

***ACCORDO DI PROGRAMMMA
PER LA VALORIZZAZIONE
DEL LAGO D'IDRO***

***PARERE TECNICO PRO VERITATE
(art. 3 Accordo di Programma)***

***Dott. Ing. Carlo Giacomelli
Prof. Ing. Ugo Majone***

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL PROGETTO PRELIMINARE	4
2.1 LA SOLUZIONE PROGETTUALE	5
2.2 LA NUOVA GALLERIA DI BY-PASS.....	6
3. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE ALTERNATIVE PROPOSTE DAI COMUNI...	9
4. SICUREZZA IDRAULICA	11
5. COMPATIBILITA' AMBIENTALE	18
6. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE.....	24
7. CONCLUSIONI	28
8. ALLEGATO A	32
8.1 ALTERNATIVA A: GRAFICI CON IDROGRAMMI IN INGRESSO E IN USCITA DAL LAGO E CORRISPONDENTI LIVELLI DEL LAGO DURANTE L'EVENTO DI PIENA (QUOTA DEL LAGO AD INIZIO EVENTO: 370,00 M S.M.)	32
9. ALLEGATO B	38
9.1 ALTERNATIVA B: GRAFICI CON IDROGRAMMI IN INGRESSO E IN USCITA DAL LAGO E CORRISPONDENTI LIVELLI DEL LAGO DURANTE L'EVENTO DI PIENA (QUOTA DEL LAGO AD INIZIO EVENTO: 370,00 M S.M.)	39
9.2 ALTERNATIVA B: GRAFICI CON IDROGRAMMI IN INGRESSO E IN USCITA DAL LAGO E CORRISPONDENTI LIVELLI DEL LAGO DURANTE L'EVENTO DI PIENA (QUOTA DEL LAGO AD INIZIO EVENTO: 368,50 M S.M.)	42
9.3 ALTERNATIVA B: GRAFICI CON IDROGRAMMI IN INGRESSO E IN USCITA DAL LAGO E CORRISPONDENTI LIVELLI DEL LAGO DURANTE L'EVENTO DI PIENA (QUOTA DEL LAGO AD INIZIO EVENTO: 367,20 M S.M.)	45
10. ALLEGATO C	48

1. PREMESSA

L'accordo di programma per la valorizzazione del Lago di Idro concordato tra la Regione Lombardia ed i Comuni di Anfo, Bagolino, Idroe Lavenone al fine di ripristinare *"...le idonee condizioni di sicurezza del lago e dell'intero bacino idrografico del fiume Chiese ubicato nel territorio lombardo"*, prevede, all'articolo 3, di affidare agli scriventi Dott. Ing. Carlo Giacomelli e Prof. Ing. Ugo Majone, sentito il parere di un tecnico *"...esperto in ingegneria con competenze specifiche in materia, proposto dalle associazioni ambientaliste e nominato dai Comuni"*, la determinazione *"...della migliore soluzione in termini di sicurezza idraulica, compatibilità ambientale e finanziaria"* tra quelle indicate nello stesso articolo e proposte dalle Amministrazioni Locali, consistenti in:

- a) *"...una galleria di by-pass alimentata da uno sfioratore con paratoie mobili, realizzato nella sponda del lago con soglia...posta alla quota massima di regolazione di 367,20"*;
- b) *"...una galleria di by-pass con imbocco sommerso protetto da una soglia fissa posta a quota 367,20 m s.m."*.

Al primo comma dello stesso articolo è scritto che *"le parti si impegnano ad adottare gli atti necessari a garantire la coerenza con il contenuto tecnico del progetto preliminare redatto dall'Associazione Temporanea di Imprese tra Land Service (Mandataria), Alpina, Altari, Graia e Studio Dr. L. Griffini (Progetto Preliminare) che si condivide integralmente, fatto salvo quanto indicato nei comma successivi"*.

Svolte le opportune indagini, gli scriventi hanno redatto la presente relazione volta a individuare la migliore soluzione tecnica tra quella individuata nel progetto prelimina-

re e quelle proposte dai Comuni, da confrontare, secondo i contenuti dell'Accordo, in termini di:

- sicurezza idraulica;
- compatibilità ambientale;
- compatibilità finanziaria;

La relazione si articola nei seguenti punti:

- 1) Premessa;
- 2) Descrizione sommaria del progetto preliminare;
- 3) Descrizione sommaria delle alternative proposte dai comuni;
- 4) Sicurezza idraulica;
- 5) Compatibilità ambientale;
- 6) Considerazioni economiche;
- 7) Conclusioni.

Nella pagine che seguono le quote sul livello del mare (s.m.) sono espresse secondo il sistema di coordinate adottato per l'idrometro di Idro, rispetto il quale sono individuate le quote di regolazione contenute nell'Accordo di Programma.¹ Il riferimento alle quote IGM, laddove presente, come nell'allegato C, è espressamente specificato.

¹La relazione generale del progetto preliminare specifica che l'altezza sul mare rilevata dalla strumentazione dell'idrometro di Idro è di due metri superiore rispetto a quella I.G.M. della cartografia.

2. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL PROGETTO PRELIMINARE

Il progetto preliminare delle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro, redatto dall'ATI Land Service, Alpina spa, Altair sas, Studio Dott. Geol. L. Griffini e Graia, datato 17/12/2007, prevede le seguenti opere principali:

- una nuova traversa di sbarramento e regolazione del lago posta circa 300 m a monte dell'esistente traversa avente 3 luci complessive, di cui: 2 luci principali di 11,50 m con soglia a quota 366,50 m s.m. e una luce secondaria in destra idraulica, atta a funzionare sotto battente, comprensiva di scala di risalita dei pesci con soglia a quota 365,72 m s.m. per garantire il rilascio del deflusso minimo vitale ed il transito di fauna ittica;
- una nuova galleria idraulica a sezione policentrica di by-pass della traversa, lunga circa 1,2 km con manufatto di presa a lago a imbocco sommerso alla quota di 361,55 m s.m. ed estradosso a quota 366,05 m s.m. e sbocco in comune di Lavenone;
- la sistemazione dell'alveo del Chiese nel tratto compreso tra la nuova traversa e l'opera di sbocco della galleria;
- la dismissione dell'attuale galleria di svaso detta "degli agricoltori" e della traversa esistente.

Nella figura 1, tratta dalla Relazione illustrativa del progetto preliminare, è rappresentata l'area di intervento con le opere oggetto del progetto.

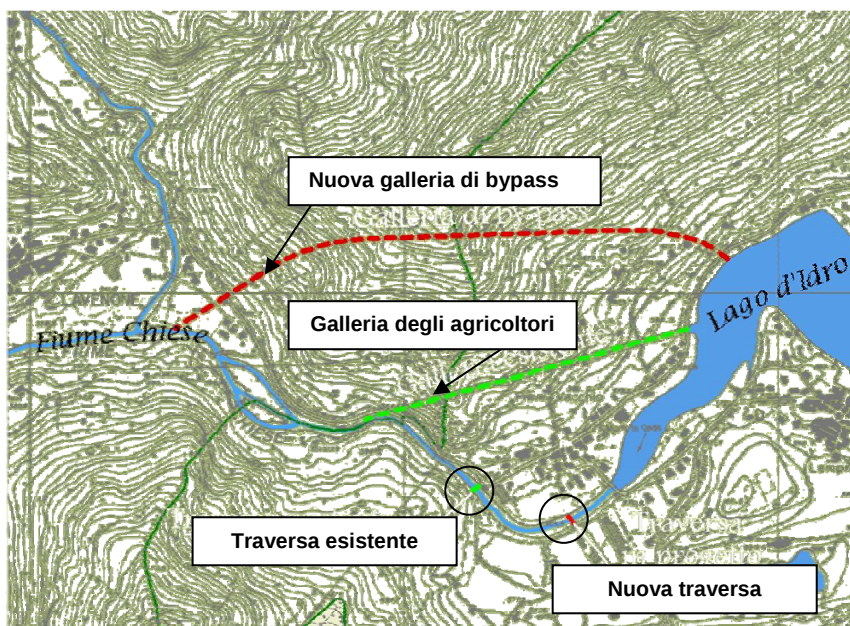


Fig. 1 Inquadramento dell'intervento

Come si è detto in premessa, la proposta dei Comuni prevede di modificare il progetto sostituendo l'imbocco sommerso della galleria con altro costituito da una soglia sfiorante posta alla quota di 367,20 m. s.m., ovvero 5,65 m più alto rispetto alla quota del progetto preliminare.

Il confronto tra le alternative indicate all'articolo 3 dell'Accordo di Programma interessa dunque la galleria di bypass, che viene pertanto nel seguito descritta nelle sue linee principali assieme alle motivazioni che hanno portato all'identificazione della soluzione progettuale indicata nell'Accordo di Programma.

2.1 La soluzione progettuale

Gli studi effettuati e le misure rilevate dal sistema di monitoraggio attivato dalla Regione Lombardia e da ARPA Lombardia mostrano la presenza di un fenomeno di frana attivo in sponda sinistra del fiume Chiese, poco a valle di Pieve Vecchia, circa in corrispondenza dell'esistente traversa di sbarramento. L'area è perimetrata ai sensi della Legge 267/98 e la zona di massima pericolosità (R1) interessa direttamente la traversa esistente e lo sbocco della galleria degli agricoltori.

Tali opere presentano problemi strutturali che hanno determinato le limitazioni d'invaso imposte dal Registro Italiano Dighe, ora Ministero delle Infrastrutture.

Il muro in sponda sinistra della traversa mobile di regolazione è stato interessato da cedimenti che hanno portato ad eseguire un intervento di rafforzamento della struttura, con riduzione della luce sinistra da 11 a 9 m.

La galleria di svaso è stata oggetto di interventi urgenti di ripristino e consolidamento, ma le condizioni di dissesto strutturale sono in rapida evoluzione. Ciò è evidenziato, oltre che dall'atto di collaudo degli ultimi lavori dell'aprile 2005, anche dalle misure strumentali e dai sopralluoghi condotti dalle istituzioni a seguito della recente apertura di un fornello (nel dicembre 2007) sul pendio sovrastante il tracciato della galleria. I fenomeni in atto nel pendio potrebbero determinare l'improvvisa indisponibilità della galleria. In caso di collasso della frana e conseguente ostruzione dell'alveo il lago si troverebbe senza recapito. Per tale motivo il progetto preliminare prevede la realizzazione di una nuova galleria di bypass, esterna all'area interessata dal movimento franoso, attraverso la quale far defluire in sicurezza le acque del lago².

Sulla base della situazione in atto si ritiene condivisibile l'impostazione progettuale che prevede l'abbandono della galleria degli agricoltori e la contestuale creazione di una nuova traversa e galleria di bypass, la cui progettazione e realizzazione deve tenere conto dei contenuti e degli obiettivi dell'Accordo di Programma.

2.2 La nuova galleria di by-pass

La nuova galleria idraulica di bypass si sviluppa a partire dalla sponda destra del lago ed è lunga circa 1200 m con imbocco situato circa 160 m a nord-est dell'imbocco della galleria di svaso attuale e sbocco sito nel comune di Lavenone circa 550 metri a valle dello sbocco della galleria degli agricoltori. La sezione interna è policentrica del diametro fondamentale di 6 m, la pendenza è costante e pari a 0,007.

Le opere di imbocco sono costituite da due luci sommerse, ciascuna delle dimensioni di 4,5x4,5 m, che convogliano l'acqua in due successivi condotti a sezione rettangolare regolati da due paratoie piane. Il fondo della galleria nel punto di battuta delle paratoie è a quota 361,50 m s.m.. Il funzionamento idraulico della galleria è a pelo libero. Le opere

² In Italia vi sono alcuni casi di soluzioni dello stesso tipo, ad esempio per la messa in sicurezza dell'accumulo di detriti formatosi con il collasso della Val Pola in Valtellina furono realizzate due gallerie di by-pass che hanno risolto in maniera definitiva il problema della sicurezza della valle dopo la formazione di un lago. La crescita costante derivante dai cospicui afflussi di monte avrebbe potuto provocare la tracimazione ed il conseguente cedimento dell'accumulo di frana e la formazione di un'onda di sommersione catastrofica. La realizzazione delle gallerie di bypass ha evitato tale catastrofe consentendo di ripristinare il deflusso idrico tra l'alta e la basse valle.

di sbocco sono precedute da un manufatto di dissipazione dell'energia sovrabbondante posseduta dalla corrente, costituito da una vasca dentata USBR tipo III realizzata interamente in galleria. La vasca è larga 12 m nella sezione iniziale e 8 m subito a valle. Lo sbocco in alveo del Chiese avviene tramite un manufatto scatolare in cemento armato avente due luci di passaggio di 7,5x4,0 m con area trasversale complessiva di 60 m². Al termine dello stesso è previsto un diffusore realizzato mediante due muri d'ala e un fondo in massi cementati. Il tratto di alveo prospiciente allo sbocco viene modellato e sistemato per garantire un corretto deflusso delle portate.

L'attuale galleria di svaso, detta "degli agricoltori", con condizioni di dissesto strutturale in rapida evoluzione, verrà dismessa, chiudendo per intero le sezioni di ingresso e di uscita con due muri in cemento armato; per la zona di sottopasso della statale SS n. 237 è previsto il riempimento del cavo con materiale stabilizzante.

Il dimensionamento della nuova galleria e le verifiche del funzionamento idraulico sono state eseguite dai progettisti con le seguenti ipotesi:

1. idrogramma di progetto per tempo di ritorno di 1000 anni, con portata al colmo pari a 1086 mc/s e volume di 110 Mmc, stimato nello "Studio della capacità di laminazione delle piene del lago d'Idro" redatto dal Prof. Luigi Natale (scenario di evento 1a "eventi idrologici" secondo il Documento di Pianificazione di emergenza provinciale per il rischio idrogeologico – idraulico del lago d'Idro");
2. quota massima di regolazione del lago 370,00 m s.m. (massima regolazione storica);
3. quota iniziale del lago ad inizio evento 370,00 m s.m., corrispondente alla situazione iniziale più sfavorevole;
4. funzionamento a pelo libero della nuova galleria di bypass, con capacità di evacuazione almeno di 300 m³/s;
5. configurazione della nuova traversa tale da lasciar defluire nel Chiese un deflusso minimo vitale di 2,50 mc/s (pari, secondo quanto indicato nel PTUA della Regione Lombardia al 10% della portata naturale media annua Q_{MA} alla sezione di Idro) incrementabile fino a 5,00 mc/s (pari al 20% di Q_{MA}) in qualsiasi condizione di livello di regolazione, ma comunque ipotizzando quote del lago sempre superiori a 366,75 m s.m.;

6. predisposizione di apposita scala di risalita della fauna ittica in grado di funzionare per ogni livello del lago.

Le simulazioni numeriche eseguite nella fase di progettazione mostrano che l'imbocco della galleria di bypass è in grado di smaltire portate dell'ordine di 100–200 m³/s già a partire dagli istanti iniziali dell'onda di piena. Il livello massimo raggiunto dal lago durante l'evento di riferimento, con quota iniziale del lago a 370,00 m s.m., è risultato di 373,48 m s.m. e la portata massima evacuata dell'ordine di 300 m³/s. La tavola fuori testo IDR-01 (Allegato C) evidenzia l'isoipsa corrispondente ed il livello del lago in diverse località rivierasche. I dati sopraccitati, utilizzati quali punti di riferimento della presente relazione, sono riportati a pagina 39 della Relazione Idrologica e Idraulica del Progetto Preliminare (Elaborato PA000IDRT01A).

Nella figura (Fig. 2) è riportato lo schema dell'opera di imbocco della nuova galleria di by-pass di cui si discute (la quota riportata è riferita all'idrometro di Idro).

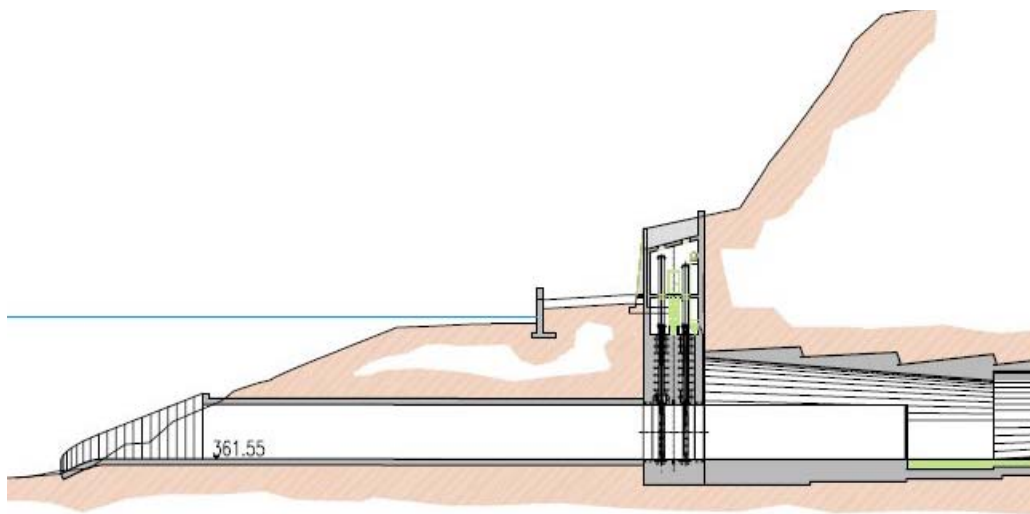


Fig. 2: imbocco della galleria di bypass prevista nel progetto preliminare

3. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE ALTERNATIVE PROPOSTE DAI COMUNI

Come accennato in premessa, i Comuni rivieraschi di Anfo, Bagolino, Idro e Lavenone nell'Accordo di Programma hanno proposto due alternative al Progetto Preliminare che, nella sostanza, sostituiscono le opere di imbocco della nuova galleria di by-pass prevista in detto progetto con:

1. uno sfioratore, realizzato nella sponda del lago, con soglia posta alla quota di 367,20 m s.m., dotato di paratoie mobili ed eliminazione dell'imbocco sommerso previsto nel progetto preliminare;
2. uno sfioratore, realizzato nella sponda del lago, con soglia posta alla quota di 367,20 m s.m. a protezione dell'imbocco sommerso previsto nel progetto preliminare.

Come è indicato schematicamente nelle figg. 3 e 4, queste soluzioni si differenziano tra loro per il fatto che in un caso l'intercettazione delle portate avviene, come nel progetto preliminare, tramite paratoie situate in corrispondenza dell'imbocco della galleria, nell'altra tramite paratoie situate sulla soglia sfiorante. Il raccordo della soglia sfiorante con la galleria di by-pass può essere costituito o da un tronco di condotto opportunamente sagomato di dimensioni decrescenti da monte verso valle, oppure da un canale collettore che raccoglie le acque sfiorate dalla soglia fissa, seguito da un condotto simile a quello ora indicato.

Le due soluzioni prevedono che le paratoie rimangano sempre chiuse e vengano aperte solo al verificarsi di un evento catastrofico, in particolare in caso di mobilitazione dell'ammasso franoso. Le paratoie sono pertanto intese quali organi di intercettazione e non di regolazione, possono cioè essere chiuse o completamente aperte; ne deriva che al verificarsi dell'evento catastrofico il deflusso sullo stramazzo è libero.

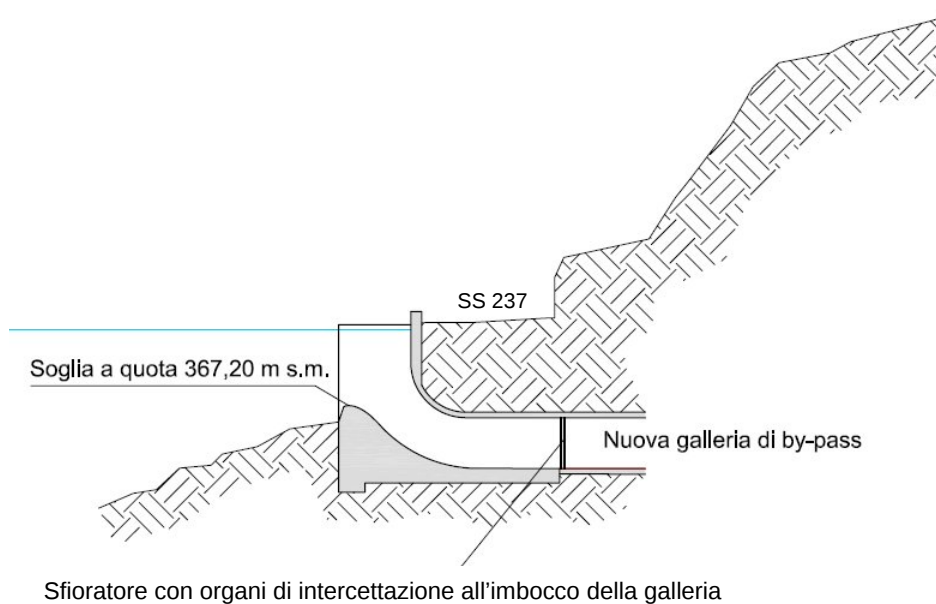


Fig. 3: alternativa 2) proposta dai Comuni

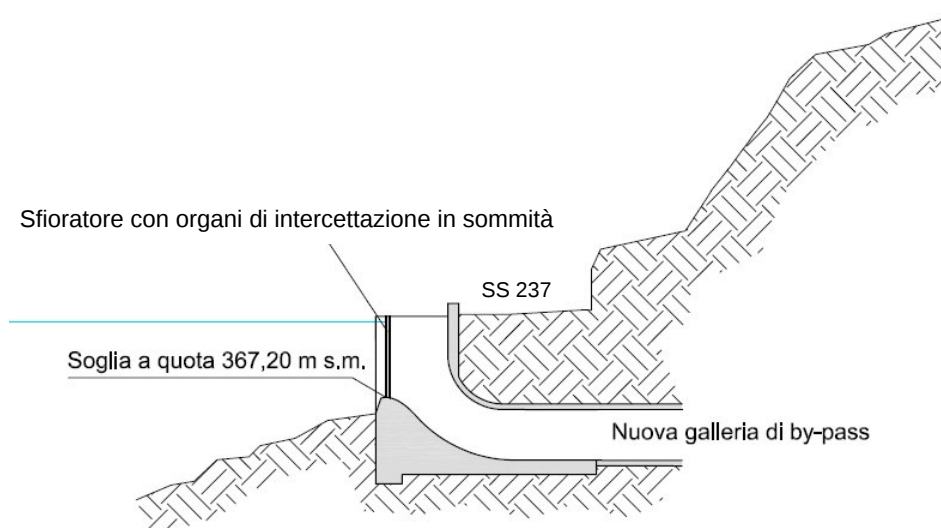


Fig. 4: alternativa 1) proposta dai Comuni

4. SICUREZZA IDRAULICA

Il giudizio sulla sicurezza idraulica offerta dalle soluzioni progettuali prospettate nell'accordo di programma deve essere basato sui valori della portata massima scaricata al verificarsi dell'evento di piena millenaria e del corrispondente livello del lago: quanto minori sono tali valori tanto maggiore è il livello di sicurezza idraulica dei territori interessati da tale evento. Infatti il massimo livello raggiunto dal lago fornisce la "misura" degli allagamenti prodotti ai territori rivieraschi, mentre la portata massima scaricata a valle del lago è l'indicatore per valutare il rischio di esondazione del fiume Chiese nei territori vallivi. La portata evacuata dalla galleria di by-pass non deve pertanto superare determinati valori per evitare danni al sistema idrico naturale ed ai territori di valle e, al contempo, il livello massimo del lago deve essere il più basso possibile per contenere i danni derivanti dagli allagamenti conseguenti. La tavola fuori testo IDR-01 (Allegato C) evidenzia in diverse località rivierasche le curve di livello attorno allo specchio liquido e dà quindi evidenza dei territori allagati al variare del massimo livello raggiunto dal lago durante l'evento di piena.

Come si è già accennato, nella soluzione del progetto preliminare, l'evento di piena preso in esame è quello stimato dal Prof. Luigi Natale nello "Studio della capacità di laminazione delle piene del lago d'Idro", caratterizzato da una portata di colmo di circa 1100 m³/s ed un volume di circa 110x10⁶ m³ e le opere in progetto sono state dimensionate considerando per il livello del lago, nel momento in cui l'onda di piena inizia ad entrare nello stesso, la quota di massima regolazione storica di 370,00 m s.m. (riferita all'idrometro di Idro). Tale quota è la più sfavorevole tra le quote storiche di massimo invaso e si riferisce alla Regolazione stabilita con R.D. n. 9991 del 22/09/1932. Sotto queste ipotesi è risultato che, per effetto della laminazione operata dal lago la portata massima scaricata si riduce da 1100 m³/s a 300 m³/s circa mentre il lago raggiunge la quota di 373,48 m s.m.

Come è noto nei riguardi dell'efficacia della laminazione, la configurazione ottimale di uno scaricatore di piena a servizio di un invaso deve essere tale da assicurare nei primi momenti di arrivo dell'onda di piena lo smaltimento di portate di una certa entità e suc-

cessivamente di contenerne l'aumento connesso con i maggiori livelli idrici che il lago assume all'aumentare delle portate entranti.

Un comportamento del genere è quello tipico di scaricatori costituiti da luci a battente dimensionate in relazione alla portata massima da smaltire, situate alla quota più bassa possibile compatibilmente con le caratteristiche orografiche del sistema lago-corso d'acqua ricevente. Ciò risulta chiaramente dalla fig. 5 nella quale è riportata schematicamente la scala di efflusso di luci siffatte, per le quali la portata scaricata è funzione della potenza a $\frac{1}{2}$ del carico. Risulta evidente che adottando un manufatto di questo tipo, nella prima fase del processo di laminazione la portata in uscita supera quella in entrata al lago e di conseguenza il livello dello stesso si abbassa rendendo disponibile un volume di invaso che si va ad aggiungere a quello sovrastante la quota in cui ha inizio la piena.

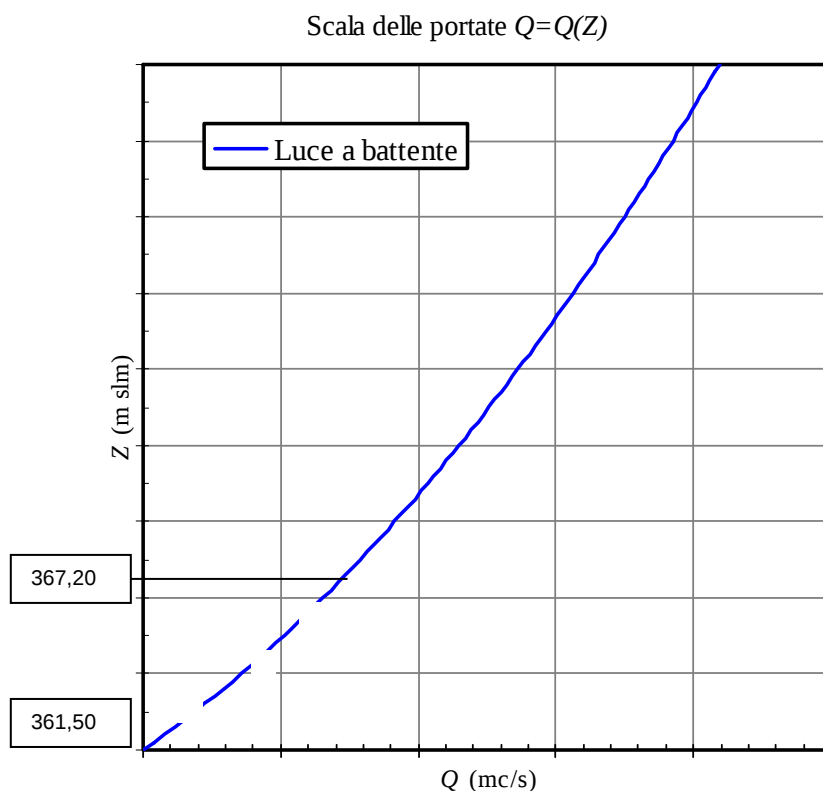


Fig. 5: scala di efflusso per luci sommerse

Nel caso di scaricatori di piena costituiti da una soglia sfiorante libera posta alla quota q_i , la portata scaricata è funzione della potenza a $\frac{3}{2}$ del carico e la scala di efflusso ha l'andamento di fig. 6. In tal caso, nella fase iniziale del fenomeno di piena, la portata

entrante supera quella uscente dal lago sicché il livello dello stesso cresce gradualmente, e, al contrario di quanto avviene per gli scaricatori sommersi, il volume di invaso utile per la laminazione rimane quello disponibile al disopra della quota dello stramazzo.

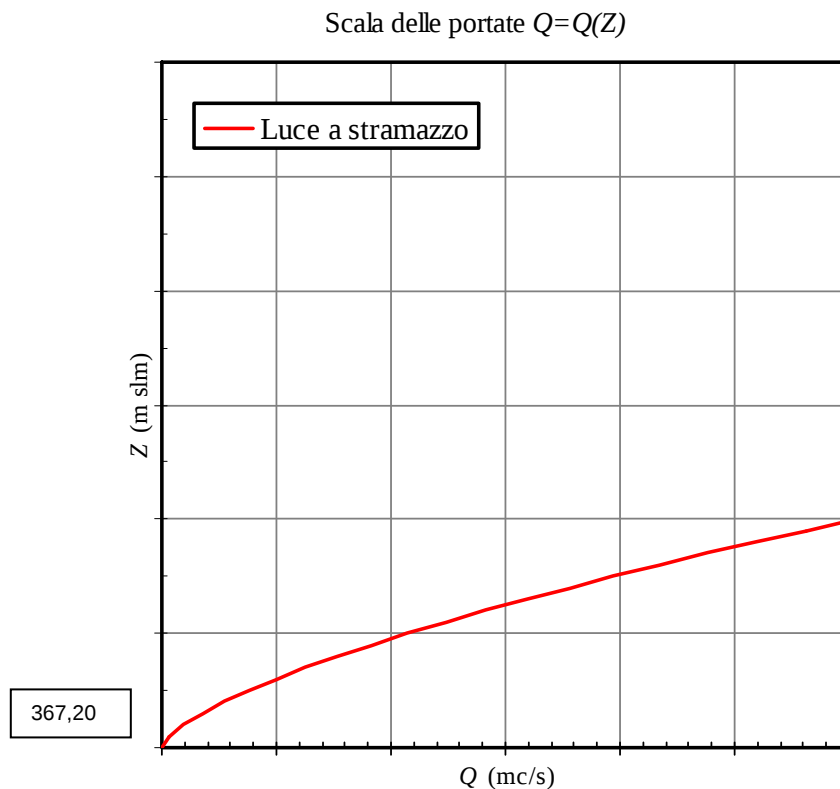


Fig. 6: scala di efflusso per luci a stramazzo

Ne consegue che le opere di scarico con funzionamento a battente determinano, a parità di portata scaricata, livelli del lago minori e conseguentemente allagamenti delle sponde meno estesi.

Naturalmente, se gli scaricatori a stramazzo sono rigurgitati da valle per l'esistenza di sezioni di controllo, ad esempio del tipo di quella prevista nel progetto preliminare, al crescere del livello iniziale del lago, il fenomeno descritto riduce i suoi effetti e i comportamenti dei due tipi di scaricatori si avvicinano fino a confondersi.

Per quantificare le prestazioni di tali sistemi in termini di portata massima evacuata e di livello massimo del lago, è stata effettuata un'analisi della laminazione dell'onda di piena millenaria considerando scaricatori costituiti inizialmente da soglie di sfioro non rigurgitate di diversa lunghezza (6,7,10,15 e 20 m), tutte poste alla quota massima consi-

derata nel progetto preliminare (370,00 m s.m. riferita all'idrometro di Idro). Quale piena di riferimento si è assunta al solito quella millenaria stimata dal Prof. Luigi Natale. Sulla base di tali ipotesi di lavoro si è risolta numericamente l'equazione di continuità scritta per i serbatoi:

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

in cui $W(t)$ è il volume invasato nel lago al tempo t , e $Q_e(t)$ e $Q_u(t)$ le portate rispettivamente entrante ed uscente dal lago al medesimo tempo. La portata $Q_e(t)$ è quella dell'onda millenaria, mentre la portata uscente $Q_u(t)$ si valuta con la scala delle portate della soglia sfiorante (fig. 6) ed ha la nota espressione $q = \mu l h \sqrt{2gh}$ con l ed h rispettivamente lunghezza dello stramazzo e carico sullo stesso, g l'accelerazione di gravità, μ coefficiente di efflusso per che per soglie raccordate può essere assunto pari a $0,48 \div 0,50$.

I risultati ottenuti sono rappresentati nell'allegato A e riassunti nel grafico di fig. 7 che ha in ascisse e in ordinate rispettivamente la quota massima raggiunta dal lago e la portata massima scaricata. I punti in rosso rappresentano il funzionamento degli scaricatori aventi la lunghezza accanto indicata. Nello stesso grafico è riportato il punto rappresentativo del funzionamento della soluzione prevista nel progetto preliminare³.

³ L'andamento lineare della relazione portata massima scaricata-livelli massimi del lago rappresentato in fig. 7 trova spiegazione nelle considerazioni che seguono. Nel caso di invasi muniti di scaricatori di piena costituiti da soglie a stramazzo non rigurgitate si può ritenere [V. MARONE, Calcolo di massima dell'effetto di laminazione di un serbatoio sulle piene, L'Energia elettrica n. 7, luglio 1969] che la riduzione dei colmi di piena per effetto della laminazione operata dall'invaso sia proporzionale al rapporto tra il volume disponibile per la laminazione e il volume dell'onda di piena; si può pertanto scrivere:

$$Q_u = Q_e \left(1 - \frac{Wl}{Wp} \right) \cong Q_e \left(1 - k \frac{A \cdot h}{Wp} \right)$$

in cui Q_u e Q_e rappresentano rispettivamente la portata massima evacuata dallo scaricatore e la portata al colmo di piena, A è l'area (supposta in prima approssimazione costante) della superficie del lago, h è il carico sullo stramazzo, Wl è il volume utile per la laminazione, Wp è il volume dell'onda di piena e k un coefficiente correttivo di taratura che tiene conto delle approssimazioni del modello rispetto al funzionamento reale. Poiché Q_e , A , Wp e k sono costanti, Q_u risulta funzione lineare decrescente di h e quindi del livello del lago.

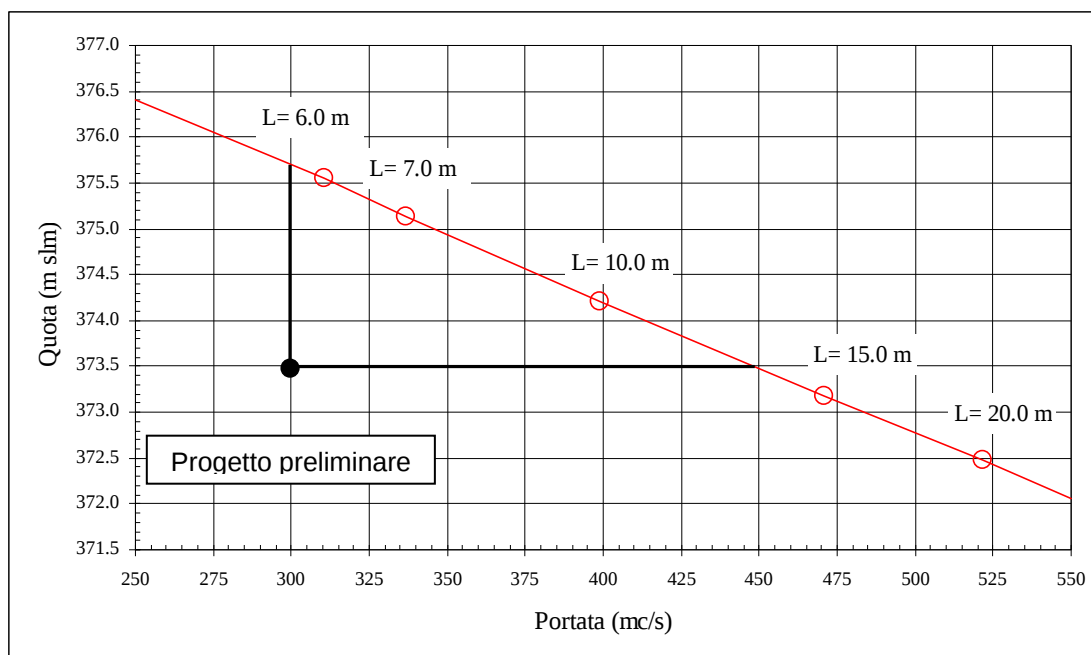


Fig. 7: massime portate scaricate e livelli massimi del lago al variare della lunghezza della soglia di sfioro

Come si vede le prestazioni degli scaricatori con soglia sfiorante libera sono decisamente peggiori di quella dell'imbocco sommerso previsto nel progetto preliminare. Infatti volendo contenere la portata massima da evacuare in $300 \text{ m}^3/\text{s}$ occorre una soglia sfiorante della lunghezza di circa 6 m il cui funzionamento determina, al presentarsi dell'onda di piena millenaria, un livello del lago di 375,80 m s.m., cioè di circa 2,30 m superiore a quella raggiunta con le opere del progetto preliminare; per contro, affinché la quota massima del lago non superi il valore di 373,48 (quota del progetto preliminare), la soglia sfiorante deve essere lunga circa 15 m e la portata massima scaricata risulta essere di $465 \text{ m}^3/\text{s}$ (di ben $165 \text{ m}^3/\text{s}$ superiore a quella evacuata dalle opere previste nel progetto preliminare) e non compatibile con l'alveo del Chiese a valle del lago. La tavola fuori testo IDR-01 (Allegato C) evidenzia, per diverse località rivierasche, le curve di livello relative alle quote sopra indicate: 375,80 m s.m. e 373,48 m s.m. (~373,50). Come si è già detto in precedenza il funzionamento degli scaricatori a stramazzo può migliorare anche notevolmente se nel momento in cui il carico supera un certo valore, la soglia sfiorante viene rigurgitata per l'esistenza di una sezione di controllo posta all'imbocco della galleria funzionante come luce a battente.

Per esaminare questa possibilità è stato considerato il caso che la soglia dello scaricatore venga rigurgitata da una sezione di controllo simile a quella prevista nel progetto preliminare. Anche in questo caso le simulazioni sono state effettuate considerando diversi valori della lunghezza della soglia sfiorante (20, 50 e 100 m) e della quota iniziale del lago (367,20 – 368,50 e 370,00 m s.m.).

Nelle simulazioni effettuate la scala delle portate ha l'andamento indicato qualitativamente in fig. 8 ed è costituita da due rami: il primo A-B corrisponde al funzionamento dello stramazzo non rigurgitato e il secondo tratto B-C traduce il funzionamento idraulico della sezione di controllo situata all'inizio della galleria di by-pass la cui espressione è, come è noto $Q = \mu \Omega \sqrt{2gh}$, con h carico sulla soglia, Ω area della luce e μ coefficiente di efflusso pari a 0,6.

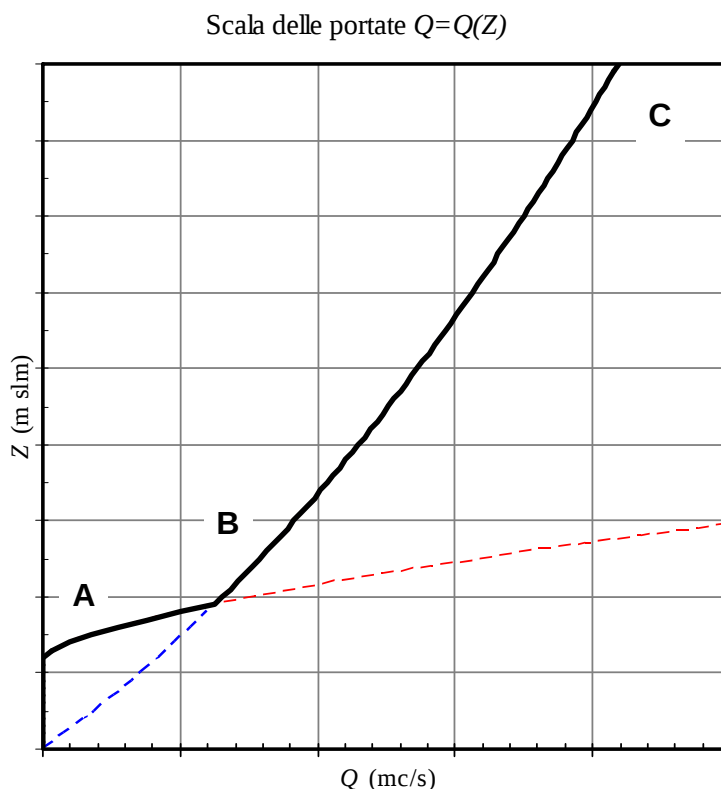


Fig. 8: scala delle portate con stramazzo rigurgitato

In complesso sono state effettuate oltre 40 simulazioni del fenomeno di laminazione. I risultati ottenuti sono riportati nell'allegato B; essi mostrano che, a parità di livello ini-

ziale del lago, le differenze nei valori della portata massima scaricata e dei corrispondenti livelli del lago variano in un campo di valori piuttosto ristretto.

In particolare nel caso in cui il livello iniziale del lago sia pari a 370,00 m s.m. nei vari casi esaminati è risultato che al verificarsi della piena millenaria, la portata massima scaricata è dell'ordine di $310 \text{ m}^3/\text{s}$ e il livello massimo del lago raggiunge una quota di 50 cm circa superiore a quella del progetto preliminare (vedi tavola IDR-01 – Allegato C).

Naturalmente si tratta di risultati di primo orientamento che andrebbero approfonditi in sede di progettazione.

5. COMPATIBILITA' AMBIENTALE

L'impatto potenziale della soluzione individuata nel progetto preliminare è stimato nello studio di prefattibilità ambientale del progetto, che valuta gli effetti delle opere sulle diverse componenti ambientali interessate, in fase di cantiere ed in fase di esercizio delle stesse.

La cantierizzazione delle soluzioni alternative proposte dai Comuni è analoga a quella del progetto preliminare, in quanto il territorio interessato e le componenti ambientali sono le medesime; anche il tempo necessario per realizzare l'imbocco con stramazzo è del tutto confrontabile con quello relativo alla soluzione con bocca a battente prevista in progetto.

Il layout di cantiere è sviluppato nelle tavole *"PACAFST0001A CANTIERI E FASI REALIZZATIVE – Zona di imbocco, fasi realizzative: macrofase 1"* e *"PACAFST0002A CANTIERI E FASI REALIZZATIVE – Zona di imbocco, fasi realizzative: macrofase 2"*, alle quali riferirsi anche per le soluzioni che prevedono la realizzazione della soglia sfiorante a quota 367,20 m s.m..

L'analisi dell'impatto sull'ambiente è stato pertanto riferito alla fase di esercizio delle opere. Analizzando le componenti ambientali su cui ha effetto la modifica progettuale proposta dai comuni, si rileva che di fatto è interessato solo il sistema paesaggio, che vede mutare l'aspetto delle sponde del lago in funzione della dimensione e della tipologia dei manufatti d'imbocco. In tutte le alternative considerate la regola di gestione, e quindi i livelli del lago, restano infatti gli stessi, in quanto le quote di regolazione sono fissate dall'Accordo di Programma.

Per valutare l'impatto delle modifiche sul paesaggio sono state realizzate le simulazioni fotorealistiche delle nuove opere riportate nelle figure seguenti.

Le alternative analizzate sono le seguenti:

- soglia sfiorante fissa posta a quota 367,20 m s.m. lunga 25,0 m (20 m con raccordi laterali);
- soglia sfiorante fissa posta a quota 367,20 m s.m. lunga 50,0 m;
- soglia sfiorante fissa posta a quota 367,20 m s.m. lunga 100,0 m;
- soglia sfiorante fissa posta a quota 367,20 m s.m. lunga 25,0 m munita di paratoie di regolazione in sommità.

Per evitare effetti di mascheramento, le simulazioni fotorealistiche sono state eseguite considerando il punto di vista più sfavorevole, ponendosi cioè sulla sponda opposta del lago, dove è maggiore la porzione di opera visibile.

L'accordo di programma prevedeva che i professionisti incaricati sentissero *“un esperto in ingegneria con competenze specifiche in materia, proposto dalle associazioni ambientaliste e nominato dai comuni”*, per la determinazione della soluzione migliore. Il Comune di Idro con nota prot. 4562 del 11/09/2008 ha richiesto al Coordinamento delle Pro Loco di Anfo, Bondone-Baitoni e di Idro, al Comitato Difesa Lago d'Idro e Fiume Chiese, a Legambiente ed agli Amici della Terra Club Lago d'Idro e Valle Sabbia di proporre di comune accordo, entro il 30/09/2008, il tecnico di fiducia di cui sopra. Gli scriventi non avendo avuto alcun riscontro in merito alla richiesta di nomina formulata dal Sindaco di Idro, per poter rispettare la tempistica prevista nell'incarico affidato, hanno quindi proceduto a valutare la compatibilità ambientale secondo quanto riportato nella presente relazione.

Attraverso i rendering realizzati è in ogni modo possibile, per tutte le parti coinvolte, valutare direttamente l'impatto delle diverse soluzioni, ripercorrendo il percorso compiuto dagli scriventi professionisti in sede di parere pro – veritate.

La prima immagine (Fig. 9) mostra la situazione attuale, in assenza di manufatto, e corrisponde anche alla soluzione del progetto preliminare, poiché le opere di imbocco (galleria con fondo a 361,50 m s.m. e sommità a 366,00 m s.m.) sono poste a quote inferiori rispetto alla quota di minima regolazione prevista nell'Accordo di Programma (367,20 m s.m.).

La seconda immagine (Fig. 10) riporta la soluzione che prevede la realizzazione di una soglia sfiorante a quota 367,20 m s.m. lunga 25 m, con paratoie poste all'ingresso della galleria. La terza (Fig. 11) si riferisce alla stessa soluzione con paratoie posizionate sullo stramazzo invece che nella sezione di imbocco della galleria. La quarta e quinta immagine (Figg. 12 e 13) raffigurano la soluzione con soglie alla medesima quota lunghe 50 e 100 m, con organi di intercettazione posti all'imbocco della galleria.



Fig. 9: sponda destra del lago in corrispondenza della zona di imbocco della nuova galleria di by-pass – scenario attuale e scenario progetto preliminare



Fig. 10: alternativa con soglia a 367,20 m s.m. di 25,0 m e paratoie all'imbocco della galleria



Fig. 11: alternativa con soglia a 367,20 m s.m. di 25,0 m e paratoie sullo stramazzo



Fig. 12: alternativa con soglia a 367,20 m s.m. di 50,0 m e paratoie all'imbocco della galleria



Fig. 13: alternativa con soglia a 367,20 m s.m. di 100,0 m e paratoie all'imbocco della galleria

Le figure mostrano che l'impatto delle opere, come era ragionevole attendersi, cresce al crescere della lunghezza della soglia di sfioro ed a parità di lunghezza è maggiore per l'alternativa che prevede gli organi di intercettazione sullo stramazzo invece che nella sezione di imbocco della galleria. Dalla sponda opposta del lago, oltre alle opere civili, sono infatti sempre in vista gli organi metallici di intercettazione. Il posizionamento delle paratoie in sommità crea inoltre una zona tra la galleria e le paratoie stesse che, a paratoie chiuse, rimane in asciutta e non beneficia, pertanto, dell'effetto di mitigazione offerto dalla presenza di acqua. In tal caso dalla strada SS 237 si vedono il retro delle paratoie, i manufatti di sostegno ed il fondo del canale sagomato che porta all'imbocco della galleria.

L'alternativa con soglia senza paratoie di regolazione in sommità, in termini di impatto ambientale, è pertanto preferibile. La soluzione del progetto preliminare è in ogni modo quella con minore impatto, poiché a lavori ultimati l'aspetto della sponda sarà del tutto analogo all'attuale stato dei luoghi.

Infine, per un opportuno confronto con le opere ad oggi esistenti, l'immagine seguente mostra lo stato di fatto relativo all'attuale galleria di svaso o "galleria degli agricoltori".



Fig. 14: destra del lago in corrispondenza della zona di imbocco della “galleria degli agricoltori”

6. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

Il costo delle soluzioni alternative proposte dai Comuni può essere valutato con attendibilità solo sulla base di un progetto sviluppato almeno a livello preliminare. Tuttavia, per gli scopi di questo parere tecnico pro-veritate, ai fini di una valutazione comparativa di larga massima di detto costo con quello del progetto preliminare, ci si può basare su possibili e ragionevoli schematizzazioni delle soluzioni alternative, attraverso stime parametriche fondate sulle voci di costo che fanno parte del progetto preliminare.

Limitandoci a considerare la soluzione dei Comuni che prevede per l'evacuazione delle piene del lago uno scaricatore a stramazzo seguito da una sezione di controllo posta immediatamente a monte della galleria di by-pass munita di paratoie piane – come quelle previste nel progetto preliminare – un possibile schema di soluzione in grado di contenere costi ed impatto visivo è quello rappresentato sommariamente in fig. 15 assieme all'analogo schema delle opere di imbocco previste nel progetto preliminare (fig. 16).

Come si vede in detto schema lo scaricatore di piena è costituito da un breve tronco di canale a sezione rettangolare con fondo sub-orizzontale con pareti di altezza variabile lungo una ventina di m che si spinge all'interno della sponda del lago a cui segue una soglia sfiorante della stessa larghezza ed un tronco di canale per il raccordo con la sezione di controllo disegnato in modo idrodinamicamente corretto. In questo schema i manufatti murari visibili sono ridotti al minimo, meglio ancora se il fondo del canale è posto ad una quota inferiore di qualche decina di centimetri a quella minima di regolazione.

Passando alle considerazioni economiche, per il confronto dei costi tra la soluzione progettuale e le soluzioni proposte dai Comuni, si può fare riferimento, come detto, al calcolo sommario della spesa del progetto preliminare, nel quale essi compaiono disaggregati in varie voci. In particolare per quanto riguarda le opere di imbocco è previsto un costo di 4 milioni di euro, così suddiviso:

Opere civili

demolizioni	€	100'000,00
movimenti terra	€	150'000,00
opere provvisionali	€	1'750'000,00
manufatti	€	600'000,00

finiture e ripristini	€	200'000,00
<u>Opere elettromeccaniche</u>		
paratoie	€	900'000,00
centrale oleodinamica	€	300,000,00

Per una stima di larga massima del costo del manufatto di imbocco riportato in figura 15 si è ipotizzato che le voci di costo delle apparecchiature elettromeccaniche, delle opere provvisorie e dei movimenti di terra siano della stessa entità di quelle del progetto preliminare; di modo che la sola voce che più influisce nella stima delle opere variare è quella relativa ai lavori murari ed ai ripristini e che può essere ritenuta, in una valutazione di larga massima, proporzionale ai relativi volumi. La cantierizzazione delle opere, che richiede ben 1'750'000,00 euro, può essere considerata del tutto simile per la soluzione di progetto e per l'alternativa considerata.

Seguendo questo criterio si è giunti a stimare **in circa 1'000'000 € il maggior costo** della soluzione dei Comuni; tale costo aggiuntivo è dunque pari a circa il 3% del totale dell'intervento (€ 29'950'000,00), quindi influente ai fini del confronto economico in discussione.

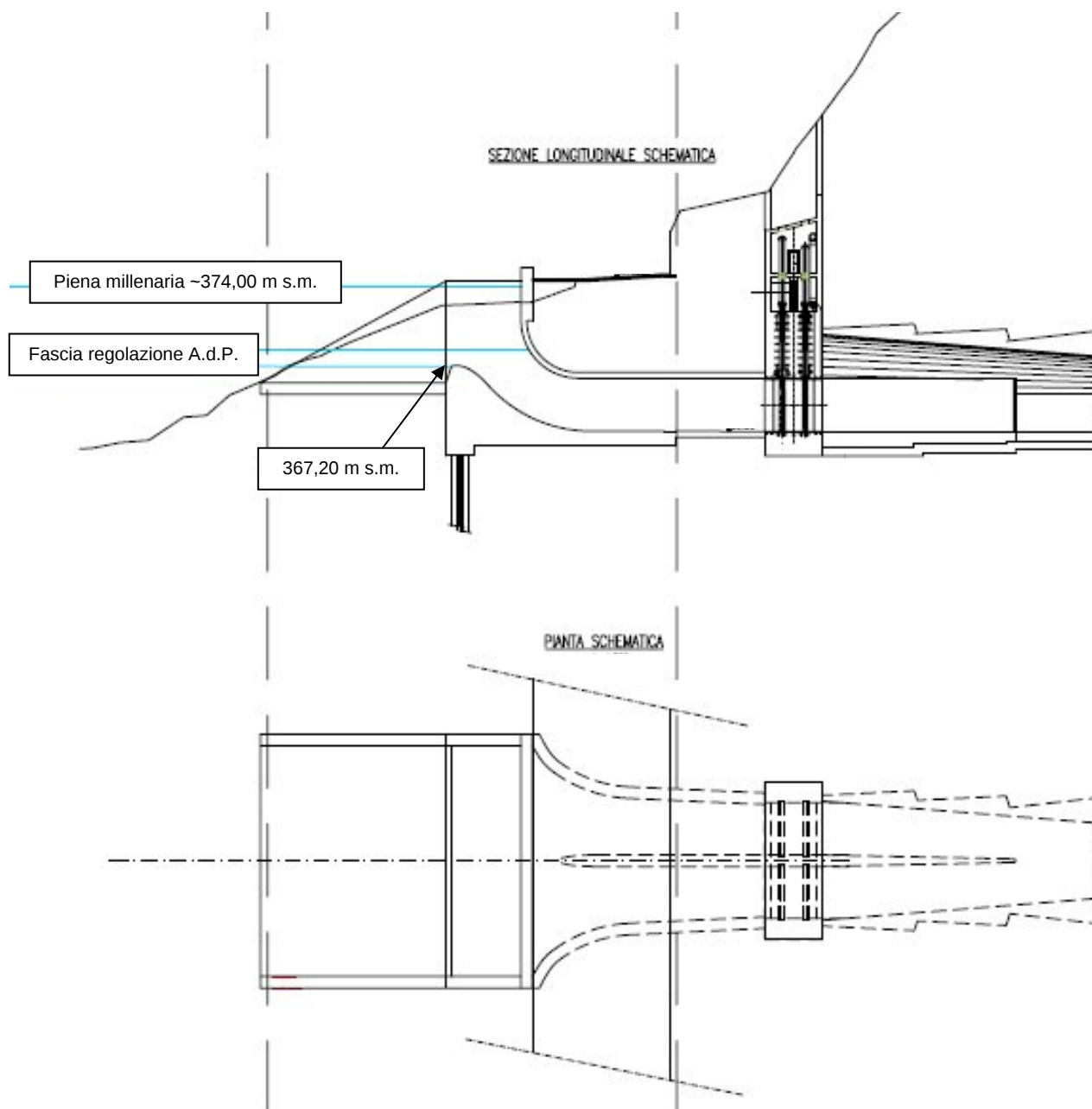


Fig. 15: schema (pianta e sezione) della soluzione proposta dai Comuni con paratoie in corrispondenza della sezione di imbocco della nuova galleria di bypass: alternativa 2 (quote idrometro)

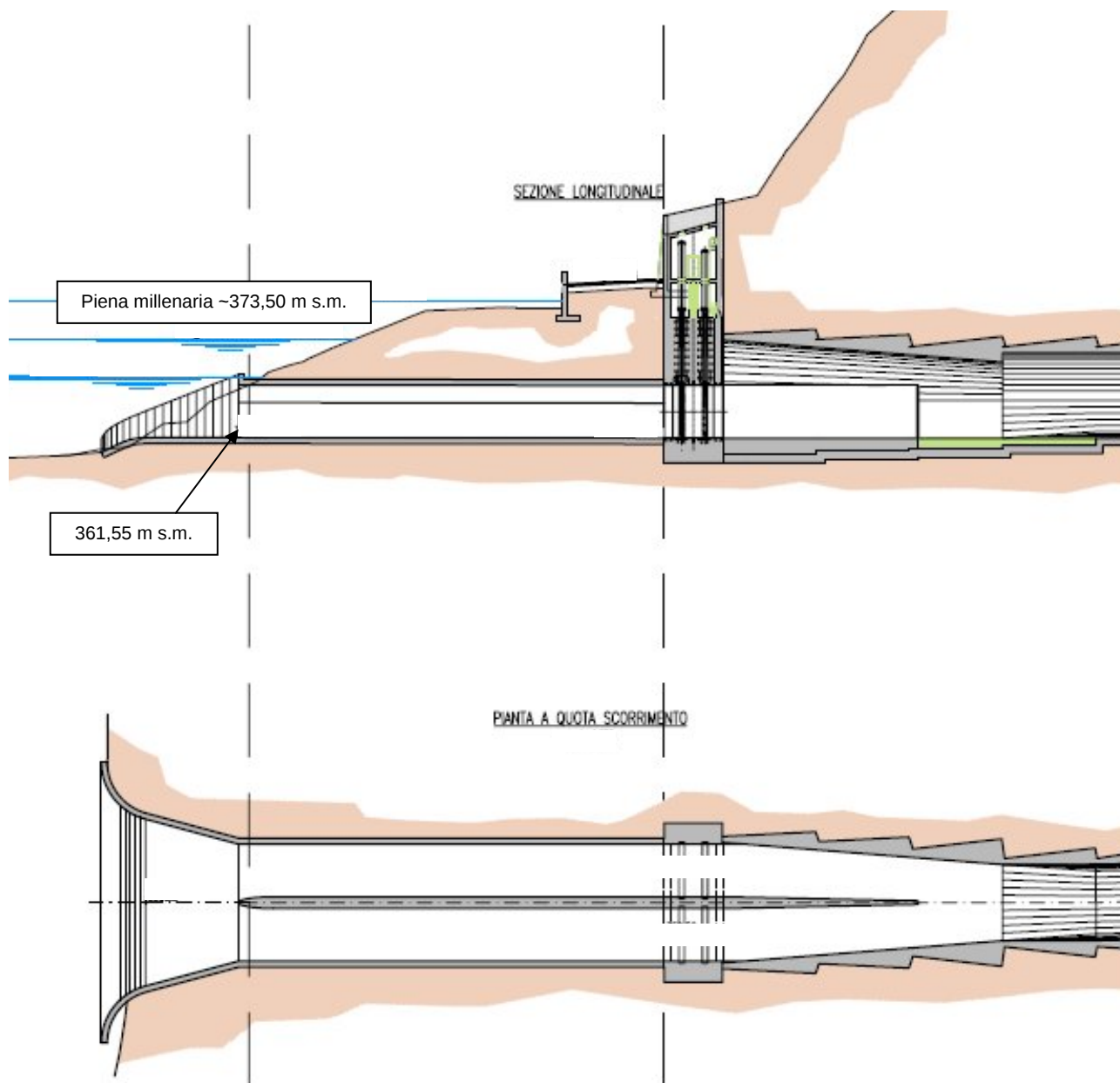


Fig. 16: pianta e sezione della soluzione del progetto preliminare (quote riferite a idrometro)

7. CONCLUSIONI

Come si è già accennato, l'Art. 3 dell'accordo di programma riguarda il ripristino delle idonee condizioni di sicurezza e richiede l'impegno delle parti a garantire la coerenza con il contenuto tecnico del progetto preliminare in discussione, contenuto richiamato al punto 1 di questa relazione.

Alla base di tale progetto vi è la considerazione che la galleria di by-pass prevista per controllare le piene del lago d'Idro, nel caso di ostruzione del Chiese causata dal collasso della frana in sponda sinistra o per altra catastrofe naturale, deve essere in grado di scaricare portate il più elevate possibili fin dai primi istanti in cui si verifica il fenomeno e ciò al fine di ottimizzare l'effetto di laminazione dell'onda di piena operato dal lago. Pertanto il progetto prevede di situare l'imbocco della galleria a quote inferiori a quella di minima di regolazione. In tal modo non appena inizia a presentarsi la piena o anche prima, nel caso si possa contare su di un preannuncio della stessa tramite opportuni sistemi a ciò destinati, l'opera inizia a scaricare portate elevate superiori a quelle in ingresso al lago, migliorando l'effetto di laminazione operato dallo stesso.

Nella configurazione del progetto preliminare, dalle modellazioni numeriche effettuate è risultato che, al verificarsi dell'evento di piena millenaria, quando il livello del lago è alla quota di massima regolazione storica (370 m s.m.), la portata massima scaricata è di circa $300 \text{ m}^3/\text{s}$, il sovrizzo del livello del lago si attesta attorno a 3,5 m (quota massima raggiunta dal lago di 373,48 m s.m.). Si veda al proposito la tavola IDR-01 (Allegato C).

Con le opere del progetto preliminare, considerando il medesimo sovrizzo, risulta quindi che nel caso di evento di piena con tempo di ritorno 1000 anni e lago alla quota minima di regolazione, cioè a 367,20 m s.m. (livello questo più probabile in conseguenza di adeguate manovre di svaso preventivo attuate con preavviso di piena) i livelli rimarrebbero confinati poco al di sopra della quota storica di massima regolazione.

Le due soluzioni proposte dai Comuni sostituiscono l'imbocco sommerso del progetto preliminare con altro a stramazzo con soglia posta alla quota indicata nell'accordo di programma (367,20 m s.m.)

In sintesi le analisi condotte dagli scriventi hanno mostrato che la soluzione n. 1 dei Comuni è inadeguata sotto il profilo tecnico, soprattutto in termini di sicurezza idraulica.

La soluzione n. 2 (sfioratore con organi di intercettazione in corrispondenza dell'imbocco della galleria) consente di controllare l'evento di piena con tempo di ritorno di 1000 anni, seppure con prestazioni inferiori rispetto a quelle del progetto preliminare.

Le soluzioni dei comuni forniscono prestazioni inferiori rispetto alla configurazione del progetto preliminare per le ragioni di seguito elencate.

- **Sicurezza idraulica:**

1. per fenomeni di piena molto intensi ($T=1000$ anni), a pari portata massima scaricata ($\sim 300 \text{ m}^3/\text{s}$), il livello massimo raggiunto dal lago nella configurazione di progetto è inferiore rispetto a quello che si avrebbe con le soluzioni dei Comuni, con conseguenti minori allagamenti delle sponde. Tale differenza, nel caso dell'alternativa 1) è dell'ordine di 2,5 m. Viceversa, affinché il livello massimo del lago non superi quello che si avrebbe nella soluzione del progetto preliminare (373,48 m s.m.), la portata massima da scaricare sarebbe di circa $160 \text{ m}^3/\text{s}$ superiore ($Q = 460 \text{ m}^3/\text{s}$ circa), quindi incompatibile con le dimensioni della galleria in progetto (occorrerebbe realizzare una galleria capace di un deflusso di tale ordine di grandezza) e con la capacità di deflusso del fiume Chiese a valle del lago.

Introducendo a valle dello stramazzone e immediatamente a monte della galleria di by-pass una sezione di controllo con funzionamento a battente (alternativa 2), gli incrementi del livello del lago e della portata massima scaricata si riducono rispettivamente a 0,50 m e $40 \text{ m}^3/\text{s}$ circa.

2. in caso di catastrofi preannunciate gli scaricatori con imbocco sommerso, come quello previsto nel progetto preliminare, possono consentire di abbassare il lago al disotto della quota minima di regolazione, rendendo disponibili maggiori volumi per la laminazione dei colmi di piena. In tal modo, per effetto dell'aumento dei volumi di

laminazione, il livello massimo raggiunto dal lago durante la piena è inferiore di una quantità anche maggiore dell'abbassamento iniziale del lago sotto la quota di minima regolazione;

3. L'imbocco sommerso garantisce contro il rischio, non secondario, di intasamento da parte del materiale flottante (alberi, cespugli, carcasse di animali, etc.) che, come insegna l'esperienza, nel corso di aventi di piena di particolare intensità vengono trascinati a valle. Tali rischi
- che possono compromettere la funzionalità degli organi di manovra
 - sono difficilmente eliminabili nel caso di scaricatori di piena a stramazzo, soprattutto se regolati da paratoie (fig. 17);



Fig. 17 Intasamento delle luci provocato da materiale flottante

- **Compatibilità finanziaria:** le soluzioni proposte dai Comuni che prevedono l'imbocco della galleria costituito da soglie libere regolate da paratoie hanno costi maggiori della soluzione con l'imbocco sommerso previsto nel progetto preliminare, sia pure di entità contenuta.
- **Compatibilità ambientale:** l'impatto visivo della soglia sfiorante posta alla quota di minima regolazione è decisamente superiore a quella dell'imbocco sommerso previsto nel progetto preliminare che anche con lago a quota di minima regolazione (367,20 m s.m.) è sempre sommerso.

Nel rispetto dei contenuti dall'AdP, in relazione alla derivazione della risorsa idrica, va da sé che deve essere assicurato che la galleria entri in funzione solo e soltanto nella previsione di eventi eccezionali.

La tabella seguente indica, per ciascun criterio (sicurezza idraulica, compatibilità ambientale e compatibilità finanziaria), le prestazioni offerte dalle alternative considerate in una scala di valori da scarso, a sufficiente, a buono sino ad ottimo.

Criteri	Progetto Preliminare	Alternativa 1	Alternativa 2
Sicurezza idraulica	OTTIMO	SCARSO	SUFFICIENTE
Compatibilità ambientale	OTTIMO	SCARSO	SCARSO
Compatibilità finanziaria	OTTIMO	SUFFICIENTE	BUONO

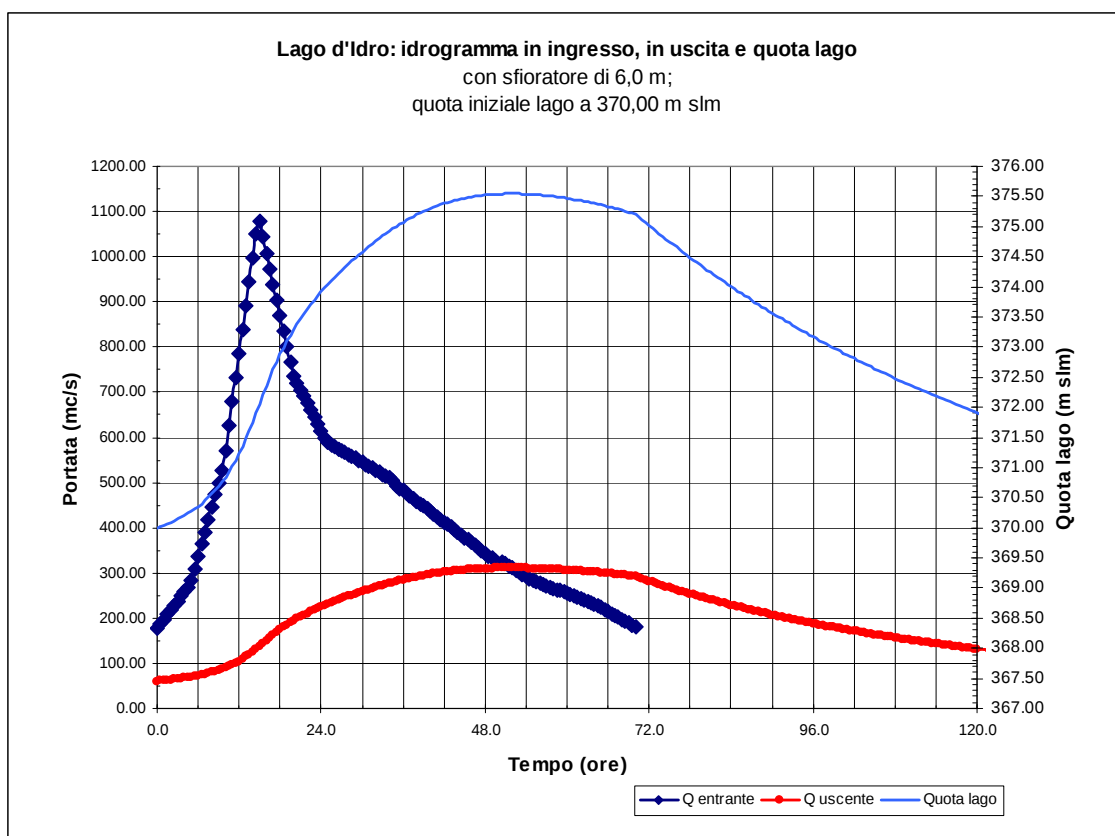
Milano, 18 novembre 2008

Dott. Ing. Carlo Giacomelli

Prof. Ing. Ugo Majone

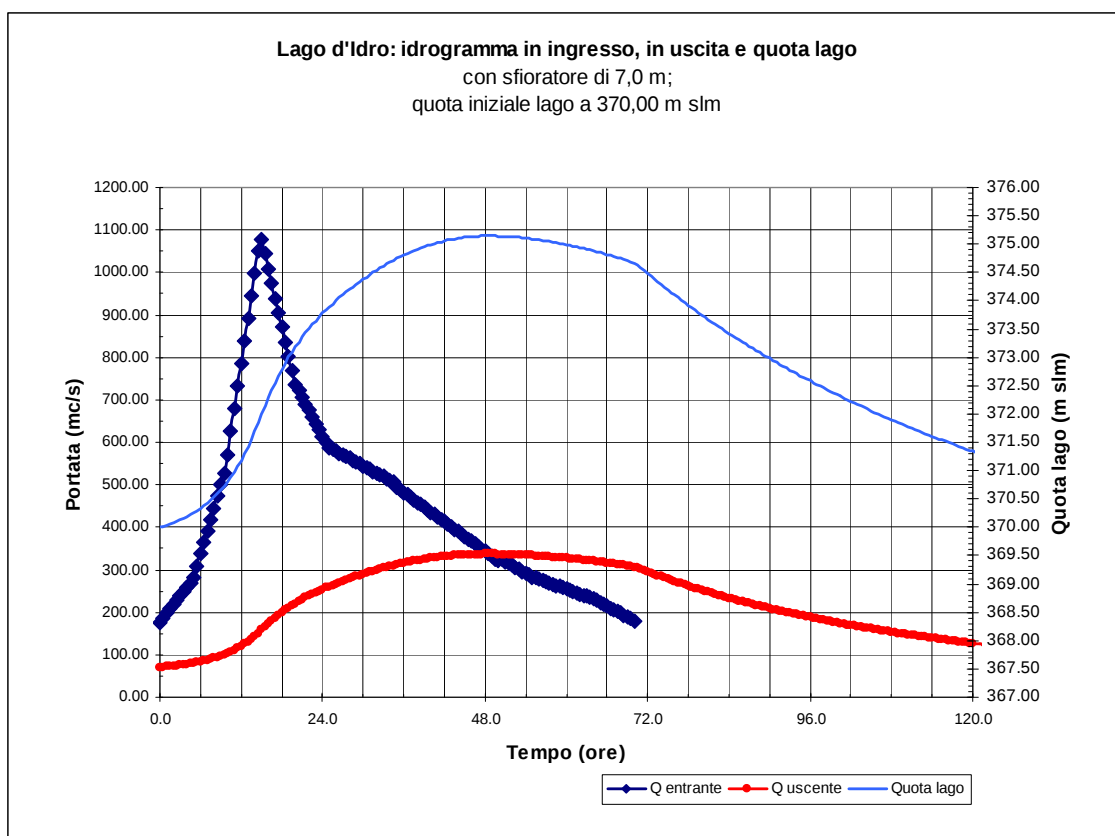
8. ALLEGATO A

8.1 *Alternativa a: grafici con idrogrammi in ingresso e in uscita dal lago e corrispondenti livelli del lago durante l'evento di piena (quota del lago ad inizio evento: 370,00 m s.m.)*



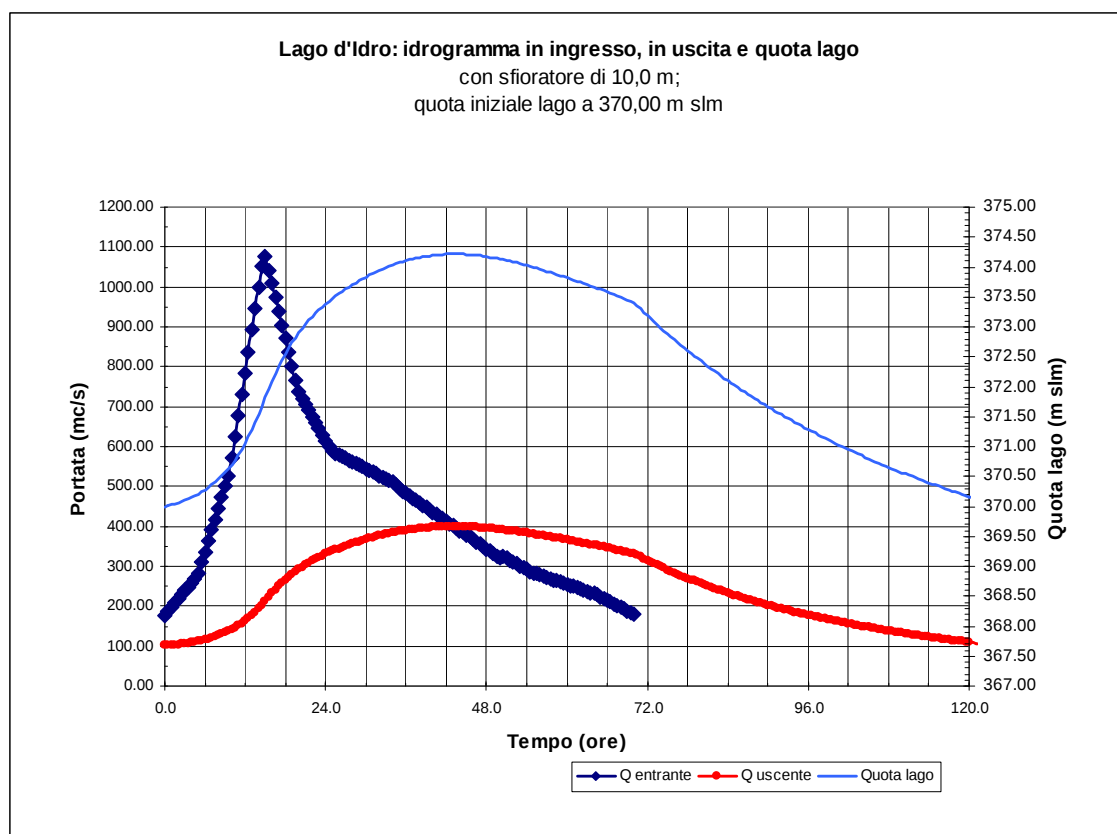
Livello massimo lago: 375,55 m s.m.

Portata massima in uscita 310,64 mc/s



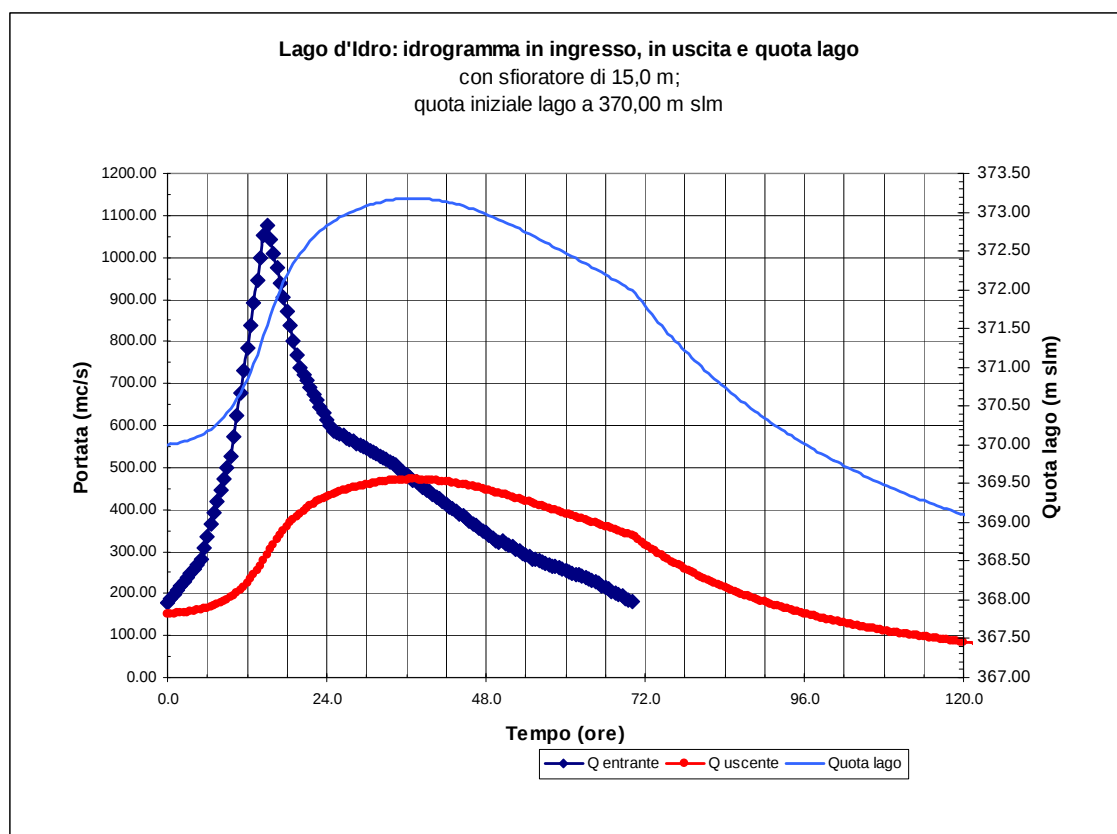
Livello massimo lago: 375,14 m s.m.

Portata massima in uscita 336,59 mc/s



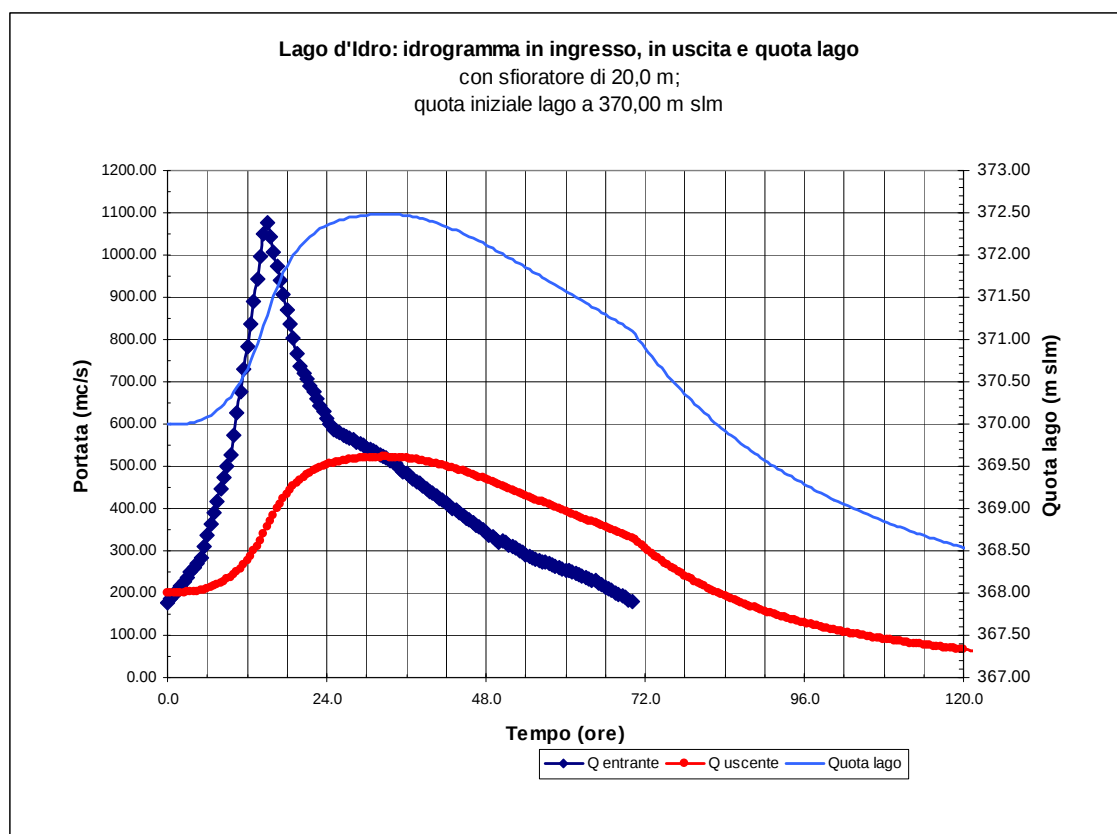
Livello massimo lago: 374,21 m s.m.

Portata massima in uscita 398,96 mc/s



Livello massimo lago: 373,18 m s.m.

Portata massima in uscita 471,12 mc/s

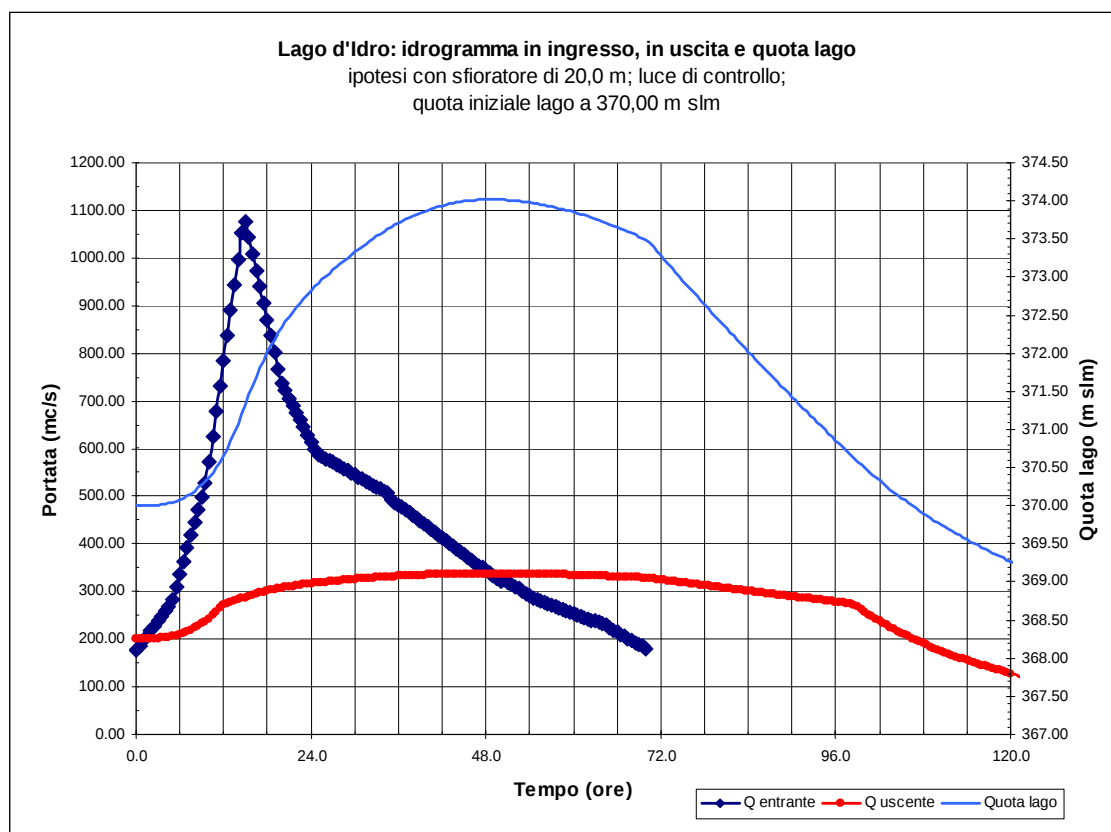


Livello massimo lago: 372,48 m s.m.

Portata massima in uscita 521,73 mc/s

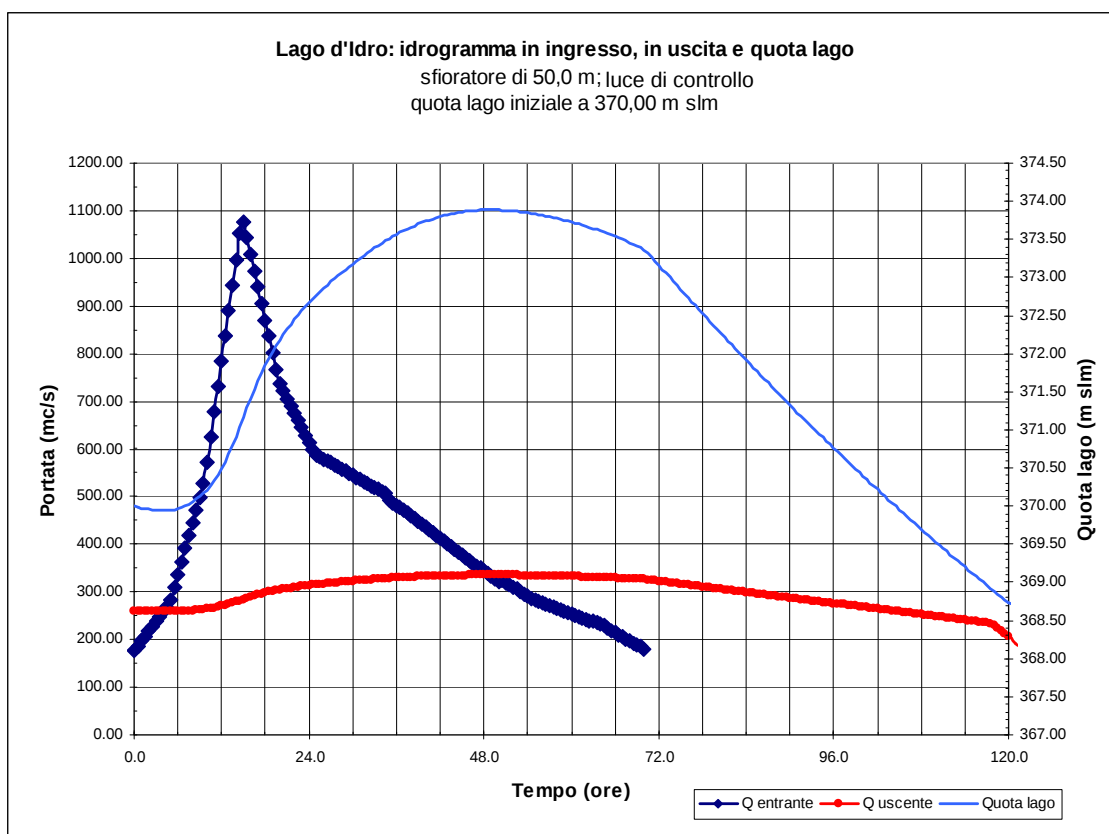
9. ALLEGATO B

9.1 Alternativa b: grafici con idrogrammi in ingresso e in uscita dal lago e corrispondenti livelli del lago durante l'evento di piena (quota del lago ad inizio evento: 370,00 m s.m.)



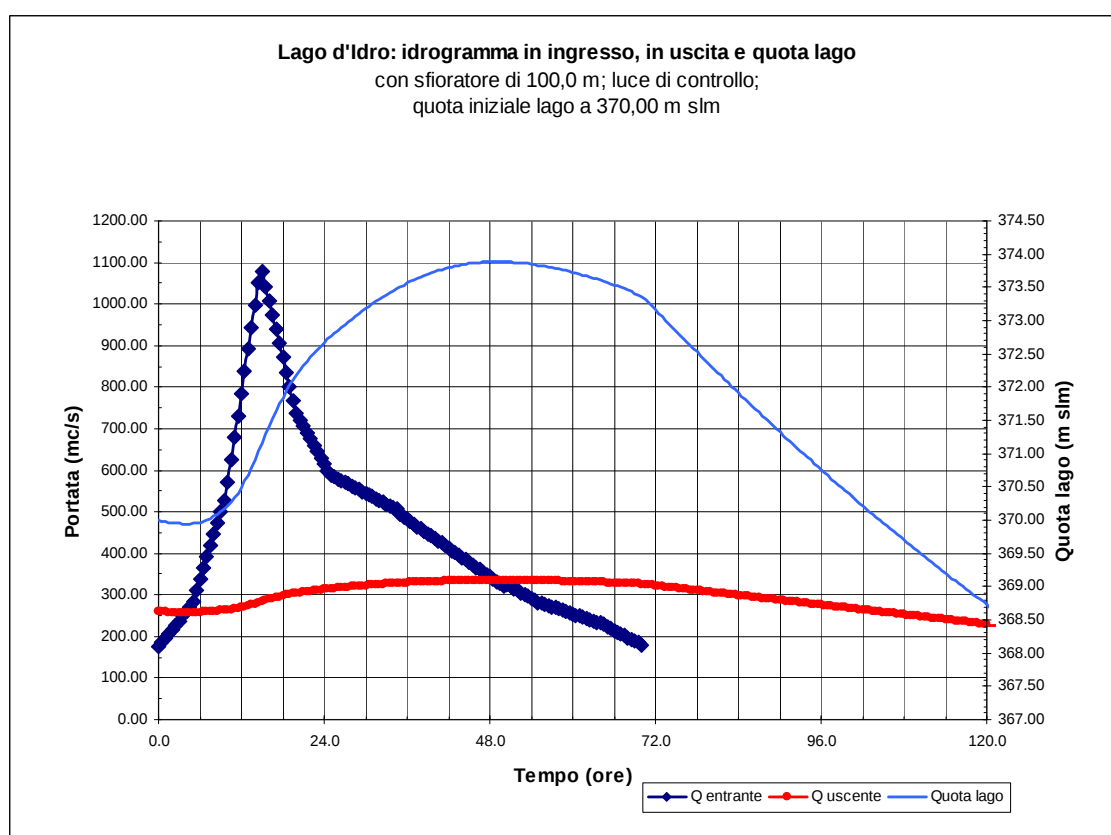
Livello massimo lago: 374,02 m s.m.

Portata massima in uscita 337,29 mc/s



Livello massimo lago: 373,89 m s.m.

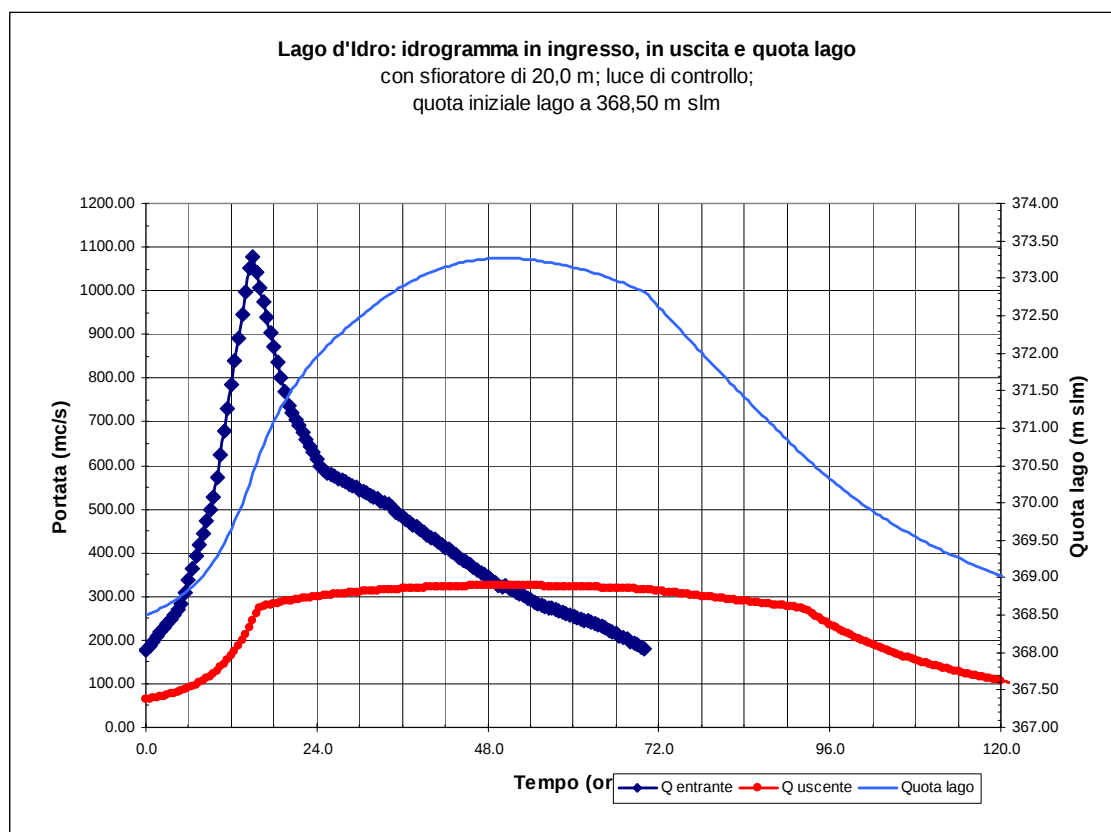
Portata massima in uscita 334,99 mc/s



Livello massimo lago: 373,89 m s.m.

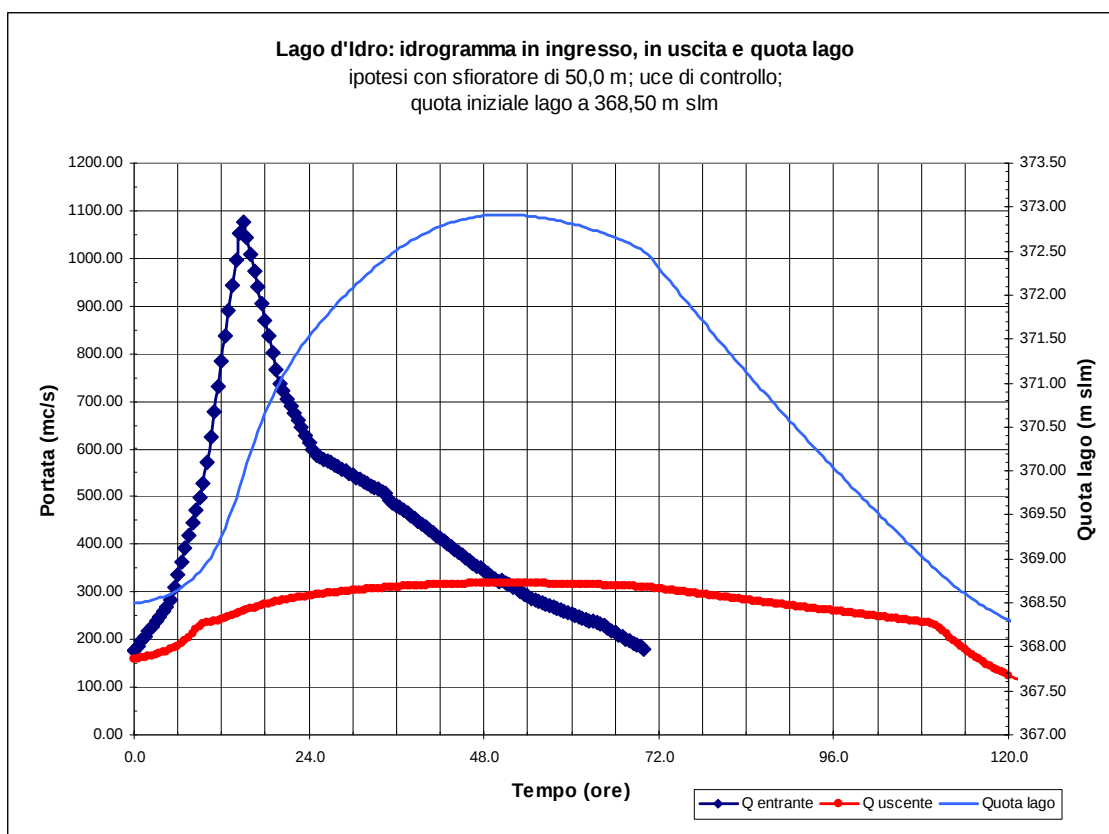
Portata massima in uscita 334,99 mc/s

9.2 Alternativa b: grafici con idrogrammi in ingresso e in uscita dal lago e corrispondenti livelli del lago durante l'evento di piena (quota del lago ad inizio evento: 368,50 m s.m.)



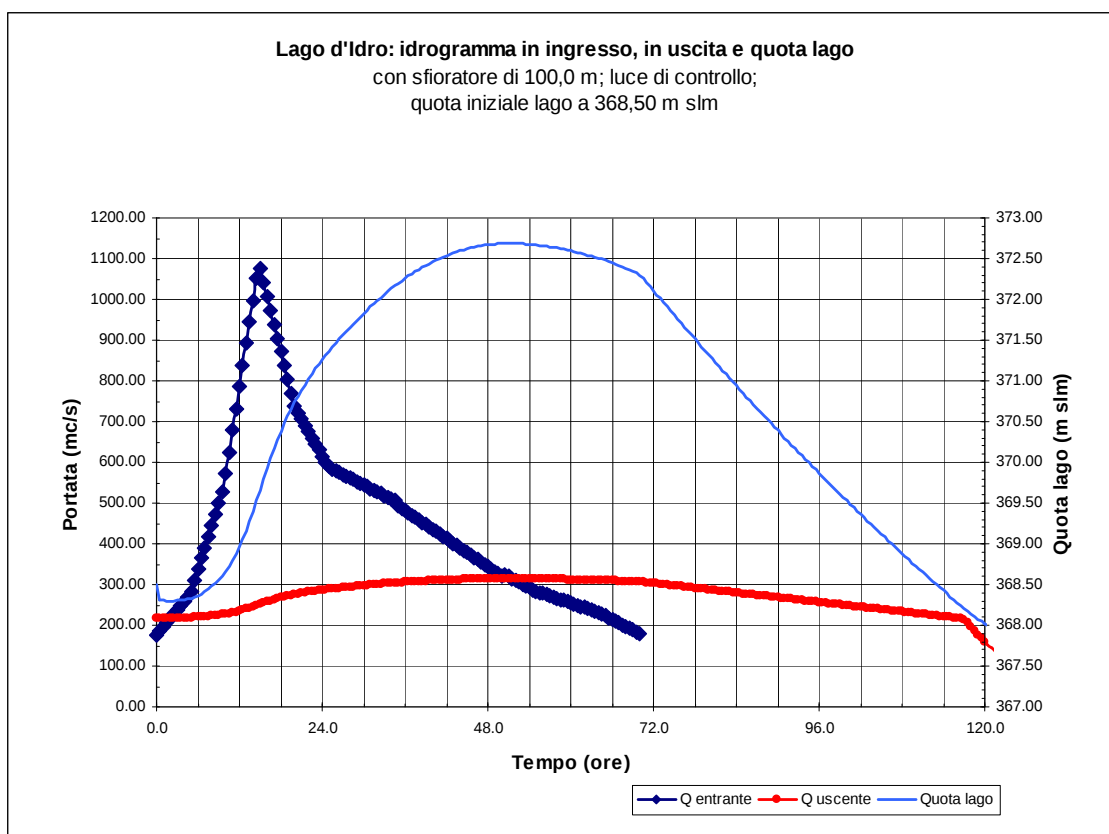
Livello massimo lago: 373,27 m s.m.

Portata massima in uscita 324,09 mc/s



Livello massimo lago: 372,91 m s.m.

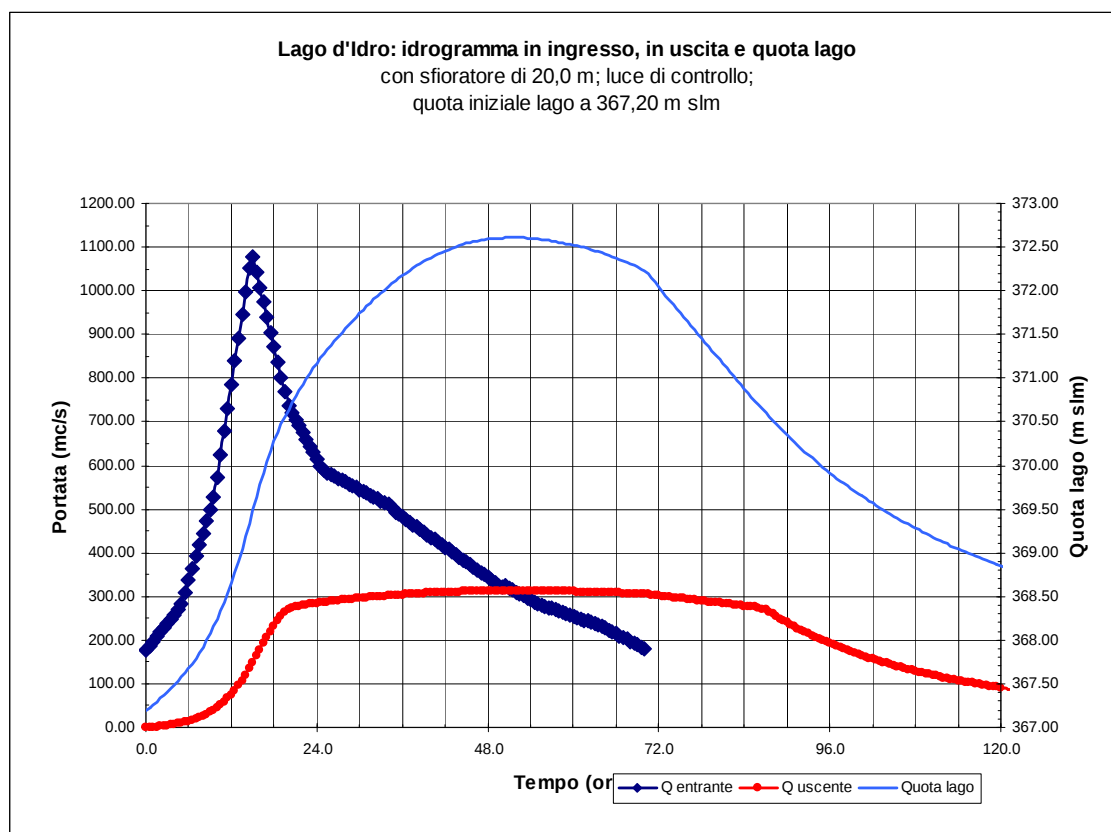
Portata massima in uscita 317,71 mc/s



Livello massimo lago: 372,69 m s.m.

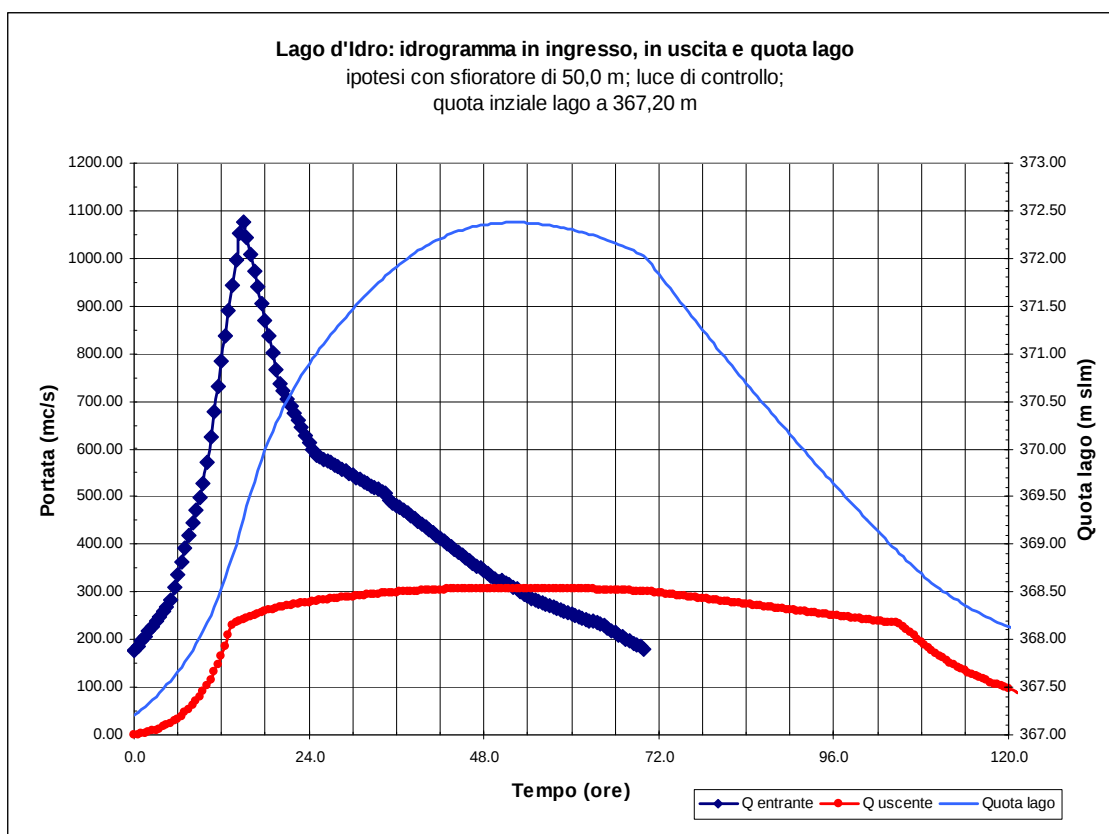
Portata massima in uscita 313,56 mc/s

9.3 Alternativa b: grafici con idrogrammi in ingresso e in uscita dal lago e corrispondenti livelli del lago durante l'evento di piena (quota del lago ad inizio evento: 367,20 m s.m.)



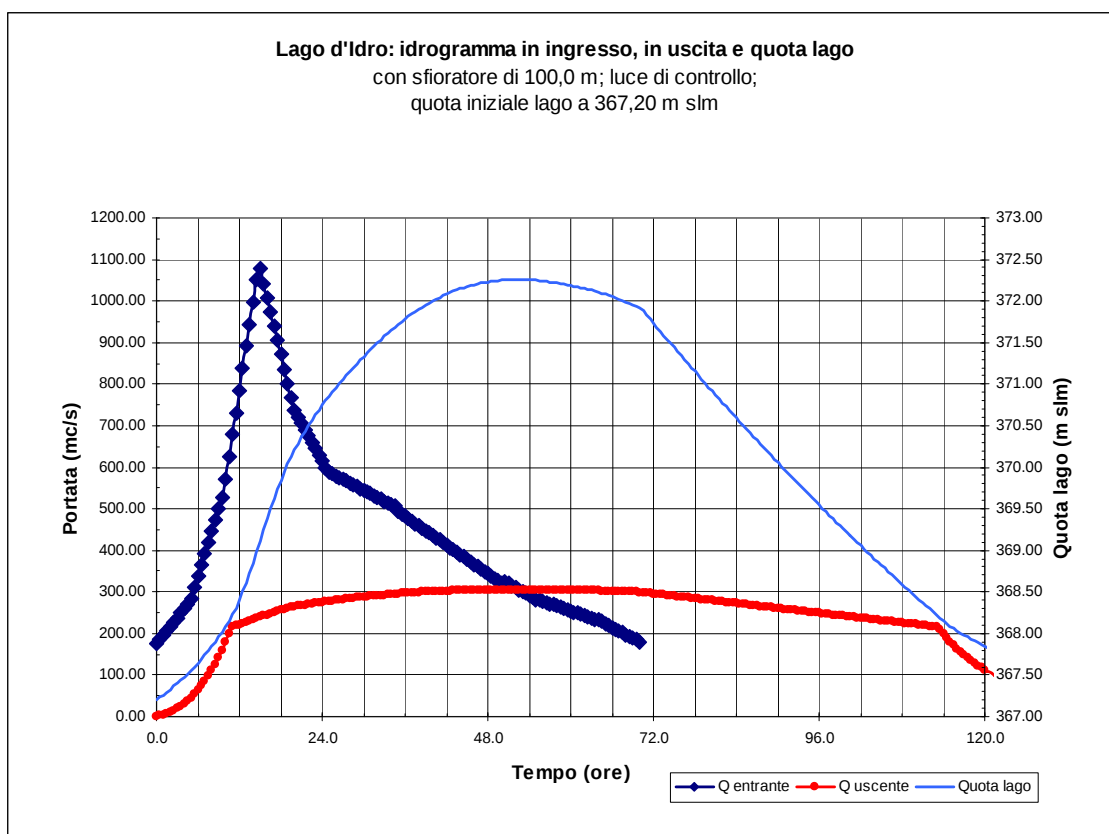
Livello massimo lago: 372,61 m s.m.

Portata massima in uscita 312,15 mc/s



Livello massimo lago: 372,38 m s.m.

Portata massima in uscita 307,77 mc/s



Livello massimo lago: 372,26 m s.m.

Portata massima in uscita 305,55 mc/s

10. ALLEGATO C

La Tavola IDR-01 fuori testo riporta le curve di livello (IGM) in varie località rivierasche nei comuni di Anfo, Idro e Bagolino. In ciascuna sezione considerata è stato tracciato il profilo della sponda e del versante ricavabile dalla cartografia disponibile (aerofotogrammetrico comunale 1:2'000 in formato raster e vettoriale e Carta Tecnica Regionale 1:10'000). Sulle sezioni e planimetrie è indicato il massimo livello del lago raggiunto nelle simulazioni effettuate, sia in quote IGM sia in quote riferite all'idrometro di Idro. L'accuratezza del tracciamento effettuato è funzione del fattore di scala della cartografia utilizzata: l'analisi condotta consente la visione a scala territoriale degli effetti indotti sui livelli del lago dalle diverse soluzioni esaminate. L'eventuale valutazione delle aree di allagamento a livello topografico esula dalle finalità del presente parere e può essere condotta solo attraverso rilievi di dettaglio, una volta definita la soluzione almeno a livello di progetto definitivo.