

REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI

SERVIZIO 3 – PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE INTERVENTI INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE

Piano Operativo Infrastrutture FSC 2014-2020 – II Addendum – Delibera CIPE 12/2018

DIGA CIMIA

Servizi di architettura e ingegneria relativi all'espletamento di: rivalutazione della sicurezza sismica del corpo diga e delle opere accessorie, rivalutazione idrologico-idraulica per la verifica del franco della diga, studio dei moti di filtrazione, progetto di gestione dell'invaso ex art. 114 del D.Lgs. 152/2006, redazione del progetto definitivo ed esecutivo e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione degli interventi di manutenzione straordinaria e messa in sicurezza della diga Cimìa in territorio del Comune di Niscemi (CL) gestita dalla Regione Siciliana.

Codice gara: 092_Cimia_01 CUP: G99E18000060001 CIG: 77505579F6



PROGETTO DI GESTIONE DEL SERBATOIO

Roma 15/1/2022

Documento Progetto di Gestione del Serbatoio
Codice C726 - PdGI

Revisione	Data	Redatto	Revisionato	Approvato
			Responsabile del progetto	Responsabile della Mandataria
0	28/7/2020	GLB LSE	GGA	GLU
1	29/5/2021	GLB LSE	GGA	GLU
2	4/8/2021	GLB LSE	GGA	GLU
3	15/1/2022	GLB LSE	GGA	GLU

Codici personali

Giorgio Lupoi	GLU
Gianluca Gatto	GGA
Fabio Oliva	FOL
Francesco Bisci	FBI
Luciano Serra	LSE
Giovanni La Barbera	GLB

Giovanni La Barbera



INDICE

1	PREMESSA	2
2	STRUTTURA DEL PdGI.....	4
3	CARATTERIZZAZIONE DI BASE	5
3.1	Generalità	5
3.2	Inquadramento geografico	5
3.3	Inquadramento tecnico-amministrativo	7
3.3.1	Dati identificativi dell'impianto.....	7
3.3.2	Ente Concessionario e Gestore	8
3.3.3	Figure responsabili	8
3.3.4	Concessione di derivazione.....	8
3.3.5	Collaudo dell'opera	8
3.3.6	Comuni interessati dalla presenza dell'invaso	8
3.3.7	Foglio Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione	8
3.3.8	Documento di protezione civile (DPC)	9
3.3.9	Studi delle onde di piena	9
3.3.10	Massima piena transitabile in alveo a valle	9
3.3.11	Invasi sperimentali	9
3.4	Caratteristiche della diga e del serbatoio	10
3.4.1	Sbarramento	10
3.4.2	Opere di scarico e di derivazione.....	12
3.4.3	Caratteristiche del serbatoio	14
3.4.4	Caratteristiche geometriche e funzionali della diga e del serbatoio	14
4	BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME GELA	17
4.1	Dati generali	17
4.2	Assetto morfologico	20
4.3	Uso del suolo	21
4.4	Cenni di climatologia	24
4.4.1	Generalità	24
4.4.2	Stazioni termo-pluviometriche	24
4.4.3	Regime termico	25
4.4.4	Regime pluviometrico	25
5	BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE CIMIA	27
5.1	Caratteristiche generali.....	27
5.2	Descrizione dei sottobacini sottesi alla sezione di sbarramento	27
5.3	Idrografia	28

5.4	Geologia dell'area	29
5.5	Aree vincolate	33
5.6	Pressioni antropiche nel bacino imbrifero sotteso alla sezione di sbarramento	35
6	SCHEMA IDRAULICO CON DESCRIZIONE DEGLI UTILIZZI	36
6.1	Generalità	36
6.2	Erogazione a scopo irriguo e potabile	36
7	CARATTERIZZAZIONE DELL'INVASO	38
7.1	Generalità	38
7.2	Stima quantitativa dei sedimenti depositati nel serbatoio	38
7.2.1	Indagini batimetriche e topografiche del serbatoio.....	38
7.2.2	Modalità operative delle indagini batimetriche e topografiche	38
7.2.3	Risultati ottenuti dalle indagini batimetriche e topografiche (rilievo 2020)	39
7.3	Proprietà chimiche e fisiche dei sedimenti e delle acque dell'invaso	41
7.3.1	Generalità	41
7.3.2	Piano di campionamento e caratterizzazione dei sedimenti	41
7.3.3	Caratterizzazione dei sedimenti	42
7.3.4	Caratterizzazione delle acque di invaso	45
7.4	Definizione dello stato di qualità ambientale dell'invaso	47
8	L'INTERRIMENTO DEL SERBATOIO	51
8.1	Generalità	51
8.2	Stato attuale di interrimento del serbatoio	51
8.3	Interrimento all'imbocco dello scarico di fondo	53
8.4	Spessori dei sedimenti nella porzione della capacità utile	53
8.4.1	Distribuzione	53
8.4.2	Definizioni	55
8.4.3	Rilievo batimetrico 2011	55
8.4.4	Rilievo batimetrico 2020	55
8.4.5	Sedimenti depositati nella capacità utile del serbatoio	56
8.5	Sintesi del quadro evolutivo dell'interrimento del serbatoio	56
8.6	Interazione tra l'opera di sbarramento e i sedimenti	60
8.7	Volume di interrimento medio annuo del serbatoio	61
8.7.1	Rilievo batimetrico 2011	61
8.7.2	Rilievo batimetrico 2020	61
8.8	Producibilità specifica media annua di sedimenti del bacino imbrifero	61
8.9	Tasso di interrimento medio annuo	61

8.9.1 Rilievo batimetrico 2011	61
8.9.2 Rilievo batimetrico 2020	62
8.10 Indice del tempo medio di ricambio dell'acqua nel serbatoio.	62
8.11 Indice di vita utile del serbatoio	63
8.12 Rilievi batimetrici e topografici periodici di controllo	63
9 PROGRAMMA DI GESTIONE DELL'INVASO	65
10 INTERVENTI ORDINARI PERIODICI	66
10.1 Pulizia delle opere di restituzione a valle	66
10.2 Spurghi/cacciate	67
10.2.1 Generalità	67
10.2.2 Modalità operative delle operazioni di spurgo	68
10.2.3 Programma temporale delle operazioni di spurgo	70
10.3 Monitoraggio durante le operazioni di spurgo.....	71
11 INTERVENTI STRAORDINARI.....	73
12 PRIMO PIANO OPERATIVO.....	74
12.1 Descrizione dell'intervento.....	74
12.2 STIMA DELLE OPERE.....	76
13 SECONDO PIANO OPERATIVO	79
13.1 Premessa	79
13.2 Alternative disponibili	82
13.3 Sistema adottato.....	82
13.4 Valutazione economica.....	84
13.4.1 Generalità	84
13.4.2 Analisi funzionali.....	85
13.4.3 Analisi dei prezzi complessi.....	87
13.4.4 Computo estimativo – Costo economico annuo	89
13.4.5 Computo estimativo – Analisi finanziaria.....	90
14 PIANO PER LA RIDUZIONE DEI SEDIMENTI IN INGRESSO	93
14.1 Generalità	93
14.2 Interventi previsti.....	93
14.2.1 Generalità	93
14.2.2 Interventi intensivi	96
14.2.3 Interventi estensivi	97
14.2.4 Computo metrico estimativo.....	99

15 SINTESI DEL COSTO DEGLI INTERVENTI.....	102
16 CRONOPROGRAMMA	103
17 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	106
ALLEGATO 1- ELABORATI GRAFICI: SEZIONI MONTE-VALLE.....	107

Abbreviazioni ed acronimi

CAP	Capacità del serbatoio
CUGRI	Consorzio Inter-universitario per la prevenzione e previsione dei grandi rischi
CLC	Corine Land Cover
DMV	Deflusso Minimo Vitale
GIS	Geographic Information System
ICOLD	International Commision on Large Dams
I.G.M	Istituto Geografico Militare
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
LdQ	Limite di quantificazione
LTLecco	Livello Trofico dei Laghi per lo stato ecologico
MIT-DGD	Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione Generale per le Dighe
P.A.I.	Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico
PCM	Presidenza del Consiglio dei Ministri
PdGI	Progetto di Gestione dell'Invaso
PGRA	Pisno di Gestione del Rischio Alluvioni
RTI	Raggruppamento Temporaneo di Imprese
SIAS	Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano
SQA	Standard di Qualità Ambientale
UTD	Ufficio Tecnico per le Dighe di Palermo
VDMA	Volume di Deflusso Medio Annuo

1 PREMESSA

L'RTI Studio Speri (capogruppo mandataria) - Waterways (mandante) è aggiudicataria dei servizi di relativi alla: rivalutazione della sicurezza sismica del corpo diga e delle opere accessorie, rivalutazione idrologico-idraulica per la verifica del franco della diga, studio dei moti di filtrazione, progetto di gestione dell'invaso ex art. 114 del D.Lgs. 152/2006, redazione del progetto definitivo ed esecutivo e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione degli interventi di manutenzione straordinaria e messa in sicurezza dello scarico di fondo della diga Cimìa, per conto della Regione Siciliana.

Questo documento riguarda il progetto di gestione dell'invaso di Cimìa, ed è redatto ai sensi dell'Art. 114 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - norme in materia ambientale pubblicato nella G.U. n. 88 del 14 aprile 2006, e successive modifiche ed integrazioni, ed in conformità al D.M. del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio del 30/6/2004, e nel rispetto degli indirizzi di progettazione e gestione prescritti al capo II del capitolato tecnico prestazionale.

Nel seguito il progetto di gestione del serbatoio viene indicato con gli acronimi PGI o PdG).

Il documento è stato completato e consegnato a luglio 2020. Il processo di controllo ed approvazione è stato complesso per diversi motivi.

Il PdGI è stato consegnato ad agosto 2020 alla Stazione Appaltante con PEC del 4.8.2020 (prot. DRAR n. 31327 del 5.8.2020).

L'istruttoria si è protratta fino ad aprile 2021. I documenti di istruttoria hanno richiesto degli adeguamenti, principalmente in base alle richieste normative espresse dalla Regione Sicilia a gennaio 2021, di cui è risultato importante tenere conto. Tali prescrizioni riguardano principalmente, la volontà di preservare la capacità utile dei serbatoi, indipendentemente dai costi necessari per procedere a tale risultato, costi che si era osservato fossero rilevanti e che comporterebbero interferenze non trascurabili con l'esercizio del serbatoio.

Il PdGI è stato aggiornato anche tenendo conto delle osservazioni e delle richieste formulate nel parere espresso dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Palermo con nota 3539 del 18/2/2021 e dell'Istruttoria del Progetto di Gestione dell'Invaso della diga Cimìa esperita dal Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia con nota Prot. n. 6666 del 29/4/2021.

IL PdGI è stato conseguentemente rimodulato e nuovamente sottoposto all'attenzione del Gestore e degli organi di istruttoria per l'approvazione.

A tali prescrizioni si è corrisposto rimodulando il PdGI, consegnato il 6 giugno 2021 (revisione 1) e successivamente integrato con alcune aggiunte di documentazione fornita dal Gestore il 30 luglio 2021 (revisione 2).

La revisione 2 del PDGI recepisce le richieste della stazione appaltante formulate con la lettera Prot. n. 28751 del 22/7/2021, che consistono nell'inserimento di un capitolo dedicato alla descrizione dello schema idraulico e degli utilizzi della risorsa idrica. Questo a seguito della specifica richiesta dell'Autorità di Bacino in conformità alle direttive emanate dalla stessa con D.S.G. n. 1/2021, come riportato nel relativo allegato a pag. 13 alla voce n. 3 dell'elenco: *Schema idraulico con descrizione degli utilizzi*. Lo schema idraulico è stato definito sulla base dei dati forniti dalla Stazione Appaltante in allegato alla lettera Prt. n. 28751 del 22/7/2021. Queste documentazioni, di competenza del Gestore, non erano state include nella revisione 1 in quanto non disponibili.

Il 12 dicembre 2021 la committenza ha trasmesso la lettera della Autorità di Bacino del distretto idrografico della Sicilia, di pari data, che a riguardo del PdGI prescrive una rimodulazione basata sui seguenti punti:

1. attestare che le istanze del DGD sono state accolte
2. elidere soluzioni alternative su cui siano pendenti scelte e decisioni
3. allegare il progetto della sopraelevazione dell'imbocco dello scarico di fondo e la rimozione dei sedimenti che lo interessano

A riguardo di queste prescrizioni di istruttoria si è proceduto alla rimodulazione richiesta, di cui alla presente revisione 3.

A riguardo si osserva che:

- Viene confermato che le richieste del DGD erano state accolte integralmente.
- Sono elise le alternative di soluzioni esaminate ma non adottate
- Il progetto di sovrizzo viene redatto nella sua versione definitiva e consegnato in allegato al PdGI rimodulato.

2 STRUTTURA DEL PdGI

Fondamentalmente il PdGI si compone di due parti:

- la prima parte comprende tutte le attività conoscitive che sono state svolte per la definizione della caratterizzazione di base dell'impianto e del sistema fisico ad esso connesso;
- la seconda parte comprende il programma di gestione dell'invaso con la finalità di preservare la capacità utile del serbatoio nel medio lungo termine.

Caratterizzazione di base

Le principali acquisizioni in termini di conoscenze sul sistema sono state:

- I rilievi batimetrici eseguiti nel 2011 e nel 2020 hanno evidenziato che il serbatoio del Cimino ha perso ad oggi il 31,8 % della sua capacità di invaso iniziale.
- La capacità utile iniziale si è ridotta dagli iniziali 7.000.000,00 m³ a 6.340.000,00 m³.
- I rilievi batimetrici hanno evidenziato un interrimento medio annuo compreso tra 70 000 e 100.000 m³. L'invaso è quindi classificabile con tempo di vita media utile da media a bassa (ICOLD 2009).
- Viene presentato un piano di intervento adeguato nel bacino a monte della diga

Progetto di gestione dell'invaso

Con riferimento al programma di gestione dell'invaso sia nel breve sia nel medio/lungo periodo, sono stati definiti

1. Gli interventi da attuare nel bacino imbrifero di monte per il contenimento dell'erosione e per la limitazione del trasporto solido.
2. Gli interventi urgenti per riefficientare lo scarico di fondo.
3. Gli interventi volti a ridurre il deposito nel serbatoio dei solidi trasportati dalle piene, ed insieme il sistema per recuperare la capacità utile del serbatoio, come previsto dalla norma.

3 CARATTERIZZAZIONE DI BASE

3.1 Generalità

La caratterizzazione di base descrive, come stabilito dalla normativa vigente, gli elementi che compongono il sistema su cui opera l'impianto quali il bacino imbrifero di monte, l'invaso, il corpo idrico di valle nonché i risultati delle indagini quantitative e qualitative per la definizione delle caratteristiche chimico – fisiche e meccaniche dei sedimenti e delle acque dell'invaso.

Essa comprende la conoscenza di base del sistema ambientale, territoriale e fisico in cui è inserito l'invaso con riferimento agli aspetti a carattere idrologico, geomorfologico, idrografico, biologico ed ecologico.

Il risultato atteso è la definizione di un quadro conoscitivo complessivo attraverso il quale poter valutare:

1. i tempi e le modalità di interrimento dell'invaso;
2. la possibilità di mettere in atto tutte le misure, strutturali e gestionali, per prevenire e mitigare il deposito di sedimenti all'interno dell'invaso;
3. gli effetti delle manovre proposte e previste dal progetto di gestione, così come prescritto dal D.M. 30 giugno 2004, art. 3.

3.2 Inquadramento geografico

L'invaso del Cimìa ricade nel territorio della provincia di Caltanissetta ed interessa i territori comunali di Mazzarino e Niscemi, mentre il corso d'acqua a valle della diga ricade nel comune di Gela.

La figura 3.1 riporta l'immagine della Sicilia con l'ubicazione dei serbatoi più significativi. Si osserva che il serbatoio Cimìa è ubicato nel settore sud-orientale dell'isola, il bacino imbrifero del serbatoio costituisce un sottobacino del bacino idrografico del fiume Gela.

Facendo riferimento alla porzione in basso della figura si vede rappresentato il bacino imbrifero alla sezione di sbarramento del serbatoio Cimìa con la parte di bacino allacciato del fiume Maroglio.

A valle dell'opera di sbarramento il torrente Cimìa diventa tributario del fiume Maroglio il quale a sua volta è un tributario del fiume Gela.

Ai fini di una più precisa localizzazione dell'invaso, nella figura 3.2 è riportata l'immagine satellitare da google earth del serbatoio Cimìa con l'indicazione delle coordinate geografiche WGS84 del punto centrale del coronamento della diga.



Figura 3.1 – Inquadramento geografico del serbatoio Cimia



Figura 3.2 – Planimetria del serbatoio Cimia

3.3 Inquadramento tecnico-amministrativo

3.3.1 Dati identificativi dell'impianto

I dati identificativi dell'impianto sono stati desunti dal Foglio Condizioni per l'Esercizio e la manutenzione dell'impianto e sono riportati nella seguente tabella 3.1.

Tabella 3.1 – dati principali dell'impianto

Denominazione dello sbarramento	diga Cimia – arch. n°1337/A
Corso d'acqua	Torrente Cimia (affluente in destra idrografica del fiume Maroglio)
Bacino idrografico principale	fiume Gela
Bacino allacciato	fiume Maroglio (l'allaccio è stato dismesso in quanto la traversa di derivazione risulta non funzionante). L'invaso Cimia è attualmente collegato con il serbatoio Disueri tramite una condotta metallica di acciaio
Utilizzazione	irrigua e potabile
Ubicazione	Passo del Cerasato - <i>comune:</i> Niscemi e Mazzarino; <i>provincia di</i> Caltanissetta

Collegamento telefonico casa di guardia	0933-951750
--	-------------

3.3.2 Ente Concessionario e Gestore

- *Denominazione:* Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità – Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti – Servizio 4 Infrastrutture per le Acque (subentrato nel 2011 al Consorzio di Bonifica 5 Gela).
- *Indirizzo:* Viale Campania 36/a – 90144 Palermo;
- *Tel.:* 091/6391111 – *fax:* 091-518782
- *PEC:* dipartimento.acqua.rifiuti@certmail.regione.sicilia.it

3.3.3 Figure responsabili

- *Ingegnere responsabile:* Ing. Rosa Valente (nominato con Decreto del Dirigente dell'ex Servizio 3 del D.R.A.R. n. 322 del 22/03/2011. – Indirizzo: Via Beato Bernardo n. 5 – 95124 Catania. – recapiti: cell. 366-6138413 – 095-322294.
- *Ingegnere sostituto:* Ing. Salvatore Sorbello (nominato con Decreto del Dirigente dell'ex Servizio 3 del D.R.A.R. n. 322 del 22/03/2011. – Indirizzo: Via Beato Bernardo n. 5 – 95124 Catania. – recapiti: 347-0621577 - 095-322294.
- *Responsabile dell'impianto:* Dott. Paolo Nifosi - Indirizzo: c/o casa di guardia della diga Cimia (con turnazione bisettimanale) - recapiti: tel. 0933.951750 – cell. 348.4401921.

3.3.4 Concessione di derivazione

- Richiedente la concessione: Consorzio di Bonifica 5 Gela - Gela (CL) (domande avanzate al Ministero dei LL.PP. in data 29/09/67 e 10/01/68.
- Utilizzazione del serbatoio: regolazione annuale per uso irriguo

3.3.5 Collaudo dell'opera

Il certificato di collaudo ai sensi del DPR 1.11.1959 n°1363, ad oggi, non è stato ancora emesso.

3.3.6 Comuni interessati dalla presenza dell'invaso

Come si può evincere dalla mappa dei limiti dei territori comunali riportata in figura 3.3 l'invaso del Cimia ricade all'interno dei territori comunali di Mazzarino per la porzione in sponda destra e di Niscemi per la porzione in sponda sinistra, mentre a valle dell'invaso il territorio comunale interessato è quello di Gela.

3.3.7 Foglio Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione

Rev. N.0 del 28/02/1997, approvata dal SND il 05/11/1999 prot. 7963 e sottoscritta dal Concessionario il 06/03/2000, come integrato dalle circolari UPDA 25351 del 10/11/2017 per le procedure in caso di eventi sismici, e UDPA 3356 del 13/02/2018 per le procedure relative alle misure idrologico idrauliche.

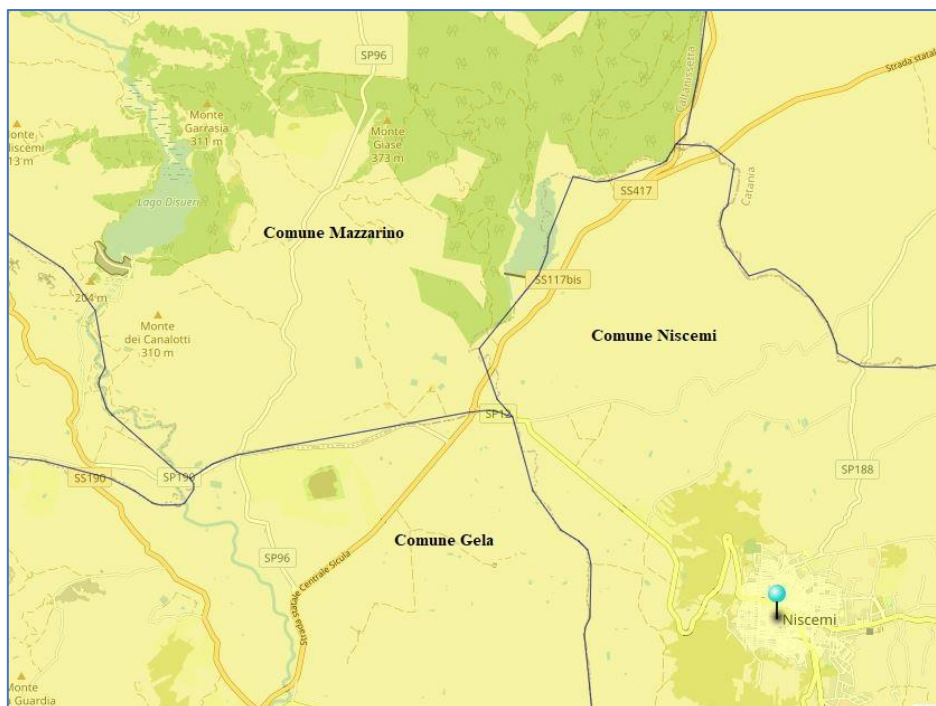


Figura 3.3 – Comuni confinanti e interessati dall'invaso Cima

3.3.8 Documento di protezione civile (DPC)

- Rev. N.0 del 28/02/1997
- Rev. N.1 del settembre 2012 approvata dalla prefettura il 21/03/2013 prot. 309
- Con decreto n. 69687 del 5/12/2019 la Prefettura di Caltanissetta ha approvato il DPC e lo ha trasmesso agli Organismi interessati con nota prefettizia n. 72762 del 18/12/2019.

3.3.9 Studi delle onde di piena

- Per le manovre sugli scarichi (aprile 1992): parere CUGRI positivo tipo "C" del 20/01/1998
- Per ipotetico collasso della diga (aprile 1992, integrato giugno 1999): istruttoria conclusa con esito positivo nel settembre 2013.

3.3.10 Massima piena transitabile in alveo a valle

L'Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia ha convalidato, con nota n. 5977/2019, il valore della suddetta portata massima transitabile nell'alveo a valle Q_{Amax} in $3 \text{ m}^3/\text{s}$, che risulta essere quello attualmente riportato nel DPC (Documento di Protezione Civile).

Si ribadisce tuttavia che tale valore non deriva da apposito studio per la determinazione della massima portata transitabile in alveo, ma è semplicemente il valore che l'Ente Gestore ha comunicato quale valore massimo delle portate rilasciate a valle in occasione dell'apertura periodica dello scarico di fondo per gli spurghi finalizzati a mantenere la pervietà dell'imbocco.

3.3.11 Invasi sperimentali

L'invaso della diga è iniziato nel 1979, oggi è autorizzata la quota 138,50 m s.l.m. inferiore di 2 metri alla quota di massima regolazione.

Dal 9/8/2004 al 30/4/2006 è stato autorizzato il raggiungimento della quota di massima regolazione, il mancato adempimento alle richieste formulate dall'autorità di controllo all'atto dell'autorizzazione alla quota massima ha avuto come conseguenza il ripristino della quota precedentemente autorizzata.

3.4 Caratteristiche della diga e del serbatoio

3.4.1 Sbarramento

Lo sbarramento, in materiali sciolti, ha andamento longitudinale rettilineo con risvolto in sponda sinistra ad angolo retto, raccordato da un arco di cerchio (vedi figura 3.4):

- la sezione trasversale di massima altezza ha forma trapezoidale (vedi figura 3.5), con larghezza in testa di 6,00 m e larghezza alla base di 198 m circa;
- il paramento di monte è costituito da una linea spezzata, con pendenze dall'alto verso il basso di 2/1, 2,5/1, 5/1, e si attesta al piede nel rilevato dell'avandiga;
- il paramento di valle è anch'esso costituito da una spezzata, interrotta da tre banchine di larghezza 2,00 m, alle quote 135,00, 126,00 e 117,00 m s.l.m., ed ha pendenze dall'alto verso il basso di 2/1, 2,25/1, 2,5/1, 2,5/1;
- esso si attesta in una piccola unghia di valle in pietrame calcareo assestato.

La diga è zonata, con nucleo di terra per la tenuta. Il nucleo, di forma trapezia, con larghezza in testa (a quota 143,50 m s.l.m.) di 4,00 m ed alla base (a quota 106 m s.l.m. circa), di 23 m circa, è costituito da limi provenienti da cava ed è munito di taglione, a forma di trapezio rovesciato, di larghezza in testa di 45 m circa, alla base di 15 m circa, e di altezza di circa 8,50 m, che si ammorsa nella formazione argillosa di base.

Il rinfiango di monte è costituito da una prima zona di sabbia e ghiaia calcaree, che si estende a ridosso del nucleo e sull'imbasamento del rinfiango fino all'avandiga ed ingloba uno spesso cuscino in materiali alluvionali, (limi, sabbia e ghiaia), e da una seconda zona più esterna in ghiaia grossa e breccia basaltica proveniente da cava.

Il rivestimento esterno, con scogliera di grossi massi calcarei dello spessore di un metro, si estende fino alla quota di 127 m s.l.m., poco al di sotto della quota di massimo svasso normale; il piede del rinfiango è costituito dal rilevato avandiga realizzato con limi dello stesso tipo di quelli del nucleo, che inglobano la testa di una paratia di tenuta, che raggiunge, con profondità variabile, la formazione delle argille compatte di base.

Il rinfiango di valle, separato dal nucleo da un filtro a doppio strato, è costituito da materiali alluvionali tout-venant (limi, sabbia e ghiaia), con intercalati strati filtranti; alla base del rinfiango è presente un tappeto filtrante (sabbia fine e grossa) che si innesta in un'unghia di valle in pietrame calcareo assestato.

È presente un ampio rinterro in materiali provenienti dagli scavi, che sommerge il piede di valle della diga, con superficie superiore a quota 113,00 m s.l.m.

Alla base dello strato più esterno del filtro (ghiaia) è presente un tubo longitudinale di raccolta drenaggi, che prosegue trasversalmente con un tubo di allontanamento, che recapita le acque di drenaggio in un'apposita cabina a valle della diga, dove vengono misurate e successivamente, tramite un altro tubo, convogliate nell'alveo a valle, ovvero pompate ed immesse in un canale a cielo aperto che le recapita in alveo (vedi figure 3.4 e 3.6).

I terreni di fondazione sono costituiti dalla coltre alluvionale che ricopre la formazione di base in argilla del Pliocene. Il corpo diga poggia su tale strato alluvionale, preventivamente bonificato, con asportazione della parte più superficiale, e regolarizzato.

Il nucleo di tenuta è munito di ampio tagliente di forma trapezia rovesciata che si ammorza nella formazione di base di argille compatte. Al di sotto dell'avandiga è realizzata una paratia in calcestruzzo che penetra nella formazione argillosa di base (vedi figura 3.5).

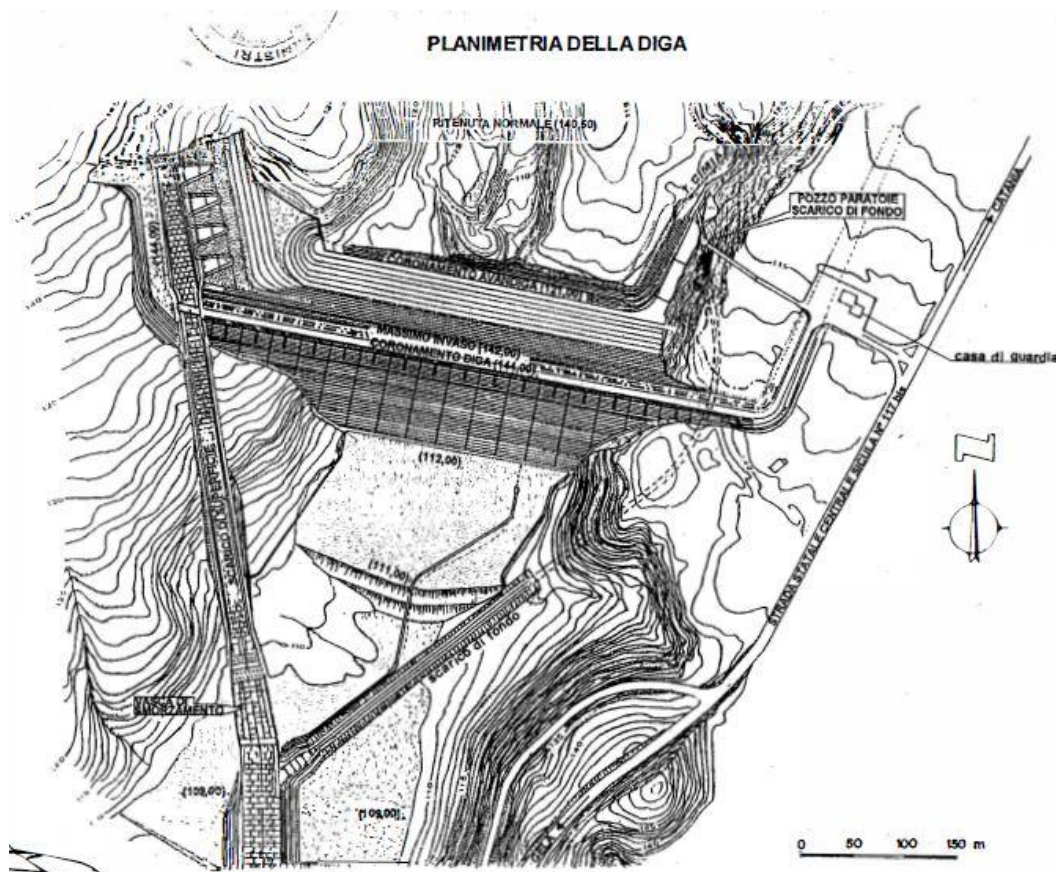


Figura 3.4 - Planimetria dell'opera di sbarramento e delle principali opere complementari



Figura 3.5 – Sezione trasversale maestra della diga

3.4.2 Opere di scarico e di derivazione

Le portate massime esitabili attraverso gli scarichi e derivabili dall'opera di presa irrigua, con livello nel serbatoio alla quota di massimo invaso pari a: 142,00 m s.l.m., sono le seguenti:

1. dallo scarico di superficie 1.100,00 m³/s
2. dallo scarico di fondo 55,00 m³/s
3. dall'opera di presa irrigua 2,30 m³/s

Scarico di superficie

Il manufatto dello scarico di superficie è costituito da una soglia fissa in spalla destra del tipo a labirinto, posizionata alla quota 140,50 m s.l.m., avente sviluppo lineare di circa 348 m, munita di sistema di aerazione della vena stramazante, facenti capo ad aerofori verticali sporgenti dalla soglia.

A fronte della soglia a labirinto è disposto un canale collettore, di larghezza variabile da 20 a 30 m, che si immette, tramite raccordo sagomato, in un canale fugatore a forte pendenza, largo 20 m e lungo circa 318 m, al cui piede è ubicato un tratto di raccordo piano-altimetrico, cui segue la vasca di dissipazione. Questa è del tipo depresso, con denti frangicorrente, della lunghezza di 75 m e di larghezza variabile da 29,40 m a 36 m, con quota di fondo pari a 96,00 m s.l.m. (vedi figura 3.6).

Scarico di fondo

È costituito da una bocca in sponda sinistra, a quota 119,00 m s.l.m., orizzontale, 5,40 x 5,40 m, con griglia in travi di calcestruzzo, da un condotto curvilineo, che lo collega alla base della torre circolare dove sono ubicati gli organi di intercettazione (vedi figura 3.7).

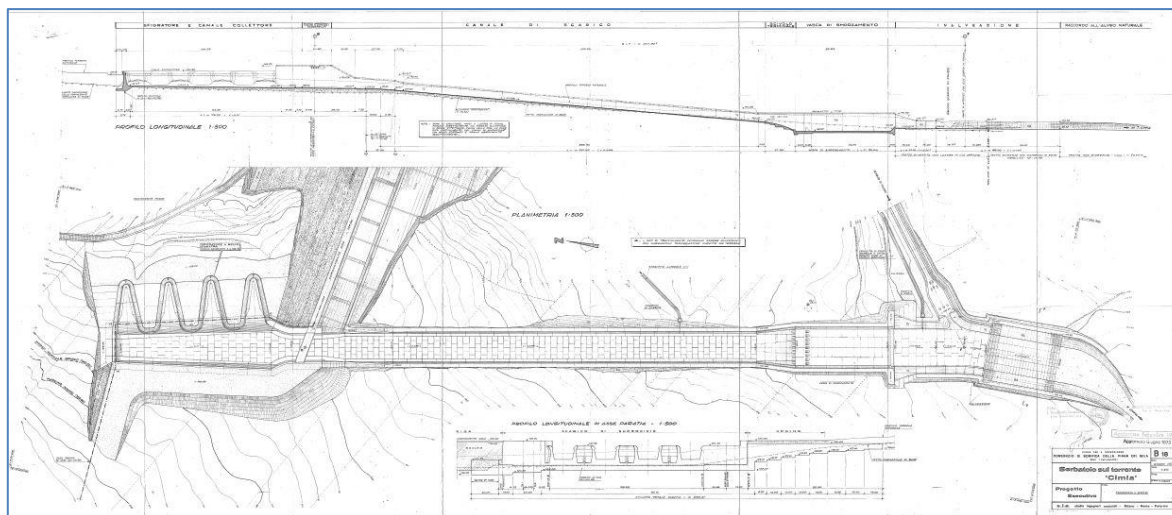


Figura 3.6 – Pianta e sezione dello scarico di superficie

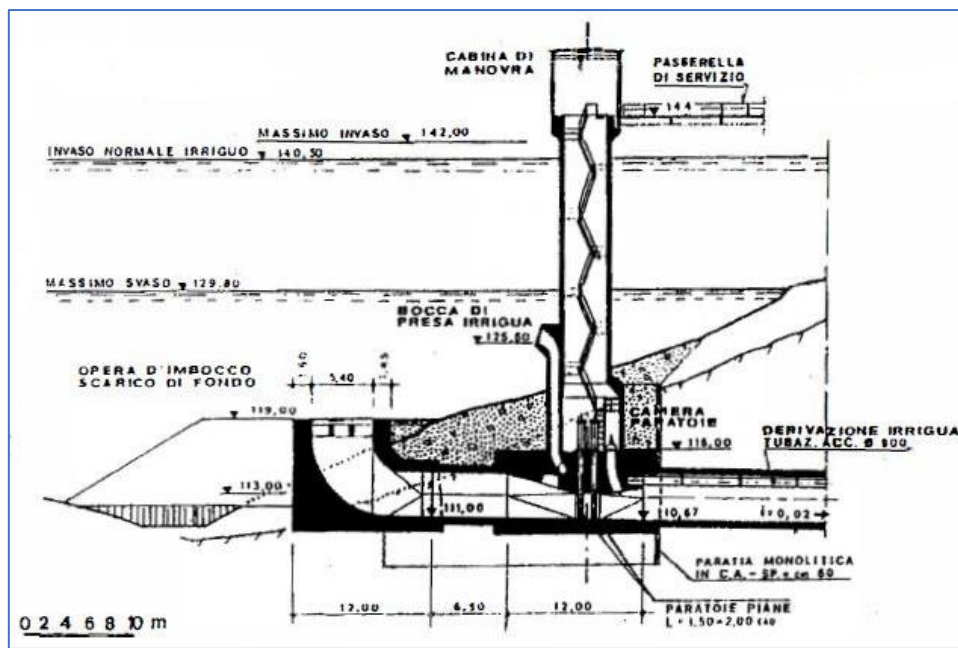


Figura 3.7 – Manufatto di imbocco e pozzo paratoie dello scarico di fondo

A valle della camera paratoie l'opera di scarico è costituita da una galleria a sezione circolare, del diametro di 3,80 m, che attraversa la sponda sinistra e, dopo 383 m, sbocca in un canale a sezione trapezia, di larghezza alla base di 3,00 m e pendenza delle sponde 1/4; il canale ha una lunghezza di 270 m e finisce in una vasca di dissipazione che si raccorda al tratto d'alveo canalizzato a valle dello scarico di superficie.

Alla base della torre di cui sopra vi è la camera delle paratoie di intercettazione dello scarico, due in serie, delle dimensioni di 1,50 x 2,00 m, manovrabili in loco ed a distanza, dalla cabina di comando, ubicata in cima alla torre, tramite dispositivo oleodinamico, alimentato da energia elettrica, da rete ENEL e da gruppo elettrogeno, da energia da motore a scoppio e da energia manuale; il comando può anche avvenire dalla casa di guardia. Alla torre si accede tramite un viadotto in conglomerato cementizio.

Opera di presa irrigua

Le opere idrauliche dello sbarramento comprendono anche un'opera di presa per la derivazione irrigua, dimensionata per una portata massima di 1,2 m³/s. La soglia di imbocco è ricavata nello stesso pozzo di manovra dello scarico di fondo ed è costituita da una "pipa" solidale al pozzo stesso ma completamente esterna ad esso (vedi figure 3.7 e 3.8).

La soglia d'imbocco è disposta a quota 125,60 m s.l.m. e la bocca è protetta da griglia esterna. Il condotto di presa è costituito da una tubazione metallica ϕ 800 che attraversa la camera paratoie, dove è intercettata da una saracinesca a comando automatico. In corrispondenza del blocco paratoie è inoltre prevista una bocca di presa sussidiaria, con possibilità di emungimento dalla stessa galleria dello scarico di fondo, pure controllata da saracinesca.

Il tubo di presa prosegue a valle lungo il cielo della galleria di scarico e termina in un apposito pozzetto di raccordo, disposto, allo sbocco galleria, a lato del canale di scarico all'aperto. Da tale pozzetto ha inizio la derivazione irrigua vera e propria.

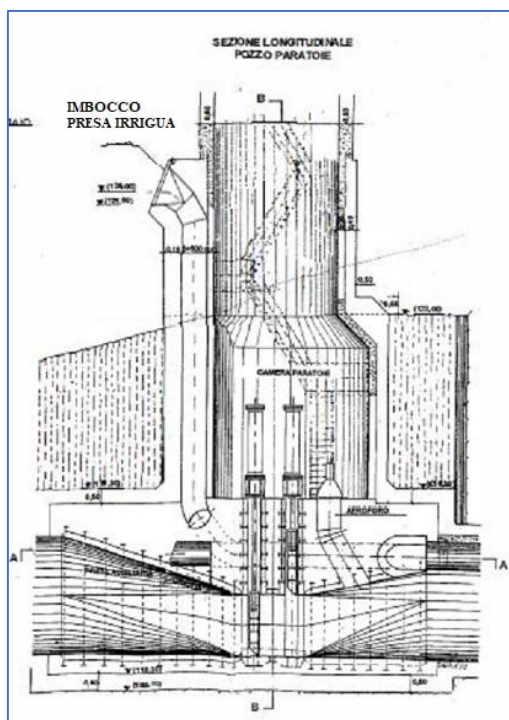


Figura 3.8 – Opera di presa irrigua con condotta in acciaio ϕ 800 mm

3.4.3 Caratteristiche del serbatoio

La morfologia del serbatoio ha subito significative modifiche a partire dal 1979, data di entrata in esercizio sino ad oggi. In particolare, a causa del significativo apporto solido dei corsi d'acqua immissari dell'invaso la capacità morta si è praticamente esaurita già nel 2011, come evidenziato dal rilievo batimetrico eseguito al tempo. Si è formato un deposito a delta nella zona di incile del serbatoio e la quota media dei sedimenti nella zona in prossimità della bocca dell'opera di presa irrigua ha raggiunto 127,50 m s.l.m.

Quindi, essendo la soglia dell'imbocco dell'opera di presa ubicata a quota 125,60 m s.l.m. ne consegue che il tetto dei sedimenti risulta oggi di circa 2,00 m al di sopra della soglia stessa. Ciò è confermato da quanto riferito dai responsabili dell'impianto in merito a fenomeni di acqua molto torbida che in alcune annate recenti è stata riscontrata alle bocche di consegna degli impianti di irrigazione gestiti dal Consorzio di Bonifica.

3.4.4 Caratteristiche geometriche e funzionali della diga e del serbatoio

I principali dati descrittivi riferiti alle caratteristiche geometriche e funzionali della diga/sbarramento, desunti dai progetti approvati, sono riportati nella seguente tabella 3.2:

Tabella 3.2 -dati della diga

DATI PRINCIPALI DELLA DIGA DESUNTI DAI PROGETTI APPROVATI	
altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	46,37 m
altezza della diga (ai sensi della L. 584/94)	39,00 m
altezza di massima ritenuta	32,00 m
quota coronamento	144,00 m s.m.
franco (ai sensi del D.M. 24.03. '82)	2,00 m
franco netto (ai sensi del D.M. 24.03. '82)	1,50 m
sviluppo del coronamento	700,00 m
volume della diga	1.400.000 m ³

I principali dati descrittivi riferiti alle caratteristiche geometriche e funzionali del serbatoio, desunti dai progetti approvati, sono riportati nella seguente tabella 3.3:

Tabella 3.3 – dati del serbatoio

DATI PRINCIPALI DEL SERBATOIO DESUNTI DAI PROGETTI APPROVATI	
quota di massimo invaso	142,00 m s.m.
quota massima di regolazione	140,50 m s.m.
quota minima di utilizzazione	129,80 m s.m.
quota minima di regolazione	119,00 m s.m.
superficie dello specchio liquido:	
alla quota di massimo invaso	0,93 km ²
alla quota di massima regolazione	0,88 km ²
alla quota minima di utilizzazione	0,41 km ²
alla quota minima di regolazione	0,12 km ²
volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.3.'82) [CAP]	11,30 x 10 ⁶ m ³
volume di invaso (ai sensi della L.584/1994)	10,00 x 10 ⁶ m ³

DATI PRINCIPALI DEL SERBATOIO DESUNTI DAI PROGETTI APPROVATI	
volume utile di regolazione	7,00 x 10 ⁶ m ³
volume di laminazione	1,30 x 10 ⁶ m ³
volume morto	3,00 x 10 ⁶ m ³
volume di deflusso medio annuo [VDMA]	4,54 x 10 ⁶ m ³
quota soglia scarico di fondo m s.l.m.	119,00
quota soglia opera di presa m s.l.m.	125,60
superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	70,00 km ²
superficie del bacino imbrifero allacciato	40,00 km ²
portata di massima piena di progetto	1200,00 m ³ /sec
tempo di ritorno (ultimo anno di riferimento dei dati 1973)	1000 anni (rivalutata)
profondità massima dell'invaso (alla quota di massima regolazione)	31,00 m
profondità media dell'invaso (alla quota di massima regolazione)	12,20 m
tempo medio di ricambio	1,54 anni
Tasso di interrimento medio annuo (stima con dati 2020)	0,98 %

Il serbatoio risulta in esercizio sperimentale con invaso autorizzato dall'Ufficio Dighe fino alla quota 139,50 m s.l.m con nota del Servizio Dighe n° 420 del 26/7/85. Attualmente è attiva una derivazione, tramite una condotta adduttrice, dal serbatoio Disueri al Cimino. Non vi sono prescrizioni di rilasci di DMV (deflusso minimo vitale) e quindi non vi sono rilasci a valle per fini ambientali.

4 BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME GELA

4.1 Dati generali

Il presente studio si riferisce al bacino idrografico del fiume Gela che è localizzato nel versante meridionale della Sicilia ed occupa una superficie di 559,16 km². Il bacino del fiume Gela ha una forma allungata in direzione N – S che si allarga verso est nella sua porzione centrale (vedi figura 4.1); i bacini e le aree territoriali con i quali confina sono, procedendo in senso orario, i seguenti:

- nel settore nord-occidentale:
 - Bacino del fiume Imera meridionale;
- nel settore nord-orientale:
 - Bacino del fiume Simeto;
- nel settore sud-orientale:
 - Bacino del fiume Acate;
- nel settore sud-occidentale:
 - Bacino del torrente Comunelli;
 - Area territoriale tra il bacino del fiume Gela e il bacino del torrente Comunelli.

Lo spartiacque del bacino si sviluppa lungo le seguenti cime, procedendo in senso orario dall'estremità settentrionale verso est: Cozzo Prato Bannata (m 838 s.l.m.), monte Calvano (m 839,8 s.l.m.), monte Mangone (m 777,8 s.l.m.), monte Scarante (m 662,4 s.l.m.), monte Camemi (m 625 s.l.m.), Monte del Lupo (m 606,4 s.l.m.), Monti della Ganzaria (m 741 s.l.m.), monte Zabaino (m 581 s.l.m.), Poggio Montagna (m 638, 4 s.l.m.), Monte San Giorgio (m 633,4 s.l.m.), Poggio S. Agata (m 501 s.l.m.), Monte San Nicola (m 449,5 s.l.m.), Poggio Valle delle Ferle (m 429 s.l.m.), Serra Galera (m 191 s.l.m.), Poggio Larrone (m 130, 5 s.l.m.), Poggio Chiancata (m 32, 8 s.l.m.) fino alla foce che si sviluppa ad est del centro abitato di Gela (CL). Ad ovest, a partire dalla foce proseguendo verso nord lo spartiacque segue le cime di Poggio Bracco (m 32, 3 s.l.m.), Poggio Lampato (m 201, 3 s.l.m.), La Guardiola (m 256 s.l.m.), monte Cardai (m 485 s.l.m.), monte Schinoso (m 607,6 s.l.m.), monte Navone (m 754 s.l.m.), Rocca di Maggio (m 826 s.l.m.), Cozzo Rametta (m 878 s.l.m.), monte Campana (m 838 s.l.m.).

Tra le vette che individuano la dislivello, quelle che raggiungono le quote più elevate sono localizzate nel settore settentrionale del bacino: Cozzo Rametta (che con i suoi 878 m s.l.m. rappresenta la cima più elevata del bacino), monte Calvano, Cozzo Prato Bannata, Rocca di Maggio, monte Campana, tutte cime ad altitudine superiore agli 800 m s.l.m.

Dal punto di vista amministrativo, il bacino del F. Gela e l'area territoriale tra il bacino del F. Gela e del F. Acate comprendono i territori di 3 province (Caltanissetta, Catania, Enna) ed un totale di 10 territori comunali. In Tabella 4.1 si riporta l'elenco dei comuni ricadenti all'interno dell'area in esame; il numero di residenti in ciascuno dei suddetti comuni si riferisce ai dati ISTAT relativi all'anno 2011, mentre i dati relativi all'estensione dei territori comunali si riferiscono esclusivamente alla porzione di tali territori che ricade all'interno dell'area oggetto di studio.

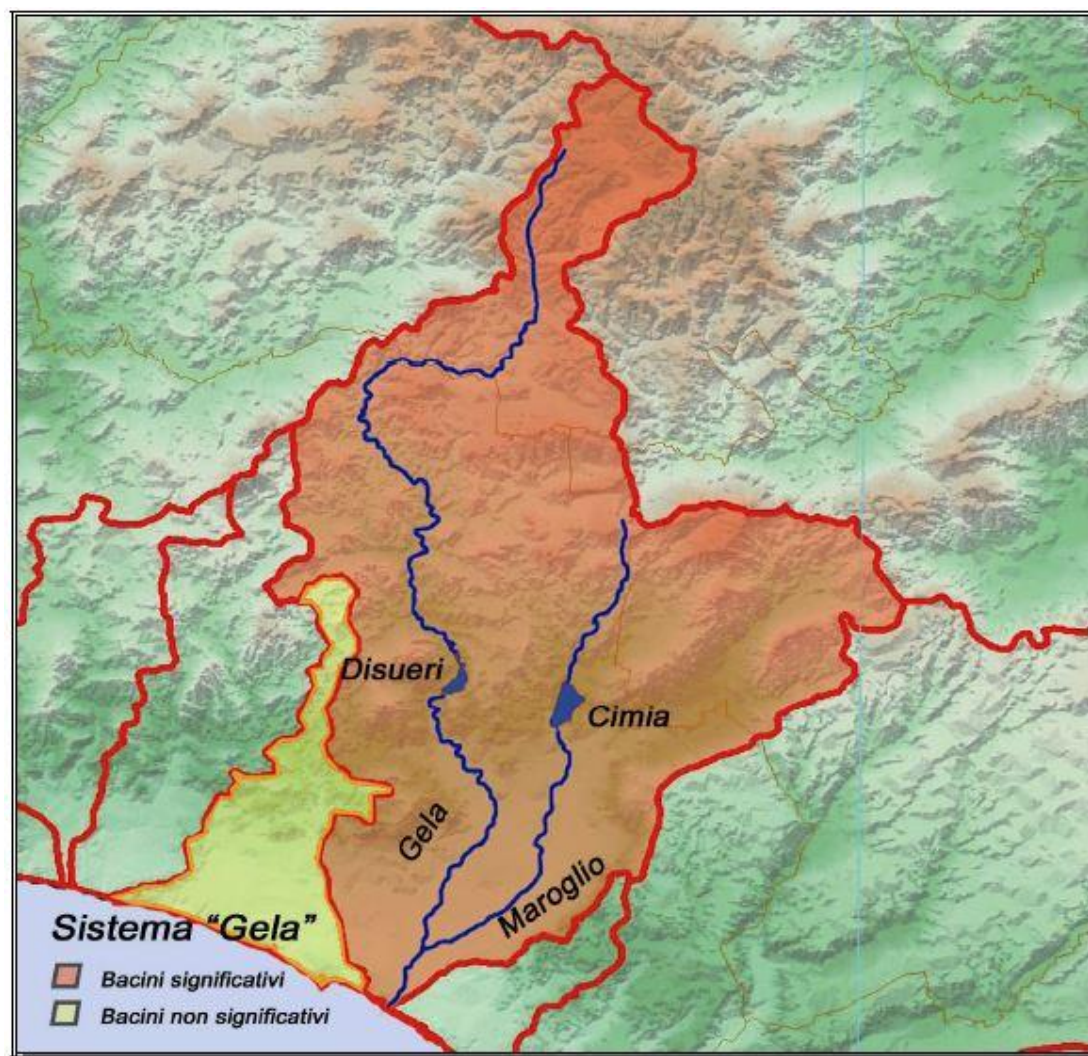


Figura 4.1 – Bacino idrografico del fiume Gela

Le principali infrastrutture di trasporto ricadenti parzialmente o interamente all'interno del bacino del F. Gela e dell'area territoriale tra il bacino del F. Gela e il bacino del F. Acate sono le seguenti:

- Strada Statale n. 115 (sud-occidentale sicula)
- Strada Statale n. 117 bis (centrale sicula)
- Strada Statale n. 124 (siracusana)
- Strada Statale n. 190 (delle Solfare)
- Strada Statale n. 417 (di Caltagirone)
- linea ferroviaria Catania – Gela
- linea ferroviaria CL-SR
- numerose strade provinciali
- diversi tratti delle reti di acquedotti, metanodotti, elettrodotti

Inoltre, all'interno del bacino del F. Gela ricade l'area archeologica dei Mosaici della Villa Romana del Casale in territorio di Piazza Armerina (EN) e all'interno dell'area territoriale fra il bacino del Fiume Gela e il bacino del F. Acate lo stabilimento petrolchimico di Gela (CL).

Tabella 4.1 - Territori comunali ricadenti nel bacino del Fiume Gela

PROVINCIA	COMUNE	RESIDENTI (dati ISTAT 2011)	AREE			Centro abitato ricadente nel bacino
			ATotale [km ²]	Anel bacino [km ²]	Anel bacino/ATotale [%]	
CALTANISSETTA	Butera	4.937	296,78	23,26	7,84	No
	Gela	75.668	277,13	137,72	49,86	*Si
	Mazzarino	12.333	252,16	195,22	77,42	Si
	Niscemi	27.975	96,63	45,35	46,93	Si
CATANIA	Caltagirone	3.8123	380,81	95,02	24,95	*Si
	San Cono	2.790	6,38	6,05	94,83	Si
	San Michele di Ganzaria	3.463	25,71	4,97	19,34	No
ENNA	Aidone	4.929	209,97	3,65	1,73	No
	Enna	27.894	349,84	7,18	2,05	No
	Piazza Armerina	22.196	268,28	77,51	28,89	Si
TOTALE		220.308	2.163,69	595,93		

* Centro abitato ricadente parzialmente all'interno del bacino

Infine, all'interno del bacino del F. Gela ricadono gli invasi della Diga Cimia, derivante dallo sbarramento del Torrente Cimia, nei territori comunali di Mazzarino e in parte di Niscemi (CL), e della Diga Disueri che sbarra il corso del Fiume Porcheria, in territorio di Mazzarino (CL) (vedi tabella 4.2).

Per quanto riguarda le aree protette, il bacino in esame comprende parzialmente le seguenti riserve naturali: nel territorio provinciale di Caltanissetta:

- la riserva naturale orientata della Sughereta di Niscemi, sottoposta al regime di protezione dell'art.7 della L.R. n° 98/81 e s.m. e ii., la quale costituisce il più importante relitto di sughereta mista a lecceta esistente nella Sicilia centrale; più specificatamente, il bacino comprende una piccola porzione di area di pre-riserva.

- nel territorio provinciale di Enna: la riserva naturale orientata di Rossomanno – Grottascura Bellica.

Tabella 4.2 – Principali corpi idrici superficiali presenti nel bacino idrografico del fiume Gela

	Codice	Denominazione	Dimensione	Natura	Superficie bacino
Corsi d'acqua superficiali	R19077CA001	fiume Gela	62,00 km	Corso completo; I ordine	567,95 km ²
	R19077CA002	fiume Maroglio	34,00 km	Corso completo; II ordine	240,00 km ²
Laghi artificiali	R19077LA001	Cimia	0,93 km ²	Invaso	70,00 km ²
	R19077LA002	Disueri	1,85 km ²	Invaso	239,00 km ²

4.2 Assetto morfologico

L'assetto morfologico del bacino del Fiume Gela è prevalentemente collinare nella sua parte settentrionale e centrale, mentre nella sua parte meridionale risulta pianeggiante, sviluppandosi all'interno della Piana di Gela.

Il reticolo idrografico del Fiume Gela presenta un pattern prevalente di tipo dendritico con uno sviluppo dell'asta principale in senso N – S. Il bacino del F. Gela si allarga verso est nella sua porzione centrale, dove si apre il sottobacino del suo affluente principale, il Fiume Maroglio, anch'esso caratterizzato da un pattern di tipo dendritico con sviluppo NE – SW. Procedendo in direzione S verso la foce, l'elemento morfologico predominante è costituito dalla Piana di Gela (vedi figure 4.1 e 4.2).

L'area territoriale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Fiume Acate si sviluppa in senso NE – SW; la sua morfologia è prevalentemente pianeggiante con una zona sub-pianeggiante nella porzione nord-orientale dove si sviluppano piccoli rilievi a quote non superiori ai 250 m s.l.m. separati da alcune incisioni che confluiscono in un unico corso d'acqua di una certa importanza: Valle Priolo.

Esso nasce in Contrada Torotto, nel territorio comunale di Niscemi (CL), ad una quota di circa 200 m s.l.m., e il suo corso è stato deviato per servire lo stabilimento petrolchimico di Gela. Senza questa deviazione il corso d'acqua avrebbe continuato il suo percorso confluendo nel Fiume Gela a pochi chilometri dalla sua foce

Il fiume Gela nasce da cozzo Bannata Restivo (867,5 m s.l.m.) in territorio comunale di Enna, prendendo il nome di torrente Santa Caterina, e si sviluppa per circa 62 km, assumendo diverse denominazioni.

Lungo il suo percorso attraversa la zona meridionale della provincia di Caltanissetta fino a sfociare nel canale di Sicilia. In contrada Minolto, nella porzione centrale del suo bacino, prende il nome di torrente Porcheria. Dopo lo sbarramento della diga Disueri prosegue come fiume Disueri e assume

la denominazione definitiva di fiume Gela alla confluenza con il Lavinaro Tredenari (68 m s.l.m.) nel territorio comunale di Gela (CL).

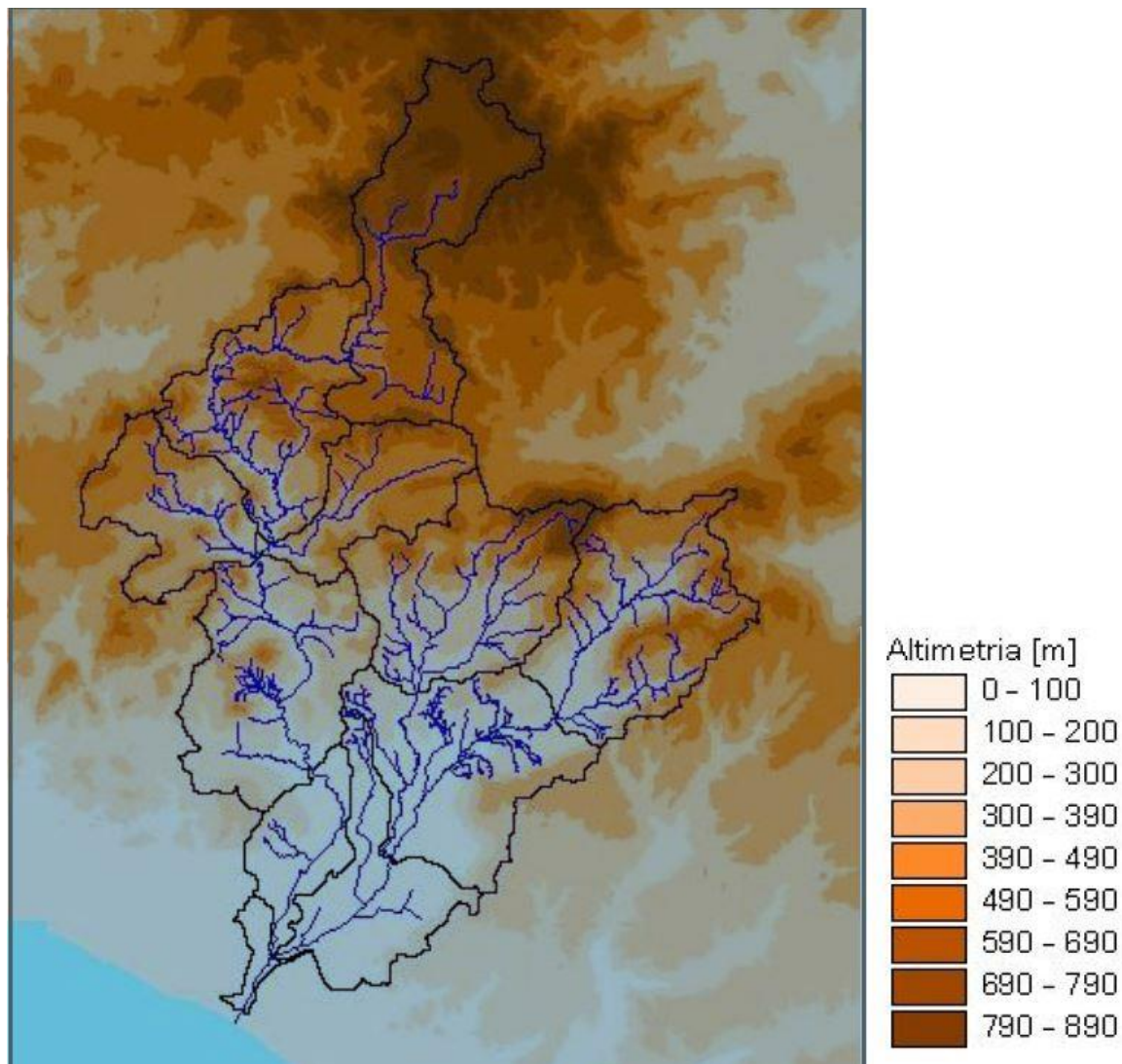


Figura 4.2 - Carta delle pendenze del bacino idrografico del fiume Gela

4.3 Uso del suolo

La carta dell'uso del suolo per ricavare le informazioni descritte nella successiva Tabella 4.3 è la Corine Land Cover (CLC) del 2006. In tale tabella sono rappresentate le tipologie dell'uso del suolo e la loro distribuzione percentuale all'interno del Bacino del fiume Gela

Tabella 4.3 - Uso del suolo

Tipologia di uso del suolo	%
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	

Tipologia di uso del suolo	%
1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale	
1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo	0.80
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0.31
1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	
1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0.14
1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	
1.2.3. Aree portuali	
1.2.4. Aeroporti	
1.3. Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati	
1.3.1. Aree estrattive	0.18
1.3.2. Discariche	
1.3.3. Cantieri	
1.4. Zone verdi artificiali non agricole	
1.4.1. Aree verdi urbane	0.04
1.4.2. Aree ricreative e sportive	
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1. Seminativi	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	51.98
2.1.2. Seminativi in aree irrigue	
2.1.3. Risaie	
2.2. Colture permanenti	
2.2.1. Vigneti	0.25

Tipologia di uso del suolo	%
2.2.2. Frutteti e frutti minori	1.93
2.2.3. Oliveti	4.13
2.2.4. Arboricoltura da legno	
2.3. Prati stabili (foraggiere permanenti)	
2.3.1. Prati stabili (foraggiere permanenti)	
2.4. Zone agricole eterogenee	
2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti	0.53
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	5.26
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	9.12
2.4.4. Aree agroforestali	
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
3.1. Zone boscate	
3.1.1. Boschi di latifoglie	8.73
3.1.2. Boschi di conifere	3.18
3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie	0.86
3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	4.13
3.2.2. Brughiere e cespuglieti	
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	6.21
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	1.83
4. CORPI IDRICI	
4.1. Acque continentali	

Tipologia di uso del suolo	%
4.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie	
4.1.2. Bacini d'acqua	0.36

4.4 Cenni di climatologia

4.4.1 Generalità

Le informazioni riportate di seguito sono tratte dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), redatto dal Dipartimento dell'Ambiente – Servizio 3 – “Assetto del territorio e uso del suolo”. Allegato A. 26 – Bacino idrografico del Fiume Gela (077) – Novembre 2015

Per definire il microclima del settore della Sicilia centro-meridionale in cui ricade il bacino del fiume Gela sono state considerate le informazioni ricavate dall'Atlante Climatologico della Sicilia realizzato dall'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste – SIAS (Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano) (2002) relative al trentennio 1965-1994. In particolare, sono stati considerati gli elementi climatici temperatura e piovosità registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate all'interno dei comuni ricadenti nell'area in esame.

4.4.2 Stazioni termo-pluviometriche

In tabella 4.4 sono riportate le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche utilizzate per la caratterizzazione dell'area in esame

Tabella 4.4 – Elenco pluviometri e termo-pluviometri ricadenti all'interno del bacino del F. Gela

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
BUTERA	1965-1994	Pluviometro	402	4.115.590 N	427.500 E
CALTAGIRONE	1965-1994	Termo-pluviometro	513	4.120.930 N	457.120 E
ENNA	1965-1994	Termo-pluviometro	950	4.158.040 N	436.700 E
GELA	1968-1994	Termo-pluviometro	45	4.101.393 N	435.895 E
MAZZARINO	1965-1994	Termo-pluviometro	560	4.128.520 N	429.090 E
NISCEMI	1974-1994	Pluviometro	332	4.111.750 N	445.230 E

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
PIAZZA ARMERINA	1965-1994	Termo-pluviometro	721	4.137.650 N	443.930 E

4.4.3 Regime termico

L'analisi delle condizioni termometriche si è stata effettuata considerando i dati registrati dalle 5 stazioni termo-pluviometriche di Caltagirone, Enna, Gela, Mazzarino, Piazza Armerina (vedi tabella 4.5).

Tabella 4.5 - Temperatura media mensile espressa in gradi Celsius

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	AN NO
CALTAGIRONE	8.8	9.1	10.7	12.9	17.9	22.4	25.7	25.8	22.3	18.0	13.5	10.0	16.4
ENNA	6.0	6.4	8.0	10.6	15.6	20.4	23.6	23.5	19.9	15.4	10.9	7.1	13.9
GELA	13.2	13.6	14.8	16.8	20.5	23.8	26.1	27.0	25.1	21.9	17.6	14.2	19.5
MAZZARINO	8.5	9.1	11.1	13.8	18.7	23.2	26.3	26.2	22.6	18.2	13.3	9.7	16.7
PIAZZA ARMERINA	7.9	8.4	10.3	12.8	17.1	21.3	24.3	24.3	21.3	17.0	12.6	9.3	15.5
MEDIA	8.9	9.3	11.0	13.4	17.9	22.2	25.2	25.4	22.2	18.1	13.6	10.1	16.4

L'andamento termometrico dell'area si può considerare abbastanza uniforme; soltanto nella zona di foce, a Gela, si registrano delle temperature mediamente più elevate di qualche grado rispetto a quelle riportate nelle stazioni della zona centro-settentrionale del bacino, con differenze maggiori nei mesi invernali.

La temperatura media dei mesi estivi (luglio e agosto) è di 25,3 °C, mentre quella dei mesi invernali (gennaio e febbraio) è di 9,1 °C. La temperatura più alta in assoluto all'interno dell'area è stata registrata nel mese di luglio del 1973 a Mazzarino (46,2 °C), mentre la più bassa è stata rilevata dalla stazione di Piazza Armerina nel febbraio del 1970 (- 3,5 °C).

4.4.4 Regime pluviometrico

Per l'analisi del regime pluviometrico del bacino del Fiume Gela sono stati considerati i dati registrati in tutte e 7 le stazioni di rilevamento elencate in Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Piovosità media mensile espressa in mm

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
BUTERA	70.9	48.3	42.4	35.9	21.3	3.4	4.8	7.4	38.9	64.4	63.8	72.5	39.5
CALTAGIRONE	74.8	53.2	43.6	38.3	23.5	8.4	8.1	13.2	36.5	69.8	59.1	66.5	41.2
ENNA	81.6	67.9	60.0	48.1	30.8	10.2	10.2	21.1	38.5	92.0	74.7	91.2	52.2
GELA	50.4	38.3	32.8	24.8	11.9	3.4	1.8	5.9	29.1	53.2	48.9	56.3	71.9
MAZZARINO	65.8	53.1	46.5	39.4	22.5	7.1	5.8	6.6	41.5	65.2	61.0	69.6	40.3
NISCEMI	50.1	38.0	34.1	33.7	16.1	5.3	4.0	10.4	29.8	66.8	66.3	58.1	34.2
PIAZZA ARMERINA	82.4	65.8	58.6	44.2	27.6	7.3	7.3	16.6	39.3	82.6	69.5	90.7	49.3
MEDIA	68.0	52.1	45.4	37.8	21.9	6.4	6.0	11.6	36.2	70.6	63.3	72.1	46.9

Il regime pluviometrico dell'area segue più o meno lo stesso andamento di quello termico, ovvero si rileva una zona meridionale, quella prossima alla foce, caratterizzata da una piovosità più bassa che nel resto dell'area in esame.

I mesi più piovosi sono ovunque quelli invernali (dicembre e gennaio), con valori medi di piovosità di 70 mm, mentre quelli meno piovosi sono quelli estivi (giugno e luglio) con valori medi di piovosità di 6,2 mm.

L'anno più piovoso è stato il 1976 quando si è registrata una piovosità media annua mensile per l'intera zona di 79,4 mm di pioggia, con una punta massima di 101,6 millimetri nella stazione di Enna.

L'anno meno piovoso è stato il 1981 con una piovosità media annua mensile per l'intera zona di 22,2 mm. Il dato di piovosità media annua minima in assoluto è stato registrato invece nel 1992 nella stazione di Piazza Armerina (2,5 mm).

Concludendo, i dati pluviometrici esaminati individuano un clima di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel semestre autunno-inverno e molto scarse nel semestre primavera-estate.

5 BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE CIMIA

5.1 Caratteristiche generali

Il torrente Cimia attraversa un'area compresa nel foglio I.G.M n°272. Si origina in località S. Michele di Ganzaria (CT) e termina con lo sbarramento dell'invaso Cimia.

Il torrente Cimia risulta composto da tre ramificazioni principali:

- la valle della Zambara;
- la valle della Cimia;
- la valle del Cotominello.

Altre ramificazioni sono la valle del Ciaramide che si immette in quella del Cimia e la valle dell'Eremita e Grotta Fumata che confluiscono nella valle del Cotominello.

L'invaso Cimia si trova in località Passo del Cerasaro (quota 110 m s.l.m.), tra il comune di Niscemi (CL) e Mazzarino (CL).

Il lago Cimia è stato realizzato nel periodo 1970 - 1980 sbarrando il corso del torrente Cimia. La sezione di sbarramento è posta per ragioni morfologiche, confermate dai risultati delle indagini condotte in sito negli anni 1965-1968, in corrispondenza della confluenza fra la vallata del Cimia e quella della Zambara.

In questo punto la valle risulta stretta tra il rilievo collinoso di Cugno del Coltelliere, sulla destra, ed il pianoro attraversato dalla SS117 - contrada Mandria Secca. Il serbatoio sottende un bacino imbrifero diretto di circa 70,0 km² e possiede una capacità utile di 7,0 Mm³. La quota massima d' invaso è di 142 m s.l.m.

Il torrente Maroglio è allacciato al serbatoio Cimia tramite opere idonee (traversa a soglia libera, bocche di presa laterali e condotta a peso libero), questo allacciamento attualmente non è operativo.

Il bacino imbrifero che in tal modo resta sotteso ha una estensione complessiva di 110 km², di cui 70 km² sottesi direttamente con lo sbarramento del torrente Cimia e 40 km² con l'allacciamento del fiume Maroglio.

5.2 Descrizione dei sottobacini sottesi alla sezione di sbarramento

Come descritto con maggiore dettaglio nella relazione sulle Indagini e Prove di Laboratorio, attraverso l'analisi del reticolo di drenaggio superficiale, è stato possibile suddividere il bacino direttamente sotteso alla diga in tre sottobacini principali (vedi figura 5.1). Le sezioni di chiusura individuate per la delimitazione dei sottobacini coincidono con la quota di massimo invaso (140, 5 m s.l.m.).

I dati caratteristici dei tre sottobacini sono sintetizzati nella seguente tabella 5.1

Tabella 5.1 – dati caratteristici dei sottobacini del bacino imbrifero dell'invaso Cimia

	Sottobacino 1	Sottobacino 2	Sottobacino 3
Area (km ²)	14,2	23,6	31
Lunghezza asta principale (km)	10,3	12,4	15,1

Pendenza massima (°)	39,1	47,8	44,2
Pendenza minima (°)	0	0	0
Pendenza media (°)	5,6	5,6	7,6

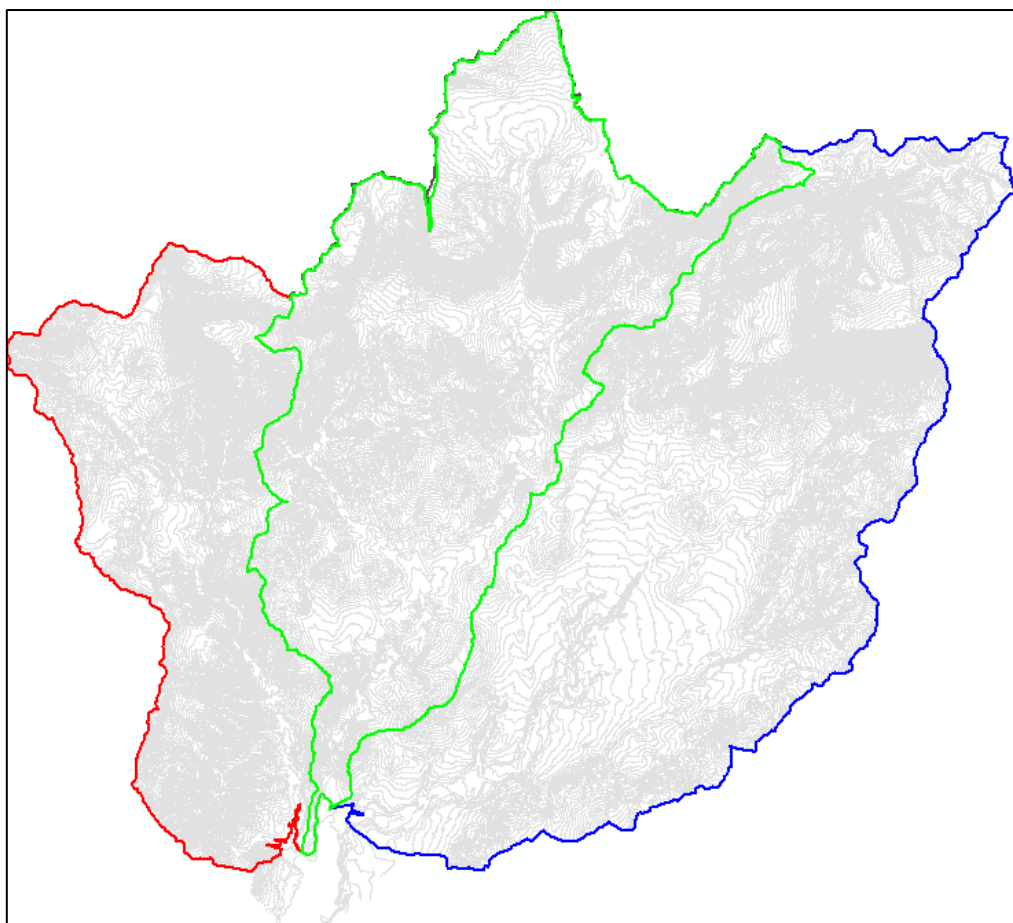


Figura 5.1 – Delimitazione dei tre sottobacini sottesi alla sezione di sbarramento

A valle dell'opera di sbarramento il torrente Cimìa confluisce sul fiume Maroglio il quale a sua volta confluisce nel fiume Gela ad una quota di circa 15 metri s.l.m. nella Piana di Gela, a pochi chilometri dalla Foce, in territorio comunale di Gela (CL).

5.3 Idrografia

Occorre ricordare che la densità di un reticolo idrografico è condizionata dalla natura dei terreni affioranti, risultando tanto più elevata quanto meno permeabili sono questi ultimi e quindi maggiormente diffuso è il ruscellamento superficiale. Il reticolo idrografico superficiale, data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, risulta complessivamente mediamente sviluppato (vedi figura 5.2); esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale.

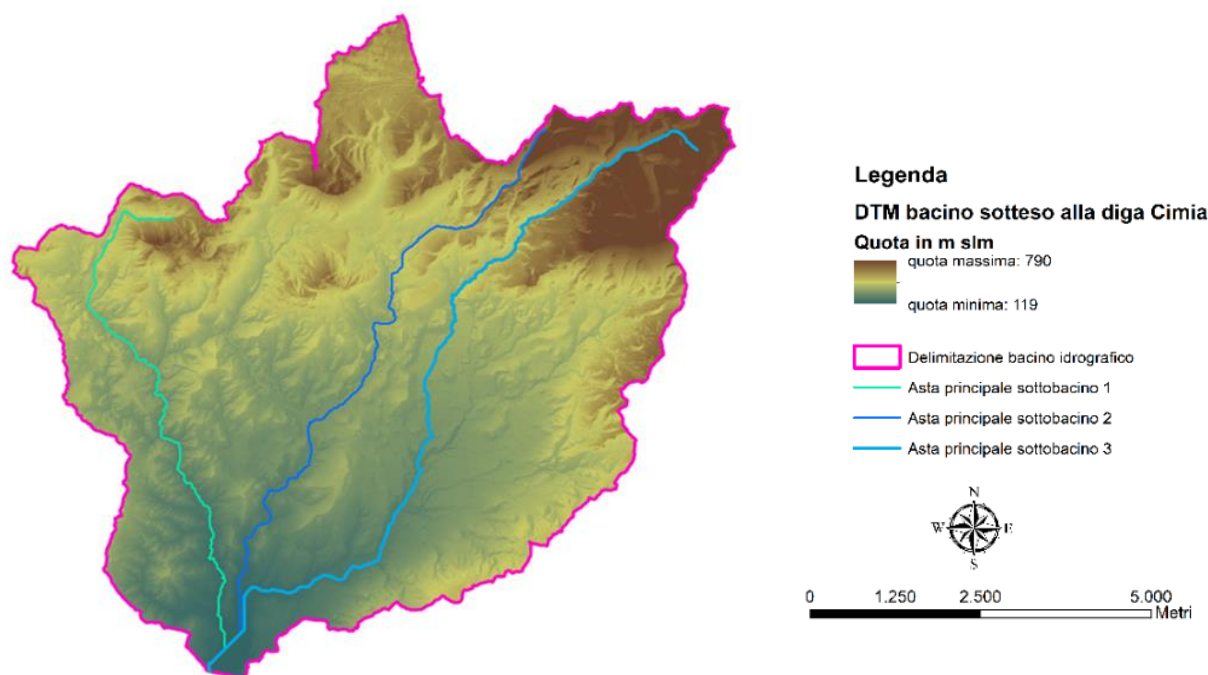


Figura 5.2 – Reticolo idrografico del bacino del Cimìa

Più specificatamente, essendo la capacità filtrante dei terreni funzione della granulometria e della eterogeneità dei singoli granuli, nei depositi terrosi che affiorano estesamente nella pianura alluvionale di Gela si assiste ad una variabilità sia verticale che orizzontale della permeabilità in funzione della prevalenza o meno della frazione pelitica

5.4 Geologia dell'area

Dal punto di vista geologico il bacino imbrifero ricade, in parte, nelle formazioni del così detto "scudo pliocenico di Piazza Armerina, che comprende i rilievi Bubbonia, della Curma e Ganzeria, costituito da sabbie ed arenarie di facies astiana, passanti inferiormente alle argille azzurre del piacentino, ed in massima parte, un esteso complesso costituito da argille scagliose ed argille di colamento, prevalentemente di età medio-miocenica, contenente lembi eterogenei, che, procedendo verso valle, si presenta sempre più ampiamente ricoperta da depositi alluvionali recenti (vedi figura 5.3).

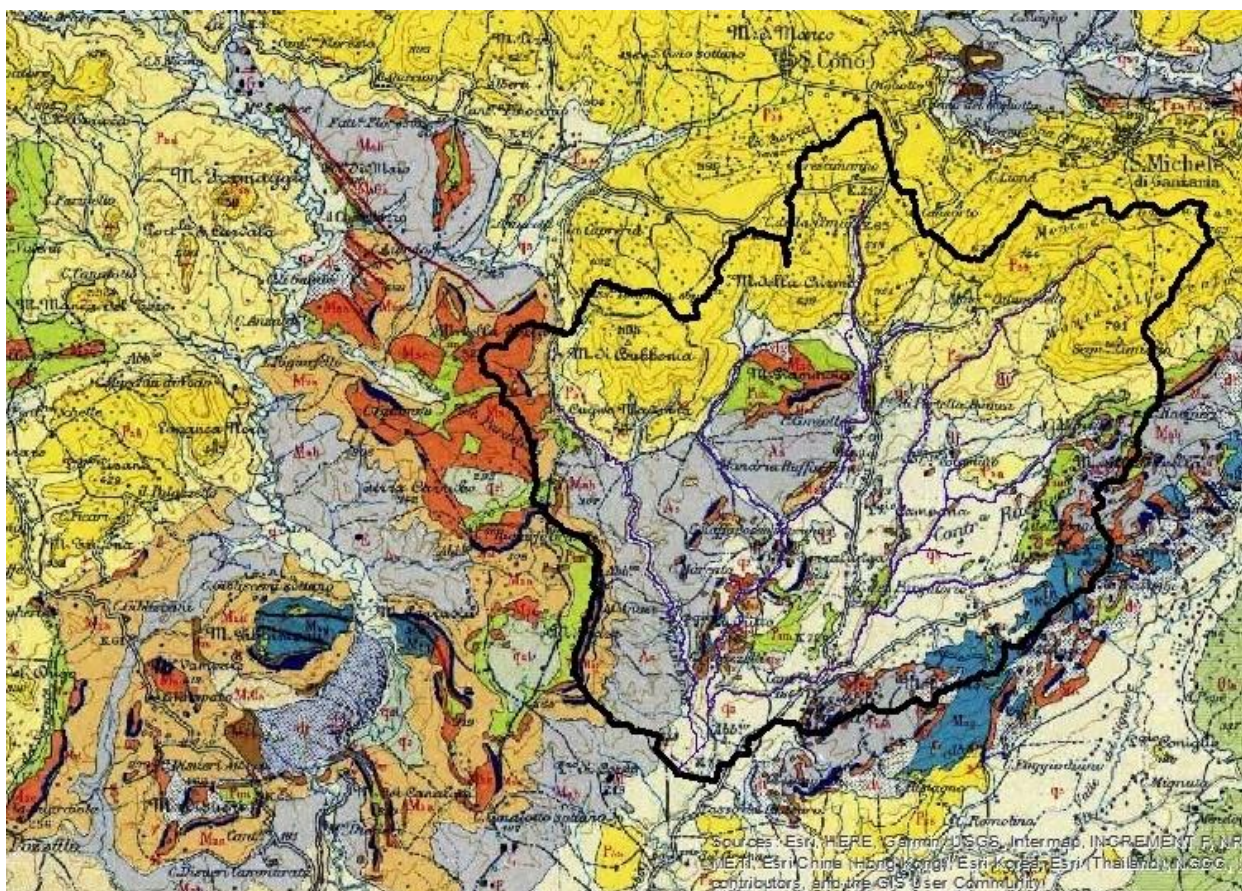
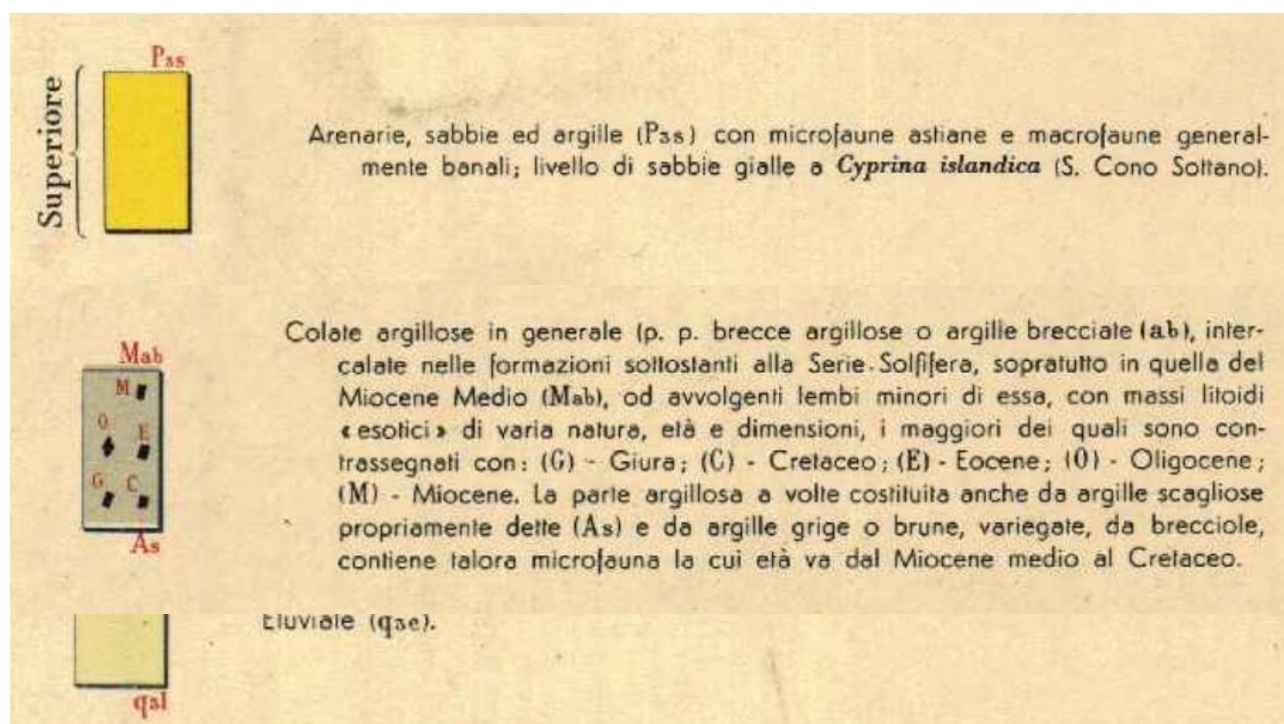


Figura 5.3 – Litologia del bacino idrografico sotteso al serbatoio Cimino



L'orografia risulta piuttosto marcata solo nella parte più elevata, dove affiorano le sabbie e le arenarie, e si addolcisce rapidamente nella parte medio-valliva, dove predominano forme tondeggianti e pendii piuttosto modesti. Sono presenti vasti rimboschimenti, che interessano circa il 45% della superficie del bacino imbrifero, ed i corsi d'acqua in questo presenti sono stati sistemati con opportune opere. Il suolo risulta pertanto in generale ben conservato.

Il torrente Cimìa ed il fiume Maroglio fanno parte della rete idrografica del fiume Gela e i loro bacini interessano un'area compresa nei fogli I.G.M. n° 272 e n° 273.

I bacini studiati sono quelli del torrente Cimìa sotteso alla diga e del bacino del fiume Maroglio sotteso alla traversa di derivazione.

La sezione di sbarramento è ubicata proprio in corrispondenza della confluenza del torrente Zambara, in località Passo del Cirasaro (quota fondo valle 110 m s.l.m.) mentre l'opera di presa per l'allacciamento del Maroglio è ubicata nella valle del Signore, che è il ramo principale del torrente, in località Ficarazzi (quota fondo alveo 175,00 m s.l.m.).

Il bacino imbrifero che in tal modo resta sotteso ha una estensione complessiva di 110 km², di cui 70 km² sottesi direttamente dallo sbarramento e 40 km² sottesi dall'opera di presa.

I due corsi d'acqua prendono origine dai rilievi di località S. Michele di Ganzaria e scorrono verso il litorale meridionale della Sicilia. Il torrente Cimìa confluisce nel fiume Maroglio poco a valle dell'abitato di Niscemi. Il fiume Maroglio scorre fino a immettersi nel fiume Gela a pochi chilometri dal mare.

Il fiume Maroglio nasce a sud del centro abitato di Caltagirone (CT) ad una quota di circa 480 m s.l.m. con il nome di fosso Tubascio e prosegue poi col nome di vallone del Signore. Assume la

denominazione di fiume Maroglio alla confluenza in sinistra idraulica con il vallone Liquirizia vallone Biscottello, a quota di 120 metri s.l.m. in territorio comunale di Niscemi (CL).

La permeabilità e il comportamento idrogeologico dei terreni affioranti sono legati all'assetto strutturale ed al contesto litologico e sedimentologico. All'interno del bacino si distinguono litotipi caratterizzati da una diversa permeabilità:

- Sabbie, arenarie e calcareniti rappresentano i litotipi caratterizzati da permeabilità primaria per porosità;
- Calcarei, gessi, calcari marnosi della serie gessoso-solfifera sono litotipi a permeabilità primaria per fratturazione. Questi sono interessati anche da fenomeni di dissoluzione chimica che possono accentuarne il grado di permeabilità;
- Le formazioni argillose rappresentano litotipi impermeabili o scarsamente permeabili, che costituiscono il substrato che consentono l'accumulo idrico sotterraneo.

L'idrodinamica sotterranea è influenzata dalla sovrapposizione di strati a diversa permeabilità. La presenza di alternanze di livelli sabbiosi e sabbioso-limosi con intercalazioni di argille e argille marnose determina spesso la formazione di acquiferi composti da più falde sovrapposte in relazione ai rapporti giaciturali delle argille e delle sabbie.

Queste ultime assunzioni sono caratteristiche dell'intero bacino e, quindi, dei seguenti sottobacini presenti. Nei capitoli successivi vengono descritte brevemente le principali caratteristiche dei sottobacini idrografici del fiume Gela.

La parte più elevata dei due bacini è impostata sulle formazioni del così detto "Scudo pliocenico di Piazza Armerina" (monti Bubbonia, della Curma e della Ganzaria) costituito da sabbie e arenarie di facies astiana passanti inferiormente alle argille azzurre del piacentiano.

Tutta la parte rimanente è interessata da un esteso complesso plastico argilloso (argille scagliose e argille di colamento prevalentemente medio-mioceniche) contenente anche lembi eterogenei che, procedendo verso valle, si presenta sempre più ampiamente ricoperto da depositi alluvionali recenti.

In relazione alla natura dei terreni presenti, l'orografia risulta piuttosto marcata solo nella parte più montana, dove affiorano le sabbie e le arenarie, e si addolcisce rapidamente nella parte medio valliva, dove predominano forme tondeggianti e pendii piuttosto modesti.

Nella parte valliva, infine, si apre una vasta piana alluvionale, interessata quasi esclusivamente dal corso del Maroglio e solo per un breve tratto da quello del Cimìa prima della confluenza.

La piana si estende dall'altezza dell'abitato di Niscemi, dove ha circa quota 100 m s.l.m., fino al mare, congiungendosi sulla destra con la fascia litoranea che costituisce il retroterra agricolo di Gela.

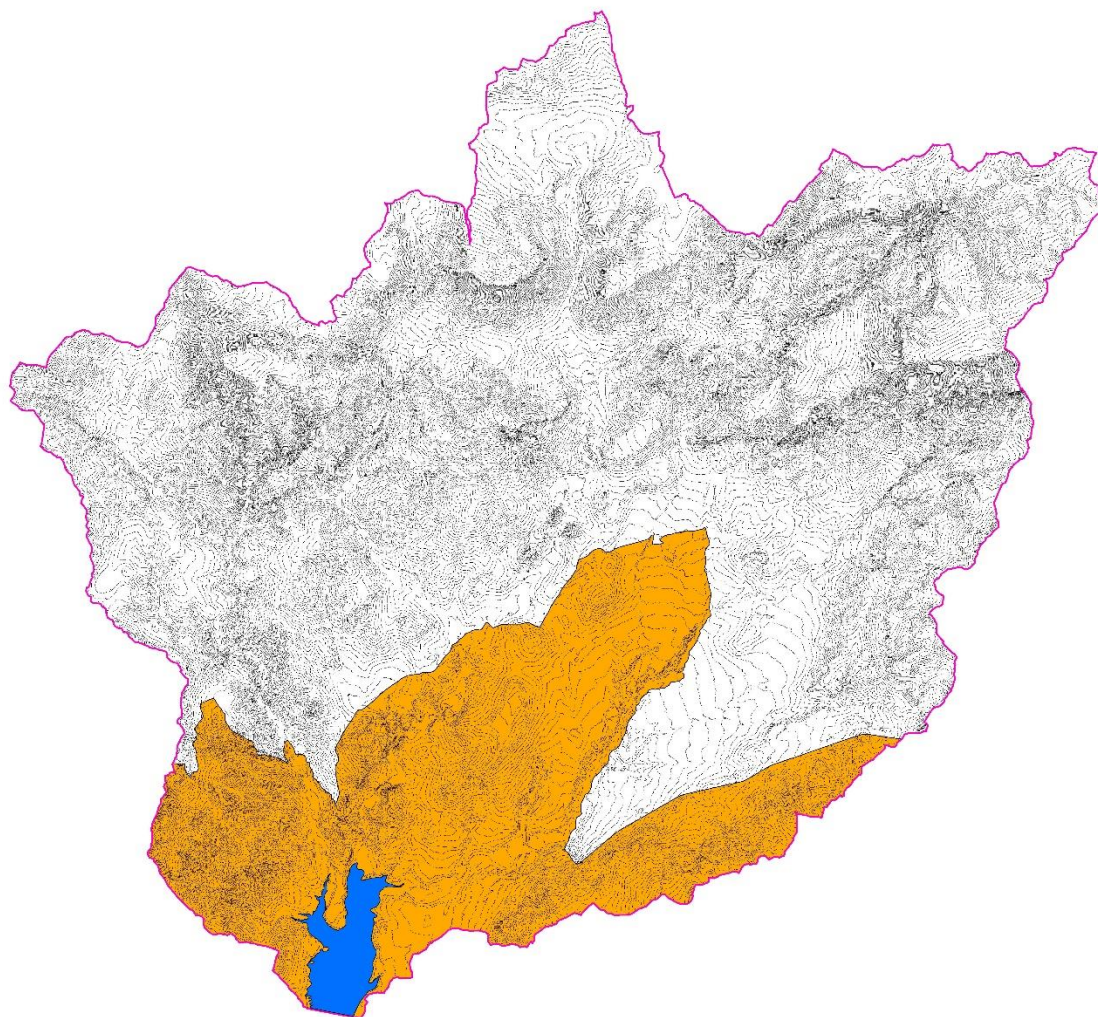
Come sezione d'imposta della diga venne scelta la stretta di contrada Disueri. La fondazione della diga giace al nucleo di una complessa struttura plicativa che corrisponde al nucleo di una stretta sinclinale, composta da gessi e dal calcare di base, che dal monte Disueri, in territorio di Butera, si estende fino a monte dei Canalotti.

Questa area risulta, inoltre, caratterizzata da forme calanchive poste alla base del fianco meridionale di monte Gibilscemi e ai piedi del versante sud-orientale del monte Disueri in contrada Fastucheria.

5.5 Aree vincolate

È stata effettuata una ricerca negli archivi del portale cartografico dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia, delle zone sottoposte a vincoli ricadenti all'interno dell'area sottesa dal bacino imbrifero dell'invaso del Cimia. I risultati dell'indagine hanno evidenziato la presenza di un'area SIC – ZPS nella porzione a monte del serbatoio (vedi figura 5.4).

BACINO IMBRIFERO DELL'INVASO CIMIA CARTA DEI VINCOLI



Legenda

- Bacino imbrifero invaso Cimia
- Serbatoio Cimia
- Aree SIC - ZPS

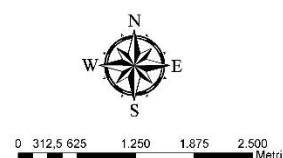


Figura 5.4 – Bacino imbrifero dell'invaso Cimia – carta dei vincoli.

5.6 Pressioni antropiche nel bacino imbrifero sotteso alla sezione di sbarramento

Sulla base dei dati riportati nel capitolo 5.2 l'area complessiva del bacino imbrifero sotteso alla sezione di sbarramento è di 68,6 km². Sulla base di una analisi cartografica effettuata tramite Google Earth ed ArcGis è risultato che all'incirca l'80 % dell'area del bacino è costituita da territori boscati e ambienti semi-naturali, lo 0,3 % è costituito da zone residenziali a tessuto discontinuo e rado, e la rimanente parte è costituita da aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti (vedi Figura 5.5).

Sulla base dei dati sopra indicati le principali potenziali pressioni antropiche consistono in sorgenti di contaminazione puntuali dovuti a scarichi non depurati e sorgenti diffuse costituite dalle attività di fertilizzazione dei terreni agricoli con composti principalmente dell'azoto ed in via secondaria del fosforo. Un'ulteriore fonte di pressione potrebbe essere costituita dall'utilizzo di fitofarmaci quali antiparassitari principalmente per le colture arboree.



Figura 5.5 – Bacino imbrifero dell'invaso Cimia – valutazione delle pressioni antropiche.

Il quadro delle pressioni sopra individuate ha orientato e condizionato la scelta del set di analiti da indagare mediante il piano di campionamento e caratterizzazione dei sedimenti di cui al successivo capitolo 7.3.2 ed il piano di campionamento e caratterizzazione delle acque di invaso di cui al successivo capitolo 7.3.4.

6 SCHEMA IDRAULICO CON DESCRIZIONE DEGLI UTILIZZI.

6.1 Generalità

In conformità alle direttive emanate dal Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con D.S.G. n. 1/2021, vengono fornite di seguito le informazioni di base del sistema idraulico Cimìa-Disueri.

Gli invasi Cimìa e Disueri costituiscono un sistema interconnesso tramite una condotta a gravità. Le risorse accumulate nel sistema sono utilizzate a scopo irriguo a favore del Consorzio di Bonifica 5 di Gela (Consorzio Bonifica Sicilia Occidentale).

Dal 2008 e fino al 2013 è stata erogata con una certa continuità, tramite le condotte consortili, anche una fornitura di acqua grezza ($3,5 \text{ Mm}^3/\text{anno}$, portata 110 l/s) da destinare all'uso civile per Siciliacque S.p.A., società di gestione del servizio idrico sovrambito, che la potabilizzava in un impianto presso la città di Gela dove confluivano anche le acque provenienti dall'invaso Ragoletto ($2,2 \text{ Mm}^3/\text{anno}$, portata 70 l/s). Le acque trattate venivano immesse, insieme al volume trasportato dall'acquedotto interconnesso Ancipa - Blufi, nell'acquedotto Gela - Aragona, a servizio dei centri urbani delle province di Agrigento e Caltanissetta. Oggi la risorsa destinata all'uso potabile avviene in maniera discontinua e per un volume medio di circa $0,35 \text{ Mm}^3/\text{anno}$.

L'acqua è erogata dall'invaso Disueri e trasportata da un adduttore a gravità fino ad un partitore di linea dove avviene la prima consegna al CB 5 di Gela per l'irrigazione di un lotto di circa 6.000 ha . Il volume residuo è veicolato fino all'invaso Cimìa dove, tramite una stazione di sollevamento, è condotta a pressione ad un torrino piezometrico. Da qui è consegnata al Consorzio a servizio di un comprensorio di 1.500 ha . Come anticipato, fino al 2013, tramite la stessa condotta consortile, veniva consegnato un volume di $3,5 \text{ Mm}^3$ a Siciliacque per uso potabile.

L'invaso Cimìa, oltre ad essere alimentato dal serbatoio Disueri, può essere approvvigionato anche dalla traversa Maroglio tramite una condotta in acciaio e cemento, in parte aerea su ponte-tubo in parte sotterranea. In atto la tubazione che collega l'opera di presa all'invaso è fuori esercizio. Inoltre la citata traversa, insieme alla traversa Biscottello, potrebbe alimentare anche la vasca fuori alveo Maroglio con una capacità progettuale di $0,78 \text{ Mm}^3$. Dalla vasca si sviluppa una condotta consortile a servizio di un lotto irriguo di 300 ha . Pure questo sistema non è in funzione.

Il Servizio 4 del Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti ha in gestione: la condotta di connessione tra i due invasi Disueri e Cimìa, la tubazione a pressione da Cimìa fino al torrino piezometrico nonché il sistema Maroglio costituito dalle due traverse, dalla condotta tra la presa Maroglio e Cimìa e, infine, dalla vasca Maroglio.

6.2 Erogazione a scopo irriguo e potabile

La fornitura a favore del Consorzio di Bonifica 5 di Gela avviene prevalentemente nel corso della stagione irrigua, di solito tra aprile e ottobre di ogni anno e per le aree attrezzate sottese al sistema Cimìa - Disueri, estese complessivamente circa 7.500 ha . Mentre la fornitura per l'uso potabile avviene saltuariamente, su richiesta di Siciliacque e soprattutto nel periodo estivo.

Secondo la pianificazione delle risorse idriche, stabilita dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, viste le condizioni - in particolare - dell'invaso Disueri, dal sistema è erogato un volume complessivo annuo di circa $1,90 \text{ Mm}^3$, di cui $1,65 \text{ Mm}^3$ per l'irriguo e i restanti $0,35 \text{ Mm}^3$ per il potabile, così differenziati per serbatoio artificiale:

Invaso	Irriguo (Mm ³)	Potabile (Mm ³)	Totale invaso (Mm ³)	Totale Sistema (Mm ³)
Disueri	0,25	0,00	0,25	1,90
Cimia	1,30	0,35	1,65	

7 CARATTERIZZAZIONE DELL'INVASO

7.1 Generalità

La caratterizzazione dell'invaso è espletata attraverso la determinazione e la stima delle seguenti informazioni:

1. Indicazioni quantitative dei sedimenti (ex art. 3 comma 2 lettera a del D.M. 30/06/2004) contenenti: la determinazione del volume di sedimenti presenti nel serbatoio al momento della redazione del progetto di gestione dell'invaso e il tasso di interrimento medio annuo.
2. Indicazioni sulla qualità dei sedimenti e delle acque (ex art. 3 comma 2 lettere b, c, d del D.M.30/06/2004) contenenti: il campionamento, le analisi di laboratorio e i risultati analitici.

7.2 Stima quantitativa dei sedimenti depositati nel serbatoio

7.2.1 Indagini batimetriche e topografiche del serbatoio

Per accertare, in dettaglio, la situazione attuale circa l'interrimento generale e locale, in relazione all'opera d'imbocco dello scarico di fondo, è stato eseguito uno specifico rilievo batimetrico che ha interessato tutta la zona antistante lo sbarramento.

Tale rilievo, eseguito in data del 09.06.2020, ha evidenziato che il tetto del deposito di sedimenti sul fondo del serbatoio, nell'area prossima allo sbarramento, risulta praticamente orizzontale e raggiunge circa quota 127,50 m s.l.m., mentre in prossimità dell'imbocco dello scarico di fondo è presente un cono di depressione, conseguente al flusso generato dal richiamo indotto dall'apertura delle paratoie in occasione delle cacciate e degli spurghi operati a cadenza periodica per mantenere la funzionalità idraulica dello scarico.

7.2.2 Modalità operative delle indagini batimetriche e topografiche

La stima del volume dei sedimenti depositati nel serbatoio al momento della redazione del presente progetto di gestione è stata effettuata mediante rilievo batimetrico da un natante attrezzato con ecoscandaglio sincronizzato con un sistema GPS differenziale. Il rilievo è stato effettuato in data 9/6/2020 con il livello dell'invaso alla quota di 135,9 m s.l.m. e quindi in condizioni di parziale riempimento del serbatoio.

Con questa impostazione del rilievo si sono ottenute le coordinate geo-referenziate di una serie di punti della superficie del fondo del serbatoio, con le quali è stata definita una griglia di calcolo dalla quale, tramite elaborazioni condotte con software dedicati, è stata ottenuta la mappa a curve di livello con le isobate e successivamente è stato calcolato il volume dell'acqua invasata al tempo di esecuzione del rilievo.

Poiché come detto l'invaso, al tempo del rilievo, non era alla quota di massima regolazione, al fine di ottenere la geometria completa del fondo del serbatoio, i risultati del rilievo batimetrico sono stati integrati con i risultati di un rilievo aero-fotogrammetrico eseguito mediante un drone attrezzato con videocamera e un certo numero di punti geo-referenzati a terra.

Il rilievo aero-fotogrammetrico è stato progettato per rilevare la superficie del fondo del serbatoio compresa a partire dalla quota del livello di invaso alla data del rilievo batimetrico fino ad una fascia di circa cinque metri al di sopra della quota di massimo invaso e quindi ad una quota nell'intorno di 160 m s.l.m.

La tecnica di rilievo batimetrico descritta sopra, associata all'uso di software e piattaforme GIS, ha permesso di ottimizzare il percorso di navigazione del natante durante il rilievo in modo da infittire la griglia dei punti nelle zone morfologicamente più accidentate e diradarla nelle zone con andamento più regolare ed omogeneo.

Poiché le misure batimetriche sono riferite alla quota effettiva del pelo libero al momento della misura, la quota del livello dell'acqua è stata registrata nel corso del rilievo delle misure batimetriche. In questo modo in fase di rielaborazione dei dati, le profondità relative lette dall'ecoscandaglio sono state corrette riferendole in quote IGM (m s.l.m.).

Il rilievo topografico della parte emersa delle sponde del serbatoio è stato eseguito con la tecnica fotogrammetrica con ripresa da camera fotografica montata su drone. Si rimanda per maggiori dettagli alla relazione sulle Indagini e Prove di Laboratorio.

7.2.3 Risultati ottenuti dalle indagini batimetriche e topografiche (rilievo 2020)

Attraverso l'elaborazione dei dati acquisiti con il rilievo batimetrico e con quello topografico è stato possibile ridefinire ed aggiornare il diagramma delle aree e dei volumi del serbatoio.

Nella figura 7.1 seguente è riportato il diagramma aggiornato al 2020 delle curve delle aree e dei volumi del serbatoio in funzione delle quote sul livello del mare. Maggiori dettagli sulla determinazione dei parametri sedimentologici del serbatoio sono forniti al successivo capitolo 8.

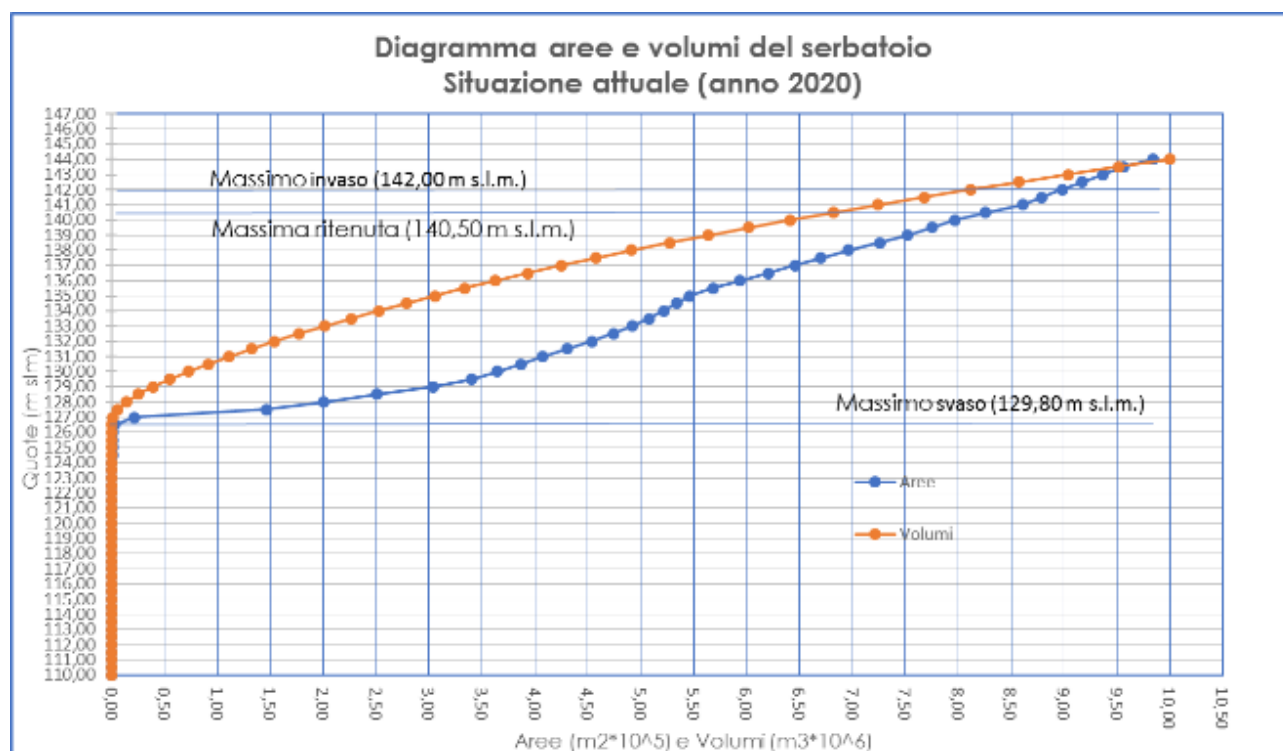


Figura 7.1 – Aggiornamento 2020 del diagramma aree e volumi del serbatoio

Nella figura 7.2 è riportata una rappresentazione planimetrica del serbatoio con le isobate del fondo rilevate con il rilievo batimetrico del 2020. Si può osservare l'ampia zona pianeggiante alla quota 127,00 m s.l.m. che a partire dallo sbarramento si estende verso monte per circa 500 – 600 metri.

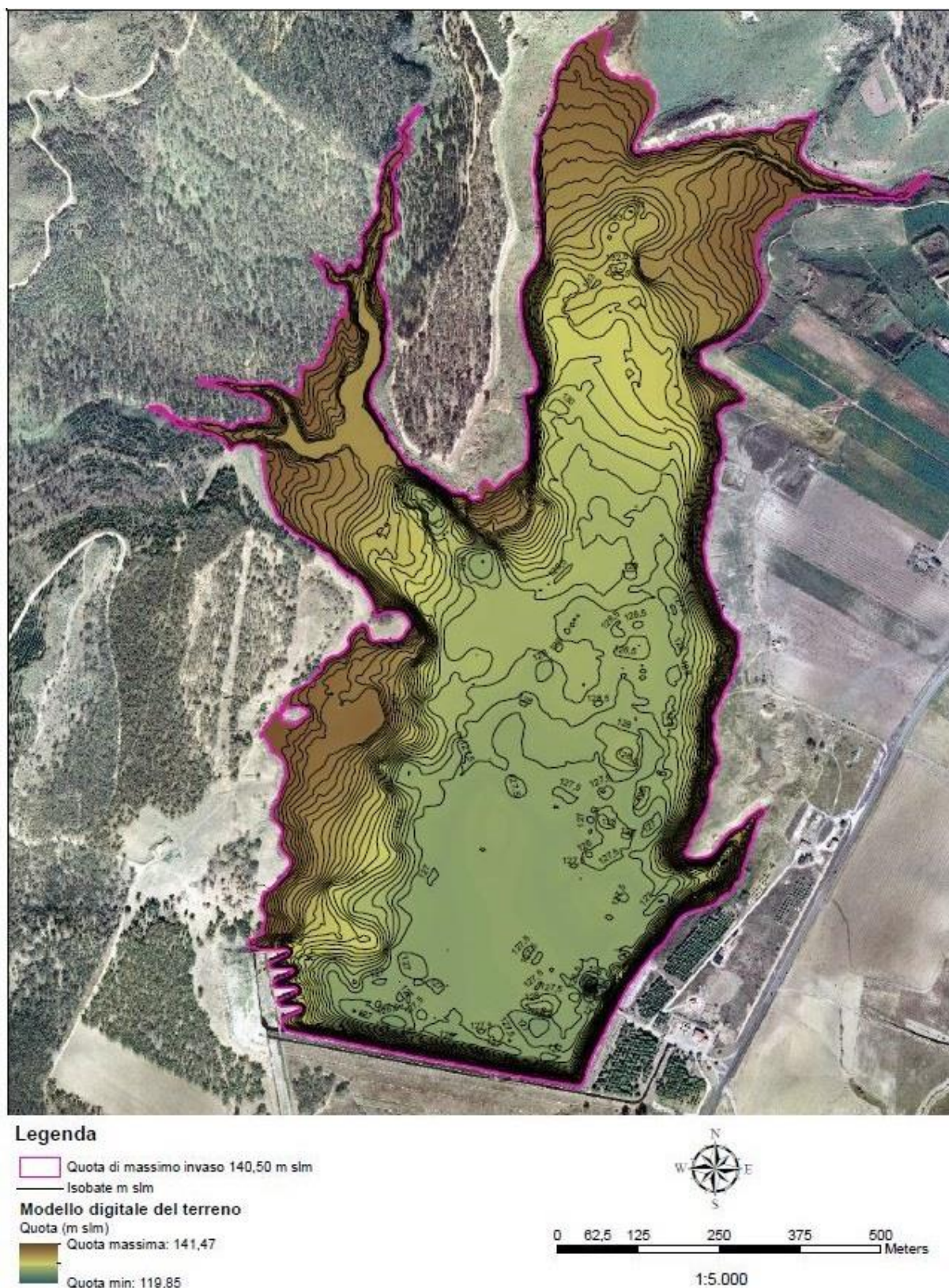


Figura 7.2 - Isobate del fondo del serbatoio (rilievo 9/6/2020)

7.3 Proprietà chimiche e fisiche dei sedimenti e delle acque dell'invaso

7.3.1 Generalità

La finalità delle analisi chimico fisiche sul sedimento dell'invaso è principalmente quella di determinare, in funzione degli scenari operativi che si intendono adottare, la compatibilità del sedimento con l'ambiente di destinazione dello stesso (corpo idrico di valle, terreni agricoli, aree demaniali di pertinenza dell'impianto, discariche, ecc..) e a seconda del tipo di destinazione finale, le tipologie di rimozione e smaltimento previste per il materiale, in caso di asportazione con mezzi meccanici o con sistemi di dragaggio.

Le determinazioni analitiche sui sedimenti e sulle acque dell'invaso sono effettuate su un congruo numero di campioni prelevati in sito, sigillati e mantenuti in condizioni ambientali congrue al fine di non alterarne le proprietà chimico-fisiche che si intendono determinare ed inoltrati presso un laboratorio attrezzato, accreditato e certificato per l'esecuzione delle analisi di interesse.

7.3.2 Piano di campionamento e caratterizzazione dei sedimenti

Per la caratterizzazione chimico fisica dei sedimenti, in accordo al capitolato tecnico prestazionale, sono stati prelevati dal fondo del serbatoio tre campioni di sedimento nelle postazioni indicate nella figura 7.3 con P1, P2, P3. Infatti, in accordo alle specifiche del capitolato tecnico prestazionale allegato al contratto di appalto, il numero minimo suggerito di campioni del sedimento superficiale da prelevare e, ove necessario, dei sondaggi a carotaggio continuo, è riportato nella tabella 7.1 in funzione della superficie dell'invaso misurata alla quota di massima regolazione.

Tabella 7.1 – indicazioni per il numero di campioni di sedimento da prelevare

Superficie in condizione di massimo invaso (Km²)	Numero minimo di campioni di sedimento superficiale	Numero minimo di sondaggi a carotaggio continuo
$S \leq 0,1$	3	1
$0,1 < S \leq 1$	3	3
$1 < S \leq 10$	5	3
$S > 10$	7	3

Poiché, come si può desumere dalla precedente tabella 7.1, la superficie dello specchio liquido del serbatoio del Cimino, alla quota di massimo invaso (142,00 m s.m.), è di 0,93 km², ne discende che il numero minimo di campioni superficiali da prelevare è di tre.

Ai sensi del D.M. 30 giugno 2004 – Art.3 – comma 2 – punto f – devono essere indicati le modalità ed i tempi per il ripristino della capacità utile del serbatoio, si precisa a tale riguardo che la capacità utile del serbatoio Cimino è quella compresa tra la quota di minima utilizzazione pari a 129,80 m s.l.m. e la quota di massima regolazione pari a 140,50 m s.l.m.

Poiché lo spessore dei sedimenti depositati in questa fascia altimetrica è inferiore a 3 m (vedi capitolo 8 - figura 8.7) non sono stati effettuati i sondaggi a carotaggio continuo.



Figura 7.3 - Ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti e delle acque

Nella figura 7.3 è riportata una vista aerea da google earth del serbatoio con l'ubicazione delle postazioni di campionamento dei sedimenti superficiali, è indicata anche una quarta postazione P4 che si riferisce però al campionamento delle acque.

La postazione di prelievo P1 del campione 1 è stata posizionata nei paraggi dell'imbocco dello scarico di fondo e dell'opera di presa per gli utilizzi irrigui; la postazione di prelievo P2 del campione 2 è posizionata nella porzione di monte del serbatoio nella zona di immissione del torrente Cimino nell'invaso, ed infine, la postazione di prelievo P3 del campione 3 è posizionata sempre nella porzione di monte del serbatoio ma verso la sponda sinistra nella zona di immissione del torrente secondario tributario del Cimino.

7.3.3 Caratterizzazione dei sedimenti

La caratterizzazione qualitativa dei sedimenti è stata condotta seguendo strettamente le specifiche del Capitolato Tecnico Prestazionale – Capo II – 20.1.d – Valutazione qualitativa – seguendo le indicazioni del Titolo V della parte IV del D.Lgs 152/2006 ed in particolare, tenendo conto delle tipologie di pressioni esistenti nel bacino imbrifero a monte, con riferimento alla Tabella 1 dell'Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV del D.Lgs 152/2006.

La definizione degli analiti da indagare con le analisi di laboratorio è stata effettuata tenendo conto delle pressioni antropiche presenti sul bacino imbrifero sotteso a monte della sezione di sbarramento come definite al precedente capitolo 5.6. Su tali presupposti, con riferimento alla tabella 1

dell'Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV del D.Lgs 152/2006, sono stati analizzati i composti inorganici ed i fitofarmaci come riportati nella successiva Tabella 7.4.

Per quanto attiene alle caratteristiche fisiche dei sedimenti, i risultati delle analisi di laboratorio sono sintetizzati di seguito.

Nella tabella 7.2 sono riassunti i risultati delle analisi granulometriche effettuate sui campioni CS1, CS2 e CS3.

Tabella 7.2 – caratteristiche granulometriche dei campioni di sedimento

Campione	Descrizione AGI	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
CS1	Limo con argilla		0	54	46
CS2	Limo con argilla	0	2	51	47
Cs3	Limo con sabbia argilloso	0	25	53	22

Il peso specifico dei grani è risultato: $\gamma_s = 24,5 \text{ kN/m}^3$, ed il peso di volume del terreno secco dopo essiccazione in forno $\gamma_d = 12,25 \text{ kN/m}^3$. Assumendo che il contenuto d'acqua w sia pari a 45 % ne deriva che il peso dell'unità di volume dei sedimenti in sito è: $\gamma = \gamma_d \cdot (1 + w) = 12,25 \cdot (1 + 0,45) = 17,76 \text{ kN/m}^3$.



Figura 7.4 - Campioni di sedimento

Per quanto riguarda la caratterizzazione chimica dei sedimenti, come sopra detto essa è stata effettuata facendo riferimento alla Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. I risultati delle analisi di laboratorio, hanno messo in evidenza che il materiale di sedimentazione può essere considerato privo di elementi inquinanti.

Sui campioni di sedimento, oltre ad una analisi granulometrica eseguita da un laboratorio geotecnico certificato, sono state condotte le analisi chimiche riportate **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..** Nella tabella sono stati riportati i valori minimi e massimi di ogni analita esaminato rilevati dai suoi campioni analizzati.

Tabella 7.4 – Valori minimi e massimi riscontrati dai risultati delle analisi di laboratorio

Parametro	Unità di misura	Valore minimo	Valore massimo
Residuo secco a 105°	%	46,30	62,20
Umidità	%	37,80	53,70
COMPOSTI INORGANICI			
Arsenico	mg/kg s.s.	<0,035	<0,035
Antimonio	mg/kg s.s.	<0,05	<0,05
Cadmio	mg/kg s.s.	<0,125	<0,125
Cromo	mg/kg s.s.	<0,1	<0,1
Manganese	mg/kg s.s.	472,00	487,00
Mercurio	mg/kg s.s.	<0,0005	<0,0005
Nichel	mg/kg s.s.	10,60	13,00
Piombo	mg/kg s.s.	<0,1	<0,1
Rame	mg/kg s.s.	11,60	17,60
Zinco	mg/kg s.s.	16,30	28,10
Cromo esavalente	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
SOSTANZE ORGANICHE			
Sostanza organica	mg/kg s.s.	20,20	24,20
Carbonio organico	mg/kg s.s.	11,70	14,00
FITOFARMACI			
Alachlor	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
Atrazina	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001

Parametro	Unità di misura	Valore minimo	Valore massimo
Alpha-Esaclorocicloesano (α-HCH)	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
Beta-Esaclorocicloesano (β-HCH)	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
Lindano (γ-HCH)	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
Clordano	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
DDD, DDT, DDE	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg s.s.	< 0,001	< 0,001
Endrin	mg/kg s.s.	<0,001	<0,001
VALUTAZIONE TOSSICOLOGICA			
Batteri bio luminescenti Vibrio Fisheri	% inibizione biolum.	<0,001	<0,001

Sulla base della caratterizzazione delle proprietà chimiche e fisiche dei sedimenti è possibile fornire alcune indicazioni sulle possibilità di impiego dei sedimenti. Date le caratteristiche pedo-agronomiche riscontrate e l'assenza di inquinanti, le possibilità di reimpiego del materiale d'interrimento dell'invaso riguardano principalmente i seguenti settori:

- ammendamento di terreni agricoli, per migliorare o equilibrare le caratteristiche pedo-agronomiche dei terreni stessi per colture di tipo seminativo, arboreo o boschivo;
- riqualificazione ambientale di zone morfologicamente disestate o comunque alterate rispetto alla conformazione naturale dei terreni limitrofi, come ad esempio vecchie cave dismesse, per una definitiva sistemazione a verde.

7.3.4 Caratterizzazione delle acque di invaso

I prelievi dei campioni sulla colonna d'acqua sono stati effettuati in corrispondenza delle quattro postazioni P1, P2, P3, P4 (vedi figura 7.3).

In corrispondenza di ogni postazione di campionamento, sono stati prelevati tre campioni di acqua rispettivamente in superficie, al centro e sul fondo del serbatoio (la profondità di campionamento in ogni postazione è funzione del livello del lago al momento del campionamento).

La seguente tabella 7.5 riporta l'identificativo del punto di prelievo e l'elenco dei campioni di acqua prelevati dal serbatoio.

Tabella 7.5 – Elenco dei campionamenti di acqua eseguiti

Punto di prelievo	Colonna d'acqua (m)	ID Campione	Profondità prelievo (m)
P1	8,00	C1A1	7,50
P1	8,00	C1A2	4,50
P1	8,00	C1A3	1,00
P2	7,00	C2A1	6,00
P2	7,00	C2A2	3,00
P2	7,00	C2A3	1,00
P3	4,50	C3A1	3,50
P3	4,50	C3A2	1,00
P4	3,50	C4A1	2,50

Inoltre, sono state eseguite in sito le misure di alcuni parametri rilevati con sonda multi-parametrica e sonda per la misura della torbidità delle acque. Questi parametri sono necessari per la definizione dello stato di qualità ambientale del corpo idrico.

Dalle analisi effettuate si evince che nelle acque dell'invaso non è stata riscontrata la presenza di sostanze tossiche né di inquinanti sia organici che inorganici e per i metalli presenti si sono determinati valori di concentrazione molto bassi, sempre inferiori al limite di quantificazione strumentale (LdQ) (vedi tabella 7.6).

Tabella 7.6 - Valori minimi e massimi riscontrati dai risultati delle analisi di laboratorio

Parametro	Unità misura	di	Valore minimo	Valore massimo
Solidi sospesi totali (SST)	mg/l	<1	<1	
Domanda biochimica di ossigeno (BOD5)	di mg/l	<5	<5	
Domanda chimica di ossigeno (COD)	di mg/l O2	20,00	32,00	
Azoto ammoniacale (NH4)	mg/l	0,48	0,83	
Azoto totale	mg/l	2,18	2,30	

Parametro	Unità misura	di	Valore minimo	Valore massimo
Azoto nitrico (N)	mg/l		0,11	1,27
Azoto nitroso (N)	mg/l		0,19	0,19
Fosforo totale	mg/l		<0,33	<0,33
Manganese	µg/l		<5	<5
Arsenico	µg/l		<1	<1
Cadmio	µg/l		<1	<1
Cromo	µg/l		<5	<5
Cromo esavalente	µg/l		<1	<1
Mercurio	µg/l		<0,5	<0,5
Nichel	µg/l		<2	<2
Piombo	µg/l		<5	<5

Ne consegue quindi che non sussistono motivi ostativi o limitazioni per gli usi ed i rilasci delle acque dell'invaso a valle del serbatoio, sia per gli utilizzi irrigui sia per i rilasci nell'alveo a valle.

7.4 Definizione dello stato di qualità ambientale dell'invaso

La definizione di stato di qualità ambientale dell'invaso è stata fatta sulla base dei criteri indicati dal D.Lgs. 03 aprile 2006 n. 152 "*Norme in materia ambientale*" che fonda tale definizione sulle analisi chimiche delle acque interessate. Per i corpi idrici superficiali è previsto che lo "stato ambientale", espressione complessiva dello stato del corpo idrico, derivi dalla valutazione attribuita allo "*stato ecologico*" ed allo "*stato chimico*" del corpo idrico.

Lo "**stato ecologico**" è espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi associati alle acque superficiali. Alla sua definizione concorrono:

- elementi biologici (macrobenthos, fitoplancton, macrofite e fauna ittica);
- elementi idro-morfologici, a sostegno degli elementi biologici;
- elementi fisico-chimici e chimici, a sostegno degli elementi biologici.

Gli elementi fisico-chimici e chimici a sostegno comprendono i parametri fisico-chimici di base e le sostanze inquinanti la cui lista, con i relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA), è definita a livello di singolo Stato membro, sulla base della rilevanza per il proprio territorio (Tab.1/B-D.M.260/10). Nella definizione dello stato ecologico la valutazione degli elementi biologici diventa dominante e le altre tipologie di elementi (fisico-chimici, chimici e idro-morfologici) vengono considerati a sostegno.

Per la definizione dello “**stato chimico**” è stata predisposta a livello comunitario una lista di 37 sostanze pericolose inquinanti indicate come prioritarie con i relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA) (Tab.1/A-D.M. 260/10).

Nel contesto nazionale, gli elementi chimici da monitorare nei corpi idrici superficiali ai sensi della direttiva quadro, distinti in sostanze a supporto dello stato ecologico e sostanze prioritarie che concorrono alla definizione dello stato chimico, sono specificati nel D.M. 260/10, Allegato 1, rispettivamente alla Tabella 1/B e Tabella 1/A.

In particolare, tale normativa fornisce due griglie di classificazione, rispettivamente per lo *stato ecologico* e per lo *stato chimico* che vengono riportate di seguito.

Lo “*stato ambientale*” di un corpo idrico viene definito al termine del ciclo di monitoraggio come “buono” se lo “*stato ecologico*” e lo “*stato chimico*” sono risultati entrambi come “buono”.

Il sistema di classificazione per i corpi idrici lacustri, normato in Italia dal D.M. 260/10 “Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'art.75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”, prevede l'attribuzione di classi di stato ecologico, sulla base della valutazione degli elementi di qualità biologica (per gli invasi è stato considerato solo il Fitoplancton), supportata dalla valutazione di elementi idro-morfologici, a conferma dello stato ecologico elevato, dei parametri fisico-chimici di base e di altre sostanze chimiche non prioritarie (D.M. 260/10 –All.1, Tab.1/B), (vedi figura 7.5)

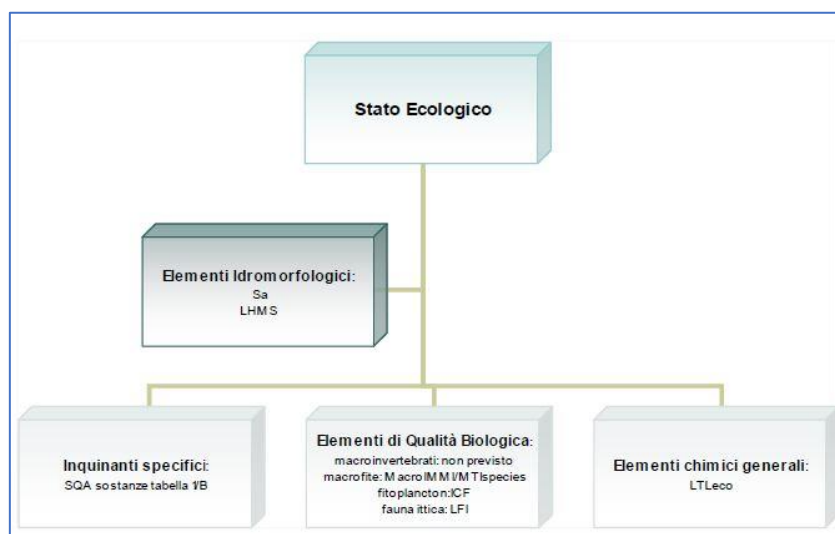


Figura 7.5 - Metriche di classificazione previsti dal D.M. 260/10 per lo stato ecologico

Le sostanze chimiche appartenenti all'elenco di priorità (D.M. 260/10–All.1-Tab.1/A) concorrono invece alla determinazione dello stato chimico (Figura 7.6).



Figura 7.6 - Metriche di classificazione previsti dal D.M. 260/10 per lo stato chimico

Lo Stato Ecologico viene espresso in cinque classi di qualità ognuna delle quali è rappresentata da un colore specifico:

La Stato Chimico viene espresso in due classi di qualità rappresentate da due colori:

- Livello Trofico dei Laghi per lo stato ecologico (LTLecco)

Ai fini della classificazione dello stato ecologico del corpo idrico del lago Cimia, gli elementi fisico-chimici monitorati a sostegno del biologico, sono il **fosforo** totale, la **trasparenza** e l'**ossigeno** ipolimnico; essi sono integrati in un descrittore denominato **LTLecco** (livello trofico dei laghi per lo stato ecologico).

Il calcolo dell'LTLecco annuale prevede l'attribuzione di un punteggio ai parametri considerati dato da:

- Fosforo totale: concentrazione media ottenuta come media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati nel periodo di piena circolazione (viene considerato il dato di fine stagione invernale);
- Trasparenza: media dei valori riscontrati nel corso dell'anno di monitoraggio;
- Ossigeno disciolto: media ponderata rispetto al volume degli strati, o, in assenza dei volumi, rispetto alle altezze degli strati considerati, dei valori di saturazione dell'ossigeno misurati nell'ipolimnio.

La determinazione della classe di qualità rispetto ai tre parametri considerati è ottenuta sommando i punteggi dei singoli parametri secondo le tabelle 4.2.2/a, 4.2.2/b, 4.2.2/c del D.M. 260/2010.

Facendo riferimento al Rapporto di Attività dell'ARPA Sicilia - Monitoraggio e valutazione dello stato ecologico e chimico delle acque degli invasi del Distretto Idrografico della Sicilia ai sensi del D.M. 260/2010 – datato: novembre 2018, i risultati per l'invaso Cimia sono i seguenti:

Dal punto di vista termico l'invaso è riconducibile alla categoria dei laghi monomittici caldi, appartenente al tipo Me-2 afferente al Macrotipo I3.

Nel ciclo di monitoraggio per la prima caratterizzazione finalizzato al Piano di Tutela (2005 – 2006) effettuata ai sensi del D.Lgs. 152/99, la qualità era risultata sufficiente, con valori di ossigeno bassi che si mantenevano per tutto l'inverno, i valori di fosforo totale e clorofilla hanno escluso processi di eutrofizzazione.

L'indice LTLecco, calcolato sulla base degli elementi chimico-fisici a sostegno, della trasparenza, del fosforo totale e dell'ossigeno ipolimnico, è risultato pari a 10, corrispondente alla classe Sufficiente (vedi tabella 7.7)

Tabella 7.7 – Indice LTLecco dell'invaso CIMIA

Parametro	Valore medio	Punteggio per macrotipo I3	LTLecco	Classe di stato ecologico per gli elementi chimico-fisici a sostegno
Trasparenza (m)	1,50	3	10	sufficiente
Fosforo totale (µg/l)	25	4		
% ossigeno ipolimnico	57	3		

In sintesi, il monitoraggio condotto da ARPA Sicilia ha fornito il seguente quadro riepilogativo (vedi tabella 7.8) dello stato di qualità ambientale dell'invaso Cimìa:

Tabella 7.8 - LTLecco dell'invaso CIMIA

Invaso	ICF	LTLecco	Elementi chimici (Tab 1/B)	Stato ecologico	Stato chimico (Tab 1/A)
Cimìa	BUONO	SUFFICIENTE	ELEVATO	SUFFICIENTE	BUONO

I risultati delle indagini condotte in sito ed in laboratorio nel 2020 hanno di fatto confermato il quadro definito dall'ARPA Sicilia.

8 L'INTERRIMENTO DEL SERBATOIO

8.1 Generalità

Sulla base dei risultati delle indagini quantitative sui sedimenti nel serbatoio, si riportano di seguito le stime dei principali parametri sedimentologici quantitativi del serbatoio.

8.2 Stato attuale di interrimento del serbatoio

Sulla base dei dati acquisiti con il rilievo batimetrico eseguito nel 2020, la quota media dei sedimenti, nella porzione del serbatoio prossima all'opera di sbarramento, è pari a circa 127,00 m s.l.m. si veda al riguardo la figura 8.1 in cui sono riportati:

- la planimetria del serbatoio con le isobate del fondo determinate con i dati del rilievo batimetrico del 2020. Essa ha il solo scopo di indicare la posizione della sezione monte-valle.
- il profilo del fondo del serbatoio come desunto dal rilievo batimetrico in una sezione con allineamento monte-valle

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole con le sezioni contenute nel documento: Indagini e Prove di Laboratorio – Primo Stralcio – Rilievi per il PDGI emesso in data 7/09/2020).

Con il rilievo batimetrico del 2020 è stato stimato un volume totale di invaso residuo (ai sensi della L.584/1994) di $6,82 \times 10^6 \text{ m}^3$ a fronte degli originari $10,00 \times 10^6 \text{ m}^3$ del progetto esecutivo.

La perdita di capacità utile che per definizione è quella compresa tra la minima quota di derivazione pari a 129,80 m s.l.m. e la massima quota di regolazione pari a 140,50 m s.l.m., è stata stimata in $660.000,00 \text{ m}^3$.

Nella fascia del serbatoio posizionata a quote superiori alla 129,80 gli spessori dei sedimenti sono risultati essere inferiori o uguali a 3 metri.

Nella figura 8.1 seguente è riportata la pianta del serbatoio con le isobate del fondo del serbatoio come ricavato dal rilievo batimetrico effettuato il 6 giugno 2020, è riportata anche una sezione longitudinale del serbatoio dalla quale si evince che la quota raggiunta dai sedimenti nella zona prossima al serbatoio è di 127,50 m s.l.m.

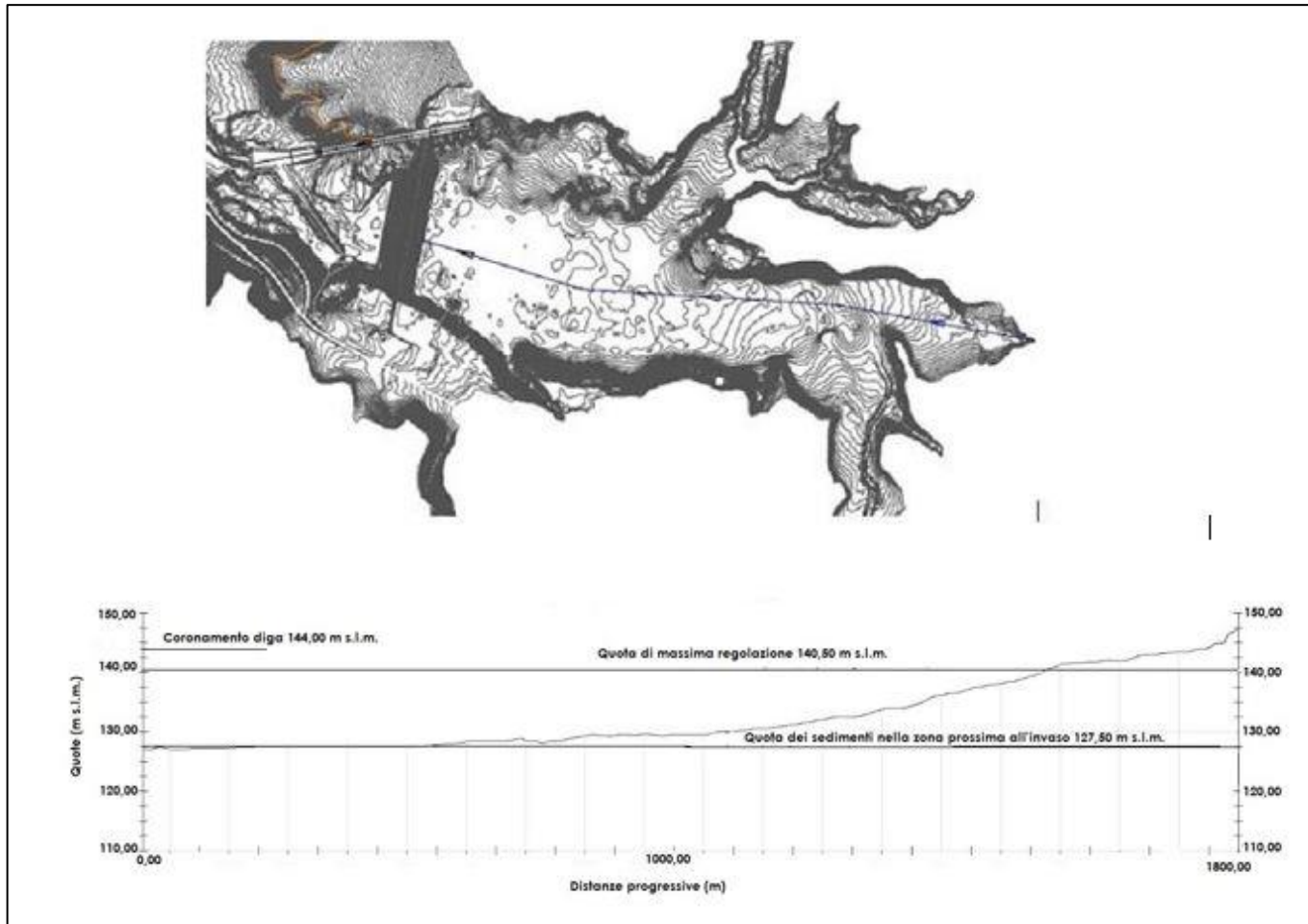


Figura 8.1 – Profilo del fondo del serbatoio in sezione monte-valle

8.3 Interrimento all'imbocco dello scarico di fondo

I rilievi batimetrici effettuati nel 2011 e nel 2020 hanno messo in evidenza in maniera chiara ed inequivocabile che in corrispondenza dell'imbocco dello scarico di fondo si è formato un conoide di erosione generato dal flusso dell'acqua che si instaura in occasione delle aperture delle paratoie dello scarico. Le griglie di imbocco dello scarico sono a quota 119,00 m s.l.m. (vedi figure 8.2 e 8.3).

Poiché allo stato attuale il tetto dei sedimenti è posizionato a circa 8,50 metri (127,50 – 119,00) al di sopra della soglia di imbocco dello scarico di fondo, e poiché già il rilievo del 2011 aveva messo in evidenza la presenza di un significativo grado di interrimento, l'organo statale di vigilanza sulla grandi dighe con atto di ricognizione n. DG/264/2013 ex art. 43 comma8 del DL 201/2011 convertito in Legge 214/2001 ha inserito la diga Cimino nella tabella 1-A (dighe con scarico ostruito totalmente e/o parzialmente). Lo scarico di fondo risulta in realtà attualmente pervio anche se in condizioni molto precarie e con alto rischio di intasamento.

Tale situazione richiede un intervento urgente.

L'interrimento interessa anche le opere di scarico dello scarico di fondo, galleria e canale fagatore, che vanno immediatamente puliti.

8.4 Spessori dei sedimenti nella porzione della capacità utile

8.4.1 Distribuzione

La distribuzione areale dei sedimenti depositati al di sopra della quota 129,80 m s.l.m. è stata ottenuta tramite l'elaborazione in ambiente GIS dei dati del rilievo batimetrico del 2020 e della topografia digitalizzata originaria (1971).

I risultati evidenziano in alcune zone limitate dei valori negativi che rivelano scavi realizzati nella fase di cantiere e valori positivi che rappresentano i depositi di sedimento.

Nella figura 8.2 è riportata una rappresentazione planimetrica del serbatoio con le curve iso-valore degli spessori dei sedimenti e la scala dei colori delle aree con spessori entro valori predefiniti. Sempre nella figura 8.2, la linea blu rappresenta la isobata alla quota 129,80 m s.l.m. che delimita inferiormente la capacità utile del serbatoio e la linea rossa corrisponde alla quota 140,50 m s.l.m. di massima regolazione e limita superiormente la capacità utile del serbatoio.

Si può chiaramente desumere dai dati riportati nella figura 8.2 che gli spessori dei sedimenti nell'area compresa tra la linea rossa (massima regolazione) e la linea blu (minima utilizzazione) è sempre minore o uguale a 3 metri, come già anticipato per la definizione delle modalità e tipologia di campionamento dei sedimenti.

INVASO CIMIA - NISCEMI (CL) - SPESSORE DEI SEDIMENTI

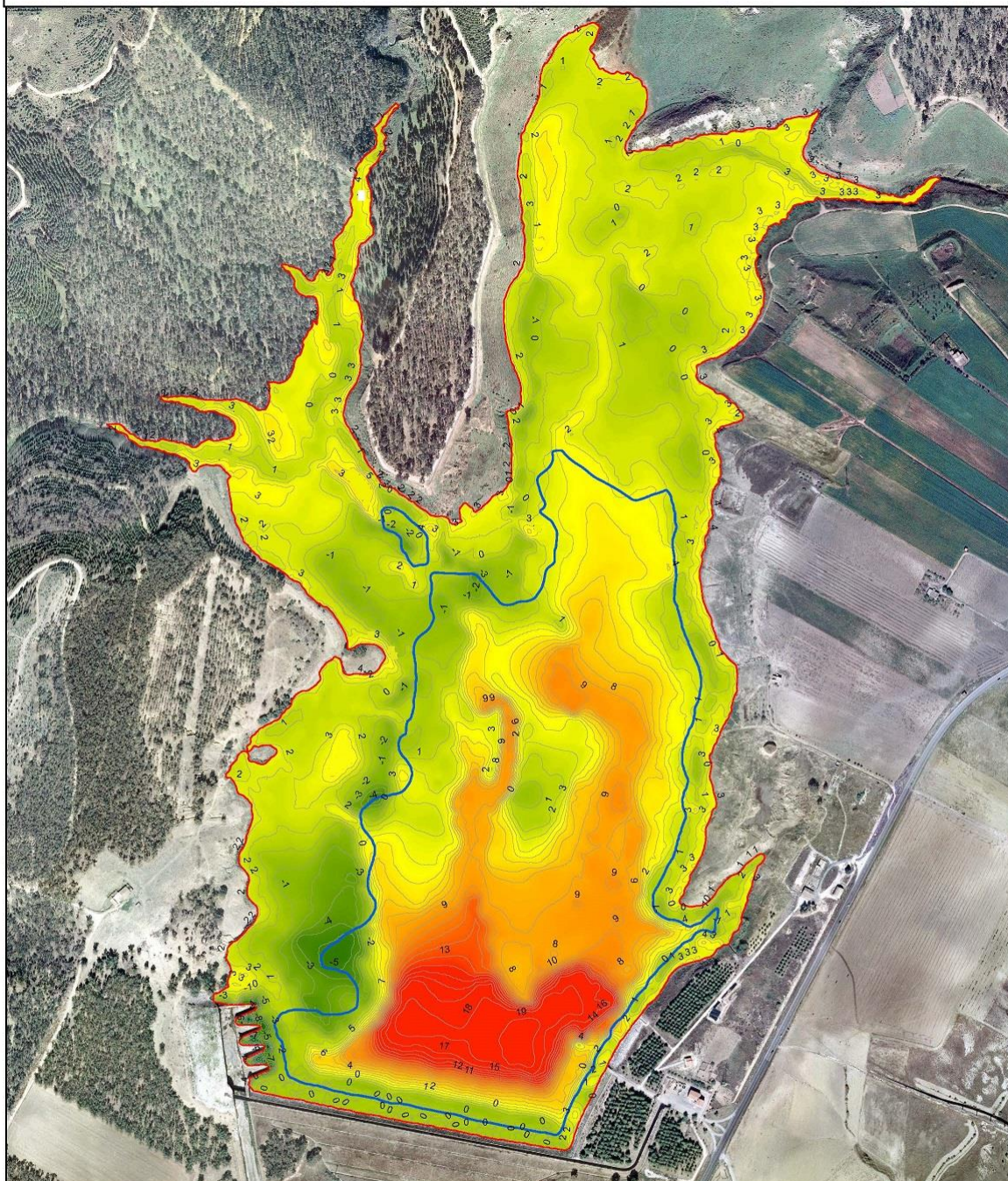


Figura 8.2 – Planimetria con le curve isovalore degli spessori dei sedimenti

8.4.2 Definizioni

In accordo alle “Linee Di Indirizzo Per la Predisposizione, L'approvazione e L'attuazione Dei Progetti Di Gestione Degli Invasi” emesse dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia con D.S.G n. 01/2021 in data 04.01.2021, vengono fornite le seguenti definizioni:

- **Volume di invaso:** il volume del serbatoio compreso tra la quota massima di regolazione e la quota del punto più depresso del paramento di monte.
- **volume utile di regolazione o capacità utile dell'invaso:** il volume compreso fra la quota massima di regolazione e la quota minima alla quale l'acqua invasata può essere derivata per l'utilizzazione prevista.

8.4.3 Rilievo batimetrico 2011

Nel 2011 l'Ente gestore fece eseguire un rilievo batimetrico del serbatoio e, sulla base dei dati raccolti è stato stimato un volume di invaso residuo di $7,69 \times 10^6 \text{ m}^3$. Essendo il volume di invaso originario pari a $10,00 \times 10^6$ (vedi tabella 3.3 dati del serbatoio), ne discende che dal 1979, anno di entrata in esercizio, al 2011 e quindi in 32 anni di esercizio, l'interrimento ha sottratto $10,00 \times 10^6 - 7,69 \times 10^6 = 2,31 \times 10^6 \text{ m}^3$ al volume totale del serbatoio.

8.4.4 Rilievo batimetrico 2020

Il volume totale di invaso residuo del serbatoio è stato stimato in $6,82 \times 10^6 \text{ m}^3$, quindi nel periodo 2011 – 2020 si sono depositati: $7,69 \times 10^6 - 6,82 \times 10^6 = 870.000,00 \text{ m}^3$ di sedimenti. Il volume dei sedimenti complessivo è quindi pari a $2,31 \times 10^6 \text{ m}^3 + 870.000,00 \text{ m}^3 = 3,18 \times 10^6 \text{ m}^3$

Nella figura 8.3 è riportato l'andamento nel tempo della capacità totale residua del serbatoio, si osserva che alla data odierna il volume residuo è ridotto al 68,2 % di quello originario con una perdita del 31,8 % di capacità.

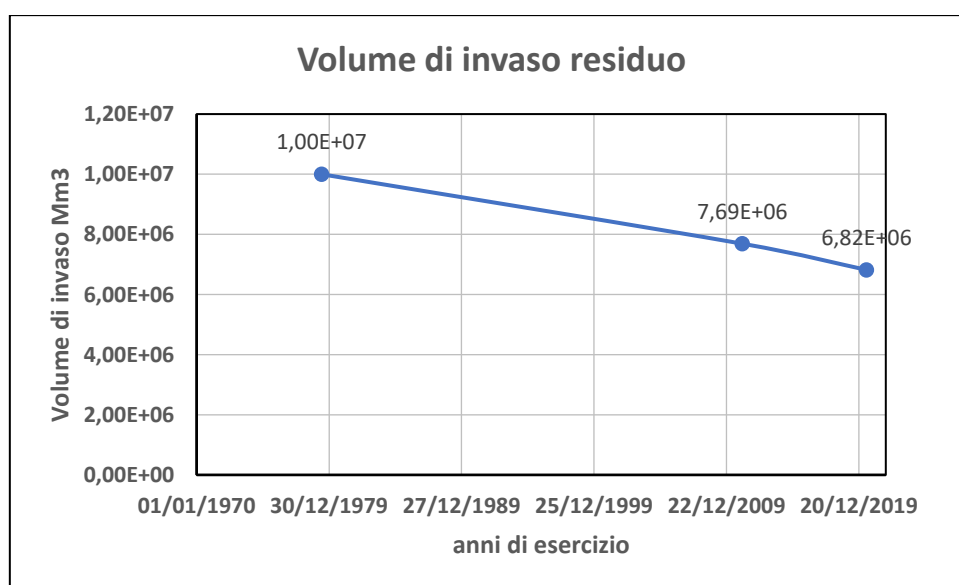


Figura 8.3 – Evoluzione temporale della capacità totale residua del serbatoio

8.4.5 Sedimenti depositati nella capacità utile del serbatoio

La capacità utile del serbatoio per definizione è quella compresa tra la quota di massima regolazione 140,50 m s.l.m. e la quota di minima utilizzazione dell'acqua per gli usi previsti 129,80 m s.l.m.

A causa dei sedimenti depositati all'interno della capacità utile ne consegue che la capacità utile residua attuale del serbatoio è determinata come differenza tra la capacità utile originaria ed il volume dei sedimenti depositati al di sopra della quota 129,80 m s.l.m.

La capacità utile residua attuale è quindi stimata essere pari a $7,0 \times 10^6 \text{ m}^3 - 659.000,00 \text{ m}^3 = 6,34 \times 10^6 \text{ m}^3$. In definitiva quindi, secondo la normativa attualmente vigente (D.M. 30 giugno 2004) il volume di materiali depositati da rimuovere per il ripristino della capacità utile del serbatoio è stimato in 660.000,00 m³.

8.5 Sintesi del quadro evolutivo dell'interrimento del serbatoio

Le figure seguenti riportano le elaborazioni di sintesi di tutte le elaborazioni eseguite ed in particolare:

- L'evoluzione nel tempo delle curve dei volumi a partire da quella originaria al momento dell'entrata in esercizio.
- L'evoluzione nel tempo delle curve delle aree a partire da quella originaria al momento dell'entrata in esercizio.
- L'evoluzione nel tempo delle curve dei volumi dei sedimenti a partire dalla situazione originaria al momento dell'entrata in esercizio, con volumi di sedimenti nulli.
- L'evoluzione nel tempo delle curve dei volumi dei sedimenti, per fasce altimetriche, a partire dalla situazione originaria al momento dell'entrata in esercizio, con volumi di sedimenti nulli.

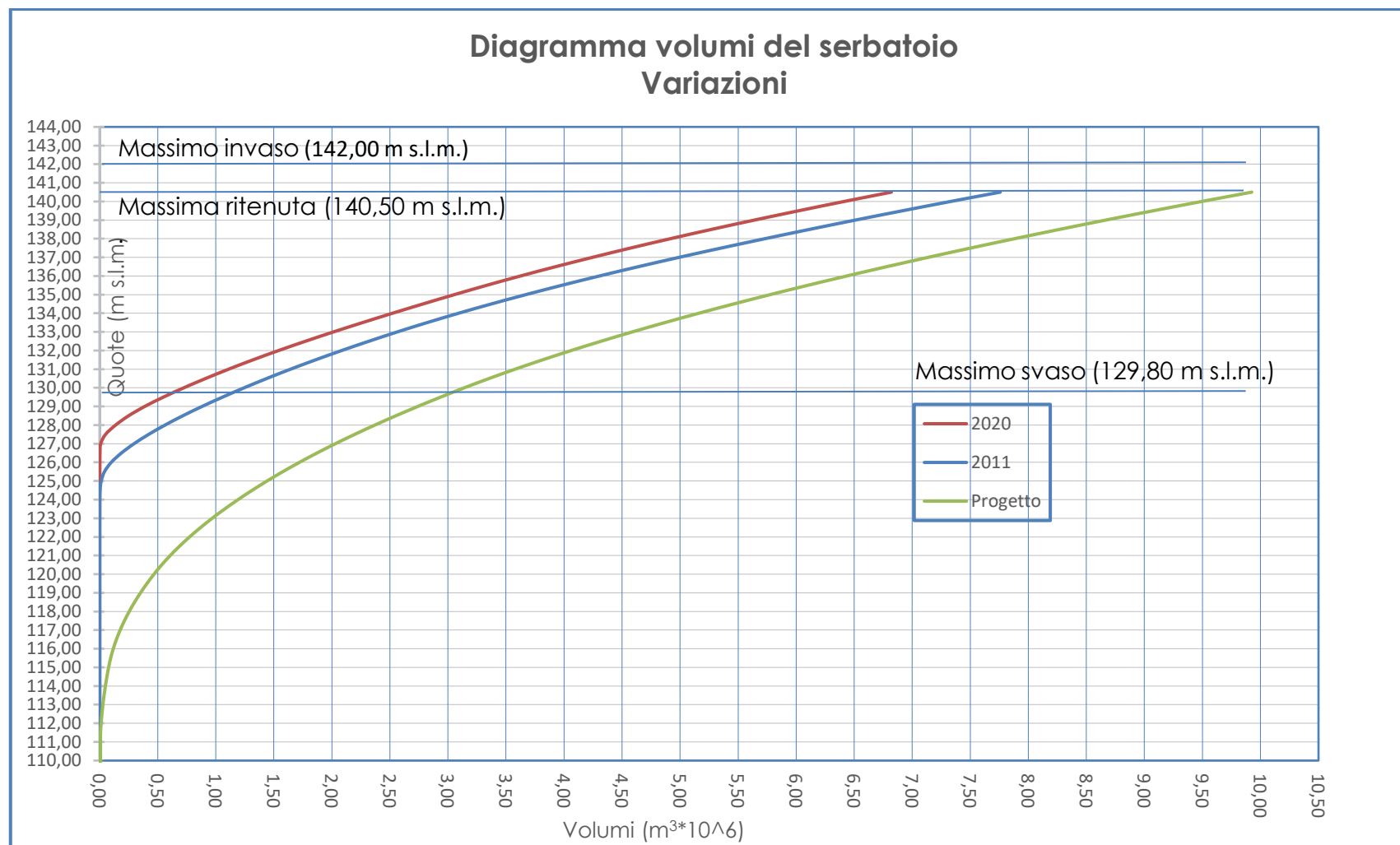


Figura 8.4 - Evoluzione nel tempo delle curve dei volumi

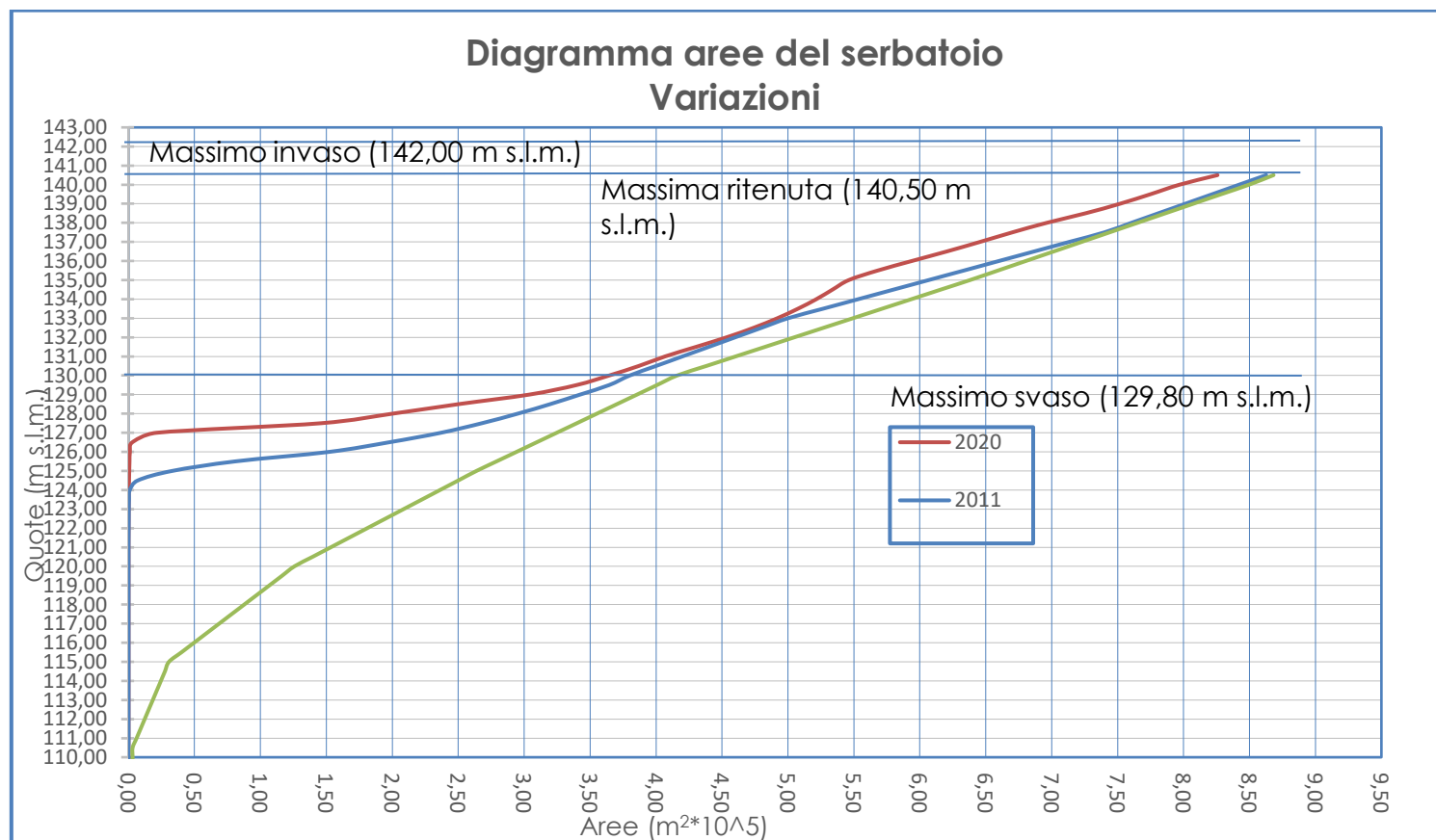


Figura 8.5 - Evoluzione nel tempo delle curve dei volumi

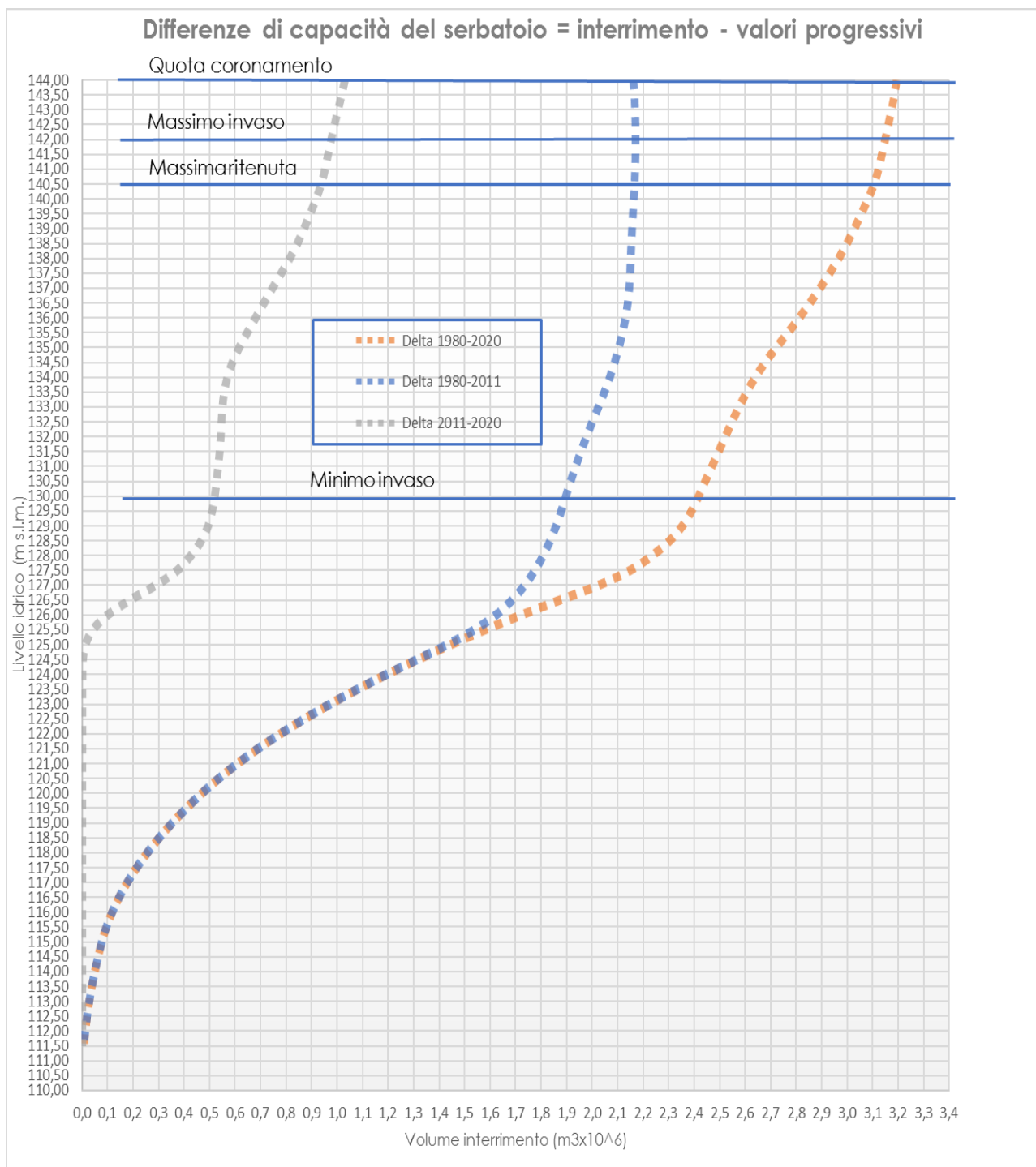


Figura 8.6 - Evoluzione nel tempo delle curve dei volumi dei sedimenti

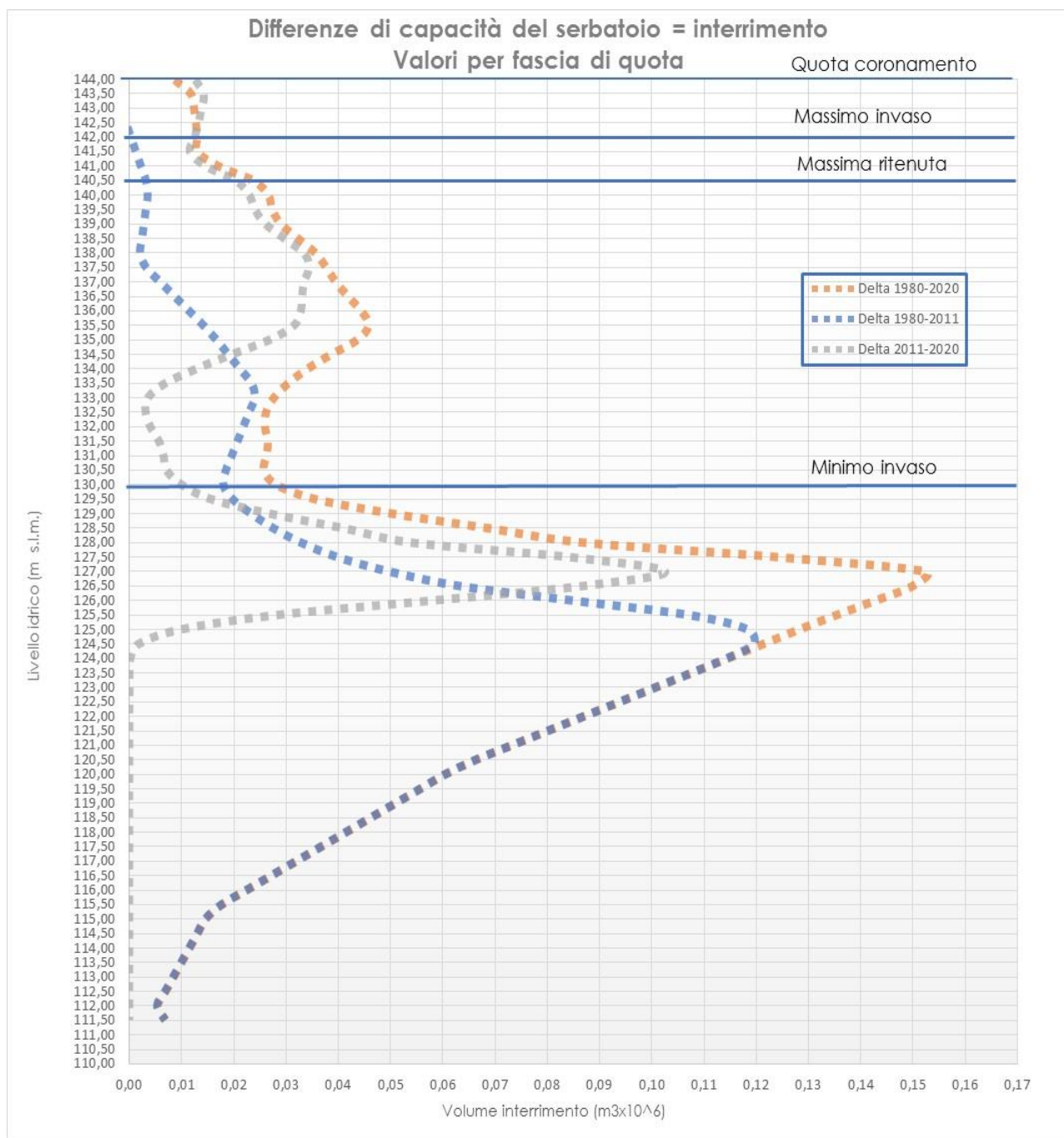


Figura 8.7 - evoluzione nel tempo delle curve dei volumi dei sedimenti, per fasce altimetriche

8.6 Interazione tra l'opera di sbarramento e i sedimenti

Al fine di valutare le interazioni tra lo sbarramento ed i sedimenti sono state predisposte apposite tavole che rappresentano la planimetria dello sbarramento con l'indicazione delle sezioni in direzione monte – valle ortogonali all'asse diga e delle sezioni trasversali della diga con indicato lo

spessore dei sedimenti sul paramento di monte determinato con il rilievo batimetrico del 2020 (vedi figure da 1 a 5 nell'ALLEGATO 1 al presente documento).

8.7 Volume di interrimento medio annuo del serbatoio

8.7.1 Rilievo batimetrico 2011

Sulla base delle elaborazioni dei dati del rilievo batimetrico il volume di interrimento medio annuo è stato pertanto stimato nel modo seguente:

$$(\bar{V}_{INT})_{annuo} = \frac{2,23 \times 10^6 \text{ m}^3}{32 \text{ anni}} \approx 70.000,00 \text{ m}^3/\text{anno}$$

8.7.2 Rilievo batimetrico 2020

$$(\bar{V}_{INT})_{annuo} = \frac{870.000 \text{ m}^3}{9 \text{ anni}} \approx 97.000,00 \text{ m}^3/\text{anno}$$

8.8 Producibilità specifica media annua di sedimenti del bacino imbrifero

Considerando i dati del rilievo batimetrico 2020 si ottiene:

$$V_s = \frac{97.000,00}{70} = 1.386,00 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \cdot \text{anno}$$

Tale valore risulta compreso nei valori misurati in diversi laghi artificiali della Sicilia (G. La Loggia, M. Minacapilli 1998 - P. Berti 1963).

A titolo di riscontro si riportano di seguito i valori stimati nei seguenti serbatoi siciliani:

- Lago Rubino sul torrente Fastaia: 185 (m³/km²*anno)
- Lago Butera sul torrente Comunelli: 1500 (m³/km²*anno)
- Lago Nicoletti sul torrente Borretta: 306 (m³/km²*anno)
- Lago Ancipa sul torrente Troina: 511 (m³/km²*anno)
- Lago Gela sul fiume omonimo: 2050 (m³/km²*anno)

8.9 Tasso di interrimento medio annuo

8.9.1 Rilievo batimetrico 2011

Con i dati ricavati e riferendo le stime alla capacità del serbatoio al tempo iniziale di entrata in esercizio CAP₁₉₇₉, è possibile stimare il tasso di interrimento medio annuo come:

$$TI\% = \frac{(\bar{V}_{INT})_{annuo} \cdot 100}{CAP_{1979}} = \frac{70.000,00}{9.920.000,00} = 0,00705 \cdot 100 = 0,705\%$$

Il valore stimato ricade nel campo dei serbatoi con tassi di interrimento medi. Assumendo ipoteticamente che il tasso di interrimento medio annuo si mantenga costante nel tempo, cosa che l'esperienza ha dimostrato essere non vera, la vita utile del serbatoio è stimabile in 142 anni.

8.9.2 Rilievo batimetrico 2020

Con i dati ottenuti dal rilievo batimetrico e riferendo le stime alla capacità totale iniziale CAP_{1979} , è possibile stimare il tasso di interrimento medio annuo negli ultimi 9 anni come:

$$TI\% = \frac{(\bar{V}_{INT})_{annuo}}{CAP_{1979}} \cdot 100 = \frac{97.000,00}{9.920.000,00} = 0,009 \cdot 100 = 0,98\%$$

Con questo dato la stima della vita utile è di 102 anni (riferita all'anno 1979 di entrata in esercizio)

8.10 Indice del tempo medio di ricambio dell'acqua nel serbatoio.

Il tempo medio di ricambio dell'acqua nel serbatoio è definito come rapporto tra la capacità utile del serbatoio ed il volume di deflusso medio annuo:

$$K_w = \frac{CAP}{VDMA} = \frac{\text{Volume di invaso } [m^3]}{\text{Volume di deflusso medio annuo } [m^3 \cdot \text{anno}^{-1}]} = \text{anni}$$

Con riferimento al tempo iniziale di entrata in esercizio dell'invaso avvenuta nel 1979, il parametro K_w si calcola nel modo seguente:

$$K_{w,1979} = \frac{CAP_{1979}}{VDMA} = \frac{10 \times 10^6 m^3}{4,54 \times 10^6 [m^3 \cdot \text{anno}^{-1}]} = 2,2 \text{ anni}$$

Con i dati di interrimento aggiornati al 2011, assumendo che il volume di deflusso medio annuo si sia mantenuto costante, il tempo medio di ricambio dell'acqua è quindi stimabile come:

$$K_{w,2011} = \frac{CAP_{2011}^{residua}}{VDMA} = \frac{7,69 \times 10^6 m^3}{4,54 \times 10^6 m^3 / \text{anno}} = 1,69 \text{ anni}$$

Con i dati del rilievo batimetrico eseguito nel mese di giugno 2020 la capacità residua del serbatoio è stata stimata in 6.397.939,79 m^3 e quindi, mantenendo l'ipotesi che il deflusso medio annuo si sia mantenuto costante, il tempo medio di ricambio è il seguente:

$$K_{w,2020} = \frac{CAP_{2020}^{residua}}{VDMA} = \frac{6.820.000,00}{4.500.000,00} = 1,52 \text{ anni}$$

Si osserva che in ogni caso si ottengono valori dell'indice del tempo medio di ricambio $K_w > 1$ anno e quindi, in accordo con quanto riportato nel Bollettino dell'ICOLD n 147 – 2009 intitolato "Sedimentation and Sustainable Use of Reservoirs and River Systems", redatto dal gruppo di lavoro ICOLD coordinato da Basson, il serbatoio Cimino è classificabile come serbatoio con grande tempo medio di ricambio (grande serbatoio).

La determinazione dell'indice del tempo medio di ricambio K_w permette, attraverso il diagramma di Brune, di stimare l'indice di capacità di trattenuta dei sedimenti del serbatoio (trap efficiency). L'esame della figura 8.8 evidenzia che poiché, per il serbatoio Cimino, l'indice del tempo medio di ricambio K_w è > 1 ne consegue che il 90 – 100% dei sedimenti entranti nel serbatoio sono trattenuti e si depositano al suo interno senza possibilità di rilascio a valle.

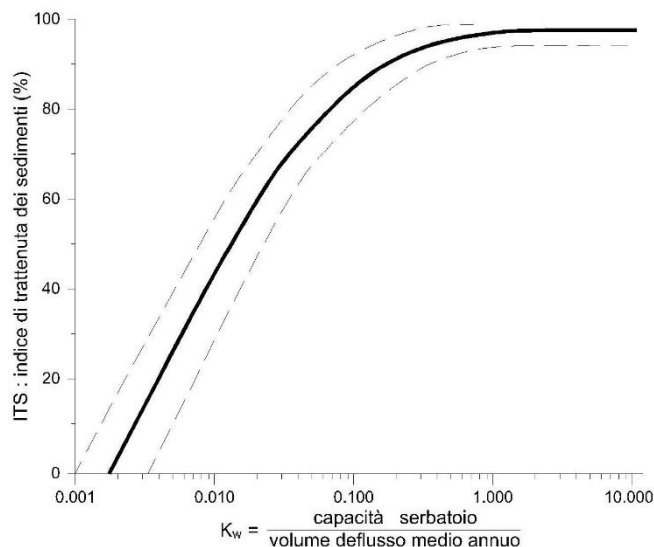


Fig. 8.8 - Grafico di Brune per la stima dei sedimenti trattenuti da un serbatoio

8.11 Indice di vita utile del serbatoio

L'indice di vita utile K_T , al generico tempo T , è definito come il rapporto tra il volume residuo del serbatoio al tempo T ed il volume medio annuo dei sedimenti depositati nel serbatoio.

Al tempo iniziale di entrata in esercizio 1979

$$K_{T,1979} = \frac{CAP_{1979}}{V_{INT,annuo}} = \frac{10,0 \times 10^6 m^3}{93.386,00 m^3/anno} = 107 \text{ anni}$$

Al rilievo batimetrico 2011

$$K_{T,2011} = \frac{CAP_{2011}}{V_{INT,annuo}} = \frac{7,7 \times 10^6 m^3}{93.386,00 m^3/anno} = 82 \text{ anni}$$

Al rilievo batimetrico 2020

$$K_{T,2020} = \frac{CAP_{2020}}{V_{INT,annuo}} = \frac{6.397.939,79 m^3}{93.386,00 m^3/anno} = 68 \text{ anni}$$

8.12 Rilievi batimetrici e topografici periodici di controllo

Il processo di trasporto solido e deposito dei sedimenti sul fondo del serbatoio è un fenomeno complesso fortemente correlato all'intensità degli eventi di pioggia, alla loro distribuzione temporale, nonché alle caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche presenti nel bacino imbrifero ed alla presenza di fenomeni franosi di dissesto idrogeologico.

I dati dei rilievi batimetrici eseguiti nel 2011 e nel 2020 hanno messo in evidenza che il volume medio annuo di sedimenti che si depositano nel serbatoio è compreso tra 80.000 e 100.000 metri cubi all'anno. Considerando che l'area del fondo del serbatoio è pari a 930.000 m² ne consegue che assumendo un volume medio annuo di sedimenti che si depositano nel serbatoio pari a 100.000 m³, ed ipotizzando che si depositino in modo uniforme sull'intera superficie, lo spessore medio annuo dei sedimenti depositati S è uguale a circa 0,1 metri.

Considerando le tolleranze d'errore dei rilievi batimetrici che sono stimabili intorno al 1% della profondità del fondo del serbatoio misurata con l'ecoscandaglio rispetto alla superficie libera dell'acqua, ne consegue che per profondità comprese tra 10 e 20 metri la tolleranza d'errore è dell'ordine dei 10 – 20 centimetri.

Si prevede quindi che i rilievi batimetrici e topografici di controllo vengano effettuati a cadenza non superiore a cinque anni in condizioni imperturbate. Qualora invece dovessero essere attuati interventi di recupero della capacità utile allora è opportuno che, al termine di tali interventi, vengano effettuati i rilievi in modo da verificare l'efficacia e la consistenza degli interventi effettuati.

9 PROGRAMMA DI GESTIONE DELL'INVASO

Il comma 1 dell'art. 3 del D.M. 30 giugno 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio prevede che per il razionale controllo della capacità d'invaso, sia messo a punto un piano previsionale "per assicurare il mantenimento e il graduale ripristino della capacità utile, propria dell'invaso, e per garantire prioritariamente in ogni tempo il funzionamento degli organi di scarico e di presa".

La finalità di garantire la funzionalità degli scarichi, indipendentemente dalla necessità e dalle modalità dell'eventuale intervento di sfangamento è inoltre ribadita anche allo stesso art. 3 – comma 5. A tale riguardo il PdGI prevede un intervento straordinario che ha la finalità di ripristinare la piena funzionalità ed efficienza dello scarico di fondo in quanto essa rappresenta un'esigenza prioritaria che, per ragioni di sicurezza dello stesso impianto e delle zone poste a valle della diga, deve essere realizzato con la massima priorità. Il PdGI prevede anche interventi ordinari periodici al fine di garantire la funzionalità degli scarichi profondi e della derivazione nel corso dell'esercizio.

Secondo quanto suggerito all'Art. 3, comma 5 del D.M. 30/6/2004 sono definiti gli scenari per l'utilizzo dello scarico di fondo durante gli eventi di piena ai fini di evitare il deposito dei sedimenti all'interno del serbatoio e della galleria dello scarico di fondo e per ricostituire il trasporto solido a valle dello sbarramento

Per quanto concerne invece il recupero della capacità utile così come previsto dalle norme vigenti, considerando i limiti tecnici ed economici delle diverse alternative disponibili e considerando che, allo stato attuale il serbatoio Cimìa ha perso circa 660.000,00 m³ di capacità utile, (vedi capitolo 8.5), viene proposta una soluzione che prevede l'uso combinato della rimozione con mezzi meccanici e con dragaggio idraulico con pompa sommersa.

Va inoltre precisato che il recupero integrale della capacità utile d'invaso, in base al programma di utilizzo della risorsa idrica, deve necessariamente discendere da valutazioni basate sul rapporto costi/benefici e tenendo conto anche delle specifiche condizioni locali di utilizzo della risorsa idrica da parte dei diversi portatori di interesse e quindi il soggetto titolato ad effettuare le più opportune scelte gestionali è il gestore dell'impianto.

Nei successivi paragrafi vengono dapprima illustrati gli interventi ordinari periodici necessari per garantire la funzionalità degli scarichi profondi e della derivazione nel corso dell'esercizio dell'impianto, successivamente sono illustrati gli interventi straordinari necessari da un lato a ripristinare la piena funzionalità ed efficienza dello scarico profondo e dall'altro la capacità utile del serbatoio.

Le soluzioni tecnicamente percorribili per raggiungere gli obiettivi prefissati dalla norma sono molteplici, la reale applicabilità di esse alla specifica situazione dell'invaso Cimìa costituisce l'oggetto delle trattazioni dei prossimi paragrafi.

Nella predisposizione del Progetto di Gestione sono state analizzate le diverse alternative possibili con i pro e i contro delle diverse possibilità ed infine è stata scelta e proposta la soluzione ottimale tenendo conto sia degli aspetti tecnico-economici ma anche tenendo conto delle esigenze e delle priorità che l'Ente gestore dell'invaso intende sostenere considerando i diversi portatori di interesse.

10 INTERVENTI ORDINARI PERIODICI

10.1 Pulizia delle opere di restituzione a valle

Attualmente sia la galleria dello scarico di fondo che il canale di restituzione e la vasca di dissipazione presentano un significativo deposito di sedimenti sul fondo. Tale materiale si è depositato a causa delle basse portate esitate con le manovre di spurgo effettuate in passato e per le conseguenti basse velocità della corrente fluida che ha indotto la deposizione delle frazioni più grossolane del trasporto solido in sospensione. La figura 10.1 illustra chiaramente lo stato di ostruzione quasi completo della sezione di sbocco dello scarico di fondo posta al di sotto dello sbocco del canale di aereazione.

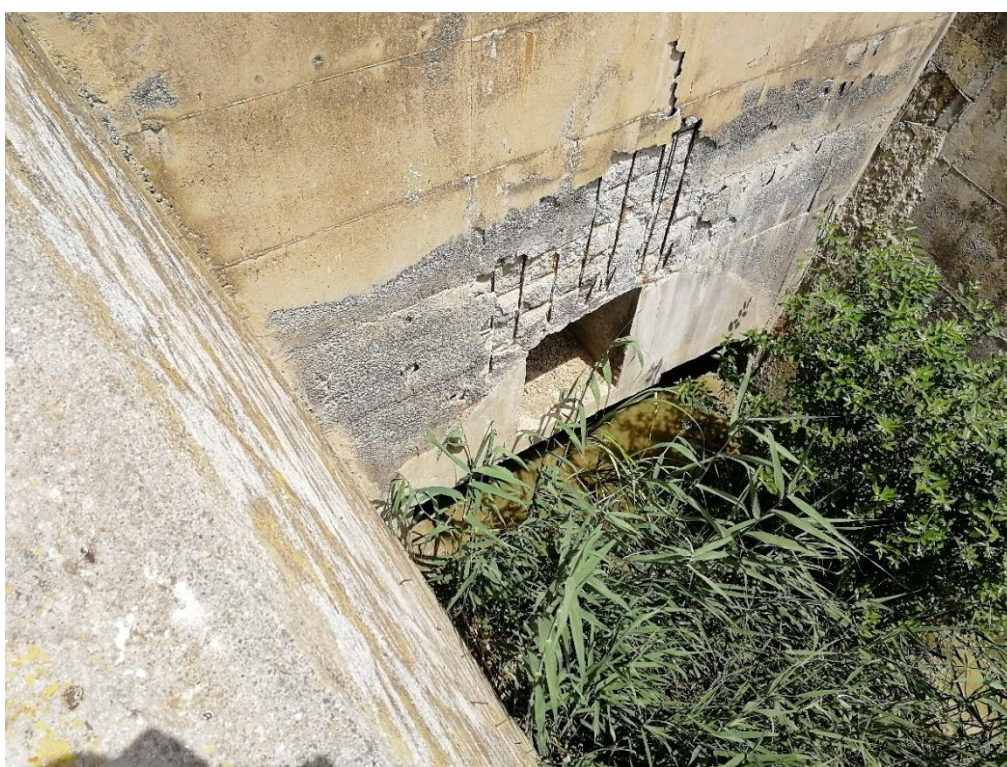


Figura 10.1 – situazione di ostruzione della sezione di sbocco dello scarico di fondo

Anche il canale di restituzione a valle dello sbocco dello scarico di fondo presenta un notevole deposito di sedimenti sul fondo e su di esso è cresciuta una cospicua vegetazione di canne palustri che ostruiscono il normale deflusso della corrente idrica verso valle, creando un rigurgito della corrente a monte con riduzione della pendenza piezometrica e quindi della velocità di deflusso con conseguente ulteriore tendenza al deposito del materiale solido (vedi figura 10.2).



Figura 10.2 – folta vegetazione di canne palustri nel canale di restituzione dello scarico di fondo

È indispensabile che il gestore provveda con urgenza alla pulizia delle suddette opere ed alla rimozione dei sedimenti in modo da consentire il libero deflusso della corrente di rilascio dallo scarico di fondo ed evitare che si creino problemi anche al funzionamento ed all'efficienza delle paratoie di manovra dello scarico di fondo.

Successivamente alla prima operazione di rimozione dei sedimenti attualmente presenti, a cadenza annuale dovrà essere effettuata una verifica della pulizia delle opere e nel caso di necessità provvedere alla rimozione dei materiali depositati.

10.2 Spurghi/cacciate

10.2.1 Generalità

Gli spurghi durante gli eventi di piena consentono di alleggerire (ma non eliminare) il deposito di sedime nel serbatoio.

La carta delle isobate del fondo del serbatoio e la sezione longitudinale ricavate con i dati del rilievo batimetrico effettuato nel 2020 evidenzia in modo inequivocabile che l'idrodinamicità delle acque all'interno del serbatoio in occasione degli eventi di piena comporta il trasporto e la deposizione di sedimenti fino alla zona in cui sono ubicati lo scarico di fondo e l'opera di presa dal serbatoio.

Appare pertanto opportuno eseguire con periodicità manovre di apertura delle paratoie dello scarico di fondo, con opportune tempistiche e portate di rilascio a valle, tali da garantire nel tempo la pervietà dell'imbocco dello scarico di fondo e dell'opera di presa per la derivazione ad uso irriguo nonché dei rispettivi organi di manovra. Se le manovre di apertura sono effettuate in concomitanza di eventi di piena ordinarie è possibile anche far transitare a valle parte dei sedimenti in ingresso.

10.2.2 Modalità operative delle operazioni di spurgo

Le operazioni di spurgo con apertura delle paratoie dello scarico di fondo dovranno essere eseguite di norma con cadenza annuale in concomitanza con il verificarsi della fase decrescente di eventi di piena ordinari con tempi di ritorno di due anni (la portata al colmo della piena è stimabile con la relazione $Q = 48,31 \cdot T^{0,4596}$ dove Q è la portata al colmo e T il tempo di ritorno. Per T = 2 anni si ricava una portata al colmo Q di circa 66 m³/s. e per T = 1 anno la portata al colmo è di circa 48 m³/s.

Poiché l'azione di richiamo e di trascinamento dei sedimenti è proporzionale al grado di apertura della paratoia e quindi alla portata esitata a valle, al fine di garantire una concentrazione di sedimenti nelle acque rilasciate nel corpo idrico ricettore a valle dello sbarramento, compatibili con le caratteristiche ambientali dello stesso, è indispensabile definire in modo appropriato il grado di apertura delle paratoie in modo da limitare al massimo i periodi in cui tali concentrazioni dovessero superare i limiti prestabiliti.

Ad oggi non risulta essere stata definita con apposito studio la massima portata transitabile nell'alveo a valle di cui al punto B) della circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806. Il gestore del serbatoio Cimìa provvederà ad effettuare lo studio idraulico per la determinazione della massima portata transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza idraulica (denominata Q_{Amax}) di cui al punto B) della circolare della Presidenza del Consiglio dei ministri 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806.

L'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia, con nota n. 5977/2019 ha convalidato il valore di 3 m³/s che risulta essere anche riportato nel Documento di Protezione Civile.

Si nota tuttavia che, i responsabili dell'impianto del Cimìa hanno confermato che il suddetto valore di 3 m³/s non deriva da uno specifico studio idraulico ma è semplicemente il valore della massima portata che è stata esitata dallo scarico di fondo in occasione di spurghi che sono stati effettuati negli anni passati e che il gestore ha comunicato all'Autorità di Bacino con nota prot. n. 36321 del 5/9/2019.

D'altro canto lo scarico di fondo del serbatoio è stato dimensionato con una portata massima esitabile di 55 m³/s e se la massima portata transitabile in alveo a valle fosse effettivamente di 3 m³/s vorrebbe dire che lo scarico di fondo non può mai essere utilizzato per come concepito in progetto e ciò costituirebbe un grave pregiudizio all'utilizzo in sicurezza del serbatoio (salvo condizioni di emergenza a tutela della salvaguardia dal collasso dell'opera).

Una volta effettuati gli studi idraulici per la determinazione della massima portata transitabile nell'alveo a valle, ai sensi del punto B, secondo capoverso della Circolare della Presidenza del

Consiglio dei Ministri del 13/12/1995 n. DSTN/2/22086, le modalità di effettuazione delle manovre di spurgo dovranno essere aggiornate secondo le indicazioni fornite in precedenza. In tal modo si potrà conseguire un efficace spurgo di materiali dall'area prossima all'imbocco dello scarico di fondo ed evitando anche il fenomeno di deposito dei sedimenti nelle opere di restituzione a valle delle paratoie dello scarico di fondo (vedi figure 10.1 e 10.2).

Durante le operazioni di spurgo è necessario accertarsi che nel corpo idrico ricettore non vengano superati i valori limite dei parametri riportati nella seguente tabella 10.1 e relativi alla concentrazione dei solidi sospesi totali/torbidità ed ossigeno disciolto. I valori riportati nella tabella sono stati dedotti facendo riferimento alle Linee Guida emesse dalle regioni Lombardia, Piemonte e Sardegna.

Per quanto riguarda il parametro solidi sospesi totali/torbidità, al fine di confrontare i valori che possono essere espressi in % (volume/volume) ed in mg/l, in prima approssimazione si è considerato che il peso dell'unità di volume dei solidi sospesi sia $1,5 \text{ g/cm}^3$ e che i solidi sospesi siano equivalenti a quelli sedimentati nel serbatoio.

Tabella 10.1 – Valori limite dei solidi sospesi e ossigeno disciolto

Parametro	Valori Limite	Durata
SST	non superiore a 4 % (v/v) (circa 60 g/l)	15 minuti con monitoraggio in continuo ogni 5 minuti
SST	non superiore a 2 % (v/v) (circa 30 g/l)	2 ore monitoraggio in continuo ogni 15 minuti
SST	non superiore a 1 % (v/v) (circa 15 g/l)	4 ore monitoraggio in continuo ogni 15 minuti
SST	non superiore a 0,65 % (v/v) (circa 10 g/l)	valore medio per l'intera operazione di spurgo
Ossigeno Disciolto %	Non inferiore all'80 % di saturazione	Media di 2 ore dei dati acquisiti in continuo, con un intervallo di acquisizione non superiore ai 15 minuti
Ossigeno Disciolto %	Non inferiore all'60 % di saturazione	Valore minimo dei dati acquisiti in continuo, con un intervallo di acquisizione non superiore ai 15 minuti

Nella tabella 10.2 sono riportati i valori caratteristici delle portate di rilascio a valle in coda ad eventi di piena che per loro natura possiedono significative quantità di trasporto solido in sospensione (torbide).

L'esame della tabella mette in evidenza che la quantità di materiale rimosso ed esitato a valle nel corso di ciascuna manovra di apertura delle paratoie risulta essere molto contenuta in confronto alla quantità di sedimento che mediamente annualmente si deposita nel serbatoio, che secondo i dati del rilievo batimetrico del 2020 è dell'ordine di 100.000,00 m³.

Tabella 10.2 – Stima dei quantitativi di sedimento e acqua evacuati con operazioni di spurgo

Durata dell'intervento di spurgo [ore]	Portata rilasciata [m ³ /s]	Concentrazione dei solidi sospesi [g/l]	Volume sedimenti evacuati [m ³]	Volume miscela d'acqua evacuato [m ³]
1	3	5 %	540 m ³	10.800
4	3	3 %	1.300 m ³	43.200
12	3	1 %	1.300 m ³	129.600

Il peso dei sedimenti è stimato assumendo un peso dell'unità di volume $\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$ (1,5 t/ m³)

10.2.3 Programma temporale delle operazioni di spurgo

Il programma delle operazioni di spurgo a serbatoio invasato può essere articolato come segue:

- Annualmente devono essere eseguiti due interventi di spurgo con apertura dello scarico di fondo fino alla portata massima efficace per determinare una consistente asportazione del materiale sedimentario.
Tale portata massima dovrà essere fissata nella prima fase sperimentale del monitoraggio in relazione all'entità della concentrazione della torbidità registrata. Tuttavia si ritiene utile utilizzare, in attesa di dati sperimentali, portate di rilascio di 3 m³/s.
- Tali interventi saranno programmati in uno nella stagione autunnale e uno in quella invernale, con l'accortezza di dilazionarli nel tempo con intervallo non inferiore a 7 – 10 giorni, e comunque legati all'occorrenza degli eventi di piena.
- Al verificarsi di eventi di piena o di morbida consistente, tali interventi dovranno essere iniziati in coda agli eventi stessi, avendo però cura di dare inizio all'intervento quando è iniziata la fase di esaurimento della piena.
In questo caso, e nei limiti consentiti dalla durata dell'evento naturale, le operazioni di scarico potranno convenientemente essere prolungate anche oltre i tempi indicati e fino a completo esaurimento dell'evento naturale.
- La durata di ogni singola operazione di spurgo sarà funzione della durata dell'evento di piena naturale e possibilmente dovrà durare il più a lungo possibile e dovrà essere eseguita con le seguenti modalità:
 1. apertura graduale dello scarico di fondo fino alla portata massima provvisoriamente fissata in 3 m³/s;
 2. mantenimento di tale apertura per un periodo continuativo di 4 ore così da fluitare a valle un volume di miscuglio acquoso pari a:

per ogni spurgo $4 \times 3.600 \times 3 = 43.200 \text{ m}^3$

per due spurghi 86.400 m^3

ed un volume di sedimenti complessivo (concentrazione solidi sospesi pari a 3% volumetrico – vedi tabella 10.2) pari a 2.600 m^3 che rappresenta una frazione molto modesta del volume di sedimenti che mediamente si deposita in un anno nel serbatoio.

3. Il periodo di 4 ore è ovviamente indicativo in quanto il periodo reale potrà essere fissato solo dopo l'accertamento dell'effettiva capacità di spurgo di questa operazione, tenendo conto sia della massima portata transitabile in alveo a valle che del programma di monitoraggio.

L'attività di spurgo potrebbe essere incrementata ma pagando un prezzo altissimo in termini di perdita di risorsa idrica. Invece uno spurgo sistematico durante eventi di piena consente, a parte il modesto alleggerimento del carico solido, una buona manutenzione dello scarico di fondo, della sua zona di imbocco e degli organi di scarico a valle.

10.3 Monitoraggio durante le operazioni di spurgo

Le attività di controllo dovranno essere avviate almeno due ore prima dell'inizio dell'apertura delle paratoie dello scarico di fondo e si concluderanno almeno due ore dopo la chiusura delle paratoie.

Dovranno essere rilevate e registrate con frequenza non inferiore a 15 minuti le portate rilasciate nonché le modalità di rilascio al fine di acquisire dati utili per una migliore programmazione e taratura delle operazioni future.

Dovrà essere definito e messo a punto un efficace piano delle comunicazioni tra gli operatori addetti al monitoraggio e gli operatori addetti alle regolazioni degli organi di scarico affinché in caso di superamento dei limiti indicati le operazioni possano essere immediatamente sospese o possano essere messe in atto tempestivamente tutte le azioni per far rientrare i parametri nei limiti consentiti.

I principali parametri da prendere in considerazione nel monitoraggio del corpo idrico a valle dello sbarramento sono la concentrazione dei solidi sospesi e la percentuale di ossigeno disciolto. Sono previste tre stazioni di misura: 1) la prima allo sbocco della vasca di calma; 2) la seconda a 200 metri dalla prima 3) la terza a 500 metri dalla prima. Nel caso sia riscontrata l'impossibilità o l'eccessiva difficoltà di realizzare il monitoraggio nell'intervallo di distanza indicato potranno essere valutate ubicazioni a distanze inferiori o superiori.

Le misure del parametro solidi sospesi totali devono essere realizzate sia mediante torbidimetro (opportunamente tarato al fine di costruire la specifica regressione concentrazione–torbidità) con registrazione in continuo o con intervallo di acquisizione non superiore a 15 minuti che realizzando campionamenti con coni Imhoff almeno ogni 30 minuti ed in aggiunta campionamenti ogni ora per il controllo a posteriori in laboratorio del parametro solidi sospesi totali utilizzando i metodi 2090 APAT–IRSA–CNR, ove applicabili in funzione del range di torbidità, o altri metodi riconosciuti a livello nazionale o internazionale.

Le misure effettuate con il torbidimetro e i prelievi per le misure con i coni Imhof e per quelle di laboratorio devono essere effettuati, laddove possibile, ad una profondità di 20-30 cm sotto il pelo dell'acqua.

Le misure del parametro ossigeno disciolto devono essere registrate in continuo o con intervallo di acquisizione non superiore a 15 minuti e contestualmente dovrà essere registrata la temperatura dell'acqua.

Tutta la strumentazione deve essere in ogni momento verificabile da parte dell'ARPA Sicilia che potrà effettuare tutti i controlli ritenuti necessari per la verifica del rispetto dei limiti fissati e dei dati forniti dal gestore.

11 INTERVENTI STRAORDINARI

Sulla base delle informazioni disponibili sullo stato dell'interrimento del serbatoio che sono state acquisite con i rilievi effettuati si prevedono tre interventi straordinari come di seguito indicati:

1. Messa in sicurezza e riefficientamento dello scarico di fondo (primo piano operativo).
2. Rimozione dei sedimenti per il recupero della capacità utile (secondo piano operativo).
3. Sistemazioni idraulico forestali nel bacino imbrifero.

12 PRIMO PIANO OPERATIVO

12.1 Descrizione dell'intervento

Allo stato attuale i sedimenti depositati in prossimità dell'imbocco dello scarico di fondo hanno assunto un profilo a forma conica a causa dell'azione erosiva indotta dalla corrente di richiamo che si instaura in occasione delle manovre di apertura delle paratoie che il gestore effettua periodicamente per mantenere la funzionalità dello scarico profondo.

Il profilo dei sedimenti depositati è posizionato alla quota di 127,40 m s.l.m. nella zona centrale del serbatoio e ad una distanza di circa 25 metri dall'imbocco dello scarico di fondo inizia a degradare verso l'imbocco stesso, inizialmente con una pendenza di circa 5 gradi e poi, a qualche metro dall'imbocco si è creata una scarpata con una pendenza di circa 28 gradi. Essendo la soglia dell'imbocco posizionata alla quota 119,00 m s.l.m. ne consegue che attualmente al di sopra della soglia di imbocco è presente uno spessore di circa 8 metri di sedimenti (vedi figure 12.1 e 12.2).

La situazione sopraesposta è di equilibrio precario in quanto le scarpate del cono di erosione dei sedimenti in prossimità dell'imbocco sono in condizioni prossime all'equilibrio limite e basta una minima situazione di perturbazione per indurre il collasso di una massa di qualche decina di metri cubi ed ostruire l'imbocco dello scarico di fondo.

Vi è quindi l'urgenza di dare attuazione agli interventi messi in sicurezza e rifunzionalizzazione dell'imbocco dello scarico di fondo ed a questo fine l'Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia ha richiesto di allegare al PdG quale primo Piano Operativo, il progetto di sopralzo dell'imbocco dello scarico di fondo fino alla quota di minima regolazione e la contemporanea rimozione dei sedimenti.

Per mettere in sicurezza lo scarico di fondo e garantire la sua funzionalità sono state valutate tre diverse alternative, la soluzione che è stata prescelta e sviluppata nel progetto definitivo prevede:

- La realizzazione di una tura con palancole metalliche
- Il dragaggio dei sedimenti all'interno della tura
- Il deposito dei sedimenti all'interno di geotubi posizionati a valle dello sbarramento in prossimità della confluenza del canale di scarico con la vasca di dissipazione

Il progetto definitivo dell'intervento è stato sviluppato ed è allegato nella sua interezza al presente documento, come richiesto dall'Autorità di Bacino.

La tura è in palancole Larssen con soglia superiore a quota 130, infisse nel sedime. Questa tura permanente consente di preservare un volume residuo nel serbatoio e evitare la moria dei pesci.

Il volume residuo nel serbatoio a quota 130 è di 720.000 m³.

Il materiale sedimentato che sovrasta l'imbocco dello scarico di fondo viene dragato. Il volume da dragare è di 32.500 m³. Il dragaggio avviene con l'uso di un apposito pontone draga.

Il progetto di riefficientamento dello scarico di fondo comprende anche interventi di riefficientamento degli organi elettromeccanici e dei sistemi di movimentazione e monitoraggio delle paratoie dello scarico di fondo.

Una volta completata la tura si può procedere allo svaso, che sarà molto rapido, e si potrà accedere ad ispezionare le paratoie all'asciutto. Gli scarichi dovranno restare aperti.

Completati i brevi accessi si potrà rinvasare chiudendo le paratoie, dato che durante lo svaso dovrà essere interrotta l'erogazione irrigua (la presa è a livello inferiore alla tura).

Si prevede di lasciare il pontone in dotazione all'impianto per il dragaggio manutentivo. Si tratta di una opzione, possibilmente con una convenzione di manutenzione periodica o di operatività per i futuri interventi manutentivi periodici, di notevole importanza, dato che l'intervento previsto elimina le criticità attuali e facilita la manutenzione, ma che futuri interventi manutentivi devono essere previsti.

La tura è pensata anche per predisporre l'intervento di riabilitazione del torrino dello scarico di fondo e delle pile della passerella (non verificate ai carichi sismici). Si è suggerito di effettuare una unica operazione in tempi rapidi per entrambe le riabilitazioni che interferiscono con la sicurezza dello scarico di fondo, quella del presente progetto e la riabilitazione per i carichi sismici, ma vi sono effettive difficoltà procedurali.

Il sistema risolve le criticità attuali. Inoltre consente svasi per manutenzione dell'imbocco o accesso alle parti esterne degli organi di scarico o all'imbocco della presa irrigua. Ad esempio, consente di intervenire alla base del torrino e sulle pile della passerella per rendere queste strutture sicure sotto l'azione di sollecitazioni sismiche).

Le cacciate in queste nuove condizioni saranno inoltre molto più efficaci e consentiranno di ripulire periodicamente l'imbocco.

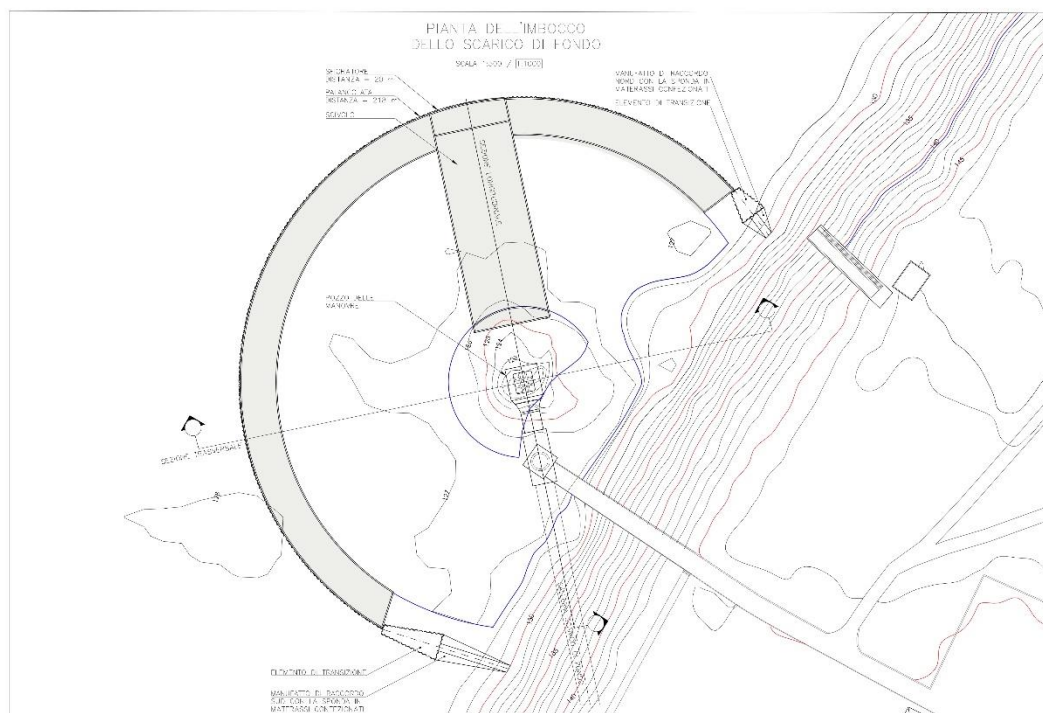


Figura 12.1 – Planimetria dell'intervento

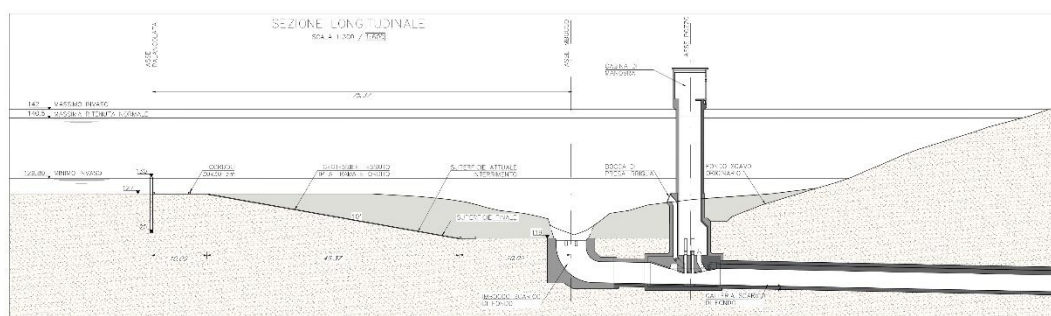


Figura 12.2 – Sezione lungo l'asse dello scarico di fondo

12.2 STIMA DELLE OPERE

La stima delle opere relative al primo piano operativo è stralciata dalla stima del costo del progetto definitivo del riefficientamento dello scarico di fondo che è allegato alla presente relazione, come richiesto dall'Autorità di Bacino.

Si noterà che gli interventi di messa in sicurezza dello scarico di fondo comprendono sia la rimozione di sedimento, sia interventi di riefficientamento degli organi elettromeccanici di sezionamento dello scarico di fondo.

Questi ultimi non sono a rigore attinenti al progetto di gestione dell'invaso, se non in senso lato, in quanto attinenti alla sicurezza dell'opera.

Nelle opere definite come soggette ad opzione si comprende anche l'acquisizione del pontone draga e la relativa gestione di manutenzione per un decennio.

Questo induce consistenti benefici alla pratica di corretta manutenzione del serbatoio, che beneficia anche di altri spetti propedeutici alla gestione come la disponibilità del sistema di tubazioni afferenti a valle diga per il trasporto della miscela acqua/sedime, incluso tramoggia e sistema di flocculazione, raccolta drenaggi e reimmissione dei medesimi nel serbatoio, oltre a nuove analisi del sedime e dell'acqua del serbatoio.

PREZZI SOGGETTI A OPZIONE (Euro)

Codice	Descrizione e specifica	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Importo
A1	Ufficio direzione lavori	A corpo	64.000,00	1,00	64.000,00
A2	Consumi ufficio direzione lavori	Per mese	250,00	9,50	2.375,00
A3	Acquisizione pontone draga	A corpo	700.000,00	1,00	700.000,00
A4	Gestione pontone draga	Per anno	10.000,00	10,00	100.000,00
A5	Interventi manutenzione straordinaria	A chiamata	2.500,00	10,00	25.000,00
				Totale	891.375,00

PREZZI NON SOGGETTI A OPZIONE Euro)

Codice	Descrizione e specifica	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Importo
B1	Vettura di servizio direzione lavori	Per mese	1.200,00	9,50	11.400,00
B2	Uffici appaltatore	A corpo	270.000,00	1,00	270.000,00
B3	Veicoli di servizio dell'appaltatore	Per mese	6.000,00	9,50	57.000,00
B4	Parcheggi	A corpo	10.000,00	1,00	10.000,00
B5	Officina, equipaggiamenti di cantiere e magazzino	A corpo	400.000,00	1,00	400.000,00
B6	Piazzale di servizio	A corpo	80.000,00	1,00	80.000,00
B7	Gestione strade interne	A corpo	180.000,00	1,00	180.000,00
B8	Allacciamenti	A corpo	5.000,00	1,00	5.000,00
B9	Attrezzatura dello scivolo di varo	A corpo	150.000,00	1,00	150.000,00
B10	Dragaggio e deposito sedime	m ³	40,06	32.500,00	1.301.929,60
B11	Batimetrie e assistenza subacquea	A corpo	30.000,00	1,00	30.000,00
B12	Fornitura e preparazione palancole	kg	1,62	278.046,00	451.384,51
B13	Vibroinfissione palancole	m ²	45,13	3.089,40	139.412,26
B14	Trattamento giunti palancole	m	50,00	275,00	13.750,00
B15	Lavorazioni metalliche	kg	1,50	4.500,00	6.750,00
B16	CLS riempimento elementi transizione	m ³	250,30	704,15	176.249,40
B17	Manufatti terminali	m ³	500,00	238,00	119.000,00

B18	Cordoli cls 30x30	m	67,14	700,00	46.997,28
B19	Non tessuto ordito	m ²	2,61	3.700,00	9.657,00
B20	Riempimenti in presenza d'acqua	m ³	40,00	50,00	2.000,00
B21	Tessuto non tessuto da 1.000 g/m ² .	m ²	2,00	50,00	100,10
B22	Tessuto non tessuto da 300 g/m ²	m ²	0,60	50,00	30,03
B23	Carro ponte della cabina di manovra	A corpo	35.000,00	1,00	35.000,00
B24	Paranco in camera delle paratoie	A corpo	20.000,00	1,00	20.000,00
B25	Adeguamento dell'impianto elettrico	A corpo	30.000,00	1,00	30.000,00
B26	Quadri	A corpo	50.000,00	1,00	50.000,00
B27	Sistema oleodinamico	A corpo	150.000,00	1,00	150.000,00
B28	Sistema manuale	A corpo	12.000,00	1,00	12.000,00
B29	Passo d'uomo	A corpo	25.000,00	1,00	25.000,00
B30	Paratoie	A corpo	50.000,00	1,00	50.000,00
B31	Smobilito cantiere e sistemazioni finali	A corpo	100.000,00	1,00	100.000,00
				Totale	3.932.660,18
				Totale	4.824.035,18

A	Importo dei lavori soggetti a ribasso	
A1	Lavori soggetti ad opzione	891.375,00
A2	Lavori non soggetti ad opzione	3.932.660,18
A3	Totale lavori soggetti a ribasso	4.824.035,18
A4	Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	96.480,70
	Sommano A	4.920.515,89

B	Somme a disposizione della stazione appaltante	
B1	Spese tecniche ex art. 113 D. Lgs. 50/2016 (2% di A)	98.410,32
B2	Spese per attività di consulenza e supporto	100.000,00
B3	Spese tecniche di collaudo tecnico amministrativo ed altri eventuali collaudi specialistici	100.000,00
B4	Imprevisti	300.000,00
B5	Contribuzione ex art. 1, c.67, L. 266/2005	600,00
B6	Spese per pubblicità e, ove previsti, per opere artistiche	10.000,00
B7	Spese per caratterizzazione sedimenti e acque	30.000,00
	Sommano B	639.010,32

	Sommano A+B	5.559.526,21
	I.V.A. (22% di A+B)	1.223.095,77

	Totale IVA inclusa	6.782.621,97
--	---------------------------	---------------------

13 SECONDO PIANO OPERATIVO

13.1 Premessa

Ai sensi del D.M. 30 giugno 2004 Art.3 comma 2 punto f è specificato testualmente che: “nel PdG devono essere specificate le modalità ed i tempi per il ripristino della capacità utile del serbatoio e che tali attività devono essere comunque concluse entro la scadenza della concessione.

In ottemperanza alle richieste della norma si valutano nel seguito le modalità e le tempistiche ottimali per il recupero della capacità utile del serbatoio del Cimìa entro la scadenza della concessione che, secondo le informazioni fornite dal Gestore dell'impianto, non è disponibile alla data odierna.

Per la ragione sopra esposta non essendo disponibile la concessione di derivazione e quindi non essendo definita la data di scadenza della stessa, in via orientativa, ma senza alcun vincolo normativo, è stato pianificato un intervento nell'arco temporale di 9 anni come suggerito dall'Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia nell'istruttoria trasmessa con nota Prot. n. 6666 in data 29.04.2021.

Con riferimento agli interventi per il recupero della capacità utile, si mette in evidenza che la scelta delle modalità più opportune per la rimozione dei sedimenti dal fondo del serbatoio dipende da numerose circostanze idrologiche, morfologiche, costruttive, economiche e sociali. Essa varia in funzione di:

- dimensioni del serbatoio;
- accessibilità del sito;
- quantità del materiale da rimuovere;
- vincoli temporali per la rimozione del materiale;
- caratteristiche fisico-chimiche del materiale;
- vincoli normativi ed ambientali;
- possibilità di dislocare opportunamente il materiale rimosso;
- rapporto costi/benefici.

È indubbio che in condizioni favorevoli di abbondanti disponibilità d'acqua dal corso fluviale in rapporto alla capacità del serbatoio, la rimozione dei sedimenti attraverso gli organi di scarico profondi con operazioni di fluitazione è quella che può permettere di raggiungere le migliori condizioni di ottimalità e di sostenibilità, sia economica che ambientale.

A tal riguardo è utile menzionare il recente Bollettino dell'ICOLD n 147 – 2009 intitolato “Sedimentation and Sustainable Use of Reservoirs and River Systems”, che tratta l'argomento con la dovuta ampiezza ed approfondimento.

Per orientare ed individuare la procedura di gestione ottimale dei sedimenti di un serbatoio artificiale, a livello internazionale si è ormai consolidata la prassi di classificare i serbatoi sulla base di due indici, definiti rispettivamente K_w e K_T , i quali fanno entrare in causa tre parametri fondamentali:

- la capacità originaria del serbatoio (CAP);
- il volume di deflusso medio annuo al serbatoio (VDMA);
- il volume medio di sedimenti che annualmente si depositano nel serbatoio ($V_{INT,a}$).

In particolare sono definiti:

$$K_w = \frac{CAP [m^3]}{VDMA [m^3 / anno]}$$

$$K_T = \frac{CAP [m^3]}{V_{INT,a} [m^3 / anno]}$$

Considerando l'indice K_w è possibile classificare i serbatoi in tre categorie:

1. serbatoi con basso tempo medio di ricambio: $K_w \leq 0,03$ anni (piccoli serbatoi)
2. Serbatoi con medio tempo di ricambio: $0,03 < K_w \leq 0,2$ anni (medi serbatoi)
3. Serbatoi con grande tempo medio di ricambio: $K_w > 0,2$ anni (grandi serbatoi)

È possibile classificare i serbatoi anche in funzione dell'indice K_T , ed in particolare:

4. Serbatoi a lunga vita utile: $K_T > 200$ anni (Tasso di interrimento medio annuo $TI \% < 0,5$);
5. Serbatoi a media vita utile: $80 \text{ anni} \leq K_T \leq 200$ anni ($0,5 \leq TI \% \leq 1,25$ %);
6. Serbatoi a breve vita utile: $K_T < 80$ anni ($TI \% > 1,25$ %).

Dove $TI\%$ è il tasso percentuale medio annuo di interrimento definito come

$$TI\% = \frac{V_{INT,a} [m^3 / anno]}{CAP [m^3]} = \frac{1}{K_T} \cdot 100$$

Ad esempio: un serbatoio con un indice di vita utile $K_T = 100$ anni possiede un tasso di interrimento medio annuo $TI\% = 1\%$

Sulla base degli indici K_w e K_T , che caratterizzano ciascun serbatoio, il diagramma di Basson-Annandale (fig. 13.1) permette di individuare le tecniche di sfangamento che risultano sostenibili dal punto di vista sia tecnico che economico.

È utile precisare che per gestione sostenibile di un serbatoio si intende l'insieme delle modalità operative di utilizzo e conduzione dell'impianto che consentono di mantenere una capacità utile sostenibile del serbatoio nel medio lungo termine. Quindi un serbatoio che, a causa del fenomeno dell'interrimento, perde progressivamente nel tempo in maniera irreversibile la sua capacità utile è una risorsa gestita in modo non sostenibile.

Il grafico della figura 13.1 è in doppia scala logaritmica ed in esso è riportata una curva a linea continua con una tipica forma ad S che separa i serbatoi potenzialmente gestibili in modo sostenibile e quindi con la possibilità di recuperare nel tempo la capacità utile persa per l'interrimento dal campo dei serbatoi non gestibili in maniera sostenibile.

Sulla base dei dati e dei parametri riportati al capitolo 6 il serbatoio Cimino avendo un indice del tempo medio di ricambio $K_w > 1$ anno è classificato come grande serbatoio (grande tempo di ricambio), avendo inoltre stimato l'indice di vita utile K_T pari a circa 60 anni è classificabile come serbatoio a breve vita utile.

Dal diagramma di Basson-Annandale (Fig. 13.1) si evince chiaramente che l'invaso ricade nel campo al di sotto della linea continua a forma di S. In pratica, con le caratteristiche di funzionamento attuali non risulta di fatto economicamente vantaggioso recuperare la capacità utile del serbatoio. Tuttavia, poiché la normativa attualmente vigente prevede che nel PdG1 sia comunque previsto un intervento straordinario di recupero della capacità utile entro il termine di

scadenza della concessione di derivazione, dopo una disamina delle alternative disponibili è stato definito un piano per il recupero della capacità utile.

Senza interventi strutturali che modifichino sostanzialmente le caratteristiche delle opere complementari dell'impianto ed in particolare dello scarico di fondo, è inevitabile che la capacità utile verrà progressivamente persa nel tempo a causa del fenomeno dell'interimento, come avvenuto durante il periodo di funzionamento dell'impianto.

Con riferimento alla figura 13.1 si forniscono di seguito alcune note di commento:

1. Il riquadro rettangolare con la lettera A al suo interno delimita il campo in cui sono economicamente fattibili le seguenti operazioni: la fluitazione con svuotamento del serbatoio; il dragaggio idraulico con pompa sommersa.
2. Il riquadro rettangolare con la lettera B al suo interno delimita il campo in cui sono tecnicamente ed economicamente fattibili le seguenti operazioni: la fluitazione con svuotamento del serbatoio; il dragaggio idraulico con pompa sommersa, la rimozione meccanica a serbatoio vuoto, il by-pass dei sedimenti con opere idrauliche dedicate, lo sluicing con il transito delle piene a serbatoio abbassato, il venting con il transito delle correnti di densità a serbatoio invasato.
3. Il riquadro rettangolare con la lettera C al suo interno delimita il campo in cui sono tecnicamente ed economicamente fattibili le seguenti operazioni: il venting delle correnti di densità, gli interventi di stabilizzazione e di trattenuta dei sedimenti nel bacino imbrifero a monte del serbatoio.
4. Il riquadro rettangolare con la lettera D al suo interno delimita il campo in cui sono tecnicamente ed economicamente fattibili le seguenti operazioni: l'accumulo dei sedimenti nel serbatoio (storage), il venting delle correnti di densità.

Appurato quindi che il serbatoio Cima, con le sue attuali caratteristiche strutturali, idrologiche e sedimentologiche è una risorsa che non risulta gestibile in maniera economicamente sostenibile, nel senso descritto e specificato precedentemente, di seguito viene sviluppato un piano finalizzato a definire un progetto di recupero della capacità utile del serbatoio Cima.

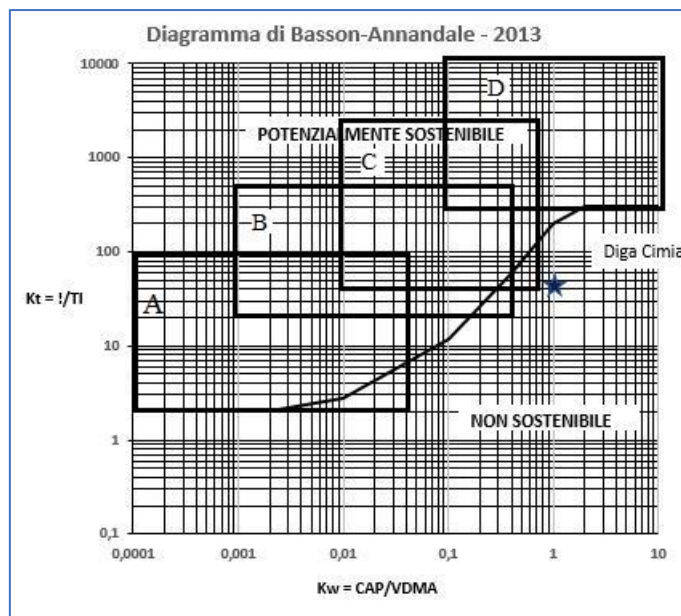


Figura 13.1 – Diagramma di Basson-Annandale (2013)

13.2 Alternative disponibili

I principali metodi passivi di rimozione dei sedimenti dal serbatoio e corrispondente recupero della capacità utile sono i seguenti:

1. la fluitazione (flushing);
2. lo scavo con mezzi meccanici a serbatoio vuoto;
3. il dragaggio e l'idro-suzione a gravità o con pompaggio a serbatoio invaso.

Tutti questi sistemi sono stati studiati per giungere alla soluzione adottata che è la terza.

Per la fluitazione non si dispone del volume idrico che sarebbe necessario. Modesti interventi di spurgo senza abbassare appositamente il livello di invaso sono stati previsti tra le operazioni correnti di gestione del serbatoio, ma hanno poco significato per il recupero della capacità utile.

Lo scavo meccanico non è praticabile dato che richiede lo svasso per anni (per consentire l'accesso dei mezzi meccanici e per far quindi consolidare il sedime) e questo comporterebbe la messa fuori servizio del serbatoio e il collasso dell'agricoltura a valle che è condizionata dall'irrigazione.

Non dovrebbe essere trascurata la possibilità di acquisire nuova capacità utile sovralzando la diga (operazione possibile mentre si ottempera alla rimodellazione della diga assolutamente richiesta per ragioni di sicurezza sismica), il che costituirebbe l'incremento della capacità morta e il trasferimento del volume destinato alla capacità utile a quote superiori. Questa opzione non viene qui considerata in quanto la norma è precisamente mirata alla preservazione della capacità utile attuale.

13.3 Sistema adottato

La soluzione adottata è il dragaggio idraulico.

Il dragaggio idraulico trova generalmente applicazione in presenza di materiale debolmente compattato e consolidato avente una granulometria da media a fine (sabbie, limi e argille), ed

utilizza principalmente pompe sommerse centrifughe manovrate da un pontone che può muoversi sullo specchio liquido.

Il materiale viene asportato e trasportato in forma di miscela fangosa mediante tubi di aspirazione e mandata in polietilene che funzionano a seguito della depressione che si genera nella zona di prelievo della pompa.

Per la realizzazione dello sfangamento del serbatoio viene varato un apposito natante, sul quale è installato un portale in acciaio munito di verricello per la movimentazione di funi di acciaio alle quali è attaccata una testa fresante e una pompa di aspirazione collegata a tubazioni in polietilene per la mandata della miscela acqua-sedimenti.

La portata del miscuglio acqua-sedimento che è possibile dragare è variabile in funzione della potenza della pompa e del dislivello di sollevamento rispetto al pelo libero dell'acqua nel serbatoio. Dalle esperienze condotte in lavori similari le portate variano nel campo 300 – 1000 m³/ora.

Ai fini di valutazioni preliminari può assumersi un valore rappresentativo di 500 m³/ora.

Il volume di sedimento da rimuovere è di 660.000 m³ ma si deve anche considerare l'apporto di solidi di 100.000 m³ l'anno, parte dei quali andrà a depositarsi entro la fascia destinata alla capacità utile.

Con questo tasso di interrimento la capacità morta del serbatoio sarà esaurita entro dieci anni circa.

Con un programma di smaltimento di 100.000 m³ annui di sedime in dieci anni si riesce a liberare tutta la capacità utile perduta con gli interrimenti degli ultimi 40 anni, e la quota di interrimento che si deposita nella fascia di capacità utile ogni anno.

Al termine del periodo iniziale di dieci anni si sarà completato il programma, ma si sarà anche esaurita la capacità morta, per cui sarà necessario proseguire con uno smaltimento di 100.000 m³ annui di sedime a tempo indeterminato.

Il sistema prevede:

- l'attività quotidiana della draga lungo quasi tutto l'arco dell'anno, su 8 ore al giorno dei giorni feriali, dato che a ritmo di 500 m³/ora sarebbero necessari 8 mesi, ma sono ragionevoli sospensioni durante l'anno per tenere conto dell'efficienza del sistema e manutenzioni
- di disporre di una zona di prosciugamento del materiale e di accumulo temporaneo, da prevedere in zone non soggette a deflusso idrico e non in pendenza, o con pendenze minime, quindi non a margine del serbatoio, presumibilmente a valle della diga o in altro luogo, da determinarsi in una fase progettuale futura, attualmente previste a valle diga.
- questa zona di prosciugamento è immaginata a valle della diga per consentire il trasferimento della miscela acqua/sedime mediante condotte, possibilmente a valle della diga, eliminando i geotubi previsti per il primo piano operativo.
- L'area disponibile è di circa 4,5 ettari e va adeguatamente progettata come sistema drenante, recupero del volume di drenaggio da monitorare e ripompare nel serbatoio
- Sono previste due vasche distinte da utilizzare ciclicamente ed immaginando che la miscela richieda un mese e mezzo per divenire palabile e per essere svuotata dal sedime depositato, tenendo conto che l'argine previsto è totalmente permeabile e che l'essiccazione della miscela acqua sedime (proporzione 15% sedime e 85% acqua) inizia immediatamente e la miscela è additivata con flocculante.
- Ogni vasca ha una capacità utile di 121.000 m³, l'argine è alto 8 m fuori terra e due metri in scavo per un totale di 10 metri mediamente. La superficie occupata da ogni vasca è di circa 2,3 ettari compresi i drenaggi esterni.

- un mezzo d'opera fisso nella discarica temporanea, per la movimentazione ed il carico del materiale sui camion
- 3 o 4 camion da 20 m³ cadauno, operativi 8 ore al giorno tutti i giorni feriali fino alla discarica, permanente.

Il meccanismo dipende dalla ubicazione delle aree di discarica permanente che dovranno avere una capacità di 1.000.000 m³ per essere complete entro dieci anni, dopo di che si dovrebbe avviare il riempimento di una seconda vasca identica.

La vasca di accumulo permanente deve avere una altezza non eccessiva, circa 5 metri, quindi deve essere ampia 24 ettari. Il terreno naturale va rimosso e stoccato, e il materiale di scavo viene utilizzato per creare un argine a pendenze molto dolci e ben drenato alto circa 4 metri. Il terreno vegetale va steso sul finito e l'area riavviata all'agricoltura. Il riempimento può essere progressivo arrivando rapidamente al finito in modo da anticipare l'avvio della pratica agricola senza attendere dieci anni che il lavoro sia completato, quindi riattivando due ettari l'anno di agricoltura.

Il sistema deve essere progettato, con:

- La definizione dei rendimenti della draga.
- La predisposizione di un cantiere di accesso per il varo del pontone, con pista collegata alla viabilità esistente.
- L'aggiunta di un flocculante poli-elettrolita alla miscela acqua/sedimento prima dell'immissione nella vasca di colmata per accelerare il processo di decantazione e deposito sul fondo dei sedimenti.
- Le indagini necessarie per il progetto delle vasche temporanee e definitive
- Il progetto delle vasche di accumulo a valle della diga (che devono tenere in conto il sistema di drenaggio attuale dell'opera di sbarramento e lo spazio richiesto dalle modifiche del corpo diga per le esigenze di rimodellazione necessarie alla stabilità ai carichi sismici).
- Il sistema delle canalizzazioni di alimentazione delle vasche.
- Il sistema di recupero e pompaggio dell'acqua di drenaggio.
- Le rampe e il macchinario per lo svuotamento delle vasche a fine di ciascun ciclo di prosciugamento.
- Il trasporto alle vasche di contenimento finali.
- I sistemi di monitoraggio ambientale.
- La progettazione dei depositi definitivi.

Chiaramente l'ubicazione delle vasche permanenti è fondamentale alla configurazione del sistema. Comunque lo schema identificato è stato composto a un livello di dettaglio adeguato per avere una stima di costo affidabile.

13.4 Valutazione economica

13.4.1 Generalità

È stato predisposto un piano di recupero della capacità utile che si sviluppa su un arco temporale di 10 anni mediante dragaggio e conferimento dei sedimenti in vasche di colmata realizzate a valle dell'opera di sbarramento e quindi il trasferimento del sedime in zone di accumulo permanente.

È stato effettuato preliminarmente un computo metrico delle opere e degli interventi necessari per eseguire l'attività di rimozione dei sedimenti dal serbatoio ed il loro conferimento al sito finale di destinazione. Per la definizione delle voci di computo si è fatto riferimento all'elenco dei prezzi unitari della Regione Sicilia.

L'analisi si basa sul fatto che in diga è disponibile, dal primo piano operativo:

- La draga.
- La rampa di varo e la rampa di accesso al lago.
- Tubazioni di adduzione, tramoggia e impianto di flocculazione.
- Pozzetti di recupero idrico.
- Sistema di monitoraggio e prelievo campioni acqua di drenaggio.
- Tubazioni e pompe di mandata fino al serbatoio.

Devono invece essere rimosso i geotubi utilizzati ne primo piano operativo.

Si riportano le analisi funzionali che definiscono le caratteristiche di ciascun componente del sistema e le quantità, il computo estimativo e l'analisi complessiva dei costi.

Il lavoro potrebbe essere realizzato direttamente dal gestore con mezzi propri, ovvero potrebbe essere appaltato.

Per la prima opzione si rileva che il gestore disporrebbe della draga e dei sistemi di movimentazione della medesima, di un contratto di manutenzione poliennale, e dei sistemi di tubazioni sia per la vettorizzazione della miscela oltre la diga, tramoggia, sistema di immissione del polielettrolita per la flocculazione, strade di accesso e recinzioni, almeno per quel che concerne le vasche a valle della diga.

L'appalto potrebbe essere limitato alla sola realizzazione delle vasche temporanee e dei depositi definitivi, prevedendo un secondo appalto per la gestione delle operazioni di trasferimento del sedime, operazione che deve essere continuativa per gli anni a venire.

13.4.2 Analisi funzionali

Analisi di una delle vasche di accumulo temporaneo		
Produzione oraria draga a regime	500	m ³
Produzione di un mese della draga a regime in termini di miscela al 15% di sedime e acqua	85.600	m ³
Produzione in un mese e mezzo	128.400	m ³
Altezza media dell'argine	10,00	m
Altezza media fuori terra dell'argine	8,00	m
Larghezza coronamento dell'argine	4,00	m
Area dell'argine parte in gabbioni	20,00	m ²
Area dell'argine, parte in pietrame	95,00	m ²
Area dell'argine, totale	115,00	m ²
Larghezza alla base dell'argine	19,00	m
Lato dell'argine, lunghezza	110	m
Lunghezza d'asse dell'argine	440	m
Volume dell'argine, gabbioni	8.800	m ³
Volume dell'argine, pietrame	41.800	m ³
Volume dell'argine, totale	50.600	m ³
Fascia di drenaggio periferica	1.184	m ²

Superficie totale area occupata	23.088,00	m ²
Volume utile della vasca	121.000,00	m ³
Volume dello scavo	46.176	m ³
Non tessuto per protezione gabbioni	4.600	m ²

Analisi trasporto a discarica permanente		
Distanza solo andata	10	km
Capacità camion	20	m ³
Peso specifico sedime	1,60	t/m ³
Volume acqua residua	1,15	%
Volume complessivo da trasportare, netto	100.000	m ³
Volume complessivo da trasportare, lordo	115.000	m ³
Tempo di carico	0,15	ore
Tempo di scarico	0,1	ore
Tragitto andata	0,4	ore
Tragitto ritorno	0,35	ore
Tempo totale	1	ore
Ore camion nette necessarie	5.750	ore
Ore annue disponibili per ogni camion	2.085,71	ore
Percentuale fermi camion	15	%
Ore camion disponibili effettive	1.772,86	ore
Numero camion necessari	3,24	numero
Quantità materiale a km	1.150.000	m ³ /km

Analisi discarica permanente		
Dimensioni su asse argine larghezza	200	m
Dimensioni su asse argine larghezza	1.000	m
Dimensioni su asse argine superficie	200.000	m ²
Sezione argine coronamento	5,00	m
Pendenze su 1 delle sponde	2,50	
Altezza scavo incluso scotico	0,80	m
Altezza fuori terra	4,80	m
Altezza totale argine	5,60	m
Area sezione argine	92,4	m ²
Lunghezza argine	2.400	m
Volume argine	221.760	m ³
Larghezza argine alla base	33	m
Area da espropriare incluso argine	240.689	m ²
Approfondimento scavo per ricavare il materiale per l'argine - superficie	155.844	m ²

Approfondimento scavo per ricavare il materiale per l'argine - altezza scavo	1,42	m
Volume materiale organico proveniente dallo scotico	192.551,20	m ³
Volume di scotico per sistemazione finale terreno agricolo	155.220	m ³
Esubero volume di scotico da conferire su terreni agricoli	37.331	m ³
Capacità del deposito tra gli argini - superficie superiore	194.025	m ²
Capacità del deposito tra gli argini - superficie inferiore	161.489	m ²
Capacità del deposito tra gli argini - superficie media	177.757	m ²
Capacità del deposito tra gli argini - volume	995.439	m ³
Capacità del deposito nell'approfondimento del fondo	221.760	m ³
Capacità del deposito totale	1.217.199	m ³
Capacità netta dedotto il riporto di materiale organico	1.061.979	m ³

13.4.3 Analisi dei prezzi complessi

Oneri accessori, analisi su base decennale	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Importo
Indagini la realizzazione delle vasche temporanee e dei depositi permanenti	A corpo	1,00	30.000,00	30.000,00
Progettazione e direzione lavori progetto vasche e depositi permanenti	% valore opere	0,1	11.196.560,80	1.120.000,00
Esproprio temporaneo dei terreni destinati a deposito permanente	ha	24,00	10.000,00	240.000,00
Oneri accessori alle pratiche di esproprio	A corpo	1,00	20.000,00	20.000,00
Totale				1.410.000,00
Importo annuo				141.000,00

Dragaggio e deposito nelle casse di colmata a valle diga - Analisi costo su base annua	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Importo
Oneri annuali manutenzione draga		1,00	10.000,00	10.000,00
Personale draga	ore	4.108,80	28,80	118.333,44
Personale assistenza a terra	ore	2.054,40	28,80	59.166,72
Manutenzione tubazione e pompe di rimando		1,00	5.000,00	5.000,00
Tramoggia disponibile		1,00	0,00	0,00

Impianto di flocculazione disponibile		1,00	0,00	0,00
Consumi di flocculazione	m ³	666.666,67	0,80	533.333,33
Manutenzione sistema di vettorizzazione	ore	396,00	28,80	11.404,80
Consumi pompe	giorno	360,00	50,00	18.000,00
Personale per manovra tubazioni di riempimento	ore	1.584,00	28,80	45.619,20
Manutenzione sistema di recupero acqua e relativi consumi		1,00	10.000,00	10.000,00
Monitoraggio della qualità dell'acqua e del sedime		1,00	20.000,00	20.000,00
Subtotale				830.857,49
Oneri generali e utile		0,265		220.177,24
Totale				1.051.034,73
Quantità base	m ³			100.000,00
Prezzo unitario	euro/m ³			10,51

Costo di una delle vasche di accumulo temporaneo	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Importo
Impianto e spianto cantiere	A corpo	1,00	50.000,00	50.000,00
Scavo di fondazione	m ³	46.176,00	8,30	383.260,80
Gabbioni	m ³	8.800,00	182,70	1.607.760,00
Non tessuto	m ²	4.600,00	2,84	13.064,00
Pietrame	m ³	41.800,00	30,00	1.254.000,00
Dreno perimetrale	A corpo	1,00	20.000,00	20.000,00
Sistema di raccolta drenaggi	A corpo	1,00	20.000,00	20.000,00
Sistema di protezione dei dreni esistenti	A corpo	1,00	100.000,00	100.000,00
Rampe di accesso alla vasca	A corpo	1,00	100.000,00	100.000,00
Totale				3.548.084,80
Totale per due vasche				7.096.169,60
Importo annuo				709.616,96
Quantità annua sedime	m ³			100.000,00
Incidenza	euro/m ³			7,10

Costo di una delle vasche di accumulo temporaneo	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Importo
Impianto e spianto cantiere	A corpo	1,00	200.000,00	200.000,00
Scotico generale e accantonamento temporaneo del materiale	m ³	192.551,20	4,00	770.204,80
Sistemazione terreno vegetale sopra le porzioni completate del riempimento	m ³	155.220,00	1,00	155.220,00
Allocazione esubero terreno vegetale a terreni agricoli	m ³	37.331,20	1,50	55.996,80

Scavo di fondazione argine e preparazione fondazione	m ³	63.360,00	8,30	525.888,00
Erezione dell'argine e finiture permanenti	m ³	221.760,00	6,00	1.330.560,00
Scavo di approfondimento di fondo	m ³	221.760,00	4,16	922.521,60
Rampe di accesso	A corpo	1,00	20.000,00	20.000,00
Recinzione	A corpo	1,00	20.000,00	20.000,00
Dreno perimetrale	A corpo	1,00	100.000,00	100.000,00
Totale				4.100.391,20
Importo annuo				410.039,12
Quantità annua sedime	m ³			100.000,00
Incidenza	euro/m ³			4,10

13.4.4 Computo estimativo – Costo economico annuo

Il computo estimativo è espresso in termini annuali distribuendo nel tempo i costi necessari per l'impianto delle opere, che vanno anticipati.

Descrizione e specifica	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Importo
Attrezzatura di servizio a terra, officina e consumi	A corpo	10.000,00	1,00	10.000,00
Manutenzione e sorveglianza dello scivolo di varo, consumi	A corpo	10.000,00	1,00	10.000,00
Dragaggio e deposito sedime nelle vasche di colmata a valle della diga	m ³	10,51	100.000,00	1.051.034,73
Batimetrie e assistenza subacquea	A corpo	30.000,00	1,00	30.000,00
Incidenza annua del costo di realizzazione delle vasche di deposito temporaneo a valle diga	A corpo	410.039,12	1,00	410.039,12
Manutenzione delle vasche di deposito temporaneo a valle diga e dei depositi permanenti	%	11.196.560,80	0,02	223.931,22
Pala gommata di stazione alle vasche di accumulo temporaneo a valle diga, a caldo	ora	120,00	2.085,71	250.285,71
Camion per il trasporto del sedime palabile a discarica permanente, a caldo	m ³ /km	0,60	1.150.000,00	690.000,00
Interventi di manutenzione sulla rete stradale interna ed esterna	A corpo	50.000,00	1,00	50.000,00
Incidenza annua del costo di realizzazione delle vasche di deposito permanente nella piana di Gela	A corpo	709.616,96	1,00	709.616,96
Oneri accessori, incidenza annua	A corpo	141.000,00	1,00	141.000,00
Totale				3.575.907,74

13.4.5 Computo estimativo – Analisi finanziaria

L'analisi finanziaria viene sviluppata nell'ipotesi che vengano lanciati due appalti, uno per la realizzazione delle vasche e dei depositi di accumulo ed uno per la operatività del sistema.

Appalti per le vasche e per il deposito permanente

Oneri accessori

Indagini la realizzazione delle vasche temporanee e dei depositi permanenti	A corpo	1,00	30.000,00	30.000,00
Progettazione e direzione lavori progetto vasche e depositi permanenti	% valore opere	0,1	0,00	1.120.000,00
Esproprio temporaneo dei terreni destinati a deposito permanente	ha	24,00	10.000,00	240.000,00
Oneri accessori alle pratiche di esproprio	A corpo	1,00	20.000,00	20.000,00
Subtotale				1.410.000,00

Realizzazione delle vasche e del deposito

Realizzazione delle vasche di deposito temporaneo a valle diga				7.096.169,60
Realizzazione di un deposito permanente del sedime di capacità di 1.000.000 m ³				4.100.391,20
Subtotale				11.196.560,80
Totale				12.606.560,80

Da aggiungere gli oneri del gestore.

Importo dei lavori soggetti a ribasso	
Lavori	12.606.560,80
Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	1.260.656,08
Sommano A	13.867.216,88
Somme a disposizione della stazione appaltante	
Spese tecniche ex art. 113 D. Lgs. 50/2016 (2% di A)	277.344,34
Spese tecniche di collaudo tecnico amministrativo ed altri eventuali collaudi specialistici	100.000,00
Imprevisti	300.000,00
Contribuzione ex art. 1, c.67, L. 266/2005	600,00
Spese per pubblicità e, ove previsti, per opere artistiche	10.000,00
Sommano B	687.944,34
Sommano A+B	14.555.161,22
I.V.A. (22% di A+B)	3.202.135,47
Totale IVA inclusa	17.757.296,69

Appalto per la conduzione corrente dei lavori di sfangamento

Descrizione e specifica	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Importo
Attrezzatura di servizio a terra, officina e consumi	A corpo	10.000,00	1,00	10.000,00
Manutenzione e sorveglianza dello scivolo di varo, consumi	A corpo	10.000,00	1,00	10.000,00
Dragaggio e deposito sedime nelle vasche di colmata a valle della diga	m³	10,51	100.000,00	1.051.034,73
Batimetrie e assistenza subacquea	A corpo	30.000,00	1,00	30.000,00
Manutenzione delle vasche di deposito temporaneo a valle diga	%	11.196.560,80	0,02	223.931,22
Pala gommata di stazione alle vasche di accumulo temporaneo a valle diga, a caldo	ora	120,00	2.085,71	250.285,71
Camion per il trasporto del sedime palabile a discarica permanente, a caldo	m³/km	0,60	1.150.000,00	690.000,00
Interventi di manutenzione sulla rete stradale interna ed esterna	A corpo	50.000,00	1,00	50.000,00
		Totale annuo		2.315.251,66
		Totale su 10 anni		23.152.516,59

Da aggiungere gli oneri del gestore.

Importo dei lavori soggetti a ribasso	
Lavori	23.152.516,59
Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	2.315.251,66
Sommano A	25.467.768,25

Somme a disposizione della stazione appaltante	
Spese tecniche ex art. 113 D. Lgs. 50/2016 (2% di A)	509.355,37
Spese tecniche di collaudo tecnico amministrativo ed altri eventuali collaudi specialistici	100.000,00
Imprevisti	300.000,00
Contribuzione ex art. 1, c.67, L. 266/2005	600,00
Spese per pubblicità e, ove previsti, per opere artistiche	10.000,00
Sommano B	919.955,37

Sommano A+B	26.387.723,62
I.V.A. (22% di A+B)	5.805.299,20

Totale IVA inclusa	32.193.022,81
---------------------------	----------------------

Riassuntivamente:

Importi in termini di lavori				
Investimento iniziale				12.606.560,80
Operazioni correnti	anni	10	2.315.251,66	23.152.516,59
Totale lavori				35.759.077,39
Somme a disposizione ed IVA				
Investimento iniziale				5.150.735,89
Operazioni correnti				9.040.506,22
Totale oneri del gestore				14.191.242,11
Totale generale				49.950.319,50

In termini parametrici lo sfangamento di circa 1 milione di metri cubi di sedime viene a costare circa 50 euro a metro cubo.

14 PIANO PER LA RIDUZIONE DEI SEDIMENTI IN INGRESSO

14.1 Generalità

Le azioni attive di difesa dei serbatoi sono di tipo preventivo in quanto con esse si cerca di evitare o ridurre quanto più possibile che il fenomeno della sedimentazione nell'invaso si verifichi, contrariamente alle misure di tipo passivo dove si lascia che il fenomeno della sedimentazione avvenga e che da esso ne scaturisca come conseguenza un danno economico dovuto alla perdita di disponibilità di risorsa idrica superficiale causata dall'interrimento.

Poiché il danno da interrimento è di tipo "riparabile" allora con le misure di tipo passivo si procede alla rimozione dei sedimenti accumulati nel serbatoio recuperando in tal modo capacità utile ma pagando il caro prezzo dei costi che ovviamente bisogna sobbarcarsi per attuare tali misure.

I metodi di difesa attiva dall'interrimento si possono raggruppare in due categorie:

1. Metodi per la riduzione dei sedimenti in ingresso all'invaso;
 - 1.1. Interventi intensivi (opere sui corsi d'acqua a monte del serbatoio, il cui scopo è quello di trattenere i sedimenti che si producono nel bacino imbrifero)
 - 1.2. Interventi estensivi (piantumazioni e sistemazioni diffuse nell'area del bacino imbrifero a monte dello sbarramento, finalizzati a ridurre la produzione di sedimenti.)
2. Metodi per la prevenzione della sedimentazione all'interno del serbatoio.
 - 2.1. Transito ed evacuazione delle correnti di piena attraverso l'apertura degli organi di scarico e svaso del serbatoio in concomitanza degli eventi di piena (sluicing).
 - 2.2. Scarico ed evacuazione di correnti di densità con apertura degli scarichi profondi mantenendo il serbatoio invasato (venting).

Di seguito vengono trattati e sviluppati gli interventi del primo gruppo, quelli del secondo gruppo sono stati trattati nell'ambito delle operazioni periodiche per la rimozione dei sedimenti.

14.2 Interventi previsti

14.2.1 Generalità

I metodi per la riduzione delle concentrazioni di trasporto solido nel fiume principale e nei suoi immissari in modo da ottenere tassi medi annui di interrimento bassi nel serbatoio ($TI\% < 0,5\%$), si possono raggruppare a loro volta in due sottocategorie:

- a. Interventi estensivi;
- b. Interventi intensivi.

Con questo tipo di azioni si cerca di raggiungere l'obiettivo di una significativa riduzione della produzione dei sedimenti nel bacino e della conseguente riduzione del trasporto solido del corso d'acqua (tanto la concentrazione dei solidi sospesi quanto il trasporto solido di fondo).

Gli interventi di tipo estensivo consistono in piantumazioni, rimboschimenti, idro-semina e messa a dimora di essenze erbacee con apparati radicali diffusi e resistenti alla siccità.

Gli interventi intensivi vengono attuati nella rete di drenaggio (briglie e soglie di stabilizzazione della pendenza longitudinale dei torrenti di diverso ordine del reticolo idrografico, gabbioni e altre opere

di stabilizzazione delle sponde dei corsi d'acqua, opere di stabilizzazione di movimenti franosi). In sostanza con le misure attive si tende ad evitare o meglio ridurre a valori quanto più accettabili le portate solide in ingresso al serbatoio.

Si premette che in sede di progettazione definitiva degli interventi si dovrà fare riferimento alle misure di tutela ambientale contenute nel Piano di Bacino ed alle procedure e ai metodi del "Sistema di valutazione idro-morfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua", denominato IDRAIM messo a punto dall'ISPRA.

Esso costituisce un quadro metodologico complessivo di analisi, valutazione post-monitoraggio e di definizione delle misure di mitigazione degli impatti ai fini della pianificazione integrata prevista dalle Direttive 2000/60/CE e 2007/60/CE. Tenendo conto in maniera integrata di obiettivi di qualità ambientale e di mitigazione dei rischi legati ai processi di dinamica fluviale, IDRAIM si pone quindi come sistema a supporto della gestione dei corsi d'acqua e dei processi geomorfologici ed in particolare ai processi di erosione superficiale e dissesti franosi.

Occorre prima di tutto distinguere i processi di erosione che si verificano nel bacino imbrifero a monte del serbatoio, che è possibile distinguerli in:

- *erosione superficiale*, interessa principalmente le aree coltivate o prive di copertura vegetale permanente;
- *erosione di volume o di massa*, interessa principalmente frane e colate detritiche in bacini naturali anche coperti da folta vegetazione.

Gli interventi di tipo estensivo si applicano essenzialmente nel primo caso e permettono di ottenere notevoli benefici, essi consistono essenzialmente in azioni di rivestimento e miglioramento della copertura vegetale dei suoli degradati delle pendici del bacino a monte dell'invaso.

Gli interventi sono solitamente di tipo forestale con l'impianto di colture boschive ed agrario con la messa a dimora di bassa vegetazione a cespuglio. Il manto vegetale così costituito protegge il suolo sottostante dall'azione diretta degli agenti atmosferici mitigando gli effetti dannosi derivanti dall'impatto della pioggia sul suolo e dal ruscellamento superficiale.

Per ragioni di carattere essenzialmente economico questo tipo di interventi si presta nel caso di bacini idrografici di dimensioni medio piccole (<100 km²).

Nel secondo caso si ottengono benefici adottando solitamente interventi intensivi che sono localizzati nella rete idrografica e consistono nella realizzazione di opere idrauliche in alveo, di tipo trasversale quali le briglie di ritenuta e terrazzamenti di vario tipo, oppure longitudinali di difese spondali quali gabbionate, muri di sponda e negli anni più recenti opere realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica con utilizzo prevalente di legname e pietrame.

Le briglie sono opere di tipo strutturale, che possono essere distinte in opere di "consolidamento" (briglie chiuse) e di "trattenuta" (briglie aperte). Le briglie di consolidamento hanno lo scopo di ridurre la tendenza all'erosione dei corsi fluviali modificando la pendenza del thalweg, e di ottenere in tal modo la stabilizzazione degli alvei, delle sponde e delle strutture connesse (strade, ponti, argini).

Con tali strutture si opera un bilanciamento tra capacità di trasporto della corrente ed alimentazione solida, raggiungendo una situazione di equilibrio in tempi molto più rapidi rispetto a quelli impiegati naturalmente dai corsi d'acqua.

Le briglie di trattenuta hanno la funzione di modulare il trasporto solido durante eventi di piena particolarmente intensi, riducendo la portata solida mediante l'arresto "discriminato" del materiale di dimensioni maggiori (per questo motivo vengono dette "briglie selettive"), compresi materiali ingombranti di varia natura (ceppaie ed interi alberi), lasciando invece passare quelli più fini (vedi figura 14.1).

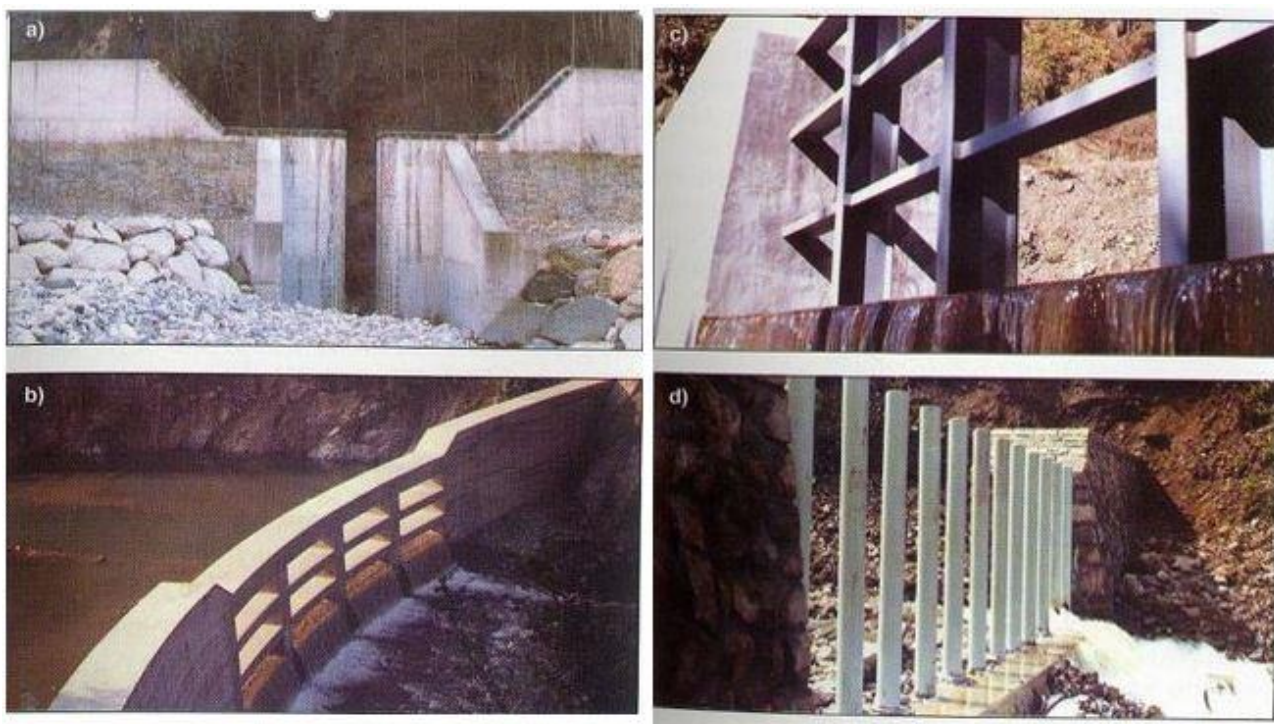


Figura 14.1 – Diverse tipologie di briglie selettive: a) briglia a fessura; b) briglia a finestra; c) briglia a reticolato; d) briglia a pettine

Si ritiene che con una giusta combinazione di interventi intensivi localizzati sui corsi d'acqua ed estensivi sulle superfici più soggette ad erosione superficiale si possa ridurre significativamente l'apporto solido al serbatoio del Cimìa.

Di seguito, ovviamente senza arrivare ai dettagli di dimensionamento che dovranno essere oggetto di un apposito progetto esecutivo, si forniscono alcune specifiche tecniche per le due diverse categorie di intervento.

Dall'analisi del reticolo di drenaggio superficiale che è stato condotto per il bacino imbrifero sotteso alla sezione di sbarramento dell'invaso Cimìa è risultato che sono presenti tre sottobacini principali. Nella figura 14.4 è riportata la carta delle pendenze del bacino imbrifero sotteso alla sezione di sbarramento con sovrapposte le aste dei corsi d'acqua dei tre sottobacini.

Gli interventi sia intensivi che estensivi si prevede di realizzarli nella porzione medio bassa del bacino imbrifero, più prossima al serbatoio. È questa la zona in cui affiorano prevalentemente le formazioni litologiche costituite da materiali limo sabbiosi e limo argillosi che sono particolarmente vulnerabili all'erosione superficiale e costituiscono quindi la sorgente principale del trasporto solido.

14.2.2 Interventi intensivi

Lungo i corsi d'acqua tributari è prevista la realizzazione di briglie di trattenuta in gabbioni finalizzate al contenimento del trasporto solido. Le briglie sono state definite in numero ed ubicazione tenendo conto dei seguenti criteri:

- Non sono previste briglie nelle zone più a monte del bacino dove le pendenze sono comprese tra i 25 ed i 35 gradi (colori giallo ed arancione) in corrispondenza delle quali dalla carta geo-litologica si vede che sono in affioramento le arenarie.
- Le briglie sono previste nelle zone centrali e basse del bacino dove le pendenze sono comprese tra 10 e 25 gradi ed i materiali affioranti sono costituiti dalle alluvioni attuali o recenti che risultano molto erodibili.

La figura 14.4, oltre alle informazioni di tipo morfologico del bacino, riporta anche l'ubicazione indicativa delle briglie di trattenuta.

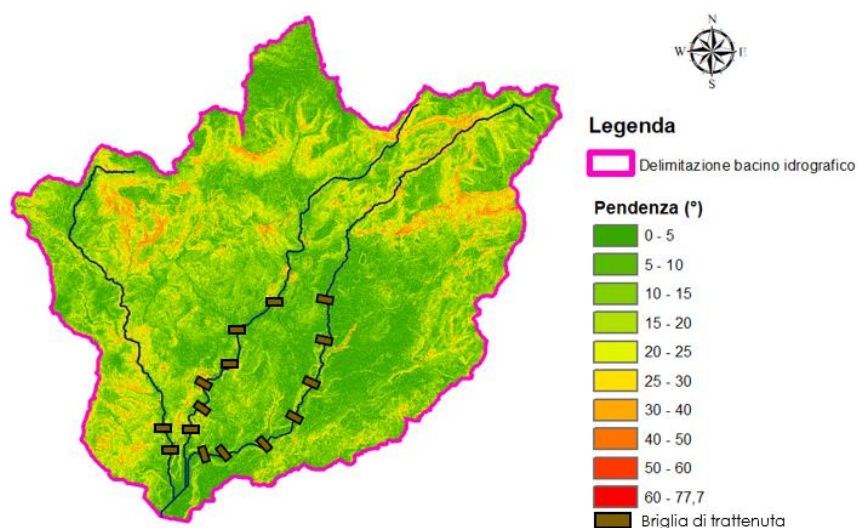


Figura-14.4 – Bacino imbrifero Cimino – Reticolo idrografico – Ubicazione briglie

Nel caso in esame in cui non vi è un trasporto solido troppo grossolano che possa danneggiare le reti metalliche e quindi i gabbioni ed i materassi possono essere convenientemente usati per la costruzione di briglie a gravità. Risultano particolarmente convenienti nel caso in cui sia possibile utilizzare del materiale lapideo reperito in loco. Si possono realizzare briglie a gravità che hanno le stesse caratteristiche geometriche di quelle costruite in calcestruzzo: strutture dotate di gaveta, controbriglia, bacino di dissipazione

È necessario prevedere sempre il rivestimento della gaveta con calcestruzzo armato, poiché la rete metallica non resisterebbe a lungo in una posizione in cui è così fortemente sollecitata. Nel bacino di dissipazione invece, grazie all'assorbimento di energia dovuto al cuscino d'acqua che si forma, è possibile usare rivestimenti in gabbioni di altezza 0.5-1.0 m. Nel caso in cui si prevedano azioni molto intense dovute alla corrente ed al trasporto solido, si può prevedere un rivestimento con massi eventualmente legati con malta.

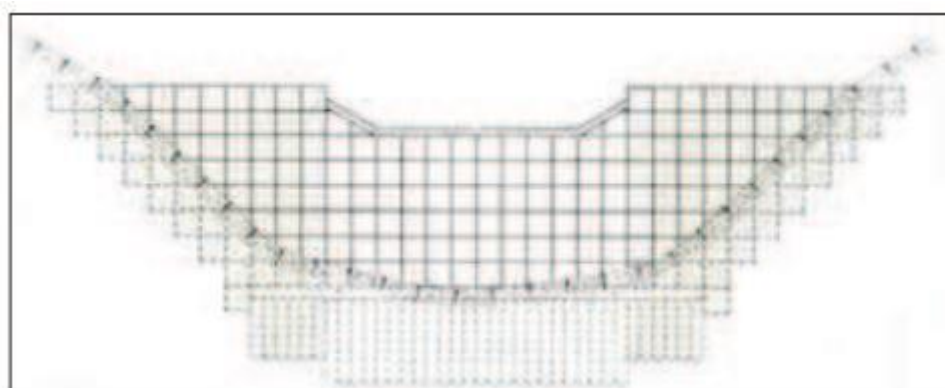


Figura 14.5 – Schema costruttivo di una briglia in gabbioni



Figura 14.6 – Esempio di realizzazione di briglia in gabbioni con gaveta in calcestruzzo

I vantaggi derivanti dall'uso dei gabbioni risiedono soprattutto nell'elevata flessibilità delle strutture che si possono realizzare e nella minore influenza delle spinte dovute all'acqua grazie alla permeabilità elevata degli elementi riempiti con pietrame (anche se a lungo termine non si possono considerare completamente permeabili). Per le ragioni sopra esposte i gabbioni si prestano particolarmente bene per interventi su terreni di natura limo argillosi quali quelli delle formazioni presenti nel bacino imbrifero del Cimìa.

Non vengono forniti ulteriori dettagli in quanto questi saranno oggetto delle successive fasi di progetto definitivo ed esecutivo. Si ribadisce ancora che in sede di progettazione definitiva degli interventi si dovrà fare riferimento alle misure di tutela ambientale contenute nel Piano di Bacino ed alle procedure e ai metodi del "Sistema di valutazione idro-morfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua", denominato IDRAIM messo a punto dall'ISPRA.

14.2.3 Interventi estensivi

Interventi di rimboschimento

I problemi tecnici da affrontare in fase di progettazione sono riconducibili a:

- analisi puntuale dei caratteri ambientali dell'area interessata dall'intervento (diagnosi della stazione): il termine stazione indica l'insieme delle condizioni ambientali che possono

influenzare la crescita e lo sviluppo di una comunità vegetale. Gli elementi che concorrono a definire i caratteri ecologici della stazione sono climatici, pedologici e vegetazionali, tra i quali esistono precise relazioni. L'inquadramento ecologico dovrebbe essere completato anche da indagini sulla fauna e avifauna dell'area. Sono tutti fattori che consentono di conoscere l'ambiente in cui si deve operare e quindi decisivi per le azioni da intraprendere;

- definizione della tecnica colturale da applicare (scelta delle specie, materiale d'impianto, tecnica di impianto, cure colturali).

In merito alla scelta della specie è noto che bisogna conciliare le preferenze ecologiche di ciascuna specie con le possibilità di adattamento alle condizioni ambientali. Gli elementi da esaminare sono: a) condizioni climatiche e pedologiche dell'area; b) autoecologia delle specie (temperamento nei confronti dei principali elementi climatici, esigenze edafiche); c) adattabilità alle caratteristiche stazionali (in generale le specie indigene e le provenienze locali sono quelle che meglio si adattano alle condizioni ambientali in cui si opera).

Riguardo alle tecniche d'impianto (il decespugliamento, la lavorazione del suolo con eventuale spietramento e, in situazioni morfologiche particolari, modellamento dei versanti, la semina o la piantagione), dovranno essere seguite con modalità diverse in relazione alle condizioni morfologiche e pedologiche e a quelle climatiche dell'area con l'obiettivo di: a) eliminare e controllare la vegetazione preesistente; b) facilitare la piantagione e ridurre fenomeni di competizione per acqua, luce ed elementi nutritivi; c) creare migliori condizioni per l'impianto, l'attecchimento e il rapido e proporzionato sviluppo degli apparati radicali; d) determinare il massimo sfruttamento delle acque piovane, specialmente dove il regime pluviometrico è sfavorevole e il rapporto precipitazioni/evapotraspirazione è deficitario.

Le cure colturali (risarcimenti, controllo della vegetazione arbustiva e erbacea, lavorazioni superficiali del suolo) dipendono molto dal tipo di vegetazione e dal suo grado di sviluppo che è legato alla fertilità del suolo, alla precedente destinazione e al precedente trattamento (decespugliamento). Tali interventi potranno essere finanziati per i primi tre anni dall'impianto, periodo necessario alle piantine per assumere dimensioni tali da superare la concorrenza.

Per quanto attiene la scelta delle tecniche colturali da adottare nei rimboschimenti in funzione delle specifiche degli ambienti siciliani, si rimanda alla successiva fase di progetto di dettaglio.

Tenendo conto di queste considerazioni e con riferimento all'area specifica si sono adottate piante di eucalyptus, appartenente alla famiglia delle myrtaceae, che hanno una buona resistenza e rapida crescita. Le piante da sistemare sono state previste in 500 ad ettaro mediamente.

L'area complessiva del bacino imbrifero è di 70 km² (7.000 ha) circa mentre quella interessata dagli interventi di rimboschimento, riportata nella figura 14.7, ha un'estensione ipotizzata di 1500 ha pari al 20% circa della superficie complessiva del bacino.

Il rimboschimento con essenze arboree si integra con vegetazione più bassa, arbustiva, replicando le specie che hanno avuto successo localmente.

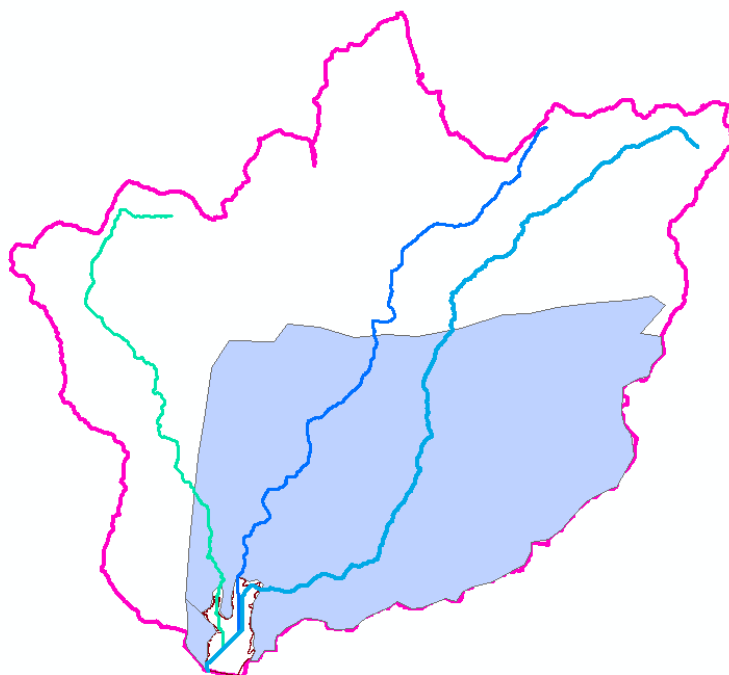


Figura 14.7 – area di rimboschimento nel bacino imbrifero

14.2.4 Computo metrico estimativo

La sistemazione è prevista sia realizzata in 10 anni di attività sistematica per le attività diffuse nel territorio, mentre le briglie conviene siano impostate immediatamente nel corso del primo anno di intervento.

La realizzazione deve essere anticipata da un periodo destinato alla progettazione specifica e alle procedure di finanziamento e di appalto.

Si dovrà tenere conto degli impianti cantiere, della realizzazione di piste per l'accesso e per la successiva manutenzione, dei costi di impianto e dei costi di manutenzione.

Le analisi dei prezzi, che si ricorda sono preventive e che vanno confermate da un progetto di dettaglio, che comunque non si scosterà in modo significativo da queste previsioni, si basano sulle analisi prezzi interventi di difesa del suolo e regolazione delle acque della Regione Basilicata e della Regione Sicilia oltre prezzi di mercato appositamente ricercati.

Per le 15 briglie si è previsto uno scavo di 150 metri cubi e un impegno in gabbioni di circa 600 metri cubi a briglia, oltre calcestruzzo e ferro di armatura per il rivestimento delle soglie.

Varie attività complementari della sistemazione dei suoli, come idrosemina di diversi tipi, viminate, cordonature, gradonate, stuoie antierosione e profilature e sistemazione dei terreni sono state stimate in percentuale della superficie complessiva di intervento.

La manutenzione è stata calcolata come il 2% dell'importo complessivo dei lavori di installazione e realizzazione delle opere.

Oneri generali				
Descrizione e specifica	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Importo
Apertura cantiere	A corpo	200.000,00	1,00	200.000,00
Gestione cantiere per anno su 10 anni	anno	100.000,00	10,00	1.000.000,00
			Subtotale	1.200.000,00

Interventi concentrati nel primo anno di lavoro				
Gabbionate 2x1x1	m ³	126,07	7.500,00	945.525,00
Gabbionate 2x1x0,5	m ³	143,76	1.500,00	215.640,00
Geotessile	m ²	6,80	15.000,00	102.000,00
Scavo di fondazione	m ³	3,50	2.250,00	7.875,00
Calcestruzzo per imbasamento e cordolatura briglie	m ³	200,00	750,00	150.000,00
Ferro di armatura	kg	2,00	60.000,00	120.000,00
			Subtotale	1.541.040,00

Interventi distribuiti su 10 anni				
Profilatura scarpate a mano	m ²	5,21	10.000,00	52.100,00
Profilatura scarpate eseguita con mezzi meccanici	m ²	3,19	10.000,00	31.900,00
Pista camionabile da 3 m incluso tombinamento	m	24,76	40.000,00	990.400,00
Semina a spaglio di superfici soggette ad erosione	m ²	1,41	150.000,00	211.500,00
Idroseminina di superfici soggette ad erosione	m ²	3,53	150.000,00	529.500,00
Idroseminina potenziata con mulch di superfici soggette ad erosione	m ²	3,96	30.000,00	118.800,00
Idroseminina a spessore di superfici soggette ad erosione	m ²	5,62	30.000,00	168.600,00
Rivestimento scarpate con stuoia antierosione	m ²	13,52	30.000,00	405.600,00
Talee legnose di specie arbustive	m ²	4,37	30.000,00	131.100,00
Cordonate	m ²	32,24	100.000,00	3.224.000,00
Gradonate con talee	m ²	23,06	100.000,00	2.306.000,00
Fascinate	m ²	22,34	100.000,00	2.234.000,00
Fornitura e messa a dimora di piante arboree o arbustive di anni 2 compreso primo impianto esclusa successiva manutenzione	cadauna	10,00	750.000,00	7.500.000,00

			Subtotale	17.903.500,00
--	--	--	------------------	----------------------

Manutenzione per 10 anni				
Manutenzione per anno	anno	0,02	10,00	3.580.700,00
			Subtotale	3.580.700,00
			Totale	24.225.240,00
			per anno	2.422.524,00

Includendo gli oneri del gestore si ha:

Importo dei lavori soggetti a ribasso	
Lavori	24.225.240,00
Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	2.422.524,00
Sommano A	26.647.764,00
Somme a disposizione della stazione appaltante	
Progettazione interventi, direzione lavori e indagini	2.422.524,00
Spese tecniche ex art. 113 D. Lgs. 50/2016 (2% di A)	532.955,28
Spese tecniche di collaudo tecnico amministrativo ed altri eventuali collaudi specialistici	100.000,00
Imprevisti	300.000,00
Contribuzione ex art. 1, c.67, L. 266/2005	600,00
Spese per pubblicità e, ove previsti, per opere artistiche	10.000,00
Sommano B	3.366.079,28
Sommano A+B	30.013.843,28
I.V.A. (22% di A+B)	6.603.045,52
Totale IVA inclusa	36.616.888,80

15 SINTESI DEL COSTO DEGLI INTERVENTI

L'impegno economico complessivo in termini di opere

Piano operativo	Opere	Somme a disposizione	IVA	Totale
Primo (riefficientamento dello scarico di fondo)	4.824.035,18	735.490,02	1.223.095,97	6.782.621,17
Secondo (recupero della capacità utile e manutenzione)	35.759.077,39	5.183.807,44	9.007.434,66	49.950.319,50
Terzo (interventi sul bacino)	24.225.240,00	5.788.603,28	6.603.045,52	36.616.888,80
Totale	64.808.352,57	11.707.900,74	16.833.576,16	93.349.829,47

16 CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma dei lavori è sviluppato a comprendere il primo ed il secondo piano operativo e gli interventi sul bacino imbrifero.

Le date di inizio vengono lasciate al gestore, che ha l'onere di pianificare gli interventi nelle modalità di appalto che riterrà opportune, e di acquisire i fondi necessari per l'avvio delle progettazioni e delle realizzazioni.

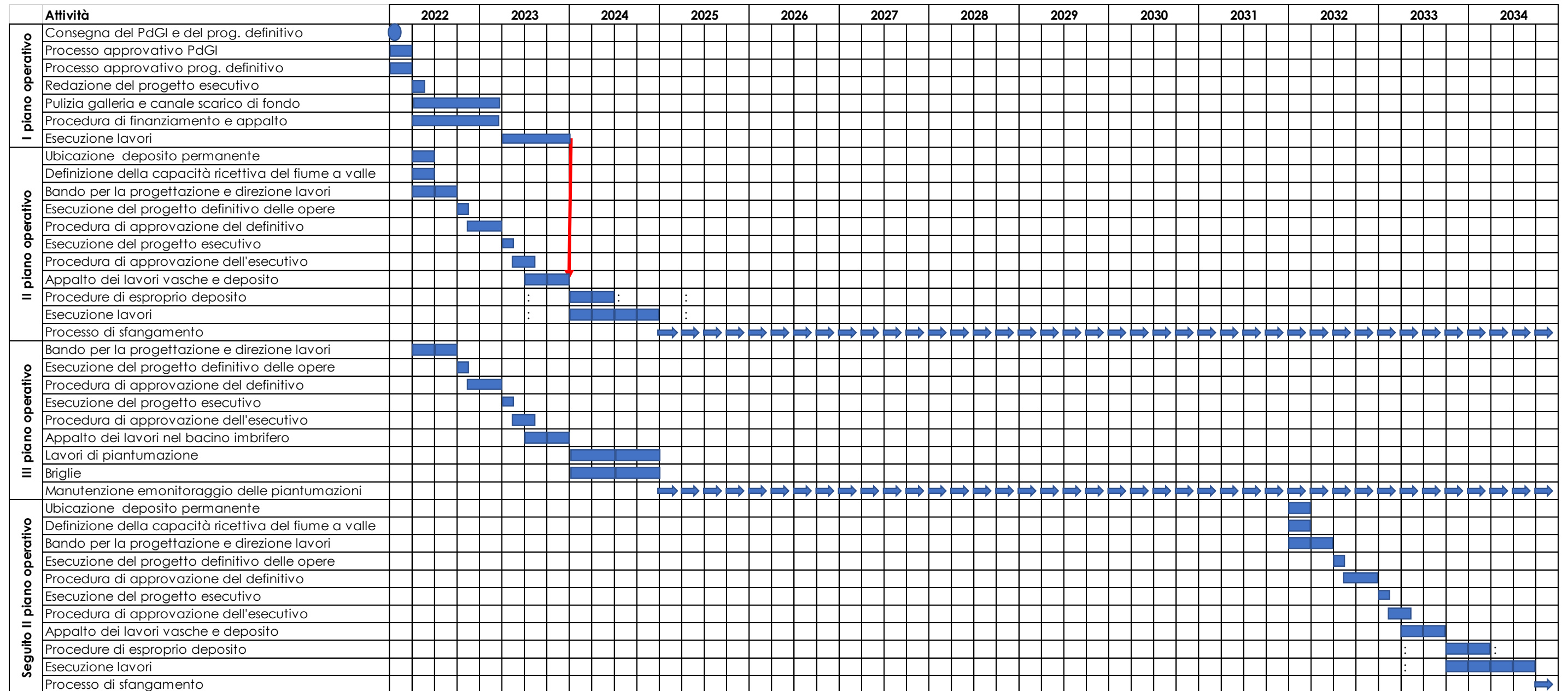
Si unisce un programma di sintesi, con una ragionevole ipotesi su come le varie componenti potranno essere articolate, ed il programma di dettaglio del primo piano operativo, che dato che è già stato sviluppato a livello di progetto definitivo è conosciuto, mentre del secondo piano operativo e degli interventi nel bacino imbrifero si può dire che esso inizierà sicuramente dopo il completamento del primo piano operativo, e nelle more del primo potranno essere esperiti gli atti procedurali necessari per avviare le progettazioni necessarie e gli appalti.

Del primo piano operativo si allega un cronoprogramma dettagliato, il cui avvio tuttavia è specificato nel mese di marzo ma senza precisare di quale anno. Il mese di marzo è importante come avvio dato che consente di giungere con il momento della apertura dello scarico di fondo e lo svaso nel momento unico possibile, ossia quando sono state concluse le erogazioni irrigue.

Prima di tale data dovrà essere approvato il PdG e anche il progetto definitivo del riefficientamento dello scarico di fondo, redatto il progetto esecutivo sulla scorta delle raccomandazioni degli organi di controllo, e perfezionata tutta la procedura di finanziamento e di appalto, processo per cui non è impossibile che sia richiesto un anno.

Che convenga anticipare quanto possibile i tempi è ovvio, tuttavia non è trascurabile l'impatto, sui programmi, della necessità per il gestore di acquisire approvazioni e finanziamenti, cosa che il progettista non ha modo di prevedere.

Le ipotesi formulate si basano sull'esperienza e sono precise per i tempi tecnici. Per i tempi di approvazione e di finanziamento si esprimono delle ipotesi ragionevoli.





17 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Annandale G. W. (1987) "Reservoir Sedimentation" – Elsevier

Annandale G. W. (2013) "Quenching the thirst: sustainable water supply and climate change – Charleston.

Brune G. M. (1953) "Trap efficiency of reservoirs" – Transaction of the American Geophysical Union – vol. 34, pp. 407 – 18.

ARPA Sicilia (2019) "Annuario Dei Dati Ambientali Della Sicilia".

ARPA Sicilia (2018) "Annuario Dei Dati Ambientali Della Sicilia" - Piano Operativo Acque Superficiali - Monitoraggio e valutazione dello stato ecologico e chimico delle acque degli invasi del Distretto Idrografico della Sicilia ai sensi del D.M. 260/2010.

Franco Bigalli, Francesco Dolcimascio (1978) "La Realizzazione Del Serbatoio Cimìa (Sicilia) – Idrotecnica – N. 4

CIGB ICOLD (1989) Bulletin n. 67 – Sedimentation Control of Reservoirs – Guidelines.

CIGB ICOLD (1999) Bulletin 115 – Dealing with Reservoir Sedimentation – Guidelines and case studies.

CIGB ICOLD (2007) Bulletin 140 – Sediment Transport and Deposition in Reservoirs. – Mathematical Modelling

CIGB ICOLD (2009) Bulletin 147 - Sedimentation and sustainable use of reservoirs –.

Giovanni La Barbera (2018) "Dighe e gestione dei serbatoi artificiali" Dario Flaccovio – Palermo

G. La Loggia, M. Minacapilli "Tecniche GIS per la stima dell'interrimento in tre serbatoi artificiali siciliani" – L'Acqua Mag-Giu 1998.

P. Berti "L'apporto solido nel serbatoio di Gela" – VIII Convegno di Idraulica – Pisa – Aprile 1963.

Regione Emilia Romagna (2013) "Valutazione Dello Stato Delle Acque Superficiali Lacustri – (2010 – 2013) – Allegato 7.

Regione Lombardia (2016) "D.g.r. 24 ottobre 2016 - n. X/5736 - Direttive tecniche per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi.

Regione Siciliana (2010) "Piano Di Gestione Del Distretto Idrografico Della Sicilia" di cui all'art. 117 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n° 152 - Allegato 02-a Caratterizzazione dei corpi idrici superficiali nei singoli sistemi idrografici.

Regione Siciliana (2007) "Piano Di Tutela Delle Acque Della Sicilia" di cui all'art. 121 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n° 152 – Documento B.26 - Bacino Idrografico Gela (R19077).

Regione Siciliana (2015) "Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)" - Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - All. A. 26 - Bacino Idrografico del Fiume GELA (077).

ALLEGATO 1- ELABORATI GRAFICI: SEZIONI MONTE-VALLE

**Spessori dei sedimenti per la valutazione dell'interazione tra
l'opera di sbarramento e i sedimenti**



FIGURA 1

PLANIMETRIA DELLA DIGA

SCALA 1:1000 / 1:2000

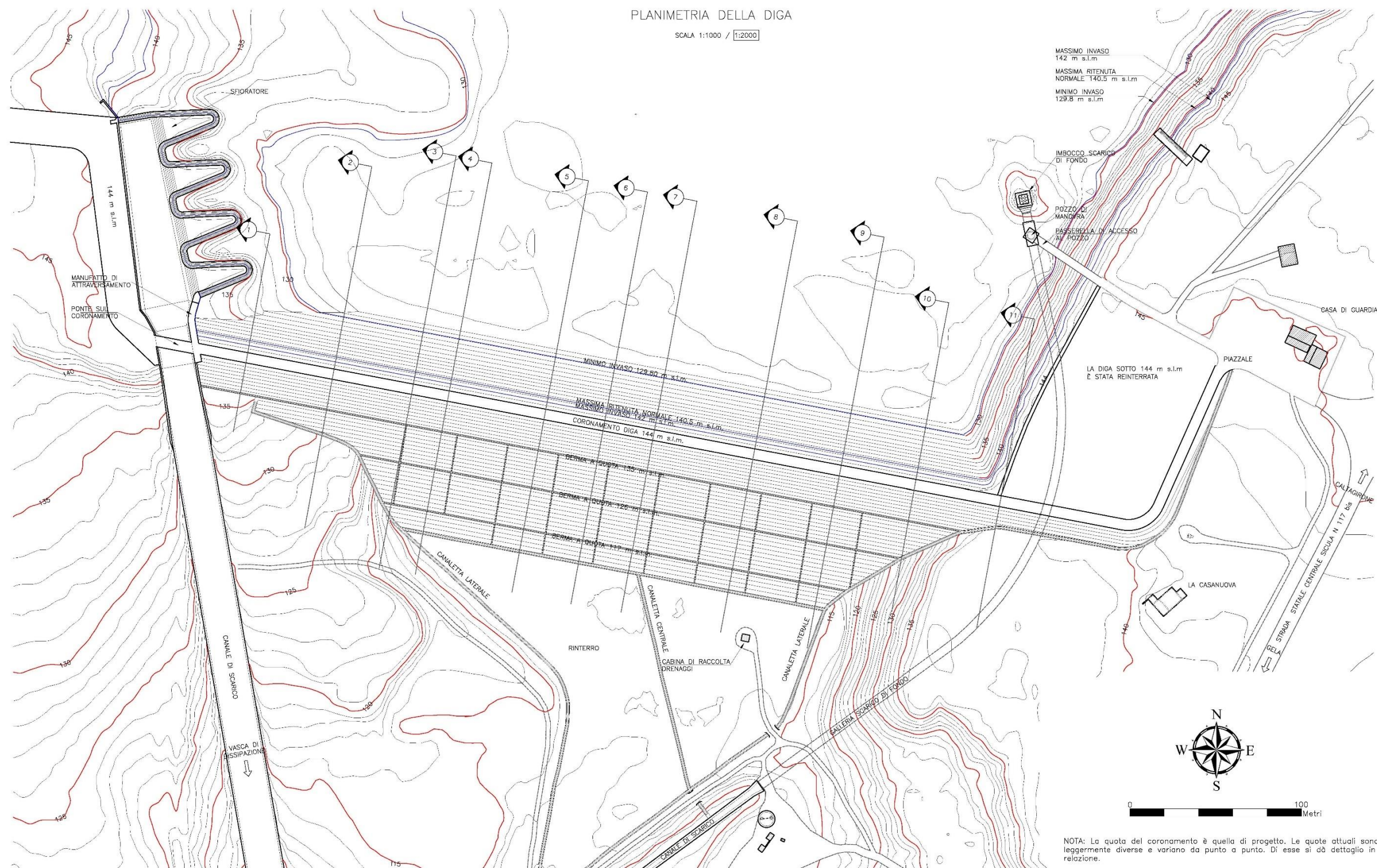
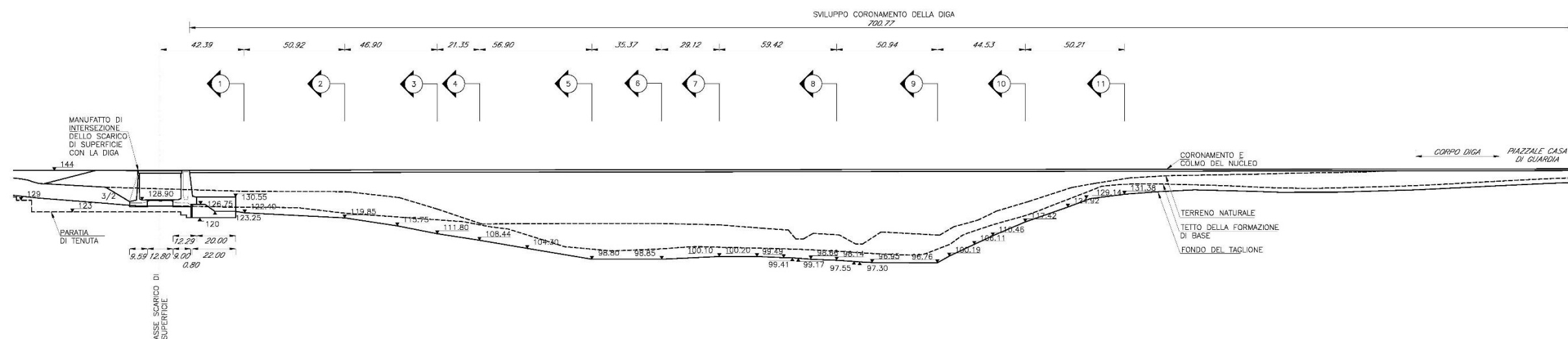




FIGURA 2

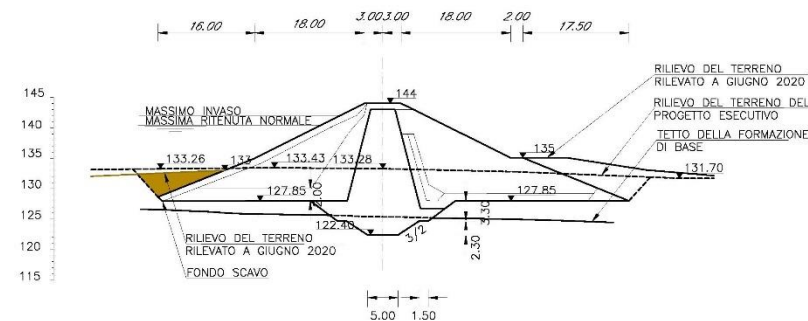
PROFILO LONGITUDINALE

ASSE 1:1000 / 1:2000



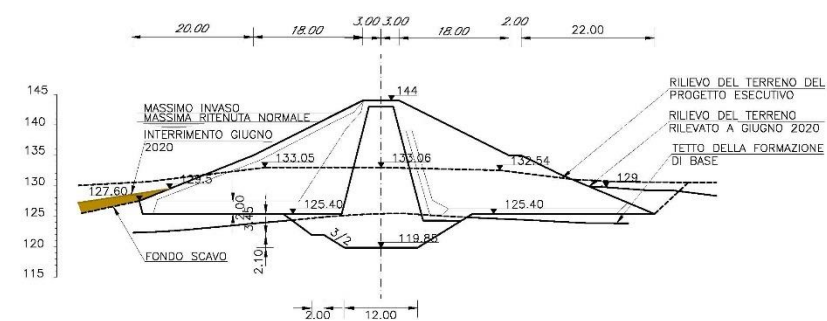
SEZIONE 1

SCALA 1:500 / 1:1000



SEZIONE 2

SCALA 1:500 / 1:1000



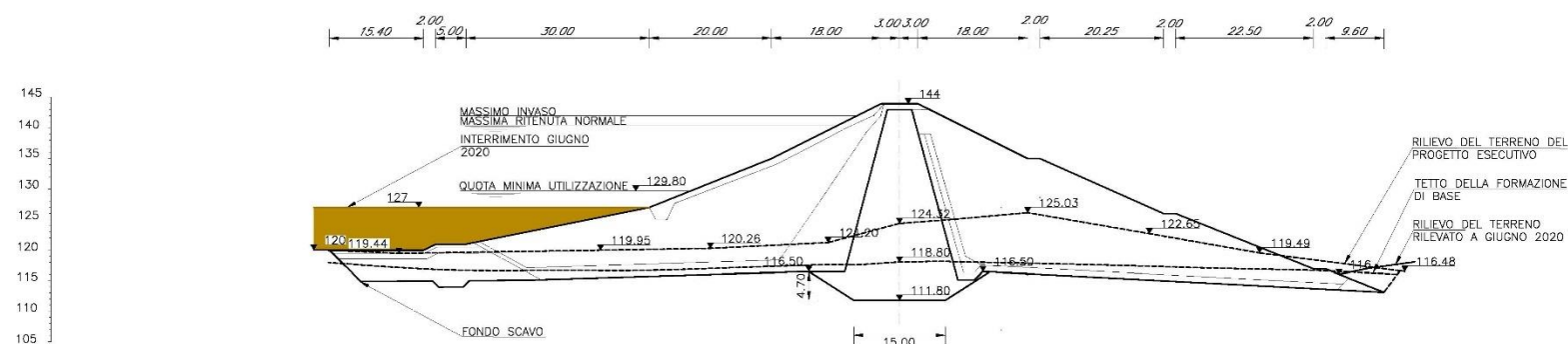
NOTE: Le quote del terreno naturale e del fondo del taglione sono relative alla perizia di variante 77/25 del 1976/78, le quote del tetto della formazione di base sono relative al progetto esecutivo aggiornato al giugno del 1973.



FIGURA 3

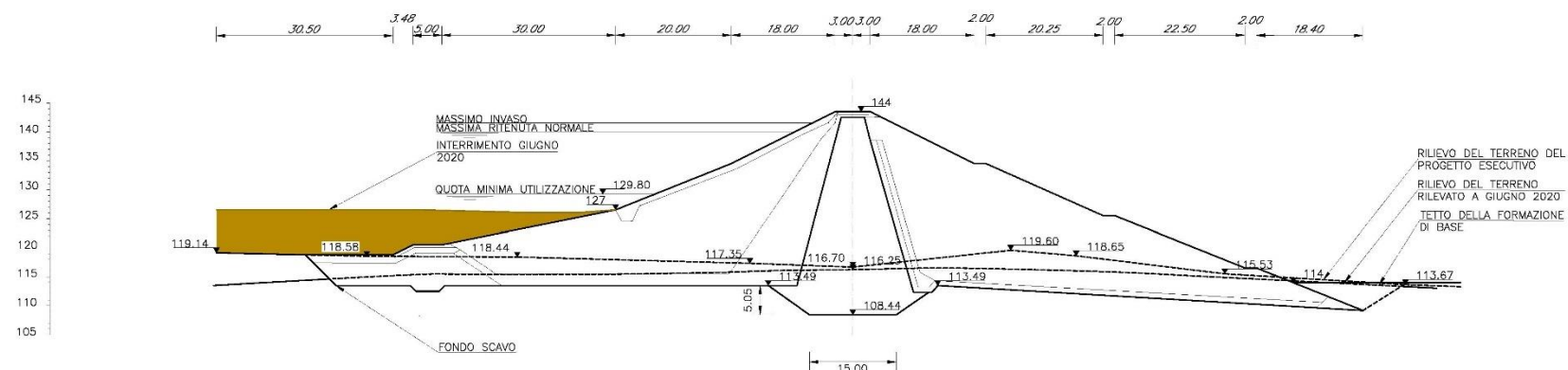
SEZIONE 3

SCALA 1:500 / 1:1000



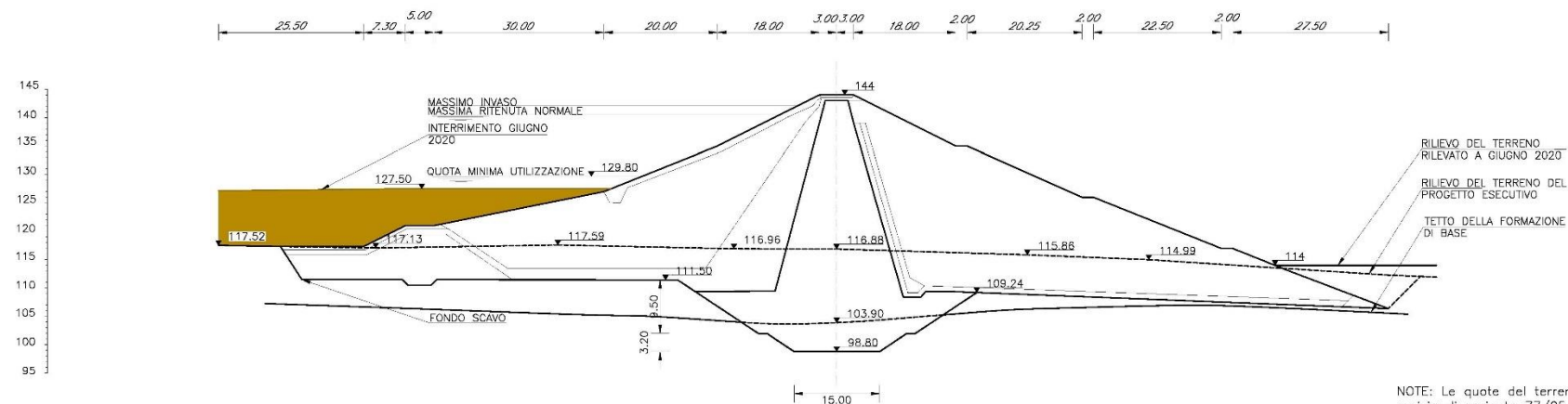
SEZIONE 4

SCALA 1:500 / 1:1000



SEZIONE 5

SCALA 1:500 / 1:1000



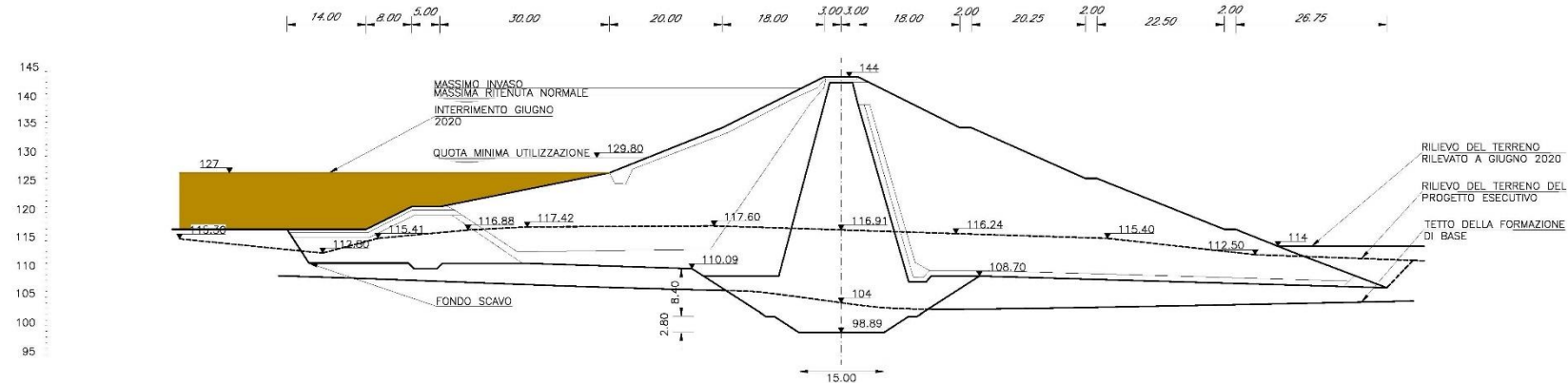
NOTE: Le quote del terreno naturale e del fondo del taglione sono relative alla perizia di variante 77/25 del 1976/78, le quote del tetto della formazione di base sono relative al progetto esecutivo aggiornato al giugno del 1973.



FIGURA 4

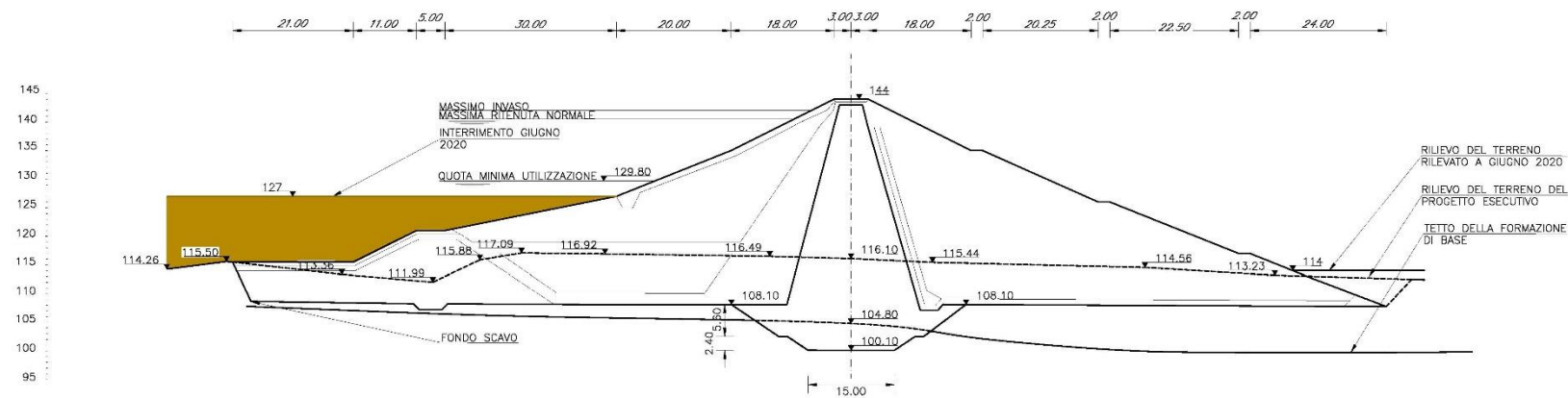
SEZIONE 6

SCALA 1:500 / 1:1000



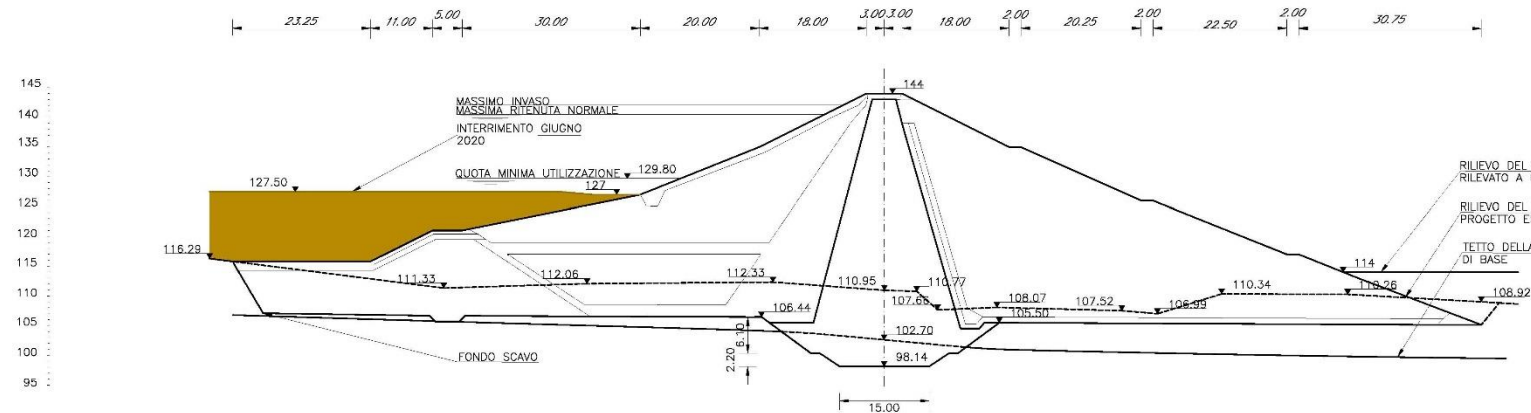
SEZIONE 7

SCALA 1:500 / 1:1000



SEZIONE 8

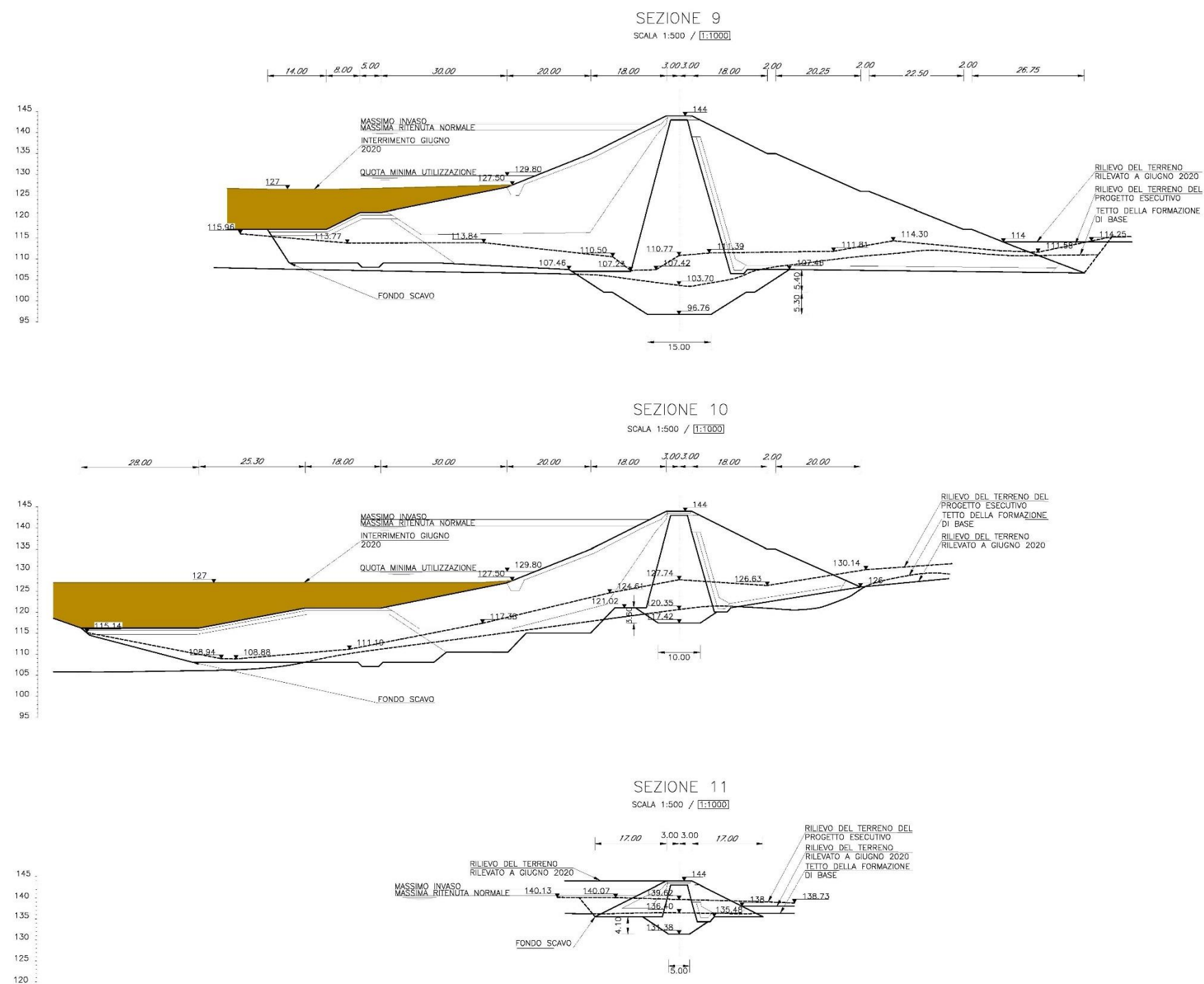
SCALA 1:500 / 1:1000



NOTE: Le quote del terreno naturale e del fondo del taglio sono relative alla perizia di variante del 77/25 del 1976/78, le quote del tetto della formazione di base sono relative al progetto esecutivo aggiornato al giugno del 1973.



FIGURA 5



NOTE: Le quote del terreno naturale e del fondo del taglio sono relative alla perizia di variante del 77/25 del 1976/78, le quote del tetto della formazione di base sono relative al progetto esecutivo aggiornato al giugno del 1973.

FIGURA 6





FIGURA 7

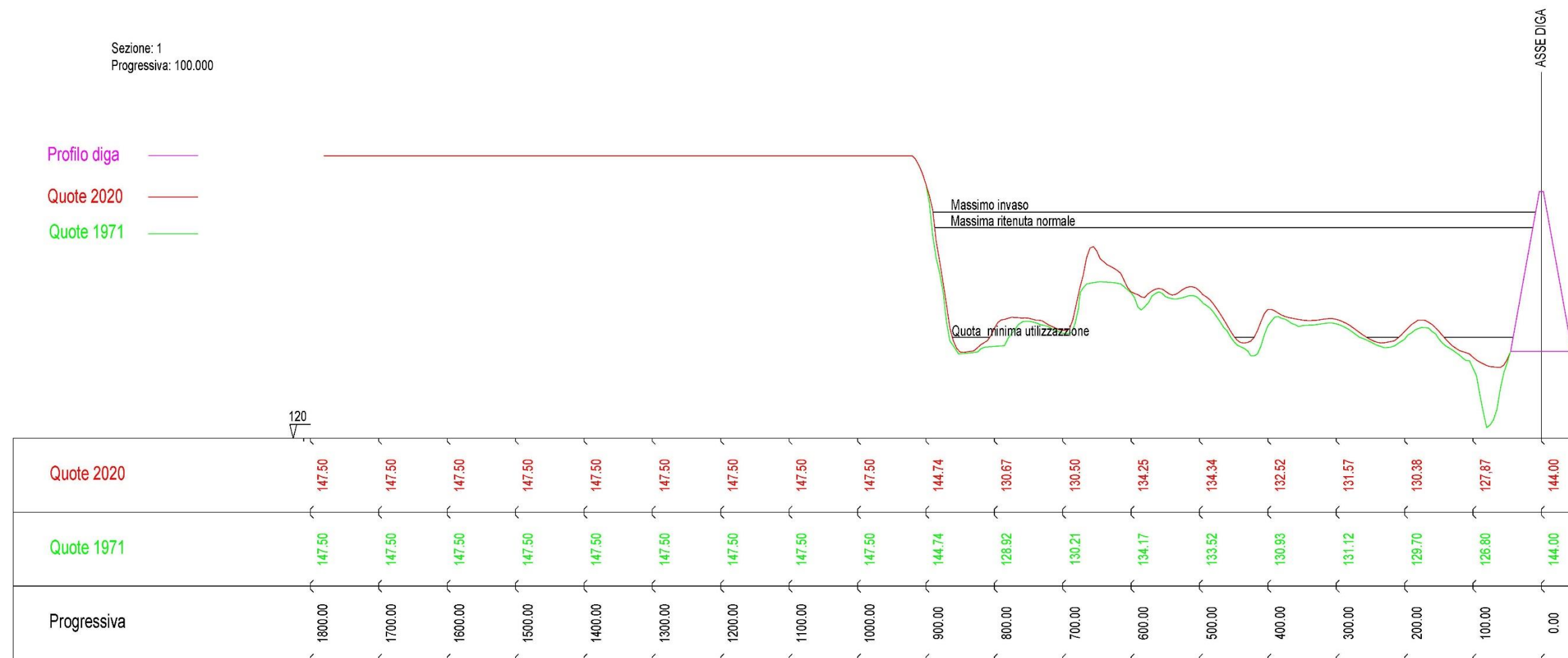




FIGURA 8

Sezione: 2
Progressiva: 150.000

Profilo diga —
Quote 2020 —
Quote 1971 —

Massimo invaso
Massima ritenuta normale

Quota minima utilizzazione

ASSE DIGA

	117 V																			
Quote 2020		147.50	147.50	146.28	142.89	139.63	147.50	144.60	147.50	144.04	140.74	129.61	129.29	129.42	130.34	128.10	128.88	128.45	127.21	144.00
Quote 1971		147.50	147.50	146.28	141.13	137.392	147.50	144.60	147.50	144.03	138.33	129.54	128.80	129.23	127.50	124.36	123.42	127.85	118.36	144.00
Progressiva		1800.00	1700.00	1600.00	1500.00	1400.00	1300.00	1200.00	1100.00	1000.00	900.00	800.00	700.00	600.00	500.00	400.00	300.00	200.00	100.00	0.00



FIGURA 9





FIGURA 10





FIGURA 11

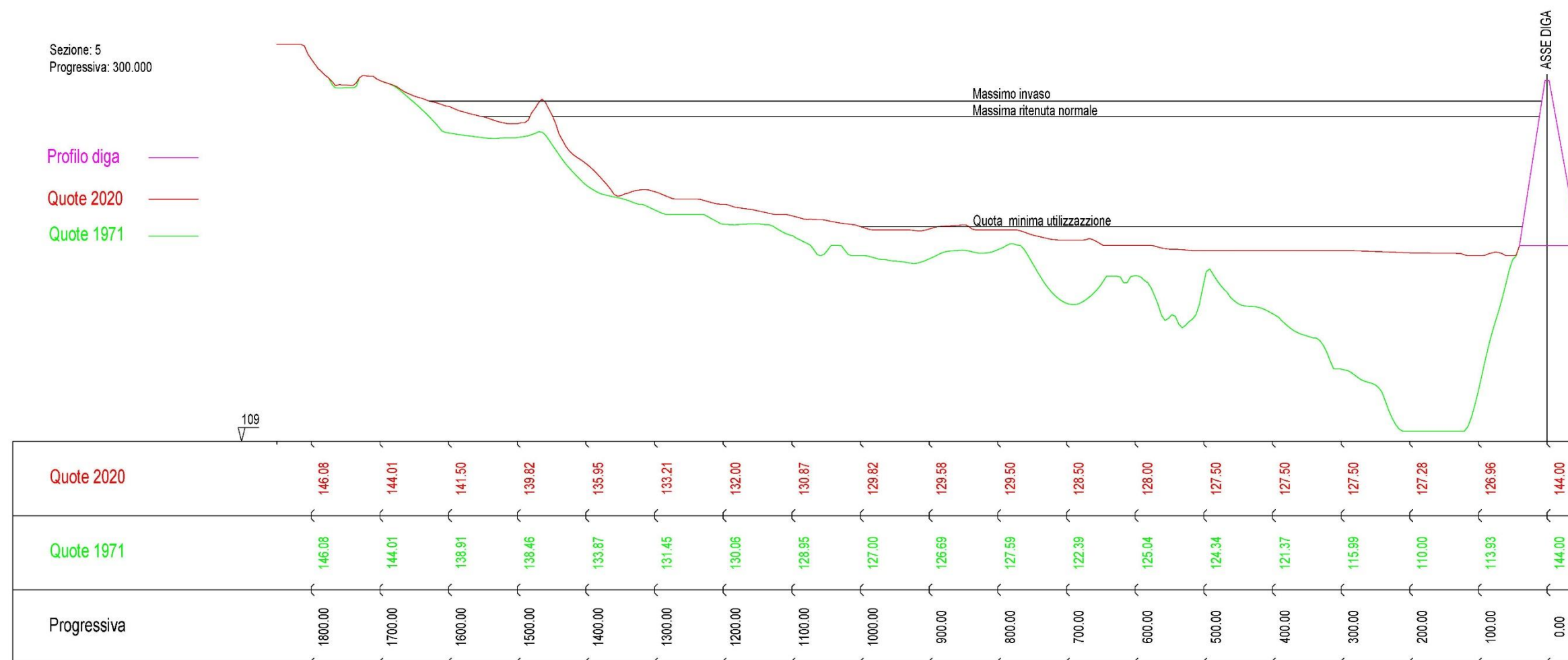




FIGURA 12

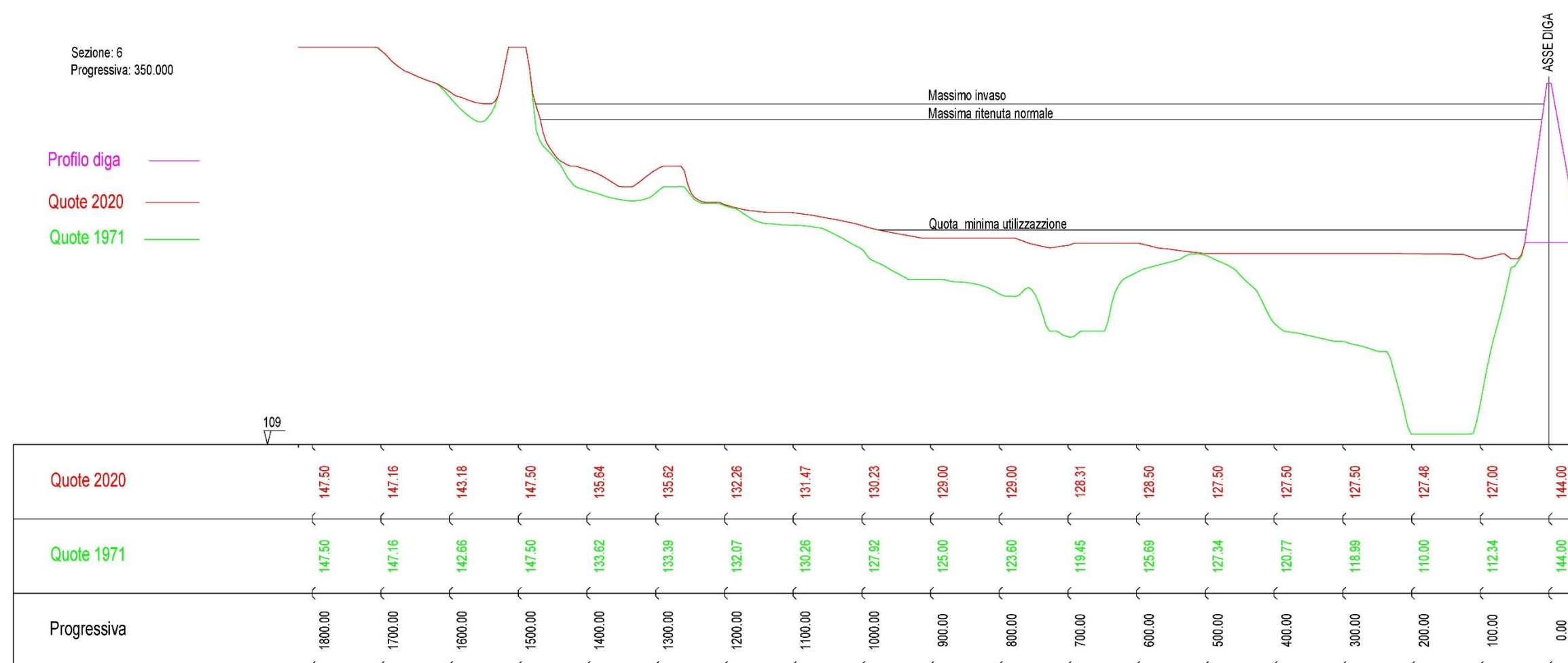




FIGURA 13

