



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 sghiaiamenti 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 1

INVASO TRINITÀ



PROGETTO DI GESTIONE – REV. 1 (sett. 2022)



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 3 (Gestore Proponente)

L'Ingegnere Responsabile
Ing. Sergio Cardile



Indice

1	Premessa	5
2	Obiettivi, contenuti e norme.....	7
2.1	Normativa di riferimento.....	8
2.2	Contenuti del Progetto di Gestione	9
3	IL bacino imbrifero	10
3.1	Uso del suolo	11
3.2	Geologia e litologia	14
3.3	Clima	16
3.4	Aree naturali protette e Siti della Rete Natura 2000	20
3.5	Pressioni	20
4	Quadro pianificatorio	23
4.1	Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)	23
4.2	Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR).....	25
4.3	Piano Regolatore Generale (PRG)	26
5	Invaso di Trinità	27
5.1	Dati strutturali.....	28
5.2	Schema idraulico con descrizione degli utilizzi.....	31
5.3	Idrologia	32
5.4	Trasporto solido	33
6	Caratterizzazione dei sedimenti e delle acque.....	36
6.1	Volumi d'invaso e sedimento presente	36
6.2	Qualità del sedimento	39
6.3	Qualità delle acque	51
6.4	Dati e valutazioni disponibili.....	57
7	Il corso d'acqua immissario e ricettore	59
7.1	Fiume Delia a monte del bacino	60
7.2	Fiume Delia a valle della diga di Trinità	61
8	Modalità di gestione del volume utile e dei sedimenti dell'invaso	62
8.1	Manovre di esercizio degli scarichi	63
8.2	Gestione degli eventi di piena.....	64

8.3	Gestione del sedimento presso l'opera di presa e lo scarico di fondo	64
8.4	Programma generale delle attività di svasso/spurgo ai fini del mantenimento del volume utile	66
8.5	Svuotamento per manutenzione	67
8.6	Sghiaimento-sfangamento	67
8.7	Asportazione meccanica dei sedimenti	68
8.8	Sintesi complessiva delle linee di intervento e relativo cronoprogramma	69
9	Interventi nel bacino imbrifero per limitare l'apporto solido	71
9.1	Opere per il controllo del trasporto solido	71
9.2	Opere di difesa dall'erosione	71
9.3	Interventi di stabilizzazione dei terreni agricoli	72
10	Limiti massimi di concentrazione dei solidi in sospensione	73
11	Mitigazioni e compensazioni	74
12	Attività di monitoraggio	76
12.1	Ubicazione delle stazioni di monitoraggio	76
12.2	Monitoraggio chimico-fisico durante le operazioni	77
12.3	Monitoraggio ecologico	77
13	Attività preliminari all'esecuzione delle operazioni	78
13.1	Comuni interessati	78
14	Metodologie di indagine	80
14.1	Rilievi morfobatimetrici	80
14.2	Prelievo e analisi del sedimento	81
14.3	Prelievo e analisi dell'acqua	83
14.4	Solidi Sospesi Totali	84
14.5	Solidi Sedimentabili – Coni Imhoff	85
14.6	Habitat fluviale	86
14.7	Parametri chimico-fisici	87
14.8	Parametri biologici	87
14.9	Bibliografia	90
15	Allegati	92



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, Sciaгуana (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 Trinità, situato nel bacino imbrifero del Fiume Delia o Arena in Provincia di Trapani.

Le acque accumulate in questo invaso hanno un uso irriguo.

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 svasso 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 Trinità 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 espone 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 TRINITÀ – REV.1	pag. 6
		(Set-22)

La versione iniziale del Progetto di Gestione dell'invaso di Trinità 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 Trinità, a seguito del Parere n. 9483 del 06/05/2022 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.

	PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI TRINITÀ – REV.1	pag. 8
		(Set-22)

2.1 Normativa di riferimento

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

- [1] **Decreto 30 giugno 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, e successive modifiche ed integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo.”
- [2] **Art. 114, D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, recante norme in materia di “Dighe”.
- [3] **Art. 43, D.L. 6 dicembre 2011, n. 201**, convertito con modificazioni dalla Legge 214/2011.
- [4] Circolare esplicativa 6 novembre 2012, n. 12710, della Direzione Generale per le Dighe contenente *l'Allegato con le indicazioni generali sui contenuti dei progetti di gestione per gli aspetti relativi alla sicurezza degli invasi*
- [5] **D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120** Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
- [6] **Piano di Tutela delle Acque della Sicilia**, redatto nel dicembre 2007 e approvato con Ordinanza n. 333 del 24/12/2008 del Commissario Delegato per l'Emergenza Bonifiche e la tutela delle Acque della Sicilia
- [7] **D.D.G. n. 710 del 7 maggio 2012** del Dipartimento dell'Acqua e dei Rifiuti, di adozione del “Regolamento in materia di sbarramenti di ritenuta fluviali non soggetti a D.P.R. n. 1363/1959 di competenza della Regione Siciliana;
- [8] **Decreto del Segretario Generale 4 gennaio 2021, n. 1**, dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, *Linee di indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi*
- [9] **Piano di gestione del distretto idrografico della Sicilia**, Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia - 3° ciclo di pianificazione (2021-2027)



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 imbrifero afferente all'invaso di Trinità è quello del fiume Delia (noto anche con il nome di fiume Arena), che si estende a monte del medesimo per circa 200 km².

Il bacino idrografico del fiume Arena ricade nel versante meridionale della Sicilia, nel territorio della provincia di Trapani, e confina a est con il bacino del fiume Modione e con alcuni bacini minori, a ovest con il bacino della Fiumara di Mazarò e a nord con il bacino del fiume Birgi e del fiume San Bartolomeo.

Il bacino "Arena", con la sua superficie di circa 309 km², è il 20° per dimensioni fra quelli contenenti corpi idrici significativi, qui costituiti dal fiume omonimo e dal lago artificiale Trinità.

Il fiume Arena trae origina da monte S. Giuseppe, monte Calemici e monte di Pietralunga, nel territorio del Comune di Vita, e si sviluppa per circa 32 km sino a sfociare nel Mar Mediterraneo. Il corso d'acqua è denominato fiume Grande nel suo tratto di monte, fiume Delia nel tratto centrale e fiume Arena nel tratto finale. Lungo il suo sviluppo, il corso d'acqua non riceve affluenti di particolare rilievo, ma solo alcuni torrentelli, tra cui il canale Butirro.

Il lago Trinità, ottenuto dallo sbarramento del fiume Delia, raccoglie come detto i deflussi di circa 200 km² di bacino diretto e ha una capacità d'invaso di progetto di 18,00 Mm³.

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

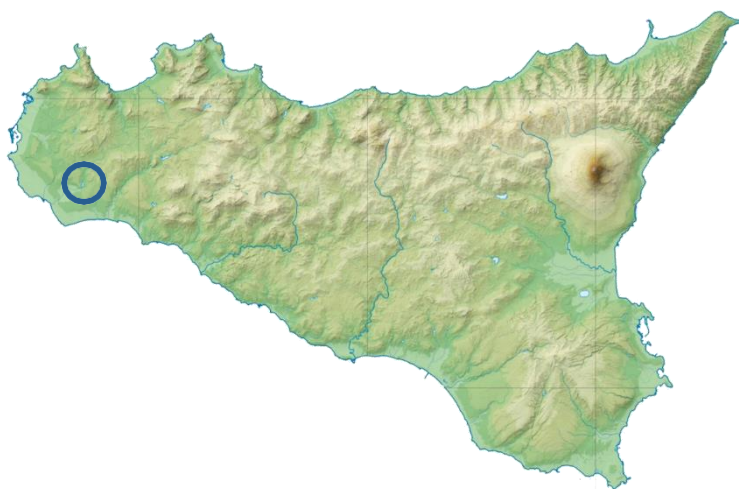


Figura 3-1: localizzazione della diga di Trinità



Figura 3-2: la diga di Trinità (indicata dal triangolo bianco) e il bacino imbrifero sotteso

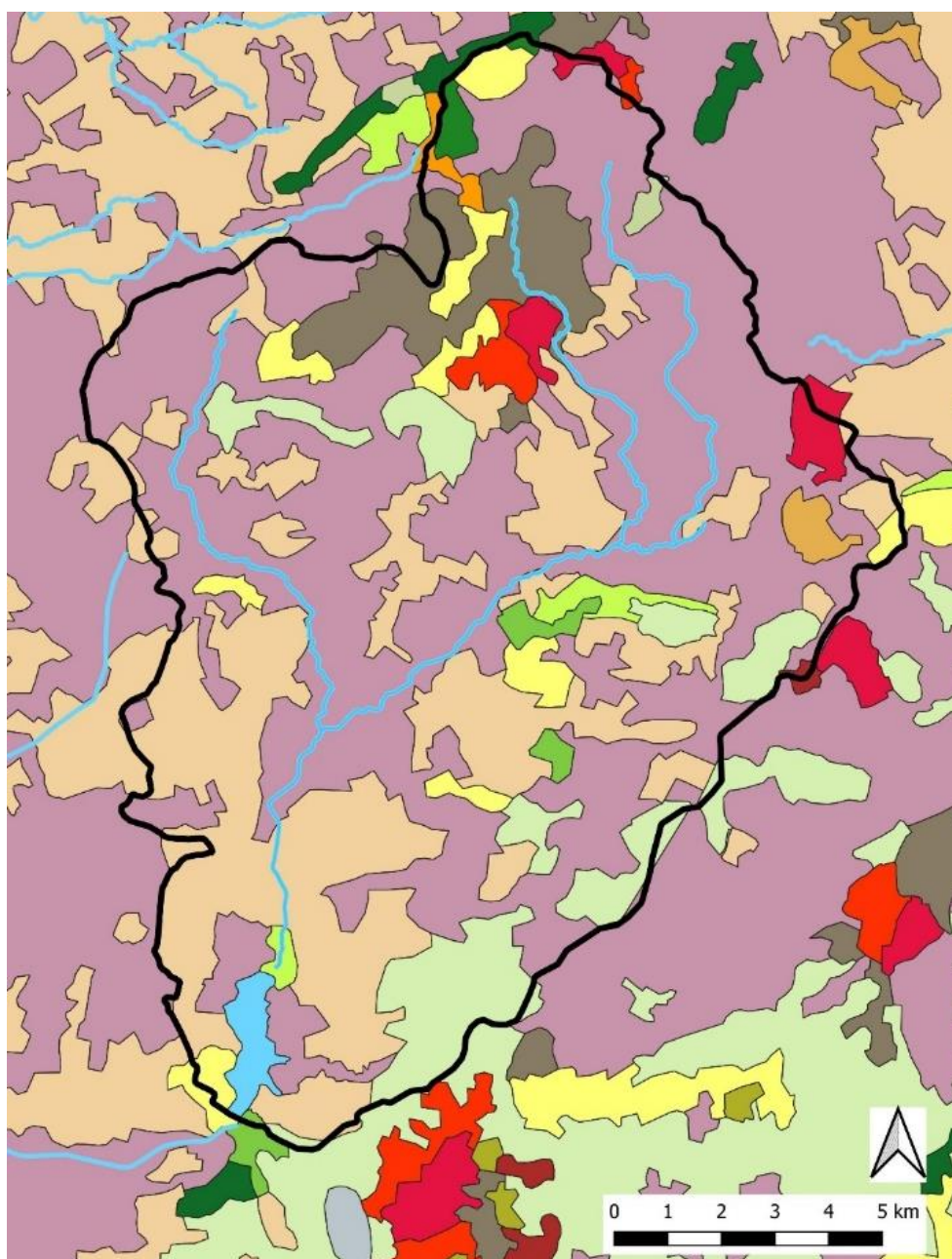
3.1 Uso del suolo

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

- per circa il 36% da vigneti;
- per circa il 29,6% da seminativi in aree non irrigue;
- per circa il 10,5% da oliveti.

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 2,7% del territorio.

Nelle immagini e nelle tabelle seguenti sono riportati i dati concernenti l'uso del suolo del bacino imbrifero del serbatoio di Trinità.

**Legenda**

- | | |
|--|--|
| Bacino diretto Trinità | Boschi di conifere |
| Fiumi principali | Boschi di latifoglie |
| Aeroporti | Colture annuali associate e colture permanenti |
| Aree estrattive | Frutteti e frutti minori |
| Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota | Seminativi in aree non irrigue |
| Aree a vegetazione sclerofilia | Sistemi colturali e particellari permanenti |
| Aree industriali o commerciali | Tessuto urbano continuo |
| Aree percorse da incendi | Tessuto urbano discontinuo |
| Aree prev. occup. da colture agrarie, con spazi nat. | Uliveti |
| Bacini d'acqua | Vigneti |

Figura 3-3: ripartizione per categorie di uso del suolo del bacino imbrifero del serbatoio di Trinità (Corine Land Cover – Italia 2012 – livello 3)

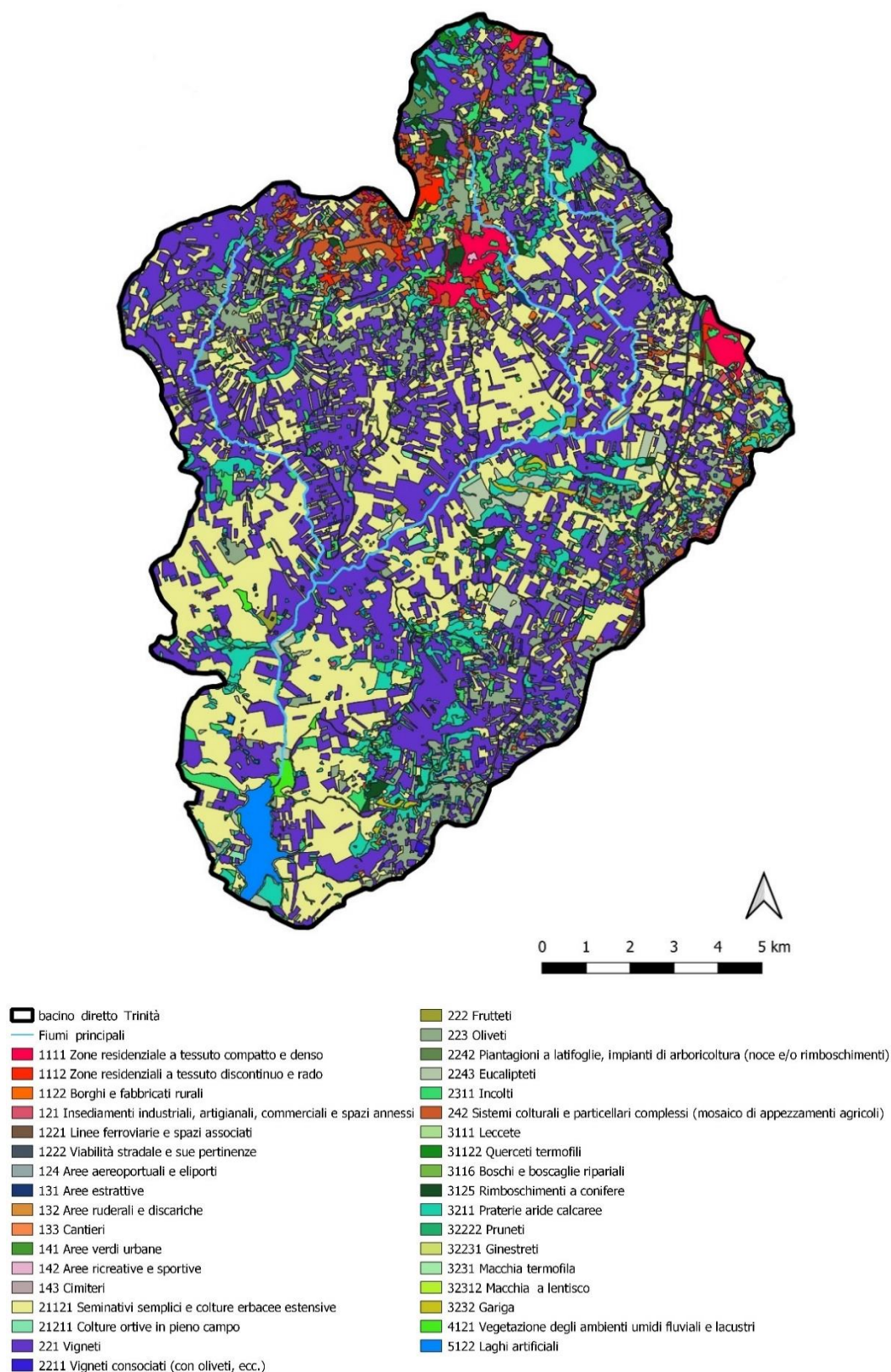


Figura 3-4: ripartizione per categorie di uso del suolo del bacino imbrifero del serbatoio di Trinità (Corine Land Cover – Sicilia – livello 5)

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

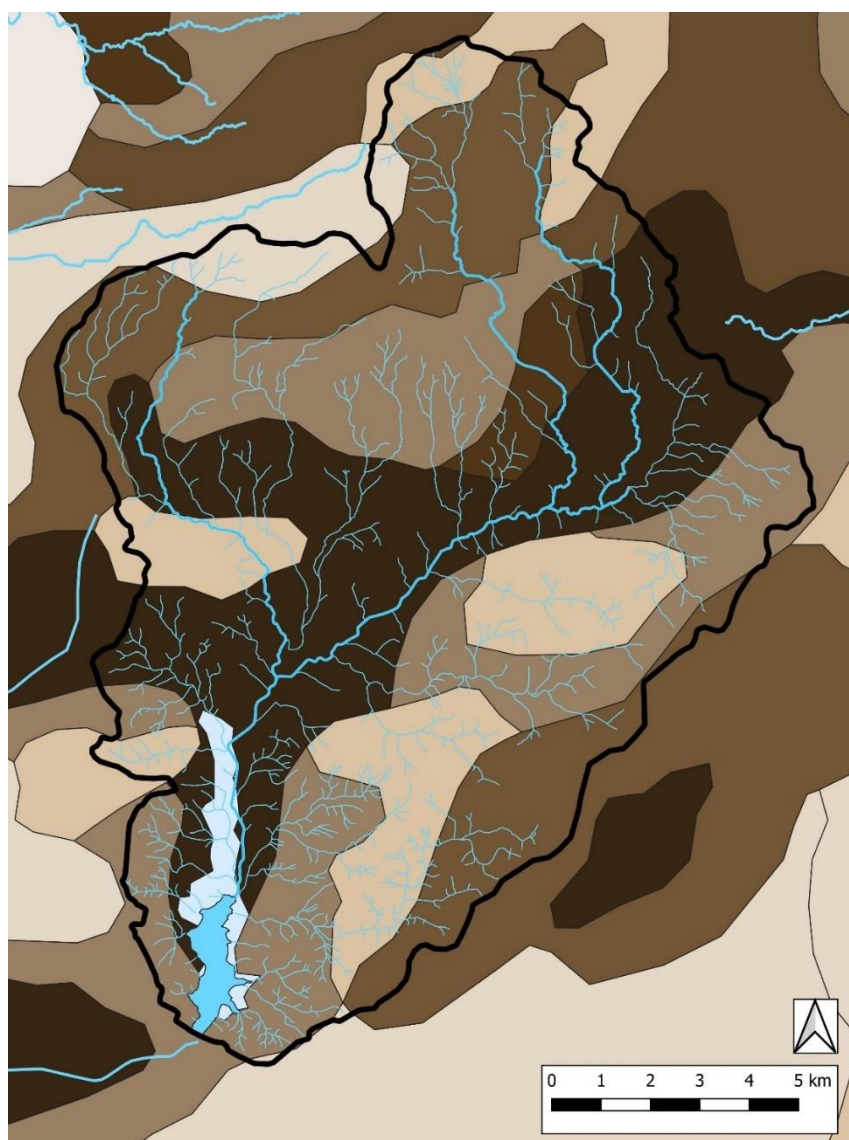
221 Vigneti	36,14%
21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive	29,56%
223 Oliveti	10,54%
3211 Praterie aride calcaree	7,37%
2311 Incolti	3,58%
242 Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	2,70%
2243 Eucalipteti	1,61%
5122 Laghi artificiali	1,47%
1111 Zone residenziale a tessuto compatto e denso	1,25%
3116 Boschi e boscaglie ripariali	1,21%
3125 Rimboschimenti a conifere	0,78%
1112 Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0,67%
4121 Vegetazione degli ambienti umidi fluviali e lacustri	0,54%
2211 Vigneti consociati (con oliveti, ecc.)	0,43%
3232 Gariga	0,32%
32222 Pruneti	0,32%
1122 Borghi e fabbricati rurali	0,29%
1222 Viabilità stradale e sue pertinenze	0,26%
2242 Piantagioni a latifoglie, impianti di arboricoltura (noce e/o rimboschimenti)	0,21%
21211 Colture ortive in pieno campo	0,21%
222 Frutteti	0,20%
32231 Ginestreti	0,20%
1221 Linee ferroviarie e spazi associati	0,17%
121 Insediamenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi	0,16%
32312 Macchia a lentisco	0,13%
31122 Querceti termofili	0,10%
3111 Leccete	0,07%
131 Aree estrattive	0,05%
142 Aree ricreative e sportive	0,05%
141 Aree verdi urbane	0,04%
3231 Macchia termofila	0,03%
124 Aree aeroportuali e eliporti	0,02%
133 Cantieri	0,02%
143 Cimiteri	0,005%
132 Aree ruderali e discariche	0,001%

3.2 Geologia e litologia

Dal punto di vista geologico, il bacino sotteso dalla diga di Trinità è impostato sui depositi del Miocene medio superiore appartenenti alla serie gessoso solfifera siciliana (gessi, argille gessose, calcari evaporitici). Essa si presenta abbastanza uniforme con un blando rilievo collinare e fisionomicamente caratterizzata da estese superfici calanchive da cui spesso si ergono spuntori rocciosi di natura calcarenitica o gessosa.

La dorsale settentrionale è invece costituita da termini argilloso marnosi, mentre il letto del corso d'acqua è caratterizzato da affioramenti di depositi alluvionali fluvio-lacustri.

Nell'immagine e nella tabella seguenti sono riportati i dati concernenti le caratteristiche geolitologiche del bacino imbrifero del serbatoio di Trinità.

**Legenda**

- Bacino imbrifero Trinità
- Fiumi principali
- Fiumi secondari bacino Trinità
- Laghi
- Accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali
- Accumuli detritici, depositi alluvionali terrazzati, fluviolacustri e fluvioglaciali
- Arenarie e conglomerati, talora torbiditici
- Argille e marne, a luoghi con olistostromi
- Argille e marne
- Formazione gessoso-solfifera
- Sabbie e conglomerati
- Unità sovente con carattere torbiditici, talora comprendenti il Miocene inferiore: argillose ed argilloso-calcaree
- Laghi e ghiacciai

Figura 3-5: geolitologia del bacino imbrifero dell'invaso di Trinità

**Tabella 3-2: ripartizione in classi geolitologiche del bacino imbrifero del serbatoio di Trinità**

Accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali	29,53%
Argille e marne.	26,76%
Argille e marne, a luoghi con olistostromi.	18,53%
Formazione Gessoso-solfifera.	16,50%
Accumuli detritici, depositi alluvionali terrazzati, fluviolacustri e fluvioglaciali.	2,68%
Sabbie e conglomerati.	2,57%
laghi e ghiacciai	2,33%
Arenarie e conglomerati, talora torbiditici.	1,10%

3.3 Clima

Nell'elaborato "Bacino Idrografico Arena (R19054)" allegato al Piano di Tutela delle Acque della Sicilia (PTA) sono riportate informazioni relative alle caratteristiche climatiche dell'area oggetto di studio. Dall'analisi dei valori medi annuali delle temperature si riscontra una temperatura media annua di 18 - 19 °C. L'escursione termica annua è compresa mediamente tra i 13,5 °C e i 15,5 °C nella zona costiera e arriva a 15 - 16,5 °C nell'interno collina, per via dell'azione mitigatrice del mare. Le temperature minime delle aree marittime nei mesi invernali non scendono mai sotto gli 8 °C, mentre nelle aree di collina le temperature si fanno più rigide. Il mese più caldo è di norma agosto.

Per quanto riguarda le precipitazioni, la fascia costiera presenta valori medi annuali tra 450 e 500 mm mentre nelle parti interne la piovosità media arriva fino a 680 mm annui. I mesi che presentano gli eventi piovosi più intensi sono quelli di settembre e ottobre, generalmente interessati da fenomeni temporaleschi.

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 Trinità 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 607 mm di pioggia all'anno, con un valore medio mensile di circa 50,6 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 93,4 mm di pioggia al mese; il mese più siccitoso risulta invece luglio, con una precipitazione media mensile di soli 1,4 mm/mese.

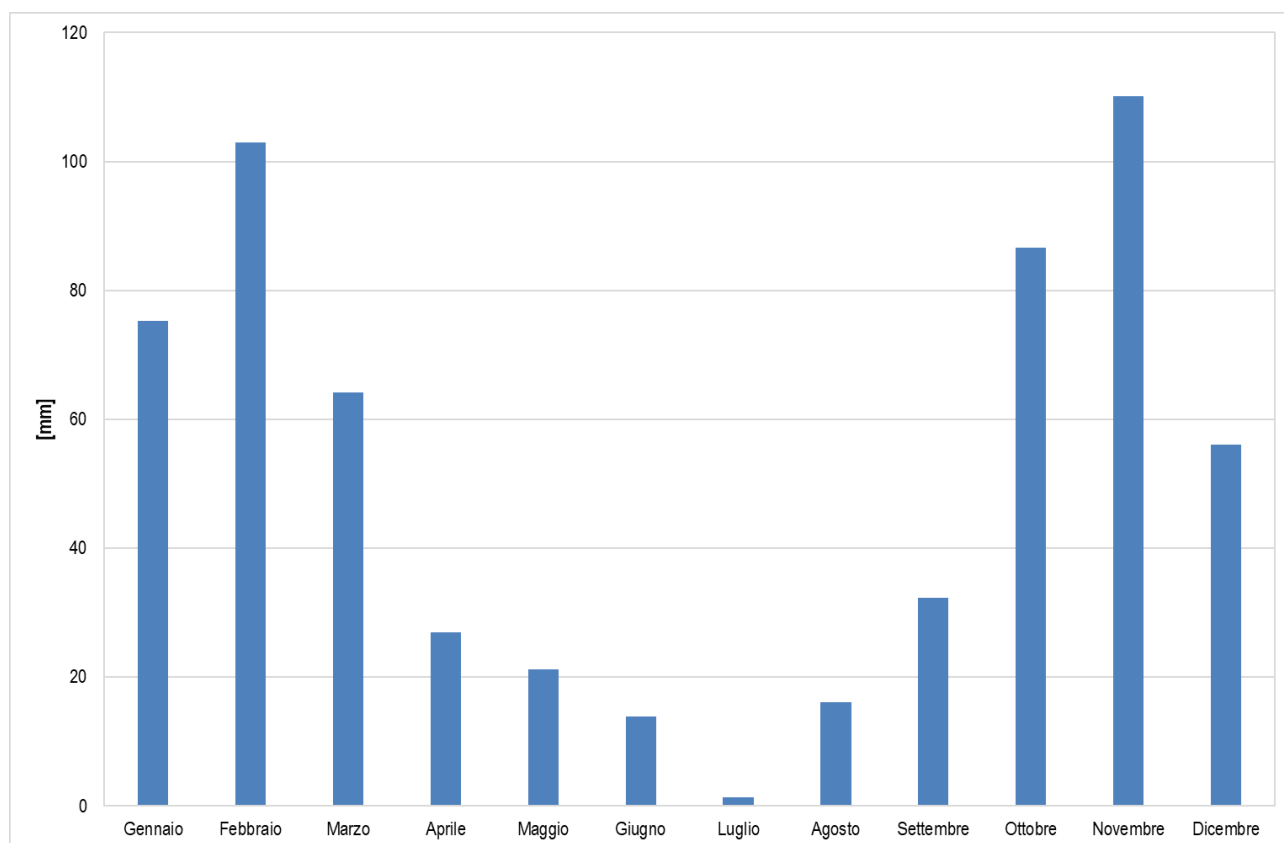
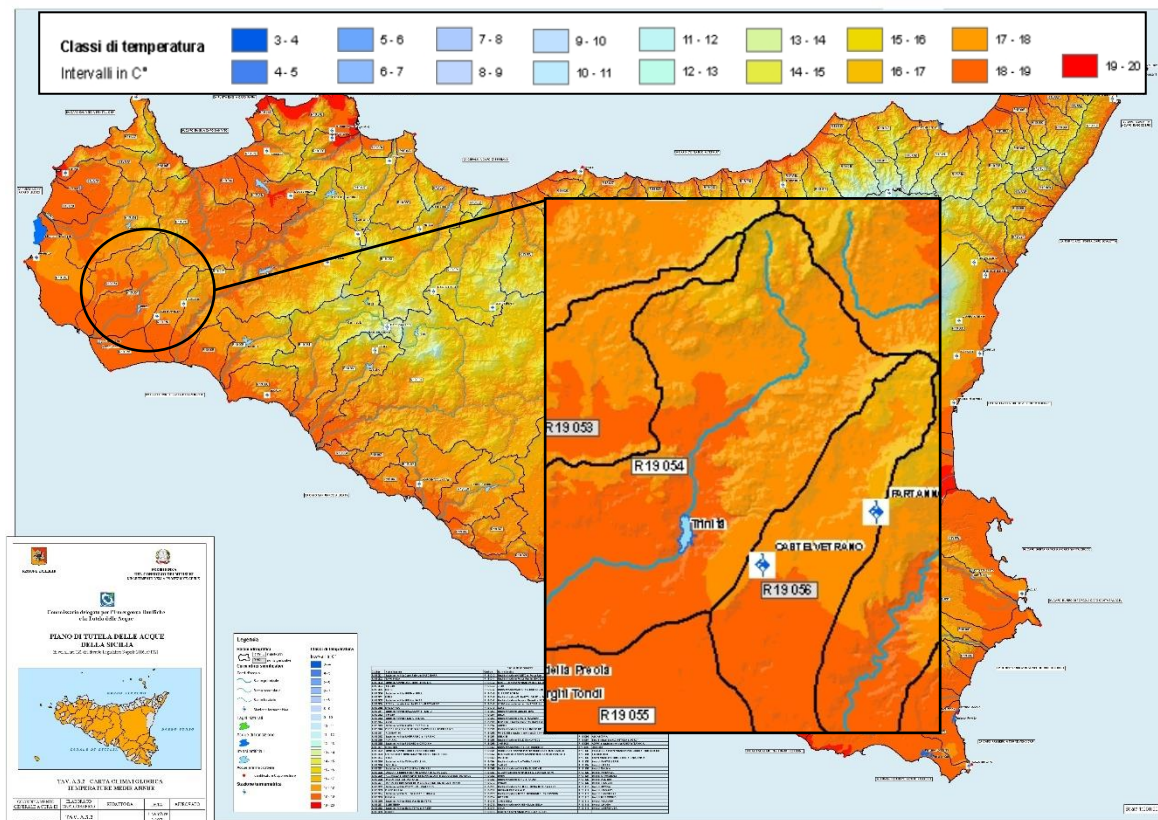
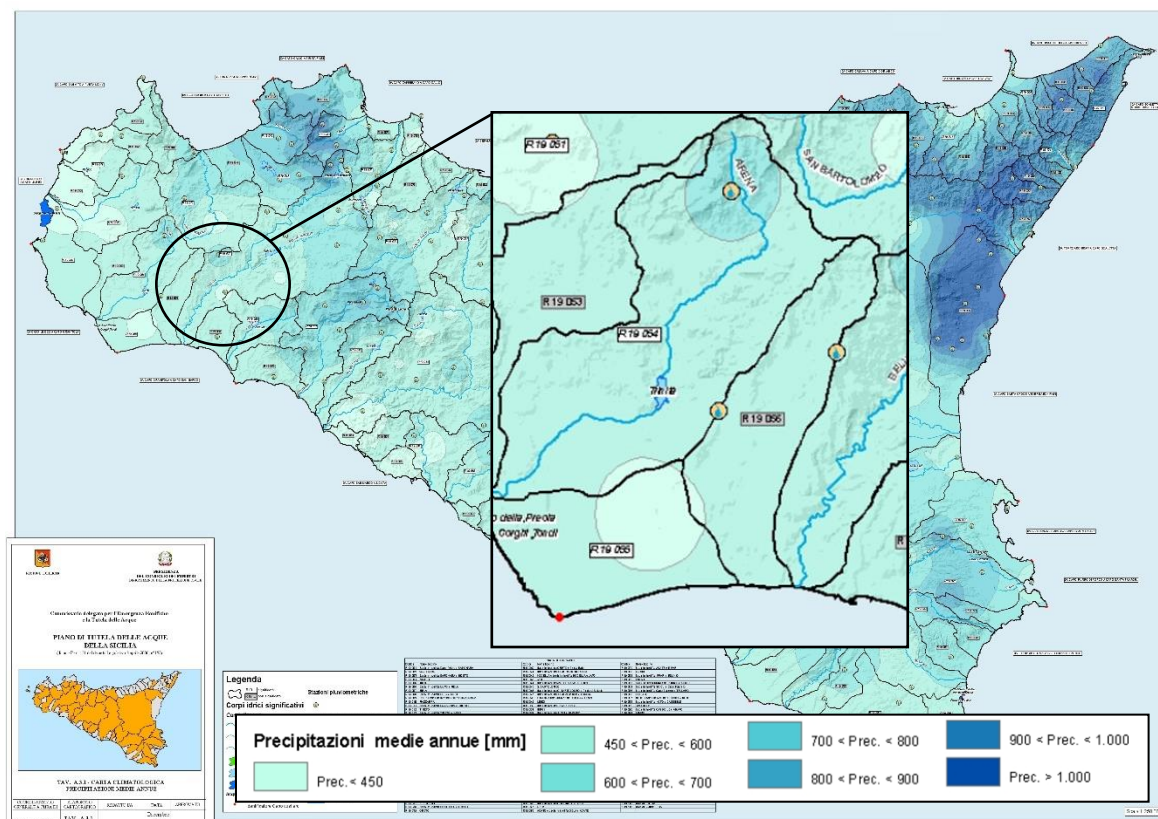


Figura 3-6: pioggia cumulata media mensile (periodo 2015-2020)

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 Trinità è caratterizzato da una piovosità media annua compresa tra i 450 e i 600 mm, una temperatura media annua di 18-19°C, una temperatura minima annua di 8-10 °C e una temperatura massima annua di 30-32 °C.



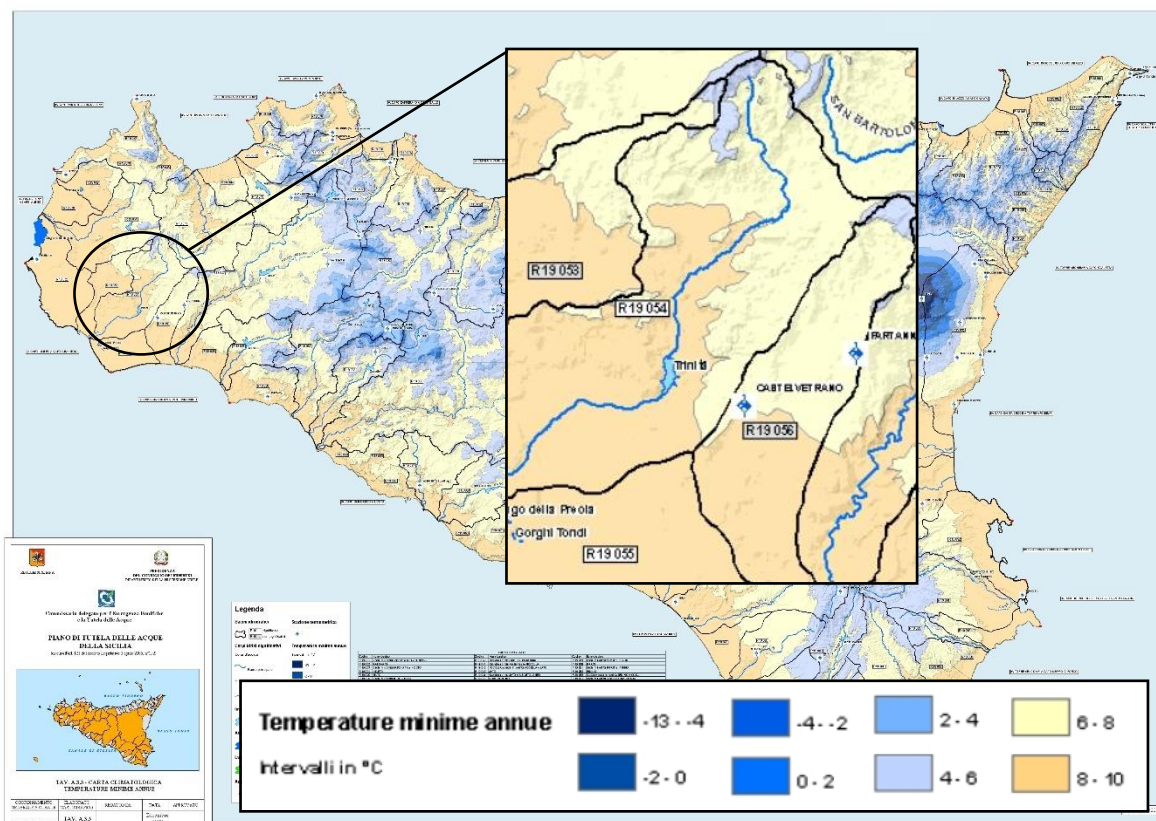


Figura 3-9: estratto della tavola A.3.3 “Carta climatologica – Temperature minime annue” del PTA

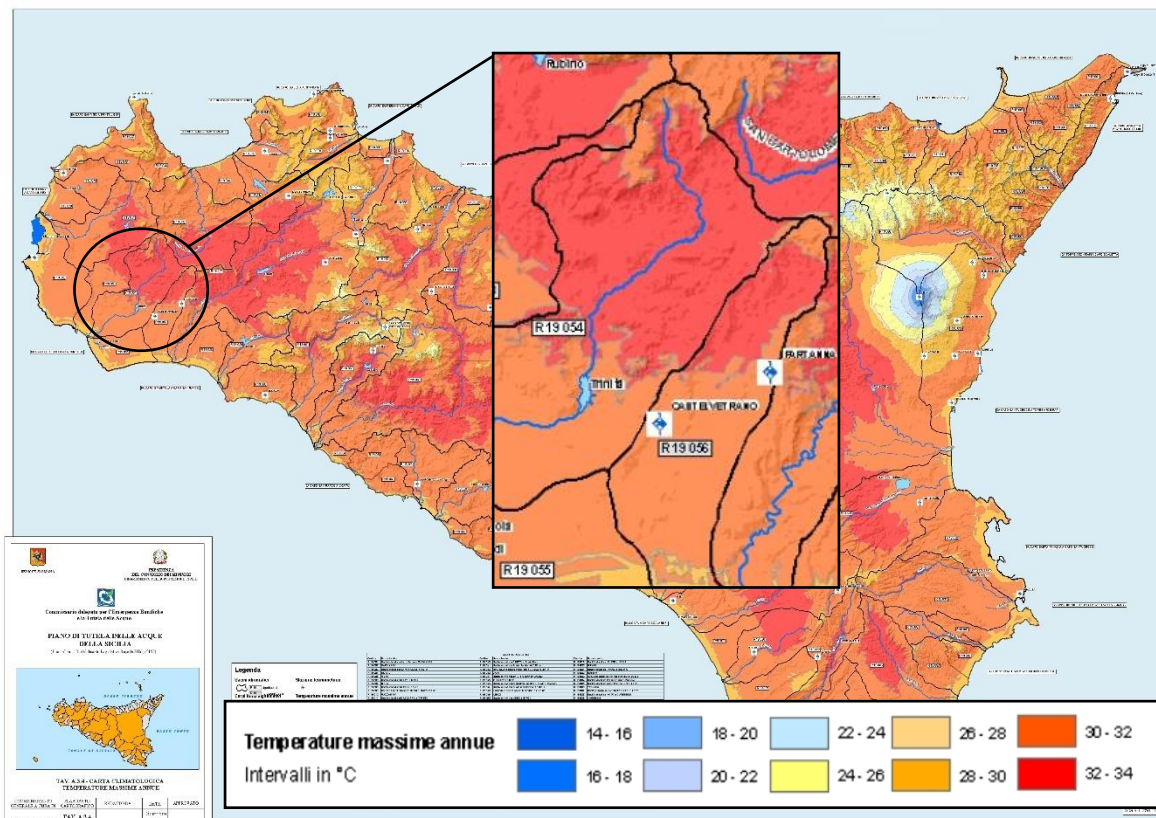


Figura 3-10: estratto della tavola A.3.4 “Carta climatologica – Temperature massime annue” del PTA

3.4 Aree naturali protette e Siti della Rete Natura 2000

Il bacino di Trinità 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. Queste aree non possono dunque essere in alcun modo influenzate dal bacino stesso o dalla sua gestione.

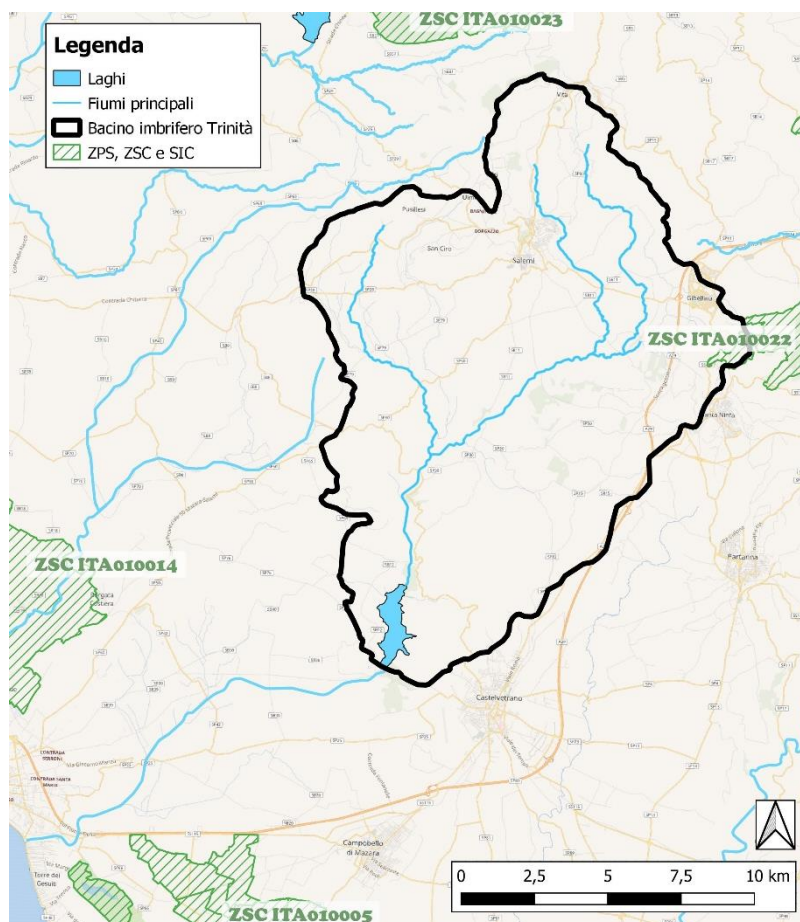


Figura 3-11: l'invaso di Trinità e le aree protette

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 Trinità	1.1	Puntuali	Acque reflue urbane	CHEM	Inquinamento chimico
	2.2	Diffuse	Agricoltura	ORGA	Inquinamento organico
	2.10	Diffuse	Altro (IPNOA - Indicatore di Pressione per Nitrati di Origine Agricola)	NUTR	Inquinamento da nutrienti
Fiume Delia	2.2	Diffuse	Agricoltura	CHEM	Inquinamento chimico
	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)
	4.1.2	Alterazioni fisiche	Agricoltura		
	4.1.4	Alterazioni fisiche	Altro (Modifica della zona riparia e/o della piana alluvionale per attività agricole e zootecniche)		
	4.2.4	Alterazioni morfologiche	Dighe, barriere e chiuse - Irrigazione		
Canale della Mokarta	1.1	Puntuali	Acque reflue urbane	CHEM	Inquinamento chimico
	2.2	Diffuse	Agricoltura		
	2.10	Diffuse	Altro (IPNOA - Indicatore di Pressione per Nitrati di Origine Agricola)		
	4.1.2	Alterazioni fisiche	Agricoltura	HMOC	Habitat alterati dovuti a cambiamenti morfologici (inclusa la connettività fluviale)
	4.1.4	Alterazioni fisiche	Altro (Modifica della zona riparia e/o della piana alluvionale per attività agricole e zootecniche)		
Fiume Delia (Fiume Grande)	2.2	Diffuse	Agricoltura	CHEM	Inquinamento chimico
	2.10	Diffuse	Altro (IPNOA - Indicatore di Pressione per Nitrati di Origine Agricola)		
	4.1.2	Alterazioni fisiche	Agricoltura	HMOC	Habitat alterati dovuti a cambiamenti morfologici (inclusa la connettività fluviale)
	4.1.4	Alterazioni fisiche	Altro (Modifica della zona riparia e/o della piana alluvionale per attività agricole e zootecniche)		



La carta di seguito riportata mostra la localizzazione dei depuratori rispetto all'invaso di Trinità: è possibile osservare che nel bacino imbrifero sotteso dalla diga si riscontra la presenza di alcuni depuratori. Rispetto a tali elementi, si sottolinea fin da ora che le analisi eseguite a marzo 2021 non hanno rilevato problematiche in tal senso. Per ulteriori dettagli si rimanda al successivo capitolo 6.

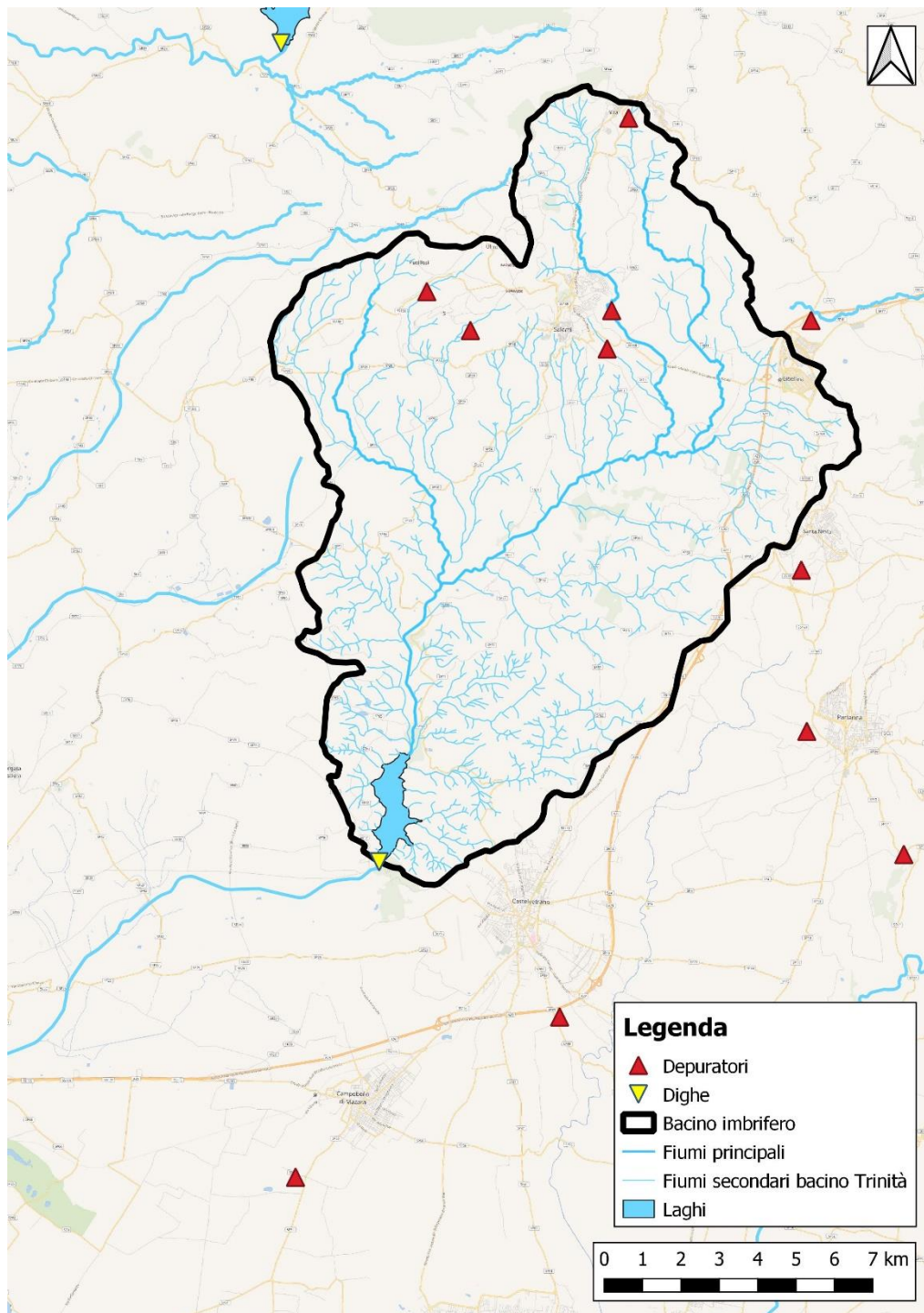


Figura 3-12: localizzazione delle pressioni sul bacino imbrifero sotteso della diga di Trinità

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.

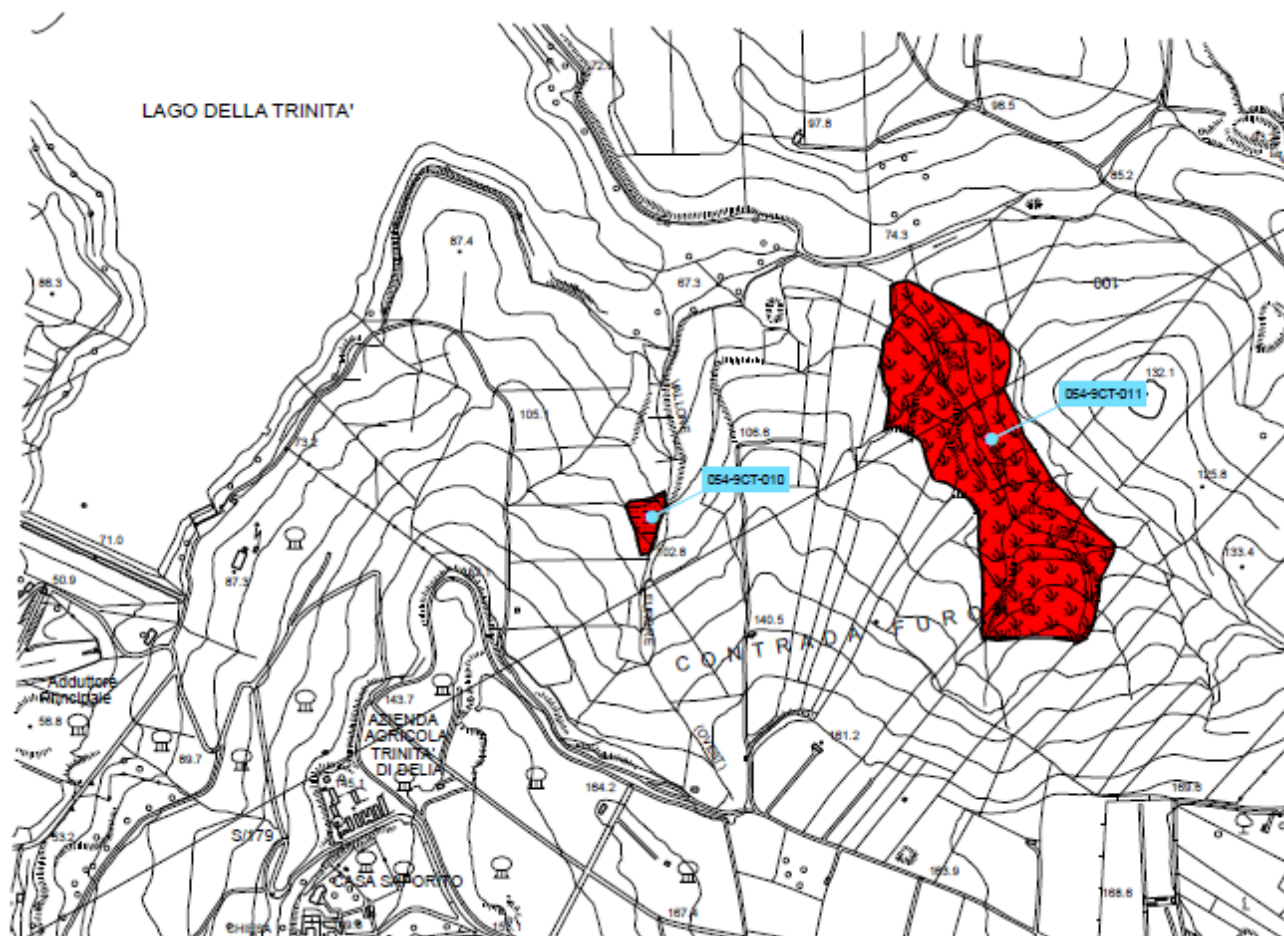
In relazione al bacino di Trinità, oggetto del presente Progetto di Gestione, è stata analizzata la relazione "Bacino Idrografico del Fiume Arena (054)".

Il Documento e la cartografia allegata evidenziano lo stato dei dissesti e delle aree a rischio dei comuni di Calatafimi, Castelvetro, Campobello di Mazara, Gibellina, Mazara del Vallo, Salemi, Santa Ninfa e Vita.

A proposito dell'invaso di Trinità 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 Trinità vi siano "aree a franosità diffusa" e "dissesti conseguenti ad erosione accelerata".



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 Arena (054)”



4.2 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 ed 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 Trinità e al suo emissario.

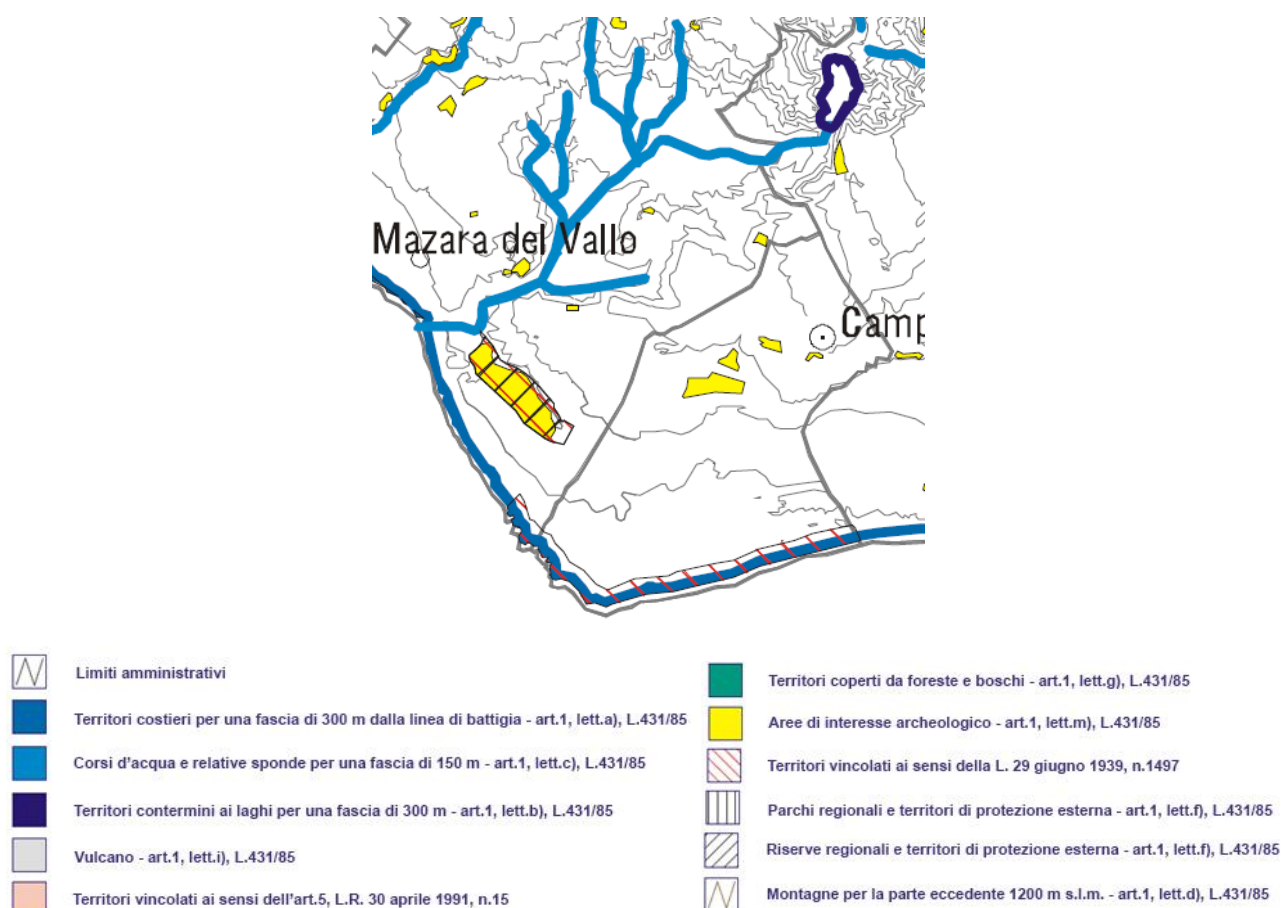


Figura 4-2: estratto della Tavola 16 "Vincoli Paesaggistici" allegata alle Linee Guida del Piano Territoriale Paesistico Regionale.



4.3 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, è stato consultato il Piano Regolatore Generale del Comune di Mazara del Vallo. Come si vede dall'estratto cartografico di seguito riportato, il territorio comunale interessa solo la zona ripariale a nord-ovest del bacino, la restante parte ricade all'interno del comune di Castelvetro. L'invaso ricade in Zona E, ovvero in una zona destinata a uso agricolo. Non sono stati riscontrati vincoli interferenti con il bacino.

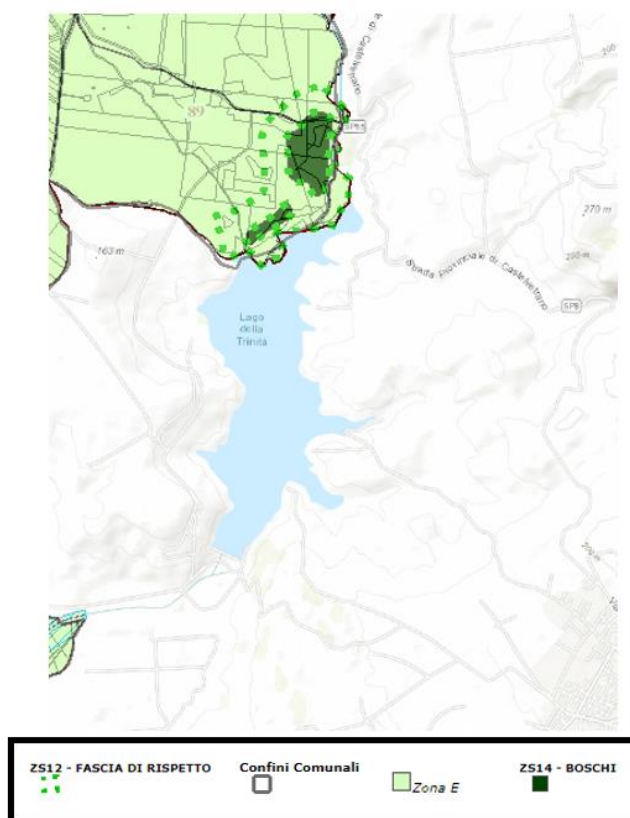


Figura 4-3: estratto della cartografia allegata al PRG di Mazara del Vallo (fonte: portale webgis Comune di Mazara del Vallo - <http://www.comune.mazaradelvallo.sitr.it/gfmaplet/?map= Prg>)

Per quanto riguarda il PRG del Comune di Castelvetro, nel quale ricade quasi interamente l'invaso di Trinità, non risulta disponibile al pubblico la cartografia tematica allegata alle norme tecniche di attuazione.



5 INVASO DI TRINITÀ

La diga e l'invaso di Trinità 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 Trinità

Località	Trinità
Longitudine Ovest	0° 17' 54"
Latitudine Nord	37° 41' 26"
Superficie lago alla quota di massima regolazione (km ²)	1,89
Superficie bacino imbrifero direttamente sotteso (km ²)	200
Immissari	F. Delia
Emissari	F. Delia
Bacino idrografico	F. Delia
Nome diga	Trinità
Comune	Castelvetrano
Provincia	Trapani
Regione	Sicilia
Corpo idrico principale	F. Delia
Data di collaudo (ex art. 14 DPR 1363/59)	non acquisito (invaso sperimentale)
Uso	Irriguo
Gestore	Dipartimento Regionale Acqua e rifiuti
Concessionario	Consorzio di Bonifica Sicilia Occidentale
Comuni rivieraschi interessati	Castelvetrano, Mazara del Vallo
Altezza dello sbarramento (ai sensi del DM 24/03/1982) (m)	28,50
Altezza dello sbarramento (ai sensi della L. 584/1994) (m)	28,50
Altezza di massima ritenuta (m)	26,00
Quota di coronamento (m s.l.m.)	70,50
Sviluppo coronamento (m)	322,00
Quota di massimo invaso (m s.l.m.)	69,00
Quota massima di regolazione (m s.l.m.)	68,00
Quota minima di regolazione (m s.l.m.)	53,00
Quota soglia scarico di superficie (m s.l.m.)	62,00
Quota soglia scarico di fondo (m s.l.m.)	47,00
Quota soglia opera di derivazione (m s.l.m.)	47,00
Volume di invaso attuale (m ³)	12,2 x 10 ⁶
Volume di invaso originale (ai sensi del DM 24/03/1982)	20,30 x 10 ⁶
Volume di invaso originale (ai sensi della L. 584/94) (m ³)	18,00 x 10 ⁶
Volume utile di invaso attuale del bacino (m ³)	12,2 x 10 ⁶
Volume utile di invaso originale (m ³)	17,50 x 10 ⁶
Volume di laminazione (m ³)	2,30 x 10 ⁶
Volume di sedimento attualmente presente nel volume utile di regolazione (m ³)	5,3 x 10 ⁶
Stima dell'apporto solido annuo del serbatoio (m ³ /anno)	94.500



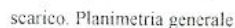
Figura 5-1: invaso di Trinità

5.1 Dati strutturali

La diga di Trinità è in terra di tipo zonato costituita da rinfiando di monte in materiale arenaceo (arenarie frantumate) rivestito da lastre in calcestruzzo con inclinazione variabile da 2/1 a 5,50/1; una prima zona di transizione con inclinazione 1/1 funziona da filtro di monte, il nucleo centrale è realizzato con limi sabbiosi avente la funzione di tenuta idraulica. Una seconda zona di transizione ha inclinazione 1/1,75 e agisce da filtro di valle esteso orizzontalmente fino al muro d'unghia di valle. Il rinfiando di valle è realizzato con limo sabbioso rivestito da un manto di zolle erbose con inclinazioni variabili da 2/1 a 3,25/1.

Il sistema di tenuta è completato da un taglione al piede di monte realizzato con limo sabbioso che si innesta nello strato di base costituito da argille compatte del Tortoniano.

Il sistema drenante del corpo diga è composto da cunicoli di ispezione e raccolta drenaggi, la cui calotta è immersa nello strato orizzontale filtrante del corpo diga, che si sviluppano longitudinalmente al piede del filtro di valle e a ridosso del muro d'unghia in pietrame, e da collettori trasversali che attraversano la base del rinfiando di valle e scaricano le eventuali perdite nei cunicoli. Le acque di drenaggio vengono scaricate nell'alveo a valle in due punti lateralmente al manufatto della camera di manovra.



5.1.1 Opere di scarico e opere di derivazione

La portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 69,00 m s.l.m. è pari a 950 m³/s dallo scarico di superficie e a 20 m³/s dallo scarico di fondo.

Lo scarico di superficie è ubicato sulla sponda sinistra della stretta ed è costituito da un'opera d'imbocco in c.a. a pianta rettangolare portante due soglie a quota 62,00 m s.l.m., intercettate da due paratoie a settore di 13x4 m, sovrastate da paratoie automatiche a bilanciere (ventole) di 13x2 m, alle quali seguono gli scivoli e quindi l'imbocco delle due gallerie di scarico policentriche di diametro fondamentale 6,00 m e di lunghezza 300 m circa ciascuna, che sboccano in una vasca di dissipazione. La manovra delle paratoie a bilanciere può essere eseguita con un sistema oleodinamico costituito da una elettropompa e una centralina che regola la pressione nei circuiti idraulici delle paratoie. La manovra delle paratoie a settore viene eseguita con



un sistema meccanico azionato da due motori elettrici per ogni paratoia, entrambi necessari. L'alimentazione elettrica viene fornita normalmente dalla rete generale e, in caso di necessità, da un motore diesel accoppiato ad un alternatore. Può essere eseguita anche la manovra manuale che agisce, per le paratoie a bilanciere, sullo stesso dispositivo oleodinamico, e, per le paratoie a settore, direttamente sull'ingranaggio del motore elettrico disaccoppiato. Le manovre vengono eseguite dalla cabina situata sul manufatto dello scarico.

In sponda destra, in corrispondenza dell'opera di derivazione si trova lo scarico di fondo il cui imbocco è a quota 47,00 m s.l.m. È costituito da una tubazione metallica di diametro 1500 mm alloggiata insieme alla tubazione della derivazione irrigua di diametro 1000 mm in una galleria di diametro 6,00 m che attraversa il corpo diga. Gli organi di intercettazione sono costituiti da due paratoie piane disposte una a monte, in corrispondenza del piede del paramento di monte, e l'altra all'interno della cabina di manovra situata al piede del paramento di valle. La manovra delle paratoie avviene con un sistema oleodinamico azionato da una elettropompa alimentata normalmente dalla rete elettrica generale e, in caso di necessità, dal motore diesel accoppiato ad un alternatore di cui al punto precedente. Può essere eseguita anche la manovra manuale che agisce sullo stesso dispositivo oleodinamico e necessita dell'alimentazione elettrica per l'eccitazione dell'elettrovalvola che apre il circuito oleodinamico. La galleria che ospita le tubazioni ha subito un trattamento di impermeabilizzazione con iniezioni cementizie a bassa pressione che hanno sigillato la superficie di contatto tra il rivestimento in calcestruzzo ed il terreno. Tale intervento realizzato attorno al 1969-1970 ha ottenuto il risultato di eliminare le infiltrazioni di acqua. La galleria poggia su uno strato superficiale costituito da limi sabbiosi. In particolare, per fondare la struttura in calcestruzzo della galleria è stato bonificato il terreno interessato dall'opera con materiale arido gettato sopra i limi e costipato.

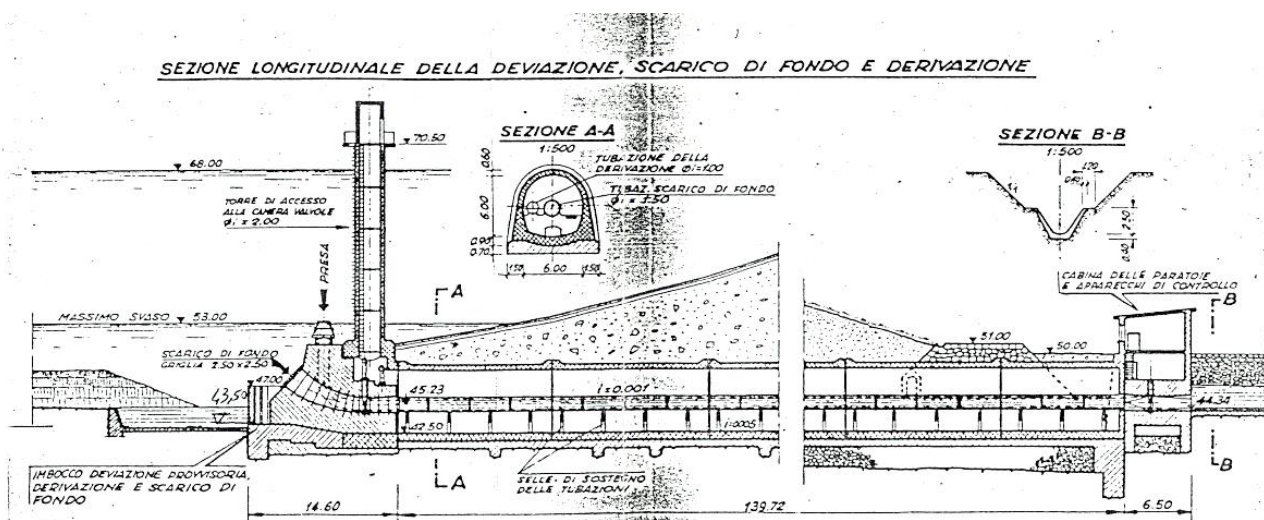


Figura 5-2: sezione longitudinale della deviazione, dello scarico di fondo e della derivazione della diga di Trinità

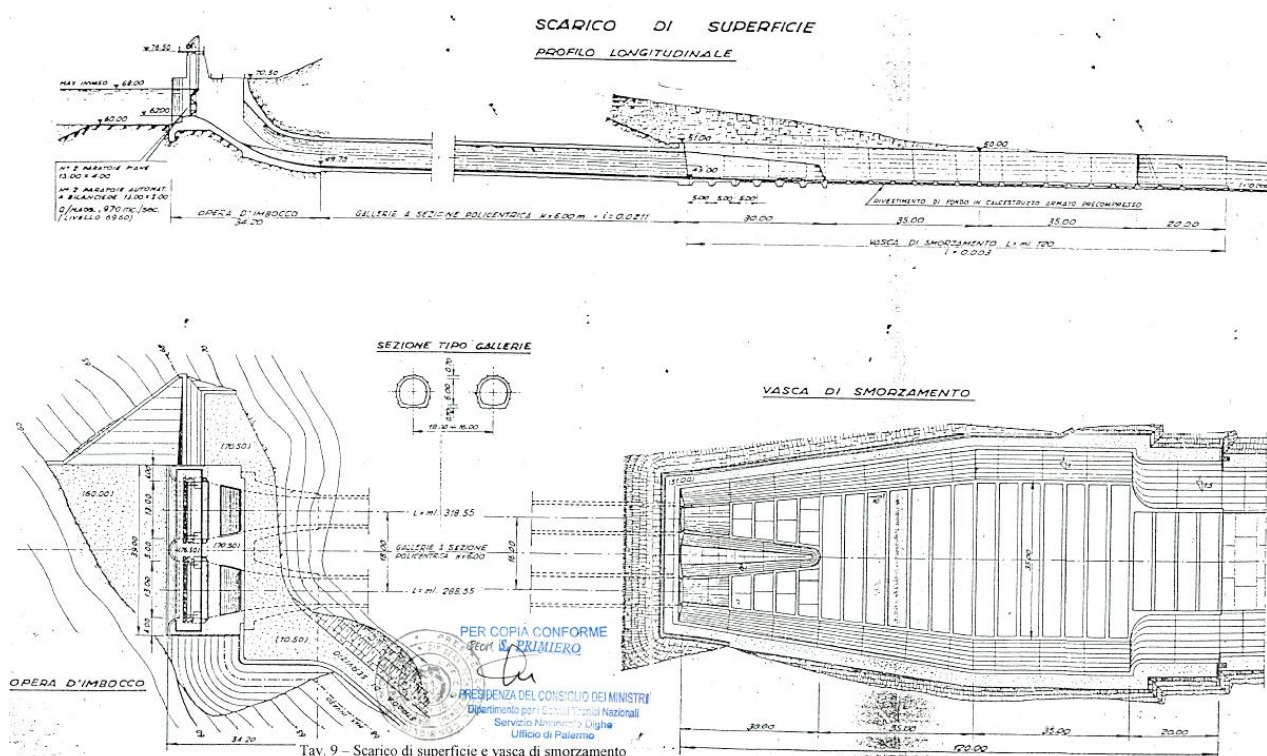


Figura 5-3: scarico di superficie e vasca di smorzamento della diga di Trinità

5.2 Schema idraulico con descrizione degli utilizzi

Le risorse idriche dell'invaso Trinità sono consegnate dal Dipartimento acqua e rifiuti, tramite una condotta di adduzione, ad una vasca di disconnessione gestita dal Consorzio di Bonifica 1 di Trapani (Consorzio Bonifica Sicilia Occidentale), posto in testa alle condotte consortili. Il volume erogato per la stagione irrigua, secondo quanto stabilito nei piani di ripartizione delle risorse idriche emanati dall'Autorità di Bacino e in rapporto alle disponibilità registrate, è di 5,50 Mm³.

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

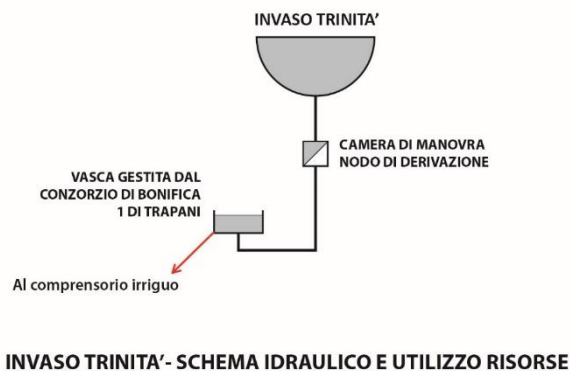


Figura 5-4: schema idraulico dell'invaso di Trinità



5.3 Idrologia

In questo paragrafo vengono riassunti i principali dati idrologici disponibili.

5.3.1 Afflussi e volumi derivati

La dinamica 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 sfiorati e dei volumi derivati a uso irriguo negli ultimi 5 anni.

Tabella 5-2: volumi rilasciati dal 2016 al 2020

	ANNO 2016		ANNO 2017		ANNO 2018		ANNO 2019		ANNO 2020	
	Sfiori [m³]	Vol. Irriguo [m³]	Sfiori [m³]	Vol. Irriguo [m³]	Sfiori [m³]	Vol. Irriguo [m³]	Sfiori [m³]	Vol. Irriguo [m³]	Sfiori [m³]	Vol. Irriguo [m³]
GEN			6.379.768				6.046.488		1.217	
FEB	3.503		8.335.695		10.545.471		1.778.310			
MAR	1.380		778.980		4.062.366		730.764		833.913	
APR			1.468.926		563.224		751.320		639.600	
MAG	3.627				1.068.120					
GIU	1.617		28.440							129.237
LUG		3.249.463		3.779.041		2.593.109		2.629.872		2.413.813
AGO		1.253.808		1.482.765		1.537.278		1.657.207		1.580.888
SET			8.370	272.567		43.610		32.708		10.903
OTT	1.848		972					163.539		130.832
NOV	3.000						1.390.248			
DIC							1.943.472			
TOT. [m³]	14.975	4.503.271	17.001.151	5.534.373	16.239.181	4.173.997	12.640.602	4.483.326	1.474.730	4.265.673
	4.518.246		22.535.524		20.413.178		17.123.928		5.740.403	

Sulla base dei dati riportati in tabella è possibile affermare che la disponibilità media annua del bacino di Trinità è di circa 14 Mm³/anno. In assenza di informazioni più specifiche, si assume che tale disponibilità annua, incrementata della quota di evapotraspirazione, corrisponda al volume annuo in ingresso all'invaso.



5.3.2 Andamento dei livelli

Sulla base dei dati mensili di livello nel bacino di Trinità raccolti dal gestore dal 2015 al 2020 è stato possibile ricostruire l'andamento dei livelli nell'anno medio, osservabile nel grafico seguente.

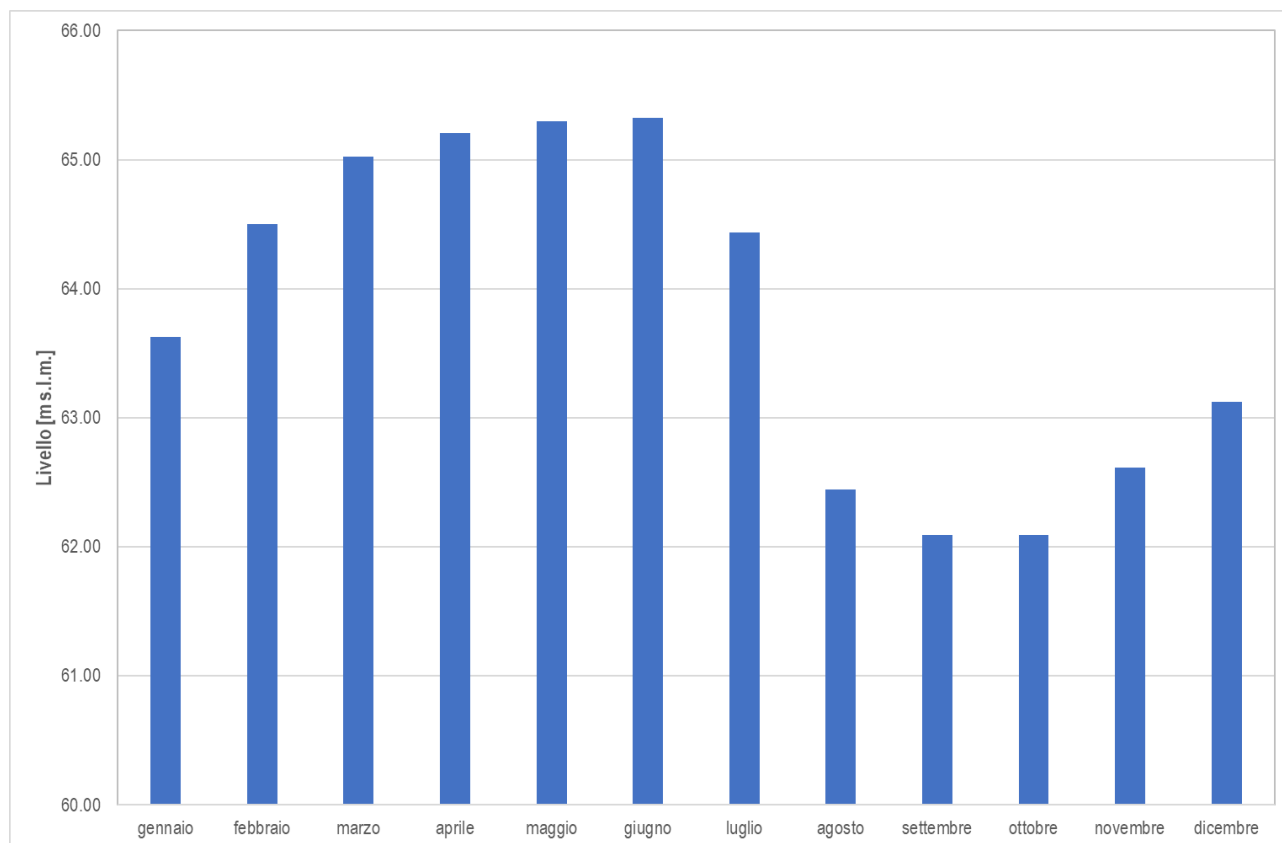


Figura 5-5: andamento dei livelli del bacino di Trinità

Risulta quindi evidente che i massimi livelli sono normalmente raggiunti in tarda primavera e quelli minimi a fine estate.

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 Trinità, si è scelto di applicare tale modello, 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 Trinità, 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 Trinità 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 Trinità. 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 Trinità 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., & Iaquinia, 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 Trinità ha portato al calcolo di un apporto medio annuo all'invaso di circa 148.500 t/anno che, stimando un peso specifico apparente in cumulo pari a 1,5 t/m³, corrispondono a circa 99.000 m³/anno.

La stima ottenuta trova conferma nei risultati morfo-batimetrici eseguiti sul bacino di Trinità 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 Trinità tramite software GIS.

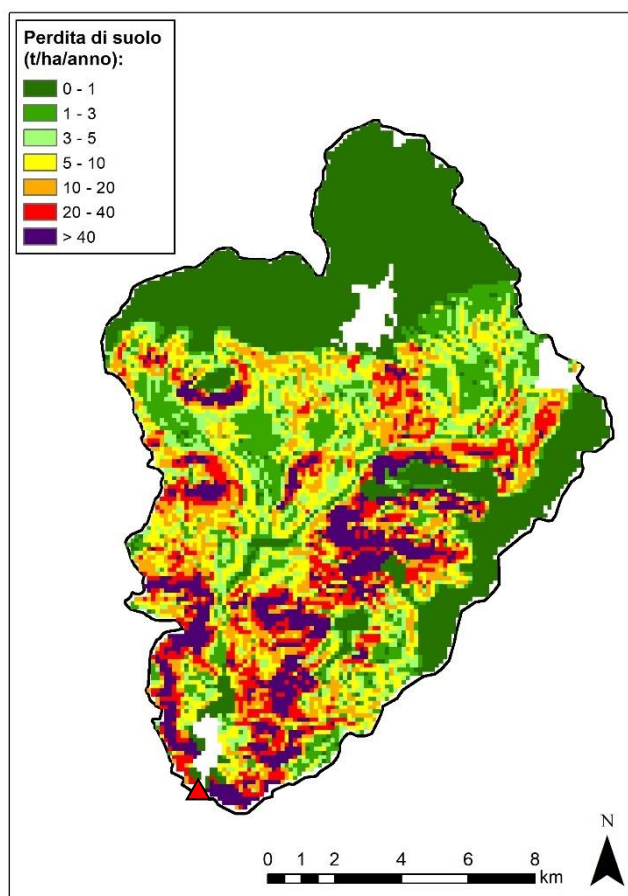


Figura 5-6: elaborazione RUSLE del bacino imbrifero diretto sotteso dalla diga di Trinità (indicata dal triangolo rosso)

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 di sedimenti medio annuo all'invaso di Trinità dalla sua costruzione a oggi di circa 94.500 m³/anno, stimando un peso specifico pari a 1,5 t/m³, 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 65,21 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

	Originale	2021
Volume d'invaso alla quota di massima regolazione 68,00 m s.l.m. [m ³]	18.000.000	12.155.200
Volume utile alla massima regolazione a partire da 53,00 m s.l.m. [m ³]	17.500.000	12.154.800
Volume d'invaso alla quota di massimo invaso 69,00 m s.l.m. [m ³]	20.300.000	13.882.800

Il rilievo 2021 ha quindi permesso di osservare la presenza di:

- un volume di sedimento totale pari a circa 5.844.800 m³ di cui 5.345.200 m³ nel volume utile del serbatoio, e quindi circa 499.500 nel "volume morto" che risulta pressoché interamente saturato;
- un grado di interrimento pari al 32,5%;
- un volume di interrimento medio annuo di circa 94.500 m³/anno;
- un tasso di interrimento medio annuo pari a circa lo 0,5%.

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 6.2: stima dell'apporto solido annuo dell'invaso di Trinità

Stima dell'apporto solido annuo del serbatoio (m³/anno)*	94.500 (A) 106.500 (B)
--	---------------------------

*(A) valore calcolato considerando l'intera vita utile dell'invaso (periodo 1959-2021)

(B) valore calcolato considerando la sedimentazione occorsa tra la precedente batimetria e i rilievi batimetrici 2021 (periodo 2013-2021)

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

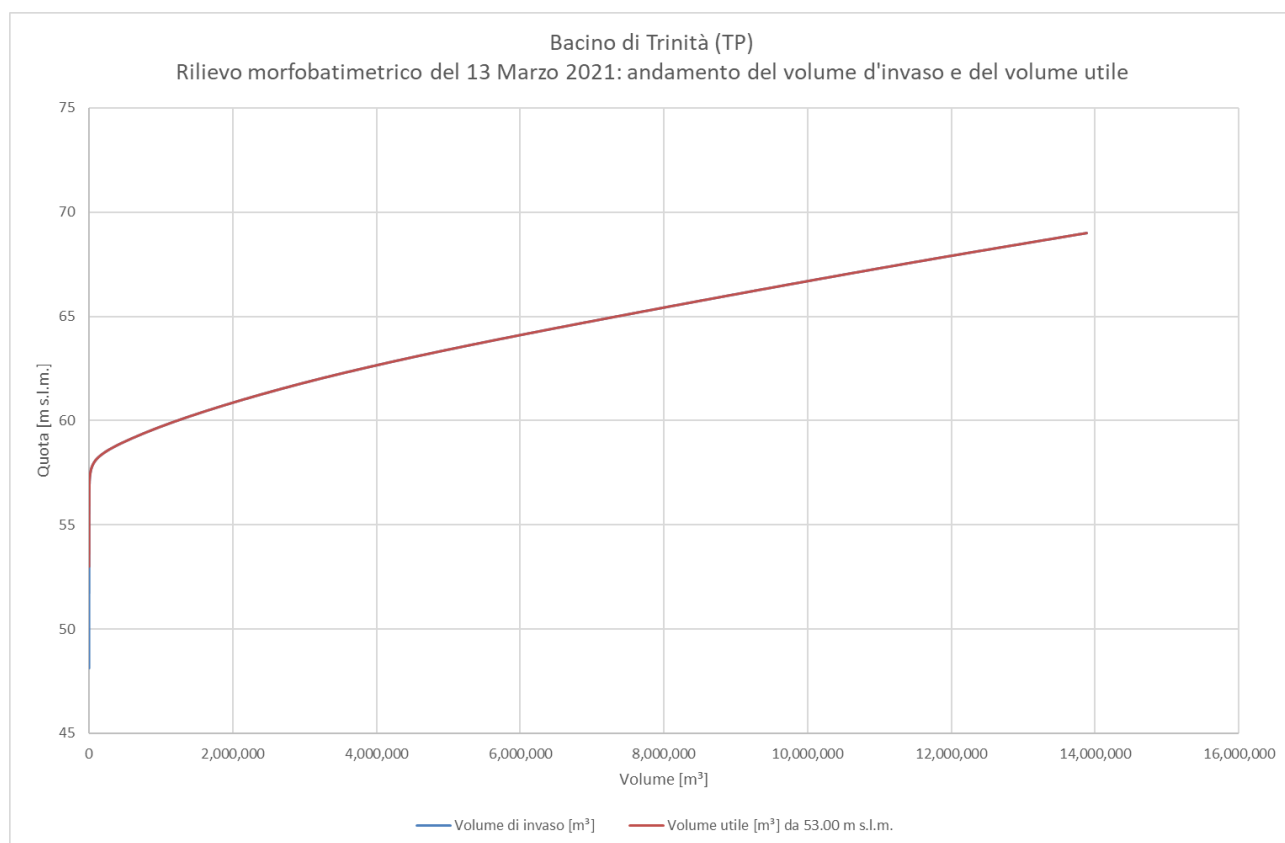
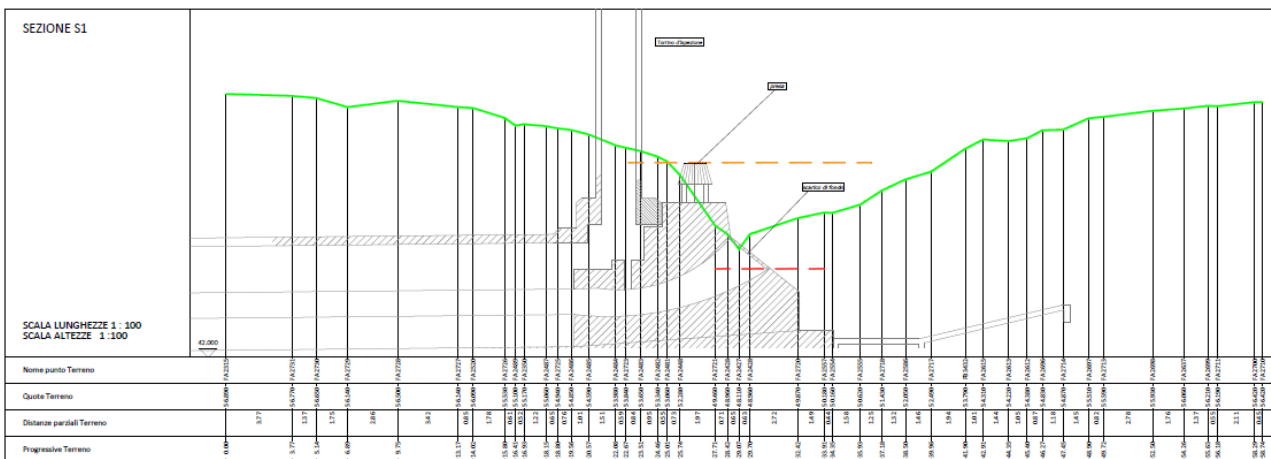


Figura 6-1: curve di invaso (volume d'invaso e volume utile)

I rilievi effettuati hanno altresì consentito di evidenziare la pervietà delle opere di presa e scarico, ma anche la presenza incombente di sedimenti nell'area prospiciente, come evidenziato dalle immagini che seguono, tale presenza può in futuro costituire una criticità rispetto alla garanzia quali-quantitativa degli usi in essere e potenzialmente, in prospettiva, alla piena pervietà di tali opere.

In relazione ai tassi di interrimento e all'evoluzione anche spaziale del fenomeno si ritiene che i rilievi morfobatimetrici debbano essere aggiornati ogni 3-5 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.



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 precedente batimetria disponibile del 2013 e quella del 2021, da cui risulta una differenza di volume perso, e quindi di nuova sedimentazione, pari complessivamente a 852.250 m³ e inoltre che l'incremento maggiore degli spessori si concentra nell'intervallo 0 ÷ 0,5 metri. Valori di deposito superiori, molto limitati, possono verosimilmente essere legati alla non perfetta sovrapponibilità dei due rilievi batimetrici confrontati.

Tabella 6-3: distribuzione percentuale delle classi di spessore dei sedimenti nel periodo 2013-2021

Spessore dei sedimenti [m]	%
0 – 0,1	26%
0,1 – 0,5	68%
0,5 - 1	3%
1 – 1,5	1,2%
1,5 - 2	0,5%
> 2	1,1%

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.

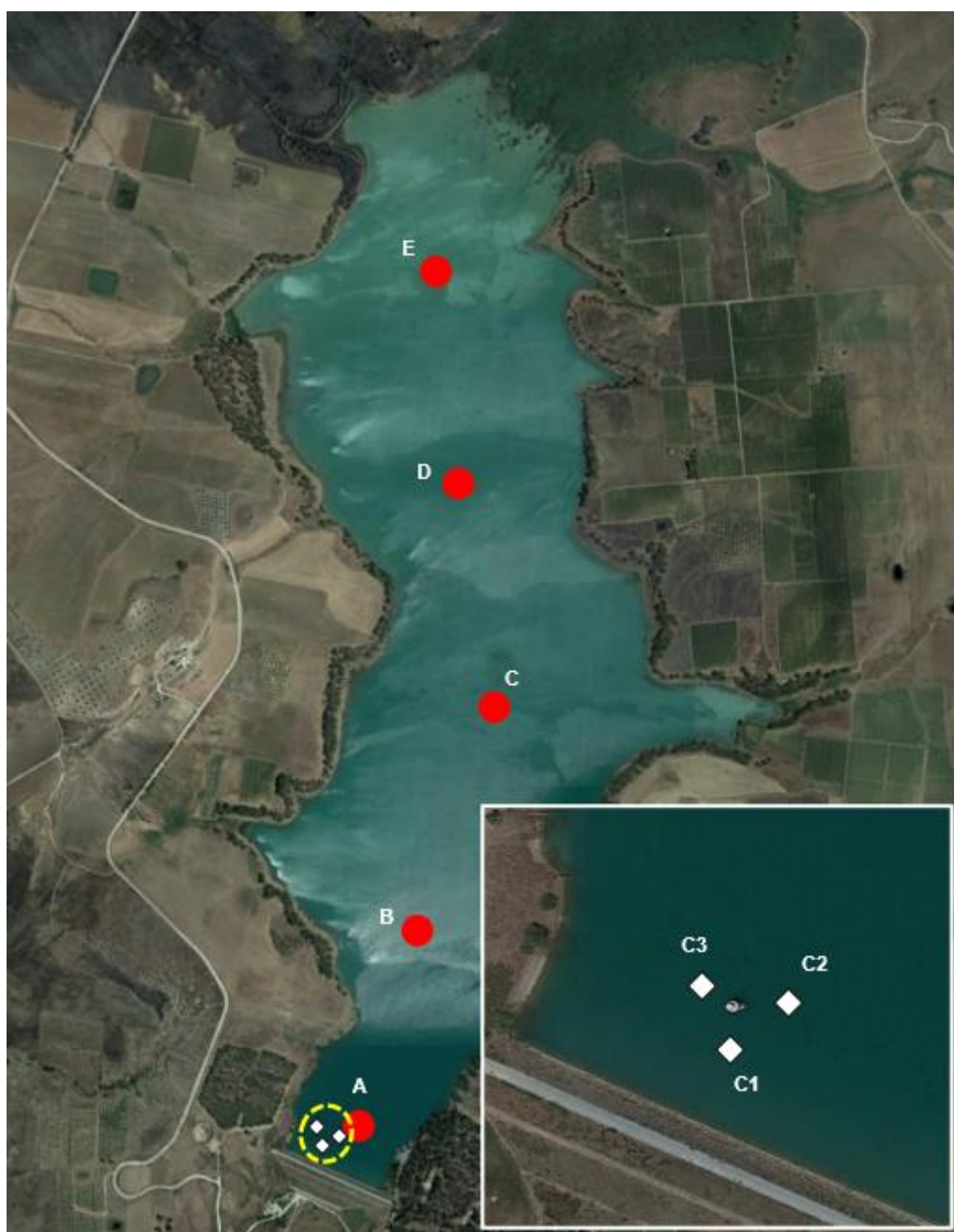


Figura 6-3: localizzazione punti di campionamento per l'analisi dei sedimenti del bacino Trinità: i cerchi rossi indicano i punti di campionamento superficiale, in giallo l'area oggetto di carotaggio (di cui è riportato un ingrandimento), i rombi bianchi indicano i punti di carotaggio per la caratterizzazione 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.

Dal punto di vista granulometrico i campioni superficiali mostrano piena omogeneità: prevale la sabbia fine, seguita dall'argilla e, nella maggior parte dei punti, dalla sabbia grossa. 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	90	500	11	29	370
B	27	543	3	37	390
C	150	480	5	15	350
D	84	546	6	24	340
E	220	450	14	36	280

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	139	252	75	86	448
C2	167	224	52	68	489
C3	169	223	50	68	490

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 limiti 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	%	79,47	78,68	79,52	80,8	83,52	-	-
TOC	%	1,41	1,39	0,99	1,1	1,08	-	-
pH	UpH	9	8,9	8,7	8,6	8,9	-	-
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	0,2	0,18	0,29	0,18	0,41	2	15
cromo totale	mg/Kg	26,77	28,38	34,19	29,14	28,34	150	800
manganese	mg/Kg	468,4	603,73	544,44	409,83	442,28	-	-
mercurio	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1	5
nichel	mg/Kg	16,82	19,08	20,67	16,44	17,09	120	500
piombo	mg/Kg	10,4	11,21	16,78	15,54	12,69	100	1000
rame	mg/Kg	22,11	22,06	25,02	24,24	25,35	120	600
zinco	mg/Kg	71,09	79,65	79,43	77,73	77,55	150	1500
vanadio	mg/Kg	30,16	30,89	38,91	38,89	34,27	90	250
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	50	750



Parametro	U.M.	A	B	C	D	E	D. Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1)	
							Col. A	Col. B
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-esacloroesano	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,1
beta-esacloroesano	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
dieltrin	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, tabella 1)	
					Col. A	Col. B
Contenuto d'acqua	%	55,59	54,78	57,18	-	-
TOC	%	< 1	< 1	< 1	-	-
pH	UpH	8,4	7,9	7,7	-	-
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	0,62	0,39	0,55	2	15
cromo totale	mg/Kg	34	34	37	150	800
manganese	mg/Kg	1400	1220	1240	-	-



Parametro	U.M.	C1	C2	C3	D. Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1)	
					Col. A	Col. B
mercurio	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1	5
nichel	mg/Kg	21	20	23	120	500
piombo	mg/Kg	12	11	13	100	1000
rame	mg/Kg	25	24	26	120	600
zinco	mg/Kg	63	65	73	150	1500
vanadio	mg/Kg	38	39	38	90	250
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg	25	19	16	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
Arsenico	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	Antimonio	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
Cadmio	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	Manganese	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
Mercurio	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	Nichel	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
Piombo	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	Rame	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
Zinco	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	Vanadio	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
Idrocarburi pesanti C>12	H351 H411 H350	Carc.2 Aquatic Chronic 2 Carc. 1B	Idrocarburi leggeri C<12	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
naftalene	H351 H302 H400 H410	Carc. 2 Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	benzo[a]antracene	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 (%)
H300 – Tox1	0,0071101	0,0079660	0,0079440	0,0077740	0,0077560	0,1
H300 – Tox2	0,0081710	0,0091060	0,0096520	0,0093470	0,0090670	0,25
H301	0,0049564	0,0052560	0,0062790	0,0056430	0,0055570	5
H302	0,0619194	0,0766812	0,0725552	0,0582862	0,0609652	25
H304	0,0001001	0,0001001	0,0001001	0,0001001	0,0001001	10
H310	0,0010611	0,0011400	0,0017080	0,0015730	0,0013110	0,25
H311	0,0000022	0,0000020	0,0000020	0,0000020	0,0000020	15
H312	0,0071302	0,0079840	0,0079730	0,0077920	0,0077970	55
H314 – Skin Corr1A	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,0000001	1
H314 – Skin Corr1B	0,0110050	0,0120820	0,0125150	0,0118440	0,0120020	1
H315	0,0120431	0,0132011	0,0141911	0,0133961	0,0132691	1
H317	0,0618985	0,0766623	0,0725253	0,0582673	0,0609233	10
H318	0,0150581	0,0162891	0,0180811	0,0172841	0,0166951	1
H319	0,0578431	0,0724531	0,0669571	0,0528251	0,0562281	1
H330	0,0120630	0,0132190	0,0142200	0,0134140	0,0133100	0,5
H331	0,0049560	0,0052560	0,0062790	0,0056430	0,0055570	3,5
H332	0,0619201	0,0766820	0,0725560	0,0582870	0,0609660	22,5
H334	0,0110020	0,0120790	0,0125120	0,0118410	0,0119990	10
H335	0,0101260	0,0110550	0,0118350	0,0116630	0,0111830	20
H340	0,0001204	0,0001184	0,0001294	0,0001184	0,0001414	0,1
H341	0,0069302	0,0072222	0,0084902	0,0079762	0,0077132	1
H350 – Carc 1A	0,0039940	0,0042150	0,0046700	0,0041690	0,0043450	0,1
H350 – Carc 1B	0,0087702	0,0097052	0,0102512	0,0099462	0,0096662	0,1
H350i	0,0079490	0,0083240	0,0101380	0,0095110	0,0089400	0,1
H351	0,0032436	0,0035481	0,0042751	0,0037171	0,0035201	1
H360D	0,0038940	0,0041150	0,0045700	0,0040690	0,0042450	0,3
H360Df	0,0010400	0,0011210	0,0016780	0,0015540	0,0012690	0,3
H360FD	0,0010602	0,0011392	0,0017072	0,0015722	0,0013102	0,3
H361d	0,0569650	0,0714270	0,0662780	0,0526450	0,0554100	3
H361f	0,0000010	0,0000010	0,0000010	0,0000010	0,0000010	3
H361fd	0,0000200	0,0000180	0,0000290	0,0000180	0,0000410	3
H362	0,0010401	0,0011210	0,0016780	0,0015540	0,0012690	-
H372	0,0079703	0,0083430	0,0101680	0,0095300	0,0089820	1
H373	0,0602373	0,0747731	0,0704881	0,0566421	0,0592561	10
H400	0,0591049	0,0737139	0,0687859	0,0545189	0,0576599	25
H410	0,0591049	0,0737139	0,0687859	0,0545189	0,0576599	25
H411	0,0607171	0,0752551	0,0709591	0,0571241	0,0597151	
H412	0,0038931	0,0041141	0,0045691	0,0040681	0,0042441	
H413	0,0110221	0,0120971	0,0125411	0,0118591	0,0120401	25



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	0,0063001	0,0065011	0,0073001	0,1
H300 – Tox2	0,0075631	0,0076401	0,0086561	0,25
H301	0,0058641	0,0055451	0,0062571	5
H302	0,1559632	0,1379422	0,1413562	25
H304	0,0001001	0,0001001	0,0001001	10
H310	0,0012621	0,0011401	0,0013551	0,25
H311	0,0000011	0,0000031	0,0000011	15
H312	0,0063621	0,0065411	0,0073551	55
H314 – Skin Corr1A	0,0000001	0,0000001	0,0000001	1
H314 – Skin Corr1B	0,0109021	0,0109021	0,0122021	1
H315	0,0121002	0,0120002	0,0135002	1
H317	0,1559003	0,1379023	0,1413003	10
H318	0,0159001	0,0159001	0,0173001	1
H319	0,1509002	0,1329002	0,1362002	1
H330	0,0121621	0,0120391	0,0135551	0,5
H331	0,0058641	0,0055411	0,0062571	3,5
H332	0,1559631	0,1379411	0,1413561	22,5
H334	0,0109000	0,0109000	0,0122000	10
H335	0,0101001	0,0104001	0,0111001	20
H340	0,0001624	0,0001394	0,0001554	0,1
H341	0,0084623	0,0083393	0,0087553	1
H350 – Carc 1A	0,0047010	0,0045010	0,0050010	0,1
H350 – Carc 1B	0,0086632	0,0096402	0,0103562	0,1
H350i	0,0096000	0,0094000	0,0100000	0,1
H351	0,0043631	0,0050451	0,0052561	1
H360D	0,0046001	0,0044001	0,0049001	0,3
H360Df	0,0012000	0,0011000	0,0013000	0,3
H360FD	0,0012622	0,0011392	0,0013552	0,3
H361d	0,1501000	0,1324000	0,1351000	3
H361f	0,0000001	0,0000001	0,0000001	3
H361fd	0,0000620	0,0000390	0,0000550	3
H362	0,0012000	0,0011010	0,0013000	-
H372	0,0096621	0,0094421	0,0100551	1
H373	0,1538626	0,1359416	0,1390556	10
H400	0,1522844	0,1349614	0,1376774	25
H410	0,1522844	0,1349614	0,1376774	25
H411	0,1548011	0,1378011	0,1406011	
H412	0,0046001	0,0044001	0,0049001	
H413	0,0109621	0,0109391	0,0122551	25



Nelle tabelle seguenti le concentrazioni rilevate nell'eluato sono messe a confronto, a titolo conoscitivo, con i limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3)". **Nei campioni raccolti dallo strato superficiale 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	21	16	18	24	25	160
pH	UpH	7,8	7,4	7,7	7,7	8	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	11,2	24,9	25,7	24,2	20,1	1200
fluoruri	mg/l	0,93	0,85	1,3	1,29	0,79	6
solfati	mg/l	40,8	38,5	16,8	24,5	19,4	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



Nei campioni raccolti dallo strato profondo i parametri COD e zinco superano il limite in tutti i punti.

Tali superamenti non comportano vincoli in relazione al destino del sedimento.

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	420	306	240	160
pH	UpH	7,2	7,4	7,6	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
nicel	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2
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	1,8	2,8	2,8	0,5
vanadio	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	-
cloruri	mg/l	58	46	70	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 superficiale risulta conforme ai limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3);
- il sedimento dello strato profondo risulta non conforme ai limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3) limitatamente ai parametri COD e zinco;
- 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, 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 ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	C (μS/cm)	pH	Sal (ppm)	ORP (mV)	Torbidità (FNU)
0	15,5	9,4	96,1	1845	8,25	0,95	163	28
1	15,4	9,4	96,2	1843	8,24	0,95	162	28
2	15,4	9,4	96,2	1843	8,23	0,95	161	32
3	15,4	9,4	96,0	1842	8,22	0,95	160	31
4	15,4	9,5	96,4	1845	8,22	0,95	160	30
5	15,4	9,4	95,6	1846	8,21	0,95	160	30
6	15,3	9,2	93,2	1848	8,19	0,95	160	30
7	15,2	9,0	91,4	1843	8,17	0,95	160	32
8	14,8	7,4	74,4	1844	8,01	0,95	163	30
9	14,8	6,8	68,8	1846	7,97	0,95	163	28
10	14,8	7,0	70,5	1843	7,98	0,95	162	26
10,8	14,8	7,0	70,4	1843	7,95	0,95	151	26

Con l'ausilio del disco di Secchi è stata misurata una trasparenza pari a 0,9 metri.

I parametri lungo la colonna risultano piuttosto uniformi fino alla profondità di 7 m, dove si osserva una limitata riduzione nel valore di ossigeno disciolto; le condizioni di ossigenazione si mantengono comunque buone fino al fondo.

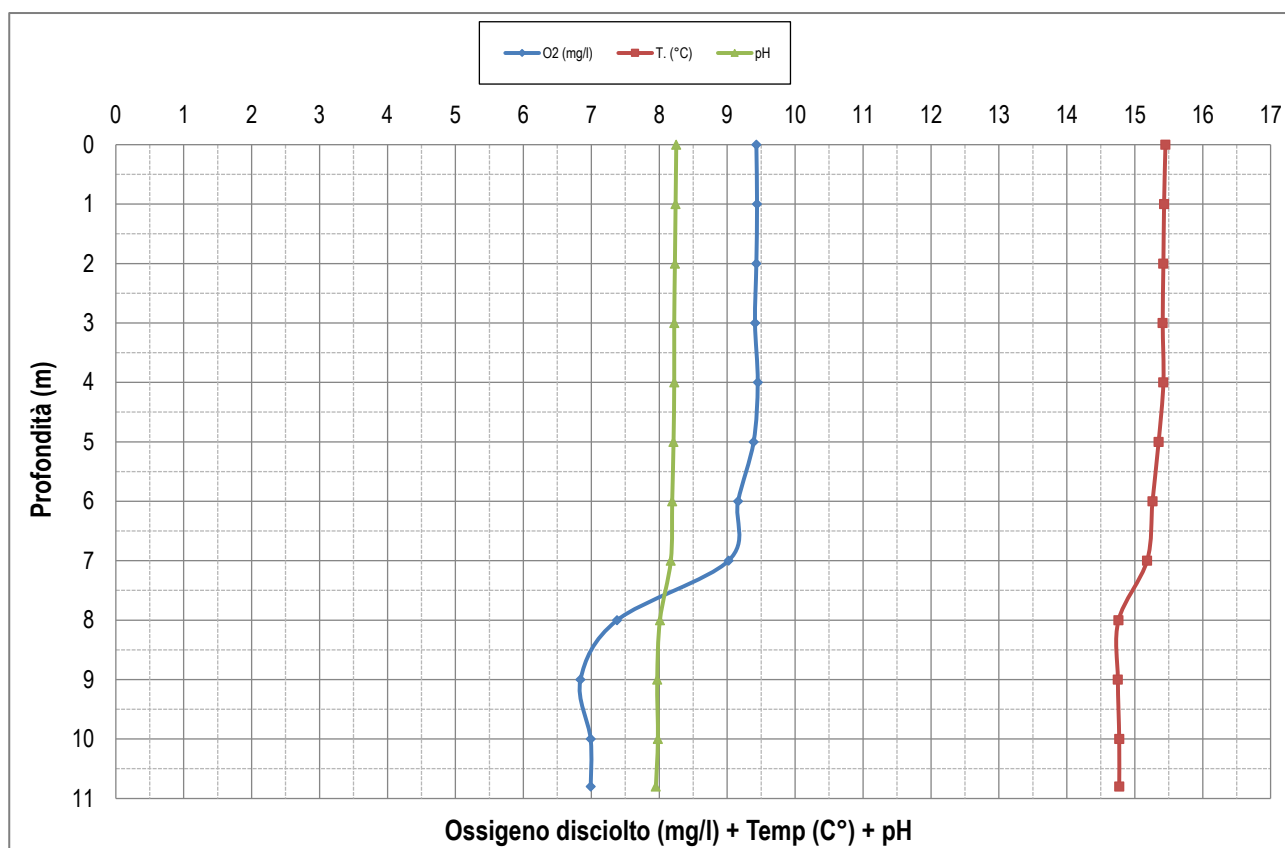


Figura 6-4: confronto degli andamenti di ossigeno disciolto, temperatura e pH sulla colonna d'acqua

I risultati ottenuti (media ossigeno ipolimnico 71%) sono in linea con quanto osservato da ARPA (media ossigeno ipolimnico 86%) in occasione di indagini pregresse.

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.

Dal confronto risulta che:

- tutti i parametri oggetto di indagine rispettano, ove disponibili, gli Standard di Qualità Ambientale in termini di valore medio annuo (SQA-MA);
- tutti i parametri oggetto di indagine, ad eccezione del Benzo(g,h,i)perilene, rispettano, ove disponibili, gli Standard di Qualità Ambientale in termini di concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

Il superamento dello Standard di Qualità Ambientale del Benzo(g,h,i)perilene conferma quanto già osservato da ARPA in occasione di precedenti monitoraggi (2014).



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 concentrazion e massima ammissibile (SQA-CMA)
SST	mg/l	18	21	19	-	-
BOD ₅	mg/l	2	4	< 1	-	-
COD	mg/l	16	59	7	-	-
azoto totale	mg/l	5	4,5	4,8	-	-
azoto ammoniacale	mg/l	<0,02	0,11	0,19	-	-
azoto nitroso	mg/l	0,06	<0,01	0,09	-	-
azoto nitrico	mg/l	3,5	3,8	4,1	-	-
fosforo totale	mg/l	0,118	0,123	0,127	-	-
manganese	µg/l	6,46	6,14	6,63	-	-
arsenico	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	10	-
cadmio	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,08	0,45
cromo totale	µg/l	< 0,001	< 0,001	0,04	7	-
mercurio	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	0,07
nichel	µg/l	0,069	0,98	1,26	4*	34
piombo	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,2*	14
antimonio	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
rame	µg/l	0,34	1,06	0,49	-	-
zinco	µg/l	4,22	8,28	4,35	-	-
TDS	mg/l	< 1	< 1	< 1	-	-
cromo VI	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
clorofilla	µg/l	0,58	0,5	0,54	-	-
idrocarburi C>12	mg/l	< 1	< 1	< 1	-	-
PCB	mg/l	< 1	< 1	< 1	-	-
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	0,015	0,015	0,015	-	0,0082
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/l	0,022	0,022	0,021	-	-
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100ml	15	16	12	-	-

*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; i risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti.

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 per tutte le sostanze indagate sono rispettati, 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
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
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 di Trinità, 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	<80% >40%	4
Somma punteggio	10					
Classificazione LTLecco	Sufficiente					

L'applicazione dell'Indice LTLecco attribuisce al bacino di Trinità una classificazione pari a "sufficiente", confermando il risultato di ARPA ottenuto nel precedente monitoraggio (2014).

6.4 Dati e valutazioni disponibili

L'invaso di Trinità 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
IT19LW1905431	IA	Me-2	I3	Invasi con profondità media minore di 15 m non polimittici	Probabilmente 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 triennio 2011-2014.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle indagini eseguite.

Tabella 6-20: stato di qualità Invaso Trinità 2011-2014

ICF	LTLecco	Elementi chimici (Tab1/B)	Stato ecologico	Stato chimico (Tab.1/A)
Buono	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Non Buono



Per la classificazione del potenziale ecologico, dal 2011 al 2014, è stata analizzata da ARPA anche la comunità fitoplanctonica. L'invaso è stato interessato da fioriture invernali della cianoficea tossica *Planktothrix* sp. già nel 2010 e successivamente anche nel 2011. Nel 2014 nei mesi di agosto, novembre e dicembre si sono verificate fioriture di altre cianoficee, principalmente *Planktothrix isoethrix* e *Pseudoanabaena limnetica*; nel mese di marzo si è verificata un'intensa fioritura della coniugatoficea *Closterium acutum* e nel mese di giugno dalla bacillarioficea *Cyclotella ocellata*. La sintesi delle abbondanze osservate è di seguito riportata in grafico in termini di biovolume algale.

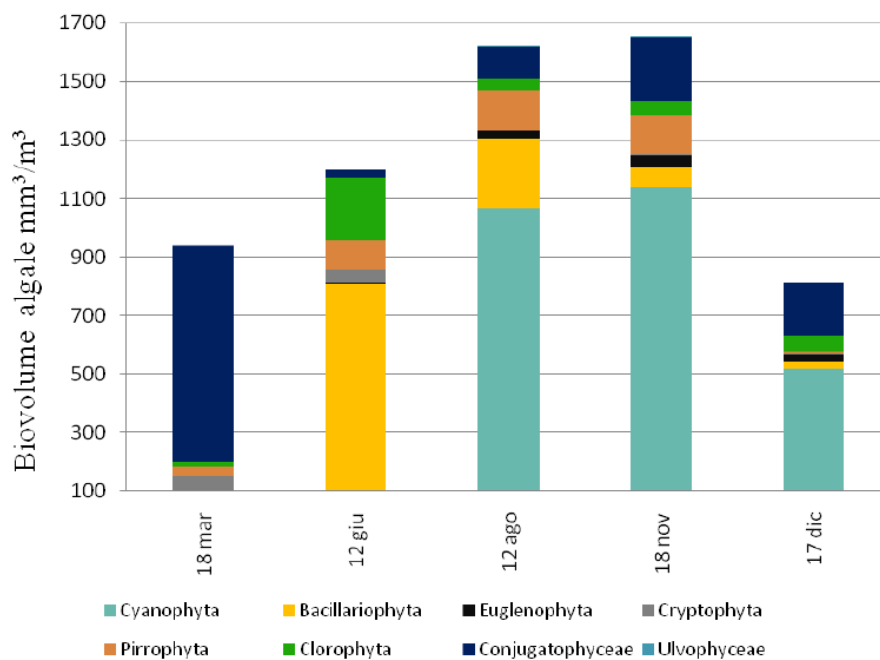


Figura 6-5: andamento abbondanza comunità fitoplanctonica (ARPA, 2014)

L'invaso di Trinità è stato inoltre caratterizzato da episodi di fioriture algali tossiche, tra le quali in particolare quelle appartenenti alla classe *Cyanophyceae*.

Nelle immagini seguenti è possibile osservare alcuni esempi di fioriture algali di cianobatteri nel serbatoio di Trinità.



Figura 6-6: fioriture algali di cianobatteri nel serbatoio di Trinità

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 Trinità.

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.

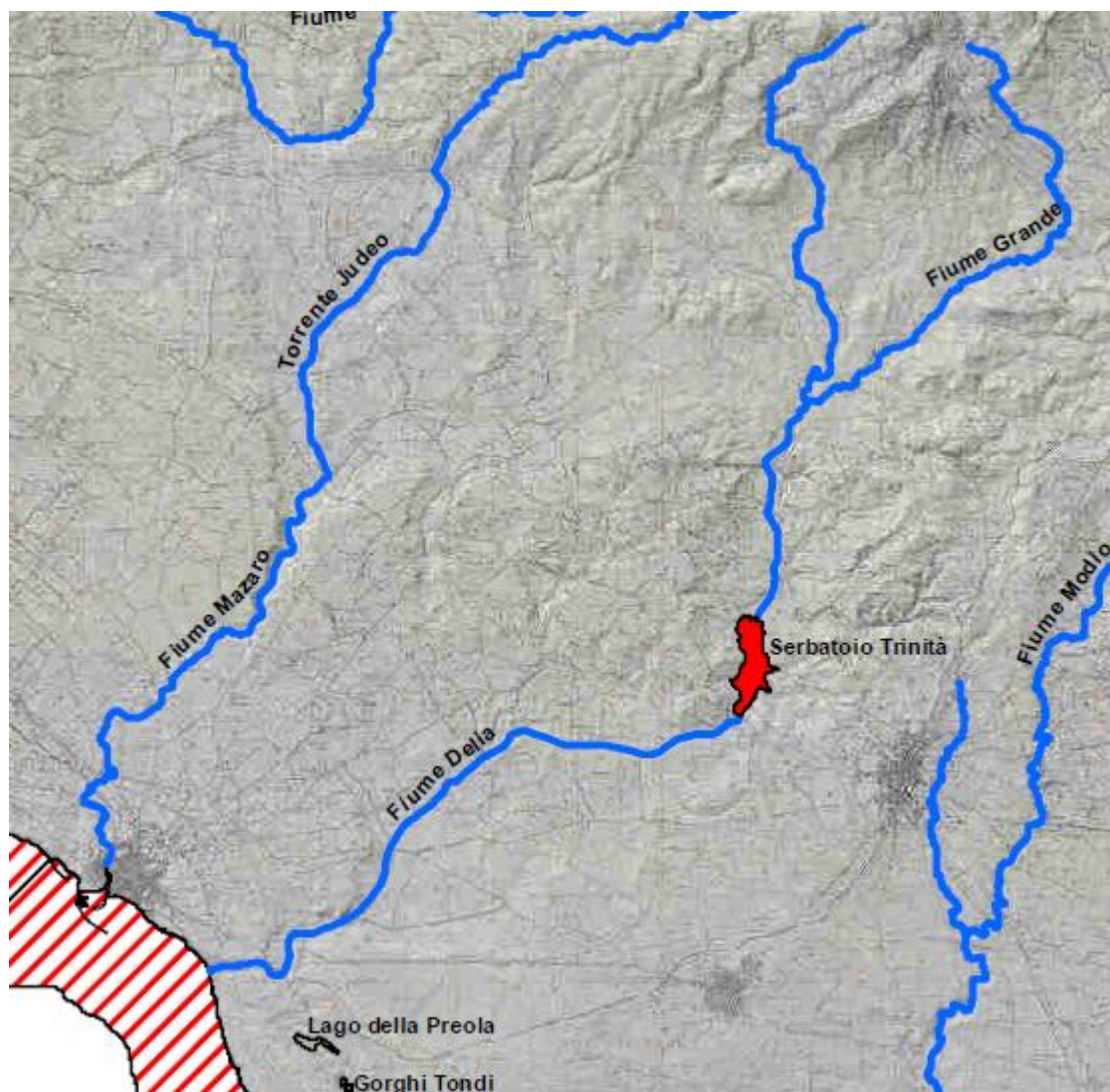


Figura 7-1: corpi idrici significativi a monte e a valle dell'invaso di Trinità (estratto della Tavola A2 del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia 2016)

Nell'area di interesse sono identificati quattro corpi idrici:

1. Fiume Delia (fiume Grande) fino alla confluenza con il canale della Mokarta;
2. Canale della Mokarta fino alla confluenza con il fiume Grande;
3. Fiume Delia dalla confluenza del canale della Mokarta fino all'invaso Trinità;
4. Fiume Delia a valle del bacino di Trinità.



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
F. Delia	Fiume Grande sino alla confluenza con il Canale della Mokarta	R1905404	Intermittente	Scorrimento superficiale	Piccolo (5-25 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio
Canale della Mokarta	Canale Mokarta sino alla confluenza con il fiume Grande	R1905402	Intermittente	Scorrimento superficiale	Piccolo (5-25 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio
F. Delia	Fiume Delia dalla confluenza con il canale della Mokarta sino all'invaso Trinità	R1905403	Intermittente	Scorrimento superficiale	Piccolo (5-25 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio
F. Delia	Fiume Delia dall'invaso Trinità sino alla foce	R1905401	Intermittente	Scorrimento superficiale	Piccolo (5-25 km)	Piccolo (25-125 kmq)	20IN7N	A rischio

Dei quattro corpi idrici riportati in tabella, solo gli ultimi due risultano oggetto di monitoraggio da parte di ARPA Sicilia.

7.1 Fiume Delia a monte del bacino

Il fiume Delia (codice corpo idrico IT19RW05403) si estende dalla confluenza del Canale della Mokarta nel fiume Grande fino all'invaso di Trinità.

Nel corso del 2019 è stato eseguito un monitoraggio degli elementi chimico-fisici per il calcolo del LIMeco, degli inquinanti di tab. 1/B del D.Lgs. 172/2015 a supporto dello stato ecologico e delle sostanze prioritarie di tab. 1/A per lo stato chimico.

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	-	-	-	elevato	sufficiente	scarso	buono

7.2 Fiume Delia a valle della diga di Trinità

Il fiume Delia (codice corpo idrico IT19RW05401) si estende dall'invaso di Trinità alla foce nel Mar Mediterraneo.

Nel 2015 è stato eseguito un monitoraggio dei macroinvertebrati, delle macrofite e degli elementi chimico-fisici per il calcolo del LIMeco; è stato inoltre valutato lo stato ecologico del corso d'acqua.

Nel corso del 2019 è stato eseguito un monitoraggio degli elementi chimico-fisici per il calcolo del LIMeco, degli inquinanti di tab. 1/B del D.Lgs. 172/2015 a supporto dello stato ecologico e delle sostanze prioritarie di tab. 1/A per lo stato chimico.

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

Tabella 7-3: risultati monitoraggi ARPA

Periodo indagine	Macroinvertebrati	Diatomee	Macrofite	LIMeco	Tab1/B	Stato ecologico	Stato chimico
2015	non buono	-	non buono	sufficiente	-	non buono	-
2019	-	-	-	elevato	buono	-	buono



8 MODALITÀ DI GESTIONE DEL VOLUME UTILE E DEI SEDIMENTI 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 sia 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 Trinità la gestione del sedimento presente pone differenti tematiche alcune perseguibili altre oggettivamente ad oggi non attuabili.

Si ritiene infatti che debbano essere messe in atto appena possibile tutte le misure utili alla rimozione del sedimento presente nei pressi dell'imbocco dello scarico di fondo e dell'opera di presa.

Di contro pare di difficile se non impossibile la messa in atto una strategia di pieno recupero del volume utile, in cui sono come detto presenti circa 5.345.200 di m³ di sedimento con relativi risvolti tecnici, ambientali ed economici che paiono al momento difficilmente superabili. Peraltro gli attuali volumi di invaso, unitamente agli interventi di seguito descritti, garantiscono per lungo tempo la piena sostenibilità degli usi in essere; per questo motivo si ritiene che sia più rispondente al caso in esame il mantenimento del c.d. "volume utile sostenibile" così come definito dal manuale *"La gestione dell'interrimento dei serbatoi artificiali italiani, situazione attuale e prospettive"* (ITCOLD- Comitato Nazionale Italiano delle Grandi Dighe -2016).

Pertanto gli interventi presentati nei seguenti paragrafi e programmati nei prossimi anni hanno 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 20 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 Trinità 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 di alcuni m^3/s (non superiore a $17 m^3/s$) per un tempo di alcuni minuti sino all'osservazione dell'assenza di significativo trasporto solido nelle acque scaricate.
- Tali operazioni, prevedibili mediamente 2-3 volte l'anno qualora se ne verificassero le condizioni, prevedono la rimozione di alcune decine di m^3 di sedimento ad apertura ed un totale annuo nell'ordine di poche centinaia di m^3 ; tali quantitativi da un lato consentono comunque di mantenere la pervietà dello scarico e dall'altro non costituiscono criticità per l'alveo di valle.
- 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 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. 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.

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.

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.

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.

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" e approvato dalla Prefettura di Enna con decreto n.28964, del 12/08/2020.

8.3 Gestione del sedimento presso l'opera di presa e lo scarico di fondo

Come detto, nel bacino di Trinità i rilievi morfobatimetrici eseguiti hanno evidenziato che la gestione prioritaria del sedimento deve riguardare in particolare la frazione sedimentata nelle vicinanze dell'opera di presa e scarico di fondo.

A tal fine sono, in linea teorica, attuabili differenti interventi, sia quelli più tradizionali, quali lo sfangamento o spurgo piuttosto che la rimozione/movimentazione meccanica, a bacino vuoto che quelli più selettivi di dragaggio o sorbonatura a bacino invaso. I primi però necessitano come detto del bacino vuoto quindi sono condizionati stagionalmente dai vincoli legati alle utenze irrigue e la periodi di accumulo invernale/primaverile.

Ciò premesso quindi si ritiene che l'unico periodo in cui tali approcci operativi a bacino vuoto siano attuabili è quello della prima metà dell'autunno al termine del periodo irriguo e prima del periodo delle piogge tardo autunnali ed invernali.

Ai fini del controllo dell'interramento dell'area dell'opera di presa e dello scarico di fondo 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).

8.3.1 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 Trinità, 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, qualora le condizioni idrauliche e le disponibilità idriche lo consentano.

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, 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.

8.3.2 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.



8.3.3 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*”.

Sin da ora in allegato si riporta il primo Piano operativo relativo alla gestione del sedimento nei pressi dell’opera di presa e dello scarico di fondo redatto sulla base di quanto previsto dal DM 30 Giugno 2004 e delle Linee di indirizzo regionali. Oggetto del citato Piano operativo sono gli interventi previsti sul sedimento nei pressi delle opere di presa e scarico.

8.4 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 come detto non pare ad oggi un obiettivo perseguibile per diversi motivi:

- i notevoli volumi solidi interessati; circa 5,3 milioni di m³ già presenti ed un incremento medio annuo prossimo a 94.500 m³;
- 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.

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, palancolatura) 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.



8.5 Svuotamento per manutenzione

Tenendo in considerazione quanto esposto relativamente alle difficoltà ed alle criticità di uno svuotamento del bacino di Trinità 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 come detto nel periodo settembre-ottobre, dopo il periodo estivo di maggiori idro-esigenze, quando il livello idrico è già normalmente il più basso e prima delle piogge tardo autunnali- 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 Trinità 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).

8.6 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.



Un'operazione di questo tipo, per risultare maggiormente 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. Tale opzione però farebbe perdere preziosi volumi idrici accumulati normalmente nei periodi di morbida idrologica; per questo motivo si ritiene che tale intervento possa essere messo in atto analogamente a quello descritto nel paragrafo precedente, nella prima metà dell'autunno.

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.

8.7 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 Trinità 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.

Qualora venissero messi in atto interventi di svuotamento per manutenzione o sghiaimento/sfangamento, descritti nei paragrafi precedenti, questa opzione operativa potrebbe accompagnarli intervenendo in questo caso con una rimozione meccanica che potrebbe riguardare le aree antistanti le opere di presa e scarico profondo.

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.

8.8 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 Trinità 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 12.155.000 di m³ e la sedimentazione media annua, di circa 94.500 m³/anno e quindi pari a poco più dello 0,5%; 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 (op. specifica)	Garantire gli usi in essere e la piena funzionalità degli organi di presa e scarico	3 -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 Trinità si osserva una sedimentazione media annua di circa 94.500 m³/anno; 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 Trinità 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

	PROGETTO DI GESTIONE – INVASO DI TRINITÀ – REV.1	pag. 75
		(Set-22)

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.

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 500 metri dallo sbarramento;
2. a circa 6,5 km dallo sbarramento, in corrispondenza del ponte in località Vignale;
3. a circa 10 km dallo sbarramento, poco a monte del ponte della SP25.

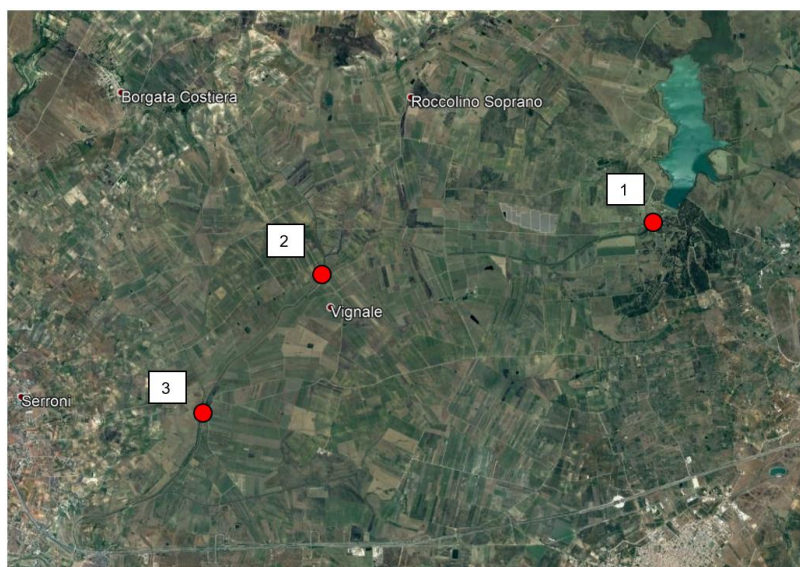


Figura 12-1: localizzazione delle stazioni di monitoraggio chimico-fisico ed ecologico



12.2 Monitoraggio chimico-fisico durante le operazioni

Le attività sono effettuate, in continuo, per tutta la durata dell'operazione nelle stazioni di monitoraggio situate a valle della diga (staz. 1) e in corrispondenza del ponte in località Vignale (staz. 2). 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 tre le 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 Trinità, e quindi potenzialmente interessati dalle operazioni di gestione del serbatoio, sono: Castelvetro e Mazara del Vallo.



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 Trinità.



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



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.

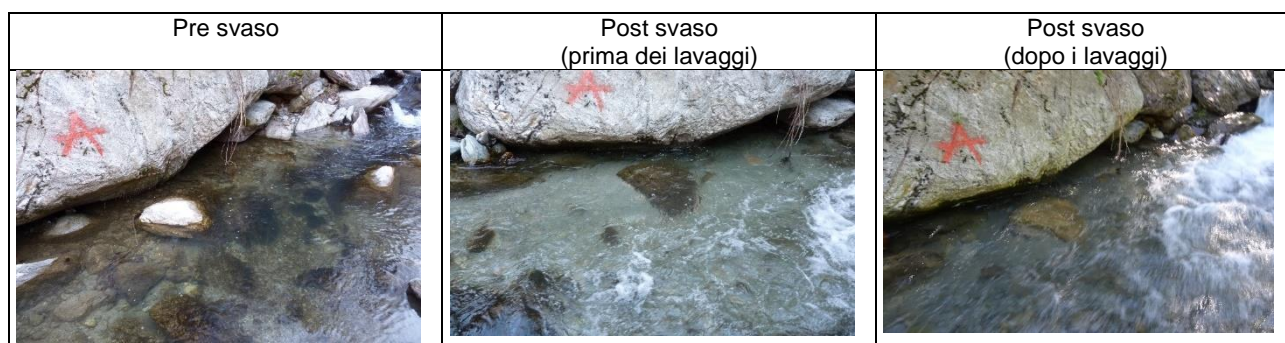


Figura 14-8: confronto fotografico dei substrati

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 m², 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 m² 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 multimetrico 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 epifitiche. 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.

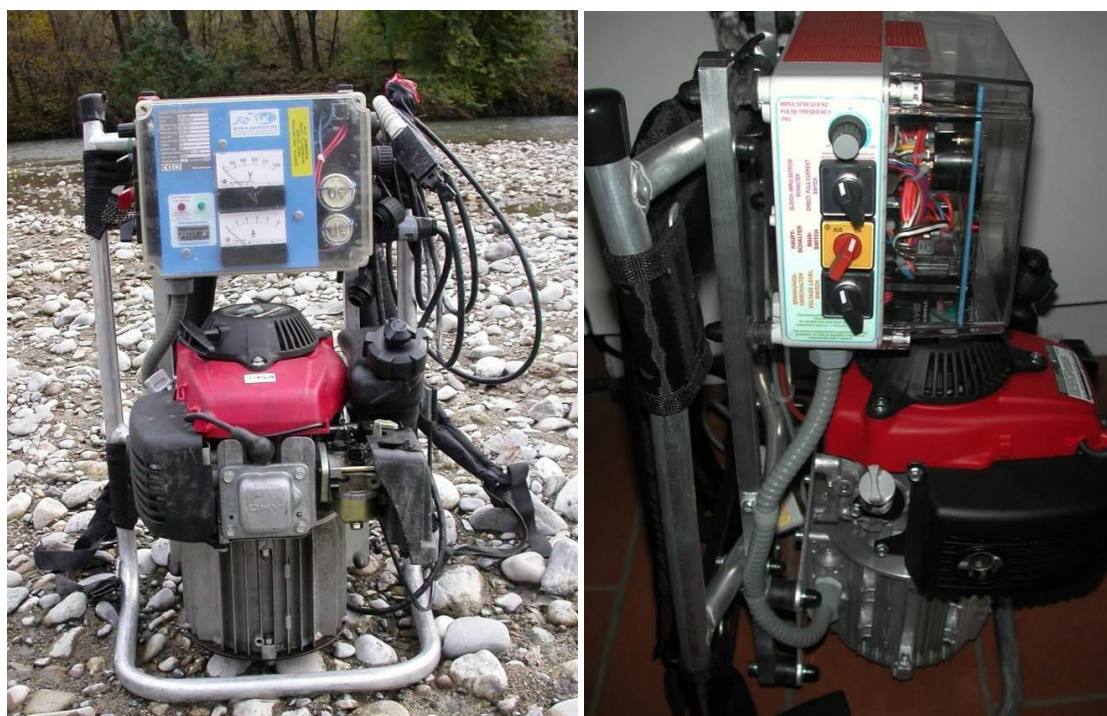


Figura 14-11: elettrostorditore spallabile da 1300 W



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.



15 ALLEGATI

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