

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio



Provincia di Pistoia



Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Consorzio di Bonifica
"Ombrone Pistoiese - Bisenzio"



Publiacqua

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

STRALCIO III PROGETTO DEFINITIVO

Progetto di messa in sicurezza idraulica e approvvigionamento
idropotabile dell'invaso della Giudea in loc. Gello

R.U.P.

Arch. Francesco Bragagnolo
Via XXVII Aprile, 17 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Publiacqua S.p.A.

Via Villamagna, 90/C
50126 Firenze

GRUPPO DI LAVORO PROGETTO DEFINITIVO:

Direttore tecnico:

Ing. Annaclaudia Bonifazi

Collaborazione alla
progettazione:

Progettisti:

Ing. Giovanni Simonelli
Geom. Luca Iacopini

Indagini Idrauliche
Ing. Leonardo Duranti

Geologia:

Geol. Filippo Landini

Indagini Geologiche
Geol. Carlo Ferri

 **INGEGNERIE TOSCANE**

INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
Via Villamagna 90/c - Firenze
Cod. Fisc. e P. I.V.A. 6111950488
Organizzazione con sistema di gestione certificato
dal RINA in conformità alla normativa
ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

TITOLO:

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

COD.

STIII-00A

DATA **MARZO 2014**

COMUNE DI PISTOIA

PROVINCIA DI PISTOIA

PROGETTO PRELIMINARE

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA ED APPROVVIGIONAMENTO
IDROPOTABILE IN LOCALITA' GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA - INVASO DELLA GIUDEA

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

SETTEMBRE 2013

REV. 01

Sommario

1	Introduzione	3
1.1	I termini dell'iter autorizzativo e cronoprogramma di autorizzazione dell'intervento	4
2	La descrizione dello stato attuale	7
2.1	Le caratteristiche dell'invaso originario	7
2.2	Le caratteristiche dell'invaso provvisorio autorizzato	11
3	Le caratteristiche dell'intervento di progetto	14
4	Analisi idrologica	16
4.1	Analisi Pluviometrica	17
4.2	Perdite idrologiche	18
4.3	La trasformazione afflussi – deflussi	19
4.3.1	Il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH)	19
4.3.2	L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (IUH-SCS)	19
4.4	Risultati dell'analisi idrologica	20
5	Verifiche idrauliche	23
5.1	Messa fuori servizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo	24
5.2	Verifica evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto	26
5.3	Verifica evento TR 1000 anni con invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto	29
5.4	Verifica evento TR 3000 anni con invaso di progetto	31
5.5	Verifica evento TR 1000 anni con invaso di progetto	35
6	Il franco idraulico	38
6.1	Calcolo del franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982	38
6.2	Calcolo del franco conforme alla proposta di aggiornamento delle norme tecniche di cui al Voto n.204/2009 reso dalla Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. del 18 dicembre 2009	39
6.3	La scelta della quota del coronamento	40
6.4	La verifica del canale a valle dell'invaso	40
7	Sintesi delle caratteristiche principali dell'invaso di progetto	41

Allgato 1: Verifiche Idrauliche

Allegato 2: Rilievo fotografico

Allegato 3: Monografie caposaldi

1 Introduzione

Il serbatoio della Giudea, in località Gello del Comune di Pistoia è stato concepito durante gli anni '60 per la modulazione e l'accumulo, ad uso acquedottistico, delle portate invernali e primaverili del T.Vincio di Brandeglio.

L'impianto, è stato ultimato e collaudato alla fine del 1973, ed ha funzionato regolarmente fino al 1990, anno in cui si verificarono, prima sul rinfianco di monte della diga, poi sulla sponda sinistra del serbatoio, alcuni dissesti per i quali fu ordinato il vuotamento del lago.

Nell'attesa della progettazione generale degli interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza dell'invaso di Gello, nel 1993 venne progettata e costruita una tura, posta a monte dello sbarramento, per mezzo della quale, si è potuto realizzare un vaso parziale provvisorio di circa 65.000 m³.

E' stato redatto successivamente il Progetto di Massima e un 'Progetto Generale' datato Giugno 1993, che è stato sottoposto all'esame e parere della IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP., la quale, con voto reso nell'adunanza del 26 Maggio 1994 n. 320, espresse il parere che il progetto relativo agli interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento al D.M. 24/03/1982 datato Giugno 1993, fosse meritevole di approvazione con osservazioni e prescrizioni.

Il successivo Progetto Esecutivo, è stato redatto nell'Aprile 1995 e il Servizio Nazionale Dighe, con nota SDI/7860 del 16 Dicembre 1996, lo ha ritenuto meritevole di approvazione, subordinatamente all'osservanza delle prescrizioni indicate nella relazione istruttoria.

In data 23/03/2000 con nota del Servizio Nazionale Dighe Prot. n. 1837 è stato assentito un vaso provvisorio fino alla quota 5.5m dell'asta idrometrica (corrispondente alla quota 134,50m slm).

Nel 2003, Pubbliacqua S.p.A è divenuta titolare della gestione dell'impianto di potabilizzazione di Gello a Pistoia di cui fa parte la Diga di Giudea.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3376/2004, contenente le "modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito, ai sensi dell'art. 32 bis del D.L. 30/9/2003 n. 269, convertito con modificazioni dalla Legge 24/11/2003 n. 326", è stato previsto nell'ambito del Piano degli interventi di adeguamento sismico e miglioramento sismico (Ordinanza 3376/2004 – Art. 1, comma 4, lettera C) uno stanziamento per la Diga di Giudea.

Nell'anno 2007 è stato approvato il Progetto Definitivo ed Esecutivo relativo alle Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera.

Dal punto di vista della gestione e dell'esercizio, l'invaso è stato oggetto di un provvedimento di vaso permanente Prot. n. 881 del 01/12/1990.

Il progetto è stato oggetto successivamente di uno specifico Accordo di Programma “Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera” tra Ministero, Regione Toscana e Comune di Pistoia.

A seguito di un approfondimento tecnico, relativo sia alle necessità acquedottistiche del Gestore del Servizio Idrico, sia alle problematiche di stabilità del corpo diga e sulla necessità di reperire materiale idoneo alla realizzazione degli argini per la realizzazione del sistema delle casse denominato Laghi Primavera a supporto del bacino del Torrente Ombrone, è stato deciso di modificare le previsioni progettuali relative all’invaso di Gello non perseguendo l’obiettivo di rialzo del coronamento ma bensì definendo la riduzione dell’altezza dell’invaso.

Gli aspetti sopra riportati sono stati oggetto della definizione di un apposito cronoprogramma condiviso tra Comune di Pistoia, Autorità di Bacino del Fiume Arno, Consorzio di Bonifica dell’Ombrone Bisenzio, Publiacqua spa, Regione Toscana e Ufficio Registro Dighe.

1.1 I termini dell’iter autorizzativo e cronoprogramma di autorizzazione dell’intervento

Si riporta di seguito il contenuto del verbale del 19/04/2013 in particolare in relazione alle motivazioni della modifica dell’Accordo di programma e sui tempi d’intervento.

Le principali motivazioni della nuova progettazione sono:

- a) impossibilità, per carenza di finanziamenti, di portare a termine i progetti previsti nell’accordo di programma originario che prevedevano una spesa complessiva di circa 30.000.000 di euro e che avevano già avuto tutte le approvazioni necessarie compresa quella ministeriale dell’Ufficio del registro Dighe;
- b) necessità di una revisione dei progetti e dell’accordo al fine di addivenire al raggiungimento dei principali obiettivi programmati all’origine dell’accordo e dei finanziamenti già concessi (messa in sicurezza statica e sismica della diga e utilizzabilità del bacino ad uso approvvigionamento idropotabile e realizzazione di una cassa di espansione a salvaguardia del tratto a valle del torrente Ombrone) e che costituiscono interesse comune di tutti gli enti interessati;
- c) ipotesi di nuova modalità di intervento sia sulla diga della Giudea in loc. Gello che per la realizzazione della cassa di espansione dei laghi Primavera tale da permettere la riduzione della spesa complessiva del progetto a 15.000.000 di euro, pur mantenendo gli obiettivi e le finalità dell’accordo e della concessione dei finanziamenti, a seguito di una revisione dei costi di esproprio e di alcune modifiche strutturali, non influenti sulle capacità funzionali, della cassa di espansione dei laghi Primavera (nuovo costo 9.000.000 di euro circa) ed una modifica strutturale del progetto della diga della Giudea in loc. Gello che ne garantisce la messa in sicurezza anche sismica e contestuale accumulo per approvvigionamento idropotabile di circa 250/300.000 mc.(nuovo costo 6.000.000 di euro circa);

d) individuazione di una tempistica di intervento certa e programmata tali da assicurare, ai soggetti finanziatori (Ministero e Regione Toscana) la realizzazione delle opere pena la revoca dei finanziamenti concessi;

e) la nuova ipotesi di intervento è caratterizzata dalla necessità, anche per garantire l'economicità dell'operazione, di metter in sicurezza l'invaso di Gello tramite l'abbassamento di circa 8/9 metri dell'altezza della diga in terra e l'utilizzazione delle terre recuperate per l'esecuzione degli argini della cassa di espansione posta più a valle; sulla diga verrebbero quindi realizzate nuovamente tutte le opere accessorie necessarie (canale scolmatore, ecc..) per la gestione di un vaso di soli 250/300.000 mc (contro i 900.000 mc previsti in precedenza);

f) individuazione di due stralci operativi di intervento sulla diga;

- il primo prevede la messa fuori servizio della diga (contemporaneamente dovrebbe essere possibile prelevare i terreni necessari abbassando il coronamento della diga di circa 8/9 metri per trasportarli nella sede di realizzazione degli argini delle casse di espansione);
- il secondo prevede la realizzazione di tutte quelle opere a corredo e necessarie alla funzionalità di una diga con vaso di circa 250/300.000 mc.;

g)- il cronoprogramma delle operazioni necessarie alla realizzazione dell'accordo ipotizzato nella fase iniziale è il seguente:

SCADENZA	OBIETTIVO	REFERENTE
15/30 maggio 2013	Risultati caratterizzazione chimica e fisica delle terre costituenti il corpo della diga	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Giugno 2013	Consegna progetto preliminare consolidamento diga vaso di Gello	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Giugno 2013	Presentazione ad Ufficio Dighe sede Regionale Firenze richiesta autorizzazione per progetto stralcio per messa fuori servizio diga Gello e movimentazione terre	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Luglio 2013	Autorizzazione Ufficio Dighe Firenze a messa fuori servizio diga e progetto stralcio movimentazione terre	Ufficio Dighe Firenze/Roma
30 Luglio 2013	Consegna progetto definitivo cassa di espansione laghi Primavera	Consorzio Ombrone Bisenzio
30 Agosto 2013	Avvio procedimenti esproprio/occupazione progetto definitivo cassa di espansione laghi Primavera	Comune di Pistoia
30 luglio 2013	Consegna progetto definitivo 1° stralcio messa fuori servizio diga Gello e movimentazione terre	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 luglio 2013	Attivazione procedimenti di valutazione impatto ambientale provinciale e altri enti	Comune di Pistoia
15 settembre 2013	Conferenza servizi e approvazione progetti definitivi con autorizzazioni enti vari-	Comune di Pistoia
30 settembre 2013	Avvio procedure di appalto lavori	Comune di Pistoia
30 ottobre 2013	Consegna progetto definitivo 2° stralcio consolidamento definitivo diga gello	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A

30 ottobre 2013	Presentazione Autorizzazione lavori ad Ufficio Dighe x 2° stralcio diga Gello	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
28 febbraio 2014	Completamento procedure di appalto e affidamento definitivo lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia
1 Aprile 2014	Inizio effettivo lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia
30 Aprile 2014	Risposta autorizzazione Ufficio Dighe x 2° stralcio consolidamento diga Gello	Ufficio Dighe Firenze/Roma
30 Maggio 2014	Conferenza servizi ed autorizzazioni uffici vari 2° stralcio consolidamento diga Gello	Comune di Pistoia
30 Giugno 2014	Completamento Progetto Esecutivo 2° stralcio consolidamento diga Gello (comprensiva prescrizioni Uff Dighe)	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Giugno 2014	Avvio procedure appalto lavori 2° stralcio consolidamento diga Gello	Comune di Pistoia
30 Novembre 2014	Completamento procedure appalto e affidamento definitivo lavori 2° stralcio consolidamento diga gello	Comune di Pistoia
1 Aprile 2015	Inizio effettivo lavori 2° stralcio consolidamento diga gello	Comune di Pistoia
Sett/Ott 2015	Ultimazione lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia
Sett 2016	Ultimazione lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia

Il presente cronoprogramma è stato oggetto di successivi aggiornamenti e si rimanda alle comunicazioni intercorse per eventuali modifiche e integrazioni.

Dal punto di vista idraulico le condizioni per la realizzazione dei lavori come sopra suddivisi deve comunque prevedere nella fase transitoria le seguenti prescrizioni:

- che l'invaso resti vuoto con lo scarico di fondo aperto;
- che l'invaso smaltisca o contenga senza danni un eventuale evento eccezionale;
- che venga tolto l'approvvigionamento idrico proveniente dal Vincio di Brandeglio;
- che sia garantita la messa in sicurezza del rilevato dopo il prelievo delle terre.

In particolare nella presente relazione saranno trattati gli aspetti preliminari complessivi dell'intervento relativi sia alla messa in sicurezza idraulica dell'invaso sia all'approvvigionamento idropotabile.

2 La descrizione dello stato attuale

2.1 Le caratteristiche dell'invaso originario

Il serbatoio della Giudea è caratterizzato da contributi idrici derivati da una presa sul Torrente Vincio di Brandeglio che sottende un bacino imbrifero di circa 13 kmq, mentre il bacino diretto del serbatoio è praticamente trascurabile.

Le principali caratteristiche dei bacini idraulici di riferimento sono di seguito riportate:

bacino allacciato sotteso dalla presa sul T.Vincio di Brandeglio

- area imbrifera: 13 kmq;
- altitudine media: 580 m s.m.;
- precipitazione media: 1905 mm/anno;
- portata media annua: 0.350 mc/s;
- portata massima di derivazione: 0.700 mc/s;
- deflusso naturale medio: ~11x10⁶ mc/anno;
- volume derivabile medio: ~9.8x10⁶ mc/anno;
- volume derivabile al netto dei rilasci ecologici estivi: ~7.8x10⁶ mc/anno;

bacino diretto sotteso dalla diga della Giudea

- area imbrifera: 0.15 kmq;
- altitudine media: 138 m s.m.;
- afflusso meteorico medio: 180.000 mc/anno.

Le caratteristiche dell'invaso attuale sono di seguito riassunte

Dati principali della diga	
Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	31,9
Altezza della diga ai sensi del L. 584/1994 [m]	31,9
Altezza massima ritenuta [m]	23,26
Quota del coronamento [mslm]	150,06
Larghezza del coronamento [m]	6
Franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,8
Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,8
Sviluppo del coronamento [m]	293,5
Volume della diga [m ³]	870.000
Dati principali del serbatoio	
Quota massimo invaso [mslm]	148,26
Quota massima regolazione [mslm]	147,76

Quota minima regolazione [mslm]	134,00
Quota minima al piede diga lato monte [mslm]	125,0
Quota minima al piede diga lato valle [mslm]	118,2
Volume totale invaso [m ³]	754.600
Volume utile di regolazione [m ³]	707.850
Volume morto [m ³]	44.000
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso [km ²]	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km ²]	13,0
Portata di massima piena di progetto [m ³ /s]	6,8 (6,0+0,8)
Portata massima derivazione dal T. Vincio [m ³ /s]	0,8
Superficie dello specchio liquido alla quota di :	
• massimo invaso [m ²]	77.300
• massima regolazione [m ²]	73.400
• minima regolazione [m ²]	16.985
Pendenze paramento di monte	~2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1
Pendenza paramento di valle	~2/1
Dati principali dello scarico di superficie	
Caratteristiche tipologiche	Soglia grossa rettilinea in sponda destra
Quota di soglia [mslm]	147,76
Sviluppo della soglia [m]	10,80
Portata esitata [m ³ /s]	6,8
Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m]	0,5
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm]	148,26
Dati principali dello scarico di fondo	
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø450
Quota dell'imbocco [mslm]	126,26
Portata esitata [m ³ /s]	1,23
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm]	147,76
Dati principali dell'opera di derivazione	
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø400
Quota dell'imbocco [mslm]	134,00
Portata esitata [m ³ /s]	0,46
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata	147,76

Tabella 1: Caratteristiche dell'invaso stato attuale.

Di seguito si riporta la legge d'invaso originaria che tiene conto della capacità d'invaso massima indipendentemente dalle limitazioni imposte all'esercizio successive al 1990.

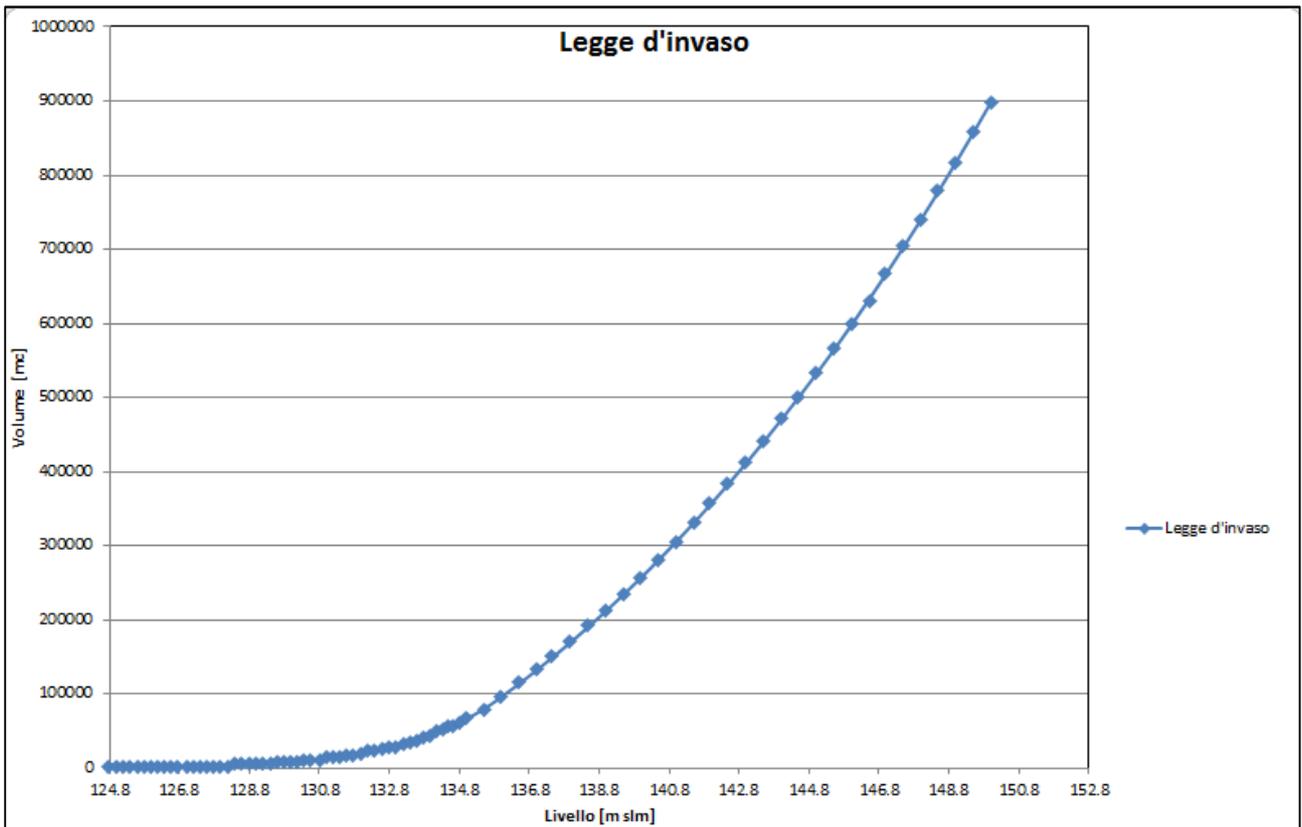


Figure 1: Legge quota - capacità d'invaso originaria dell'Invaso di Gello.

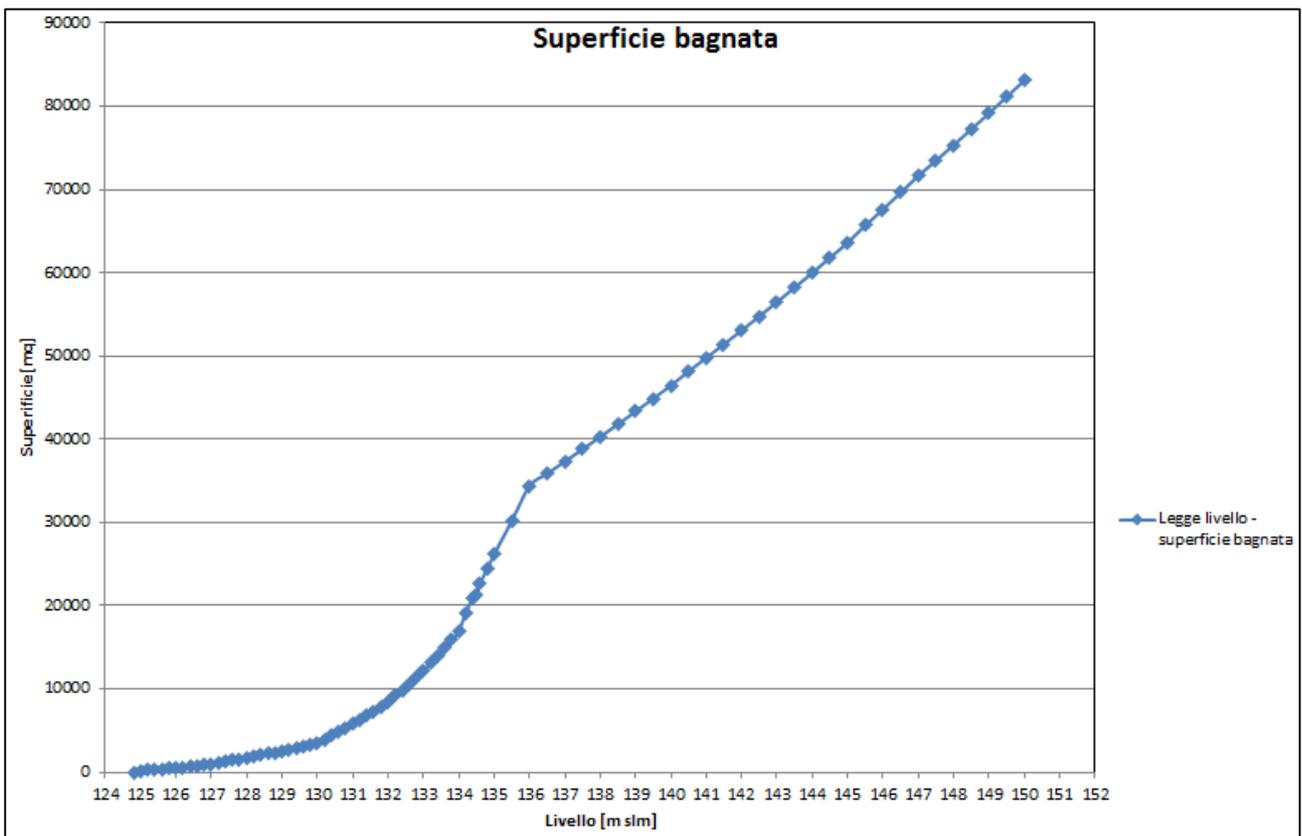


Figure 2: Legge quota – superficie bagnata originaria dell'Invaso di Gello.

Nella Figura 2 è riportata la legge che collega il livello dell'acqua con la superficie bagnata dell'invaso.

Lo schema idraulico di funzionamento dell'invaso per lo stato attuale è di seguito riportata.

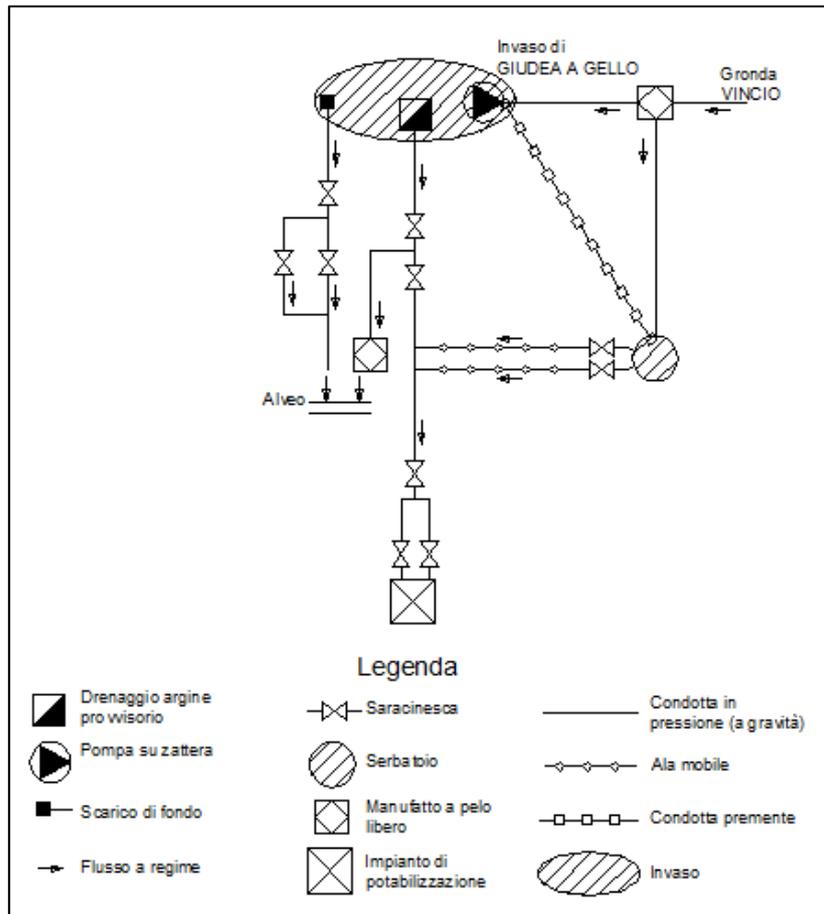


Figure 3: Schema di funzionamento idraulico per lo stato attuale

Si riporta di seguito un'immagine aerea dell'invaso e della parte posta a valle.



Figure 4: Ortofoto invaso della Giudea a Gello nel Comune di Pistoia.

2.2 Le caratteristiche dell'invaso provvisorio autorizzato

Come sopra riportato, a seguito delle prescrizioni del RID, l'invaso è stato autorizzato, ma con una gestione provvisoria che prevede lo svasso permanente sino al raggiungimento della quota massima di 134.5m slm.

Al fine di individuare le caratteristiche di funzionamento dell'invaso provvisorio è stato commissionato nell'anno 2012 un rilievo batimetrico per aggiornare la geometria del fondo dell'invaso.

E' stato così possibile calcolare la nuova legge d'invaso di seguito rappresentata sino alla quota di 141m slm.

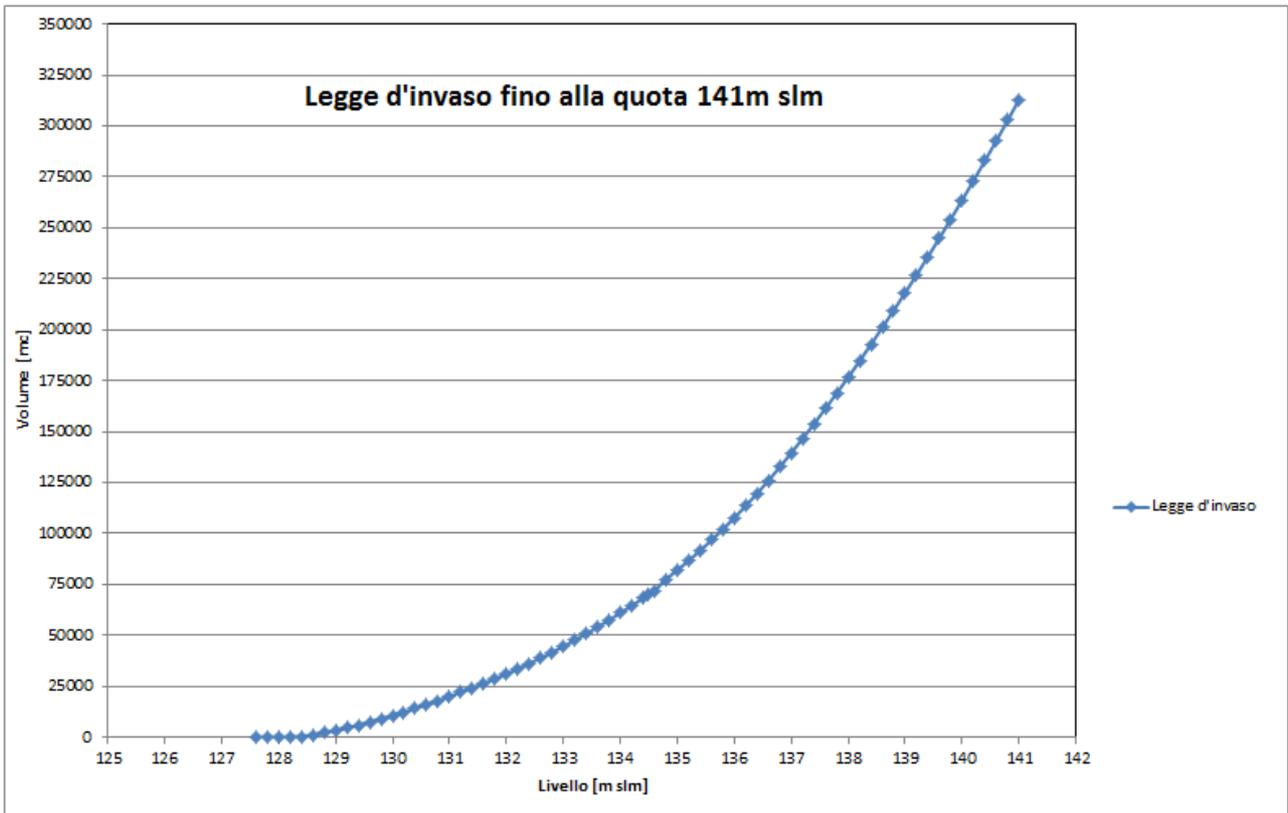


Figure 5: Legge quota - capacità d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m slm.

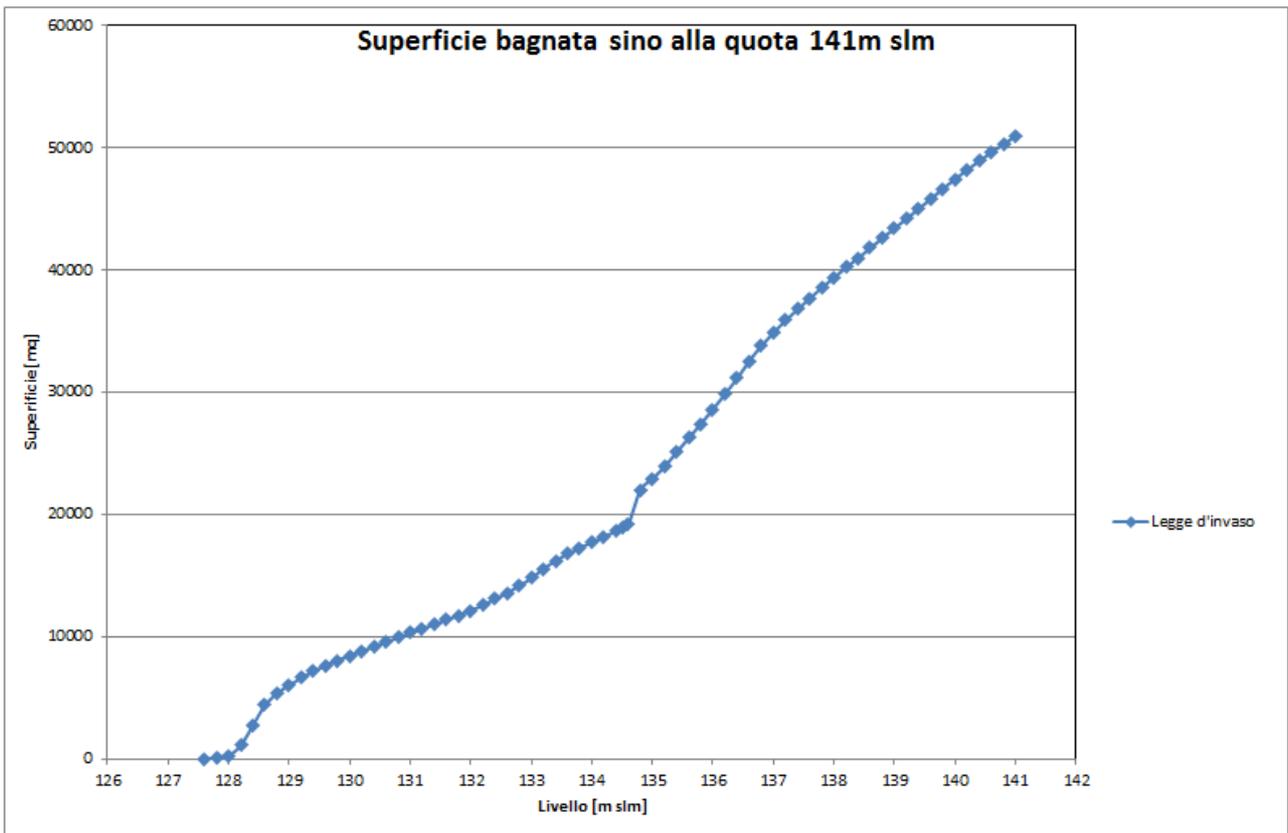


Figure 6: Legge quota - superficie d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m slm.

La minima quota di fondo rilevata è risultata di 127.6 mslm e quindi superiore rispetto alla quota dello scarico di fondo di circa 1.3m. Le prove di funzionamento dello scarico di fondo eseguite di recente, hanno dato esito positivo e quindi si presume che possa esserci deposito al di sopra dello scarico di fondo che comunque non ne inficia il corretto funzionamento.

Alla quota sopra riportata il volume d'invaso è di circa 70.000 mc mentre la superficie bagnata dell'invaso è di circa 18900 mq.

L'invaso provvisorio è stato oggetto di verifiche idrauliche volte alla definizione del grado di rischio in corrispondenza di eventi di piena di particolare intensità. E' stato ipotizzato di effettuare una verifica di massimo riempimento dell'invaso per due differenti condizioni di esercizio:

1. Calcolo dell'afflusso al bacino per eventi con tempo di ritorno di 1000 anni che massimizzano la portata sommato con l'afflusso proveniente dal canale di derivazione del Vinci;
2. Calcolo dell'afflusso del bacino per eventi con tempo di ritorno di 1000 anni valutato per piogge di durata di 24 ore e contemporanea apertura della derivazione dal torrente Vinci all'invaso per durata di 24 ore. In questa seconda condizione si ipotizza cautelativamente il mancato intervento del personale del gestore sia per la chiusura dell'alimentazione dal Vinci sia per l'apertura dello scarico di fondo nelle prime 24 ore dall'inizio dell'evento.

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche condotte.

Quota inizio evento [m slm]	134.5			
Volume inizio evento [mc]	70174			
	TR 100	TR 200	TR 500	TR 1000
Massima portata [mc/s]	3.2	4.1	5.5	6.8
Volume evento [mc]	4709	5458	6628	7756
Volume invaso [mc]	74887	75636	76806	77934
Sopralzo evento [m]	0.24	0.28	0.33	0.38
Quota invaso [m slm]	134.74	134.78	134.83	134.88

Tabella 2: Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico TR 1000 anni breve durata.

Quota inizio evento [m slm]	134.5			
Volume inizio evento [mc]	70174			
	TR 100	TR 200	TR 500	TR 1000
Massima portata [mc/s]	0.99	1.04	1.11	1.18
Volume evento [mc]	82688	86934	92877	98786
Volume invaso [mc]	152862	157108	163051	168960
Sopralzo evento [m]	2.91	3.02	3.18	3.34
Quota invaso [m slm]	137.41	137.52	137.68	137.84

Tabella 3: Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico TR 1000 anni durata 24h.

Come è possibile notare nelle tabelle sopra riportate, la quota massima raggiunta dall'invaso in condizioni particolarmente critiche per TR 1000 anni è di 137.84m slm, ovvero inferiore rispetto alla quota dell'attuale paramento di monte, di modo che gli eventuali livelli massimi risultano confinati all'interno della tura realizzata negli anni 90 che ha una quota ai piedi del rilevato di circa 138 m slm.

Tale verifica ha permesso di definire le condizioni di sicurezza idraulica dell'invaso nella fase di gestione provvisoria.

3 Le caratteristiche dell'intervento di progetto

Il presente progetto preliminare è complessivo dell'intero intervento di messa in sicurezza, ma sin da ora si evidenzia la necessità di suddividere il progetto definitivo in due Stralci di seguito riportati:

- I Stralcio: Progetto definitivo per la messa fuori servizio provvisoria dell'invaso della Giudea in località Gello nel Comune di Pistoia e movimentazione terre;
- Il Stralcio: Progetto definitivo per il consolidamento dell'invaso della Giudea in località Gello nel Comune di Pistoia;

Saranno prese in considerazione nel preliminare gli aspetti tecnici e idraulici per garantire la messa in sicurezza sia della sistemazione finale sia delle fasi intermedie.

Per quanto riguarda il progetto preliminare complessivo, si prevede di ottenere la sicurezza idraulica dell'invaso mediante un abbassamento complessivo della quota massima del coronamento.

Le condizioni al contorno per la definizioni degli interventi di messa in sicurezza sono le seguenti:

- Il gestore Publiacqua ha individuato nel volume di 250.000-300.000 mc la capacità necessaria al fine di garantire l'approvvigionamento idropotabile della rete acquedottistica di Pistoia;
- I volumi di terra necessari per la realizzazione degli argini del sistema di messa in sicurezza definito come Casse Laghi Primavera è stimato in circa 210.000-230.000 mc.

Sulla base delle condizioni sopra riportate e sulla base della geometria dell'invaso è stato individuato un intervento che prevede le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---|--------------------------------|
| • Quota del nuovo coronamento: | 143 m slm; |
| • Quota del nuovo sfioratore di superficie: | 140 m slm; |
| • Quota minima piede di valle | 118.2 m s.l.m. non modificato; |
| • Scarico di fondo: | non modificato; |
| • Condotta di derivazione dal T. Vincio | non modificata |
| • Sistema di derivazione | non modificata |

L'intervento prevede di abbassare la quota del coronamento di circa 7m e inoltre di scavare anche al piede dell'attuale tura fino a riportarsi alla quota di circa 127 m slm con il piede di monte del coronamento.

In considerazione delle scavi previsti la nuova legge d'invaso è riportata nella figura seguente.

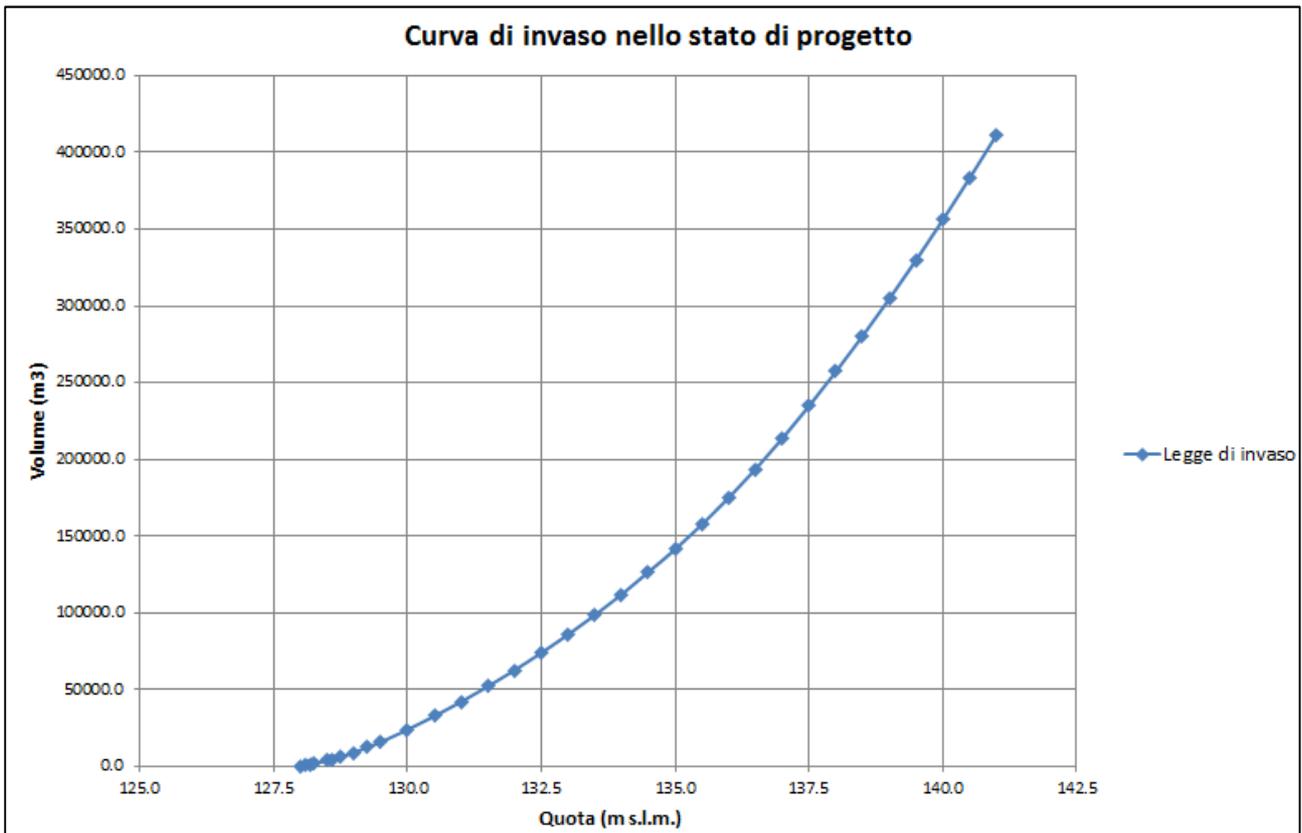


Figure 7: Legge quota - capacità d'invaso di progetto dell'Invaso di Gello.

Come è possibile notare alla quota 140 m slm, corrisponde un volume d'invaso di circa 350.000 mc mentre il volume morto alla quota del canale di derivazione (134 m slm) è di circa 100.000 mc. Il volume utile per la derivazione dalla condotta di alimentazione dell'acquedotto è quindi pari a circa 250.000 e quindi conforme con le richieste del Gestore del Servizio Idrico. Tale volume può essere ulteriormente incrementato utilizzando un sistema di alimentazione dell'acquedotto mediante pescaggio con piattaforma galleggiante (come del resto attualmente avviene) per utilizzare i volumi posti al di sotto della quota 134 m slm.

In prima approssimazione la pendenza del paramento di monte del rilevato di sbarramento è stata assegnata circa come 1/3 mentre quella di valle 1/3.75. Con questa ipotesi il volume di scavo con la quota del nuovo coronamento posta a 143 m slm è di circa 230.000 mc.

La volumetria che si ottiene da questa ipotesi di sbassamento del coronamento risulta compatibile anche con le richieste di materiale per la realizzazione degli argini della casse dei Laghi Primavera.

Lo scarico di superficie verrà realizzato nella stessa posizione dell'attuale ma la quota di 147.76 m slm verrà portata a 140 m slm con un abbassamento di oltre 7m.

Lo scavo sarà svasato su i due fianchi con banche intermedie, con un'estensione areale tale da determinare la stabilità del pendio.

La larghezza dello sfioro viene confermata in 10.5m e il suo funzionamento sarà verificato per TR 3000 anni.

La sezione dello scolmatore è di tipo a C con l'apertura rivolta verso l'alto, con base di 10.5m e muri laterali di altezza pari a 3m al fine di contenere l'estensione dello scavo del versante.

L'altezza della diga dell'invaso considerando invariata la quota minima del piede di valle pari a 118.2m slm risulta di 24.8 m mentre attualmente l'invaso ha un'altezza di 31.9m.

Lo scarico di fondo ad oggi funzionante si prevede di utilizzarlo anche successivamente alla messa in sicurezza. In particolare sul lato di valle gli organi di manovra presentano un adeguato grado di manutenzione mentre per quanto riguarda l'opera di presa sul fondo dell'invaso, nel momento che verrà scoperta, durante le operazioni di scavo, verrà verificata l'eventuale necessità di realizzare un intervento di manutenzione straordinaria al fine di potenziarne la durata nel tempo.

Al fine di valutare le caratteristiche delle terre sia dal punto di vista ambientale che meccanico all'uso previsto di realizzazione di argini, è stata condotta una campagna di analisi a varie altezze interessate dallo scavo.

I risultati dal punto di vista meccanico hanno evidenziato buone caratteristiche per cui risultano compatibili con l'uso per la costruzione degli argini.

Le indagini chimiche hanno invece evidenziato la presenza dell'inquinante Cromo VI in alcuni specifici punti e altezze del coronamento. Per un'approfondita trattazione del tema si rimanda alla elazione allegata al progetto di gestione delle terre.

4 Analisi idrologica

Al fine di procedere alla verifica idraulica dell'opera di sfioro, risulta necessario quantificare in maniera corretta la portata che sollecita l'invaso. Si prenderanno in esame le portate di piena per TR 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni.

Data la mancanza di misure dirette di portata, la metodologia più idonea per la stima della portata di progetto è una modellistica afflussi-deflussi. I passi percorsi sono i seguenti:

- si procede dapprima con l'analisi delle serie storiche di precipitazioni disponibili nella zona di interesse, al fine di caratterizzarle statisticamente;
- si individuano poi la durata critica dell'evento di pioggia e la distribuzione temporale delle precipitazioni, ottenendo lo ietogramma di progetto per il bacino oggetto di studio;
- si determina la quantità di precipitazione trattenuta dal terreno, individuando così la pioggia effettiva (o pioggia netta), che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, determinando l'evento di piena;
- si schematizza la risposta del bacino idrografico alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle sue caratteristiche, e si combina tale risposta con la pioggia netta per stimare l'idrogramma di piena.

Si assume l'ipotesi che la portata associata ad uno specifico tempo di ritorno sia causata da una sollecitazione meteorica di pari probabilità.

Per l'invaso di interesse, si dispone dei dati del progetto originario del 1965 nel quale è stata individuata la portata di piena, con la quale è stato dimensionato lo scarico di superficie, secondo il seguente criterio:

- area del bacino idrografico: 0.15 kmq;
- portata unitaria 40mc/skmq;
- Portata del bacino diretto: $0.15 \times 40 = 6 \text{ m}^3/\text{s}$,

La portata così determinata è associata ad un evento con tempo di ritorno di 1000 anni.

L'utilizzo di tale valore risulta particolarmente cautelativo e difficilmente ottenibile con l'applicazione dei tradizionali metodi di trasformazione afflussi-deflussi.

Si persegue quindi l'obiettivo di tarare i parametri del presente studio idrologico al fine di allinearne i risultati con la portata di riferimento dell'invaso per TR 1000 anni pari a $6 \text{ m}^3/\text{s}$ e poi stimare il contributo di portata per gli eventi con tempo di ritorno di 3000 anni.

4.1 Analisi Pluviometrica

I dati storici di pioggia analizzati sono i valori massimi annuali delle altezze di precipitazione di assegnata durata, fornite da registrazioni pluviometriche di almeno trent'anni. La loro elaborazione statistica permette di determinare una relazione che lega le altezze di pioggia con la durata della precipitazione e la frequenza con cui l'evento si verifica, data dal tempo di ritorno (T_r).

Tale relazione è di tipo esponenziale:

$$h = aT_r^m t^n$$

dove:

h = altezza di precipitazione [mm];

t = durata della precipitazione [ore];

T_r = tempo di ritorno [anni]

La relazione, al variare dei valori di h, t, T_r , definisce delle curve note come Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP). I parametri a, m, n variano per ogni stazione pluviometrica.

L'analisi statistica è stata condotta utilizzando una distribuzione di probabilità del tipo TCEV (Two Components Extreme Value).

In base all'analisi statistica sviluppata dal PIN per conto della Regione Toscana nell'ambito della realizzazione di un archivio informatico e di programmi di gestione per la "regionalizzazione delle portate di piena", i parametri a, m, n della LSPP sono disponibili esclusivamente per un numero limitato di stazioni pluviometriche, quelle con almeno trent'anni di misure. In particolare, i dati sono stati ricavati dal volume "Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica" redatto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per i servizi tecnici nazionali – Ufficio Idrografico e mareografico di Pisa.

Non essendo presente una stazione pluviometrica di riferimento all'interno del bacino, ne è stata presa una nelle vicinanze, quella di Pistoia.

La stazione di misura di Pistoia, con codice 1260, è posta ad una quota di 85.24 m s.l.m., ha coordinate Gauss Boaga Est di 1653027 e Nord di 4867355, ed ha una lunga serie storica.

I parametri della LSP, per durate di pioggia inferiori e superiori a un'ora, sono riportati in Tabella 4.

	a	n	m
t < 1 h	25.515	0.458	0.186
t > 1 h	24.272	0.36	0.191

Tabella 4: Parametri delle LSP nella stazione pluviometrica di Pistoia.

E' stato utilizzato cautelativamente un coefficiente di ragguaglio k_r pari a 1.

Lo ietogramma di progetto scelto è costante; sono state effettuate più simulazioni, con durate di pioggia di 10, 20, 30, 45 minuti, e 1, 3, 9, 12, e 24 ore, ed è stato ottenuto l'evento di portata con picco massimo per la durata di 20 minuti, la quale è stata quindi scelta come durata critica.

4.2 Perdite idrologiche

La stima delle perdite idrologiche è necessaria per individuare la parte di precipitazione che effettivamente contribuisce al deflusso superficiale, nota come pioggia effettiva (o efficace).

Il passaggio dalla precipitazione lorda alla precipitazione netta dipende sia da caratteristiche proprie del bacino, come uso e tipo del suolo, o stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento, sia da caratteristiche dell'afflusso, come altezza totale di precipitazione e distribuzione spaziale e temporale dell'evento.

Le perdite idrologiche vengono generalmente suddivise in:

- intercezione;
- evaporazione;
- traspirazione delle piante;
- immagazzinamento nelle depressioni superficiali;
- infiltrazione.

Nella stima di portate di piena, come nel presente studio, l'infiltrazione sulle aree permeabili o semipermeabili del suolo costituisce senz'altro la componente principale.

Nel presente studio si è fatto riferimento al metodo con della perdita iniziale e infiltrazione a saturazione costante. I parametri che lo rappresentano sono tre:

- La perdita iniziale, che rappresenta la quantità di precipitazione che si infiltra nel bacino prima che abbia inizio il deflusso diretto, espressa in mm;

- La “constant rate”, che determina l'intensità dell'infiltrazione che si avrà dopo che sarà soddisfatta la perdita iniziale, in mm/h. Sarà applicato lo stesso valore indipendentemente dalla lunghezza della simulazione;
- La percentuale di bacino impermeabile: la precipitazione che intercetta questa porzione di suolo andrà a formare interamente deflusso diretto. Per il bacino di interesse è stato stimato che circa il 30% della superficie è impermeabile, poiché occupata dallo specchio d'acqua dell'invaso.

4.3 La trasformazione afflussi – deflussi

4.3.1 Il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH)

Per schematizzare matematicamente la trasformazione che avviene in un bacino idrografico, in cui, a partire dagli afflussi meteorici in ingresso, si producono delle portate in uscita, è stato scelto il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Secondo tale metodo, che si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino, la risposta $Q(t)$ ad una pioggia di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

dove $p(t)=A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario.

La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci; tra questi è stato scelto, nel presente caso, l'idrogramma unitario del SCS.

4.3.2 L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (IUH-SCS)

L'idrogramma adimensionale del SCS è definito in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di varie dimensioni; esso presenta il 37.5% del suo volume prima dell'istante di picco; inoltre, i valori della portata di picco e dell'istante T_p sono stati ricavati adottando un modello semplificato di idrogramma triangolare di base $2.67 T_p$.

Per la definizione dell'idrogramma unitario adimensionale del SCS è necessario specificare il tempo di ritardo T_l (o Lag) del bacino idrografico, che può essere valutato mediante relazioni empiriche valide per l'area in esame. Si è scelto di usare la formula del NCRS, secondo cui:

$$T_l = 0.6 \cdot t_c$$

dove t_c è il tempo di corrivazione, a sua volta stimabile da svariate formulazioni empiriche. Per il presente caso, è stata fatta una media tra i risultati delle due formule di Kirpich e Viparelli:

- Formula di Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

in cui:

- L: lunghezza dell'asta principale a partire dallo spartiacque, in metri;
- i_a : pendenza dell'asta principale;

- Formula di Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{V}$$

dove:

- L: lunghezza del percorso idraulicamente più lungo che una particella può percorrere per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- V: velocità media di trasferimento della particella.

Entrambe le formulazioni usate, per il bacino dell'invaso della Giudea, hanno fornito un valore del tempo di corrivazione $t_c=0.14$ ore, da cui è stato ottenuto un Lag NCRS (tempo di ritardo) di 5 minuti.

4.4 Risultati dell'analisi idrologica

A partire dai dati di input visti nei paragrafi precedenti, mediante il software HEC-HMS dell'USACE è stata eseguita una modellazione idrologica che ha permesso di ricavare un idrogramma di piena con tempo di ritorno di 3000 anni, per il bacino di interesse, avente una portata di picco pari a 7,9 m³/s. Come già illustrato, sono state effettuate più simulazioni per più durate di pioggia, e la durata di pioggia scelta, 20 minuti, è quella che ha dato luogo alla portata di picco maggiore. Sono poi stati modellati anche i tempi di ritorno di 100, 200 e 500 e 1000 anni.

I parametri che sono stati tarati al fine di ottenere la portata di progetto sono stati la perdita iniziale la costante di infiltrazione a saturazione.

I valori scelti per la modellazione idrologica dell'invaso della Giudea sono mostrati in Tabella 5.

Initial loss	29.5 mm
Constant rate	1.55 mm/h
Impervious	30%

Tabella 5: Parametri della modellazione idrologica utilizzati per il bacino di interesse.

In Tabella 6 sono sintetizzati i principali parametri dell'analisi idrologica e i risultati ottenuti in termini di portata.

Parametri idrologici del bacino e risultati	
Area bacino	0.15 Km ²
Tempo di corrivazione	10 min
Lag Time	5 min
Durata critica	20 min
Spessore di pioggia Tr 100	36.3 mm
Spessore di pioggia Tr 200	41.3 mm
Spessore di pioggia Tr 500	49.0 mm
Spessore di pioggia Tr 1000	55.7 mm
Spessore di pioggia Tr 3000	68.4 mm
Ietogramma	costante
Portata di picco Tr 100	2.4 m ³ /s
Portata di picco Tr 200	3.3 m ³ /s
Portata di picco Tr 500	4.7 m ³ /s
Portata di picco Tr 1000	6.0 m ³ /s
Portata di picco Tr 3000	7.9 m ³ /s
Istante di picco	00:20

Tabella 6: Parametri idrologici del bacino di interesse e risultati ottenuti

Si riportano di seguito gli idrogrammi di progetto per i tempi di ritorno di 1000 e 3000 anni per diverse durate di pioggia.

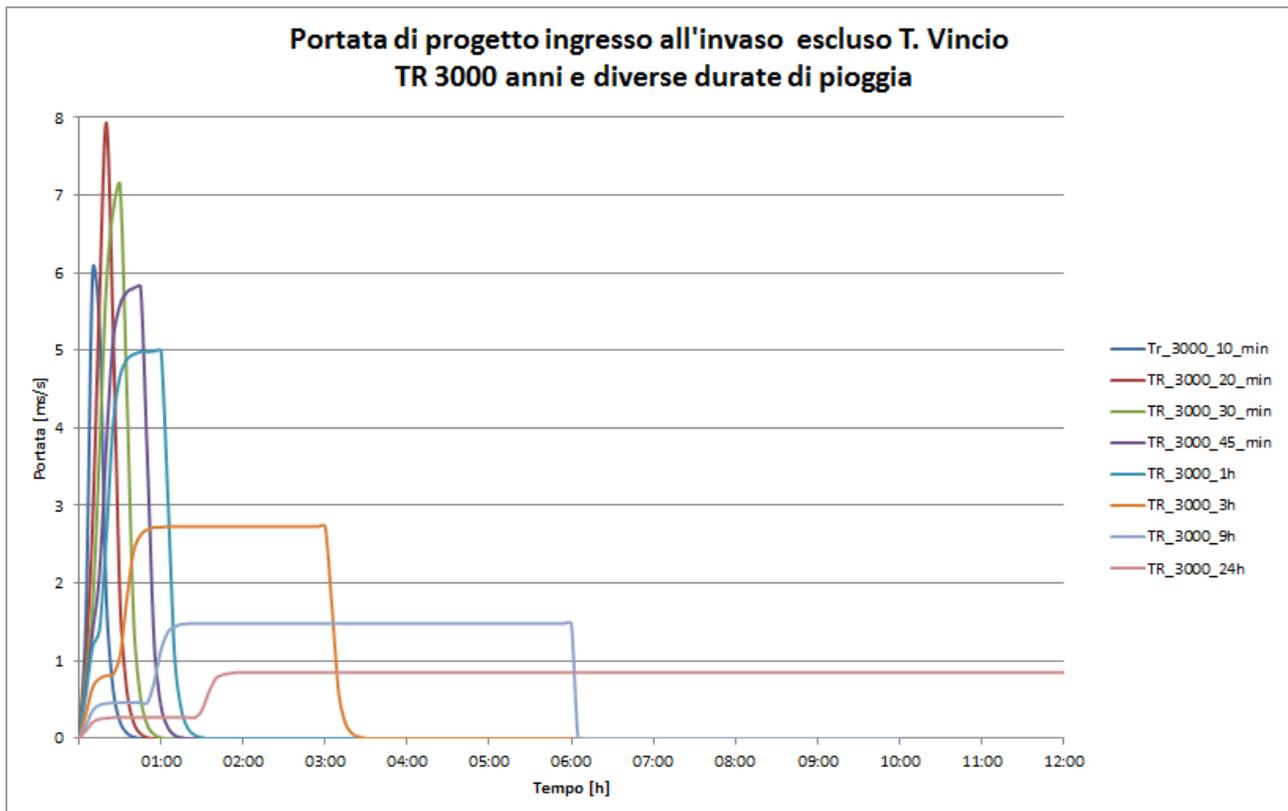


Figure 8: Idrogramma di progetto per TR 3000 anni e differenti durate di pioggia.

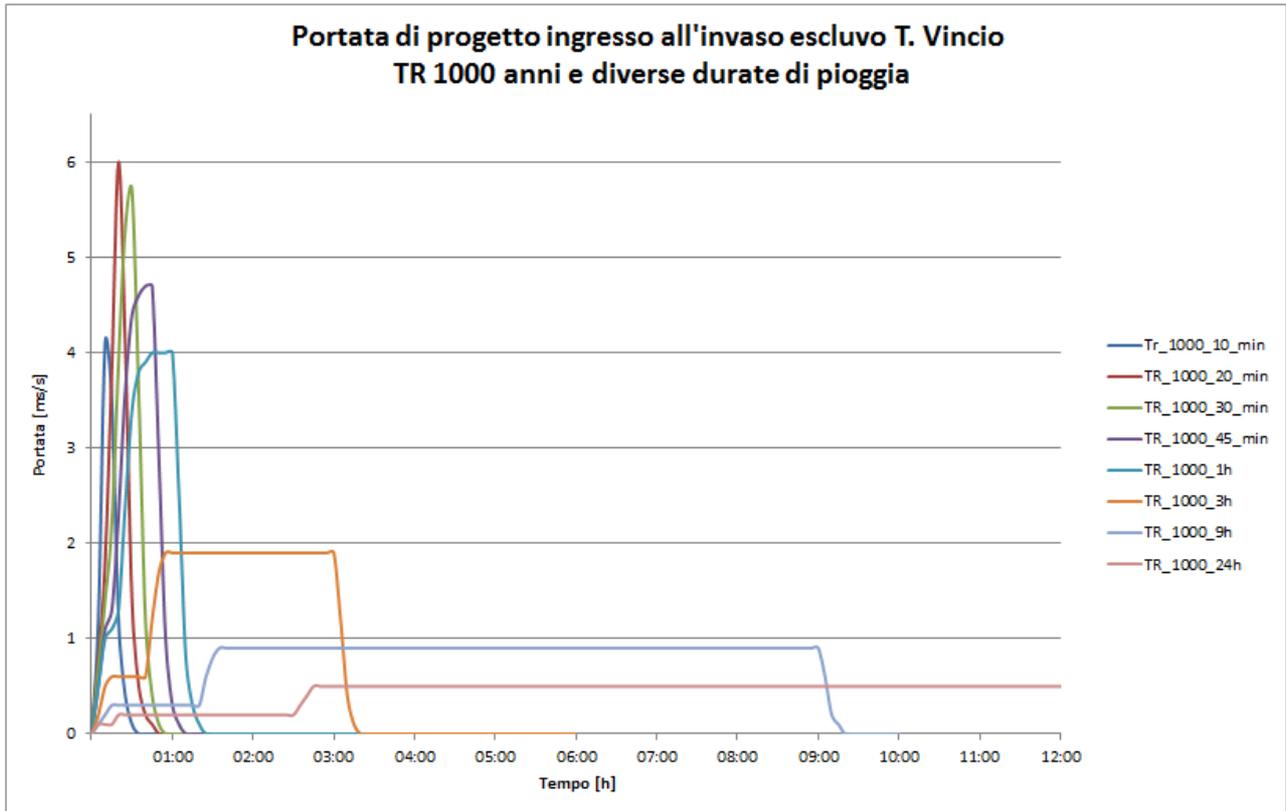


Figure 9: Idrogramma di progetto per TR 1000 anni e differenti durate di pioggia.

Si riportano di seguito i valori di picco degli idrogrammi di progetto per i tempi di ritorno di 1000 e 3000 anni per diverse durate di pioggia.

durata pioggia	10 min	20 min	30 min	45 min	1 ora	3 ore	9 ore	12 ore	24 ore
Portata max	Q (m ³ /s)								
TR 3000 ANNI	6.0	7.9	7.1	5.82	5.0	2.7	1.5	1.3	0.9
TR 1000 ANNI	4.1	6.0	5.7	4.7	4.0	1.9	0.9	0.8	0.5

Tabella 7: Valori di picco degli idrogrammi di progetto per TR 1000 e 3000 anni e differenti durate di pioggia.

Si riporta di seguito l'idrogramma di piena per diversi tempi di ritorno e durata di pioggia di 20 minuti che risultata critica in termini di picco di portata.

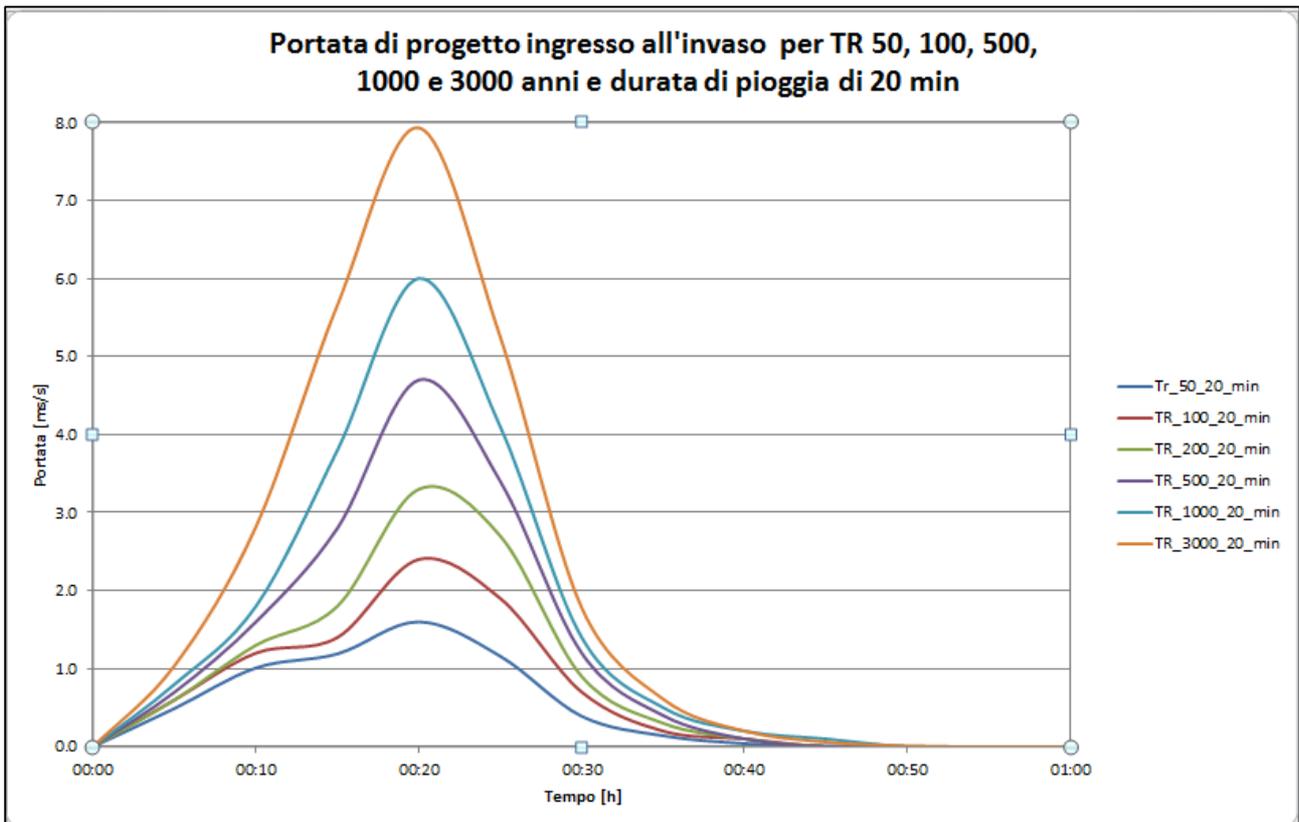


Figure 10: Idrogramma di progetto per TR 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni con durata di pioggia di 20 min.

Alle portate di progetto nella configurazione definitiva occorre aggiungere la portata di 0.8mc/s di derivazione dal T. Vincio che si presume non venga interrotta durante l'evento di piena.

5 Verifiche idrauliche

Sulla base delle ipotesi di progetto sono state condotte delle verifiche idrauliche al fine di individuare il funzionamento dell'invaso in tutte le possibili fasi dei lavori e anche nella sistemazione definitiva.

In particolare sono state sviluppate le seguenti verifiche:

1. Verifica della messa fuori esercizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo;
2. Verifica evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto;
3. Verifica evento TR 1000 anni con invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto;
4. **Verifica evento TR 3000 anni con invaso in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate;**
5. **Verifica evento TR 1000 anni con invaso in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate;**

Di seguito si riporta la descrizione puntuale di ogni singola fase.

Le verifiche sono state condotte mediante il codice di calcolo SWMM 5.0 in moto vario.

I risultati numerici e grafici delle verifiche condotte sono riportate nell'allegato 1 "Verifiche idrauliche".

E' stato inoltre verificato tutto il canale scolmatore dall'invaso sino alla confluenza del T. Tazzera per un tratto di circa 630m in moto permanente mediante il codice di calcolo HEC-RAS 4.1.0.

5.1 Messa fuori servizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo

La prima attività da eseguire per intervenire sull'invaso è quella di mettere fuori servizio l'alimentazione dell'invaso dal T. Vincio. Tale operazione potrà avvenire mediante la chiusura della saracinesca di alimentazione dal pozzetto derivatore all'invaso, permettendo quindi la sola alimentazione diretta della vasca di carico del potabilizzatore.

La configurazione del nuovo funzionamento idraulico è quella riportata nello schema sotto riportato.

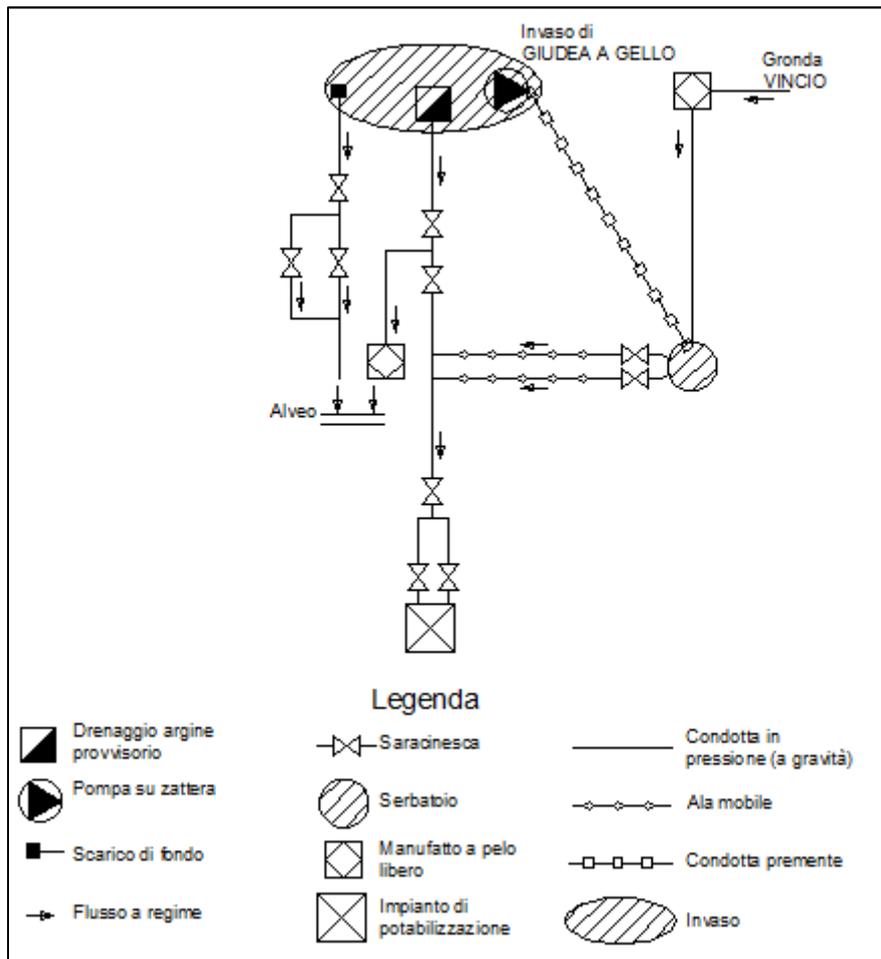


Figure 11: Schema di funzionamento idraulico per tutta la durata delle lavorazioni.

Una volta interrotta l'alimentazione si procederà a svuotare l'attuale invaso provvisorio mediante la condotta dello scarico di fondo in acciaio con diametro DN450. La quota dello scarico di fondo da progetto è di 126.26 m slm mentre il livello iniziale dell'invaso è stato assunto a quota 134.5 m slm, ovvero la massima consentibile.

Il tempo di svuotamento dell'invaso è di circa 24 ore come è possibile notare nelle figure sotto riportate.

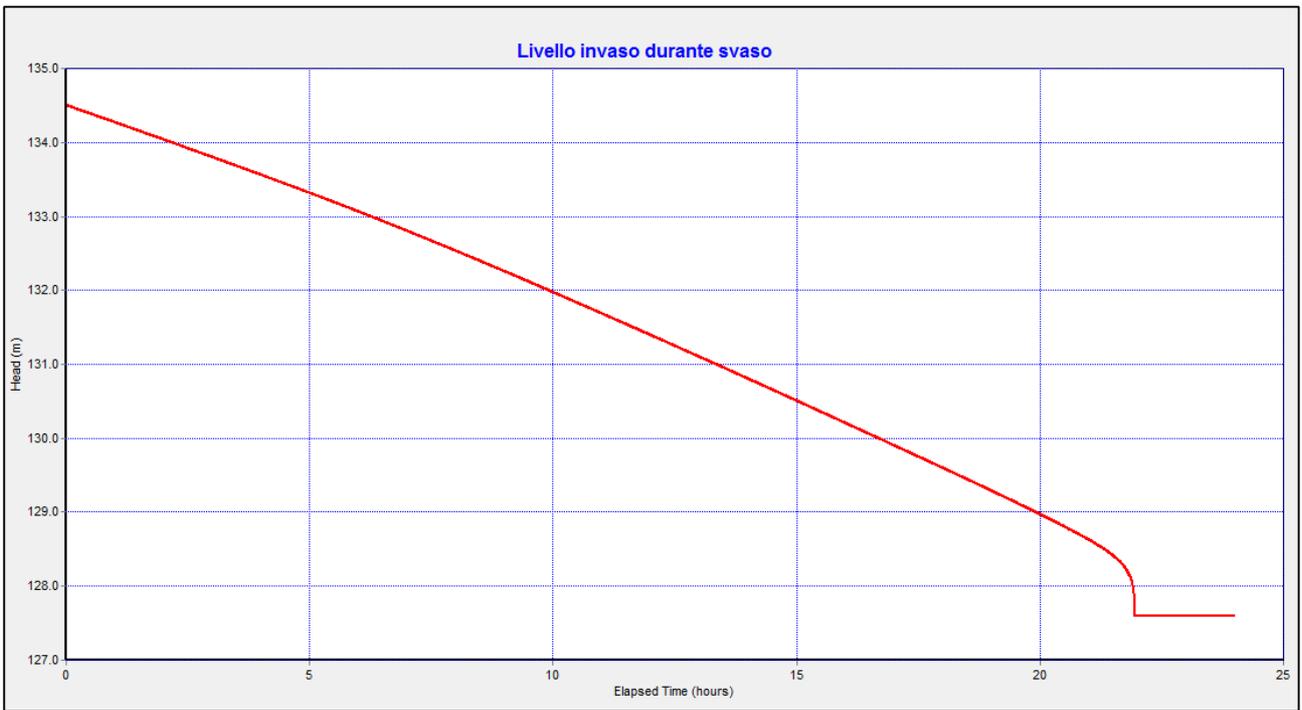


Figure 12: Livello dell'invaso durante lo svuotamento tramite scarico di fondo.

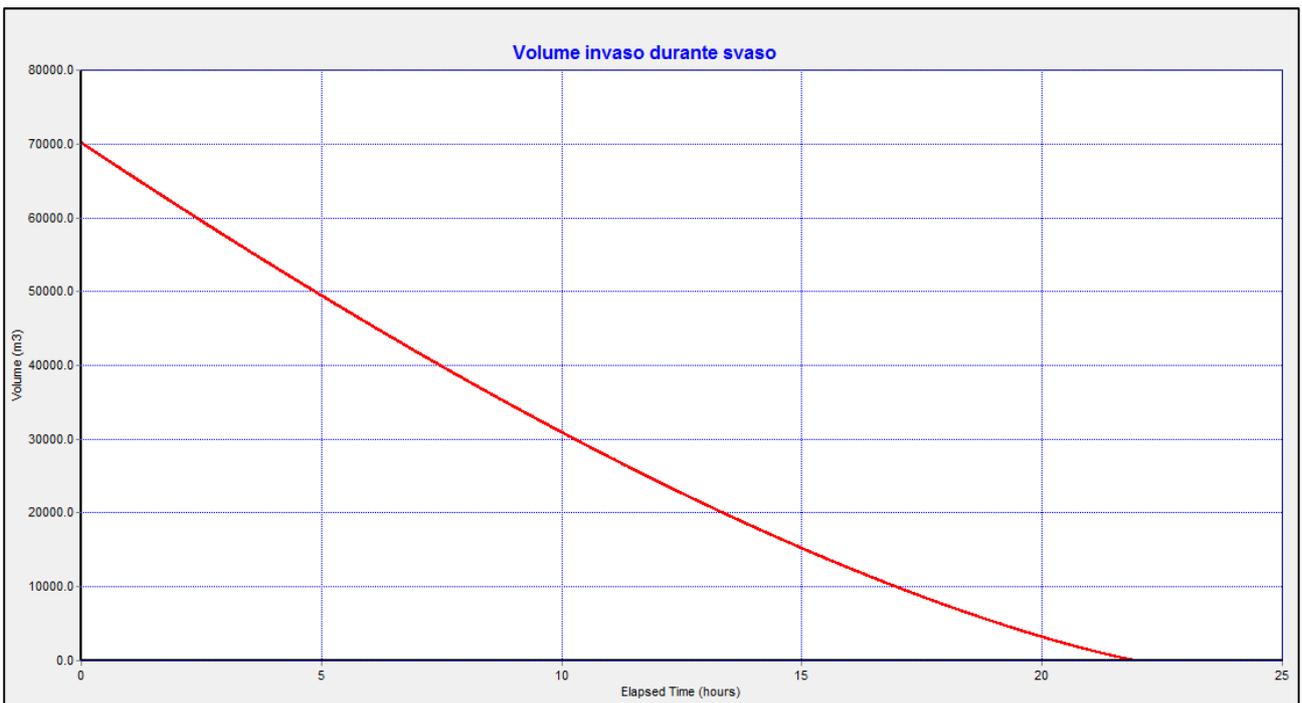


Figure 13: Volume dell'invaso durante lo svuotamento tramite scarico di fondo.

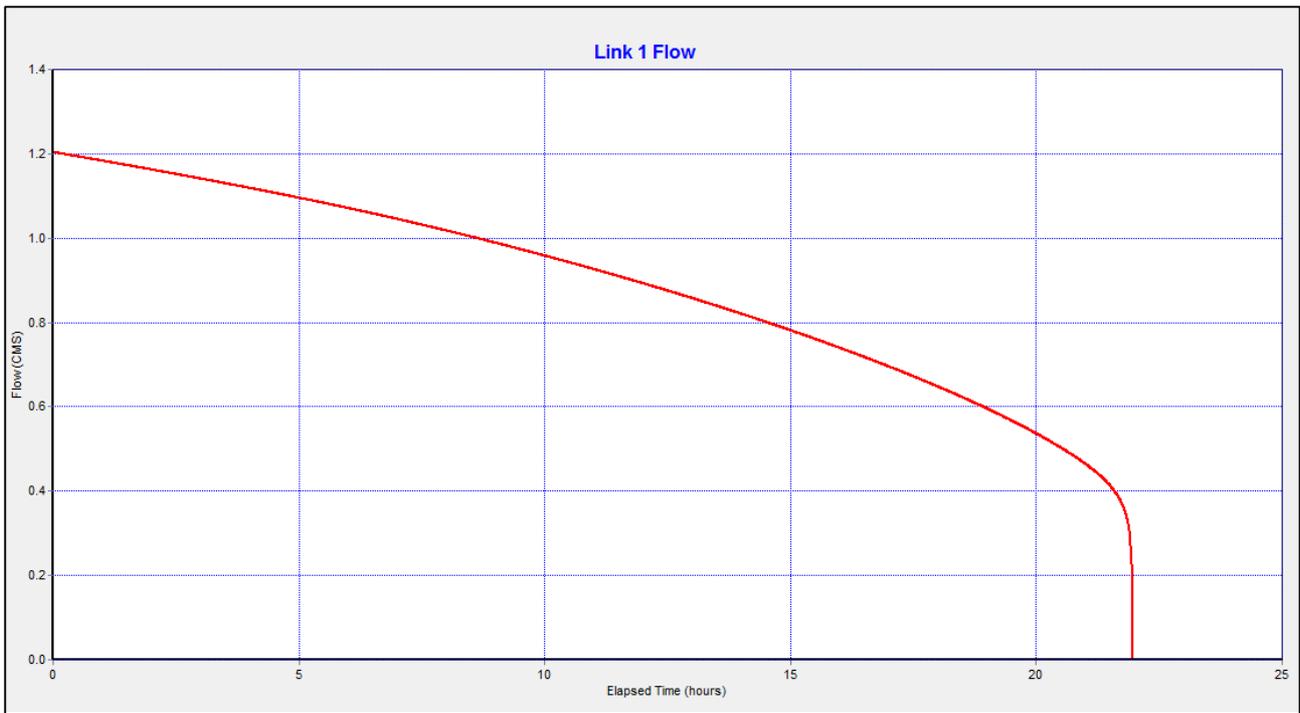


Figure 14: Portata dallo scarico di fondo durante lo svaso.

Il battente massimo che si ha sullo scarico di fondo è di circa 8m mentre la portata massima scaricata è di circa 1.2 mc/s.

Lo scarico di fondo rimarrà aperto durante tutte le successive lavorazioni sino al ripristino funzionale dell'invaso.

5.2 Verifica evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto

Con lo svuotamento, la messa fuori servizio e lo scarico di fondo aperto, occorre verificare il comportamento dell'invaso in corrispondenza di eventi di con tempo di ritorno di 1000 anni e per diversa durata al fine di individuare la situazione più critica.

Le portate di progetto sono riportate nell'allegato 2 mentre nella tabella sottostanti sono indicati i picchi di massima piena.

TR 1000 ANNI									
durata pioggia	10 min	20 min	30 min	45 min	1 ora	3 ore	9 ore	12 ore	24 ore
	Q (m ³ /s)								
Portata max	4.1	6.0	5.7	4.7	4.0	1.9	0.9	0.8	0.5

Tabella 8: Portate di massima piena per TR 1000 anni e diversa durata di pioggia.

In queste condizioni il livello massimo dell'invaso si ha per durate di pioggia di 3h ed è pari a 130.07 m slm. In corrispondenza di questa quota il volume massimo invasato è di 11.250 mc.

Come è possibile notare il livello atteso è più basso di circa 10m dalla quota dello scarico di superficie di progetto.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei risultati della verifica idraulica condotta.

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovralzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	127.6	0	4.1	0	0	0.51	1.24	128.84	2434.55
20 min	127.6	0	6	0	0	0.58	1.58	129.18	4506.23
30 min	127.6	0	5.7	0	0	0.61	1.8	129.4	5999.2
45 min	127.6	0	4.7	0	0	0.65	2.02	129.62	7636.47
1 h	127.6	0	4	0	0	0.67	2.17	129.77	8808.35
3 h	127.6	0	1.9	0	0	0.72	2.47	130.07	11252.88
9 h	127.6	0	0.9	0	0	0.62	1.81	129.41	6094.96
12 h	127.6	0	0.8	0	0	0.58	1.59	129.19	4550.97
24 h	127.6	0	0.5	0	0	0.45	0.96	128.56	1072.37

Tabella 9: Verifica 2 evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto.

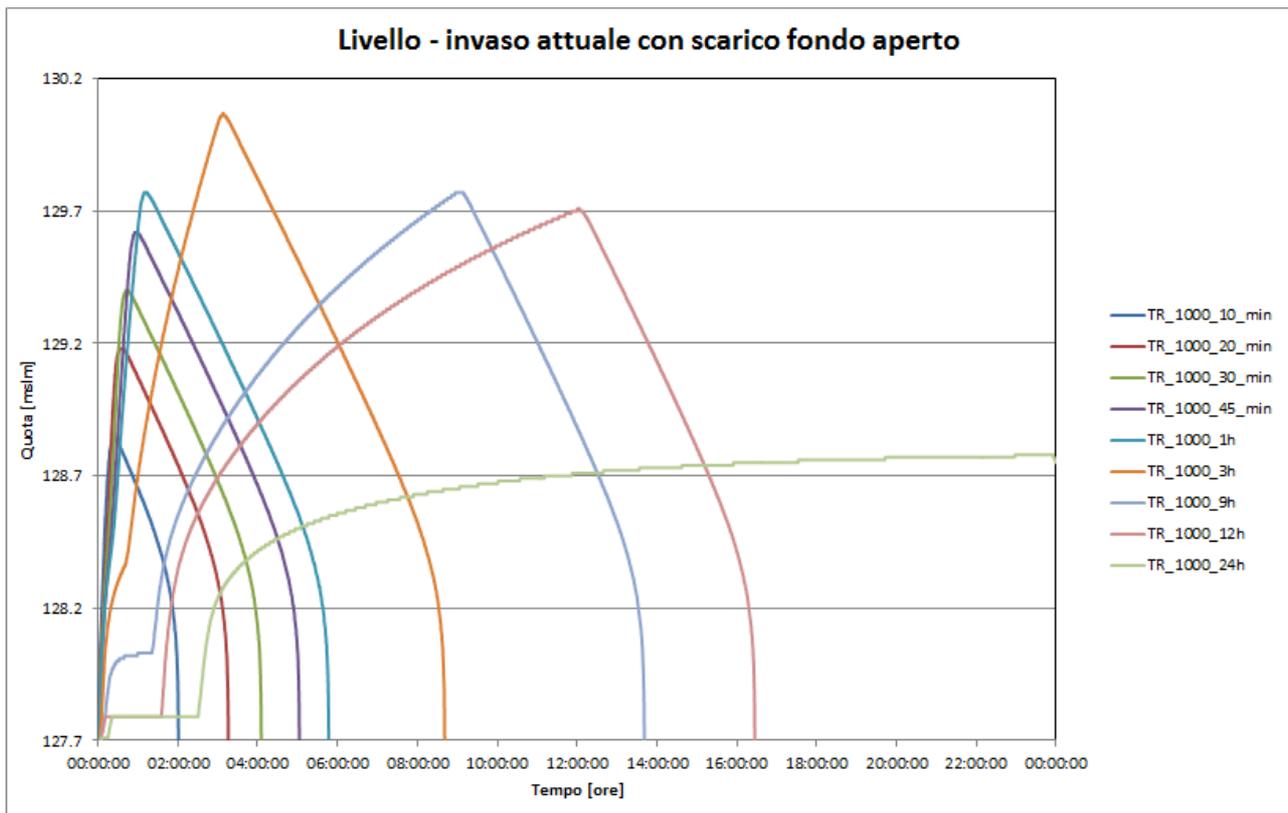


Figure 15: Verifica 2 evento TR 1000 attuale invaso scarico fondo aperto – livelli invaso

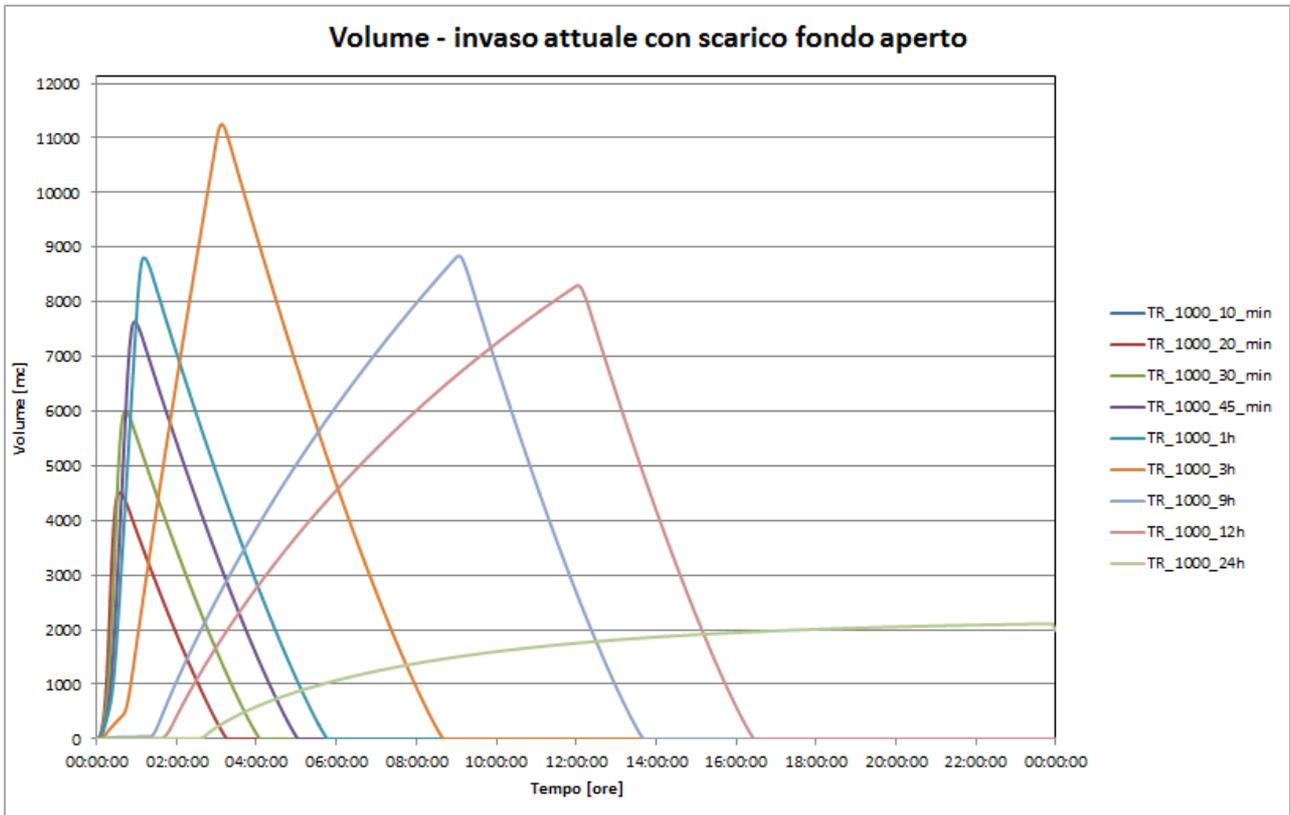


Figure 16: Verifica 2 evento TR 1000 attuale invaso scarico fondo aperto – volume invaso

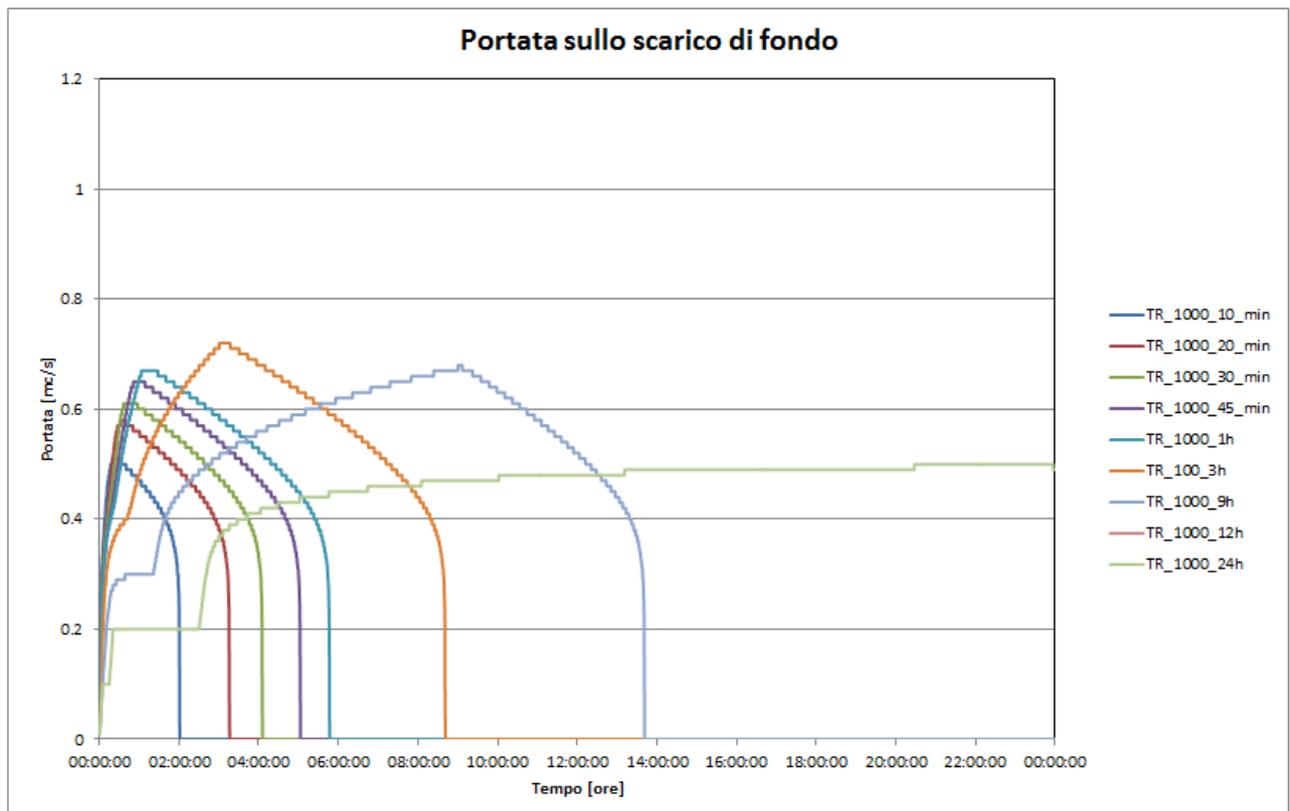


Figure 17: Verifica 2 evento TR 1000 attuale invaso fondo aperto – portata scarico di fondo

5.3 Verifica evento TR 1000 anni con invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto

Il progetto procederà per stralci, ed è previsto prima l'abbassamento della quota del coronamento e solo successivamente la sistemazione definitiva dell'invaso.

Occorre verificare il funzionamento dell'invaso a seguito dello scavo, con lo scarico di fondo aperto e l'evento con tempo di ritorno di 1000 anni.

Lo scavo interesserà sia la sommità del coronamento sia il piede ricostruito come la tura al paramento di monte. Tale rimodellazione permette di aumentare la capacità d'invaso; infatti alla quota di progetto attualmente il volume invasato è di circa 210.000 mc mentre a seguito delle operazioni di scavo il volume di progetto è di circa 370.000 mc con un incremento di volume di circa 160.000 mc.

L'aumento della capacità d'invaso nella fase transitoria non può che rappresentare una maggiore tutela dal punto di vista idraulico per la gestione delle piene con scarico di fondo aperto.

In queste condizioni il livello massimo dell'invaso si ha per durate di pioggia di 3h ed è pari a 129.10 m slm. In corrispondenza di questa quota il volume massimo invasato è di 13000 mc.

In questa configurazione l'invaso scavato garantisce un livello di circa 1m più basso rispetto alla situazione precedente allo scavo.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei risultati della verifica idraulica condotta.

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovrizzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	127.6	0	4.1	0	0	0.33	0.52	128.12	2723.02
20 min	127.6	0	6	0	0	0.4	0.77	128.37	4900.9
30 min	127.6	0	5.7	0	0	0.44	0.94	128.54	6484.88
45 min	127.6	0	4.7	0	0	0.48	1.1	128.7	8261.69
1 h	127.6	0	4	0	0	0.5	1.21	128.81	9577.15
3 h	127.6	0	1.9	0	0	0.56	1.47	129.07	13093.81
9 h	127.6	0	0.9	0	0	0.55	1.47	129.07	13010.65
12 h	127.6	0	0.8	0	0	0.56	1.49	129.09	13265.03
24 h	127.6	0	0.5	0	0	0.47	1.05	128.65	7649.21

Tabella 10: Verifica 3 evento TR 1000 anni, invaso scavato e scarico aperto.

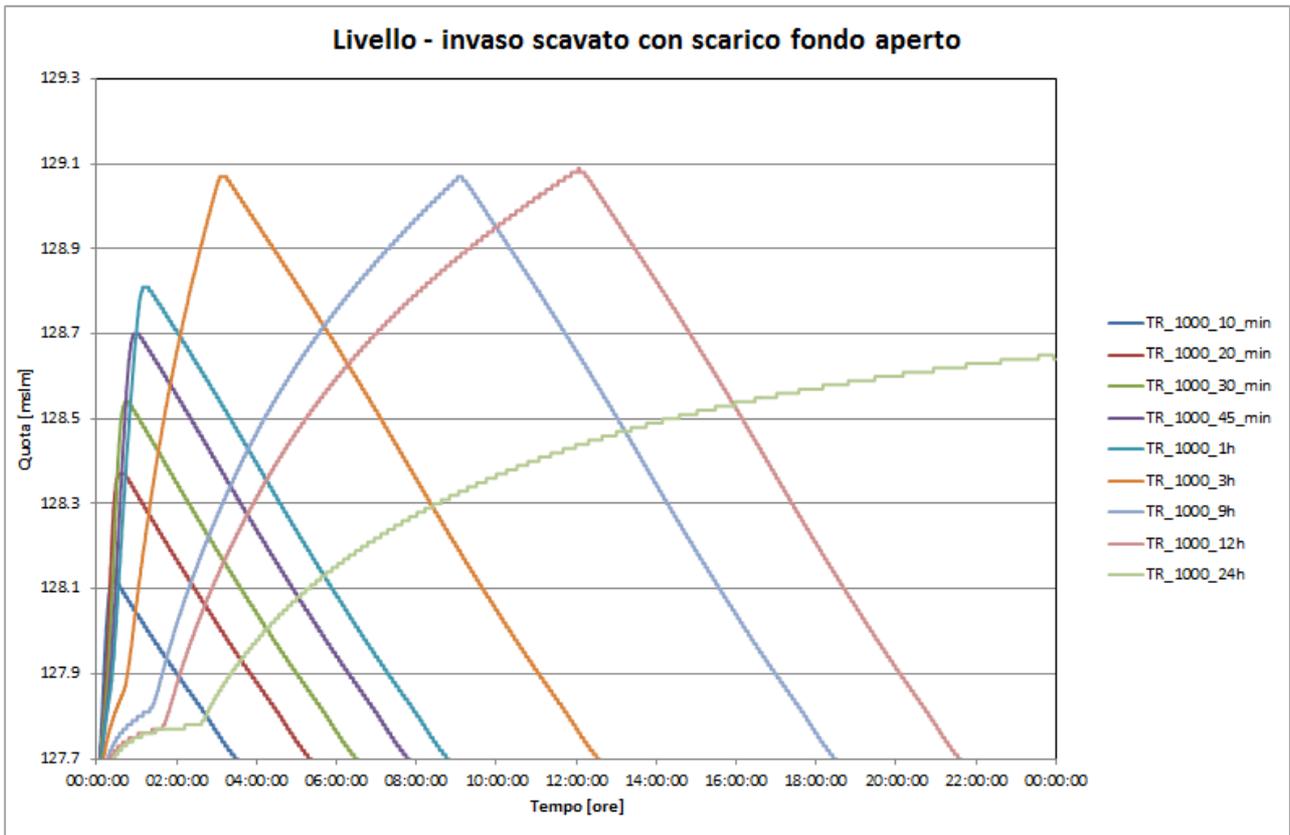


Figure 18: Verifica 3 evento TR 1000 invaso scavato scarico fondo aperto – livelli invaso

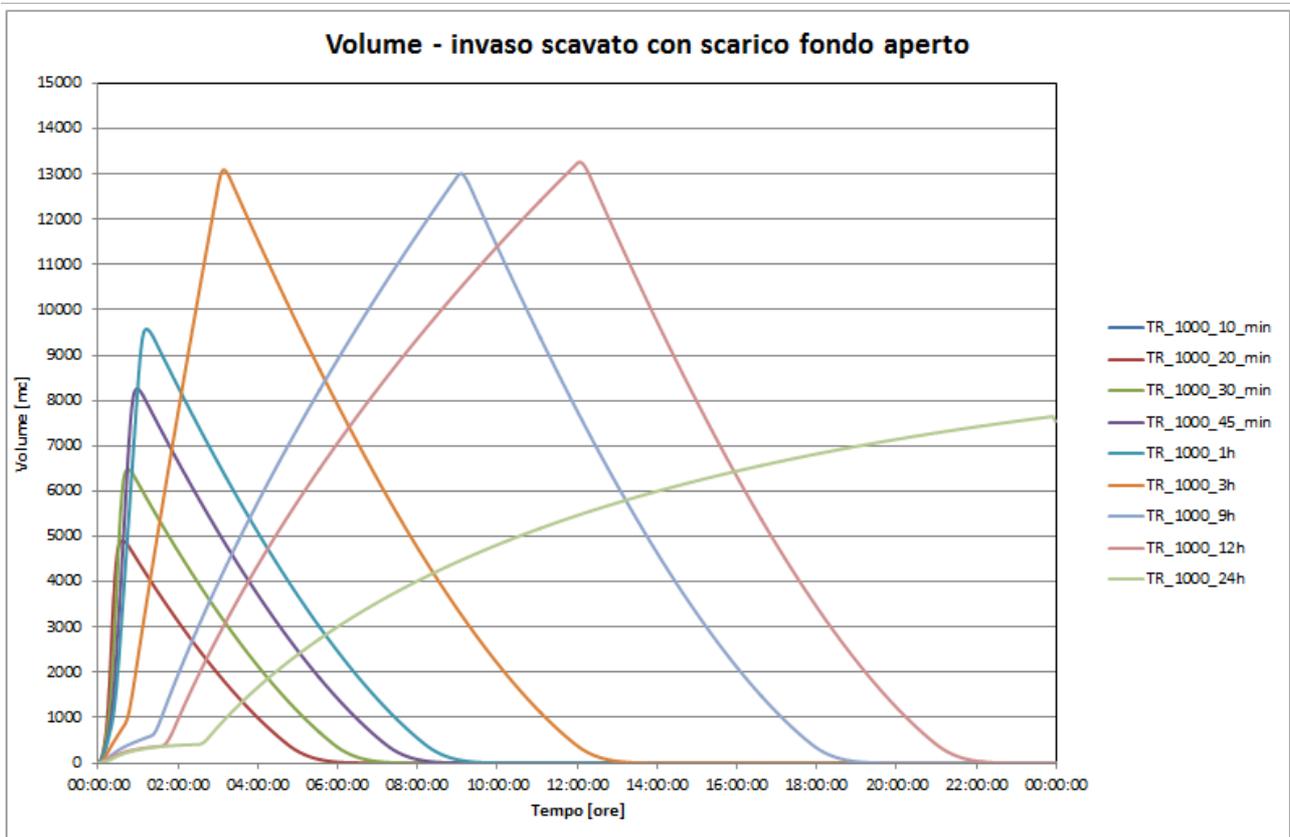


Figure 19: Verifica 3 evento TR 1000 invaso scavato scarico fondo aperto – volume invaso

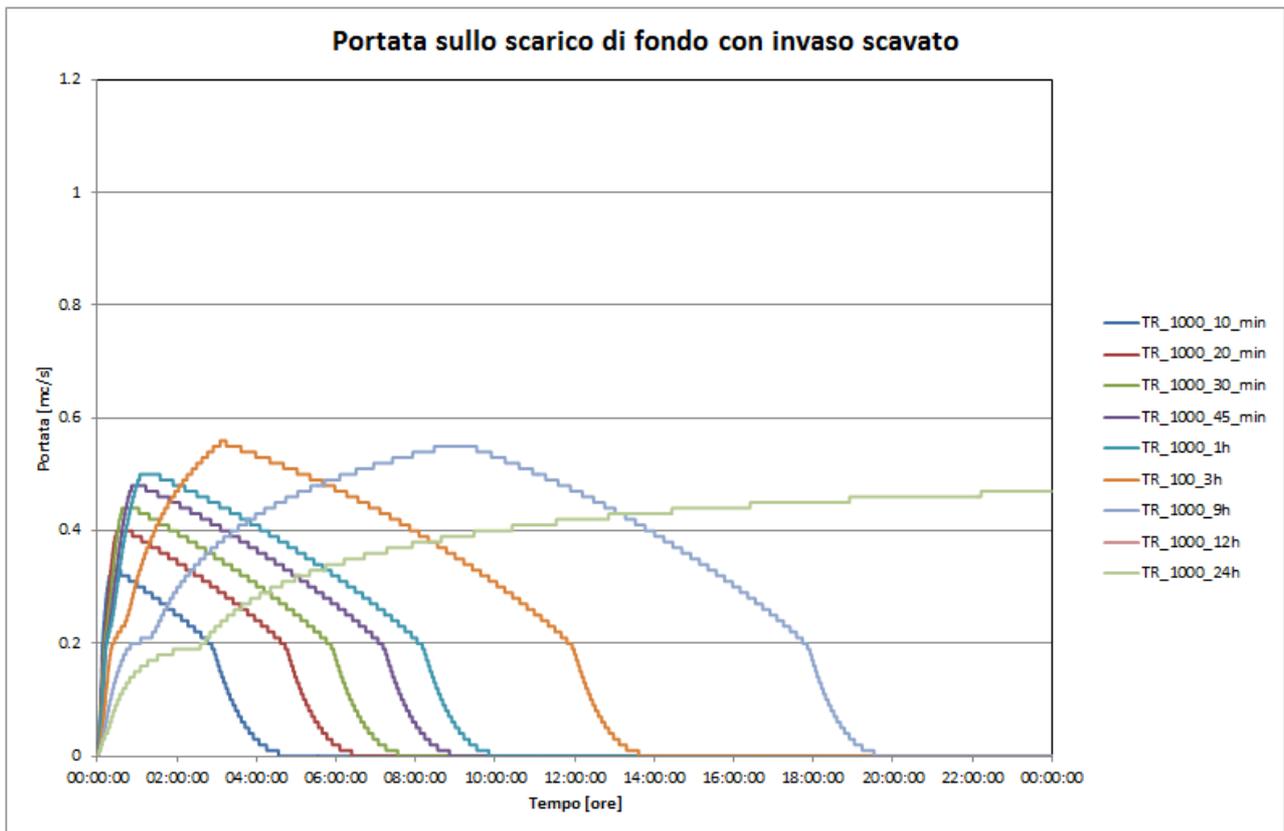


Figure 20: Verifica 3 evento TR 1000 invaso scavato scarico fondo aperto – portata scarico di fondo

5.4 Verifica evento TR 3000 anni con invaso di progetto

La fase finale dell'intervento, che è oggetto del presente progetto preliminare, prevede la sistemazione definitiva dell'invaso con le seguenti caratteristiche:

- Il coronamento portato alla quota 143m, sul lato di monte che viene impermeabilizzato e rivestito con massi, mentre su quello di valle viene ripristinata la copertura con terreno vegetale.
- La realizzazione del nuovo scarico di superficie delle dimensioni analoghe alle attuali ma con quota di 140m s.l.m. (larghezza 10.5m e altezza dei muri laterali di 3m).
- La sistemazione della viabilità d'accesso all'invaso;

E' stata inoltre condotta una verifica idraulica per l'intera piena al fine di valutare l'effetto di laminazione dell'invaso.

In realtà l'invaso è caratterizzato, sulla base della nuova curva di riempimento, da un'elevata capacità di attenuazione dei picchi di piena: come infatti è possibile notare nelle figure di seguito riportate la portata massima sullo sfioro per TR 3000 anni e durata di pioggia di 3h, è di circa 3.05mc/s con una forte riduzione rispetto al picco massimo in ingresso di 6.8mc/s che si ha per durate di pioggia di circa 20m.

Con tali ipotesi, ovvero piena laminata, il battente massimo sullo sfioratore è di circa 31cm.

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovrizzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	140	371575	6.0	0.8	0.79	0	0.13	140.13	378472
20 min	140	371575	7.9	0.8	1.03	0	0.15	140.15	379822
30 min	140	371575	7.12	0.8	1.42	0	0.18	140.18	381788
45 min	140	371575	5.82	0.8	1.89	0	0.22	140.22	383957
1 h	140	371575	4.99	0.8	2.26	0	0.25	140.25	385547
3 h	140	371575	2.73	0.8	3.05	0	0.31	140.31	388650
9 h	140	371575	1.48	0.8	2.24	0	0.25	140.25	385455
12 h	140	371575	1.26	0.8	2.02	0	0.23	140.23	384507
24 h	140	371575	0.85	0.8	1.65	0	0.20	140.20	382872

Tabella 11: Verifica 4 evento TR 3000 anni, invaso di progetto.

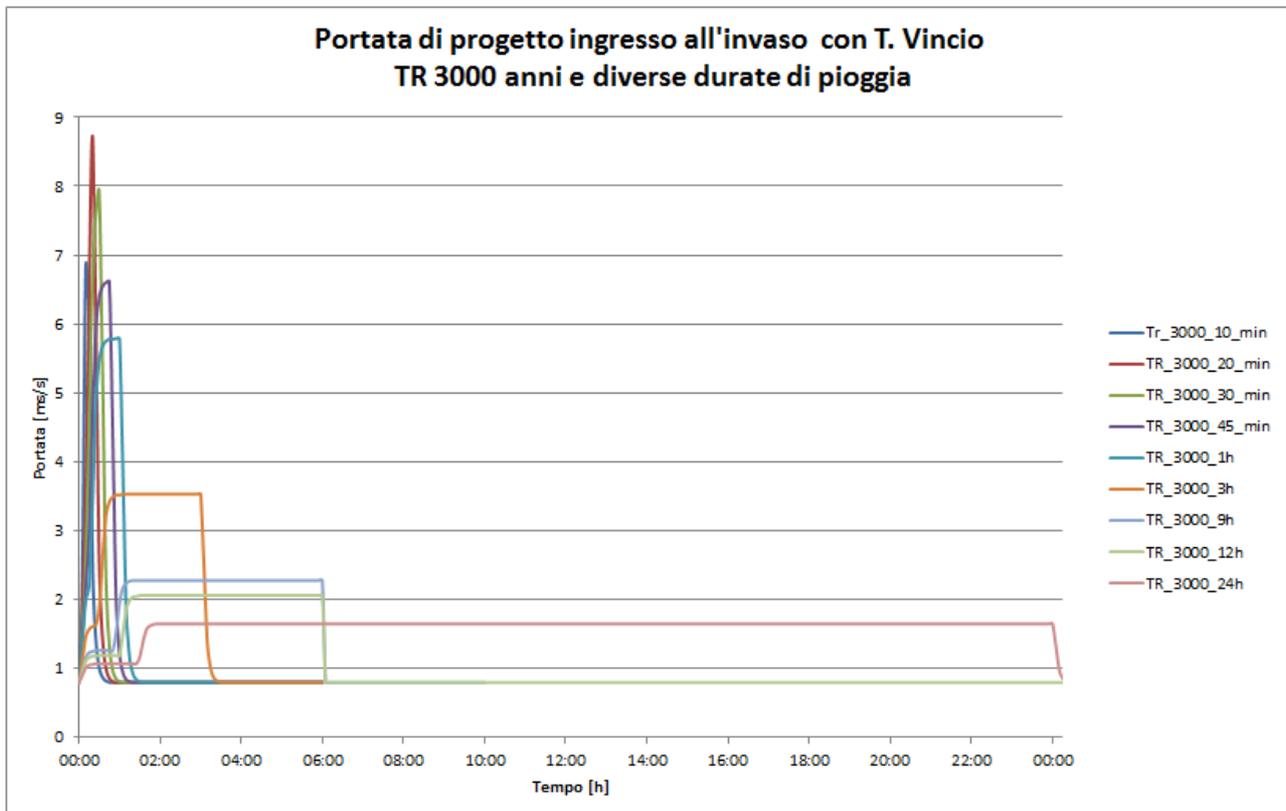


Figure 21: Verifica 4 TR 3000 anni, invaso di progetto portata in ingresso all'invaso con T. Vincio

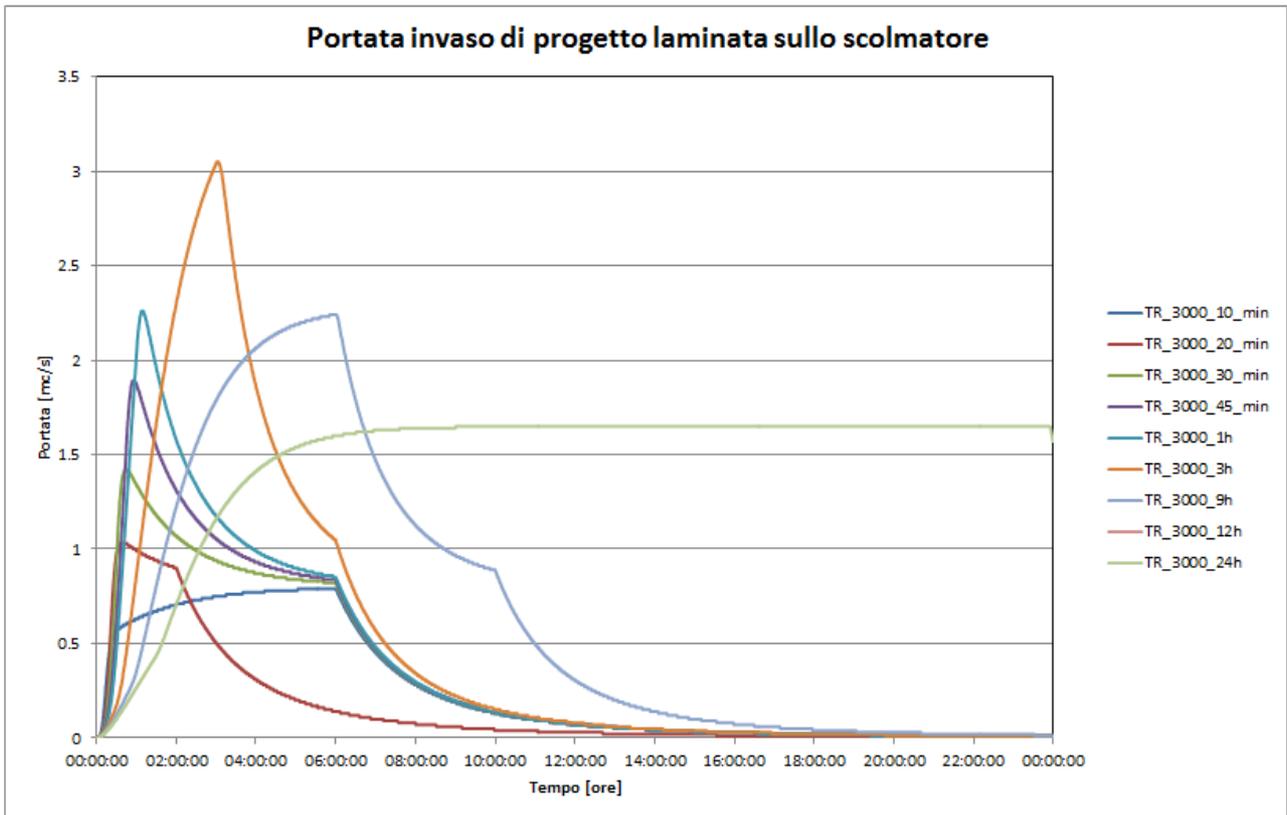


Figure 22: Verifica 4 TR 3000 anni, invaso di progetto portata sullo scolmatore laminata

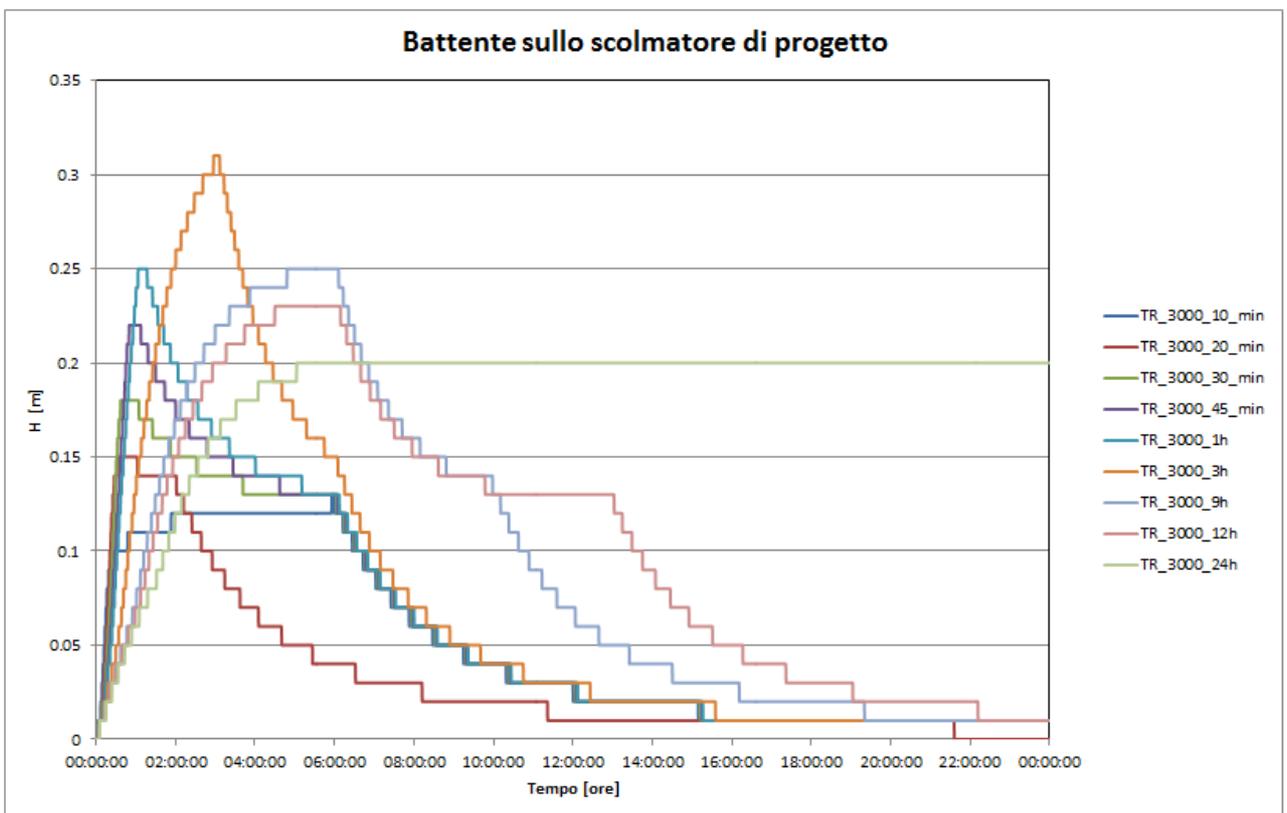


Figure 23: Verifica 4 TR 3000 anni, invaso di progetto battente sullo sfioratore

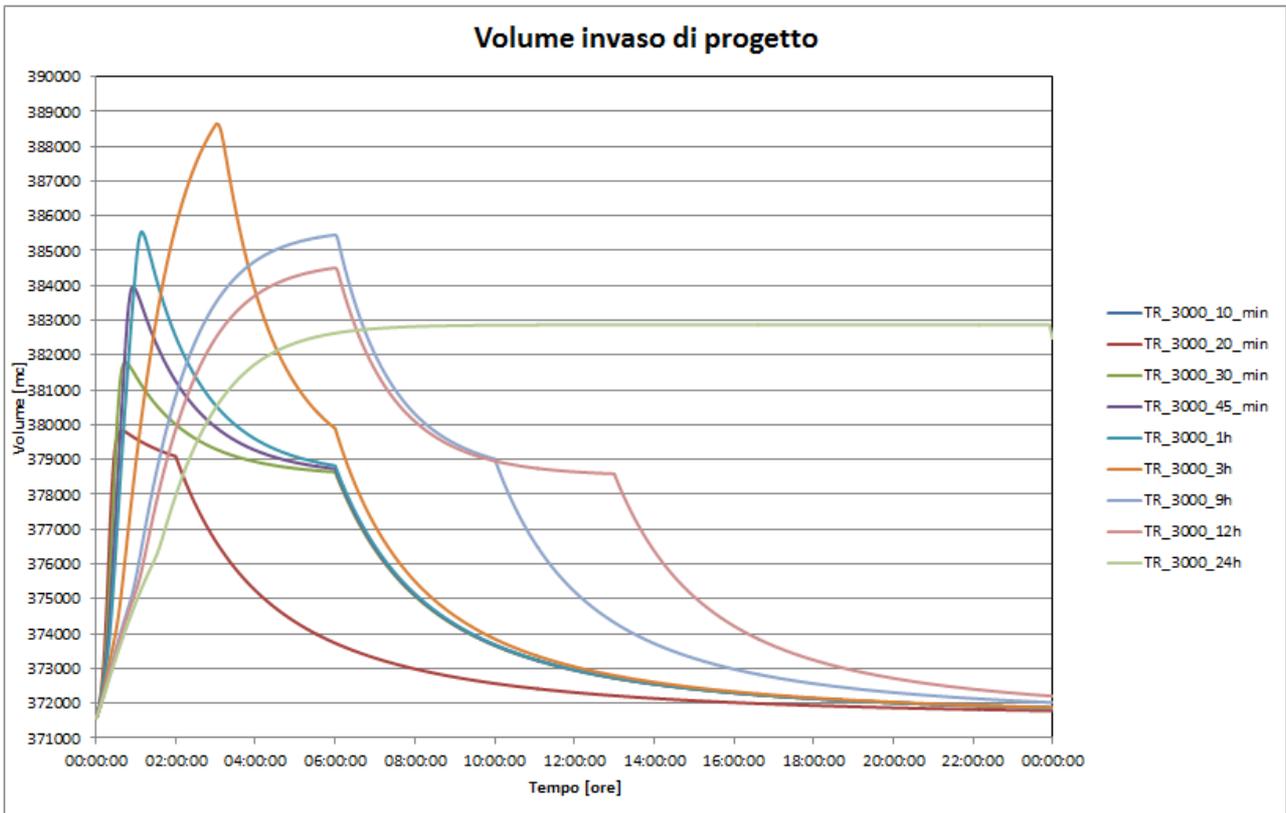


Figure 24: Verifica 4 TR 3000 anni, invaso di progetto - volume invasato

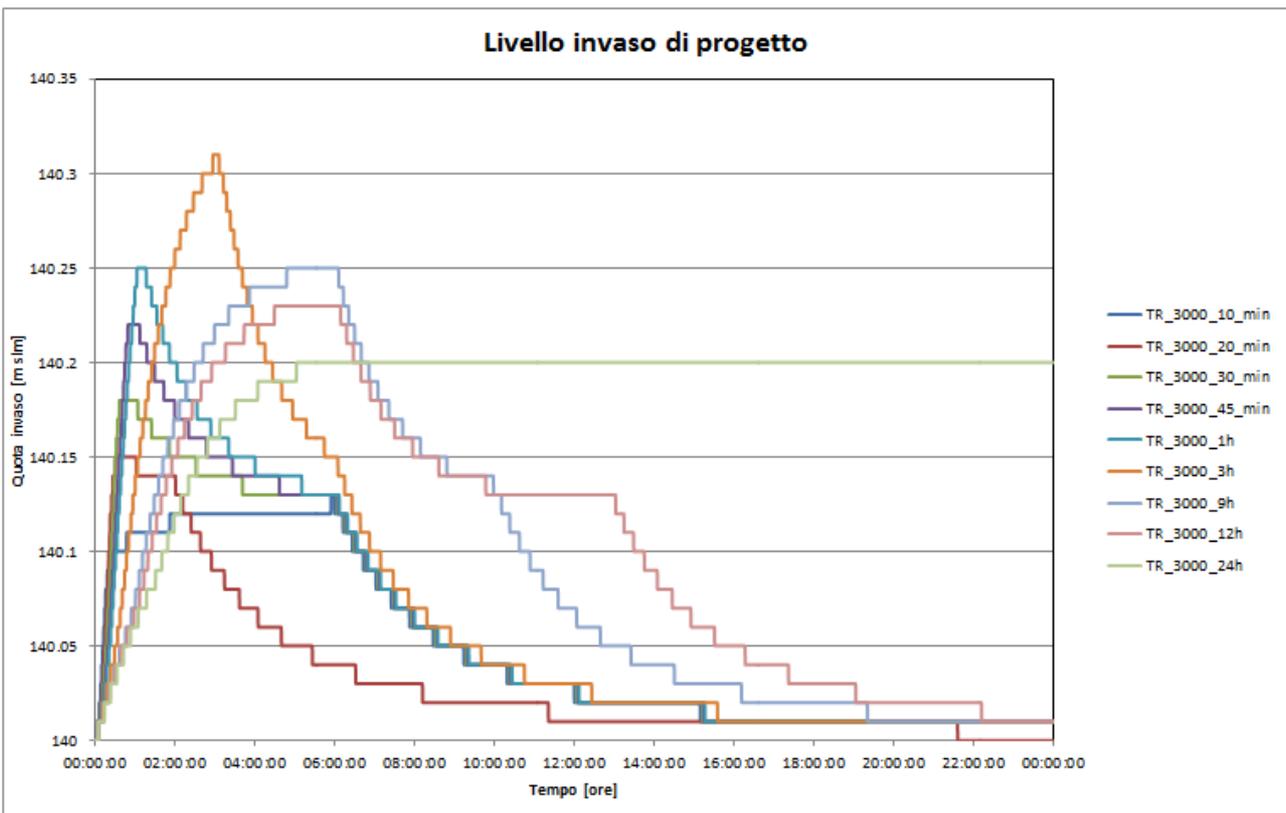


Figure 25: Verifica 4 TR 3000 anni invaso di progetto - livello invaso

La modellazione dello sfioratore è stata eseguita mediante la formulazione dello sfioro in parete grossa secondo la seguente espressione;

$$Q = 1.705 * B * H * \sqrt{H}$$

I risultati con la larghezza dello sfioro fissata a 10.5m e la portata laminata di 3,05mc/s, danno un battente d'acqua sullo sfioratore di circa 31cm per durate di pioggia di 3 ore.

5.5 Verifica evento TR 1000 anni con invaso di progetto

E' stata condotta una verifica idraulica come al punto precedente anche per l'evento di piena con tempo di ritorno di 1000 anni con le stesse condizioni al contorno.

Con tali ipotesi, ovvero piena laminata, il battente massimo sullo sfioratore è di circa 31cm.

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovrizzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	140	371575	4.1	0.8	0.78	0	0.12	140.12	378420
20 min	140	371575	6.0	0.8	0.78	0	0.12	140.12	378395
30 min	140	371575	5.7	0.8	1.04	0	0.15	140.15	379851
45 min	140	371575	4.7	0.8	1.41	0	0.18	140.18	381738
1 h	140	371575	4.0	0.8	1.7	0	0.21	140.21	383093
3 h	140	371575	1.9	0.8	2.23	0	0.25	140.25	385396
9 h	140	371575	0.9	0.8	1.7	0	0.21	140.21	383080
12 h	140	371575	0.8	0.8	1.6	0	0.20	140.20	382638
24 h	140	371575	0.5	0.8	1.3	0	0.17	140.17	381200

Tabella 12: Verifica 5 evento TR 1000 anni, invaso di progetto.

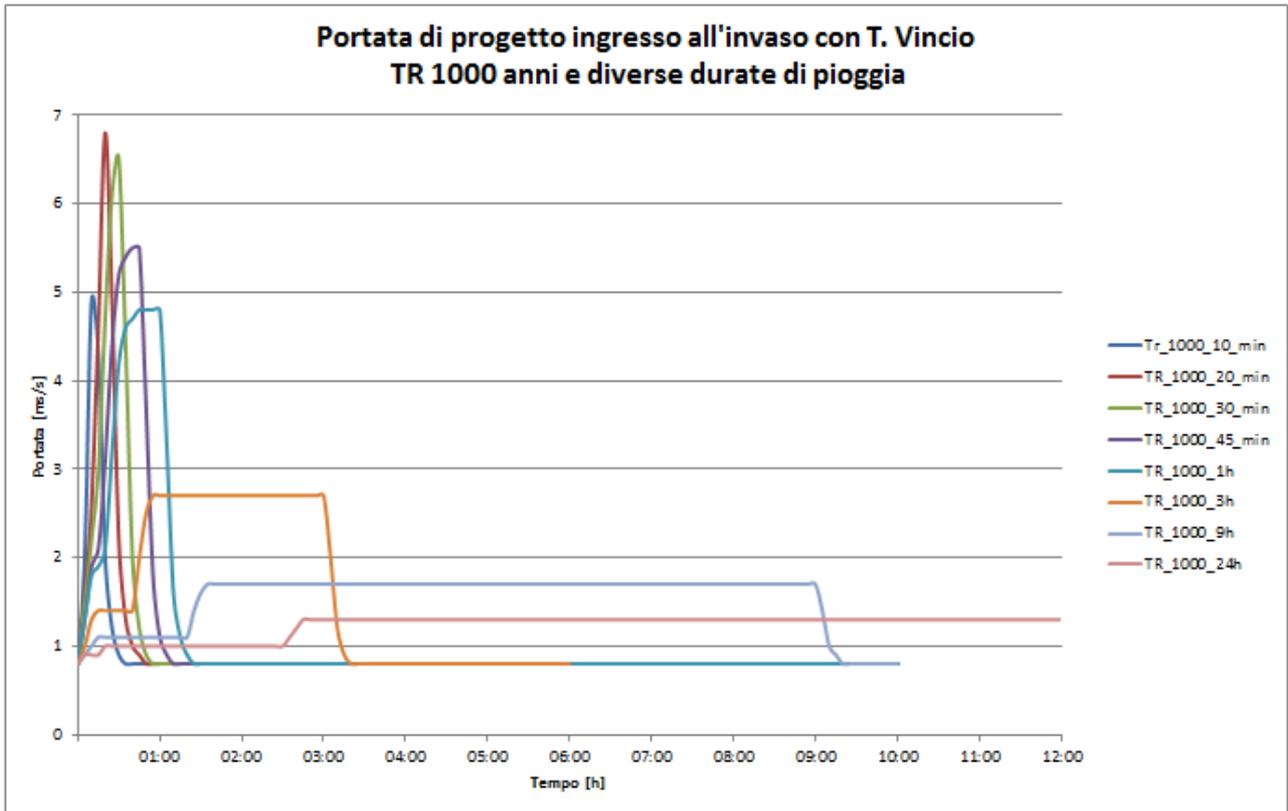


Figure 26: Verifica 5 TR 1000 anni, invaso di progetto portata in ingresso all'invaso con T. Vincio

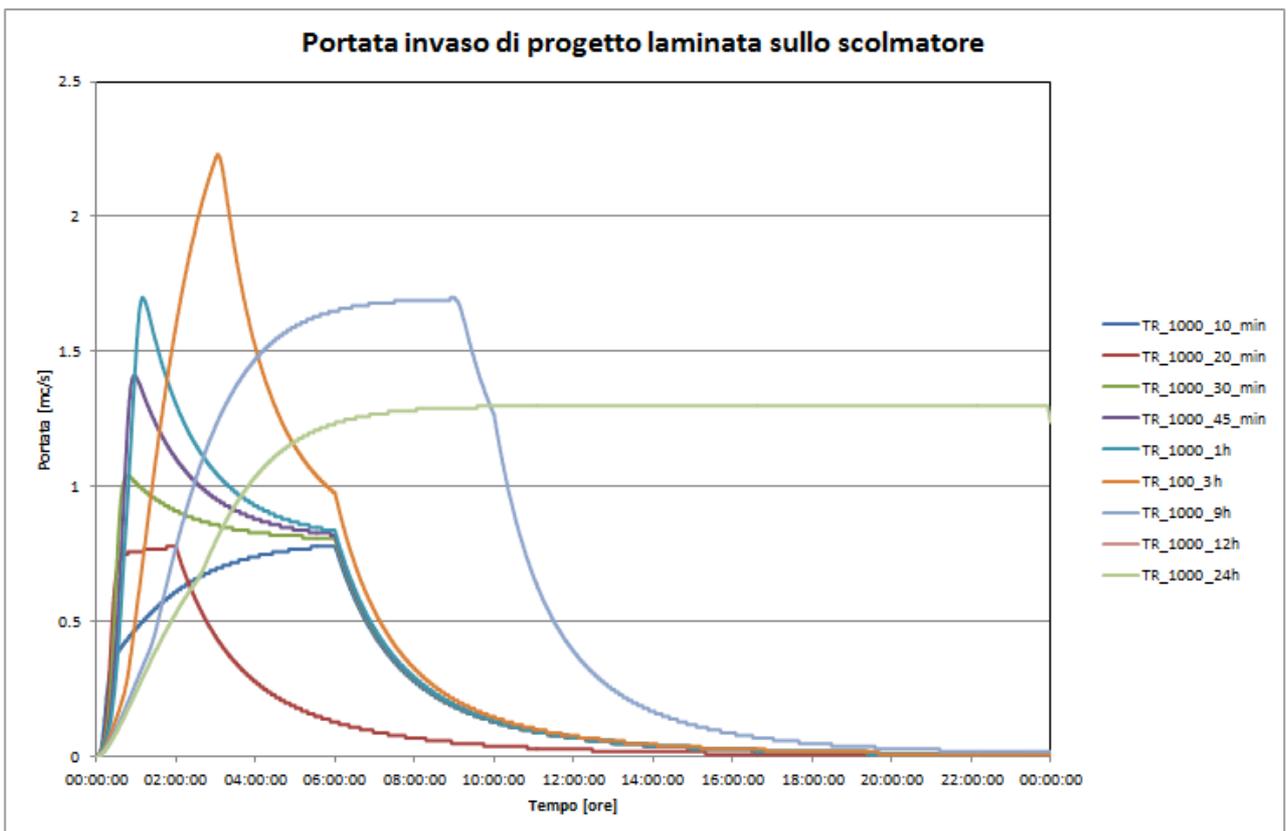


Figure 27: Verifica 5 TR 1000 anni, invaso di progetto portata sullo scolmatore laminata

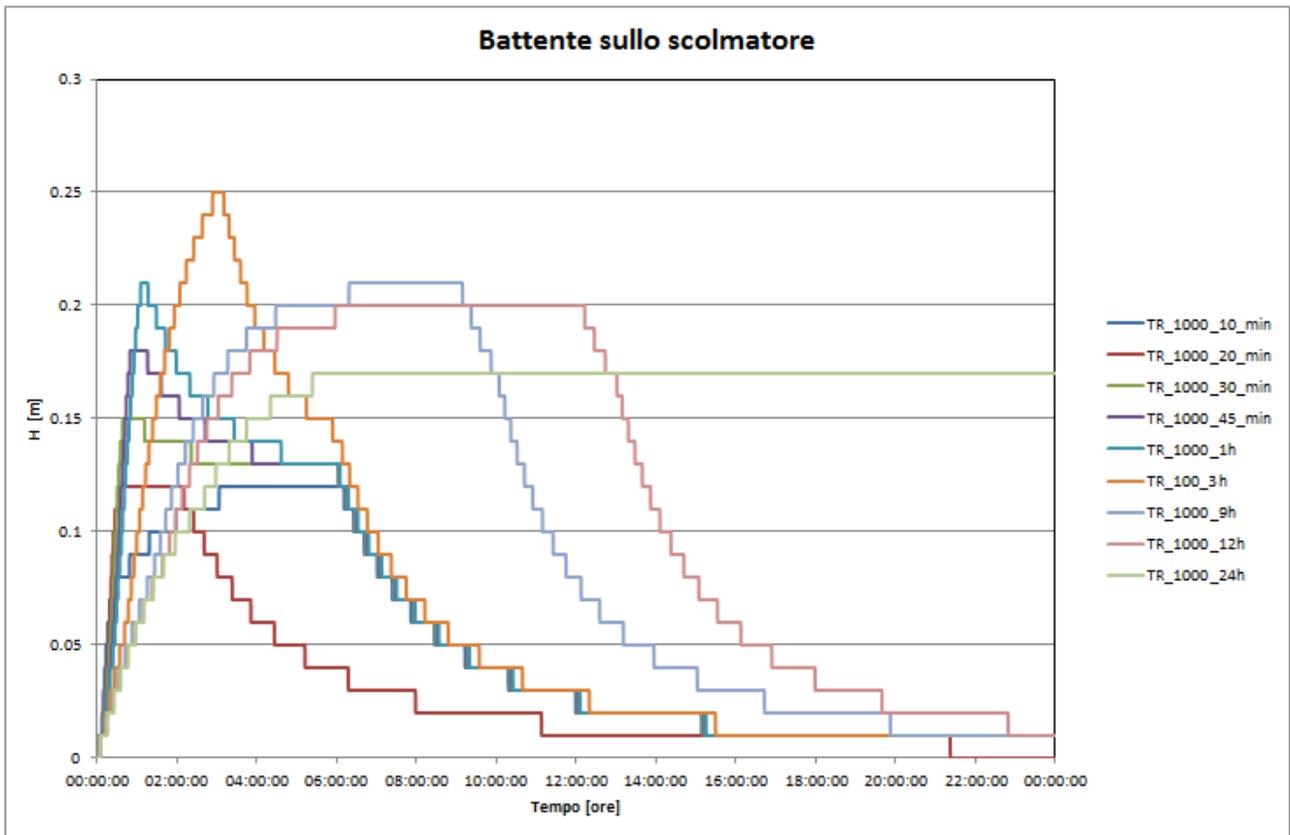


Figure 28: Verifica 5 TR 1000 anni, invaso di progetto battente sullo sfioratore

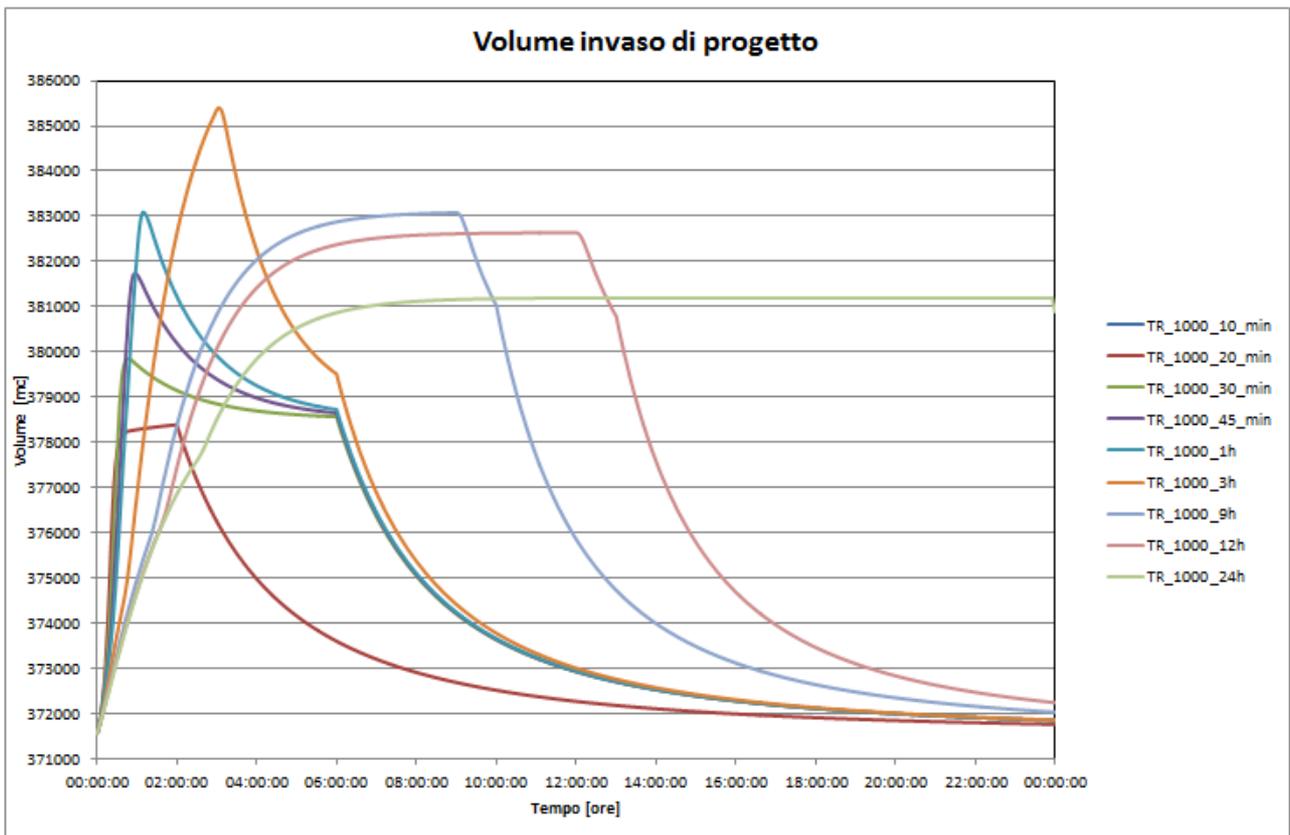


Figure 29: Verifica 5 TR 1000 anni, invaso di progetto - volume invaso

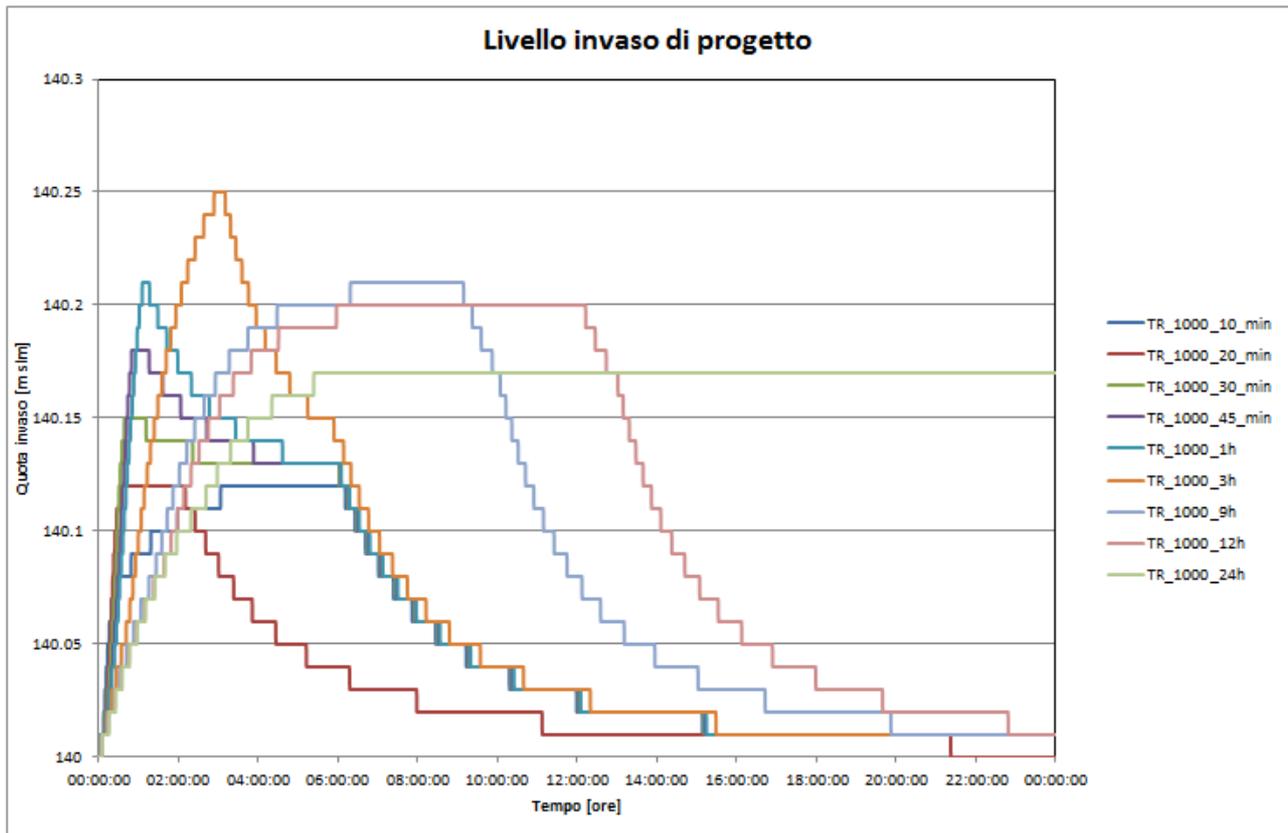


Figure 30: Verifica 5 TR 1000 anni invaso di progetto - livello invaso

6 Il franco idraulico

Il calcolo del franco idraulico è stato sviluppato in considerazione sia del D.M. 44 del 24/03/1982, sia della proposta di aggiornamento delle norme tecniche di cui al Voto n.204/2009 reso dalla Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. del 18 dicembre 2009.

6.1 Calcolo del franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982

Si riporta di seguito il calcolo del franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982

<i>Franco di progetto</i>			
quota soglia di progetto prima ipotesi (m s.l.m.)	140.00		
massimo sovrizzo idraulico calcolato con TR 1000 anni (m)	0.25		
quota di massimo invaso di progetto (m s.l.m.)	140.25		
quota del coronamento di progetto (m s.l.m.) (*1)	143.00		
franco di progetto	2.75		
SCHEMA di calcolo per interpolazione del franco netto minimo prescritto, di cui al punto H.4 della norma	inf	sup	var
altezza diga (m)	15.00	30.00	24.80
franco netto minimo (m)	1.50	2.50	2.15
SCHEMA di calcolo per l'incremento del franco per effetto del sisma	inf	sup	var
altezza diga (m)	15.00	30.00	24.80
franco netto minimo di regolamento (m)	0.30	0.70	0.56

franco netto minimo (m)	2.15
incremento del franco in zona simica (m)	0.56
sovralzo semiampiezza per vento (vento 60 km/h - Fetch 1 km) e run-up (m)	0.32
franco minimo calcolato (m)	3.03

Tabella 13: Calcolo franco idraulico ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982.

Come è possibile notare il franco richiesto per TR 1000 anni risulta di 3.03m mentre quello disponibile di 2.75m. Il rispetto della norma sopra riportata impone di portare la quota di coronamento dall'attuale 140m slm alla quota di 140.28m slm.

La larghezza minima richiesta per il coronamento (riportata al punto H.4 e H.6 della norma) risulta di 5.43m mentre quella di progetto di 6m.

6.2 Calcolo del franco conforme alla proposta di aggiornamento delle norme tecniche di cui al Voto n.204/2009 reso dalla Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. del 18 dicembre 2009

Il franco netto è stato calcolato sulla base anche del contenuto del testo relativo alla “*Proposta di aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*” il quale prevede valori tabellati con un minimo di 1.5m per le dighe in materiali sciolti di 15m, sino a un massimo di 3.5m per invasi di 90m o oltre. Per valori intermedi di altezza il valore del franco netto viene interpolato.

Al franco di sicurezza si va ad aggiungere la componente relativa alle onde da vento e da sisma sul serbatoio, per ottenere il franco netto.

Nel caso di studio il franco netto necessario, risulta per l'altezza della diga di 24.8m, pari a 1.76m (interpolato secondo la tabella del paragrafo C.1 della *Proposta di aggiornamento delle norme tecniche*) al quale si aggiungono 5 mm moltiplicati per l'altezza della diga e quindi complessivi ulteriori 12cm per cedimento del terreno dovuto all'assestamento al termine della costruzione della diga e per azioni sismiche.

La semi ampiezza dell'onda massima prevista in accordo con i contenuti della Proposta di aggiornamento è di circa 13cm. (onda 10cm con vento 80 km/h e fetch 1 km); il run-up è stato stimato nel valore di 3cm.

Si considera un pacchetto di sottofondo stradale di 20cm.

Il franco lordo minimo così determinato è pari a $(1.76+0.12+0.13+0.2)$ 2.22m (arrotondato per eccesso).

Si riporta di seguito lo schema del calcolo del franco.

<i>Franco di progetto</i>			
quota soglia di progetto prima ipotesi (m s.l.m.)			140.00
massimo sovrizzo idraulico calcolato con TR 3000 anni (m)			0.31
quota di massimo invaso di progetto (m s.l.m.)			140.31
quota del coronamento di progetto (m s.l.m.) (*1)			143.00
franco di progetto			2.69
<i>Franco minimo calcolato di cui alla proposta di aggiornamento delle norme tecniche (Voto Cons.Sup.LL.PP. n.204/2009)</i>			
SCHEMA di calcolo per interpolazione del franco netto minimo prescritto, di cui al punto C.1 della proposta di aggiornamento delle norme tecniche	inf	sup	var
altezza diga (m)	15.00	90.00	24.80
franco netto minimo (m)	1.50	3.50	1.76
franco netto minimo (m)	1.76		
cedimento x consolidazione e cedimento sismico (m)	0.12		
sovrizzo semiampiezza per vento (vento 80 km/h - Fetch 1 km) e run-up (m)	0.13		
spessore delle sovrastrutture stradali (sottofondi e cassonetti) (m)	0.20		
franco minimo calcolato (m)	2.22		

Tabella 14: Calcolo franco idraulico ai sensi della proposta di aggiornamento delle norme tecniche..

Con le ipotesi progettuali assunte la differenza di quota tra il coronamento (143 m slm) e il livello di massimo invaso (140.31 m slm) è pari a 2.69m (>2.22m).

La larghezza minima richiesta per il coronamento (riportata al punto E.7 della norma) risulta di 4m mentre quella di progetto di 6m.

6.3 La scelta della quota del coronamento

Sulla base di quanto sopra riportato i due metodi di calcolo utilizzati portano a franchi di sicurezza molto differenti (2.22m per la proposta di aggiornamento delle norme e 3.03m per DM 44/1982).

La prima ipotesi di quota del coronamento adottata è stata di 140m slm la quale comporta un franco di progetto di 2.69m (quindi superiore a 2.22m per 47cm) con il metodo di calcolo proposto dall'aggiornamento delle norme, mentre un franco insufficiente per 28cm (3.03m-2.75m) nel caso della norma del DM 44/1982.

Tenendo conto delle esigenze del gestore per l'approvvigionamento idrico e quelle per reperire terre per la realizzazione delle casse d'espansione dei Laghi Primavera, la norma del DM 44/1982 potrà essere rispettata innalzando il coronamento a 140.28m slm limitando gli scavi sino a tale quota.

6.4 La verifica del canale a valle dell'invaso.

E' stata condotta una verifica idraulica in moto permanente del canale scolmatore a valle dell'invaso con la portata di picco laminata di 3.05mc/s.

Si prevede di suddividere in tratto con le seguenti tipologie d'intervento:

- Canale scolmatore per un tratto di circa 100m con una pendenza dell'1% larghezza di 10.5 e muri di contenimento del versante laterali di altezza pari a 3;
- Tratto a valle del canale caratterizzato da elevata pendenza della lunghezza d circa 250m realizzato con massi al fondo per la larghezza di 2m e due ordini di gabbioni con una larghezza in sommità pari a 3m e altezza utile di 1.5m;
- Tratto finale di collegamento al reticolo principale caratterizzato di minor pendenza della lunghezza di circa 300m realizzato con sezione trapezia in terra e pendenza delle sponde di 45% con base minore di 2m e base maggiore di 5m e altezza di 1.5.

La verifica condotta riportata nell'allegato 1 mostra come ovunque siano presenti franchi di sicurezza per l'evento di piena con tempo di ritorno di 3000 anni.

7 Sintesi delle caratteristiche principali dell'invaso di progetto

In conclusione a seguito delle verifiche idrauliche condotte è possibile riassumere nella tabella seguente, quelle che sono le caratteristiche principali dell'invaso di progetto e metterle a confronto con quelle dell'invaso attuale.

	Invaso Attuale	Invaso di progetto
Dati principali della diga		
Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	Diga in materiali sciolti con terra omogenea	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	31,9	24,8
Altezza della diga ai sensi del L. 584/1994 [m]	31,9	24,8
Altezza massima ritenuta [m]	23,26	12,71
Quota del coronamento [mslm]	150,06	143,00
Larghezza del coronamento [m]	6	6
Franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,8	2,69
Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,8	2,59
Sviluppo del coronamento [m]	293,5	200
Volume della diga [m ³]	870000	530000
Dati principali del serbatoio		
Quota massimo invasore [mslm] TR 3000 anni	148,26	140,31
Quota massima regolazione [mslm]	147,76	140,00
Quota minima regolazione [mslm]	134	134
Quota minima al piede diga lato monte [mslm]	125,0	127,60
Quota minima al piede diga lato valle [mslm]	118,2	118,2
Volume totale invasore [m ³]	754600	388650

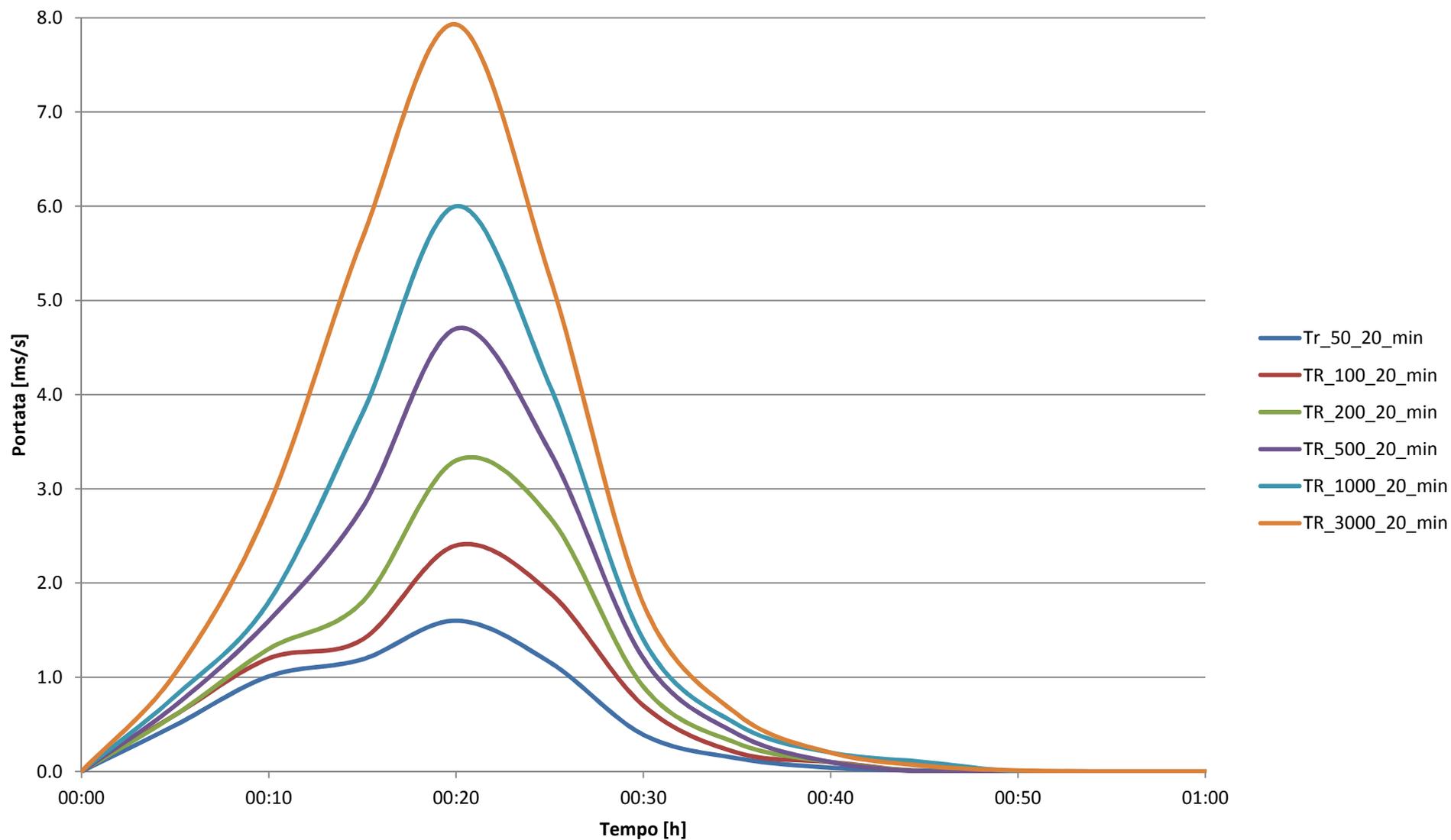
Volume utile di regolazione [m ³]	70785	371575
Volume morto [m ³]	44000	112000
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso [km ²]	0,15	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km ²]	13,0	13,0
Portata di massima piena di progetto [m ³ /s]	6,8 (6,0+0,8)	3,05 (portata TR 3000 laminata)
Portata massima derivazione dal T. Vincio [m ³ /s]	0,8	0,8
Superficie dello specchio liquido alla quota di :		
· massimo invaso [m ²]	77300	55600
· massima regolazione [m ²]	73400	54583
· minima regolazione [m ²]	16985	28195
Pendenze paramento di monte	~2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1	~3/1
Pendenza paramento di valle	~2/1	~3.75/1
Dati principali dello scarico di superficie		
Caratteristiche tipologiche	Soglia grossa rettilinea in sponda destra	Soglia grossa rettilinea in sponda destra
Quota di soglia [mslm]	147,76	140,00
Sviluppo della soglia [m]	10,80	10,50
Portata esitata [m ³ /s]	6,8	3,05
Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m] TR 3000 anni	0,5	0,31
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm] TR 3000 anni	148,26	140,31
Dati principali dello scarico di fondo		
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø450	Tubazione in acciaio Ø450
Quota dell'imbocco [mslm]	126,26	126,26
Portata esitata [m ³ /s]	1,23	0,97
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm]	147,76	140
Dati principali dell'opera di derivazione		
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø400	Tubazione in acciaio Ø400
Quota dell'imbocco [mslm]	134,00	134,00
Portata esitata [m ³ /s]	0,46	0,26
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata	147,76	140

Tabella 15: Sintesi delle principali caratteristiche dell'invaso.

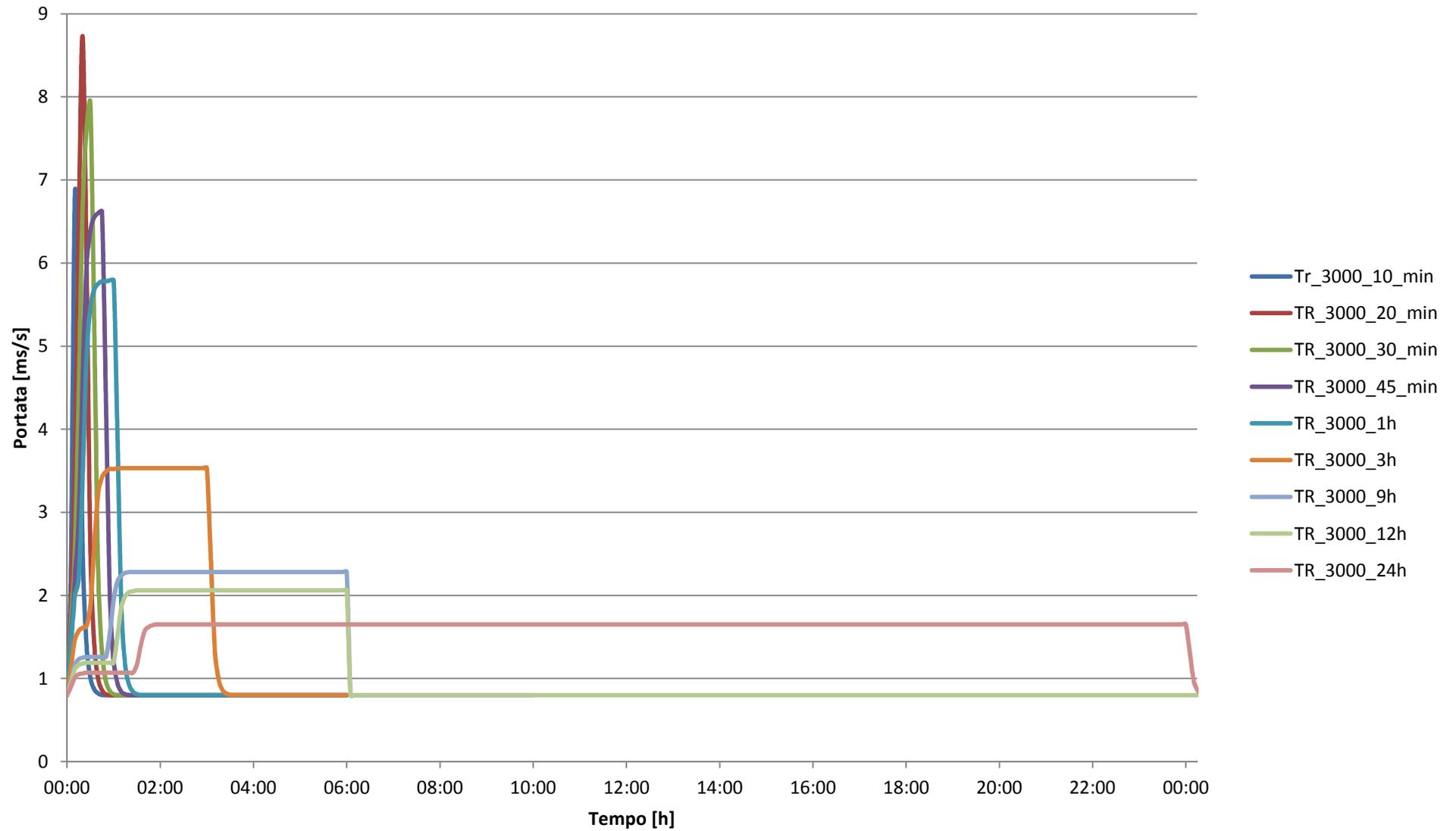
ALLEGATO 1

VERIFICHE IDRAULICHE

Portata di progetto ingresso all'invaso per TR 50, 100, 500, 1000 e 3000 anni e durata di pioggia di 20 min



Portata di progetto ingresso all'invaso con T. Vincio TR 3000 anni e diverse durate di pioggia

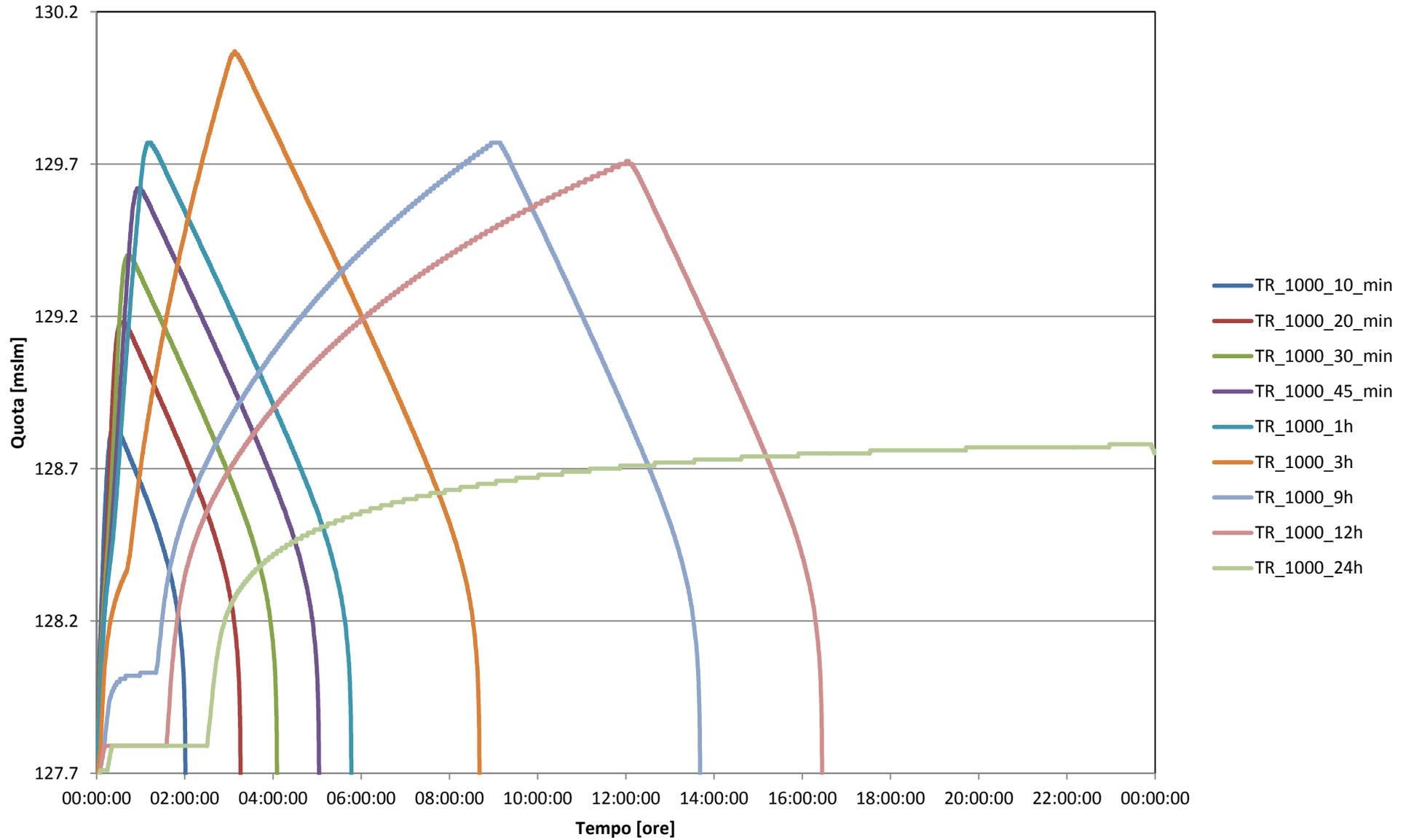


Verifica invaso stato attuale con scarico di fondo aperto per TR 1000 anni e diverse durate di pioggia

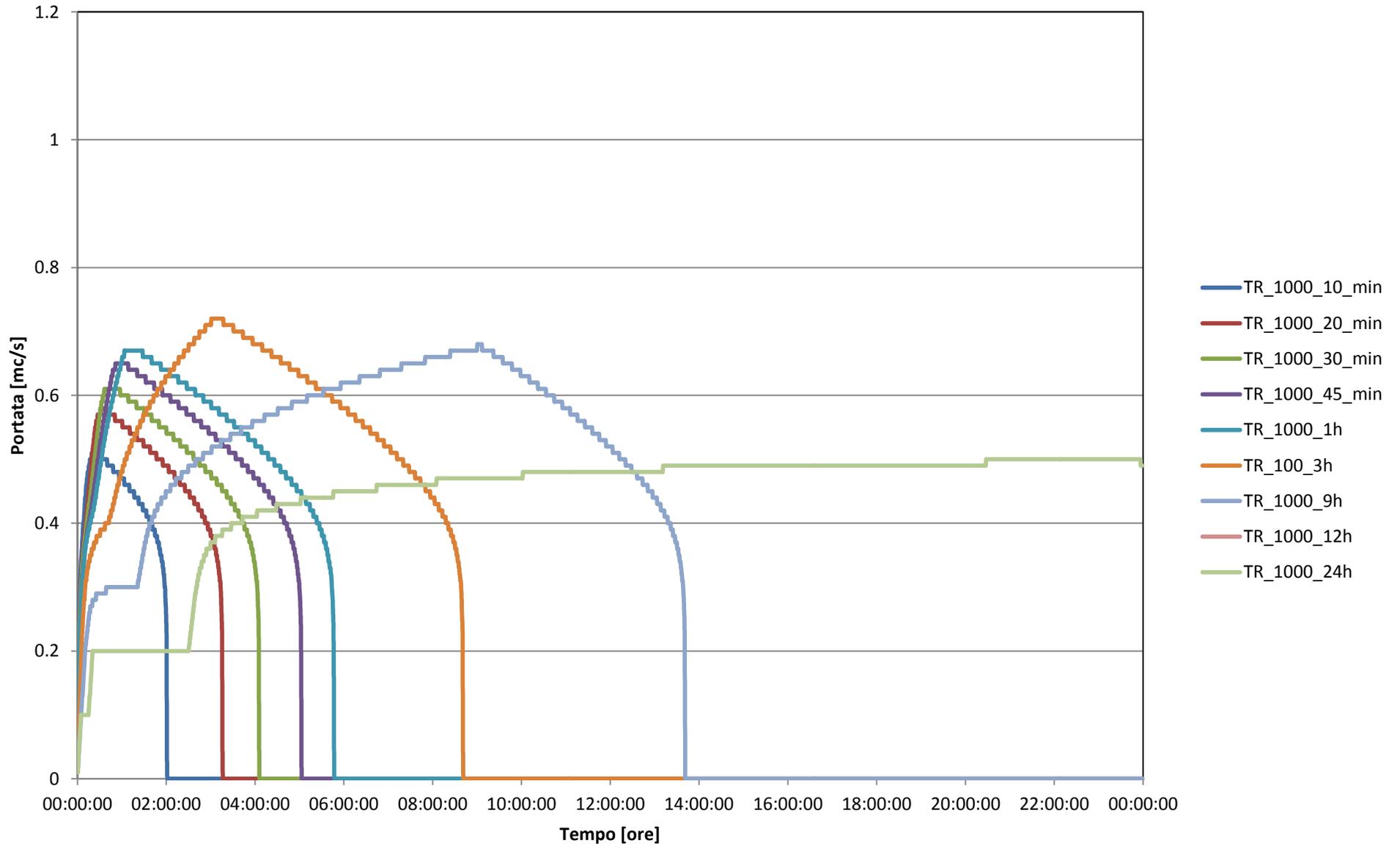
Verifica 2: Evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto;

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovrizzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	127.6	0	4.1	0	0	0.51	1.24	128.84	2434.55
20 min	127.6	0	6	0	0	0.58	1.58	129.18	4506.23
30 min	127.6	0	5.7	0	0	0.61	1.8	129.4	5999.2
45 min	127.6	0	4.7	0	0	0.65	2.02	129.62	7636.47
1 h	127.6	0	4	0	0	0.67	2.17	129.77	8808.35
3 h	127.6	0	1.9	0	0	0.72	2.47	130.07	11252.88
9 h	127.6	0	0.9	0	0	0.62	1.81	129.41	6094.96
12 h	127.6	0	0.8	0	0	0.58	1.59	129.19	4550.97
24 h	127.6	0	0.5	0	0	0.45	0.96	128.56	1072.37

Livello - invaso attuale con scarico fondo aperto



Portata sullo scarico di fondo

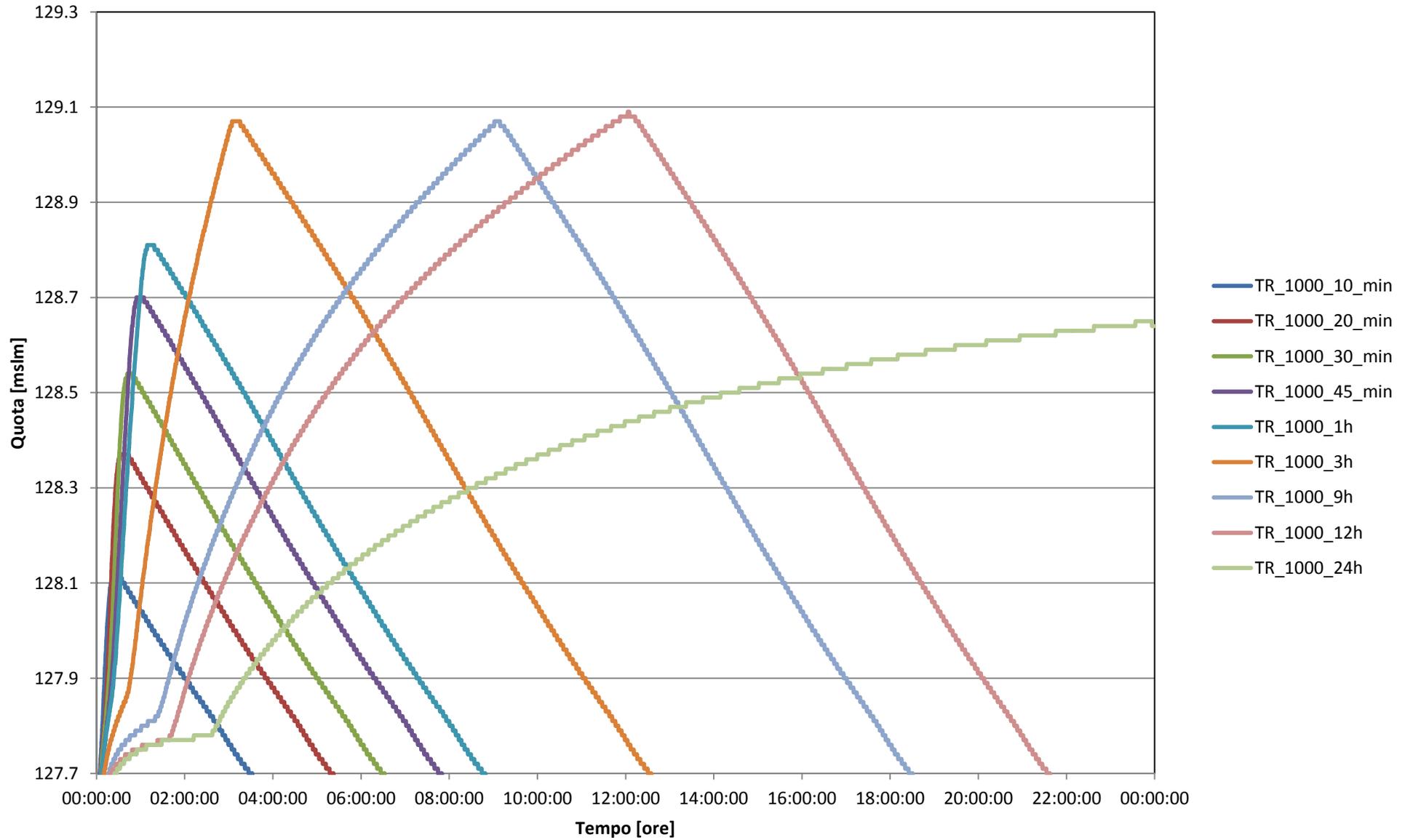


Verifica invaso scavato con scarico di fondo aperto per TR 1000 anni e diverse durate di pioggia

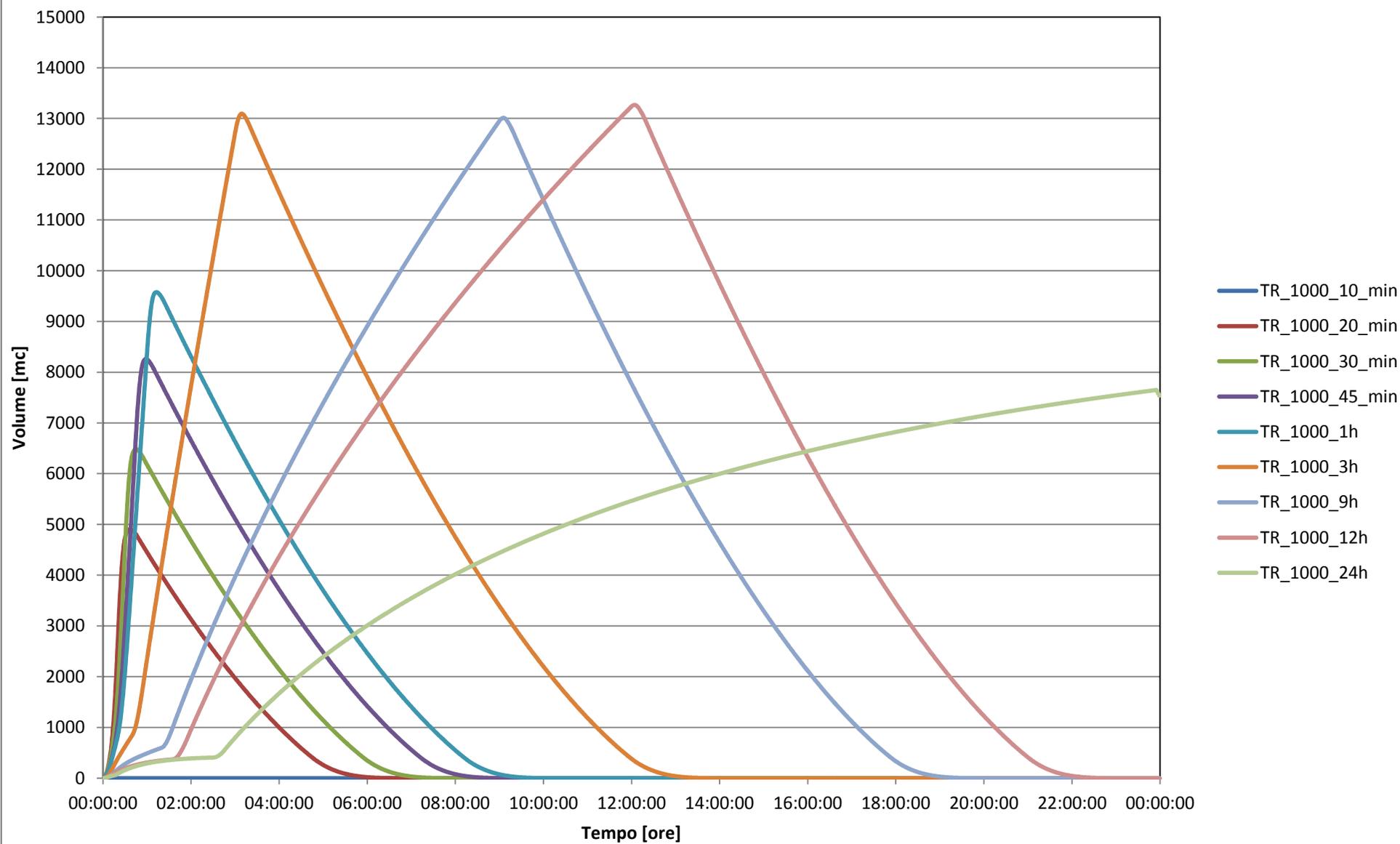
Verifica 3: Evento TR 1000 anni con invaso di progetto fuori servizio e scarico di fondo aperto;

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovralzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	127.6	0	4.1	0	0	0.33	0.52	128.12	2723.02
20 min	127.6	0	6	0	0	0.4	0.77	128.37	4900.9
30 min	127.6	0	5.7	0	0	0.44	0.94	128.54	6484.88
45 min	127.6	0	4.7	0	0	0.48	1.1	128.7	8261.69
1 h	127.6	0	4	0	0	0.5	1.21	128.81	9577.15
3 h	127.6	0	1.9	0	0	0.56	1.47	129.07	13093.81
9 h	127.6	0	0.9	0	0	0.55	1.47	129.07	13010.65
12 h	127.6	0	0.8	0	0	0.56	1.49	129.09	13265.03
24 h	127.6	0	0.5	0	0	0.47	1.05	128.65	7649.21

Livello - invaso scavato con scarico fondo aperto



Volume - invaso scavato con scarico fondo aperto

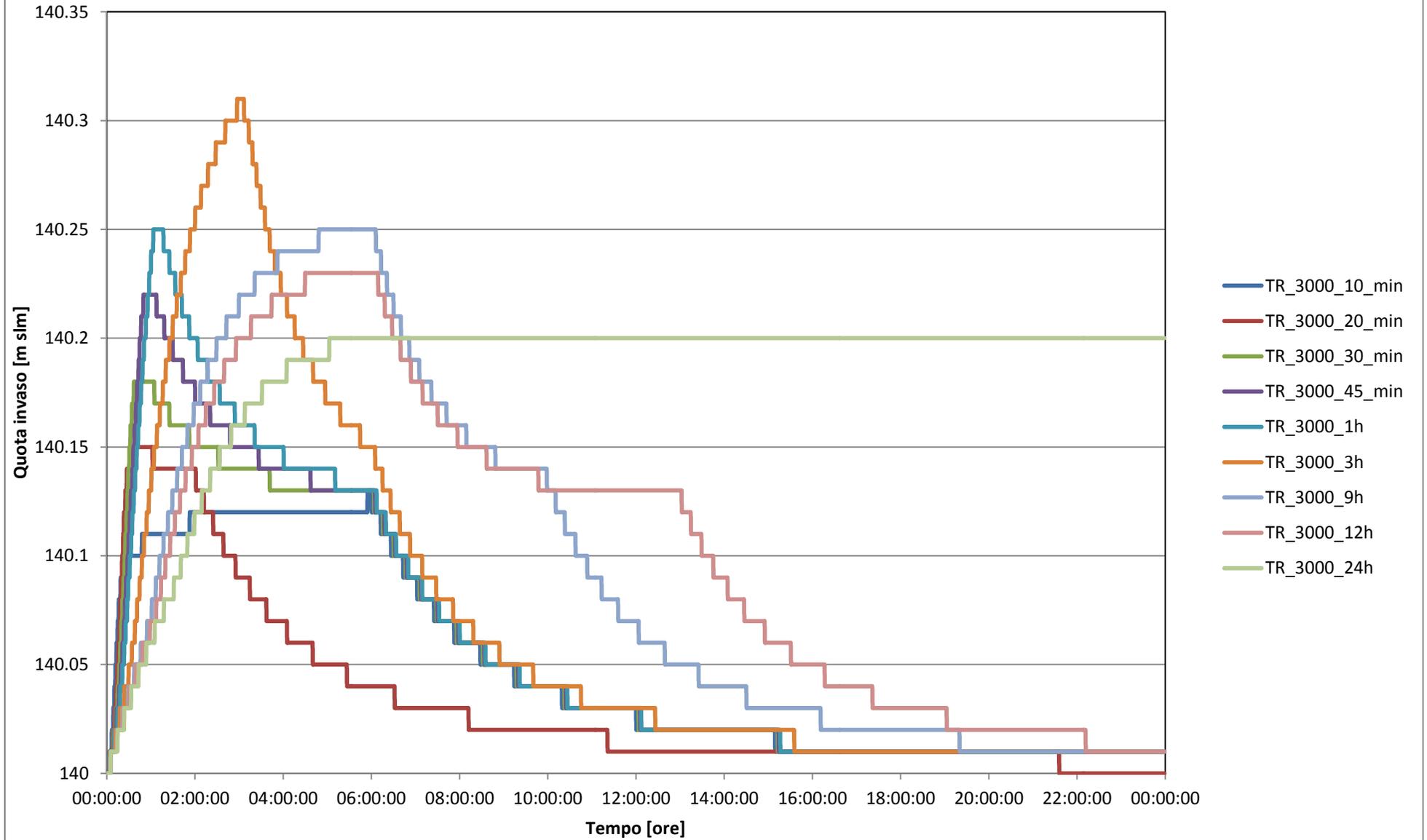


Verifica invaso di progetto per TR 3000 anni e diverse durate di pioggia

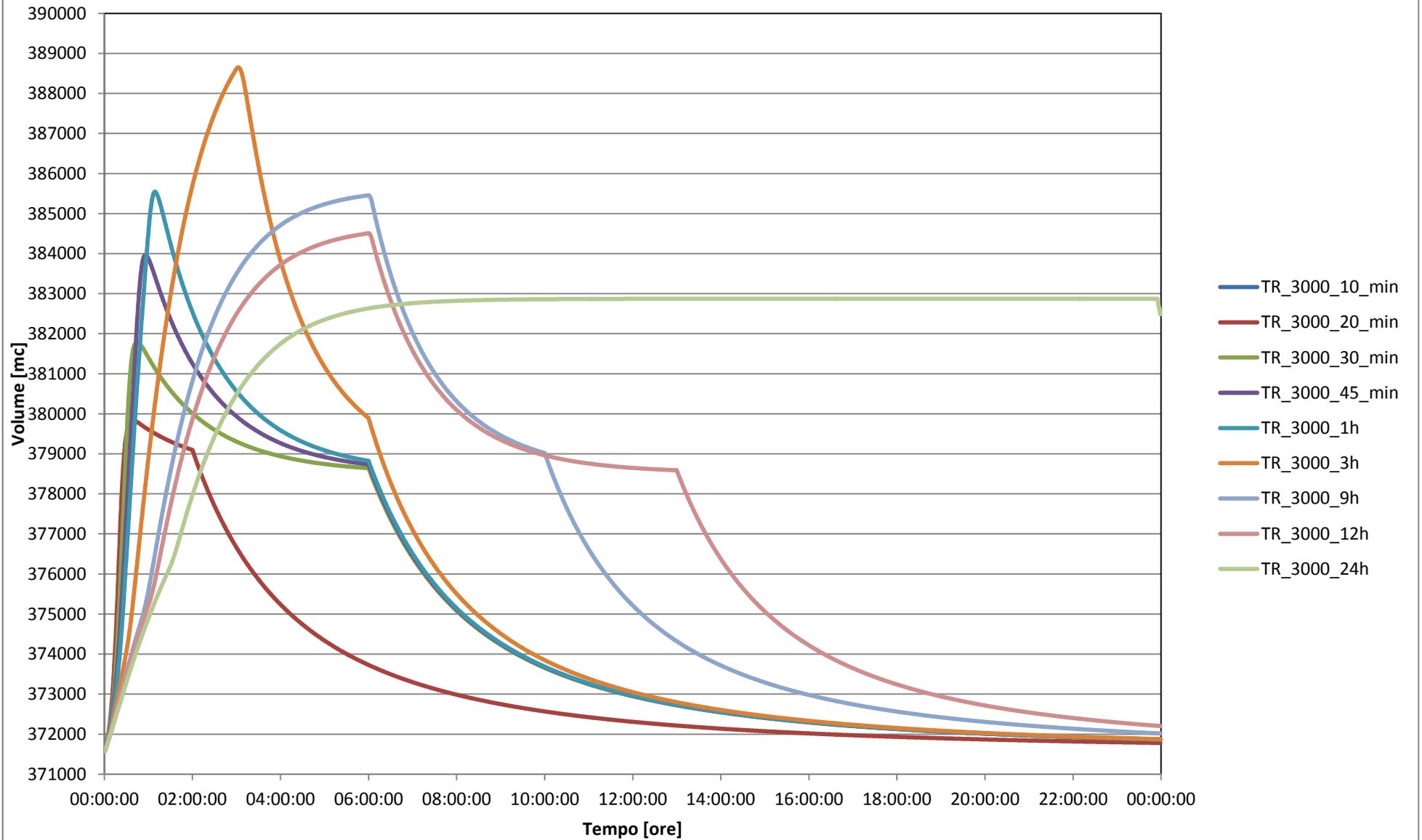
Verifica 4: Evento TR 3000 anni con invaso di progetto

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovralzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	140	371575	6.0	0.8	0.79	0	0.13	140.13	378472
20 min	140	371575	7.9	0.8	1.03	0	0.15	140.15	379822
30 min	140	371575	7.12	0.8	1.42	0	0.18	140.18	381788
45 min	140	371575	5.82	0.8	1.89	0	0.22	140.22	383957
1 h	140	371575	4.99	0.8	2.26	0	0.25	140.25	385547
3 h	140	371575	2.73	0.8	3.05	0	0.31	140.31	388650
9 h	140	371575	1.48	0.8	2.24	0	0.25	140.25	385455
12 h	140	371575	1.26	0.8	2.02	0	0.23	140.23	384507
24 h	140	371575	0.85	0.8	1.65	0	0.20	140.20	382872

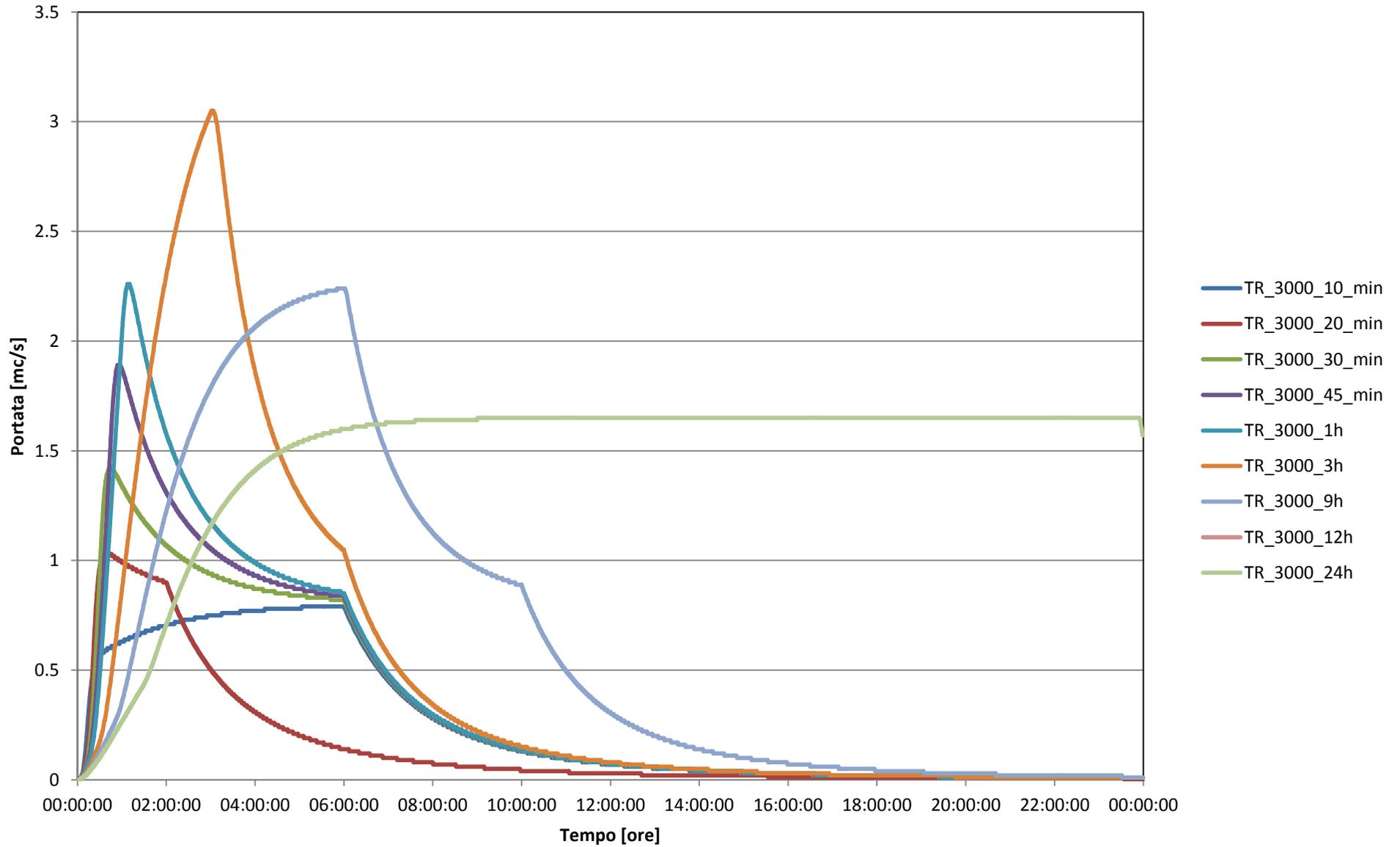
Livello invaso di progetto



Volume invaso di progetto



Portata invaso di progetto laminata sullo scolmatore

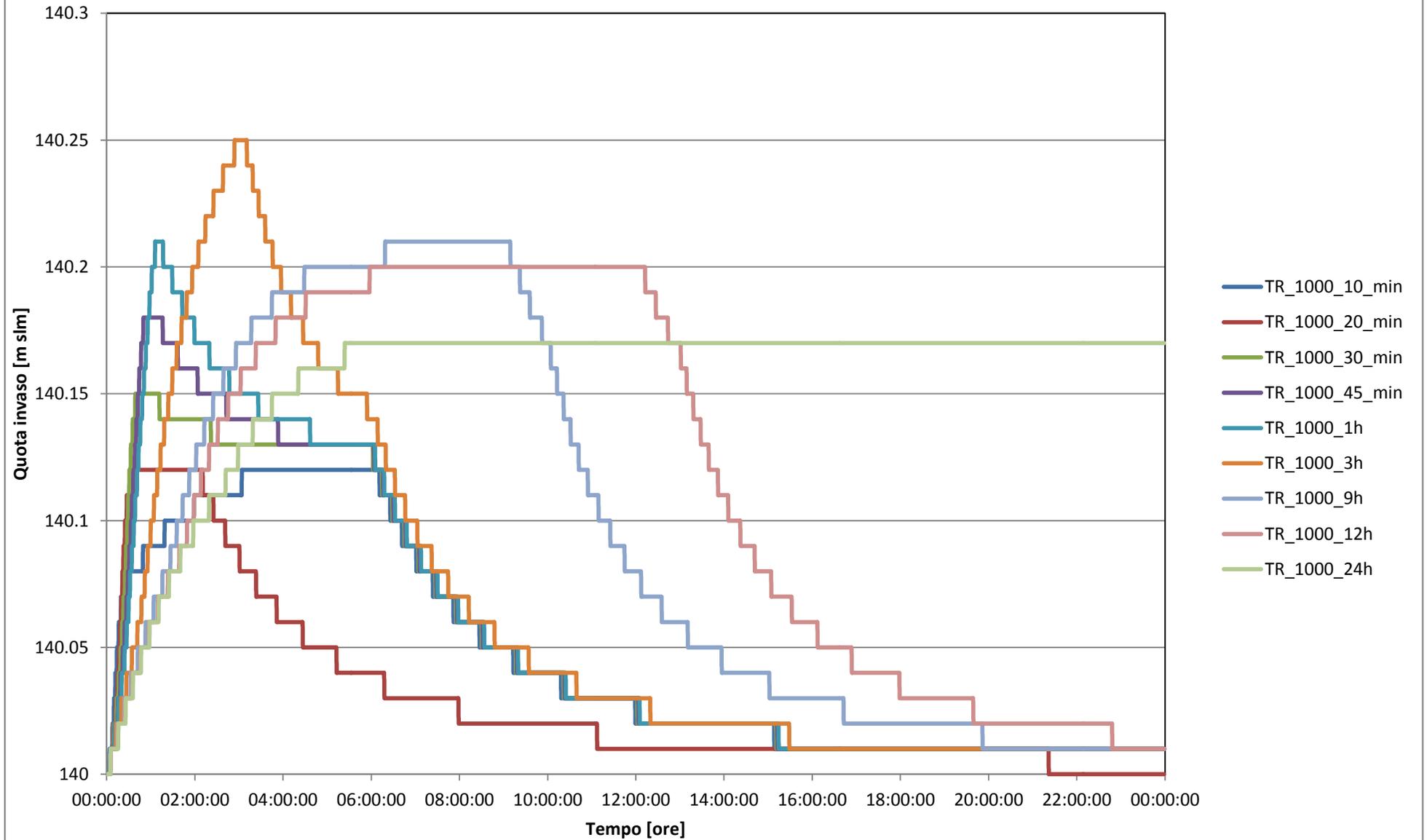


Verifica invaso di progetto per TR 1000 anni e diverse durate di pioggia

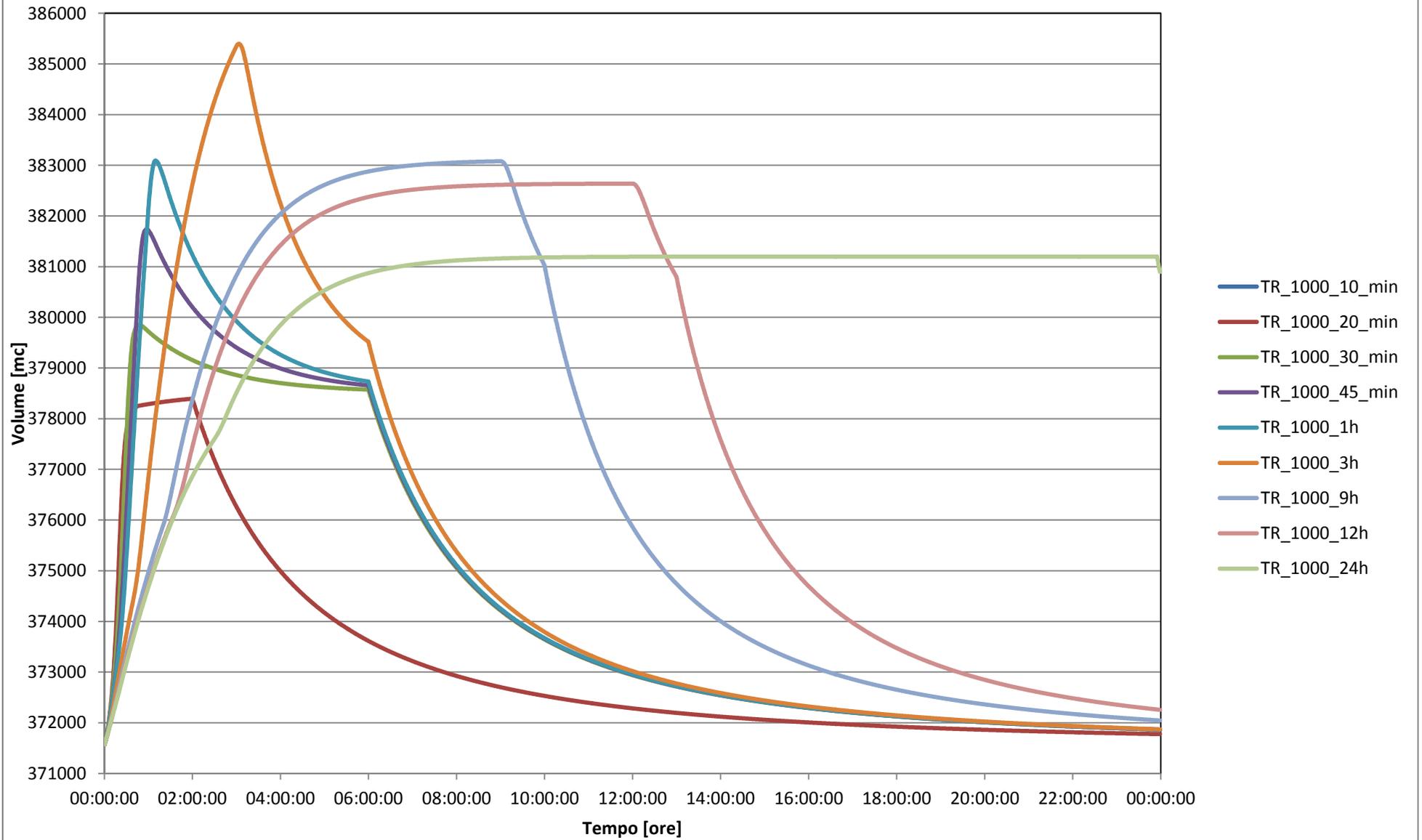
Verifica 5: Evento TR 1000 anni con invaso di progetto

Durata di pioggia	Quota invaso inizio evento	Volume bacino inizio evento	Max portata affluente nel bacino	Portata derivata dal T. Vincio	Max portata sfioro di superficie	Max portata scarico di fondo	Max sovralzo evento	Max quota invaso	Max volume invaso
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
10 min	140	371575	4.1	0.8	0.78	0	0.12	140.12	378420
20 min	140	371575	6.0	0.8	0.78	0	0.12	140.12	378395
30 min	140	371575	5.7	0.8	1.04	0	0.15	140.15	379851
45 min	140	371575	4.7	0.8	1.41	0	0.18	140.18	381738
1 h	140	371575	4.0	0.8	1.7	0	0.21	140.21	383093
3 h	140	371575	1.9	0.8	2.23	0	0.25	140.25	385396
9 h	140	371575	0.9	0.8	1.7	0	0.21	140.21	383080
12 h	140	371575	0.8	0.8	1.6	0	0.20	140.20	382638
24 h	140	371575	0.5	0.8	1.3	0	0.17	140.17	381200

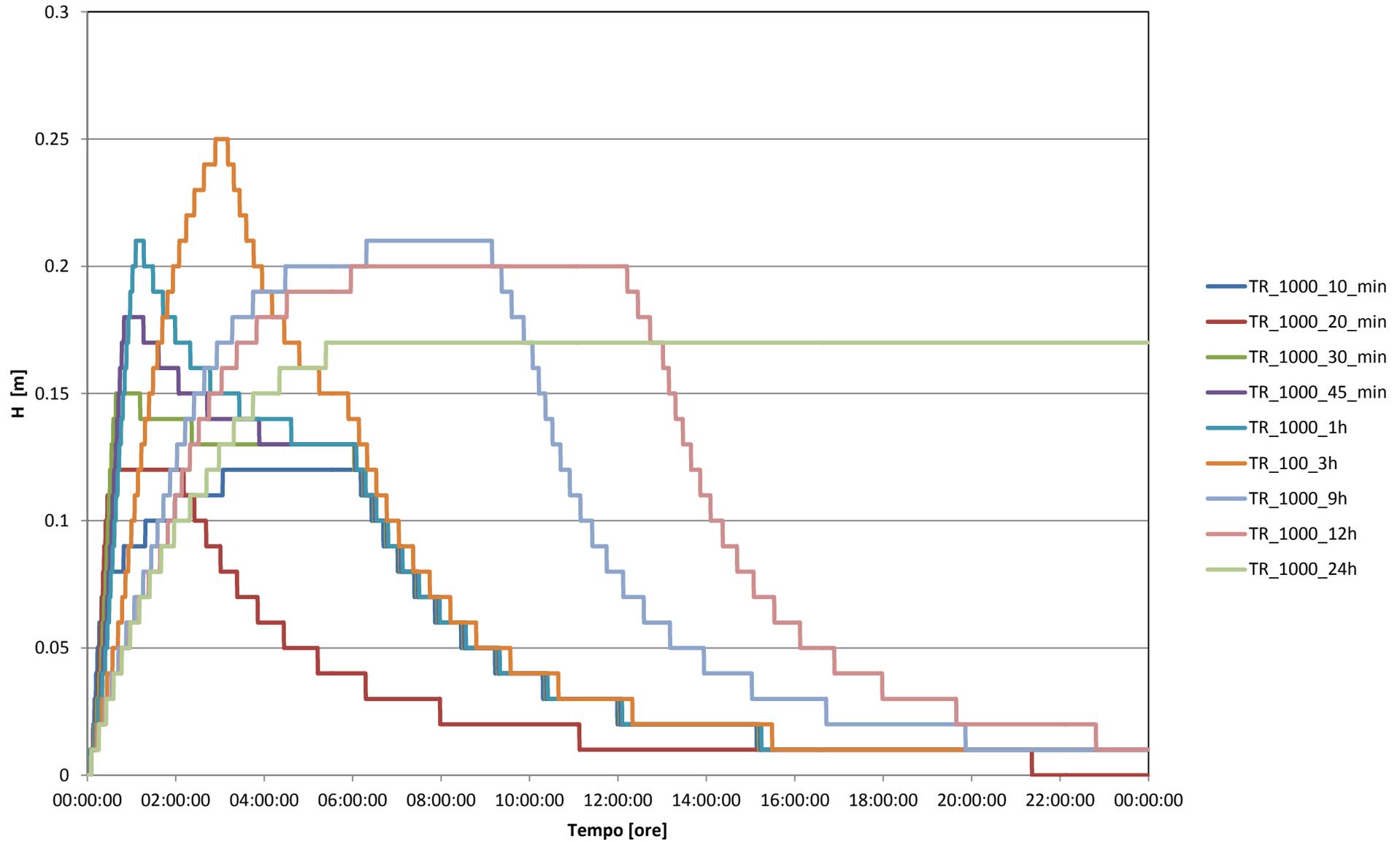
Livello invaso di progetto



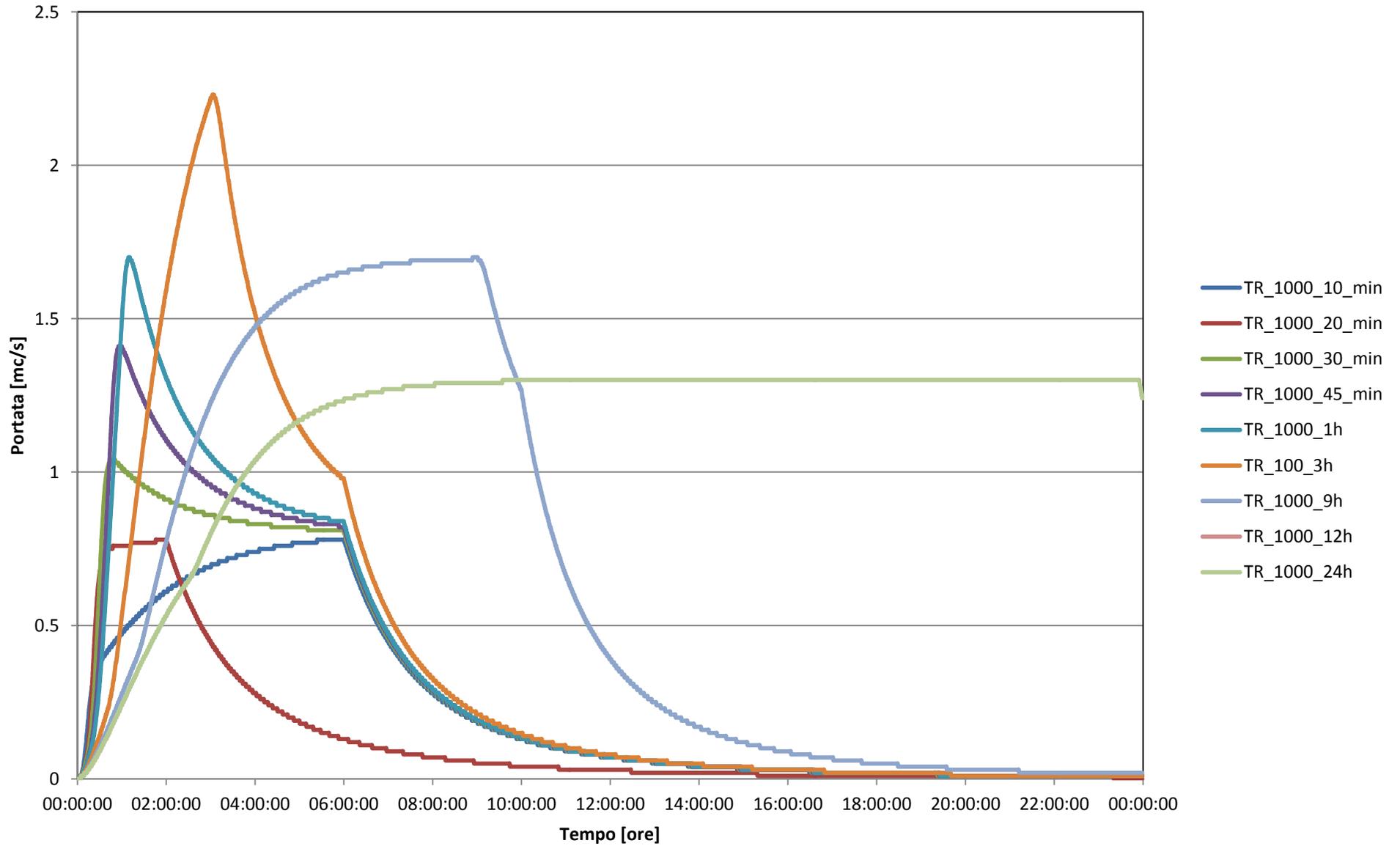
Volume invaso di progetto



Battente sullo scolmatore



Portata invaso di progetto laminata sullo scolmatore



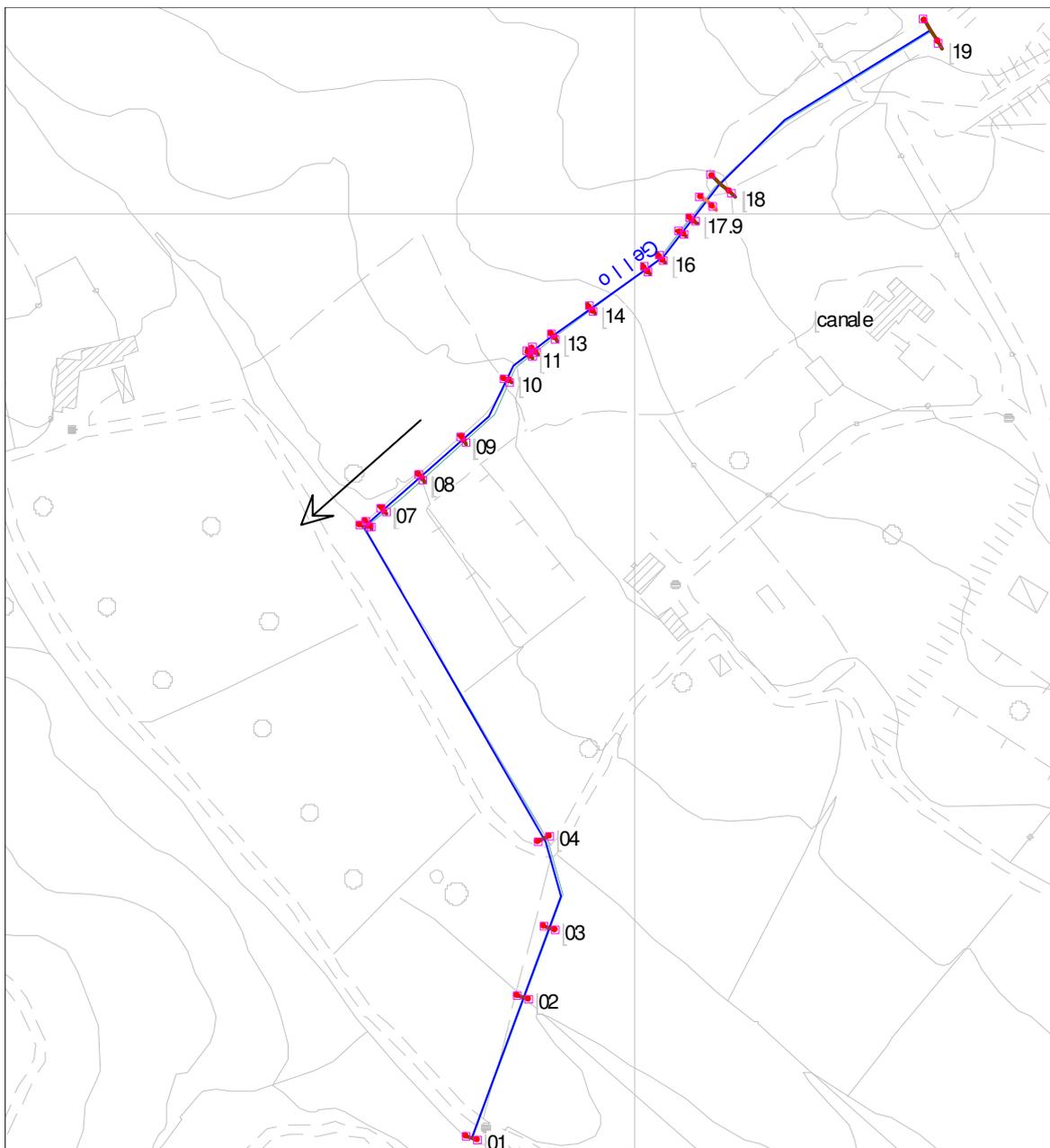
MODELLAZIONE IDRAULICA HEC-RAS 4.1.0

VERIFICA DEL CANALE SCOLMATORE

IN SEGUITO ALLA SUA SISTEMAZIONE

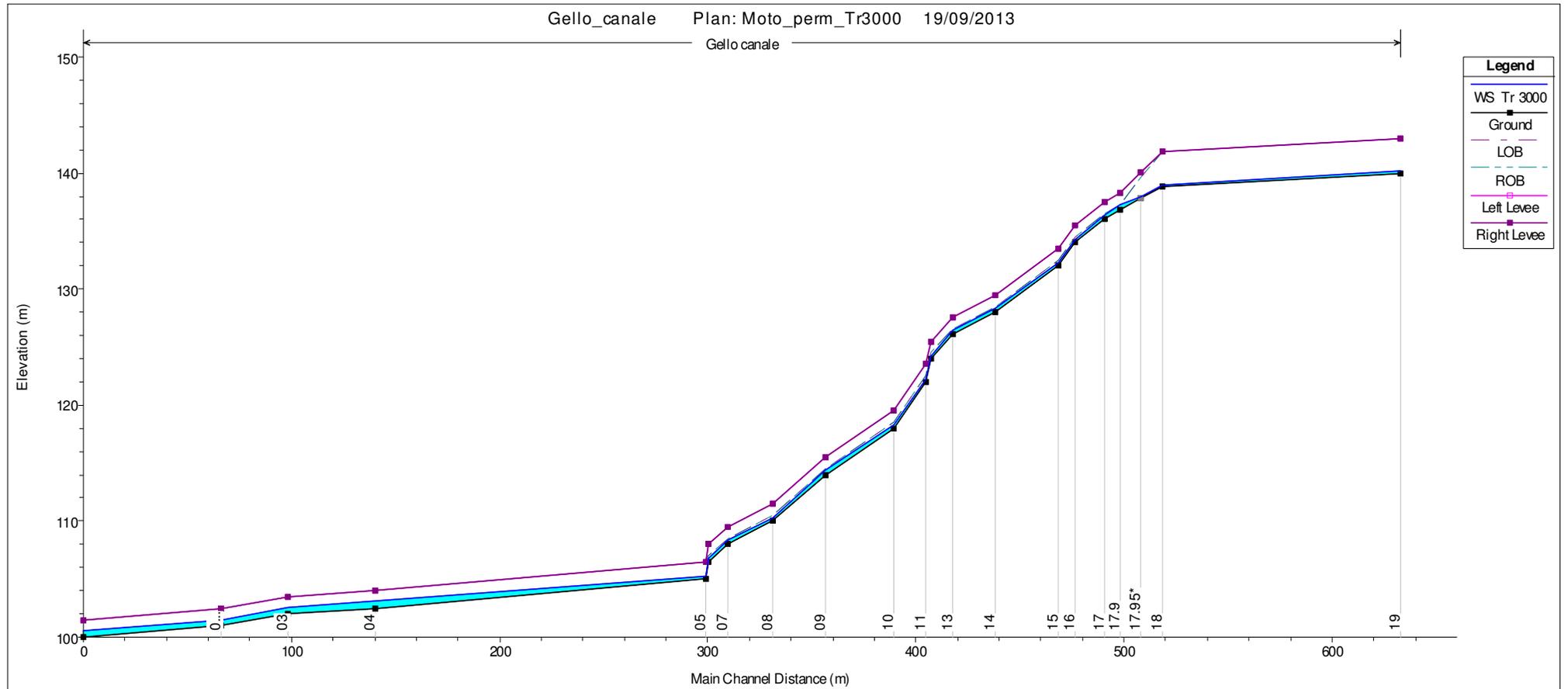
PER TR = 3000 ANNI

PLANIMETRIA



PROFILO DI CORRENTE

Canale scolmatore - Tr 3000 anni



PORTATA DI PICCO (m³/s) E CONDIZIONI AL CONTORNO

Steady Flow Data - Portata_Tr3000

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max): Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach: River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
	River	Reach	RS	Tr 3000
1	Gello	canale	19	3.05

Steady Flow Boundary Conditions

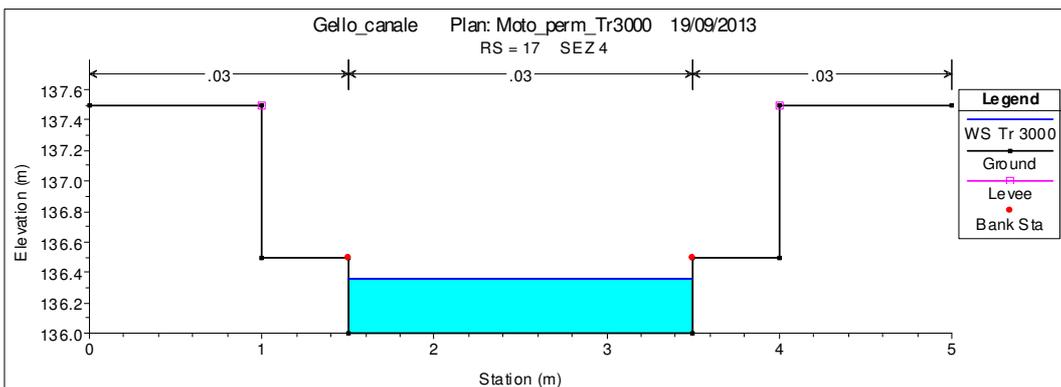
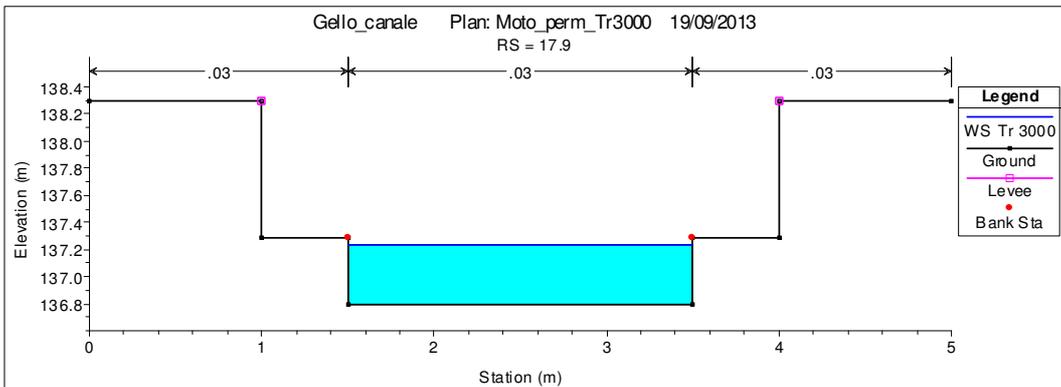
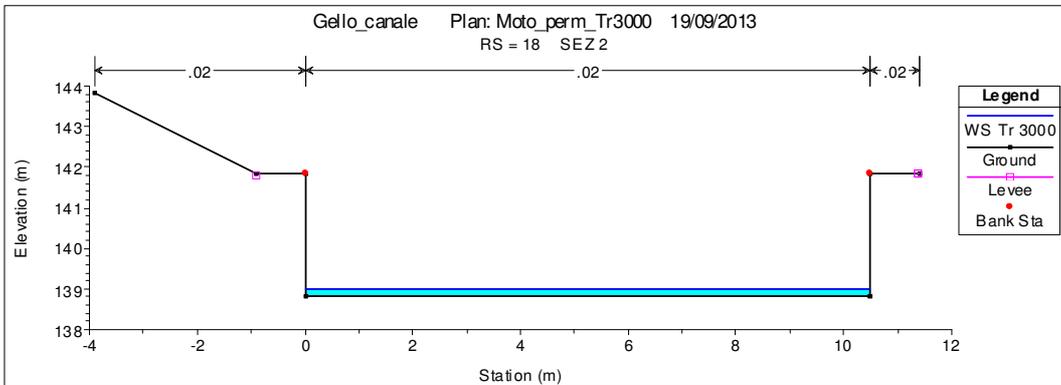
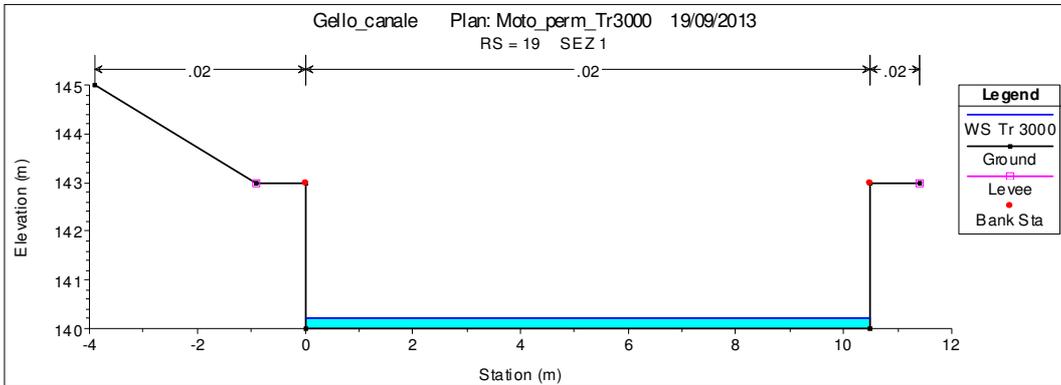
Set boundary for all profiles
 Set boundary for one profile at a time

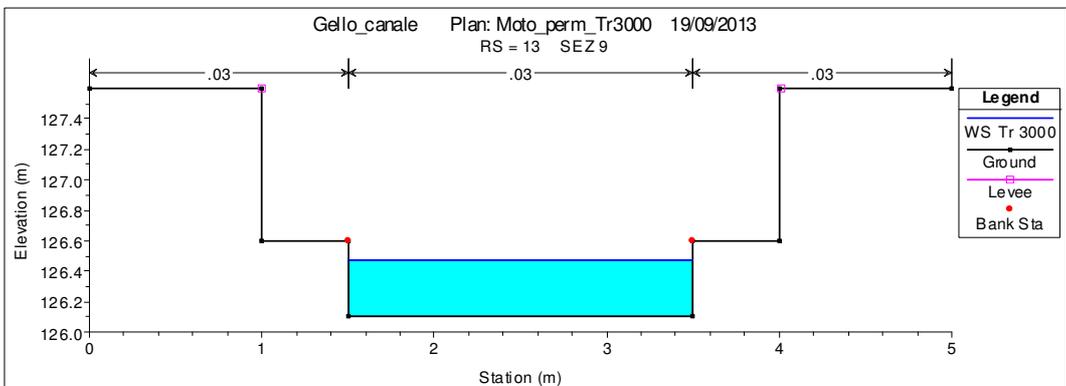
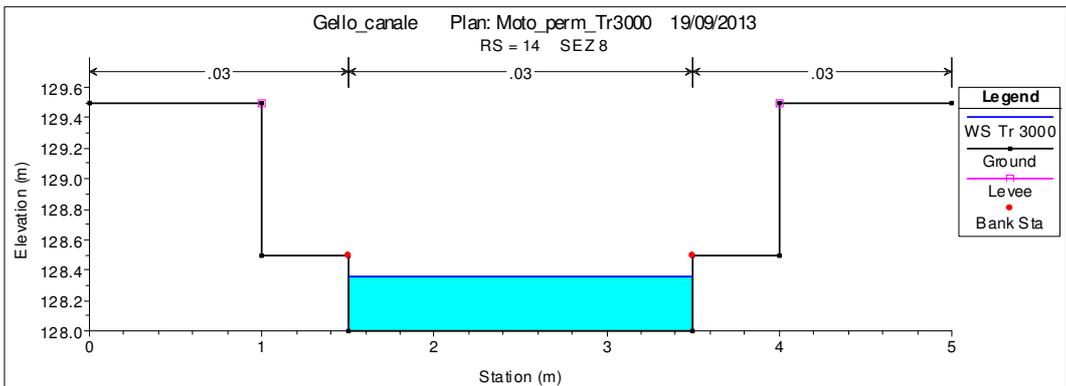
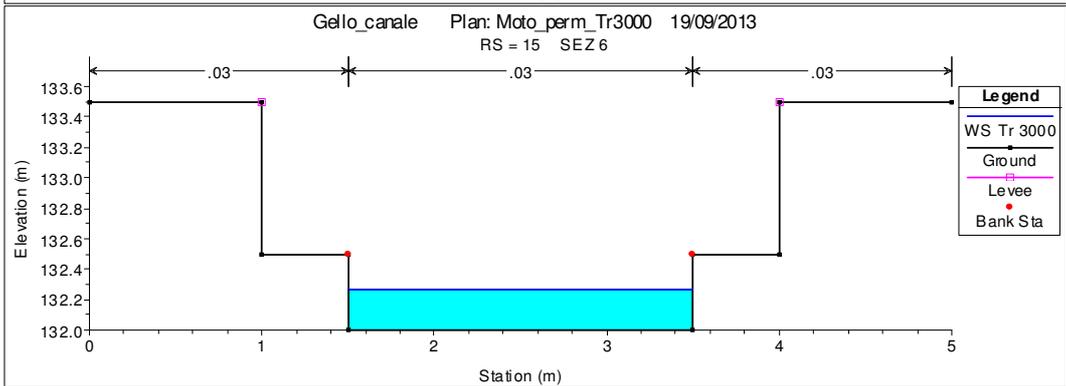
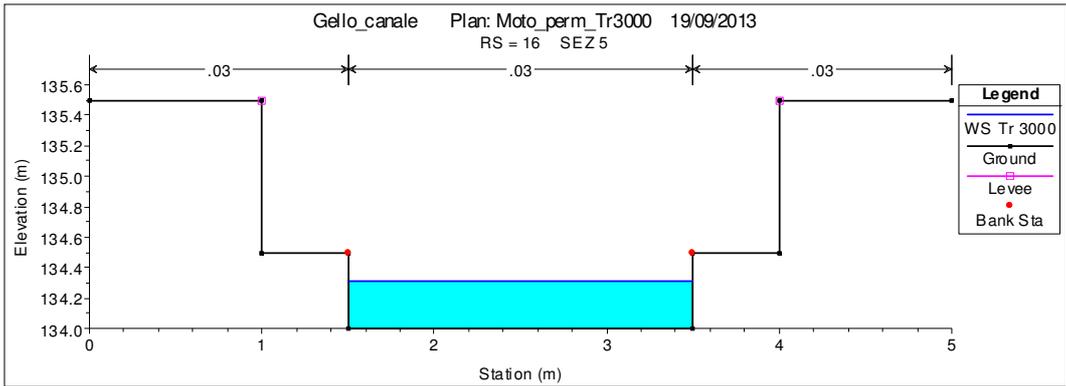
Available External Boundary Condition Types

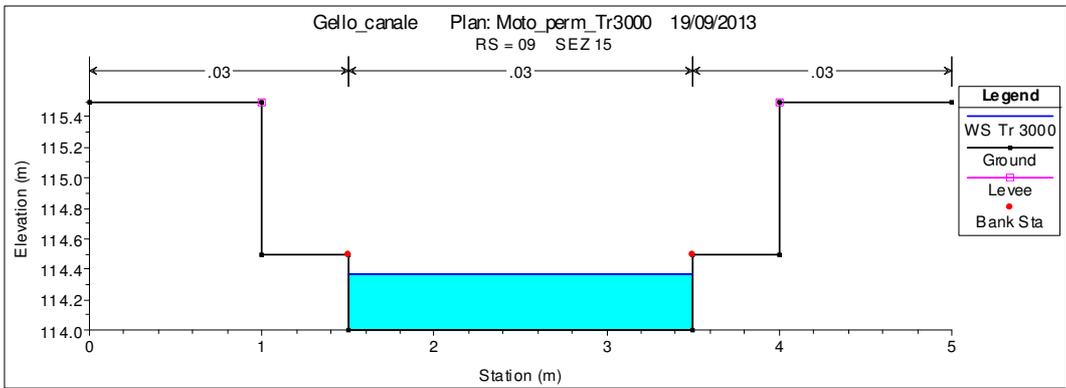
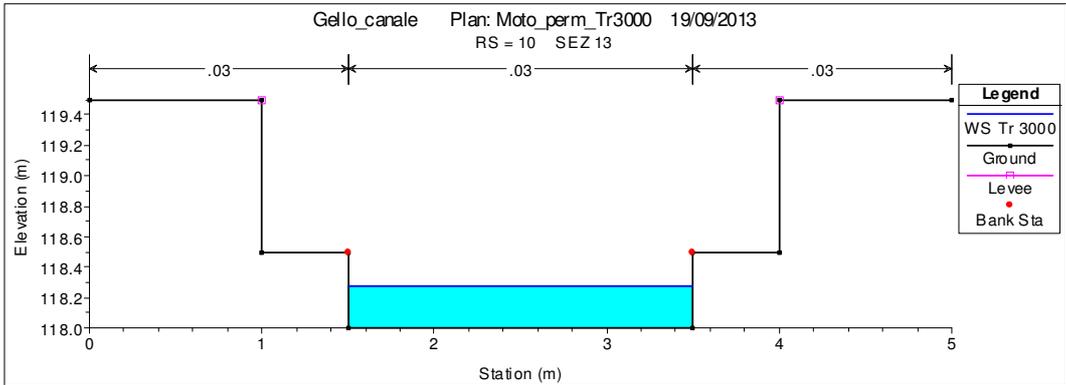
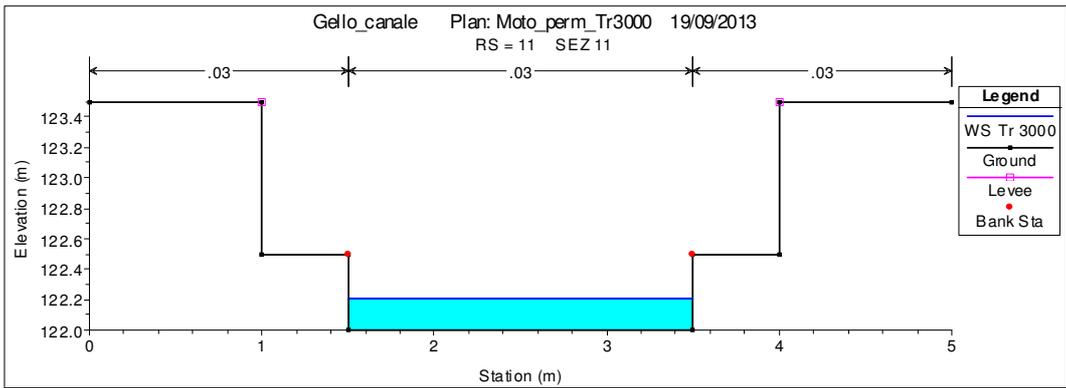
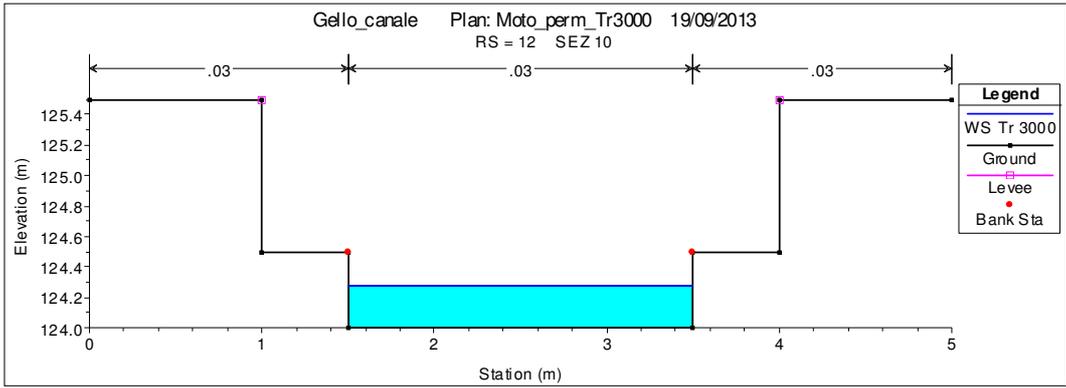
Selected Boundary Condition Locations and Types

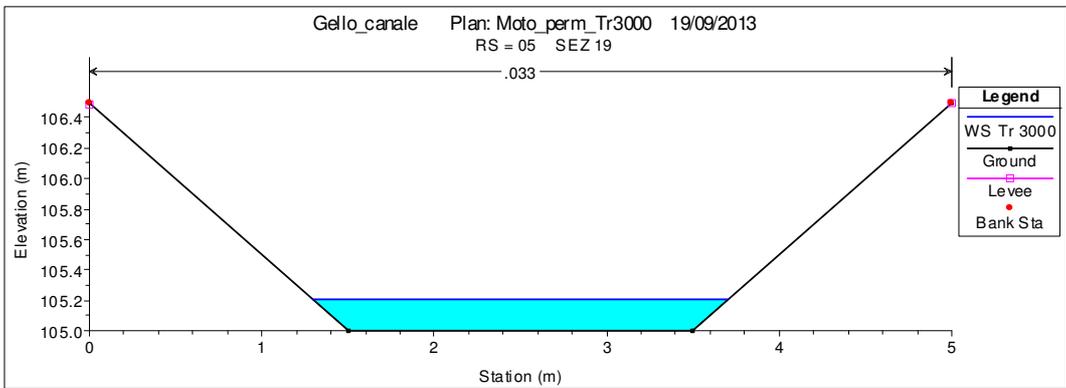
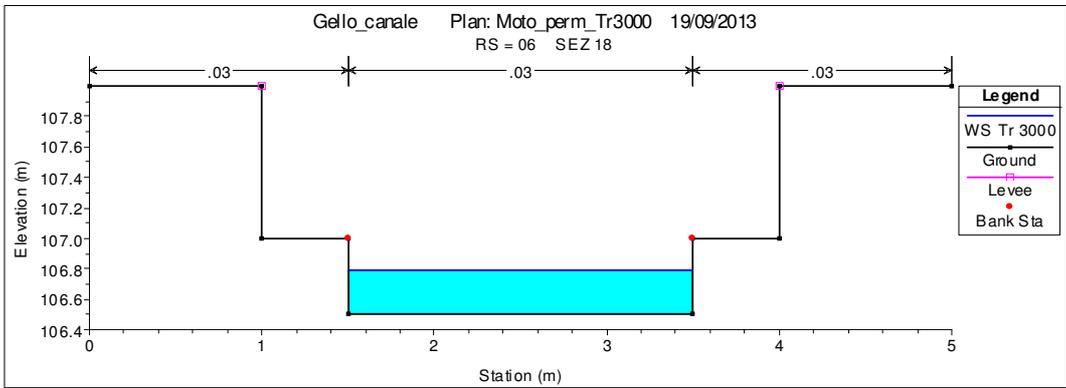
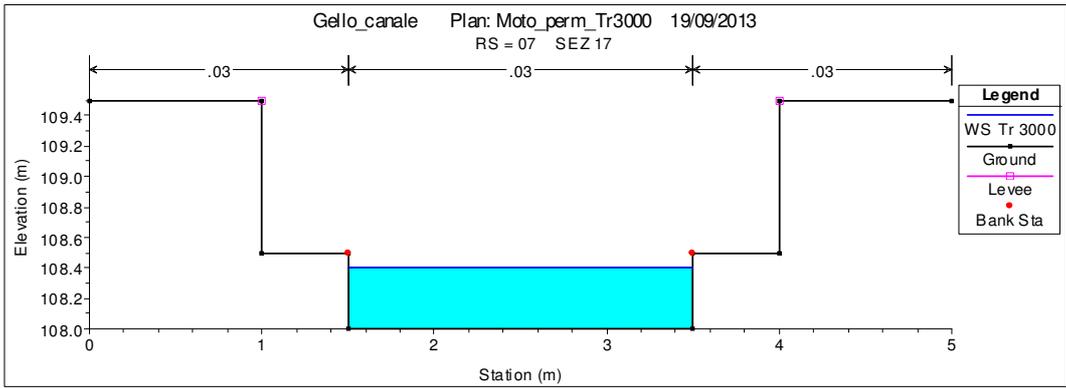
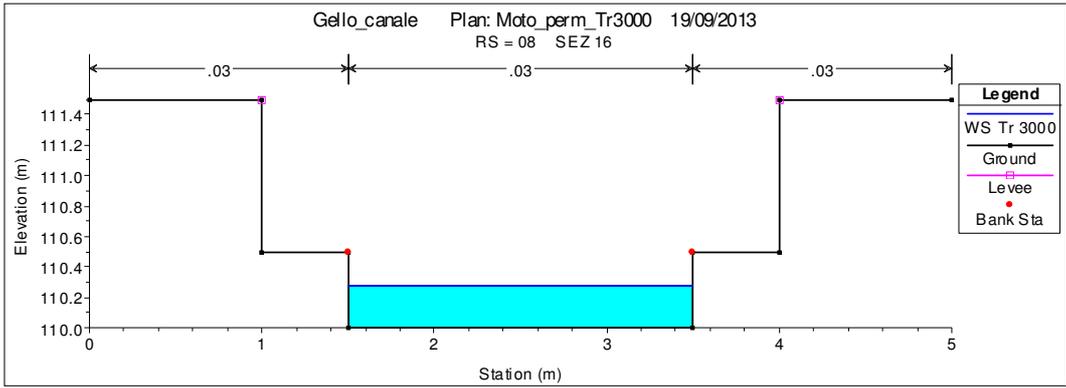
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Gello	canale	all	Critical Depth	Normal Depth S = 0.015

SEZIONI TRASVERSALI









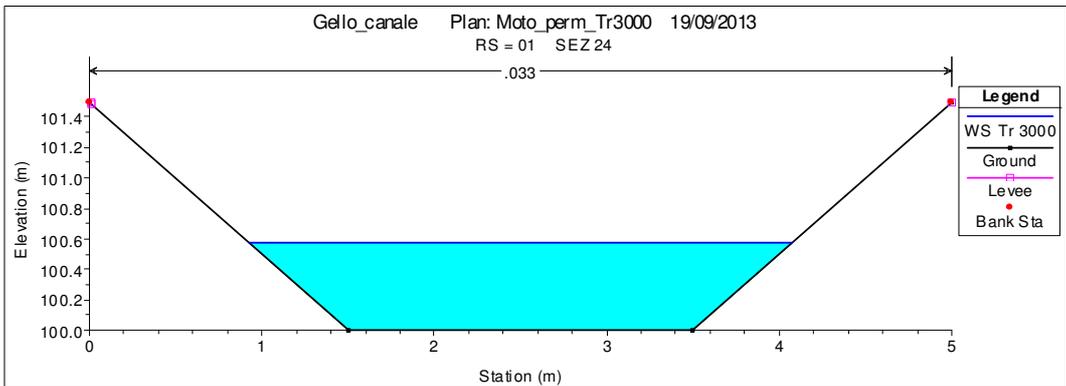
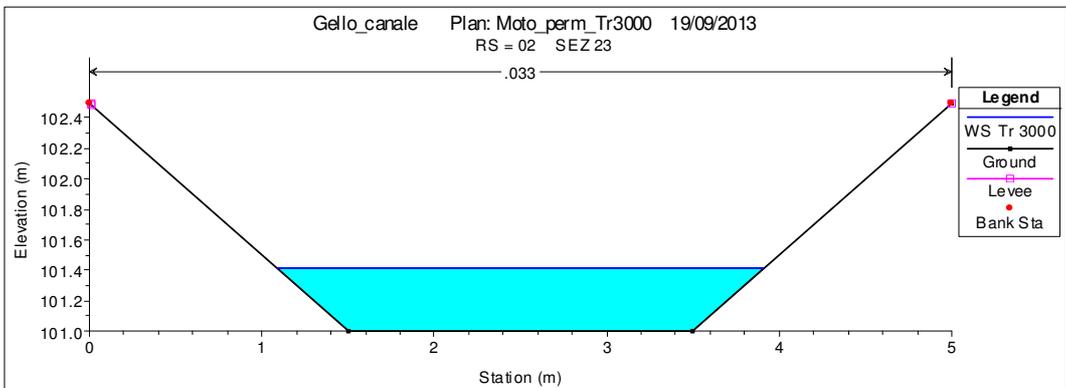
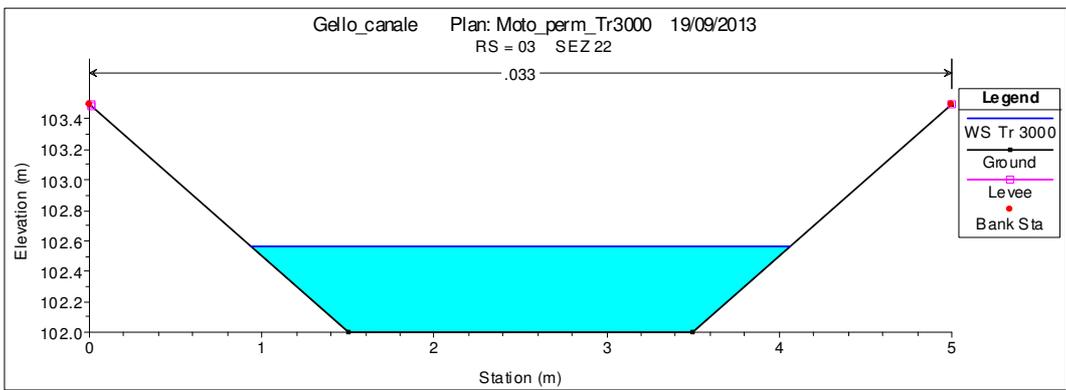
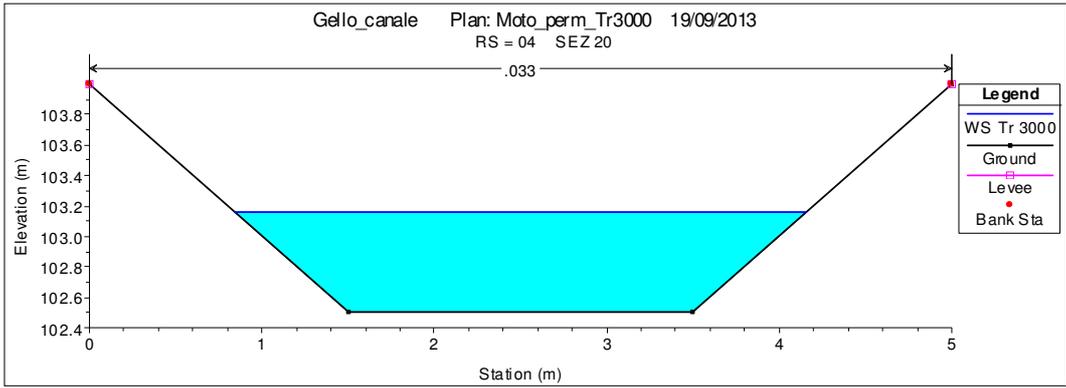


TABELLE OUTPUT

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
19	Tr 3000	3.05	140	140.2	140.2	140.31	0.007085	1.42	2.14	10.5	1.01
18	Tr 3000	3.05	138.84	139	139.05	139.16	0.014814	1.78	1.71	10.5	1.41
17.9	Tr 3000	3.05	136.79	137.24	137.44	137.83	0.050467	3.42	0.89	2	1.63
17	Tr 3000	3.05	136	136.36	136.65	137.27	0.095007	4.24	0.72	2	2.25
16	Tr 3000	3.05	134	134.31	134.65	135.58	0.155833	5	0.61	2	2.89
15	Tr 3000	3.05	132	132.27	132.65	133.94	0.23641	5.73	0.53	2	3.55
14	Tr 3000	3.05	128	128.35	128.65	129.31	0.101234	4.33	0.7	2	2.33
13	Tr 3000	3.05	126.1	126.47	126.75	127.34	0.088888	4.14	0.74	2	2.18
12	Tr 3000	3.05	124	124.27	124.65	125.88	0.222347	5.62	0.54	2	3.44
11	Tr 3000	3.05	122	122.21	122.65	124.94	0.503542	7.32	0.42	2	5.12
10	Tr 3000	3.05	118	118.28	118.65	119.81	0.206402	5.48	0.56	2	3.32
9	Tr 3000	3.05	114	114.36	114.65	115.26	0.091861	4.19	0.73	2	2.22
8	Tr 3000	3.05	110	110.27	110.65	111.85	0.215437	5.56	0.55	2	3.39
7	Tr 3000	3.05	108	108.4	108.65	109.14	0.069169	3.81	0.8	2	1.92
6	Tr 3000	3.05	106.5	106.8	107.15	108.14	0.16933	5.13	0.59	2	3.01
5	Tr 3000	3.05	105	105.2	105.56	107.57	0.520148	6.81	0.45	2.41	5.04
4	Tr 3000	3.05	102.5	103.16	103.06	103.31	0.009493	1.74	1.75	3.32	0.77
3	Tr 3000	3.05	102	102.56	102.56	102.79	0.016767	2.13	1.43	3.12	1
2	Tr 3000	3.05	101	101.41	101.56	101.9	0.049317	3.1	0.99	2.82	1.67
1	Tr 3000	3.05	100	100.58	100.56	100.79	0.015007	2.05	1.49	3.16	0.95

ALLEGATO 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

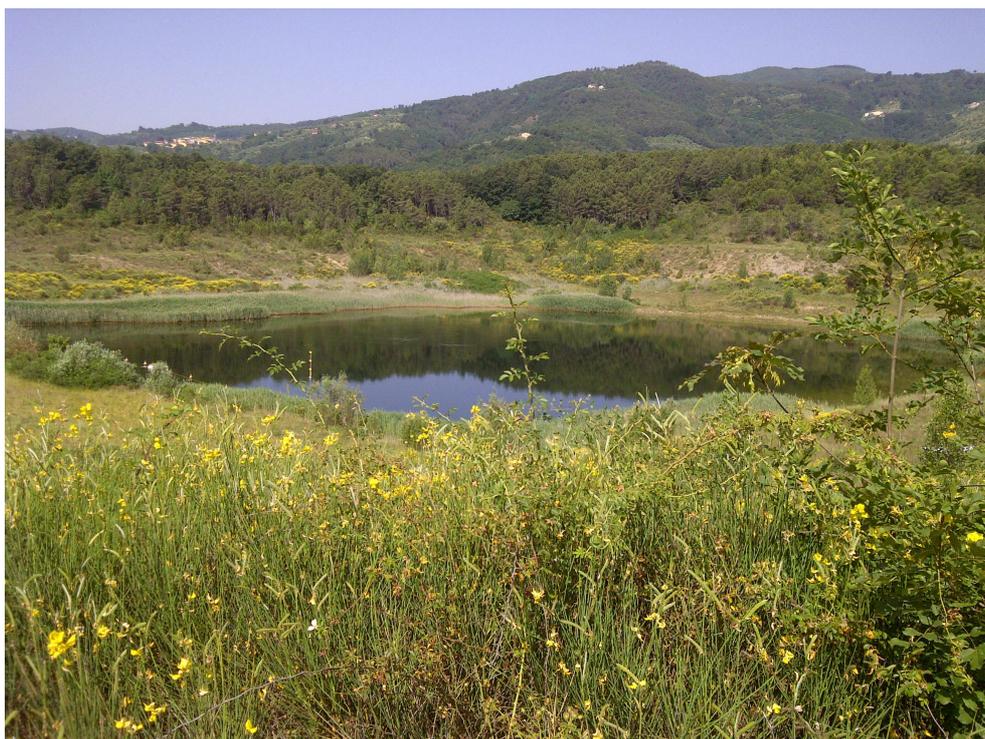


Foto 1: vista dell'invaso dal coronamento



Foto 2: vista da sponda sinistra



Foto 3: vista dell'invaso dal coronamento



Foto 4: vista del paramento di valle dal coronamento



Foto 5: vista dell'invaso da sponda destra



Foto 6: vista paramento di monte dall'interno dell'invaso



Foto 7: riferimenti altimetrici



Foto 8: vista del canale scolmatore da monte verso valle



Foto 9: vista del canale scolmatore da valle verso monte



Foto 10: vista saracinesca alimentazione invaso

ALLEGATO 3

MONOGRAFIA CAPISALDI



STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012

MONOGRAFIA CAPOSALDO "A"

SOLETTA CANALE DI SFIORO

CHIDO TOPOGRAFICO INFISSO IN PROSSIMITA' DELLA LINEA DI
MEZZERIA ALL'INIZIO DELLA SOLETTA DEL CANALE DI SFIORO

COORDINATE GEOGRAFICHE ETRF 2000

φ : 43°57'32,7896"

λ : 10°52'59,4554"

$Q_{(elliss)}$: m 193,27

QUOTA S.L.M.

m 147,76

*Materializzazione della quota di sfioro
indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012

MONOGRAFIA CAPOSALDO "B"

MURO CANALE DI SFIORO

CHIODO TOPOGRAFICO INFISSO IN SOMMITA' DELL'INIZIO DEL MURO
IN SINISTRA IDRAULICA DEL CANALE DI SFIORO

COORDINATE GEOGRAFICHE ETRF 2000

φ : 43°57'32,7043"

λ : 10°52'59,7442"

$Q_{(elliss)}$: m 195,37

QUOTA S.L.M.

m 149,90

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "C"

CHIUSINO POZZETTO ACQUEDOTTO

CENTRO CHIUSINO CIRCOLARE POZZETTO ACQUEDOTTO
SITUATO ALL'ESTREMITA' NORD DEL CORONAMENTO DIGA

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'39,3968"

λ : 10°53'08,4964"

$Q_{(elliss)}$: m 195,54

QUOTA S.L.M.

m 150,01

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "D"

MANUFATTO DI MANOVRA INGRESSO INVASO

CHIODO TOPOGRAFICO INFISSO IN PROSSIMITA' DELLO SPIGOLO EST
SULLA SOMMITA' DEL MANUFATTO DI MANOVRA IN MURATURA

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : $43^{\circ}57'43,5754''$

λ : $10^{\circ}53'03,3867''$

$Q_{(elliss)}$: $m\ 197,57$

QUOTA S.L.M.

$m\ 152,14$

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012

MONOGRAFIA CAPOSALDO "E"

POZZETTO VALVOLE DEPOSITO

CHIEDO TOPOGRAFICO INFISSO SULLA SOMMITA' DEL MURO DI
SOSTEGNO DEL POZZETTO VALVOLE A SERVIZIO DEPOSITO

COORDINATE GEOGRAFICHE ETRF 2000

φ : 43°57'36,9664"

λ : 10°53'10,2629"

$Q_{(elliss)}$: m 185,81

QUOTA S.L.M.

m 140,34

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "F"

MANUFATTO VALVOLE DI SCARICO INVASO

CENTRO CADITOIA IN CLS SITUATA IN PROSSIMITA' DEL MANUFATTO
UTILIZZATO PER L'ALLOGGIAMENTO DELLE VALVOLE DI SCARICO INVASO

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'31,7527"

λ : 10°53'07,3260"

$Q_{(elliss)}$: m 164,78

QUOTA S.L.M.

m 119,31

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "G"

CENTRALE DI POTABILIZZAZIONE

CHIODO TOPOGRAFICO INFISSO IN PROSSIMITA' DELLO SPIGOLO S/E DEL
MARCIAPIEDE DELLA CENTRALE DI POTABILIZZAZIONE DI GELLO

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'29,1890"

λ : 10°53'17,1640"

$Q_{(elliss)}$: m 177,18

QUOTA S.L.M.

m 131,71

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*

