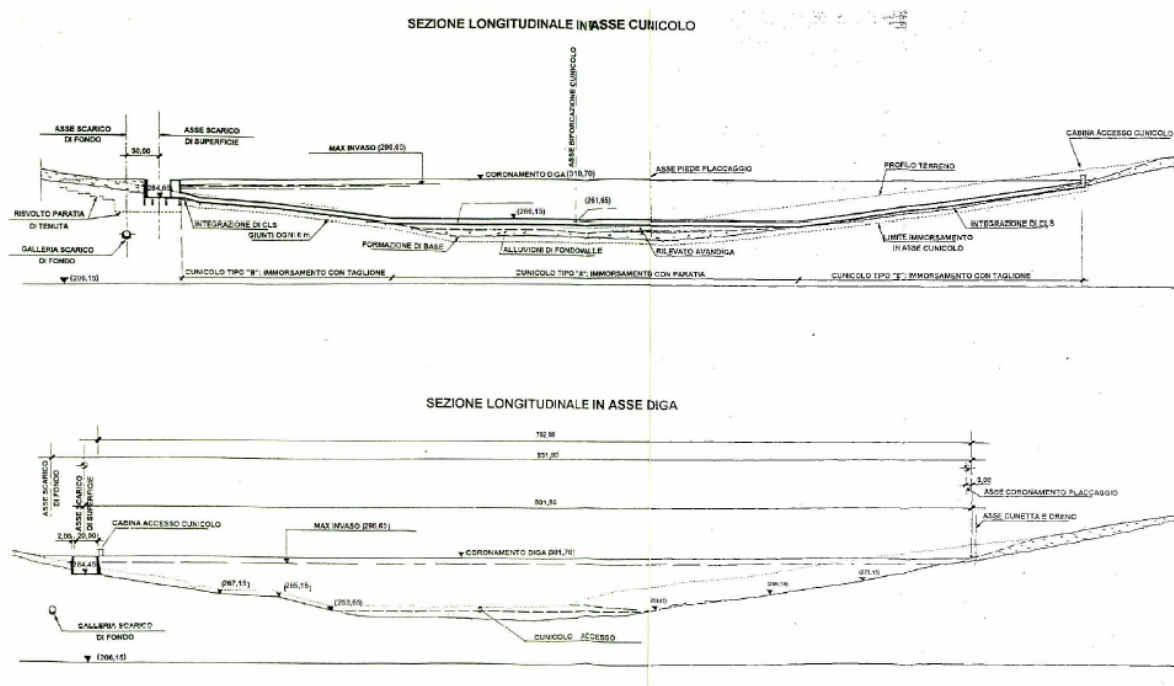


Figura 5-4: sezione longitudinale della diga di Castello

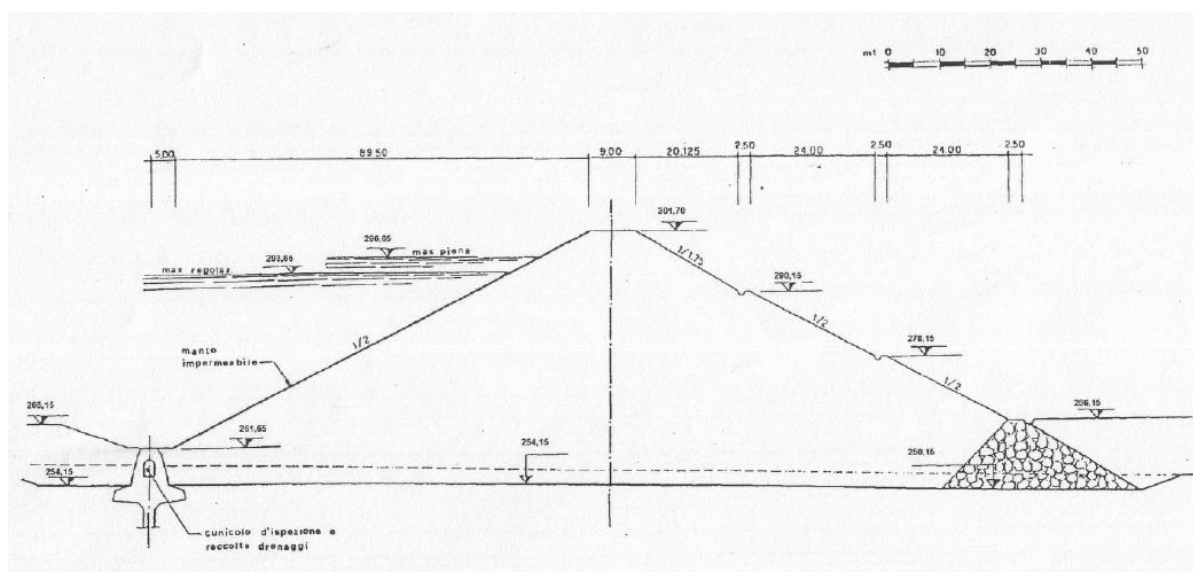


Figura 5-5: sezione trasversale della diga di Castello

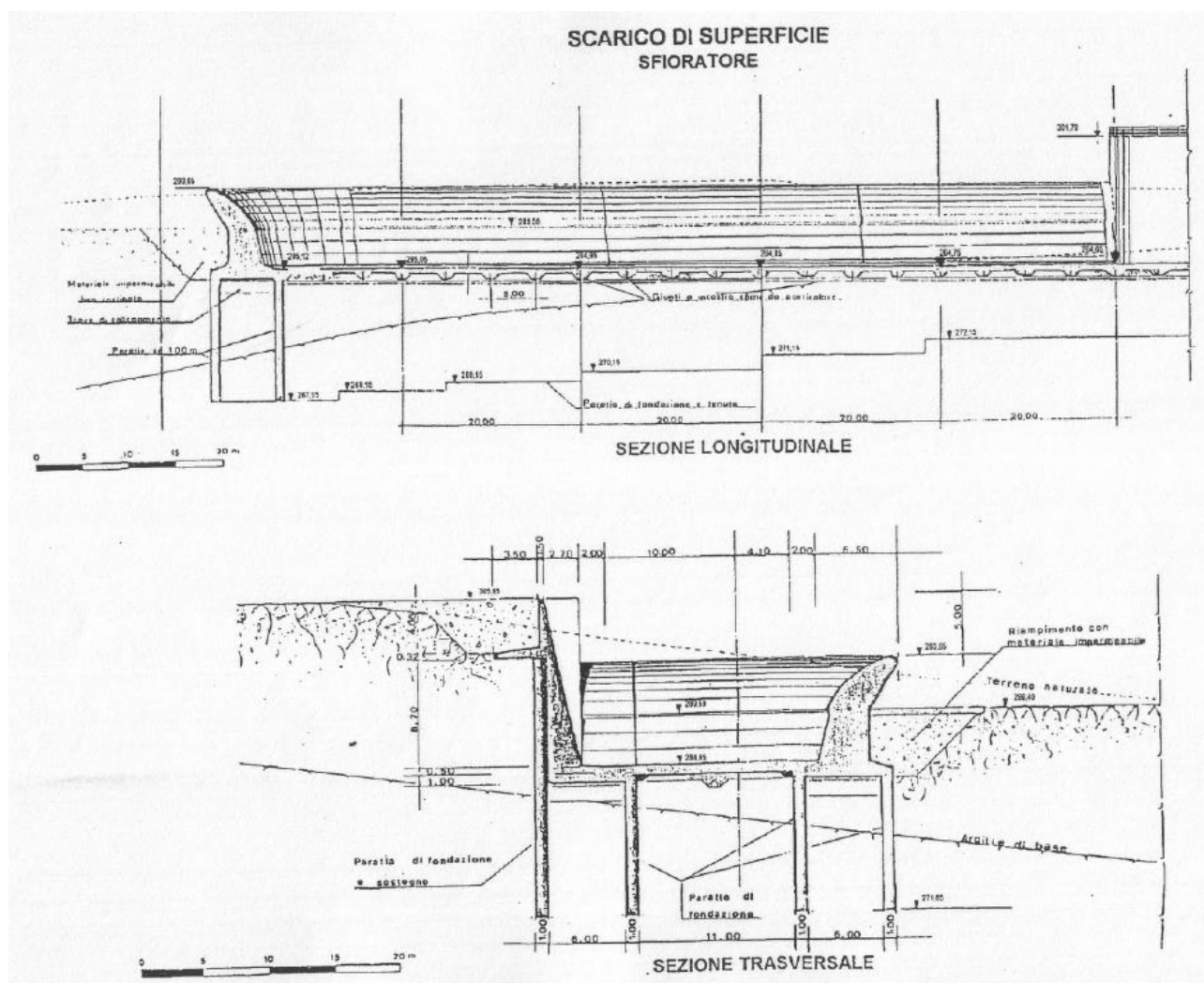


Figura 5-6: scarico di superficie della diga di Castello

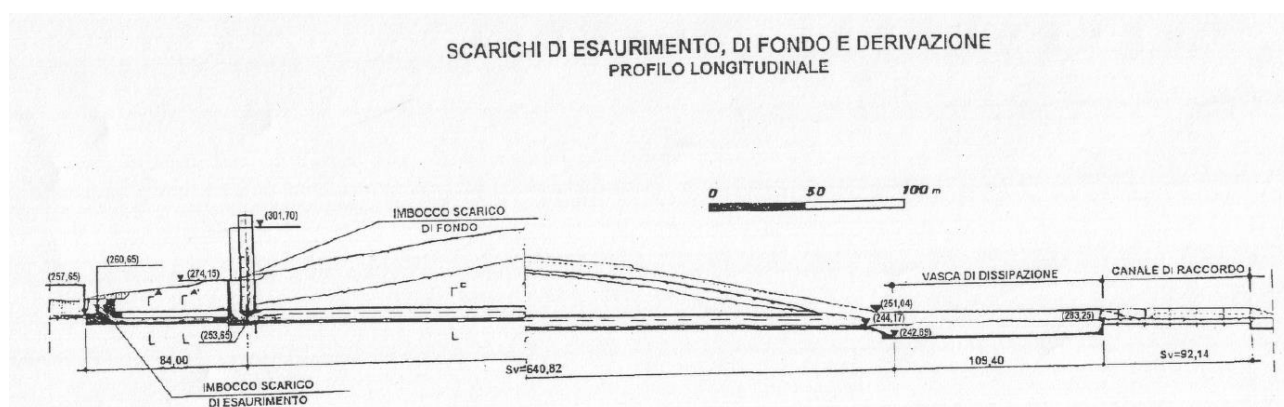


Figura 5-7: scarichi di esaurimento, di fondo e derivazione – profilo longitudinale



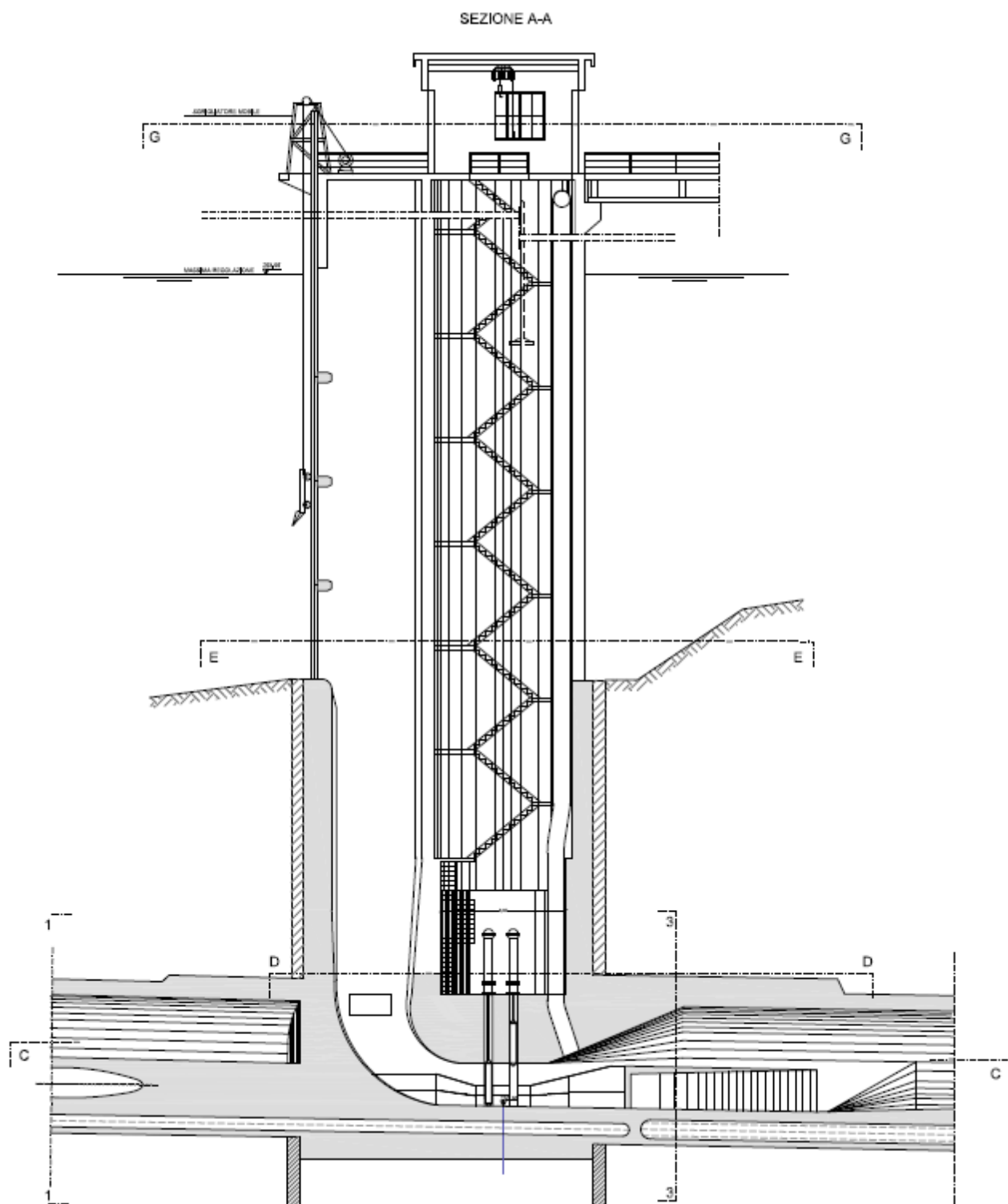


Figura 5-8: sezione della torre di presa

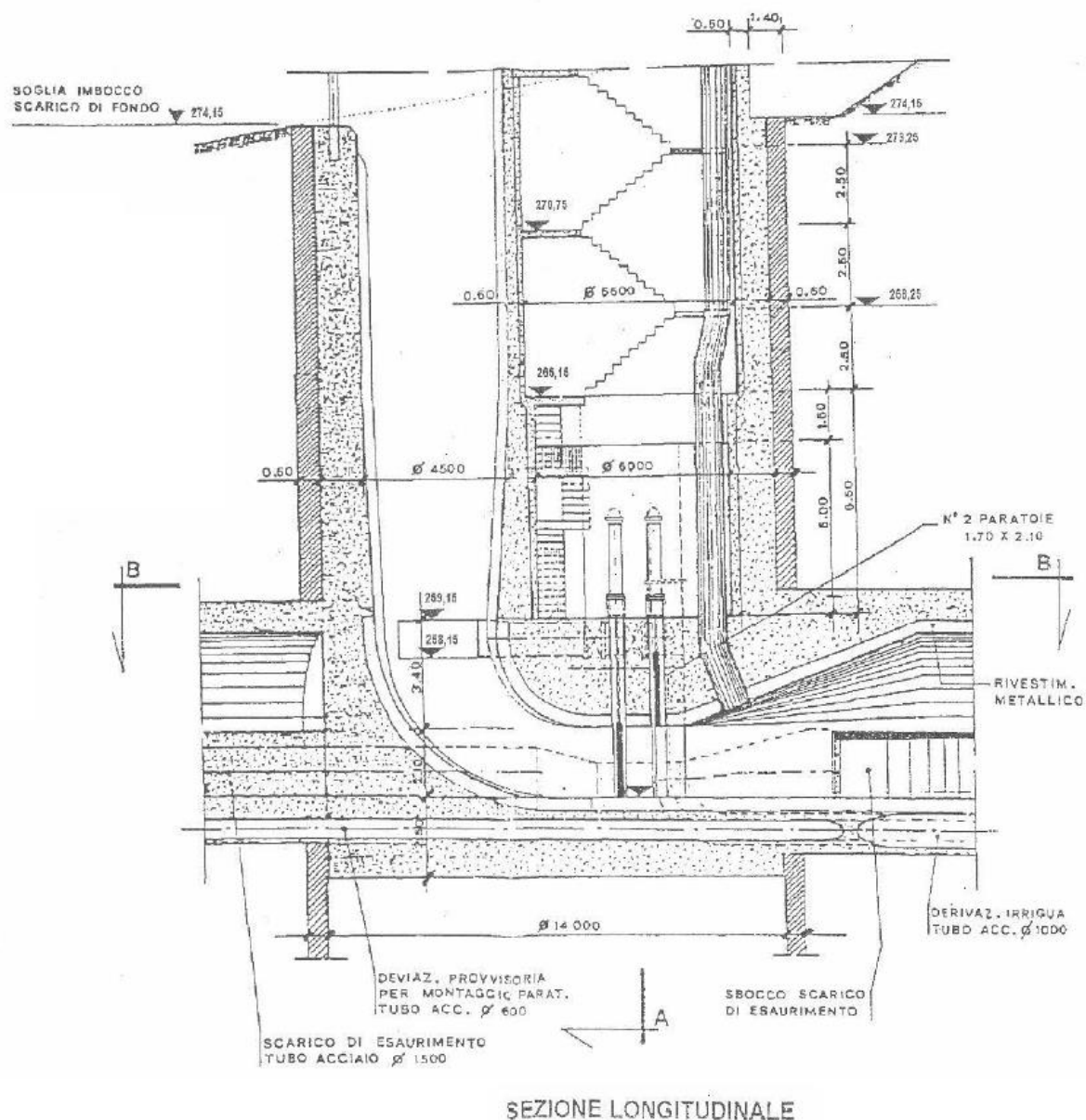


Figura 5-9: scarichi di esaurimento, di fondo e derivazione – particolari della torre di manovra

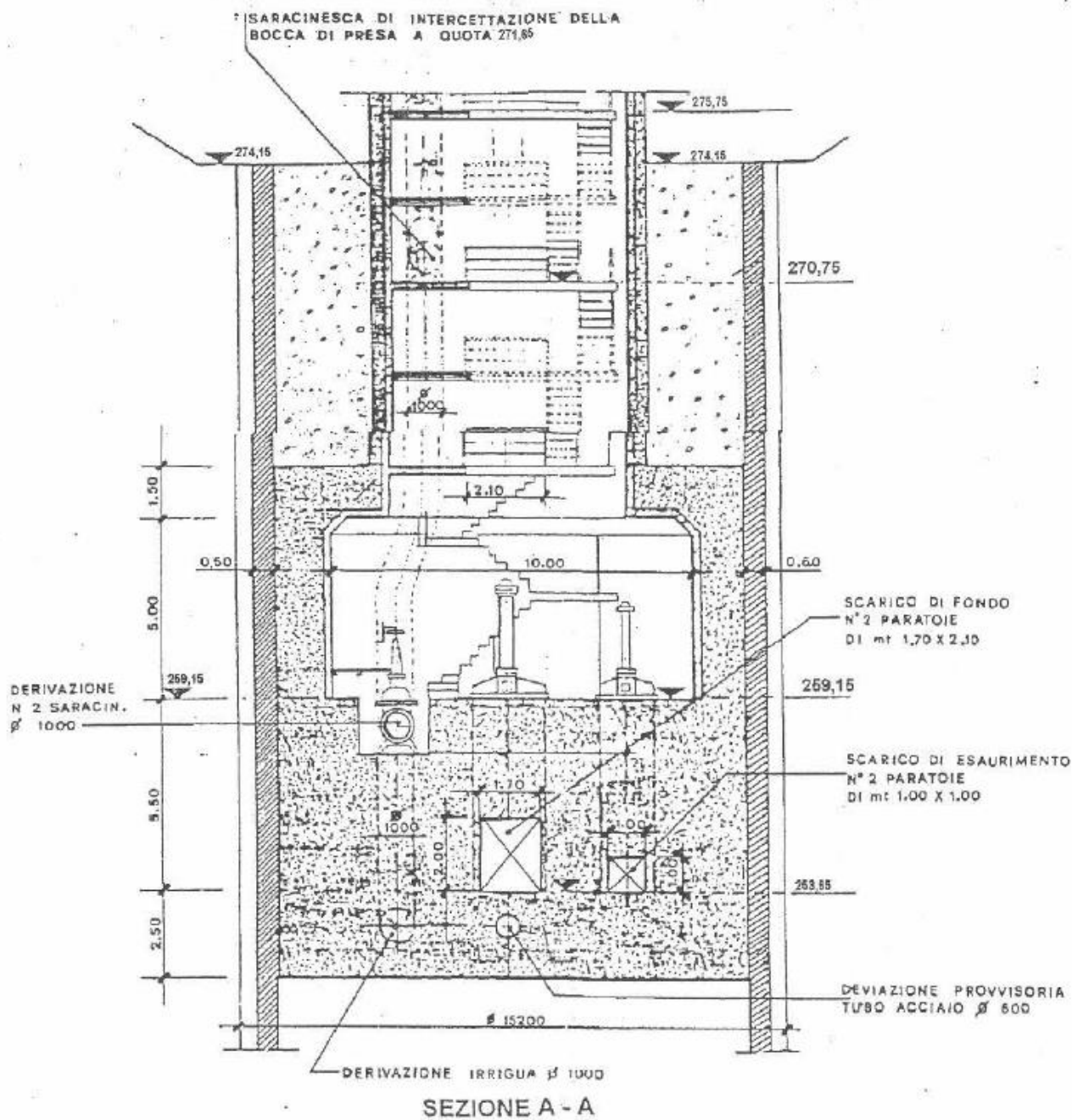


Figura 5-10: scarichi di esaurimento, di fondo e derivazione – particolari della torre di manovra



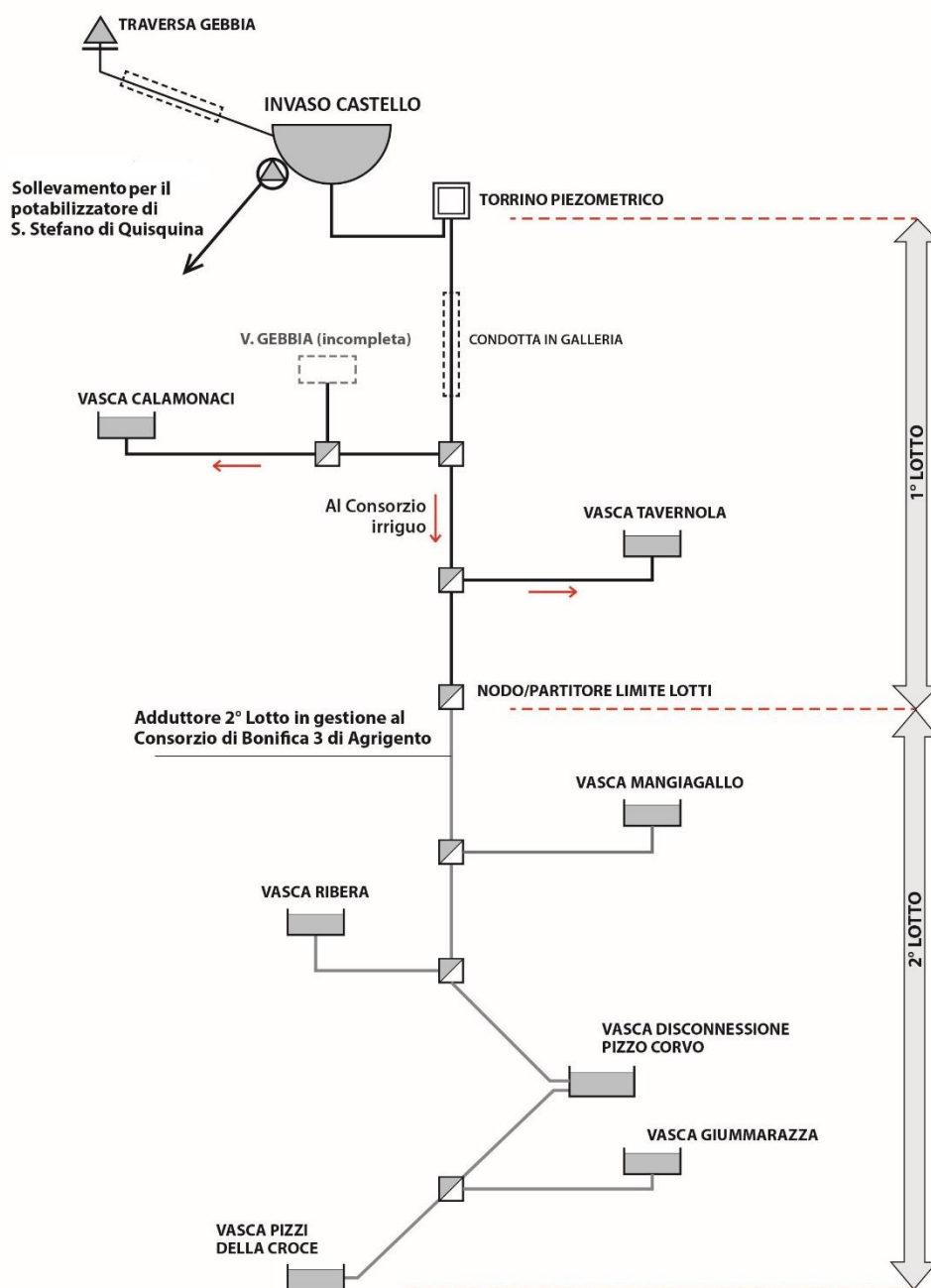


Figura 5-11: inquadramento planimetrico delle derivazioni a uso irriguo e potabile

## 5.2 Schema idraulico con descrizione degli utilizzi

Le risorse idriche dell'invaso Castello sono utilizzate a scopo irriguo a favore del Consorzio di Bonifica 3 di Agrigento (Consorzio Bonifica Sicilia Occidentale) e potabile per l'alimentazione degli acquedotti gestiti dall'Azienda Idrica Comuni Agrigentini (AICA).

Nell'immagine che segue è possibile osservare lo schema idraulico e di utilizzo delle risorse dell'invaso di Castello.



INVASO CASTELLO - SCHEMA IDRAULICO E UTILIZZO RISORSE

Figura 5-12: schema idraulico dell'invaso di Castello

L'erogazione per fini irrigui è effettuata tramite l'Adduttore Castello, esteso circa 20 Km e suddiviso in due lotti. Di questi solo il 1° Lotto, che si diparte dall'invaso e dal limitrofo torrino piezometrico, è affidato alla gestione del Dipartimento dell'acqua e dei rifiuti; mentre il 2° Lotto è gestito, a seguito di una convenzione stipulata con lo stesso DRAR, dal CB 3 di Agrigento. Il volume idrico erogato per uso irriguo, come stabilito dai Piani di ripartizione annuali emanati dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, è di circa 11 Mm<sup>3</sup>.



Il volume destinato all'uso potabile è prelevato direttamente dall'invaso tramite una stazione di sollevamento galleggiante gestita dall'Azienda Idrica Comuni Agrigentini (AICA) che dirotta le acque verso il potabilizzatore di Santo Stefano di Quisquina. La quantità erogata per l'uso potabile, come riportata nei richiamati Piani di ripartizione, varia tra 2 e 3 Mm<sup>3</sup>, anche in rapporto alla disponibilità delle risorse idriche invase.

## 5.3 Idrologia

In questo paragrafo vengono riassunti i principali dati idrologici disponibili.

### 5.3.1 Afflussi e volumi derivati

La dinamica stagionale delle portate in arrivo al bacino è legata all'andamento delle precipitazioni, presentato nel precedente paragrafo 3.3.

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

Tabella 5-2: 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
gennaio	-	-	-	-	-	143.404	-	55.190	-	-
febbraio	-	-	-	-	-	129.526	-	49.849	-	65.511
marzo	-	-	-	-	-	123.108	-	55.190	-	295.665
aprile	143.000	-	-	-	-	77.892	-	53.410	-	277.600
maggio	741.065	-	676.110	48.594	283.397	80.488	109.667	55.190	1.019.231	290.623
giugno	2.274.608	-	2.509.842	185.139	1.200.239	77.892	1.602.923	53.410	2.023.651	290.865
luglio	2.961.539	-	3.066.798	197.496	2.824.027	80.488	2.964.528	55.190	2.596.692	261.673
agosto	2.750.965	-	2.927.694	172.133	1.763.835	80.488	2.646.767	55.190	2.215.186	265.714
settembre	2.051.629	-	1.490.788	166.580	1.273.046	74.628	376.327	53.410	1.172.089	257.143
ottobre	566.222	-	1.001.900	161.939	-	55.190	-	55.190	1.171.200	265.714
novembre	-	-	130.613	138.778	-	53.410	-	53.410	706.251	257.143
dicembre	-	-	-	143.404	-	55.190	-	-	-	265.714
TOTALE	11.489.026	-	11.803.746	1.214.062	7.344.545	1.031.704	7.700.213	594.627	10.904.300	2.793.367
	11.489.026		13.017.807		8.376.249		8.294.840		13.697.667	

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.





### 5.3.2 Andamento dei livelli e volumi derivati

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.

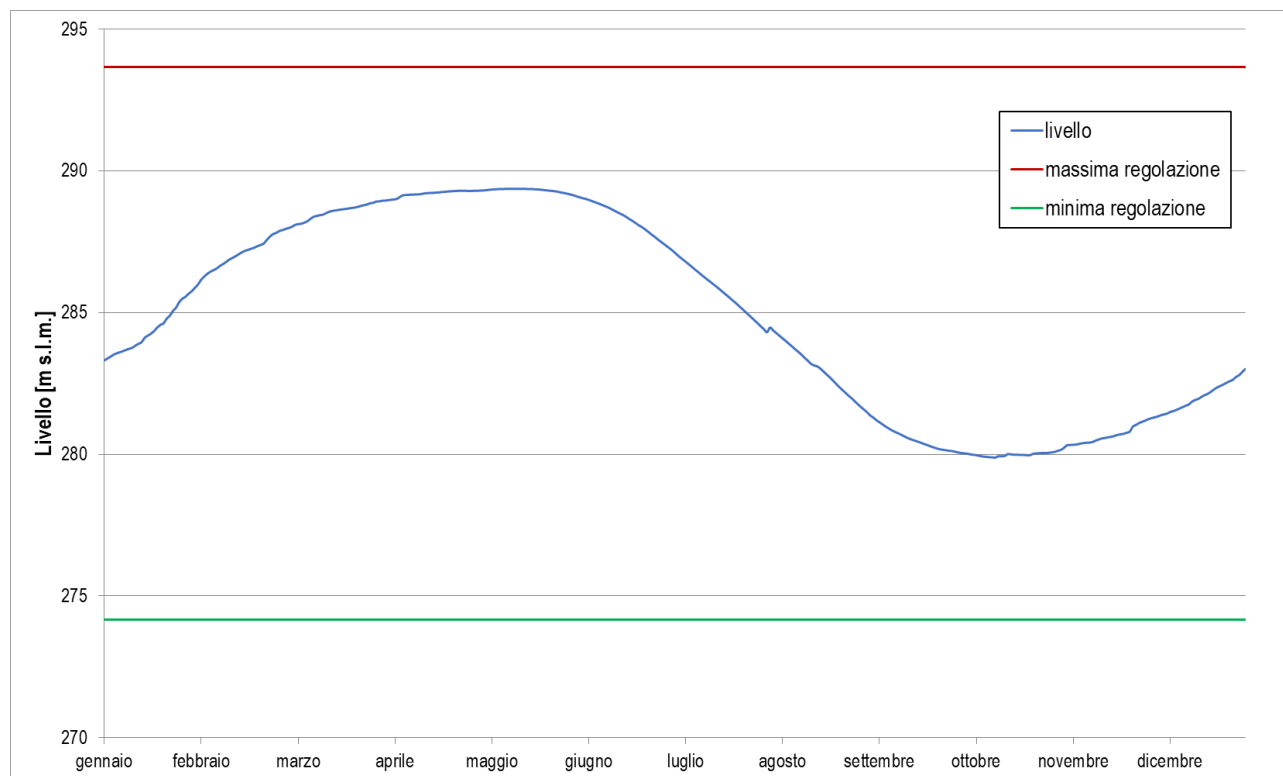


Figura 5-13: andamento dei livelli del bacino di Castello

Risulta quindi evidente che i massimi livelli sono normalmente raggiunti in tarda primavera a seguito dei maggiori apporti invernali e dei prelievi esclusivamente idropotabili, mentre quelli minimi a fine estate al termine della campagna irrigua ed a seguito degli apporti minimi estivi.

## 5.4 Trasporto solido

Sulla base dei dati raccolti, e stante l'assenza di misure dirette di trasporto solido, è possibile stimare l'apporto solido medio annuo a un bacino mediante l'utilizzo di modelli di calcolo basati su parametri geomorfologici e climatologici, eventualmente applicati con approccio distribuito, come ad esempio la nota formulazione RUSLE.

Ai fini di una quantificazione dell'apporto solido medio annuo in arrivo al bacino di Castello, si è scelto di applicare tale formulazione, che consiste in una rivisitazione della più nota formulazione USLE introdotta negli anni '50 dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA). Il metodo USLE/RUSLE si basa su un'equazione empirica che valuta la perdita di suolo annuo di terreno agricolo (interpretabile come perdita di sedimenti media annua dai versanti del bacino) avendo come ipotesi base che tutto il materiale eroso venga poi trascinato via e si trascurino quindi possibili fenomeni di deposito.

La formula di calcolo della perdita di suolo medio annuo è la seguente:



$$E_{RUSLE} = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

dove:

$E_{RUSLE}$  = perdita di suolo media annua [t/(ha anno)]

R = fattore di erosività di pioggia e di deflusso [(MJ mm)/(ha h anno)]

K = fattore di erodibilità del suolo [(t ha h)/(ha MJ mm)]

LS = fattore di lunghezza e di pendenza del versante [adim.]

C = fattore di copertura vegetale e di uso del suolo [adim.]

P = fattore riguardante le tecniche di sistemazione [adim.]

Nel caso specifico del bacino di Castello, per il calcolo dei singoli fattori sono state operate le seguenti scelte metodologiche.

Per il fattore di erosività di pioggia e deflusso R è stata applicata la formula sviluppata da *Diodato* (2004) sui dati di piovosità oraria presso la diga di Castello relativi agli ultimi 6 anni.

Per quanto concerne il fattore di erodibilità del suolo K, è stata applicata la formulazione di *Renard et al.* (1997) basata sulla media geometrica dei diametri delle particelle del suolo e sul valore percentuale delle stesse nel terreno. A tal fine, a partire dalla cartografia relativa all'indice di qualità del suolo SQI della Regione Siciliana, e più specificamente dal tematismo "Tessitura del Suolo", è stata ricostruita una composizione media della granulometria del terreno, associando alle tipologie di suolo indicate dal tematismo una percentuale di sabbia, limo e argilla secondo il noto triangolo tessiturale sviluppato dall'USDA.

Per calcolare il fattore di lunghezza e pendenza del versante LS è stata effettuata un'elaborazione della porzione di DTM della Regione Siciliana relativa al bacino imbrifero diretto sotteso dalla diga di Castello. Sono state applicate le formulazioni sviluppate da *Wischmeier & Smith* (1957), *Foster et al.* (1977), *McCool et al.* (1989) e *Sig et al.* (2008).

Per la definizione del fattore di copertura vegetale e di uso del suolo C, a partire dal Corine Land Cover relativo al bacino sotteso dalla diga di Castello sono stati assegnati alle diverse categorie di uso del suolo i valori individuati da *Panagos et al.* (2014 e 2015) e da *Marques et al.* (26th ADPR Congress, 2019).

Infine, per quanto concerne il fattore riguardante le tecniche di sistemazione P, è stato applicato all'intero bacino il valore 1 come già fatto in altri lavori, come ad esempio *Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R., & Iaquina, P.* (2009). *Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: an application model for Calabria (southern Italy). Geomorphology*, 112(3-4), 228-245.

L'applicazione della metodica RUSLE al bacino imbrifero diretto sotteso dalla diga di Castello ha portato al calcolo di un apporto medio annuo all'invaso di circa 237.000 t/anno che, stimando un peso specifico apparente in cumulo pari a 1,5 t/m<sup>3</sup>, corrispondono a circa 158.000 m<sup>3</sup>/anno.

La stima ottenuta trova conferma nei risultati morfo-batimetrici eseguiti sul bacino di Castello che hanno infatti mostrato come negli ultimi anni l'apporto solido al bacino risulti notevolmente superiore rispetto a quello stimato sulla base dei volumi rilevati precedentemente alla stesura del presente PdG, come meglio dettagliato nel successivo capitolo 6.

Si riporta di seguito una rappresentazione grafica dell'elaborazione RUSLE effettuata sul bacino di Castello tramite software GIS.

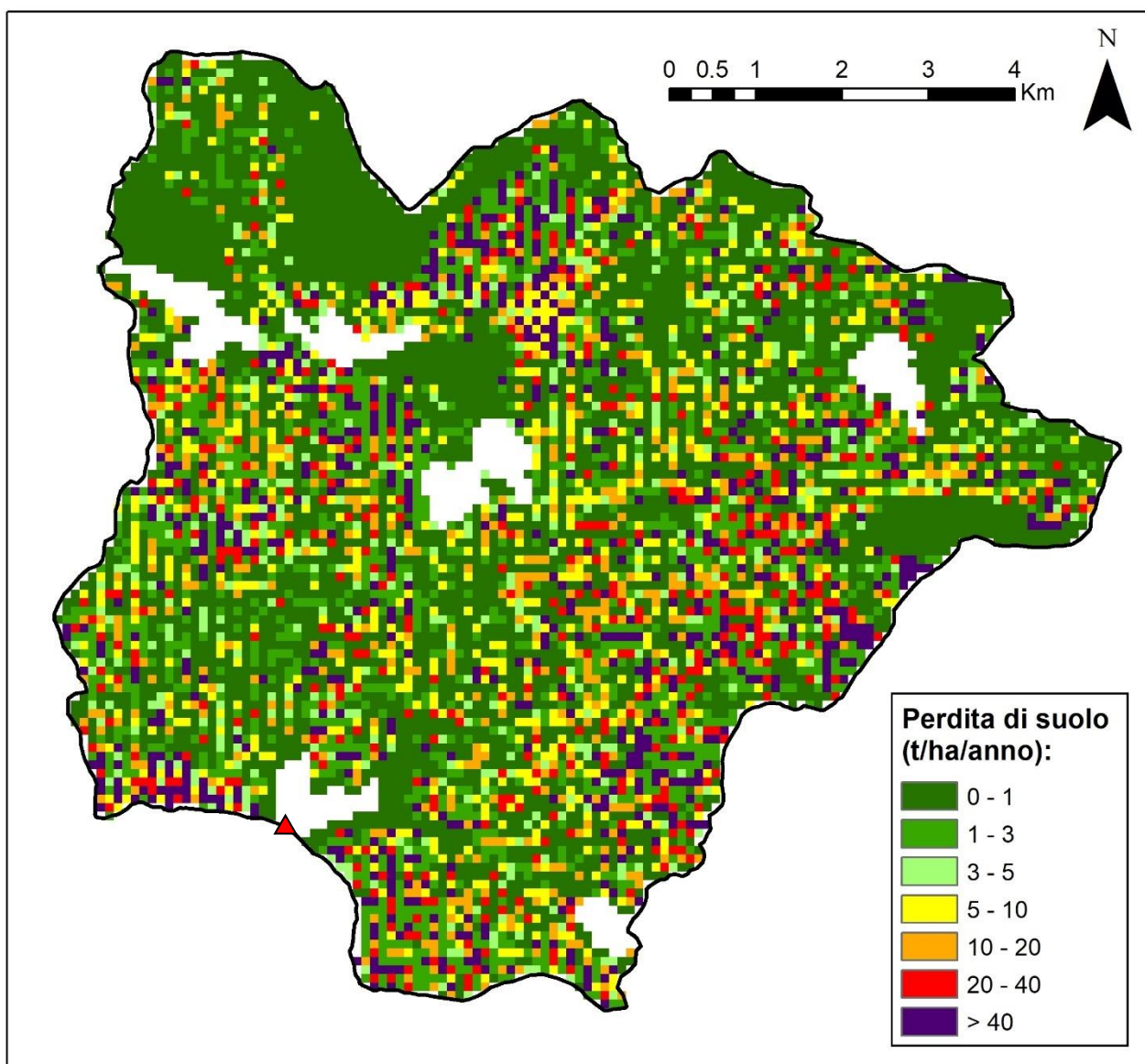


Figura 5-14: elaborazione RUSLE del bacino imbrifero diretto sotteso dalla diga di Castello (indicata dal triangolo rosso)

#### 5.4.1 Concentrazione del materiale solido

Sulla base dei volumi annui in ingresso al bacino riportati nel paragrafo 5.3 e considerando un apporto medio annuo all'invaso di Castello dalla sua costruzione a oggi di circa 63.000 m<sup>3</sup>/anno, stimando un peso specifico pari a 1,5 t/m<sup>3</sup>, è possibile stimare una concentrazione media del materiale solido in ingresso al bacino pari a qualche grammo per litro.

Tali contrazioni non determinano alterazione del trasporto solido a valle.





## 6 CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI E DELLE ACQUE

In questo capitolo si riportano i risultati delle attività effettuate all'interno del bacino per valutare le caratteristiche quantitative e qualitative delle acque e dei sedimenti.

### 6.1 Volumi d'invaso e sedimento presente

Il rilievo batimetrico eseguito a marzo 2021 ha portato all'aggiornamento della situazione del sedimento presente nell'invaso; i risultati sono riportati nella tabella seguente. Per i dettagli sui risultati si rimanda alla relazione allegata.

Si evidenzia che il rilievo batimetrico è stato eseguito fino alla quota 288,00 m s.l.m., in relazione alle condizioni di livello dell'invaso. Pertanto, i dati riferiti sino a tale quota sono frutto di misurazione diretta, mentre i dati relativi alle quote superiori sono stati ottenuti tramite elaborazione delle informazioni pregresse disponibili confrontate con i dati di quota forniti dal DTM della Regione Siciliana.

**Tabella 6-1: riepilogo dati di invaso**

	<b>Originale</b>	<b>2021</b>
Volume d'invaso alla quota di massima regolazione m 293,65 s.l.m. [m <sup>3</sup> ]	21.000.000	18.706.000
Volume utile a partire da 274,15 m s.l.m. [m <sup>3</sup> ]	18.000.000	18.079.000

Sia la batimetria eseguita nell'occasione della redazione del presente PdG sia analoghi rilievi precedenti, eseguiti direttamente dalle strutture tecniche regionali, evidenziano la scomparsa del volume morto ma una piena confrontabilità del volume utile attuale con quello storico.

La stima dei volumi di sedimento depositatosi all'interno dell'invaso di Castello è stata ottenuta confrontando i volumi alla quota di navigazione.

**Tabella 6-2: riepilogo dati di invaso alla quota di navigazione**

	<b>Originale</b>	<b>2021</b>
Volume d'invaso alla quota di navigazione (288,00 m s.l.m.) [m <sup>3</sup> ]	13.562.000	11.100.000
Volume utile alla quota di navigazione (288,00 m s.l.m.) [m <sup>3</sup> ]	10.562.000	10.500.000

Il rilievo ha quindi permesso di osservare la presenza di:

- un volume di sedimento totale pari a 2.462.000 m<sup>3</sup> di cui 62.000 m<sup>3</sup> nel volume utile del serbatoio;
- un grado di interrimento pari al 12%;
- un volume di interrimento medio annuo di 63.000 m<sup>3</sup>/anno;
- un tasso di interrimento medio annuo pari al 0,3%.

Risulta interessante, sulla base dei dati disponibili, valutare l'andamento nel tempo del fenomeno. Nella tabella che segue l'interrimento medio dell'intero periodo di vita dell'invaso è confrontato con due valori parziali da cui emerge con evidenza il notevole incremento dell'entità della sedimentazione negli ultimi anni;



ragionevolmente il fenomeno pare associabile alla maggiore intensità/violenza dei fenomeni piovosi più recenti.

**Tabella 6-3: stima dell'apporto solido annuo dell'invaso di Castello**

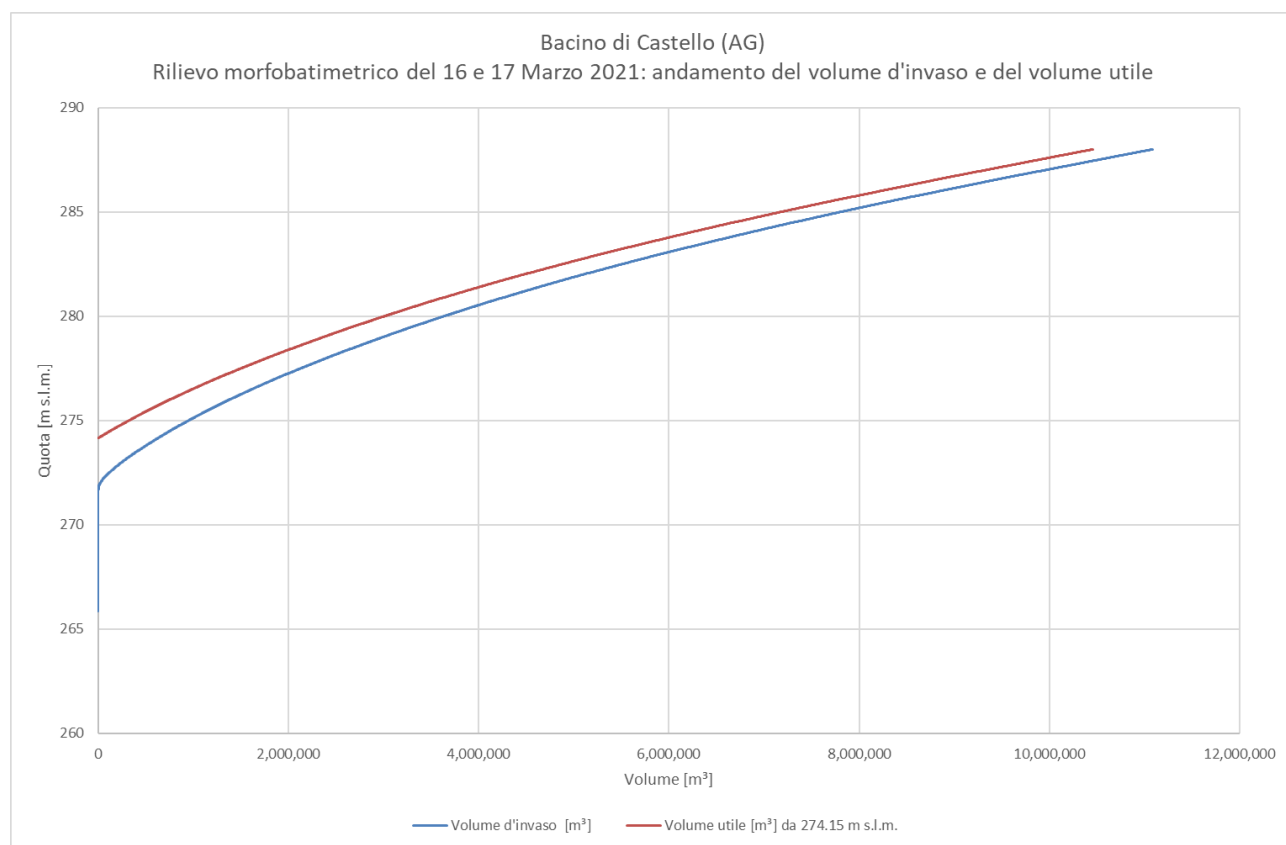
<b>Stima dell'apporto solido annuo del serbatoio (m<sup>3</sup>/anno)*</b>	63.000 (A) 39.000 (B) 175.000 (C)
--	---

\*(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)

Le curve di invaso (sia per il volume d'invaso sia per il volume utile) aggiornate a seguito della batimetria di marzo 2021 sono mostrate nel grafico che segue.



**Figura 6-1: curve di invaso (volume d'invaso e volume utile)**

I rilievi effettuati hanno altresì consentito di evidenziare la pervietà delle opere di presa e scarico di fondo, ma anche la presenza di sedimenti nell'area prospiciente lo scarico di esaurimento, come evidenziato dalle immagini che seguono, tale presenza può in futuro costituire una criticità rispetto alla piena pervietà di tale opera che il gestore intende mantenere in stato di funzionalità; ciò anche ai fini della protezione delle opere sovrastanti (scarico di fondo e opera di presa) prioritarie per gli usi in essere e la sicurezza dell'impianto.



In relazione ai tassi di interrimento e all'evoluzione anche spaziale del fenomeno si ritiene che i rilievi morfo-batimetrici debbano essere aggiornati ogni 5 anni così da poter disporre di informazioni a supporto della gestione sempre recenti e rappresentative del reale stato di fatto.

Si riportano di seguito uno zoom della tavola batimetrica e una sezione trasversale tracciata nella posizione corrispondente all'imbocco dello scarico di fondo. Per ulteriori dettagli riguardanti in particolare la quota dei sedimenti in relazione alle opere di presa e scarico e al paramento di monte della diga si rimanda alle tavole allegate ai risultati del rilievo morfo-batimetrico.

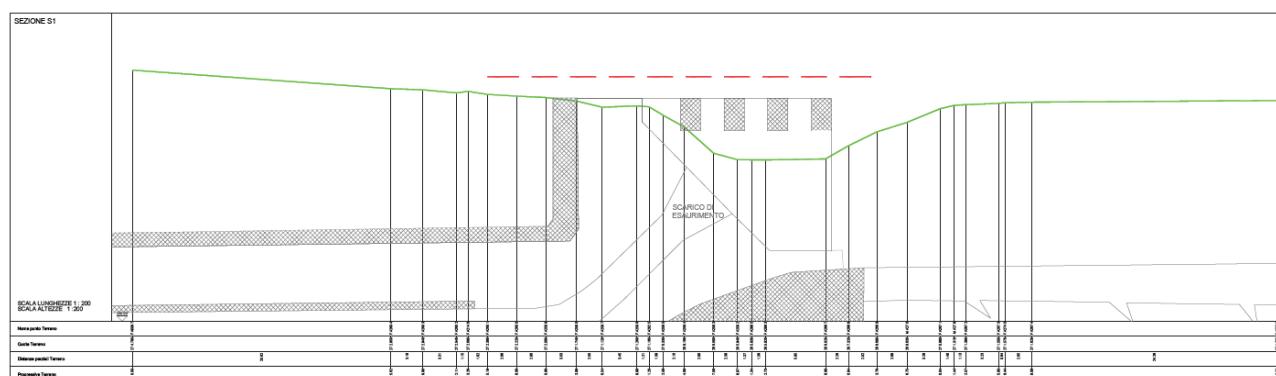
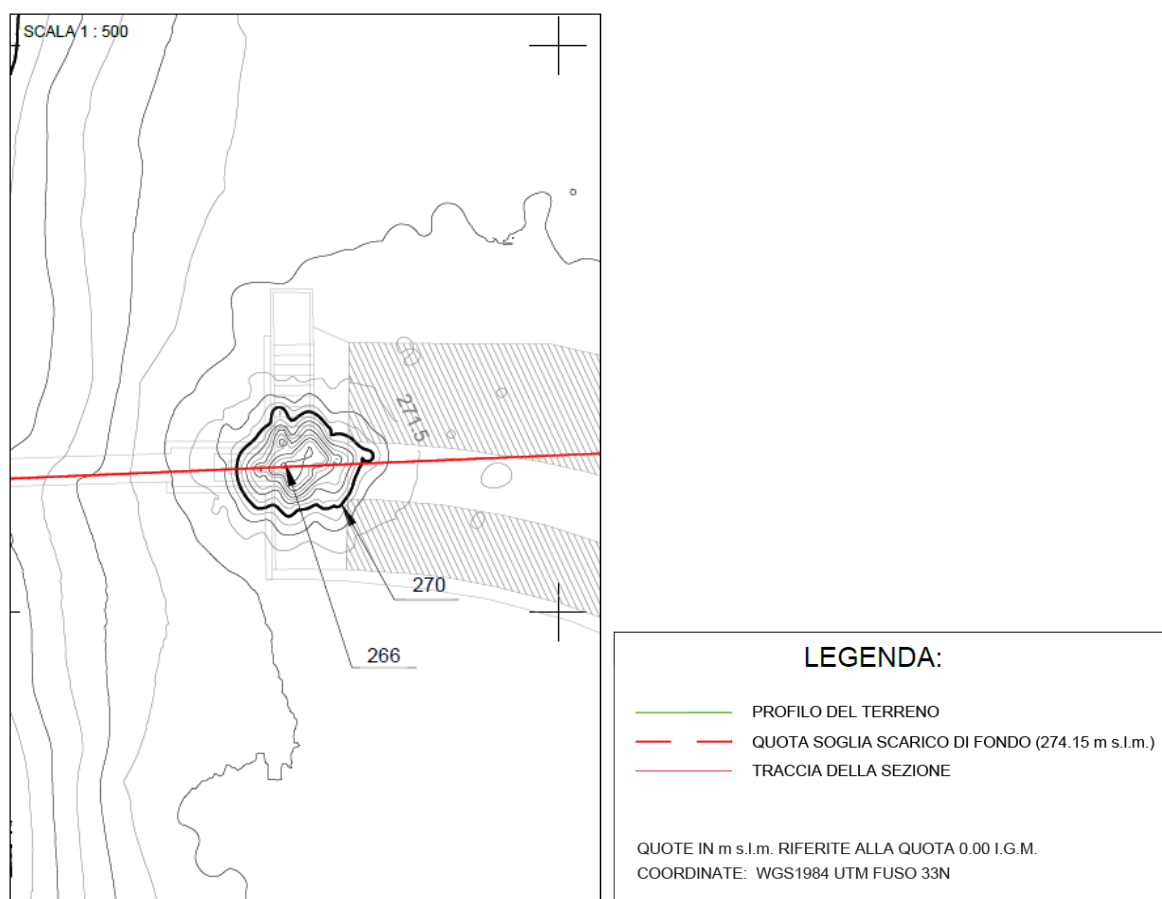


Figura 6-2: zoom tavola batimetrica e sezione sullo scarico di fondo

La tematica della sedimentazione e delle misure previste in particolare nei pressi dell'opera di derivazione e dello scarico di fondo sarà comunque ripresa nella seguente parte gestionale del documento.





Le quote del sedimento nelle aree a maggiore sensibilità sono riportate in dettaglio nelle tavole allegate ai risultati della batimetria.

In termini di evoluzione recente della sedimentazione, nella tabella che segue è possibile osservare un confronto fra la batimetria del 2014 e quella del 2021, da cui risulta una differenza di volume perso, e quindi di nuova sedimentazione, pari complessivamente a 1.931.700 m<sup>3</sup>.

Nella seguente immagine è possibile osservare una valutazione planimetrica per classi della distribuzione del sedimento nell'invaso di Castello.

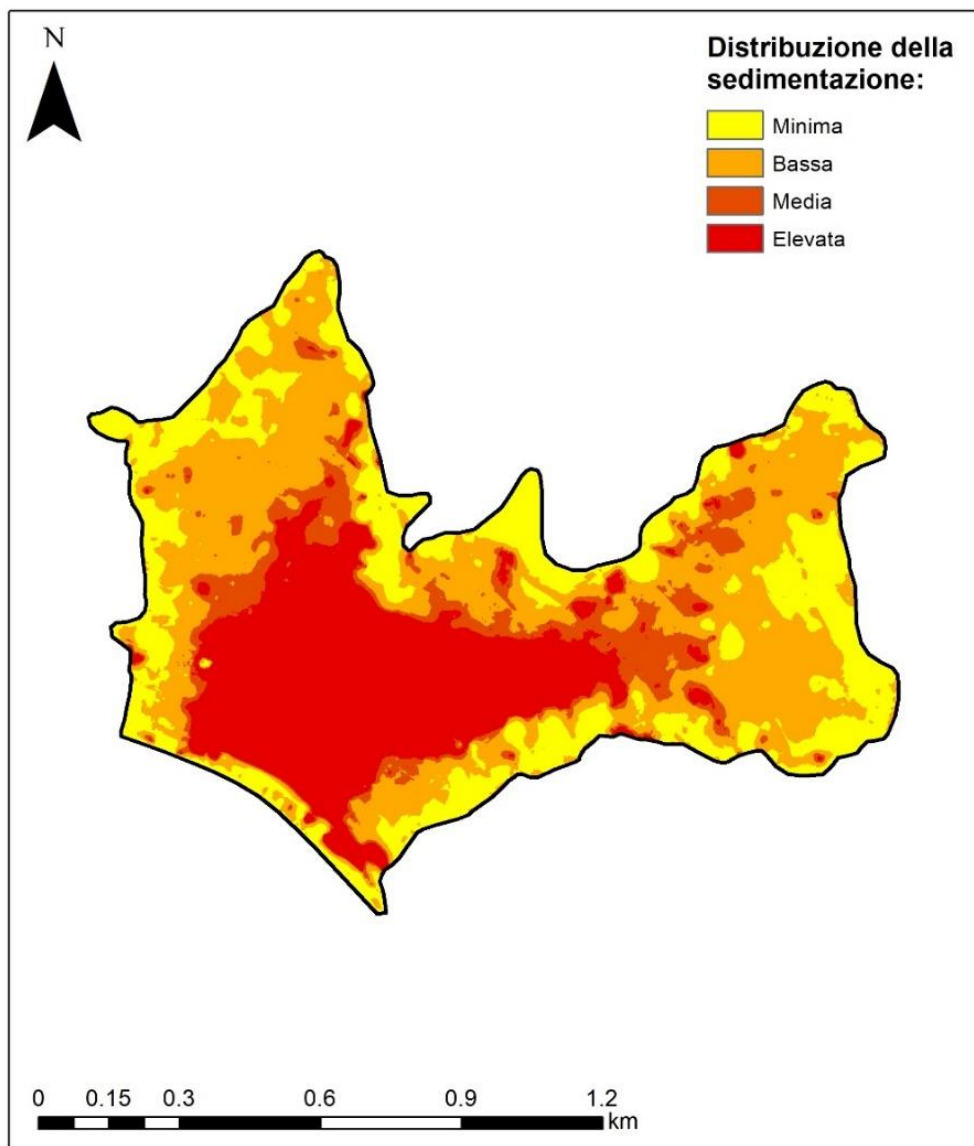
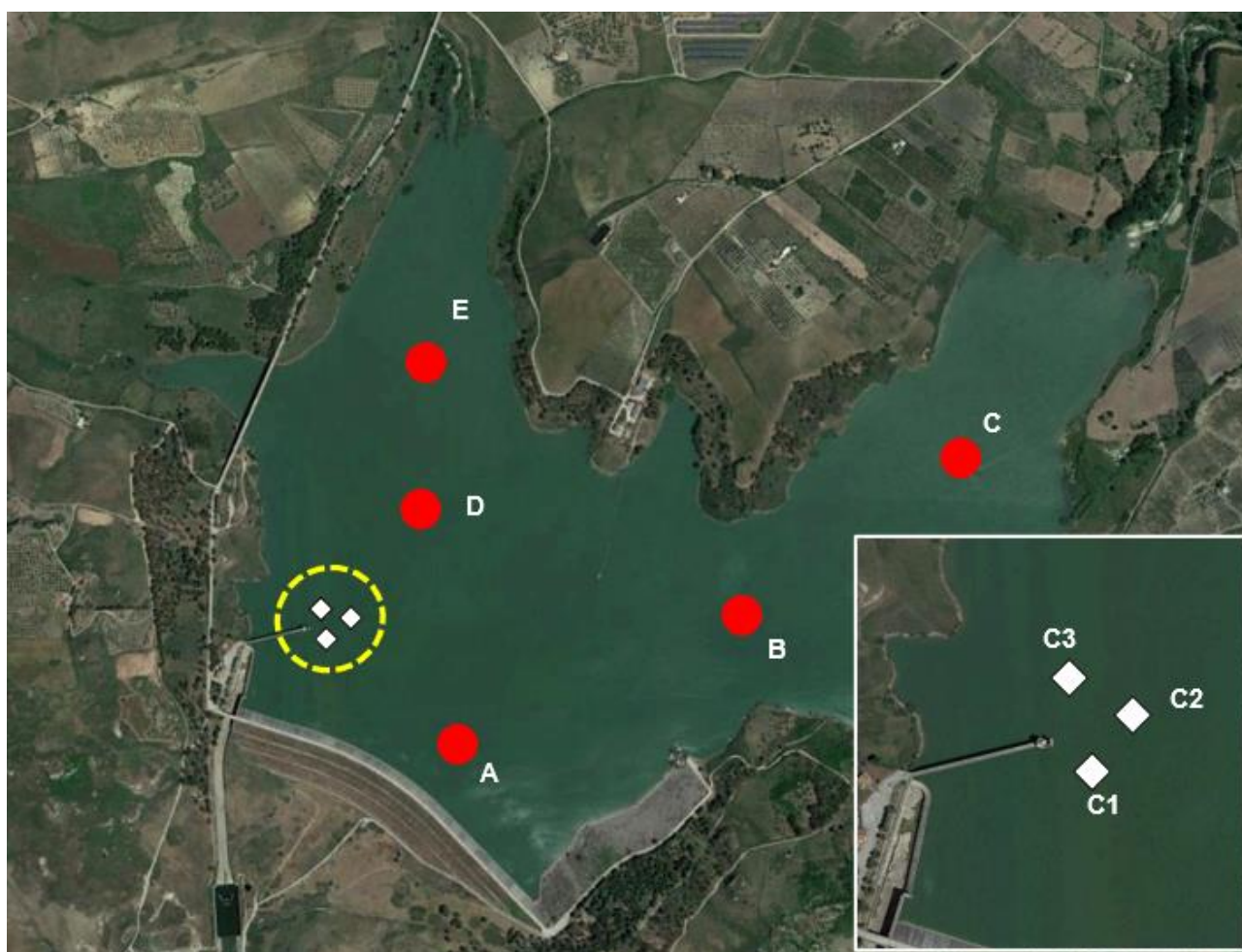


Figura 6-3: distribuzione della sedimentazione nel bacino di Castello

## 6.2 Qualità del sedimento

Nel corso del mese di marzo 2021, sono stati prelevati campioni superficiali di sedimento per eseguire analisi granulometriche, chimico-fisiche ed ecotossicologiche sul materiale sedimentato nel bacino, per la definizione aggiornata delle sue caratteristiche qualitative. Verificate le condizioni di sedimentazione attraverso il rilievo morfobatimetrico ed individuate le aree a maggiore sedimentazione ed a potenziale interferenza con le opere di presa e scarico, nel mese di maggio sono stati eseguiti dei carotaggi, per prelevare campioni dallo strato profondo da sottoporre ad analisi.

La localizzazione dei punti di campionamento è rappresentata nell'immagine seguente.



**Figura 6-4: localizzazione punti di campionamento per l'analisi dei sedimenti del bacino Castello: i cerchi rossi indicano i punti di campionamento superficiale, in giallo l'area oggetto di carotaggio (di cui è riportato un ingrandimento), i rombi bianchi indicano i punti di carotaggio per la caratterizzazione del sedimento presso lo scarico di fondo**

I cinque campioni di sedimento superficiale ed i tre campioni di sedimento profondo (nel caso dei carotaggi vista la completa omogeneità delle carote è stata utilizzata la porzione terminale più profonda) sono stati analizzati ed i risultati granulometrici, chimico-fisici ed ecotossicologici sono di seguito presentati.



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

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 6-4: analisi granulometrica sedimento superficiale**

Campione	Sabbia grossa > 0,2 mm g/kg	Sabbia fine 0,2- 0,05 mm g/kg	Limo grosso 0,05- 0,02 mm g/kg	Limo fine 0,02-0,002 mm g/kg	Argilla < 0,002 mm 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 6-5: analisi granulometrica sedimento profondo**

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

Nelle tabelle seguenti le concentrazioni rilevate nell'analisi del sedimento tal quale sono messe a confronto con i limiti del D.Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1, colonna A e B) per la contaminazione del suolo. **Tutti i parametri, sia nello strato superficiale sia nello strato profondo, rispettano i valori limite di legge della colonna A per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale.**

**Tabella 6-6: riepilogo dei dati analitici del sedimento superficiale (analisi campione tal quale)**

Parametro	U.M.	A	B	C	D	E	D. Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1)	
							Col. A	Col. B
Contenuto d'acqua	%	78,18	77,49	79,14	81,22	90,16	-	-
TOC	%	0,68	0,71	0,8	0,73	0,8	-	-
pH	UpH	8,7	8,9	8,8	8,8	9,1	-	-
arsenico	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	20	50
antimonio	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	10	30
cadmio	mg/Kg	0,17	0,07	0,49	0,25	0,32	2	15
cromo totale	mg/Kg	20,85	25,25	21,69	19,43	13,02	150	800
manganese	mg/Kg	427,97	571,5	506,17	441,77	384,24	-	-
mercurio	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1	5





Parametro	U.M.	A	B	C	D	E	D. Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1)	
							Col. A	Col. B
nichel	mg/Kg	18,71	28,16	21,78	21,46	16,76	120	500
piombo	mg/Kg	8,27	14,4	11,14	13,25	9,2	100	1000
rame	mg/Kg	24,75	34,14	29,41	30,05	25,72	120	600
zinco	mg/Kg	62,48	74,61	69,2	67,55	56,3	150	1500
vanadio	mg/Kg	20,28	19,52	19,79	18,74	12,91	90	250
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	50	750
Idrocarburi leggeri C<12	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	10	250
Sommatoria PCB congeneri	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,06	5
Sommatoria policiclici aromatici	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	10	100
acenaftilene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
benzo[a]antracene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5	10
fluorantene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
naftalene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
antracene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
benzo[a]pirene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	10
benzo[b]fluorantene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5	10
benzo[k]fluorantene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5	10
benzo[g,h,i]perilene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	10
acenaftene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
fluorene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
fenantrene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
pirene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	5	50
dibenzo[a,h]antracene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	10
crisene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	5	50
indeno[1,2,3.c-d]pirene	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	5
alaclor	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	1
aldrin	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
atrazina	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	1
alfa-esacloroetano	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
beta-esacloroetano	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,5
lindano	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,5
clordano	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
DDD	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
DDT	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
DDE	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
dieldrin	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
endrin	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	2

In relazione ai risultati ottenuti nello strato superficiale, la ricerca dei fitofarmaci è stata eseguita, a titolo rappresentativo, in uno solo dei campioni raccolti nello strato profondo.



Tabella 6-7: riepilogo dei dati analitici del sedimento profondo (analisi campione tal quale)

Parametro	U.M.	C1	C2	C3	D. Lgs. 152/2006 parte IV, titolo V, allegato 5, Tab1	
					Col. A	Col. B
Contenuto d'acqua	%	53,13	49,04	53,13	-	-
TOC	%	< 1	< 1	< 1	-	-
pH	UpH	8	7,9	7,8	-	-
arsenico	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	20	50
antimonio	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	10	30
cadmio	mg/Kg	0,54	0,71	0,8	2	15
cromo totale	mg/Kg	21	23	22	150	800
manganese	mg/Kg	1260	1330	1290	-	-
mercurio	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1	5
nichel	mg/Kg	23	26	24	120	500
piombo	mg/Kg	11	13	12	100	1000
rame	mg/Kg	29	34	30	120	600
zinco	mg/Kg	55	63	57	150	1500
vanadio	mg/Kg	21	20	20	90	250
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg	16	16	23	50	750
Idrocarburi leggeri C<12	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	10	250
Sommatoria PCB congeneri	mg/Kg	<0,005	<0,005	<0,005	0,06	5
Sommatoria policiclici aromatici	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	10	100
acenaftilene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
benzo[a]antracene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,5	10
fluorantene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
naftalene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
antracene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
benzo[a]pirene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	10
benzo[b]fluorantene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,5	10
benzo[k]fluorantene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,5	10
benzo[g,h,i]perilene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	10
acenaftene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
fluorene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
fenantrene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
pirene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	5	50
dibenzo[a,h]antracene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	10
crisene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	5	50
indeno[1,2,3.c-d]pirene	mg/Kg	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	5
alaclor	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	1
aldrin	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
atrazina	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	1
alfa-esacloroesano	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
beta-esacloroesano	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,5
lindano	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,5
clordano	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
DDD	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
DDT	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
DDE	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
dieldrin	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	0,1
endrin	mg/Kg	-	-	<0,001	0,01	2



Ai fini della valutazione della potenziale pericolosità, nella tabella seguente, ai parametri indagati nelle analisi sul tal quale, sono assegnate le categorie, le classi e le indicazioni di pericolo in base al Regolamento 1272/2008.

**Tabella 6-8: attribuzione indicazioni di pericolo**

PARAMETRO	Codici indicazioni di pericolo	Codici di classe e categoria di pericolo	PARAMETRO	Codici indicazioni di pericolo	Codici di classe e categoria di pericolo
<b>Arsenico</b>	H350 H331 H314 H300 H301 H400 H410	Carc. 1A Acute Tox. 3 * Skin Corr. 1B Acute Tox. 2 * Acute Tox. 3 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	<b>Antimonio</b>	H314 H411 H332 H302 H331 H311 H301 H351	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2 Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * Carc. 2
<b>Cadmio</b>	H331 H301 H373 ** H332 H312 H302 H350 H341 H361fd H330 H372 ** H351 H310 H330 H340 H360FD H250 H413 H400 H410	Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * STOT RE 2 Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 * STOT RE 1 Carc.2 Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 * Muta. 1B Repr. 1B Pyr. Sol. 1 Aquatic Chronic 4 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	<b>Manganese</b>	H361d *** H332 H319 H317 H400 H410 H302 H373 ** H411	Repr. 2 Acute Tox. 4 * Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1 Acute Tox. 4 * STOT RE 2 * Aquatic Chronic 2
<b>Mercurio</b>	H332 H312 H302 H360D *** H330 H372 ** H310 H300 H373 ** H335 H315 H319 H200 H331 H311 H301 H201 H314 H341 H361f *** H400 H410	Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Repr. 1B Acute Tox. 2 * STOT RE 1 Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 * STOT RE 2 * STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Irrit. 2 Unst. Expl. Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * Expl. 1.1 Skin Corr. 1B Muta. 2 Repr. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	<b>Nichel</b>	H225 H351 H360D *** H330 H400 H410 H372 ** H317 H412 H350i H413 H341 H332 H302 H315 H334 H331 H301 H272 H318 H314 H350 H319	Flam. Liq. 2 Carc. 2 Repr. 1B Acute Tox. 2 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1 STOT RE 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3 Carc. 1A Aquatic Chronic 4 Muta2 Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Acute Tox. 3 Acute Tox. 3 Ox. Sol. 2 Eye Dam. 1 Skin Corr. 1B Carc1A Eye Irrit. 2



PARAMETRO	Codici indicazioni di pericolo	Codici di classe e categoria di pericolo	PARAMETRO	Codici indicazioni di pericolo	Codici di classe e categoria di pericolo
<b>Piombo</b>	H360Df H332 H302 H373 ** H350i H372** H317 H310 H330 H300 H200 H201 H350 H351 H315 H318 H331 H301 H360FD H362 H411 H400 H410	Repr. 1A Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * STOT RE 2 * Carc1A STOT RE1 Skin Sens. 1 Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 * Acute Tox. 2 * Unst. Expl. Expl. 1.1 Carc. 1B Carc. 2 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * Repr1A Lact. Aquatic Chronic 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	<b>Rame</b>	H350i H341 H360D *** H332 H302 H372 ** H315 H334 H373 ** H330 H331 H301 H350 H314 H317 H318 H319 H411 H226 H412 H413 H400 H410	Carc. 1A Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * STOT RE 1 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 STOT RE 2 * Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 Acute Tox. 3 Carc. 1B Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Eye Dam. 1 Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2 Flam. Liq. 3 Aquatic Chronic 3 Aquatic Chronic 4 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
<b>Zinco</b>	H330 H302 H335 H373 ** H318 H317 H361d *** H315 H319 H332 H260 H300 H350 H250 H314 H334 H228 H312 H413 H411 H400 H410	Acute Tox. 2 * Acute Tox. 4 * STOT SE 3 STOT RE 2 * Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Repr. 2 Skin Irrit. 2 Eye Irrit. 2 Acute Tox. 4 * Water-react. 1 Acute Tox. 2 * Carc. 1B Pyr. Sol. 1 Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Flam. Sol. 1 Acute Tox. 4 * Aquatic Chronic 4 Aquatic Chronic 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	<b>Vanadio</b>	H332 H373 ** H318 H411 H341 H361d *** H302 H335 H372 ** H317 H350i	Acute Tox. 4 * STOT RE 2 * Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2 Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 4 * STOT SE 3 STOT RE 1 Skin Sens. 1 Carc. 1A
<b>Idrocarburi pesanti C&gt;12</b>	H351 H411 H350	Carc.2 Aquatic Chronic 2 Carc. 1B	<b>Idrocarburi leggeri C&lt;12</b>	H350 H350 H340 H304 H220 H400 H410	Carc. 1B Carc. 1A Muta. 1B Asp. Tox. 1 Flam. Gas 1/Press. Gas Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
<b>naftalene</b>	H351 H302 H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	<b>benzo[a]antracene</b>	H350 H400 H410	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1





PARAMETRO	Codici indicazioni di pericolo	Codici di classe e categoria di pericolo	PARAMETRO	Codici indicazioni di pericolo	Codici di classe e categoria di pericolo
PCB	H373 ** H400 H410	STOT RE 2 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	sommatoria policiclici aromatici	H350 H340 H304 H400 H410 H341 H360FD H317	Carc. 1B Muta. 1B Asp. Tox. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1 Muta. 2 Repr. 1B Skin Sens. 1
antracene	H350 H400 H410 H314 H318 H317 H412 H302 H413 H340	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1 Skin Corr. 1A Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3 Acute Tox. 4 * Aquatic Chronic 4 Muta. 1B	benzo[a]pirene	H350 H340 H360FD H317 H400 H410	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
benzo[b]fluorantene	H350 H400 H410	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	benzo[k]fluorantene	H350 H400 H410	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
acenaftene	H350	Carc. 1B	Pirene	H350	Carc. 1B
Fluorene	H315 H319 H400 H410 H411 H350	Skin Irrit. 2 Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1 Aquatic Chronic 2 Carc. 1B	fenantrene	H350 H340	Carc. 1B Muta. 1B
crisene	H350 H341 H400 H410	Carc. 1B Muta. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	dibenzo[a,h]antracene	H350 H400 H410	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
alachlor	H351 H302 H317 H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 4 * Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	aldrin	H351 H311 H301 H372 ** H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
atrazina	H373 ** H317 H400 H410	STOT RE 2 * Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	lindano	H362 H301 H332 H312 H373 ** H400 H410	Lact. Acute Tox. 3 * Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * STOT RE 2 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
clordano	H351 H312 H302 H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	DDT	H351 H301 H372 ** H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 3 * STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1
dieldrin	H351 H310 H301 H372 ** H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 1 Acute Tox. 3 * STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	endrin	H300 H311 H400 H410	Acute Tox. 2 * Acute Tox. 3 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1



Nelle tabelle seguenti sono riportate, per ciascun campione analizzato, le sommatorie, espresse in termini percentuali, ottenute per singolo codice di pericolosità, da confrontare con i rispettivi limiti di legge. I valori ottenuti, riferiti alla somma delle concentrazioni di tutte le sostanze classificate con un codice di pericolo, risultano significativamente inferiori ai limiti stabiliti; **il sedimento, sia nello strato superficiale sia nello strato profondo, può dunque essere classificato non pericoloso e come tale escluso dal comparto dei rifiuti ai sensi dell'art. 185, comma 3 del D. Lgs 152/06.**

Tabella 6-9: concentrazioni percentuali per codice di pericolosità del sedimento superficiale

Codice di indicazione di pericolo	A	B	C	D	E	Limite di concentrazione (%)
<b>H300 – Tox1</b>	0,0062491	0,0074621	0,0069211	0,0067561	0,0056311	<b>0,1</b>
<b>H300 – Tox2</b>	0,0070940	0,0089100	0,0080850	0,0081070	0,0065840	<b>0,25</b>
<b>H301</b>	0,0051934	0,0076804	0,0062854	0,0065044	0,0052034	<b>5</b>
<b>H302</b>	0,0562644	0,0742414	0,0657994	0,0593084	0,0505464	<b>25</b>
<b>H304</b>	0,0001001	0,0001001	0,0001001	0,0001001	0,0001001	<b>10</b>
<b>H310</b>	0,0008451	0,0014481	0,0011641	0,0013511	0,0009531	<b>0,25</b>
<b>H311</b>	0,0000022	0,0000022	0,0000022	0,0000022	0,0000022	<b>15</b>
<b>H312</b>	0,0062662	0,0074692	0,0069702	0,0067812	0,0056632	<b>55</b>
<b>H314 – Skin Corr1A</b>	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,0000001	<b>1</b>
<b>H314 – Skin Corr1B</b>	0,0105970	0,0136940	0,0120420	0,0119090	0,0098810	<b>1</b>
<b>H315</b>	0,0114221	0,0151321	0,0131541	0,0132321	0,0107991	<b>1</b>
<b>H317</b>	0,0562465	0,0742335	0,0657495	0,0592825	0,0505135	<b>10</b>
<b>H318</b>	0,0134491	0,0170831	0,0151321	0,0151051	0,0120891	<b>1</b>
<b>H319</b>	0,0533921	0,0708421	0,0626571	0,0560841	0,0483031	<b>1</b>
<b>H330</b>	0,0114390	0,0151390	0,0132030	0,0132570	0,0108310	<b>0,5</b>
<b>H331</b>	0,0051930	0,0076800	0,0062850	0,0065040	0,0052030	<b>3,5</b>
<b>H332</b>	0,0562651	0,0742421	0,0658001	0,0593091	0,0505471	<b>22,5</b>
<b>H334</b>	0,0105940	0,0136910	0,0120390	0,0119060	0,0098780	<b>10</b>
<b>H335</b>	0,0082770	0,0094140	0,0089000	0,0086300	0,0069220	<b>20</b>
<b>H340</b>	0,0001174	0,0001074	0,0001494	0,0001254	0,0001324	<b>0,1</b>
<b>H341</b>	0,0063922	0,0081902	0,0071482	0,0070512	0,0055722	<b>1</b>
<b>H350 – Carc 1A</b>	0,0044470	0,0063310	0,0052200	0,0052520	0,0043490	<b>0,1</b>
<b>H350 – Carc 1B</b>	0,0076932	0,0095092	0,0086842	0,0087062	0,0071832	<b>0,1</b>
<b>H350i</b>	0,0072010	0,0096220	0,0082120	0,0083500	0,0064590	<b>0,1</b>
<b>H351</b>	0,0032166	0,0047646	0,0038426	0,0039976	0,0031296	<b>1</b>
<b>H360D</b>	0,0043470	0,0062310	0,0051200	0,0051520	0,0042490	<b>0,3</b>
<b>H360Df</b>	0,0008270	0,0014400	0,0011140	0,0013250	0,0009200	<b>0,3</b>
<b>H360FD</b>	0,0008442	0,0014472	0,0011632	0,0013502	0,0009522	<b>0,3</b>
<b>H361d</b>	0,0510730	0,0665630	0,0595160	0,0528060	0,0453450	<b>3</b>
<b>H361f</b>	0,0000010	0,0000010	0,0000010	0,0000010	0,0000010	<b>3</b>
<b>H361fd</b>	0,0000170	0,0000070	0,0000490	0,0000250	0,0000320	<b>3</b>
<b>H362</b>	0,0008271	0,0014401	0,0011141	0,0013251	0,0009201	<b>-</b>
<b>H372</b>	0,0072193	0,0096303	0,0082623	0,0083763	0,0064923	<b>1</b>
<b>H373</b>	0,0543933	0,0714253	0,0636213	0,0571623	0,0488703	<b>10</b>
<b>H400</b>	0,0544379	0,0724909	0,0640219	0,0576359	0,0494569	<b>25</b>
<b>H410</b>	0,0544379	0,0724909	0,0640219	0,0576359	0,0494569	<b>25</b>
<b>H411</b>	0,0548761	0,0719181	0,0640721	0,0576371	0,0493381	
<b>H412</b>	0,0043461	0,0062301	0,0051191	0,0051511	0,0042481	
<b>H413</b>	0,0106111	0,0136981	0,0120881	0,0119311	0,0099101	<b>25</b>



Tabella 6-10: concentrazioni percentuali per codice di pericolosità del sedimento profondo

Codice di indicazione di pericolo	C1	C2	C3	Limite di concentrazione (%)
H300 – Tox1	0,0055001	0,0057011	0,0063001	0,1
H300 – Tox2	0,0066551	0,0069811	0,0076721	0,25
H301	0,0063561	0,0066861	0,0073731	5
H302	0,1399552	0,1433832	0,1486722	25
H304	0,0001001	0,0001001	0,0001001	10
H310	0,0011541	0,0012811	0,0013711	0,25
H311	0,0000011	0,0000031	0,0000011	15
H312	0,0055541	0,0057821	0,0063711	55
H314 – Skin Corr1A	0,0000001	0,0000001	0,0000001	1
H314 – Skin Corr1B	0,0107021	0,0111021	0,0123021	1
H315	0,0118002	0,0123002	0,0136002	1
H317	0,1399003	0,1433023	0,1486003	10
H318	0,0139001	0,0143001	0,0156001	1
H319	0,1367002	0,1401002	0,1453002	1
H330	0,0118541	0,0123801	0,0136711	0,5
H331	0,0063561	0,0066821	0,0073731	3,5
H332	0,1399551	0,1433821	0,1486721	22,5
H334	0,0107000	0,0111000	0,0123000	10
H335	0,0076001	0,0077001	0,0083001	20
H340	0,0001544	0,0001804	0,0001714	0,1
H341	0,0073543	0,0074803	0,0080713	1
H350 – Carc 1A	0,0053010	0,0055010	0,0061010	0,1
H350 – Carc 1B	0,0083552	0,0093812	0,0093722	0,1
H350i	0,0084000	0,0086000	0,0093000	0,1
H351	0,0050551	0,0059861	0,0055721	1
H360D	0,0052001	0,0054001	0,0060001	0,3
H360Df	0,0011000	0,0012000	0,0013000	0,3
H360FD	0,0011542	0,0012802	0,0013712	0,3
H361d	0,1336000	0,1367000	0,1413000	3
H361f	0,0000001	0,0000001	0,0000001	3
H361fd	0,0000540	0,0000800	0,0000710	3
H362	0,0011000	0,0012010	0,0013000	-
H372	0,0084541	0,0086831	0,0093711	1
H373	0,1376546	0,1409826	0,1460716	10
H400	0,1379764	0,1423024	0,1467934	25
H410	0,1379764	0,1423024	0,1467934	25
H411	0,1392011	0,1432011	0,1476011	
H412	0,0052001	0,0054001	0,0060001	
H413	0,0107541	0,0111801	0,0123711	25

Nelle tabelle seguenti le concentrazioni rilevate nell'eluato sono messe a confronto con i limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3)". **Nei campioni raccolti sia dallo strato superficiale sia dallo strato profondo tutti i parametri rispettano i limiti, non si osservano criticità.**



Tabella 6-11: riepilogo dei dati analitici del sedimento superficiale (test di cessione)

Parametro	U.M.	A	B	C	D	E	D.Lgs. 152/06
COD	mg/l	< 15	< 15	18	< 15	< 15	160
pH	UpH	8,1	8,1	7,2	7,1	7,1	5,5-9,5
arsenico	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,5
cadmio	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,02
cromo totale	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	2
mercurio	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,005
nichel	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2
piombo	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,2
rame	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1
zinco	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5
vanadio	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	-
cloruri	mg/l	20,4	13,3	20,3	23,7	27,8	1200
fluoruri	mg/l	0,85	0,87	1,02	0,94	1,14	6
solfati	mg/l	27,9	31,6	23,4	14,1	18,7	1000
cianuri	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5
IPA totali come sommatoria	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
acenaftilene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[a]antracene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
fluorantene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
naftalene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
antracene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[a]pirene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[b]fluorantene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[k]fluorantene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[g,h,i]perilene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
acenaftene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
fluorene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
fenantrene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
pirene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
dibenzo[a,h]antracene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
crisene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
indeno[1,2,3,c-d]pirene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB totali	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Idrocarburi C>12	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5
Idrocarburi C≤12	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5

Tabella 6-12: riepilogo dei dati analitici del sedimento profondo (test di cessione)

Parametro	U.M.	C1	C2	C3	D.Lgs. 152/06
COD	mg/l	87	52	52	160
pH	UpH	7	7,2	7,2	5,5-9,5
arsenico	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,5
cadmio	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,02
cromo totale	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	2
mercurio	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,005
nichel	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2





Parametro	U.M.	C1	C2	C3	D.Lgs. 152/06
piombo	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,2
rame	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1
zinco	mg/l	1,05	1,04	1,1	0,5
vanadio	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	-
cloruri	mg/l	55	59	71	1200
fluoruri	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	6
solfati	mg/l	< 20	< 20	< 20	1000
cianuri	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5
IPA totali come sommatoria	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
acenaftilene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[a]antracene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
fluorantene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
naftalene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
antracene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[a]pirene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[b]fluorantene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[k]fluorantene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
benzo[g,h,i]perilene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
acenaftene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
fluorene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
fenantrene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
pirene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
dibenzo[a,h]antracene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
crisene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
indeno[1,2,3,c-d]pirene	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB totali	µg/l	< 1	< 1	< 1	-
Idrocarburi C>12	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5
Idrocarburi C<12	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5

Tutti i campioni raccolti sono stati oggetto di test ecotossicologici con *Daphnia magna*, inoltre il campione prelevato nel punto più vicino alla diga nello strato superficiale (indicato con il codice A) è anche stato oggetto di test ecotossicologici con *Vibrio fischeri* e *Pseudokirchneriella subcapitata*. **I risultati, riportati nella tabella seguente, indicano assenza di tossicità; nel confronto con il limite del D.Lgs. 152/2006 (parte III, allegato 5, tabella 3) i campioni, sia dello strato superficiale sia dello strato profondo, risultano accettabili.**

**Tabella 6-13: riepilogo dei dati analitici del test di ecotossicità**

PARAMETRO	U.M.	A	B	C	D	E	C1	C2	C3	D.Lgs. 152/06
Saggio tossicità acuta con <i>Vibrio fischeri</i>	% inibizione 30min	0	-	-	-	-	-	-	-	50
Saggio tossicità acuta con <i>Daphnia Magna</i>	% inibizione 24h	0	0	0	0	0	0	0	0	
Saggio di inibizione della crescita con <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	% inibizione 72h	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	



Nel complesso quindi le indagini eseguite mostrano che:

- dal punto di vista granulometrico le frazioni prevalenti risultano la sabbia fine e l'argilla, seguite dalla sabbia grossa e dal limo, quest'ultimo presente in quantità limitate;
- il sedimento, sia dello strato superficiale sia dello strato profondo, è conforme ai limiti del D.Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1) per la contaminazione del suolo, tutti i parametri rispettano i limiti della colonna A per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale;
- il sedimento, sia dello strato superficiale sia dello strato profondo, è classificato non pericoloso e come tale escluso dal comparto dei rifiuti ai sensi dell'art. 185, comma 3 del D. Lgs 152/06;
- il sedimento, sia dello strato superficiale sia dello strato profondo, risulta conforme ai limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3);
- il sedimento, sia dello strato superficiale sia dello strato profondo, risulta non ecotossico.

### 6.3 Qualità delle acque

La caratterizzazione qualitativa delle acque del bacino è stata effettuata a marzo 2021 nel settore più profondo dell'invaso, in parte direttamente in campo e in parte in laboratorio analizzando i campioni prelevati a diverse profondità (superficie, intermedio, profondo).

Come previsto dalle Linee di Indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei Progetti di Gestione degli invasi, pubblicate a gennaio 2021 a cura di Regione Siciliana e dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, sarebbe stato necessario procedere a una seconda campagna di prelievo di campioni di acqua, in periodo estivo. Tuttavia, poiché tale secondo campionamento non risultava compatibile con il cronoprogramma dei servizi appaltati precedentemente all'approvazione delle Linee di Indirizzo, l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, con nota Protocollo n. 1604 del 03.02.2021, ha consentito una deroga a tale prescrizione, consentendo pertanto di effettuare un unico campionamento in uno dei due periodi previsti dalla Normativa.

Pur nella consapevolezza, a differenza delle indagini sul sedimento, che una sola campagna di analisi delle acque potrebbe non essere esaustiva, soprattutto nel descrivere le dinamiche stagionali tipiche di un lago, si riportano nel seguito i risultati ottenuti quale contributo conoscitivo alla tematica, ad integrazione della ben più ampia attività analitica eseguita da ARPA Sicilia e dai gestori dell'uso idropotabile, a cui si rimanda per i dettagli.

#### 6.3.1 Qualità delle acque dell'invaso: parametri chimico-fisici

In corrispondenza del punto di campionamento, tramite l'utilizzo di una sonda multiparametrica, sono stati registrati i principali parametri chimico-fisici lungo la colonna. I dati registrati sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 6-14: parametri chimico-fisici registrati durante le indagini limnologiche**

Prof. (m)	T (°C)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	C (µS/cm)	pH	Sal (ppm)	ORP (mV)	Torbidità (FNU)
0	13,4	10,1	99,3	1122	8,36	0,56	155	29
1	13,5	10,2	99,3	1123	8,35	0,56	154	29
2	13,5	10,1	99,1	1123	8,33	0,56	153	30
3	13,5	10,1	98,8	1123	8,32	0,56	151	32
4	13,5	10,0	99,4	1122	8,35	0,56	185	32



Prof. (m)	T (°C)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	C (µS/cm)	pH	Sal (ppm)	ORP (mV)	Torbidità (FNU)
5	13,4	10,1	99,2	1123	8,33	0,56	184	33
6	13,4	9,9	96,8	1127	8,3	0,57	183	33
7	13,2	9,6	94,0	1142	8,22	0,57	185	30
7,5	12,4	8,0	76,6	1170	8,06	0,59	184	30
8	11,9	7,2	67,9	1178	8,01	0,59	187	32
9	11,2	5,7	53,1	1182	7,91	0,6	185	31
10	11,1	5,3	49,1	1182	7,87	0,6	184	33
11	11,0	4,3	40,1	1190	7,69	0,6	185	30
12	11,0	3,1	29,3	1192	7,7	0,6	184	28
13	11,0	2,7	25,5	1192	7,7	0,6	183	28
14	11,0	2,5	23,1	1192	7,7	0,6	181	28
15	11,0	2,1	20,0	1193	7,7	0,6	179	29
15,7	11,1	1,7	16,2	1193	7,6	0,6	60	28

Con l'ausilio del disco di Secchi è stata misurata una trasparenza pari a 0,75 metri.

I parametri risultano piuttosto uniformi fino alla profondità di 7,5 m, poi si osserva una riduzione della temperatura, che passa da 13°C a 11°C, e dell'ossigeno disciolto, che in maniera graduale arriva al valore minimo di 1,7 mg/l in prossimità del fondo.

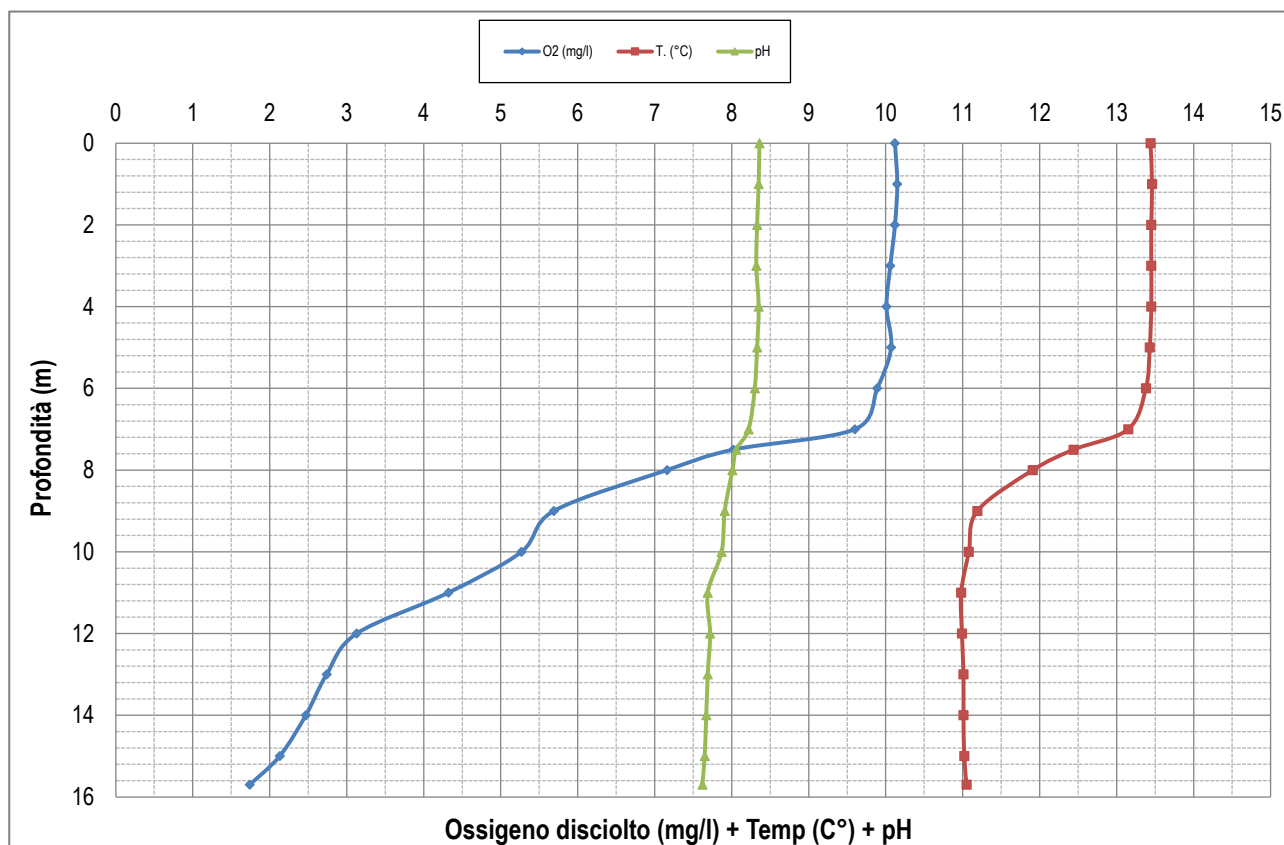


Figura 6-5: confronto degli andamenti di ossigeno disciolto, temperatura e pH sulla colonna d'acqua



Il risultato relativo all'ossigeno disciolto trova riscontro nelle attività di monitoraggio di ARPA Sicilia che nel proprio report dell'attività 2017, riporta una media della concentrazione percentuale di ossigeno ipolimnico pari al 37%.

Nella tabella seguente i risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati alle varie profondità sono messi a confronto con i limiti del D.Lgs 172/2015.

Nei campioni analizzati si osserva il superamento degli Standard di Qualità Ambientale in termini di valore medio annuo (SQA-MA) del cadmio e in termini di concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) del cadmio e del piombo.

Il superamento del nichel e del piombo dello Standard di Qualità Ambientale in termini di valore medio annuo (SQA-MA) non si considera significativo in quanto lo Standard di Qualità Ambientale riportato è riferito alla concentrazione biodisponibile della sostanza, che rappresenta solo una frazione del valore totale osservato.

Il superamento dello Standard di Qualità Ambientale del piombo conferma quanto già osservato da ARPA in occasione di precedenti monitoraggi (2017).

La componente microbiologica (*E. coli*) risulta presente negli strati superficiale e intermedio con valori corrispondenti al livello 2 secondo la classificazione dell'indice LIM (D.lgs. 152/99).

**Tabella 6-15: riepilogo dei dati analitici sui campioni prelevati alle varie profondità**

Parametri	Unità di misura	Superficie	Intermedio	Fondo	D.Lgs 172/2015	
					Standard di Qualità Ambientale valore medio annuo (SQA-MA)	Standard di Qualità Ambientale concentrazione e massima ammissibile (SQA-CMA)
SST	mg/l	29	27	34	-	-
BOD <sub>5</sub>	mg/l	< 1	< 1	4	-	-
COD	mg/l	7	14	35	-	-
azoto totale	mg/l	6	4,5	5,5	-	-
azoto ammoniacale	mg/l	0,14	0,2	0,35	-	-
azoto nitroso	mg/l	< 0,01	<0,01	0,1	-	-
azoto nitrico	mg/l	4,1	3,4	2,85	-	-
fosforo totale	mg/l	0,101	0,102	0,114	-	-
manganese	µg/l	8,33	222,64	198,73	-	-
arsenico	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	10	-
cadmio	µg/l	<b>19,86</b>	<b>18,24</b>	<b>18,41</b>	0,08	0,45
cromo totale	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	7	-
mercurio	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	0,07
nichel	µg/l	28,79	31,33	31,87	4*	34
piombo	µg/l	<b>458,18</b>	<b>435</b>	<b>414,5</b>	1,2*	14
antimonio	µg/l	107,71	112,62	106,66	-	-
rame	µg/l	1,26	1,33	2,51	-	-
zinco	µg/l	1633,4	2353,53	4677,13	-	-
TDS	mg/l	886	920	943	-	-
cromo VI	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
clorofilla	µg/l	0,15	0,18	0,13	-	-
idrocarburi C>12	mg/l	< 1	< 1	< 1	-	-
PCB	mg/l	< 1	< 1	< 1	-	-





Parametri	Unità di misura	Superficie	Intermedio	Fondo	D.Lgs 172/2015	
					Standard di Qualità Ambientale valore medio annuo (SQA-MA)	Standard di Qualità Ambientale concentrazione e massima ammissibile (SQA-CMA)
benzo(a)pirene	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00017	0,27
Benzo(b)fluorantene	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	0,017
Benzo(k)fluorantene	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	0,017
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	0,0082
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100ml	120	340	44	-	-

\*Questi SQA si riferiscono alle concentrazioni biodisponibili delle sostanze

Le indagini sui contaminanti ricompresi nelle Tabelle 1/A e 1/B, aggiornate con il D.Lgs 172/2015, sono state eseguite su un campione integrato ottenuto dalle aliquote raccolte alle varie profondità.

Tutti i parametri oggetto di indagine sono risultati inferiori al limite di rilevabilità.

Dal confronto con i limiti del D.Lgs 172/2015 risulta che tutte le sostanze indagate rispettano, ove disponibili, gli Standard di Qualità Ambientale sia in termini di concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) sia in termini di valore medio annuo (SQA-MA).

**Tabella 6-16: riepilogo dei dati analitici dell'acqua (contaminanti Tabella 1/A D.Lgs 172/2015)**

Parametri	Unità di misura	Integrato	D.Lgs 172/2015	
			Standard di Qualità Ambientale valore medio annuo (SQA-MA)	Standard di Qualità Ambientale concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA)
alaclor	µg/l	< 0,001	0,3	0,7
alcani, c10-c13,cloro	µg/l	< 0,001	0,4	1,4
aldrin	µg/l	< 0,001	Σ0,01	-
dieldrin	µg/l	< 0,001		
endrin	µg/l	< 0,001		
isodrin	µg/l	< 0,001		
antracene	µg/l	< 0,001	0,1	0,1
atrazina	µg/l	< 0,001	0,6	2
benzene	µg/l	< 0,001	10	50
clorfenvinfos	µg/l	< 0,001	0,1	0,3
clorpirifos	µg/l	< 0,001	0,03	0,1
DDT totale	µg/l	< 0,001	0,025	-
1,2 dicloroetano	µg/l	< 0,001	10	-
diclorometano	µg/l	< 0,001	20	-
di(2-etilesilftalato)	µg/l	< 0,001	1,3	-
difeniletere bromato	µg/l	< 0,001	-	0,14
diuron	µg/l	< 0,001	0,2	1,8
endosulfan	µg/l	< 0,001	0,005	0,01
esaclorobenzene	µg/l	< 0,001	0,005	0,05



Parametri	Unità di misura	Integrato	D.Lgs 172/2015	
			Standard di Qualità Ambientale valore medio annuo (SQA-MA)	Standard di Qualità Ambientale concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA)
esaclorocicloesano	µg/l	< 0,001	0,02	0,04
fluorantene	µg/l	< 0,001	0,0063	0,12
naftalene	µg/l	< 0,001	2	130
4-nonilfenolo	µg/l	< 0,001	0,3	2,0
ottifelfenolo	µg/l	< 0,001	0,1	-
pentaclorobenzene	µg/l	< 0,001	0,007	-
pentaclorofenolo	µg/l	< 0,001	0,4	1
simazina	µg/l	< 0,001	1	4
triclorobenzeni	µg/l	< 0,001	0,4	-
tetracloruro di carbonio	µg/l	< 0,001	12	-
tetracloroetilene	µg/l	< 0,001	10	-
tribustilstagno	µg/l	< 0,001	0,0002	0,0015
triclorometano	µg/l	< 0,001	2,5	-
trifuralin	µg/l	< 0,001	0,03	-

**Tabella 6-17: riepilogo dei dati analitici dell'acqua (contaminanti Tabella 1/B D.Lgs 172/2015)**

Parametri	Unità di misura	Integrato	D.Lgs 172/2015 Standard di Qualità Ambientale valore medio annuo (SQA-MA)
azinfos etile	µg/l	< 0,001	0,01
azinfos metile	µg/l	< 0,001	0,01
bentazone	µg/l	< 0,001	0,5
2-cloroanilina	µg/l	< 0,001	1
3-cloroanilina	µg/l	< 0,001	2
4-cloroanilina	µg/l	< 0,001	1
clorobenzene	µg/l	< 0,001	3
2-clorofenolo	µg/l	< 0,001	4
3-clorofenolo	µg/l	< 0,001	2
4-clorofenolo	µg/l	< 0,001	2
1-cloro-2-nitrobenzene	µg/l	< 0,001	1
1-cloro-3-nitrobenzene	µg/l	< 0,001	1
1-cloro-4-nitrobenzene	µg/l	< 0,001	1
cloronitrotoluene	µg/l	< 0,001	1
2-clorotoluene	µg/l	< 0,001	1
3-cloronitrotoluene	µg/l	< 0,001	1
4-cloronitrotoluene	µg/l	< 0,001	1
2,4 D	µg/l	< 0,001	0,5
demeton	µg/l	< 0,001	0,1
3,4-dicloroanilina	µg/l	< 0,001	0,5
1,2 diclorobenzene	µg/l	< 0,001	2
1,3 diclorobenzene	µg/l	< 0,001	2
1,4 diclorobenzene	µg/l	< 0,001	2
2,4-diclorofenolo	µg/l	< 0,001	1
dimetoato	µg/l	< 0,001	0,5
fenitrothion	µg/l	< 0,001	0,01
fention	µg/l	< 0,001	0,01



Parametri	Unità di misura	Integrato	D.Lgs 172/2015 Standard di Qualità Ambientale valore medio annuo (SQA-MA)
linuron	µg/l	< 0,001	0,5
malation	µg/l	< 0,001	0,01
mcpa	µg/l	< 0,001	0,5
mecoprop	µg/l	< 0,001	0,5
metamidofos	µg/l	< 0,001	0,5
mevinfos	µg/l	< 0,001	0,01
ometoato	µg/l	< 0,001	0,5
ossidemeton-metile	µg/l	< 0,001	0,5
paration etile	µg/l	< 0,001	0,01
paration metile	µg/l	< 0,001	0,01
2,4,5 T	µg/l	< 0,001	0,5
toluene	µg/l	< 0,001	5
1,1,1 tricloroetano	µg/l	< 0,001	10
2,4,5-triclorofenolo	µg/l	< 0,001	1
2,4,6-triclorofenolo	µg/l	< 0,001	1
terbutilazina	µg/l	< 0,001	0,5
xileni	µg/l	< 0,001	5
pesticidi totali	µg/l	< 0,001	1

### Classificazione stato ecologico

Per la classificazione dello stato ecologico dell'invaso Castello, come indicato dal DM 260/2010, sono stati considerati i seguenti parametri:

- fosforo totale;
- trasparenza;
- ossigeno ipolimnico.

Nel caso in esame non si dispone di una serie temporale di dati, ma di un solo rilevamento, quindi la valutazione può essere considerata solo indicativa.

**Tabella 6-18: classificazione secondo il descrittore LTLecco (livello trofico laghi per lo stato ecologico), DM 260/2010**

Macrotipo	Fosforo totale (µg/l)		Trasparenza (m)		Ossigeno disciolto (% saturazione)	
	Livello 2	Punteggio	Livello 3	Punteggio	Livello 3	Punteggio
I3	>20	3	<3	3	≤40%	3
<b>Somma punteggio</b>	<b>9</b>					
<b>Classificazione LTLecco</b>	<b>Sufficiente</b>					

L'applicazione dell'Indice LTLecco attribuisce al bacino di Castello una classificazione pari a "sufficiente", confermando il risultato di ARPA ottenuto nel precedente monitoraggio (2017).



## 6.4 Dati e valutazioni disponibili

L'invaso di Castello è un corpo idrico significativo, nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche.

**Tabella 6-19: caratterizzazione corpo idrico (fonte Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia)**

Codice	Corpo idrico	Tipizzazione	Macrotipo ai sensi del D.M. 260/2010	Descrizione	Classificazione Rischio
IT19LW1906210	IA	Me-2	I3	Invasi con profondità media minore di 15 m non polimittici	A rischio

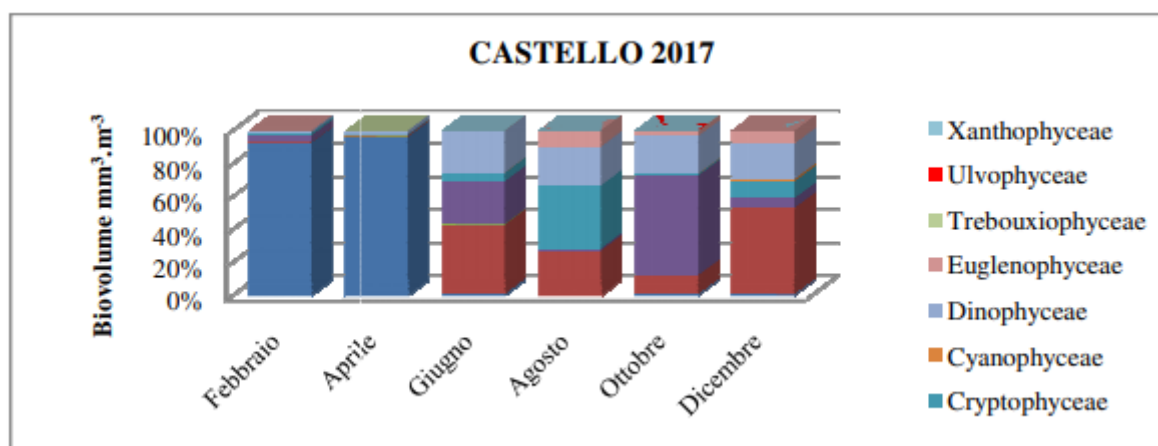
L'invaso è soggetto a monitoraggio da parte di ARPA. L'aggiornamento del quadro conoscitivo sullo stato di qualità è stato eseguito nel 2017.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle indagini eseguite.

**Tabella 6-20: stato di qualità Invaso Castello 2017**

ICF	LTLeco	Elementi chimici (Tab1/B)	Stato ecologico	Stato chimico (Tab.1/A)
Buono	Sufficiente	Elevato	Sufficiente	Mancato conseguimento dello stato BUONO

Per la classificazione del potenziale ecologico, tra febbraio e dicembre 2017, è stata analizzata da ARPA anche la comunità fitoplanctonica. Nel grafico seguente sono riportate le abbondanze osservate nel corso dei campionamenti in termini di biovolume algale, dove si evidenziano picchi di Bacillariophyceae (genere più rappresentativo *Asterionella* e *Cyclotella*) nei mesi di febbraio e aprile, che risultano invece poco rappresentative nei mesi successivi; mentre le Conjugatophyceae (genere predominante *Closterium*) sono presenti in tutti i mesi e le Chlorophyceae (genere rappresentativo *Ankistrodesmus*) raggiungono il massimo picco a dicembre.



**Figura 6-6: andamento abbondanza comunità fitoplanctonica (ARPA, 2017)**





L'invaso di Castello è stato inoltre monitorato da ARPA Sicilia nel corso degli ultimi anni ai fini della valutazione delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile. Si riportano di seguito i risultati delle indagini eseguite.

**Tabella 6-21: Acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile. Monitoraggio 2018**

Fonti superficiali	Opera di presa (Località)	Prov	Classif.	N. camp. effettuati e (previsti)	% Parametri determ. rispetto tab.1/A D.Lgs. 152/06	% Superamenti VG	% Superamenti VI	Conformità (all.2 D.Lgs. 152/06)
Invaso Castello	Bivona	AG	in via di classif.	8 (12)	41/46	A1: 14,2% COD; 75% pH; 12,5% Ossigeno; 12,5% Manganese; 100% Solfati; 50% BOD; 100% Coliformi totali; 66,6% Coliformi fecali; 66,6% Streptococchi fecali A2: 14,2% COD; 100% Solfati A3: 14,2% COD; 100% Solfati	A1: 100% Colore; 12,5% Bario	

**Tabella 6-22: risultati della valutazione di conformità rispetto ai Valori Guida (VG) e ai Valori Imperativi (VI) [tabella 1/A All.2 Sez. A D. Lgs. 152/06] – dati sui campionamenti effettuati nel 2019**

Fonti superficiali	Opera di presa (Località)	Prov	Classificazione	N. camp. effettuati e (previsti)	% Parametri determ. (rispetto tab. 1/A D.Lgs. 152/06)	% Superamenti VG	% Superamenti VI	Conformità (all.2 D.Lgs. 152/06)
Invaso Castello	Bivona	AG	in via di classificazione	8 (12)	36/46	A1: 100% Odore; 12,5% Conducibilità; 100% Solfati; 87,5% BOD <sub>5</sub> ; 100%; 50% Ammonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ); 100% Coliformi totali; 66,6% Coliformi fecali; 62,5% Streptococchi fecali A2: 12,5% Conducibilità a 20 °C A3: Conducibilità a 20 °C	A1: 12,5% Bario	

Particolarmente interessanti sono i risultati derivanti dalla ricerca dei fitosanitari: si è rilevata la presenza di Dimetoato ed Imidacloprid.

## 7 IL CORSO D'ACQUA IMMISSARIO E RICETTORE

In questo capitolo sono riportati i dati disponibili relativi al corpo idrico immissario e ricettore dell'invaso di Castello.

La carta che segue identifica i corsi d'acqua definiti quali corpi idrici con obiettivo di qualità dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia.

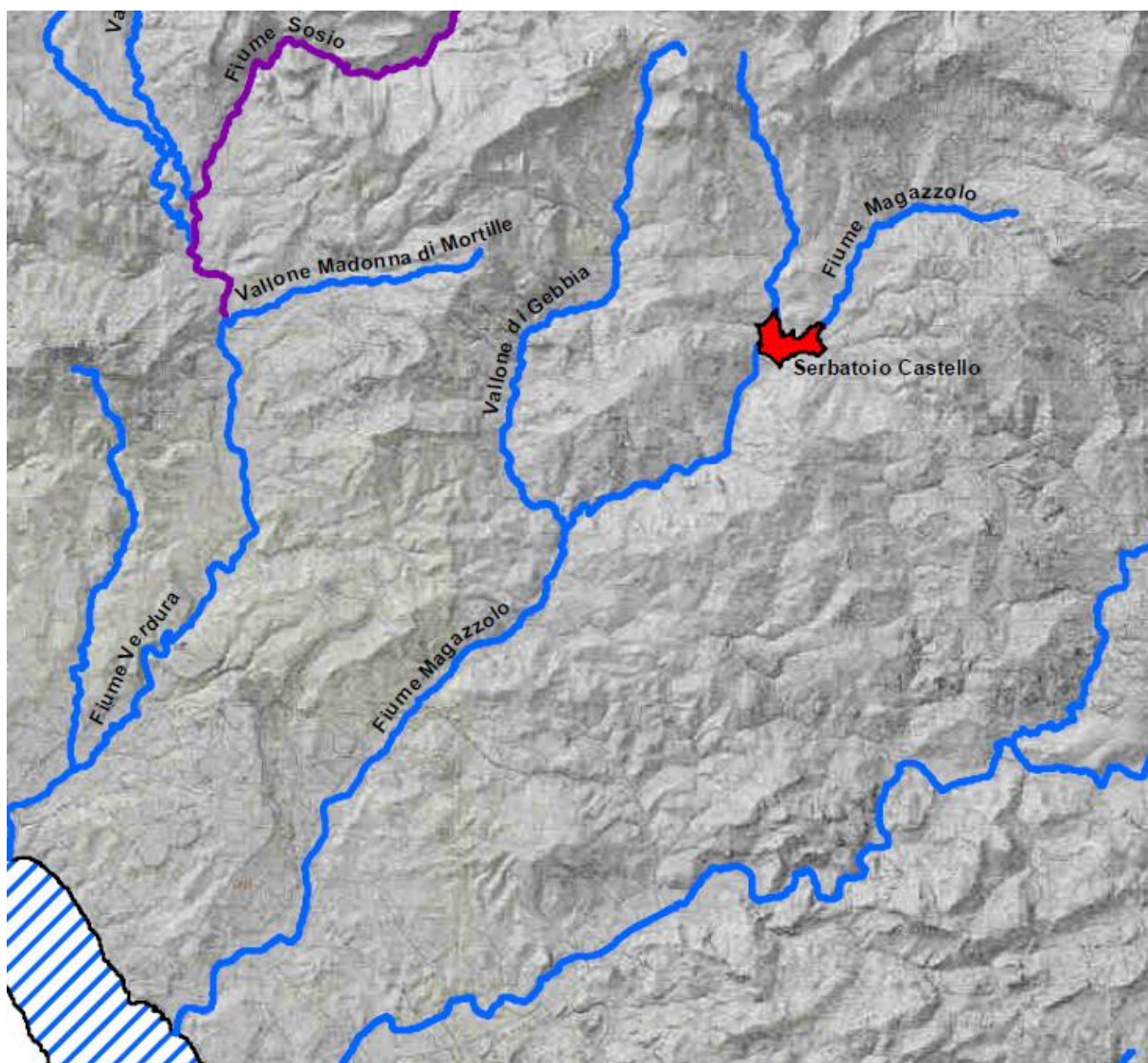


Figura 7-1: corpi idrici significativi a monte e a valle dell'invaso di Castello (estratto della Tavola A2 del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia 2016)

Nell'area di interesse sono identificati quattro corpi idrici:

1. Fiume Magazzolo a monte del bacino di Castello;
2. Vallone Acque Bianche a monte del bacino di Castello;
3. Fiume Magazzolo a valle del bacino di Castello fino alla confluenza del T. Gebbia;
4. Fiume Magazzolo dalla confluenza del T. Gebbia alla foce.



Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche dei corpi idrici sopra identificati, da cui emerge che rientrano tutti nella categoria “a rischio”, “... ossia quelli le cui condizioni qualitative e quantitative possono pregiudicare il raggiungimento ovvero il mantenimento degli obiettivi ambientali di cui agli articoli 76 e 77 del D. Lgs 152/2006”.

**Tabella 7-1: caratterizzazione corpi idrici superficiali (fonte Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia)**

Corso d'acqua	Tratto	Codice	Regime	Origine	Distanza dalla sorgente	Dimensione bacino	Tipologia	Classe di rischio
Fiume Magazzolo	Dalle sorgenti all'invaso di Castello	R1906201	Intermittente	Scorrimento superficiale	Medio (25-75 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio
Vallone Acque Bianche (o Vallone Santa Margherita)	Dalle sorgenti all'invaso di Castello	R1906202	Intermittente	Scorrimento superficiale	Medio (25-75 km)	Grande (850-3150 kmq)	20IN7N	A rischio
Fiume Magazzolo	Dall'invaso di Castello fino alla confluenza del T. Gebbia	R1906204	Intermittente	Scorrimento superficiale	Piccolo (5-25 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio
Fiume Magazzolo	Dalla confluenza del T. Gebbia alla foce	R1906205	Intermittente	Scorrimento superficiale	Piccolo (5-25 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio

Dei quattro corpi idrici individuati, risultano disponibili informazioni relative alla qualità chimica ed ecologica delle acque solamente per i due a monte del bacino di Castello. Si riportano di seguito le informazioni disponibili.

## 7.1 Fiume Magazzolo a monte del bacino

Il fiume Magazzolo (codice corpo idrico IT19RW06201) si estende dalla sorgente fino alla diga Castello. In Contrada San Leonardo, circa 3 km a monte dell'invaso, è localizzata la stazione di monitoraggio di ARPA Sicilia.

Nel corso del 2019 è stato portato avanti il monitoraggio conoscitivo (operativo) per questo corpo idrico, con il rilevamento degli elementi chimici a sostegno, degli elementi chimico-fisici a sostegno per il calcolo del LIMeco per lo stato ecologico, e le sostanze inquinanti dell'elenco di priorità per lo stato chimico.

Il valore di LIMeco calcolato (0,51) corrisponde ad un giudizio *buono*, con minimi raggiunti a maggio-giugno ed in agosto, mesi nei quali si rilevano le maggiori concentrazioni di azoto nitrico ed ammoniacale e fosforo totale.

Tra le sostanze inquinanti di tab. 1/B ricercate, è stata rilevata la presenza di 4 pesticidi promocarb, tebuconazolo, teflutrin e ampa, metabolita del glifosate. Quest'ultimo presenta una concentrazione media

annua di 0,13 ug/L (prossima allo SQA di 0.1 ug/L previsto per i pesticidi singoli). Il giudizio per questo elemento di qualità è *buono*, pur se borderline con *sufficiente*.

Per quanto concerne lo stato chimico, tra gli inquinanti prioritari sono risultati presenti solamente nichel e cadmio, ma in concentrazioni che rispettano i relativi SQA. Lo stato chimico è pertanto *buono*.

Nella tabella seguente sono riassunti i valori ottenuti dai monitoraggi eseguiti.

**Tabella 7-2: risultati monitoraggi ARPA**

Periodo indagine	Macroinvertebrati	Diatomee	Macrofite	LIMeco	Tab1/B	Stato ecologico	Stato chimico
2019	-	-	-	buono	buono	-	buono

## 7.2 Vallone Santa Margherita a monte della diga di Castello

Il Vallone Acque Bianche, noto anche con il nome di Vallone Santa Margherita (codice corpo idrico IT19RW06202), non risulta monitorato da ARPA Sicilia e il relativo giudizio è ottenuto per estensione. Si riportano di seguito le informazioni riportate nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia.

**Tabella 7-3: stato di qualità dei corpi idrici fluviali in Sicilia (fonte Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia)**

Corso d'acqua	Macroinvertebrati	Diatomee	Macrofite	LIMeco	Tab1/B	Stato ecologico	Stato chimico
Vallone Santa Margherita	non buono	-	non buono	-	-	non buono	-





## 8 MODALITÀ DI GESTIONE DELL'INVASO

In questo capitolo vengono analizzate le attività gestionali che vengono messe normalmente in atto nel bacino per il conseguimento degli obiettivi di tutela della risorsa idrica in termini quantitativi e qualitativi nonché per il mantenimento della piena funzionalità degli organi di presa e scarico, oltre agli altri elementi strutturali della diga, e per la gestione del sedimento interferente con gli obiettivi indicati.

Le attività previste possono essere attuate attraverso due differenti tipologie di azione:

- 1) **INTERVENTI SISTEMATICI**, da porre in atto ogni volta che si verifichino circostanze favorevoli; ad esempio si tratta di aperture dello scarico di fondo eseguite periodicamente e/o nelle fasi di morbida-piena, al fine di favorire la formazione di correnti di densità che minimizzino il deposito di sedimento nei pressi dello stesso; tali operazioni garantiranno anche la pervietà nel tempo sia dell'opera di presa che dello scarico di fondo.
- 2) **INTERVENTI SPECIFICI**, da porre in atto saltuariamente, qualora gli interventi sistematici non fossero sufficienti per controllare l'interrimento entro limiti accettabili e prima che il suo progredire possa determinare interferenze sulle opere o sugli usi in essere.

Gli interventi sistematici di seguito descritti, in quanto ripetitivi e spesso legati ad eventi non programmabili (es. piene), sono attuati senza ulteriore fase di progettazione ed autorizzazione.

Gli interventi specifici richiedono invece uno specifico progetto (c.d. Piano Operativo o Programma di Sintesi) da svilupparsi in funzione delle esigenze specifiche e delle condizioni al contorno che saranno accertate al momento e che sono l'obiettivo dell'intervento.

Nel caso del bacino di Castello la gestione del sedimento presente ai fini del recupero del volume utile pone differenti tematiche, alcune perseguibili altre oggettivamente ad oggi non attuabili.

Si ritiene infatti che debbano essere messe in atto in una programmazione di medio-lungo periodo interventi utili alla rimozione del sedimento presente nei pressi dell'imbocco dello scarico di esaurimento poiché la piena funzionalità di quest'ultimo garantisce indirettamente l'efficienza e la pervietà delle opere di presa e scarico di fondo.

Tali interventi peraltro dovranno anche tenere in considerazione la minimizzazione delle perdite in termini quantitativi e la sostanziale impossibilità, proprio per la rilevanza degli usi in essere, di eseguire interventi a bacino vuoto. Di contro pare di difficile messa in atto una strategia di pieno recupero del volume utile, i cui risvolti tecnici, ambientali ed economici paiono al momento difficilmente superabili.

Si ritiene quindi che gli interventi programmati nei prossimi anni debbano avere come principale obiettivo, oltre alla protezione delle opere di presa e scarico, il mantenimento dell'attuale volume utile.

Nei paragrafi che seguono sono descritte le principali tipologie di intervento previste dalla normativa vigente per il Progetto di Gestione; si ricorda che, come previsto dall'articolo 7 del DM 30/06/2004, le previsioni del progetto di gestione non trovano applicazione per le seguenti manovre:

- manovre necessarie a garantire il non superamento dei livelli d'invaso autorizzati in occasione di eventi di piena;
- manovre di emergenza per la sicurezza e la salvaguardia della pubblica incolumità;
- manovre effettuate per speciali motivi di pubblico interesse, su disposizione dell'autorità competente;
- manovre effettuate per l'accertamento della funzionalità degli organi di scarico, ai sensi dell'articolo 16 del DPR 1363/1959, su disposizione dell'Amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento.



Negli interventi sistematici con rilasci di portate dal serbatoio tali rilasci verranno attuati in maniera graduale, con velocità di abbassamento del livello dell'invaso non superiore a 5 cm/ora, compatibile con la natura dei versanti e finalizzate a non instaurare situazioni di instabilità delle sponde. Si precisa, in ogni caso, che la gestione dell'invaso di Castello attuata finora ha permesso di osservare come le sponde risultino stabili e non si siano mai verificati fenomeni di instabilità delle stesse.

Al termine delle operazioni di manutenzione, il concessionario presenterà alle Amministrazioni competenti un rapporto dettagliato delle operazioni effettuate e del relativo esito.

## 8.1 Manovre di esercizio degli scarichi

Le manovre periodiche di esercizio degli scarichi della diga (con esclusione di quelle effettuate per l'accertamento della funzionalità degli organi di scarico, su disposizione dell'amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento), finalizzate al mantenimento della piena potenzialità idraulica dello scarico di fondo e dell'opera di presa, possono venir eseguite o nel periodo idraulicamente più favorevole, cioè in concomitanza con il verificarsi di eventi di morbida o piena, oppure periodicamente o ancora al manifestarsi di criticità relative agli usi in essere; tali attività non prevedono asportazione significativa di materiale depositato nel bacino, fatto salvo per il modesto quantitativo depositato in prossimità degli organi di manovra. L'attività si articola nelle seguenti fasi:

- individuazione delle condizioni opportune all'esecuzione delle operazioni (in concomitanza con il verificarsi di eventi di morbida/piena, trascorso un determinato periodo dall'operazione precedente, oppure ancora in caso di criticità per gli utilizzatori). Apertura graduale e modulata, fino ad arrivare a una frazione dell'apertura totale dello scarico di fondo oggetto delle operazioni per consentire l'evacuazione del materiale sedimentato davanti allo stesso. A valle del bacino verrà rilasciata una portata massima di alcuni  $m^3/s$  (non oltre i  $5 m^3/s$ ) per un tempo pari ad alcuni minuti sino a che le acque scaricate non mostrino assenza di rilascio di sedimento, ad evidenziare la completa pervietà dello scarico stesso e il mantenimento del "cono" che si viene a determinare grazie a tali periodiche operazioni;
- al termine delle attività, progressiva chiusura dello scarico interessato dalle operazioni e ripristino delle normali condizioni di regolazione dell'invaso.


A tutela del corpo idrico di valle tali aperture devono comunque tenere in considerazione che:

- La durata del deflusso deve essere limitata al tempo strettamente necessario allo scopo.
- Le manovre di apertura avverranno in modo graduale al fine di evitare repentine modificazioni del regime idrologico e della qualità delle acque.
- Saranno evitate operazioni durante regimi di magra eccezionali del corpo idrico, ad eccezione dei casi di motivata necessità, secondo le prescrizioni a tutela dell'ambiente indicate dall'autorità competente.
- Il rilascio avverrà in condizioni di livello ricompreso nella regolazione ordinaria quindi in condizioni di scarico sotto battente evitando rilasci di sedimenti a forte concentrazione.

Questa attività, di tipo sistematico, non prevede per il gestore ulteriori autorizzazioni, comunicazioni e attività di monitoraggio.

## 8.2 Gestione degli eventi di piena

Nel caso in cui gli afflussi idrici da monte siano caratterizzati da valori molto elevati di portata, le portate in eccesso rispetto alla portata massima derivabile saranno accumulate nel serbatoio; è bene evidenziare

	PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI CASTELLO – REV.1	pag. 72
		(Mag-22)

infatti come la capacità di accumulo del bacino, in rapporto all'estensione del bacino imbrifero sotteso, e la gestione degli invasi a regime stagionale costituiscano, nella gestione degli eventi di piena, una significativa capacità di laminazione.

Costituiscono riferimento per l'attivazione delle procedure connesse alla gestione delle piene gli stati di allerta arancione e rosso della Protezione Civile Regione Siciliana, così come resi disponibili dai bollettini di "Avviso Rischio Meteo-Idrogeologico e Idraulico" pubblicati sul sito istituzionale del Dipartimento di Protezione Civile Regione Siciliana.

Durante questi eventi in ragione del volume di invaso della diga non vi sarà normalmente rilascio di materiale solido a valle dello sbarramento, fatte salve le manovre periodiche descritte al paragrafo precedente.

Qualora un evento di piena significativa si presentasse in un momento di gestione del serbatoio con livello di invaso prossimo alla quota di massima regolazione le portate immesse nell'invaso, qualora non ulteriormente accumulabili nel serbatoio e non derivabili per gli utilizzi di valle, saranno rilasciate attraverso l'apertura graduale e controllata degli scarichi anche profondi.

Durante gli eventi di piena, le manovre degli scarichi necessarie a garantire il non superamento dei livelli di invaso autorizzati rispetteranno le disposizioni di cui Documento di protezione civile, redatto ai sensi della Direttiva del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2014 "Indirizzi operativi inerenti l'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe", inviato per l'approvazione alla Prefettura di Agrigento con nota UTDPA n.7833 del 14/04/2021.

Gli eventi di piena, per loro natura, sono caratterizzati non solo da portate elevate ma anche da significativo trasporto solido, sia a monte che valle dell'invaso. Per questo motivo risulta utile alla corretta gestione del bacino sfruttare tali condizioni anche per l'apertura dello scarico di fondo poiché le acque rilasciate in tali occasioni beneficiano di condizioni idrauliche generalizzate nel reticolo idrografico che favoriscono la diluizione ed il trasporto dei solidi rilasciati.

Durante e a seguito di dette operazioni, non programmabili, non sono previste attività di monitoraggio.

### 8.3 Spurgo in coda di piena

Gli eventi di piena, per loro natura, sono caratterizzati non solo da portate elevate ma anche da significativo trasporto solido, sia a monte che valle dell'invaso.

Per quanto riguarda il bacino di Castello e l'uso idropotabile delle acque è necessario un periodico intervento di rimozione del sedimento prossimo all'imbocco dell'opera di presa. Per questo motivo risulta utile alla corretta gestione del bacino sfruttare tali condizioni anche per l'apertura dello scarico di fondo poiché le acque rilasciate in tali occasioni beneficiano di condizioni idrauliche generalizzate nel reticolo idrografico che favoriscono la diluizione ed il trasporto dei solidi rilasciati.

In tali occasioni, beneficiando delle rilevanti portate presenti nei corsi d'acqua, a valle del bacino verrà rilasciata una portata massima non superiore a 5 m<sup>3</sup>/s per un tempo pari a qualche ora.

Durante e a seguito di dette operazioni, non programmabili, non sono previste attività di monitoraggio.

### 8.4 Gestione del sedimento presso l'opera di presa e scarico di fondo

Come detto, nel bacino di Castello, l'attuale situazione di interrimento consente una piena funzionalità, senza interferenza alcuna, delle opere di presa e scarico di fondo; la gestione del sedimento riguarderà



quindi in particolare la frazione sedimentata nelle vicinanze dello scarico di esaurimento che si intende mantenere attivo a tutela degli altri due organi.

A tal fine sono, in linea teorica, attuabili differenti interventi, ma quelli più tradizionali, quali lo sfangamento o spurgo piuttosto che la rimozione/movimentazione meccanica, non sono ritenuti opportuni poiché prevedono lo svuotamento completo del bacino; tale evento per le dimensioni dell'invaso ed i rilevanti utilizzi in essere è valutato al momento non possibile.

Ai fini del controllo dell'interramento dell'area al momento sono presi in considerazione interventi selettivi di dragaggio a "bacino pieno".

Le tecniche di dragaggio sono normalmente schematizzate in due grandi categorie:

- quelle idrauliche sono alla base della c.d. sorbonatura. Il principio di funzionamento delle draghe idrauliche si basa sull'utilizzo di pompe: i sedimenti sono prelevati e trasportati in forma fangosa (miscela di acqua e sedimento) per mezzo di una corrente fluida indotta dalla pompa che genera una depressione nella zona di prelievo;
- quelle meccaniche, di diversa tipologia ed utilizzo, rimuovono invece dal fondale il sedimento grazie a benne o secchie che incidono sul fondo e quando sollevate asportano il sedimento fuori dall'acqua;
- sono anche possibili interventi misti, ma che non sono altro che la combinazione dei due precedenti.

La scelta della modalità di intervento è influenzata da diversi fattori, sia di tipo operativo (finalità dell'intervento, distanza tra l'area di prelievo e quella di versamento, incidenza sulla durata e sui costi degli interventi), sia di tipo ambientale (tipologia, quantità e qualità dei sedimenti da movimentare, profondità del tirante idrico e condizioni meteo-climatiche del sito di intervento).

#### 8.4.1 Sorbonatura

Con questo termine, come detto, si è soliti definire un intervento di rimozione di sedimento, in forma di miscela solido/liquida, con un sistema pompante. Tale attrezzatura consente di asportare dal fondo di un bacino il sedimento presente e pomparlo, attraverso apposite tubazioni, alla sua destinazione intermedia o finale. Il destino finale del sedimento dipende in larga misura dalle sue caratteristiche chimico/fisiche e granulometriche e dalla possibilità offerte dalle aree limitrofe. Nel caso del bacino di Castello, considerate le buone caratteristiche qualitative esso può essere stoccato ad esempio in un'area marginale del bacino adeguatamente confinata oppure scaricata a valle, adeguatamente diluita.

Il posizionamento del sedimento presso le sponde può essere ottenuto attraverso il supporto di geotubi e/o nel caso di volumi significativi o interventi ripetuti attraverso l'allestimento di casse di colmata.

Questo tipo di intervento, qualora condotto con sistemi di guida muniti di sistemi di controllo GPS, consente di effettuare rimozioni selettive in punti precisi operando nell'area di maggiore interesse/criticità, quale ad esempio quella prossima alle opere di presa e scarico profondo.

#### 8.4.2 Dragaggio a bacino pieno

Anche le operazioni di asportazione meccanica di sedimenti dal bacino sono finalizzate alla rimozione di una parte del materiale solido depositato nell'invaso.

La differenza fra i due approcci consiste nella tecnica di rimozione che in questo caso è rappresentata da una più tradizionale benna/draga operante da un pontone.





Il sedimento estratto dovrà poi essere trasportato presso le sponde per un'asciugatura e quindi, con automezzi da carico pesanti, trasportato in un'area idonea individuata possibilmente nelle vicinanze, per la sua messa a dimora definitiva o per il suo riutilizzo.

### 8.4.3 Piano operativo di intervento a breve termine

La descrizione dettagliata delle modalità operative di esecuzione di questa tipologia di operazioni sarà fornita, preliminarmente alle operazioni, nel “Programma di Sintesi delle attività” (c.d Piano Operativo) redatto ai sensi del DM 30 giugno 2004 e presentato secondo quanto previsto dal Decreto del Segretario Generale del Dipartimento Regionale dell'Autorità di bacino del Distretto Idrografico Sicilia del 4 gennaio 2021 Approvazione “*Linee d'indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi*”.

Si ribadisce che la situazione di sedimentazione dell'invaso o di efficienza degli organi di presa e scarico non richiedono interventi di breve termine. Sin da ora però, in allegato, si riportano in un primo Piano operativo relativo alla gestione del sedimento dello scarico di fondo/esaurimento gli elementi previsti dal DM 30 Giugno 2004 e delle Linee di indirizzo regionali.

Tali elementi, una volta condivisi con gli enti coinvolti nella procedura autorizzativa, saranno resi definitivi con apposita progettazione definitiva.

## 8.5 Programma generale delle attività di svasso/spurgo ai fini del mantenimento del volume utile

Come detto in precedenza e come avviene per i grandi serbatoi anche nelle altre regioni italiane il perseguimento del recupero dell'intero volume utile non pare ad oggi un obiettivo perseguibile per diversi motivi:

- i notevoli volumi solidi interessati; più di 2 milioni di m<sup>3</sup> già presenti nel volume d'invaso ed un incremento medio annuo prossimo a 63.000 m<sup>3</sup>, peraltro in significativo aumento sino a raddoppiare negli ultimi anni;
- l'impossibilità tecnica di far coesistere lunghi e rilevanti interventi di rimozione con il mantenimento della fornitura della risorsa idrica agli utenti di valle;
- i pesanti effetti ambientali della movimentazione/stoccaggio/collocamento di tali volumi;
- i notevolissimi costi che avrebbero tali interventi.

Tutto ciò considerato si ritiene più concretamente possibile definire e mettere in atto interventi che siano finalizzati a recuperare/mantenere uno stato di sedimentazione compatibile con la piena pervietà delle opere di presa e scarico profondo e che limitino il più possibile fenomeni di “aspirazione” di sedimento da parte dell'opera di presa.

Tali interventi possono essere di differenti tipologie, così riassumibili nel seguente programma generale delle attività:

- effettuare periodici interventi di rimozione selettiva come descritto nel par. 8.3;
- effettuare un intervento di protezione dell'area attraverso la realizzazione di una barriera (avandiga, palancoatura) che impedisca il progressivo avanzamento del sedimento verso l'imbocco dell'opera di presa;



- mettere in atto interventi di contenimento del trasporto solido nell'alveo dell'immissario che possano, quanto meno per la frazione sabbiosa, determinare una prima sedimentazione al di fuori del bacino stesso, in zone dove siano più facilmente possibili rimozioni periodiche;
- realizzare interventi di mitigazione dei principali fenomeni erosivi individuati nel bacino imbrifero ai fini di contenere la produzione/trasporto del sedimento generato nel bacino imbrifero.

Si evidenzia quindi una più compatibile e realistica tendenza verso il mantenimento della c.d. “capacità utile sostenibile” il cui scopo è, attraverso un programma di medio-lungo periodo, evitare ulteriori nuovi accumuli con particolare riferimento alle aree più “sensibili” del bacino.

Come accennato in premessa, si ribadisce che le attività che saranno programmate nei prossimi anni avranno il principale obiettivo di mantenere l'attuale volume utile intervenendo quindi sui nuovi volumi solidi accumulati.

## 8.6 Svuotamento per manutenzione

Tenendo in considerazione quanto esposto relativamente all'inopportunità di uno svuotamento del bacino di Castello per le motivazioni già esposte, pur tuttavia non può essere esclusa in futuro la necessità, comunque oggi non presente, di effettuare importanti attività manutentive sugli organi bagnati profondi, con particolare riferimento alle componenti idrauliche ed elettromeccaniche dello scarico di fondo e dell'opera di presa.

Qualora tale intervento fosse necessario sarebbe preceduto da una approfondita analisi delle alternative per definire modalità e tempi che minimizzino per quanto possibile gli effetti negati sugli usi in essere e sulla tutela degli ecosistemi.

In linea di principio e qualora programmabili le attività potrebbero essere eseguite nel periodo ottobre-novembre, dopo il periodo estivo di maggiori idro-esigenze, quando il livello idrico è già normalmente il più basso e prima delle piogge invernali.

L'attività si può articolare nelle seguenti fasi:

- abbassamento progressivo del livello dell'invaso fino a quote compatibili con l'utilizzo dell'opera di derivazione;
- asportazione dei volumi d'acqua eventuali ancora presenti nel bacino tramite apertura graduale dello scarico di fondo;
- terminato lo svuotamento, apertura totale degli scarichi profondi ai fini delle manovre di manutenzione ed ispezione;
- esecuzione delle attività preventive;
- al termine di tali operazioni, chiusura degli scarichi profondi, rimozione degli eventuali dispositivi di captazione dei reflui residui e progressivo ripristino delle quote di esercizio del bacino.

La descrizione dettagliata delle modalità operative di esecuzione delle operazioni nonché del relativo programma temporale sarà fornita, preliminarmente alle operazioni, nel “Programma di Sintesi delle attività” con tutti i contenuti previsti dalle normative nazionali e regionali e con indicazioni precise relative alle velocità di abbassamento ed alle aree da sottoporre a controllo.

Le attività descritte comportano, anche senza intervento diretto di movimentazione attiva, la fuoriuscita verso valle di sedimenti, in funzione degli effetti dello svuotamento e dell'attività erosiva delle acque residue che ruscellano sul fondo del bacino.

Per questo motivo le attività saranno precedute, accompagnate e seguite dalle attività di monitoraggio descritte nel capitolo 12.



Nel caso in futuro fosse necessario procedere a uno svaso parziale o totale dell'invaso di Castello verrà inoltre predisposto anche un rapporto nel quale comprendere un rilievo fotografico delle zone normalmente sommerse e una valutazione sul relativo stato manutentivo (con particolare riferimento agli imbocchi dello scarico di fondo).

## 8.7 Sghiaimento-sfangamento

L'operazione sghiaimento-sfangamento, detta talvolta anche di fluitazione o spurgo, è finalizzata alla riduzione della quantità di materiale sedimentato nel bacino e prevede la rimozione dei sedimenti per erosione da parte delle portate in transito e il rilascio a valle per deflusso attraverso gli scarichi profondi.

Per le motivazioni già più volte richiamate si ritiene che tale operazione, che prevede lo svuotamento del bacino ed il rilascio dallo scarico di fondo delle portate in ingresso, non sia allo stato attuale di interesse per il bacino di Castello; a titolo conoscitivo e di completamento del quadro gestionale potenziali se ne delineano nel seguito gli elementi essenziali.

Un'operazione, per risultare efficace, dovrebbe essere eseguita in concomitanza con il verificarsi del periodo di morbida, quando le portate naturali di afflusso al bacino raggiungono i valori di norma superiori e spesso già caratterizzati da trasporto solido. Il materiale di interrimento viene rilasciato a valle della diga lasciando defluire l'acqua contenuta nel bacino attraverso gli scarichi di fondo; la forza di trascinamento che il flusso idrico induce a contatto con il sedimento depositatosi sul fondo dell'intero bacino determina la fuoriuscita dall'invaso di una quantità di materiale in sospensione correlata con l'entità delle portate in transito.

La descrizione dettagliata delle modalità operative di esecuzione delle operazioni nonché del relativo programma temporale sarà fornita, preliminarmente alle operazioni, nel "Programma di Sintesi delle attività".

Le attività descritte comportano, anche senza intervento diretto di movimentazione attiva, la fuoriuscita verso valle di sedimenti anche in quantità rilevanti, in funzione degli effetti dello svuotamento e dell'attività erosiva delle acque residue che ruscellano sul fondo del bacino.

Per questo motivo le attività sarebbero precedute, accompagnate e seguite dalle attività di monitoraggio descritte nel capitolo 12.

## 8.8 Asportazione meccanica dei sedimenti

Le operazioni di asportazione meccanica di sedimenti dal bacino sono finalizzate alla rimozione di una parte del materiale solido depositato nell'invaso senza produrre alcun effetto sul corpo idrico ricettore di valle. Per il bacino di Castello l'asportazione dei sedimenti dal bacino è ipotizzabile tramite la tecnica di rimozione meccanica a bacino parzialmente svasato.

Ai fini di non interferire con la tutela quali-quantitativa della risorsa idrica invasata, l'intervento può essere eseguito nella porzione superiore del bacino in cui durante il periodo estivo e soprattutto autunnale i bassi livelli idrici mettono "all'asciutto" l'area di intervento e consentono di rimuovere con mezzi meccanici (escavatori, pale meccaniche, bulldozer, etc.) i sedimenti depositati.

Tale intervento, da realizzarsi appena al di sotto della quota di massima regolazione, può essere programmato anche in modo da andare e delimitare una sorta di "bacino di sedimentazione" che possa, durante l'anno, svolgere la funzione di raccolta e accumulo di parte almeno della rata di sedimentazione annuale, con il doppio vantaggio di limitarne la distribuzione nella restante parte del bacino e al tempo



stesso consentirne annualmente, o comunque con una elevata frequenza, una rimozione in aree più facilmente raggiungibili.

Il sedimento estratto dovrà poi essere trasportato con automezzi da carico pesanti a un'area idonea individuata possibilmente nelle vicinanze, per la sua messa a dimora definitiva o per il suo riutilizzo.

La descrizione dettagliata delle modalità operative di esecuzione delle operazioni nonché le tempistiche delle operazioni saranno fornite, preliminarmente alle operazioni, nel “Programma di Sintesi delle attività” redatto ai sensi del DM 30 giugno 2004 e delle Linee Guida regionali.

Interventi di questa tipologia normalmente presuppongono il riutilizzo del sedimento rimosso; in tal caso dovranno parallelamente essere attenuate tutte le procedure tecnico-amministrative previste dal DPR n. 120/2017 (Terre e rocce da scavo).

A titolo esemplificativo si evidenziano, nella parte superiore del bacino, le aree mediamente libere dall'acqua nel periodo tardo estivo e inizio autunnale.

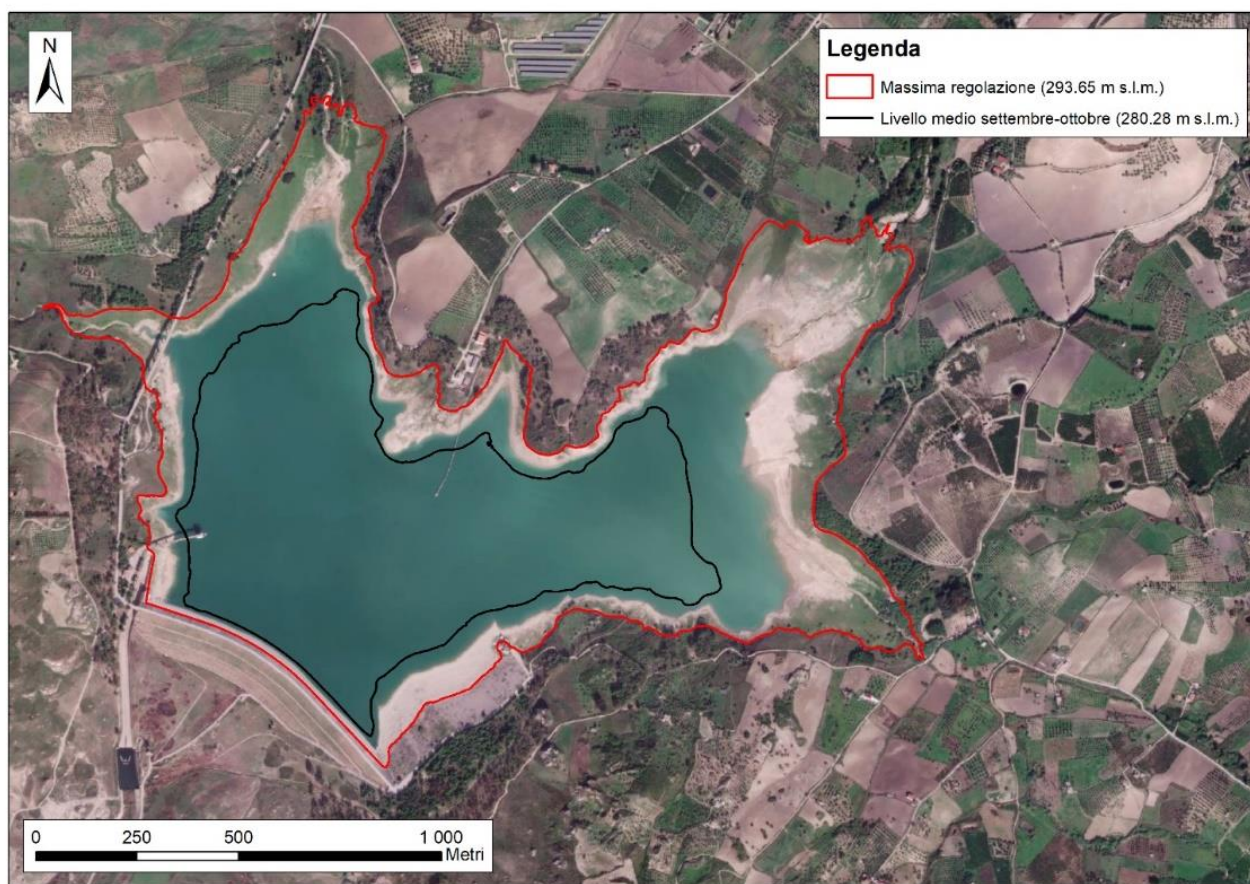


Figura 8-1: confronto tra l'area occupata dal lago alla quota di massima regolazione e quella occupata alla quota media di settembre-ottobre.

## 8.9 Sintesi complessiva delle linee di intervento e relativo cronoprogramma

Nel complesso quindi si intende operare nei confronti della sedimentazione presente e futura del bacino di Castello attraverso più opzioni di intervento, tutte sinergiche verso l'obiettivo di limitare tale criticità.





Un primo tipo di valutazione di carattere riguarda il rapporto fra la capacità utile di invaso prossima a 18.000.000 di m<sup>3</sup> e la sedimentazione media annua, di circa 63.000 e quindi pari a circa lo 0,3%; ne consegue che tale volume, anche ipoteticamente in assenza di interventi, consenta l'accumulo dei volumi di risorsa idrica necessaria alle utenze per periodi nell'ordine delle centinaia di anni.

Rimane comunque la tematica evidenziata in precedenza della salvaguardia dell'area dell'opera di presa e dello scarico di fondo, sulla quale invece pare necessario in futuro intervenire.

Ciò premesso, quindi, il gestore intende comunque procedere nel contenimento/riduzione del fenomeno dell'interrimento con le seguenti diverse opzioni:

- interventi di de-sedimentazione diretta in aree sensibili del bacino potenzialmente interferenti con gli usi in essere e con la piena efficienza delle opere sommerse;
- interventi di rimozione meccanica nella parte superiore del bacino, quando le quote dell'invaso consentano di operare a fondo asciutto, normalmente in tarda estate-inizio autunno;

Inoltre, affinché non si vanifichi il recupero della capacità d'invaso disperdendo, nel contempo, le risorse economiche impiegate per i lavori di sfangamento, sono necessari anche interventi di riduzione del carico in ingresso attraverso iniziative di diversa natura come quelle descritte nel capitolo che segue, la cui attuazione sarà affidata ai soggetti istituzionalmente competenti e a seguito di specifica programmazione.

Nella tabella che segue si riporta infine una preliminare programmazione temporale delle operazioni (sia specifiche sia sistematiche) citate, sottolineando il fatto che la loro realizzazione è subordinata non solo alla fattibilità tecnica e alla compatibilità ambientale, entrambe già preliminarmente verificate, ma anche all'andamento nei fenomeni nel tempo ed alla disponibilità delle risorse necessarie.

Si ricorda che le attività specifiche saranno dettagliatamente descritte in appositi piani operativi.

**Tabella 8-1: programmazione temporale preliminare delle operazioni**

INTERVENTO/TIPOLOGIA	FINALITÀ	FREQUENZA TEMPORALE *
Rimozione del sedimento nell'area dell'opera di presa/scarico di fondo/scarico di esaurimento (op. specifica)	Garantire gli usi in essere e la piena funzionalità degli organi di presa e scarico	5 anni
Rimozione meccanica del sedimento nelle aree non interferenti (op. specifica)	Mantenere la capacità utile sostenibile	2-3 anni
Apertura dello scarico di fondo (op. sistematica)	Limitare l'interrimento all'imbocco dell'organo	Al verificarsi di ogni piena
Interventi puntuali e diffusi di consolidamento nel bacino imbrifero	Ridurre l'apporto solido al bacino	Permanente

\*La ripetizione del tempo delle singole attività sarà, come detto, confermata dall'andamento delle attività di monitoraggio degli interventi precedenti e dalle batimetrie eseguite.

Relativamente al tema dei volumi da rimuovere, in attesa della definizione tecnico-normativa del "volume utile sostenibile", al momento non sono possibili previsioni numeriche accurate senza prima aver verificato fattibilità, sostenibilità ed efficacia del primo intervento programmato e al tempo stesso aver quantificato l'obiettivo complessivo della serie di interventi rispetto al citato volume utile sostenibile.



## 9 INTERVENTI NEL BACINO IMBRIFERO PER LIMITARE L'APPORTO SOLIDO

Come descritto nei capitoli precedenti nel bacino di Castello si osserva una sedimentazione media annua di circa 63.000 m<sup>3</sup>; tale valore rappresenta una frazione molto modesta del volume totale ma può rappresentare una criticità per l'area più profonda nell'invaso in cui sono collocate le opere di presa e scarico.

Per tale motivo, parallelamente agli interventi descritti nel capitolo precedente riguardanti l'area dell'invaso e le opere dell'impianto, si ritiene opportuno evidenziare la necessità di intraprendere un programma di medio-lungo periodo che sia anche finalizzato alla riduzione dei volumi solidi complessivi in arrivo al bacino.

A tal fine in questo capitolo sono preliminarmente prese in considerazione le possibili opzioni di intervento per limitare l'erosione o impedire che parte della stessa giunga nel bacino; i possibili interventi sono schematizzati in tre diverse categorie:

- opere di controllo del trasporto solido negli alvei fluviali;
- opere localizzate di difesa sponale dall'erosione;
- interventi diffusi di tipo agronomico per ridurre l'erosione dei suoli.

Resta inteso che tali iniziative non sono di competenza del gestore del bacino ma riguardano innanzitutto gli strumenti di pianificazione riguardanti sia i corsi d'acqua che l'uso del suolo, con particolare riferimento agli aspetti agricoli.

### 9.1 Opere per il controllo del trasporto solido

Le briglie di trattenuta, sono opere trasversali che intercettano il trasporto solido e il materiale flottante in maniera pianificata e in luoghi dove periodicamente sia possibile asportare i sedimenti. Si distinguono due categorie di briglie aperte: quelle studiate per trattenere il trasporto solido di fondo e quelle impiegate per intercettare anche il materiale flottante.

I bacini di sedimentazione hanno il compito di determinare la deposizione preferenziale del materiale in aree sufficientemente vaste e pianeggianti, lontane dai punti sensibili.

### 9.2 Opere di difesa dall'erosione

Le indagini eseguite nell'ambito della redazione del PAI hanno evidenziato le zone a maggiore erosione; per alcune di queste è possibile pianificare l'esecuzione di interventi specifici.

In questi casi l'approccio alla difesa dall'erosione può essere di due tipi diversi:

- diminuzione della velocità della corrente, con sistemazioni a gradinata e briglie di consolidamento;
- protezione meccanica delle sponde e del fondo con materiali artificiali o naturali, con la possibilità di combinare materiali vivi ed inerti.



### 9.3 Interventi di stabilizzazione dei terreni agricoli

Le tecniche di coltivazione contro l'erosione possono essere promosse e sostenute con fondi pubblici destinati all'agricoltura e si basano su diversi principi:

- proteggere il suolo dall'impatto della pioggia;
- ritardare e limitare la formazione di deflusso superficiale, aumentando la capacità di infiltrazione e di stoccaggio idrico del suolo;
- ridurre le forze erosive e la capacità di trasporto del ruscellamento, limitandone la velocità e la concentrazione.

Fra le possibili misure da mettere in atto si ricordano:

- Misure colturali relative alla rotazione: dimensione, forma e orientamento delle particelle; avvicendamento delle colture; conversione in terreni permanentemente inerbiti; fascia erbosa permanente di protezione; gestione della pendenza mediante colture a strisce alternate.
- Misure colturali relative alla preparazione del suolo: limitazione della pressione esercitata sul suolo dalle macchine agricole; dissodamento del suolo in profondità; lavorazione del suolo di tipo conservativo.
- Misure colturali relative alla semina e alla manutenzione delle colture: semina secondo le curve di livello; semina di un cordone di cereali autunnali a file; semina di colture intercalari; semina di diverse specie colturali su una particella; pacciamatura; lotta integrata contro le infestanti.
- Misure colturali relative all'ammendamento del suolo: ammendante organico.
- Misure relative alla vegetazione: filari e siepi; prati inondabili e aree di espansione delle piene.
- Misure di ingegneria: dighette di assorbimento – diffusione, piccole terrazze, arginelli; controllo delle acque superficiali, deviazione delle acque in eccedenza; drenaggio.

Ulteriori e più dettagliate informazioni possono essere reperite nel documento “Manuale di buone pratiche contro i processi di degrado del suolo” prodotto nell'ambito del progetto LIFE SoilPro.



## 10 LIMITI MASSIMI DI CONCENTRAZIONE DEI SOLIDI IN SOSPENSIONE

Per la definizione dei limiti di concentrazione di solidi in sospensione e di ossigeno disciolto nel corso di operazioni di svasso si fa riferimento ai valori assunti con DDG n. 710 del 7/5/12 emanato dalla Regione Siciliana.

Durante eventuali ed al momento non previsti interventi specifici che prevedano il rilascio di sedimenti verso valle dallo scarico di fondo, al fine di tutelare la vita acquatica nel corso d'acqua a valle della diga, i solidi sospesi non dovranno superare, in funzione della durata delle operazioni, i limiti di seguito riportati. L'ossigeno disciolto dovrà sempre essere superiore a 5 mg/l.

**Tabella 10-1: limiti di concentrazione per solidi sospesi**

Concentrazione dei 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 h
5 g/l < conc.SS < 10 g/l	< 6 h
< 5 g/l	> 6 h

Tali limiti di protezione sono da considerarsi cautelativi nei confronti delle biocenosi fluviali presenti e saranno applicati nella prima stazione di monitoraggio a valle della diga.

Qualora in tale tratto fluviale i monitoraggi ante operam evidenziassero condizioni preesistenti di criticità ambientale e/o di composizione delle biocenosi presenti lontana da quelle attese, tali limiti saranno da applicarsi per le sezioni più a valle.

I valori limite indicati, oltre che da riferimenti normativi, nascono da una serie di considerazioni tra le quali la necessità di garantire efficacia delle operazioni di fluitazione e di limitarle ad un arco temporale ragionevole facendo riferimento a valori di torbidità realistici per questo tipo di operazioni, senza rischi di superamento dei limiti massimi. I valori di torbidità ammessi risultano confrontabili con quelli che si verificano naturalmente durante eventi di piena ordinaria.





## 11 MITIGAZIONI E COMPENSAZIONI

Le operazioni di gestione del sedimento con rilascio a valle dello stesso possono potenzialmente determinare effetti negativi sul corso d'acqua a valle e sulle sue biocenosi; il principale effetto connesso ad un'operazione di svasso/fluitazione (in particolare dal primo che normalmente comporta la movimentazione di maggiori quantità di sedimenti) è quello prodotto dal sedimento accumulato sul fondo del bacino, che viene rilasciato nel corso d'acqua a valle, provocando un incremento anomalo di solidi sospesi. Gli effetti negativi dei sedimenti sull'ecosistema fluviale sottostante possono essere così riassunti (Newcombe & MacDonald, 1991; Calow & Petts, 1992; Newcombe, 1994 e 1996):

- un'azione meccanica (abrasione e occlusione) sugli apparati respiratori e alimentari dei pesci e degli invertebrati e sulla componente vegetale acquatica;
- riempimento dei *microhabitat* interstiziali di fondo, indispensabili alla vita sia degli invertebrati che dei primi stadi vitali dei pesci (uova e larve dei Salmonidi), che vengono occlusi dal sedimento fino che si deposita sul fondo;
- alterazioni a livello di *mesohabitat*, quando l'apporto di sedimento a valle è tale da determinare il riempimento delle pozze e la formazione di barre e isole di ghiaia nei raschi;
- infine, se al bacino svasato afferiscono scarichi inquinanti, lo sversamento dei sedimenti pone anche problemi di deficit di ossigeno e di tossicità diretta (per esempio per la presenza di ammoniaca e di metalli pesanti); questa opzione non è comunque pertinente per il bacino di Castello poiché la qualità dei sedimenti è risultata buona

L'entità dell'effetto dei sedimenti sospesi sugli organismi non è unicamente funzione della concentrazione degli stessi, ma dipende anche dalla durata dell'esposizione; da tale constatazione nasce il concetto di "dose", definito come il prodotto della concentrazione dei sedimenti sospesi per il tempo di esposizione, e ad esso si fa riferimento per la valutazione dei rischi potenziali per la vita acquatica indotti dai sedimenti sospesi (Newcombe & MacDonald, 1991). Una rassegna vasta e completa degli effetti dei sedimenti sospesi sugli organismi acquatici è stata compilata da Newcombe (1994; 1996).


Il tempo di recupero spontaneo dell'ecosistema fluviale dipenderà, oltre che dall'entità dell'effetto subito, dal verificarsi di piene naturali in grado di ripulire l'alveo dal sedimento fine e dalla possibilità di ricolonizzazione spontanea da parte della fauna acquatica proveniente da ambienti laterali rimasti integri.

Ai fini di mitigare i possibili effetti ambientali connessi l'attuazione degli interventi specifici descritti nel capitolo 8, le misure che possono essere messe in atto, oltre al rispetto dei limiti riportati nel capitolo precedente, sono di seguito riepilogate.

A parità di concentrazione l'effetto sarà tanto minore più l'evento è breve, quindi le operazioni, se associate a rilascio del sedimento, dovranno essere della durata appena necessaria.

Un ulteriore elemento da tenere in considerazione è il periodo stagionale di riproduzione della fauna ittica presente a valle della diga, poiché le uova e gli avannotti appena nati risultano particolarmente sensibili alle acque torbide. Nel caso specifico il popolamento ittico di valle risulta composto prevalentemente da Ciprinidi con riproduzione indicativamente primaverile, in questo periodo quindi le attività ove effettuate, dovrebbe essere impostate su limiti maggiormente cautelativi.

Ai fini di consentire un pronto e completo recupero delle condizioni ante operam, in particolare per la fauna macrobentonica, è opportuno, al termine delle operazioni di svasso/fluitazione che abbiano determinato sedimentazione in alveo, compatibilmente con le disponibilità idriche ed i livelli degli invasi, effettuare rilasci di "acqua pulita" con portate maggiori di quelle dello svasso, che abbiano capacità di ripulitura degli interstizi fra il substrato di fondo, habitat essenziale per gli invertebrati ma anche per i pesci di piccola taglia o per le forme giovanili di quelle a taglia maggiore.

	PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI CASTELLO – REV.1	pag. 83
		(Mag-22)

Qualora l'intervento previsto comporti lo svasso totale del bacino risulta necessario un approfondimento relativo alla tematica della fauna ittica in esso presente.

Innanzitutto una valutazione di tale tematica dovrà basarsi su un approfondimento conoscitivo del popolamento ittico presente, in termini di composizione specifica e di abbondanza; elementi questi necessari ai fini di una programmazione di interventi specifici.

Relativamente alla fauna ittica il recupero dei pesci dentro il bacino risulta quasi sempre un intervento molto complesso, rischioso per gli operatori e spesso parzialmente infruttuoso; quando il bacino oggetto di intervento presenta corsi d'acqua immissari di buona portata nel periodo di svasso risulta largamente preferibile una notevole gradualità dell'operazione che consenta ai pesci presenti nel bacino di risalire progressivamente la corrente e di attestarsi nel tratto terminale dell'immissario.

Qualora invece le portate in ingresso nel periodo di svasso siano molto modeste e quindi gli immissari non rappresentino delle "vie di fuga" adeguate allo scopo, sarà necessario prevedere, per quanto possibile, un intervento di recupero preventivo dell'ittiofauna prima della fase finale dello svuotamento; come detto però tali operazioni in un bacino ampio, come detto, non solo sono molto complesse ma spesso risultano anche di limitata efficacia.

In termini compensativi, come del resto previsto dal DM 30 giugno 2004, particolare attenzione ed impegno dovrà essere posta nelle attività di ripopolamento ittico; tali attività saranno basate sui risultati del monitoraggio ittico.



## 12 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio qui proposte sono il frutto di numerose esperienze pregresse e della principale bibliografia tematica nazionale ed internazionale. Esse si riferiscono a un intervento specifico che possa portare al rilascio di sedimento attraverso lo scarico di fondo verso i corpi idrici posti a valle.

I contenuti di dettaglio saranno riportati quindi nel P.O. dell'intervento specifico a cui si riferiscono, qualora coinvolto il corpo idrico di valle.

Sono da distinguere due tipologie di monitoraggio:

- il **monitoraggio durante lo svaso e nei giorni successivi della concentrazione di solidi sospesi** e di altri parametri come l'ossigeno, per controllare in tempo reale l'andamento delle operazioni ed eventualmente intervenire con manovre correttive (gli addetti al monitoraggio saranno in continuo contatto con gli operatori preposti alle manovre degli organi di scarico in diga);
- il **monitoraggio degli effetti ecologici dello svaso**, attraverso valutazioni dell'habitat fluviale e delle principali biocenosi mediante campionamenti ripetuti prima e dopo lo svaso, in tempi diversi. Le indagini da effettuare nel periodo immediatamente precedente all'avvio del rilascio sono finalizzate a definire la situazione iniziale, in condizioni di normale esercizio del bacino. I controlli previsti successivamente alla fase di rilascio sono finalizzati a verificare gli effetti delle operazioni idrauliche nel breve e medio termine e tempi di recupero delle condizioni ante operam in caso di scostamento.

### 12.1 Ubicazione delle stazioni di monitoraggio

La valutazione degli effetti dell'intervento viene normalmente effettuata confrontando i risultati *post operam* con quelli *ante operam*, rilevati prima dell'operazione oggetto di monitoraggio. Considerando il tratto fluviale che si estende a valle dalla diga, si prevedono, in linea di massima i seguenti punti di monitoraggio:

1. in corrispondenza del ponte a circa 1,5 km dallo sbarramento;
2. a circa 4 km dallo sbarramento;
3. a circa 7 km dallo sbarramento, circa 1 km a monte della confluenza del Vallone Gebbia.



Figura 12-1: localizzazione delle stazioni di monitoraggio chimico-fisico ed ecologico



## 12.2 Monitoraggio chimico-fisico durante le operazioni

Le attività sono effettuate, in continuo, per tutta la durata dell'operazione nelle prime due stazioni di monitoraggio. Eventuali ulteriori raccolte di dati potranno riguardare singoli punti e/o momenti delle attività, in siti significativi. Il principale parametro di monitoraggio è rappresentato dai solidi sospesi a cui si aggiungono parametri quali l'ossigeno e altri di accompagnamento quali la temperatura. Dal punto di vista delle metodiche, i solidi sospesi possono essere determinati in campo con apposite sonde e con i coni Imhoff e, a seguito di prelievi e analisi di laboratorio, per filtratura.

Le misure di torbidità saranno effettuate con registrazione in continuo secondo il seguente prospetto:

- solidi sospesi ed ossigeno ogni 15 minuti;
- solidi sedimentabili: misura tramite coni Imhoff con una frequenza pari a un prelievo ogni 30 minuti e in concomitanza di concentrazioni significative rilevate dalla sonda.

L'uso dei coni Imhoff, in affiancamento ai sensori di torbidità, aiuterà a dare sostegno al monitoraggio con sonda e a sostituirla per brevi momenti per eventuali manutenzioni/malfunzionamenti strumentali. Il sensore torbidimetrico sarà tarato prima dell'utilizzo, selezionando il range di misura più adatto al controllo dei valori di soglia. Le attività di monitoraggio saranno eseguite nel corso delle giornate di durata del fenomeno e anche nel/i giorno/i successivo/i fino a esaurimento delle condizioni perturbate o fino al ritorno a condizioni di normalità. Al termine della campagna di misure verrà redatto un rapporto tecnico nel quale saranno indicati i periodi, i punti e i metodi di misura, i relativi risultati e il commento dei loro andamenti spazio-temporali.

## 12.3 Monitoraggio ecologico

Le attività di monitoraggio ecologico saranno effettuate nelle stazioni individuate.

Secondo quanto previsto dalle Linee Guida e dal DM 260/2010, saranno analizzate le caratteristiche idromorfologiche (IQM, alterazione substrato, variazioni quote del fondo alveo e portate liquide), chimico-fisiche (LIMeco, torbidità, temperatura, salinità, conducibilità e pH) e le componenti biologiche che caratterizzano le biocenosi fluviali, cioè i macroinvertebrati, le diatomee, le macrofite, la vegetazione riparia e la fauna ittica.

Le componenti verranno indagate, in termini comparativi, prima e dopo le operazioni di fluitazione con la seguente programmazione:

- una campagna prima dell'avvio dei rilasci, per documentare le condizioni iniziali dell'habitat fluviale, del popolamento macrobentonico e di quello ittico;
- una campagna a 3-4 settimane dai rilasci, per valutare l'impatto immediato delle operazioni sull'habitat fluviale e sulla popolazione dei macroinvertebrati bentonici;
- una campagna a 6-12 mesi dopo i rilasci in relazione alla stagione ed ai risultati della campagna precedente, per individuare l'impatto a più lungo termine delle operazioni idrauliche sull'habitat fluviale e sulle componenti biologiche.

I dettagli del piano di monitoraggio saranno preliminarmente condivisi con ARPA.

I dati saranno raccolti secondo le indicazioni metodologiche messe a punto da APAT-ISPRA, elaborati secondo gli indici di qualità del DM 260/2010 e presentati in un rapporto tecnico.



## 13 ATTIVITÀ PRELIMINARI ALL'ESECUZIONE DELLE OPERAZIONI

Secondo quanto prescritto dal DM 30 giugno 2004, all'atto di eseguire una delle attività specifiche descritte nel progetto di gestione tenendo conto del necessario preavviso di quattro mesi di cui all'art. 5 del decreto 30 giugno 2004, il Gestore dell'impianto ne darà comunicazione:

- all'Amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento, ai sensi del D.Lgs. 112/98;
- al Ministero della Transizione Ecologica;
- 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 (piano operativo di dettaglio).

I Piani operativi di dettaglio, analogamente a quello già allegato, saranno predisposti e inoltrati alle Amministrazioni competenti almeno 4 mesi prima della prevista data di inizio delle attività e tratteranno, oltre ai temi di natura strettamente ambientale meglio precisati nei capitoli successivi, i seguenti aspetti:

- elenco delle attività previste;
- definizione approssimata del periodo previsto di esecuzione (da confermarsi successivamente in prossimità dell'esecuzione);
- indicazione delle autorizzazioni ottenute dal Progetto di Gestione dell'invaso in questione;
- indicazione dei documenti di riferimento, relativamente a rilievi in campo e analisi chimiche del materiale sedimentato, di cui al presente progetto di gestione;
- elenco dei comuni rivieraschi interessati dalle operazioni;
- il programma operativo delle attività redatto tenendo conto dei cicli biologici delle popolazioni ittiche, con particolare riferimento al periodo riproduttivo e alle prime fasi di sviluppo, in modo da minimizzare gli effetti negativi sull'equilibrio del sistema acquatico a monte e a valle dello sbarramento, ove necessario potranno essere previsti adeguati interventi di ripopolamento delle specie ittiche, da porre a carico del gestore, per ripristinare le condizioni ecologiche antecedenti le operazioni;
- il volume di materiale che si prevede di rimuovere dal serbatoio per ciascuna operazione il volume d'acqua da rilasciare e la presunta portata media e massima nel rispetto dei limiti di concentrazione prefissati dallo stesso progetto di gestione, tenendo conto delle caratteristiche dell'invaso e del corso d'acqua di valle, per ciascuna operazione.

Il Gestore provvederà, inoltre, a informare la popolazione e tutti i soggetti interessati della prevista effettuazione delle manovre e delle eventuali cautele da adottare, con avvisi affissi agli albi pretori dei comuni interessati nonché pubblicati per estratto su un quotidiano a diffusione locale.

### 13.1 Comuni interessati

Secondo quanto previsto dal D.M. 30 giugno 2004 (Art. 3, p.to 4, lettera f) relativo alla gestione degli invasi, i comuni posti a valle dell'invaso di Castello, e quindi potenzialmente interessati dalle operazioni di gestione del serbatoio, sono:



- Bivona;
- Palazzo Adriano;
- Alessandria della Rocca;
- Lucca Sicula;
- Calamonaci;
- Ribera.

Si riporta qui di seguito una carta di inquadramento dei comuni rivieraschi che si collocano lungo il corso del corpo idrico ricettore delle acque rilasciate dal serbatoio di Castello.



Figura 13-1: comuni rivieraschi. Il triangolo bianco indica la posizione della diga di Castello.





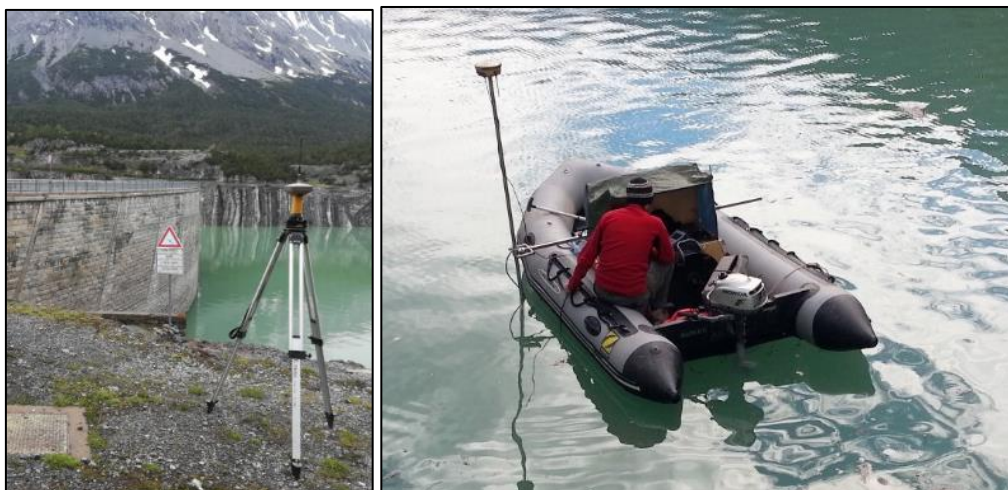
## 14 METODOLOGIE DI INDAGINE

Nel presente capitolo sono descritte:

- le metodologie di indagine utilizzate nell'ambito della caratterizzazione del sedimento e delle acque per la stesura del presente documento:
  - rilievi morfobatimetrici;
  - prelievo e analisi del sedimento superficiale (benna);
  - prelievo e analisi del sedimento profondo (carotaggio);
  - prelievo e analisi dell'acqua;
- le metodologie di indagine che verranno utilizzate nell'ambito di un intervento specifico che possa portare al rilascio di sedimento attraverso lo scarico di fondo verso i corpi idrici posti a valle:
  - analisi Solidi Sospesi Totali;
  - analisi Solidi Sedimentabili (coni Imhoff);
  - rilievo habitat fluviale;
  - prelievo e analisi acque (LIMEco e parametri chimico-fisici);
  - prelievo e analisi parametri biologici:
    - macroinvertebrati bentonici (STAR\_ICMi);
    - diatomee (ICMi);
    - macrofite e vegetazione riparia (IBMR);
    - fauna ittica.

### 14.1 Rilievi morfobatimetrici

I rilievi morfobatimetrici sono stati effettuati con attrezzatura GPS differenziale sincronizzata a ecoscandaglio *singlebeam*, installata su imbarcazione e collegata a punti fissi a terra, riferiti altimetricamente e planimetricamente alla diga e/o ai principali manufatti.



**Figura 14-1: ricevitori GPS “base” posizionato a terra (a sinistra) e “rover” montato sul natante utilizzati per i rilievi morfobatimetrici (a destra)**

Per una descrizione dettagliata della metodica si rimanda alla relazione batimetrica allegata al presente documento.



## 14.2 Prelievo e analisi del sedimento

Per la caratterizzazione del sedimento sono stati indagati 5 punti, con campionamento superficiale, distribuiti nel bacino e 3 punti, con carotaggio continuo fino al fondo dell'invaso, localizzati nelle aree a maggiore sedimentazione ed a potenziale interferenza con le opere di presa e scarico.

I campioni di sedimento sono stati poi sottoposti ad analisi:

- granulometriche (argilla, limo fine, limo grosso, sabbia fine e sabbia grossa);
- chimiche (su test tal quale: contenuto d'acqua, TOC, pH, arsenico, antimonio, cadmio, cromo totale, manganese, mercurio, nichel, piombo, rame, zinco, vanadio, Idrocarburi pesanti C>12, Idrocarburi leggeri C<12, Sommatoria PCB congeneri, Sommatoria policiclici aromatici, acenaftilene, benzo[a]antracene, fluorantene, naftalene, antracene, benzo[a]pirene, benzo[b]fluorantene, benzo[k]fluorantene, benzo[g,h,i]perilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, dibenzo[a,h]antracene, crisene, indeno[1,2,3,c-d]pirene, alaclor, aldrin, atrazina, alfa-esacloroetano, beta-esacloroetano, lindano, clordano, DDD, DDT, DDE, dieldrin e endrin; su test di cessione: COD, pH, arsenico, cadmio, cromo totale, mercurio, nichel, piombo, rame, zinco, vanadio, cloruri, fluoruri, solfati, cianuri, IPA totali come sommatoria, acenaftilene, benzo[a]antracene, fluorantene, naftalene, antracene, benzo[a]pirene, benzo[b]fluorantene, benzo[k]fluorantene, benzo[g,h,i]perilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, dibenzo[a,h]antracene, crisene, indeno[1,2,3,c-d]pirene, PCB totali, Idrocarburi C>12, Idrocarburi C<12);
- ecotossicologiche (saggio tossicità acuta con *Vibrio fischeri*, saggio tossicità acuta con *Daphnia Magna* e saggio di inibizione della crescita con *Pseudokirchneriella subcapitata*).

Le metodiche di campionamento e analitiche utilizzate sono riconosciute a livello nazionale o internazionale. La caratterizzazione chimica ha consentito di valutare la potenziale pericolosità ai sensi all'art. 185 comma 3 del D.Lgs. 152/06 e la contaminazione del sedimento ai sensi della Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V della parte Quarta del D.Lgs. 152/06 (Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare).

### 14.2.1 Sedimento superficiale – benna

Il prelievo del sedimento superficiale è stato effettuato da imbarcazione utilizzando una benna tipo Ponar, come da immagine che segue.



Figura 14-2: benna tipo Ponar utilizzata per il prelievo dei sedimenti





La benna è uno strumento di campionamento costituito da ganasce in acciaio inossidabile che consentono il prelievo di sedimenti dal fondo. Il principio di funzionamento è semplice. In superficie le ganasce vengono mantenute aperte con un gancio, e vengono poi calate ad una velocità costante e non troppo alta. Una volta toccato il fondo, il gancio di tenuta si disinserisce e, all'atto del sollevamento, le ganasce fanno presa nel sedimento grazie al sistema di leveraggi.

Successivamente la benna viene recuperata lentamente. Il sedimento è stato poi inserito in contenitori idonei e consegnato al laboratorio di analisi.

#### 14.2.2 Sedimento profondo – carotaggi

I carotaggi sono stati condotti mediante mezzo anfibio Truxor DM 5000 di dimensioni 2,20 x 5,00 m attrezzato con sistema di georeferenziazione, stabilizzatori laterali e attrezzature di ormeggio. Sul natante è installato un treppiedi di manovra che ha consentito, mediante argano manuale, di azionare i cavi di calata, recupero e manovra necessari al corretto azionamento del carotiere. Truxor DM 5000 è adatto a svolgere lavori tra terra e acqua, poiché in grado di muoversi agilmente in aree acquatiche dove non possono circolare né persone né veicoli. La macchina galleggia quando il terreno è troppo molle ed esercita una bassa pressione al suolo, caratteristica particolarmente importante per il lavoro anche in riserve naturali.



Figura 14-3: mezzo anfibio Truxor DM 5000

Il carotaggio è stato condotto in modo continuo, per ottenere una campionatura ininterrotta lungo tutta la colonna di sedimento. Il carotaggio continuo è stato realizzato mediante un sistema di aste in ferro telescopiche affrancate ad un carotatore in acciaio, dotato al suo interno di un sistema di tubi in pvc idonei alla cattura del materiale.

Il carotiere si compone di una testata in grado di ospitare tubi di campionamento di differente diametro (per il campionamento sono stati utilizzati tubi DN 76) e sul quale sono installate le valvole di vuoto che sono collegate al sistema di sfiato aria o di aspirazione (per la fase di infissione) o di ingresso aria (per la fase di



espulsione del campione). I tubi del carotiere sono realizzati in acciaio inox AISI 316 di tipo alimentare per evitare contaminazioni del sedimento.

Utilizzando delle percussioni all'apice delle aste telescopiche, il carotiere ha perforato il substrato molle (sedimento) fino al raggiungimento del substrato duro, intrappolando il materiale da sottoporre ad analisi.

Una volta recuperata la carota, il materiale è stato caratterizzato per omogeneità, inserito in contenitori idonei e consegnato al laboratorio di analisi.

### 14.3 Prelievo e analisi dell'acqua

Nel settore più profondo dell'invaso, attraverso sonda multiparametrica, lungo la colonna sono stati misurati:

- temperatura,
- pH,
- ossigeno (disciolto e percentuale saturazione),
- conducibilità,
- salinità,
- potenziale redox,
- torbidità.

Nello stesso punto in cui viene effettuata la misura dei parametri chimico-fisici è stata misurata la trasparenza utilizzando il disco di Secchi. A tal fine è stato calato in acqua, tramite una corda metrata, un disco circolare di diametro 30 cm ed è stata registrata la massima profondità a cui il disco è risultato visibile.

Nello stesso punto inoltre sono state prelevate aliquote di acqua a tre diverse profondità (superficie, intermedio e fondo), mediante l'utilizzo di una bottiglia a strappo di tipo Ruttner.



**Figura 14-4: sonda multiparametrica e bottiglia a strappo di tipo Ruttner utilizzata per la caratterizzazione delle colonne d'acqua e la raccolta dei campioni a differenti profondità**

I campioni d'acqua, separatamente e con un aliquota integrata, sono stati sottoposti ad analisi chimiche (SST, BOD5, COD, azoto totale, azoto ammoniacale, azoto nitroso, azoto nitrico, fosforo totale, manganese, arsenico, cadmio, cromo totale, mercurio, nichel, piombo, antimonio, rame, zinco, TDS, cromo VI, clorofilla, idrocarburi C>12, PCB, benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene,



Indeno(1,2,3-cd)pirene, ESCHERICHIA COLI, alaclor, alcani, c10-c13,cloro, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, antracene, atrazina, benzene, clorfenvinfos, clorpirifos, DDT totale, 1,2 dicloroetano, diclorometano, di(2-etilesilftalato), difeniletere bromato, diuron, endosulfan, esaclorobenzene, esaclorocicloesano, fluorantene, naftalene, 4-nonilfenolo, ottifelfenolo, pentaclorobenzene, pentaclorofenolo, simazina, triclorobenzeni, tetracloruro di carbonio, tetracloroetilene, tribustilstagno, triclorometano, trifuralin, azinfos etile, azinfos metile, bentazone, 2-cloroanilina, 3-cloroanilina, 4-cloroanilina, clorobenzene, 2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo, 1-cloro-2-nitrobenzene, 1-cloro-3-nitrobenzene, 1-cloro-4-nitrobenzene, cloronitrotoluene, 2-clorotoluene, 3-cloronitrotoluene, 4-cloronitrotoluene, 2,4 D, demeton, 3,4-dicloroanilina, 1,2 diclorobenzene, 1,3 diclorobenzene, 1,4 diclorobenzene, 2,4-diclorofenolo, dimetoato, fenitroton, fention, linuron, malation, mcpa, mecoprop, metamidofos, mevinfos, ometoato, ossidemeton-metile, paration etile, paration metile, 2,4,5 T, toluene, 1,1,1 tricloroetano, 2,4,5-triclorofenolo, 2,4,6-triclorofenolo, terbutilazina, xileni, pesticidi totali)

Le metodiche analitiche utilizzate sono riconosciute a livello nazionale o internazionale.

I risultati relativi alla determinazione di alcune sostanze appartenenti all'elenco di priorità della Tab.1/A del DM 260/10 e degli elementi chimici a sostegno ricompresi nella Tab.1/B del DM 260/10 sono stati confrontati con gli Standard di Qualità Ambientale sia in termini di valore medio annuo (SQA-MA) sia, dove disponibile, in termini di concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA). Per l'applicazione degli Standard di Qualità Ambientale la normativa (DM 260/10) prevede che la media aritmetica delle concentrazioni rilevate nei diversi mesi dell'anno deve essere confrontato con il valore SQA-MA, mentre ciascun valore rilevato deve essere confrontato con il valore SQA-CMA.

Ai sensi del DM 260/2010, è stato applicato l'Indice LTLecco (Livello Trofico Laghi per lo stato ecologico), che classifica le acque lacustri sulla base dei valori riguardanti il fosforo totale, la trasparenza e il grado di saturazione dell'ossigeno ipolimnico.

## 14.4 Solidi Sospesi Totali

Per la determinazione dei solidi sospesi totali (SST) si procede sia utilizzando sonde apposite in grado di restituire valori di concentrazione tramite la misura della torbidità, sia tramite analisi di laboratorio su campioni d'acqua prelevati in campo.



Figura 14-5: esempio di sonda portatile per la misurazione dei solidi sospesi





**Figura 14-6: esempio di sonda fissa per la misurazione dei solidi sospesi**

L'analisi dei solidi sospesi totali è eseguita sia per via volumetrica che gravimetrica seguendo le procedure APAT IRSA-CNR Metodi analitici per le acque (metodo B – Solidi sospesi totali, 2004 e metodo C – Solidi sedimentabili, 2004).

## 14.5 Solidi Sedimentabili – Coni Imhoff

La misurazione dei solidi sedimentabili viene effettuata tramite l'utilizzo di coni Imhoff, ossia coni di vetro o plastica graduati da 1.000 ml corredati degli appositi supporti. Essi restituiscono il volume (ml/l) della porzione di sedimenti che si deposita in un intervallo di tempo definito (30 minuti). Dalle misure volumetriche dei solidi sedimentabili sarà possibile stimare la concentrazione dei SST, convertendo il volume sedimentato nel cono Imhoff nella rispettiva massa, data la densità del materiale da fluitare.





Figura 14-7: postazione per la misurazione dei solidi sedimentabili

## 14.6 Habitat fluviale

Lo studio dell'habitat fluviale prevede di individuare nel tratto di studio alcuni elementi morfologici caratteristici, marcarli con un colorante così da renderli chiaramente riconoscibili, e quindi con le stesse modalità ripetere, nei diversi momenti delle indagini, fotografie che possano documentare le dinamiche dei sedimenti e le eventuali alterazioni del substrato e variazioni delle quote del fondo alveo.

La tipologia di risultati ottenibili è illustrata nelle immagini che seguono.

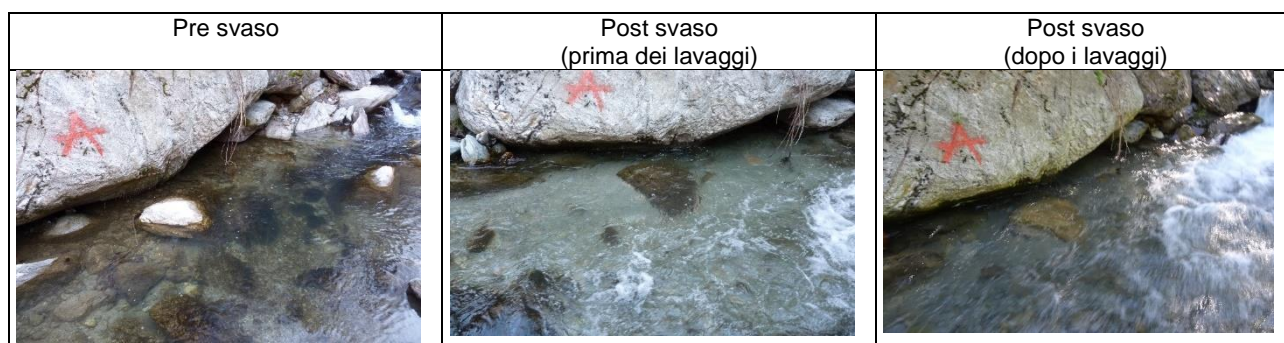


Figura 14-8: confronto fotografico dei substrati

Ai sensi del DM 260/2010, viene applicato l'Indice di Qualità Morfologica (IQM) (Rinaldi *et al*, 2016) che rappresenta uno degli strumenti operativi della metodologia IDRAIM "Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua", che classifica i tratti indagati sull'analisi della funzionalità, artificialità e delle variazioni morfologiche presenti.



## 14.7 Parametri chimico-fisici

La qualità chimico-fisica delle acque è valutata sia mediante misurazione con sonde portatili da campo sia a seguito di analisi di laboratorio dei campioni di acqua prelevati presso le stazioni di indagine.

Per il campionamento, il trasporto e la conservazione dei campioni di acqua, si osservano le indicazioni metodologiche presenti nei documenti APAT/IRSA-CNR, 2003 e APAT, 2007.

Ai sensi del DM 260/2010, viene applicato l'Indice LIMeco (Livello di Inquinamento da Macrodescrittori per lo Stato Ecologico), che classifica le acque fluviali sulla base dei valori riguardanti il grado di saturazione dell'ossigeno disciolto, l'azoto ammoniacale, l'azoto nitrico e il fosforo totale.

## 14.8 Parametri biologici

I parametri biologici previsti sono:

- macroinvertebrati bentonici;
- diatomee;
- macrofite e vegetazione riparia;
- fauna ittica.

Le attività di monitoraggio sono effettuate secondo quanto previsto dalle metodiche di indagine delle acque correnti messe a punto e pubblicate a cura di ISPRA (2014).

### 14.8.1 Macroinvertebrati bentonici

Per la raccolta degli organismi macrobentonici viene indicato l'utilizzo di un retino immanicato tipo Surber con dimensioni del telaio generalmente quadrato di 23 x 23 cm, pari ad un'area di campionamento di 0,05 m<sup>2</sup>, cono di rete lungo dai 60 agli 80 centimetri e maglia di 500 µm, dotata di borchiere di raccolta terminale. Trattandosi di un campionamento quantitativo viene indicata una superficie massima complessiva per ogni indagine pari a 0,5 m<sup>2</sup> che verrà raggiunta compiendo in ogni stazione 10 repliche di prelievo.



Figura 14-9: retino immanicato tipo Surber da 23 x 23 cm di lato



Il campione viene sortato e riconosciuto in vivo; gli organismi che richiedono ausili ottici per la classificazione vengono fissati e portati in laboratorio.

È successivamente applicato a questi dati l'indice STAR\_ICMi (Indice multimettrico STAR di Intercalibrazione), calcolato tramite il software MacrOper.ICM vers. 1.0.5.

### 14.8.2 Diatomee

L'analisi delle diatomee bentoniche per il monitoraggio biologico dei corsi d'acqua prevede le seguenti fasi principali:

- raccolta dei campioni;
- preparazione in laboratorio di vetrini permanenti;
- osservazione al microscopio dei preparati per la determinazione sistematica ed il conteggio.

Il campionamento delle diatomee epilittiche viene effettuato attraverso la raccolta di 4 o 5 massi o ciottoli nella zona centrale dell'alveo, procedendo lungo il corso d'acqua da valle verso monte, per un tratto di lunghezza pari a circa 10 m, avendo cura di escludere le zone in cui la corrente lenta (pozze laterali o lanche) potrebbe favorire il proliferare di alghe filamentose, che costituiscono il substrato preferenziale delle alghe epifittiche. I ciottoli vengono ripuliti con l'ausilio di uno spazzolino e lavati con acqua. Per la conservazione del materiale raccolto viene poi aggiunto etanolo al 70%.



Figura 14-10: campionamento diatomee

### 14.8.3 Macrofite e vegetazione riparia

All'interno del sito di campionamento si individuano le zone con presenza di macrofite e se ne valuta la copertura percentuale assoluta e la copertura percentuale relativa dei singoli taxa (con distinzione, se possibile, a livello di specie, altrimenti di genere). Le percentuali di copertura si attribuiscono secondo classi di valori corrispondenti a multipli di 5. Per eseguire il rilievo in corsi d'acqua guadabili si cammina all'interno del tratto di studio controcorrente procedendo a zig-zag, individuando i taxa presenti e successivamente determinandone la copertura percentuale mentre si procede in senso inverso. All'interno di corsi d'acqua





non gradabili l'individuazione dei taxa e della loro copertura si effettua tramite campionamenti random con un rastrello dal fondo del corso d'acqua. Qualora la vegetazione fosse caratterizzata da una struttura pluristratificata, le percentuali di copertura si attribuiscono separatamente per ogni strato.

La qualità dei corsi d'acqua sulla base delle macrofite si calcola a partire dall'indice biologico macrofitico dei corsi d'acqua (Indice Biologique Macrophytique en Rivière, IBMR).

Nel tratto di campionamento verrà inoltre analizzata la compagine floristica perfluviale.

#### 14.8.4 Fauna ittica

Per il monitoraggio si utilizza la pesca elettrica mediante elettrostorditore spallabile con motore a scoppio modello "Ittiosanitaria ELT-IIIE" da 1300 W; con doppio passaggio per stazione. Le stazioni di campionamento vengono preventivamente contrassegnate agli estremi di valle e di monte con spray rosso per una più facile e precisa individuazione.

La pesca elettrica è il metodo più efficace nei corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni, oltre ad essere innocuo per i pesci, che possono così essere rimessi in libertà una volta effettuate le analisi necessarie.

I pesci catturati vengono sottoposti alle seguenti determinazioni: identificazione della specie di appartenenza, misura della lunghezza totale e peso.

I dati così ricavati sono utilizzati per ottenere i seguenti parametri: composizione della comunità ittica, struttura delle popolazioni ittiche, densità delle diverse specie ittiche, biomassa, relazione lunghezza – peso.

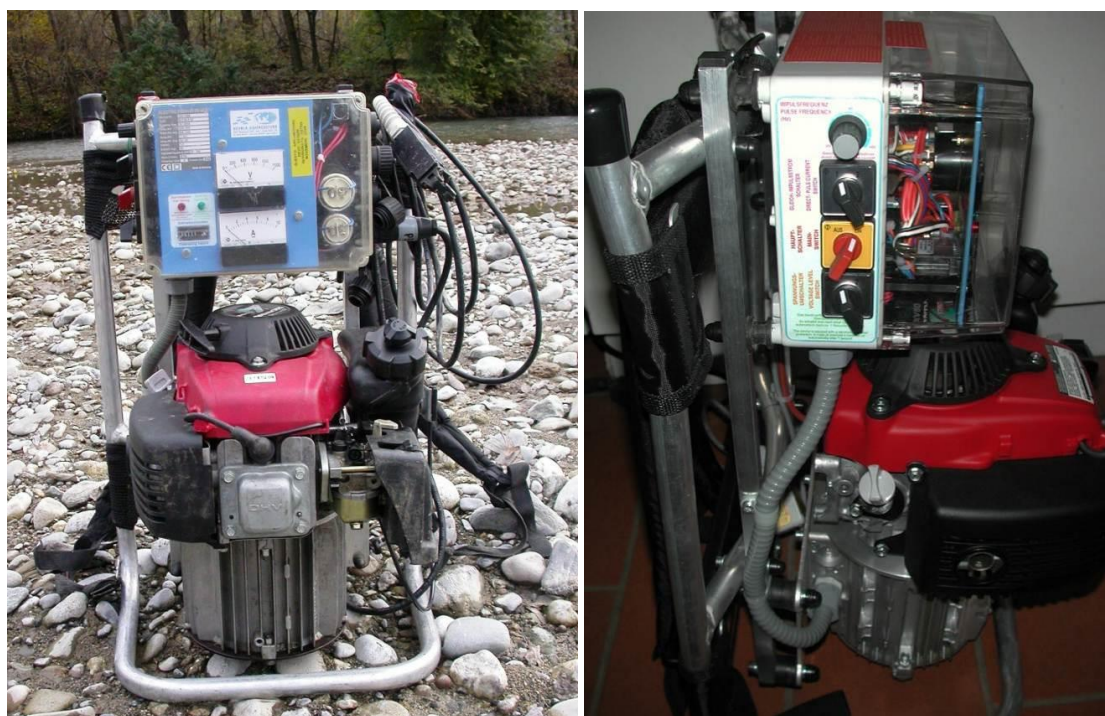


Figura 14-11: elettrostorditore spallabile da 1300 W





## 14.9 Bibliografia

**APAT-IRSA/CNR, 2003.** Metodologie analitiche per il controllo della qualità delle acque. Manuali e linee guida - 29/2003. Le metodiche utilizzate sono scaricabili dal sito:

<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/metodi-analitici-per-le-acque>

**APAT, 2007.** <http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-linee-guida/metodi-biologici-acque/metodi-corsi-acqua.pdf>.

**APAT, 2007.** Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati. Manuali e linee guida 43/2006.

**Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T., 1983.** The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.*, 17, 333–347.

**Bisson P.A., Nielsen J.L., Palmason R.A. & Grove L.E., 1982.** A system of naming habitat types in small streams, with examples of habitat utilization by salmonids during low streamflow, in *Acquisition Utilization of Aquatic Habitat Inventory Information*, Armantrout ed., American fisheries Society, Western Division, Bethesda, MD, pp. 62-73.

**Buffagni A., Erba S., Armanini D., Demartini D. & Somarè S., 2004.** Aspetti idromorfologici e carattere lenticolo-lotico dei fiumi mediterranei: River Habitat Survey e descrittore LRD. *Quad. Ist. Ric. Acque*, Roma 122: 41-64.

**Buffagni A., Erba S. & Pagnotta R., 2008.** Definizione dello stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/EC (WFD): il sistema di classificazione MacrOper. *Notiziario dei Metodi Analitici numero speciale (2008)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

**Buffagni A., Erba S., Aquilano G., Armanini D.G., Beccari di C., Casalegno C., Cazzola M., Demartini D., Gavazzi N., Kemp J.L., Mirolo N., Rusconi, 2007.** Macroinvertebrati acquatici e direttiva 2000/60/EC (WFD) - Parte B. Descrizione degli habitat fluviali a supporto del campionamento biologico. *Notiziario dei Metodi Analitici n.1 (2007)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

**Buffagni A., Erba S., Aste F., Mignuoli C., Scanu G., Sollazzo C. & Pagnotta R., 2008.** Criteri per la selezione di siti di riferimento fluviali per la Direttiva 2000/60/EC. *Notiziario dei Metodi Analitici numero speciale (2008)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

**Busacker G.P., Adelman I.R. & Goolish E.M., 1990.** Growth, in *Methods for Fish Biology*. Schreck C.B. and Moyle P.B. eds, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp 363-388.

**Calows P. & Petts G., 1992.** *The Rivers Handbook. Hydrological and Ecological Principles*, Vol.1, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 526 pp.

**CEMAGREF, 1982.** Etude des méthodes biologiques quantitative d'appréciation de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon-A.F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Lyon, France.

**EN 13946, 2003.** Water quality – Guidance Standard for the routine sampling and pre-treatment of benthic diatom samples from rivers. Committee of European Normalization, 14 pp.

**EN 14407, 2004.** Water quality – Guidance Standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters. Committee of European Normalization, 12 pp.

**Haury J., Peltre M.C., Tremolieres M., Barbe J., Thiebaut G., Bernez I., Daniel H., Chatenet P., Haan-Archipof G., Muller S., Dutartre A., Laplace-Treyture C., Cazaubon A., Lambert-Servien E., 2006.** A new method to assess water trophy and organic pollution. The Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia*: 153-158.



**ISPRA, 2014.** Metodi Biologici per le acque superficiali interne. Manuali e Linee Guida 111/2014

**ISPRA, 2016.** IDRAIM Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Versione aggiornata 2016. Manuali e Linee Guida 131/2016.

**Klemm D.J., Stober Q.J. & Lazorchak J.M., 1993.** Fish field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/600/R-92/111. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati OH, 348 pp..

**Mancini L., Sollazzo C.(Ed), 2009.** Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatomee. Roma: Istituto superiore della Sanità. (Rapporti ISTISAN 09/19).

**Mc Cain M., Fuller D., Decker L. & Overton K, 1990.** Stream Habitat Classification and Inventory Procedures for Northern California. FHR Currents, R-5's Fish Habitat Relationships Technical Bulletin 1,15 pp.

**Minciardi M.R., Spada C.D., Rossi G.L., Angius R., Orrù G., Mancini L., Pace G., Marcheggiani S. & Puccinelli C., 2009.** Metodo per la valutazione e la classificazione dei corsi d'acqua utilizzando la comunità delle macrofite acquatiche. RT/2009/23/ENEA.

**Newcombe C.P. & MacDonald D.D., 1991.** Effects of suspended sediments on Aquatic Ecosystems. North American Journal of Fisheries Management 11: 72-82.

**Newcombe C.P., 1994.** Suspended Sediment in Aquatic Ecosystem: III Effects as a Function of Concentration and Duration of Exposure. Habitat Protection Branch. British Columbia Ministry of Environment, Land and Parks. Victoria, British Columbia, Canada, 298 pp.


**Newcombe C.P., 1996.** Channel Sediment Pollution: A Provisional Fisheries Field Guide for Assessment of Risk and Impact. Habitat Protection Branch. British Columbia Ministry of Environment, Land and Parks. Victoria, British Columbia, Canada, 59 pp.

**Padmore C.L., 1998.** The role of physical biotopes in determining the conservation status of flow requirements of British rivers. Aquatic Ecosystem Health and Management 1: 25-35.

**Pavanelli, D., and A. Bigi, 2005.** Indirect analysis methods to estimate suspended sediment concentration: reliability and relationship of turbidity and settleable solids, Biosystems Engineering, 90 (1), 75-83, 2005.

**Rinaldi M., Belletti B., Comiti F., Nardi L., Mao L., Bussetti M., 2016a.** Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Versione aggiornata 2016. ISPRA – Manuali e Linee Guida 132/2016. Roma, gennaio 2016.

**Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetti M., 2016b.** IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Versione aggiornata 2016 – ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma, gennaio 2016.

	PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI CASTELLO – REV.1	pag. 100
		(Mag-22)

## 15 ALLEGATI

- Relazione e tavole batimetriche
- Certificati analisi sedimenti ed acque
- Piano Operativo