



| | |
|---|-----------------------------------|
| IMPIANTO | CODICE CKS |
| Impianto idroelettrico di Levane | GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.012.00 |
| Diga di Levane: Progetto di Sovralzo ai fini di laminazione | |

DIGA DI LEVANE

O&M Hydro Italy

Northern Central Area - Territorial Unit Lucca - UE Levane

Comune di Montevarchi - Provincia di Arezzo

PROGETTO DI SOVRALZO AI FINI DI LAMINAZIONE - PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

| | | | | | |
|---|--------------------|--|---|-------------|-----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 00 | 26/05/2020 | Prima emissione | A. Cadore M. Belotti | A. Nardi | A. Masera |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE REVISIONI | ELABORATO | VERIFICATO | APPROVATO |
| ELABORATO CESI N. C0006278 | | NOME FILE R06 Relazione idraulica.docx | SCALA - | FOGLIO - | |
| NUMERO E DATA ORDINE | | Ordine n. 3500053942 del 28/09/2019 | | | |
| IL PROGETTISTA | | |  <i>Alberto Masera</i> ING. ALBERTO MASERA | | |
|  KEMA Labs CESI S.p.A. Via Rubattino 54 I-20134 Milano - Italy Tel: +39 02 21251 Fax: +39 02 21255440 e-mail: info@cesi.it www.cesi.it Engineering & Environment - ISMES Division Structural & Civil Engineering | | | | | |
| IL COMMITTENTE | | ENEL GREEN POWER ITALIA S.r.l. | | | |
|  | | Power Generation Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area | | DATA | ING. M. SESSEGO |
| PER PRESA VISIONE ING. RESPONSABILE | | | No. HYD | | |
| | | | | | |
| DATA | ING. S. GABBRIELLI | | | | |

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0006278

Cliente Enel Green Power S.p.a.

Oggetto IMPIANTO IDROELETTRICO DI LEVANE - DIGA DI LEVANE in Comune di Montevarchi (AR).
Progettazione definitiva dell'intervento di sovrizzo ai fini della laminazione.

Relazione idraulica

Ordine Attivazione a Contratto Aperto n. 3500053942 da Contratto Aperto di Servizi
8400140386 del 7/05/19

Note Rev.00 - A1300002142 – Lettera di trasmissione C0009658

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 14 **N. pagine fuori testo** --

Data 26/05/2020

Elaborato STC - Cadore Alessandro, STC - Belotti Marco
C0006278 114933 AUT C0006278 114942 AUT

Verificato INE - Nardi Andrea
C0006278 3011309 VER

Approvato INE - Masera Alberto (Project Manager)
C0006278 114993 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2020 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/14

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | RIFERIMENTI E BIBLIOGRAFIA..... | 3 |
| 3 | BREVE DESCRIZIONE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE DELLA DIGA..... | 4 |
| 4 | VALUTAZIONI IDRAULICHE | 6 |
| 4.1 | Idrogramma di riferimento per la verifica di esitazione dagli scarichi..... | 6 |
| 4.2 | Curva di invaso | 7 |
| 4.3 | Laminazione dell'idrogramma di riferimento | 9 |
| 4.4 | Condizione di malfunzionamento delle paratoie | 11 |
| 5 | CONCLUSIONI | 14 |

STORIA DELLE REVISIONI

| Numero revisione | Data | Protocollo | Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati |
|------------------|------------|------------|--|
| 00 | 26/05/2020 | C0006278 | Prima emissione |

1 PREMESSA

Tra gli interventi di mitigazione del rischio idraulico della città di Firenze, fu inserito nel Piano di Bacino del Fiume Arno il sopralzo della diga di Levane per la laminazione delle piene con i seguenti dati di progetto:

- quota di massimo invaso pari a 172.00 m s.l.m.;
- quota massima di regolazione pari a 167.50 m s.l.m..

Nell'ottobre del 2015 ENEL predispose il progetto definitivo dell'intervento di sovralzo e lo inviò all'autorità di controllo (Direzione Generale Dighe del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - DGD). Nell'agosto del 2017, acquisito anche il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, DGD richiese integrazioni al progetto necessarie per l'approvazione.

Le attività richieste sono rivolte in generale a completare, integrare e revisionare il progetto di sovralzo della diga di Levane messo a punto da ENEL nel 2015.

Il presente rapporto contiene le elaborazioni idrauliche sull'evacuazione dell'idrogramma di progetto mediante laminazione. Le elaborazioni sono basate sulla documentazione disponibile, relativamente alla definizione dei coefficienti di efflusso degli scarichi (rif. [1]).

Tali valutazioni sono propedeutiche alla definizione dei livelli di invaso di riferimento per il progetto definitivo di sovralzo della diga.

2 RIFERIMENTI E BIBLIOGRAFIA

Nel testo del presente rapporto si citano i documenti ed i testi bibliografici elencati nel seguito, al fine di dare i riferimenti nel caso di necessità di approfondimento di quanto in sintesi esplicitato nel rapporto stesso.

- [1] Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, "Modello fisico degli scarichi della diga di Levane (AR) – Relazione tecnica", gennaio 2020.
- [2] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, "D.M. 26/06/2014, Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)", Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale - n. 156 dell'8-7-2014.
- [3] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche – Ufficio Idraulica – DIV. 7, "Diga di Levane (n. arch. SND 684) sul fiume Arno – Verifica della sicurezza idrologica dell'invaso - Relazione Istruttoria", Roma, 19/12/2014.
- [4] ENEL, "Diga di Levane (AR) – Analisi idrologica finalizzata alla valutazione della portata al colmo di assegnato rischio", 28/02/2006.
- [5] Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali - Servizio Nazionale Dighe, Ufficio periferico di Firenze – "Diga di Levane in comune di Montevarchi (AR) - Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione", settembre 1999.
- [6] URS Italia, "Rilievi batimetrici - Fiume Arno - Monte Diga di Levane (AR)", versione n° 0 – 43986258 / MLG, aprile 2009.

- [7] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche – Coordinamento Controllo Dighe in Esercizio – DIV. 5, “Diga di Levane (n. arch. SND 684) – Progetto sopralzo diga – Studi idrologici 1 integrazione”, Prot. 0023155 del 09/10/2018.
- [8] Università degli Studi di Firenze, “Valutazione degli effetti del sopralzo della diga di Levane sulla piana di Laterina – Relazione tecnica”, luglio 2018.
- [9] Università degli Studi di Firenze, “Stima delle portate in ingresso agli invasi di La Penna e Levane per assegnati tempi di ritorno”, gennaio 2020.

3 BREVE DESCRIZIONE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE DELLA DIGA

Attualmente lo scarico di superficie della diga di Levane è ricavato nella parte centrale della diga stessa e consta di due luci presidiate da paratoie piane del tipo a carrelli a due elementi sovrapposti, di cui quello superiore “a gancio” trascinabile, di dimensioni 12 x 14.5 m con soglia a quota 153.0 m s.l.m. (**Figura 1**). Le paratoie vengono azionate con dispositivo oleodinamico posto su una passerella in calcestruzzo armato con piano a quota 181.00 m s.l.m. che aziona una trasmissione a catena. Oltre al sistema oleodinamico sono presenti un martinetto idraulico manuale e un motoriduttore accoppiabile direttamente sull'albero principale. Il movimento indipendente dei due elementi (superiore ed inferiore) consente lo scarico a soglia libera (per abbassamento della porzione superiore) e/o a battente (per sollevamento dell'elemento inferiore).

Nell'ambito dell'intervento di “adeguamento” della diga, è prevista la sostituzione delle paratoie dello scarico e dei relativi sistemi di movimentazione al fine di adeguare il tutto ai nuovi carichi previsti con il sovralzo del livello di massimo invaso, mantenendo lo stesso schema di funzionamento e le stesse dimensioni delle paratoie.

Al fine di ridurre la probabilità di malfunzionamento, le paratoie ed i meccanismi di manovra saranno sostituiti mantenendo ridondanze, sia per la movimentazione sia come fonte di energia.

4 VALUTAZIONI IDRAULICHE

Ai sensi del D.M. 26 giugno 2014 (rif. [2]), si è proceduto alla simulazione dell'evacuazione dell'idrogramma di progetto mediante laminazione, con diga sottoposta a sovralzo.

Come idrogramma di progetto per la verifica di esitazione dagli scarichi è stato assunto, in maniera cautelativa, quello stabilito da DGD (rif. [3]).

4.1 Idrogramma di riferimento per la verifica di esitazione dagli scarichi

L'idrogramma preso a riferimento per le analisi presentate nel seguito è quello rivalutato dall'Ufficio idraulica – Div. 7 della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche e contenuto nella relazione istruttoria (rif. [3]) relativa al rapporto Enel [4] trasmessa al concessionario dalla Div. 5 – Coordinamento controllo dighe in esercizio, con lettera Prot. 0025820 del 23/12/2014.

Tale idrogramma è stato calcolato alla sezione della diga di Levane mediante modellazione afflussi-deflussi, applicando il metodo dell'indice Φ ed il metodo delle isocorve, rispettivamente come modello di rifiuto del terreno e modello di propagazione, utilizzando le curve di possibilità pluviometrica ed i parametri già valutati nell'analisi idrologica effettuata per la diga di La Penna, ubicata circa 10 km a monte della diga di Levane.

Nel seguito si riporta grafico del suddetto idrogramma che presenta una portata al colmo di 3283 m³/s ed un volume di circa 177.28 Mm³ sulle 48 ore (**Figura 2**).

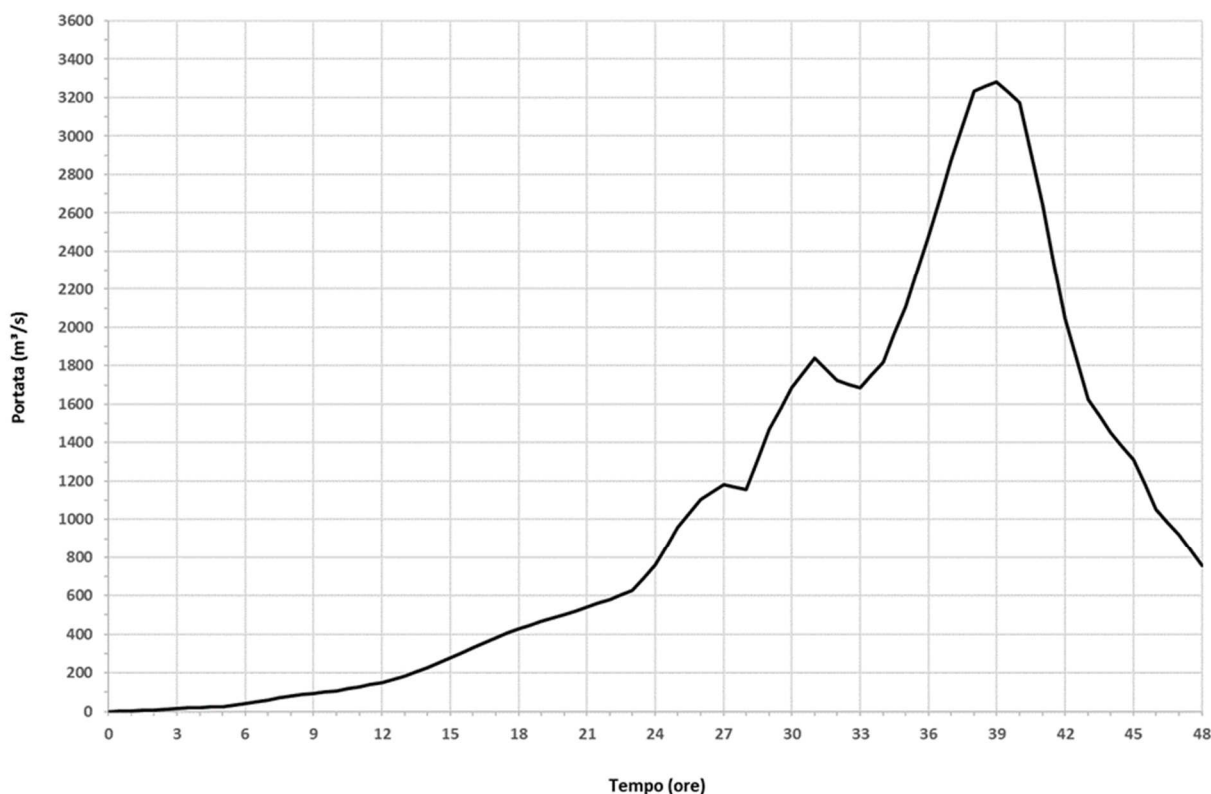


Figura 2 – Idrogramma di progetto in ingresso al serbatoio di Levane (tratto da [3]).

Si rileva che l'idrogramma, stimato a partire dai parametri dedotti per le valutazioni relative alla diga di La Penna, appare piuttosto conservativo; il motivo principale è quello che non c'è evidenza nelle valutazioni di D.G.D. che si sia tenuto conto del fatto che, visti i valori di portata "importanti" (tempo di ritorno elevato) che vengono considerati per le verifiche, la piana di Laterina, zona di esondazione ben nota lungo l'Arno, non abbia un effetto decisivo nell'abbattimento dei valori al colmo in ingresso all'invaso di Levane, con ciò che questo comporta per la sicurezza di valle: diga di Levane ed alveo a valle in generale. Nel rapporto "Valutazione degli effetti del sopralzo della diga di Levane sulla piana di Laterina", redatto dall'Università di Firenze nel 2018 (rif. [8]), è stato infatti analizzato per altro scopo, mediante modellazione idraulica bidimensionale, il transito della piena di progetto nel tratto di fiume Arno tra le dighe di La Penna e Levane, stimando che, nel tratto tra quest'ultima e ponte Romito, a causa delle esondazioni, si arrivi ad invasare un volume di circa 17.1 Mm³.

L'adeguamento degli argini previsto a Laterina non cambierebbe sostanzialmente la situazione in quanto, in generale, ma sicuramente anche in questo caso, il dimensionamento di tali opere, a livello normativo, ma anche di analisi costi/benefici, non viene effettuato su valori di portata elevati come quelli della verifica degli scarichi di una diga (tempo di ritorno delle portate in generale di 200 anni a fronte di valori da 500 a 3000 anni). L'effetto laminativo della piana di Laterina sulla piena di progetto potrebbe quindi risultare importante e risolutivo, anche a opere di protezione fluviale eseguite.

4.2 Curva di invaso

Per la definizione aggiornata della curva di invaso, ritenendo quella disponibile nel F.C.E.M. (rif. [5]) piuttosto datata e quindi probabilmente non più attuale a causa della sedimentazione di materiale solido trascinato dalla corrente, nonché di estensione in quota limitata per le finalità del presente rapporto, sono stati elaborati mediante metodologie GIS i dati disponibili derivanti da:

- Batimetria dell'invaso commissionata da Enel alla società URS (2009) (sotto quota 167.00 m s.l.m.) (rif. [6]);
- DTM con lato cella 1 m (2010), reperito nel SITA (Sistema Informativo Territoriale e Ambientale) della Regione Toscana - Direzione Urbanistica e Politiche Abitative ("Fonte dei dati: Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare – "Rilievi Lidar") (sopra quota 167.00 m s.l.m.).

Tali fonti sono state preferite, dopo attenta analisi, ad altre più recenti ⁽¹⁾, in quanto tra loro compatibili e prive di incongruenze altimetriche significative nella zona di interesse.

In [7] si rileva inoltre la seguente prescrizione della DGD: *"... lo studio trasmesso individua nella sezione di Ponte Romito la disconnessione idraulica tra il profilo di rigurgito conseguente alla diga di Levane e quello del fiume Arno; la sezione di controllo mantiene la sua significatività anche fino a valori di portata estremi (T=1000 anni). Gli effetti del progettato incremento della quota di massimo invaso per la diga di Levane sono da considerarsi, ai fine dell'aggiornamento del progetto in oggetto, fino alla predetta sezione di disconnessione ..."*.

In **Figura 3** si evidenzia il posizionamento della diga e del suddetto ponte, ove si materializza la disconnessione idraulica.

⁽¹⁾

Batimetria: Oikos Engineering s.r.l., "Relazione sui rilievi effettuati con metodologia multibeam e laser scanner integrato della diga di Levane", febbraio 2018.

Rilievo fotogrammetrico topografico: Drone Arezzo s.r.l., "Relazione rilievo fotogrammetrico topografico dell'invaso di Levane e la Penna", gennaio 2018.



Figura 3 – Ubicazione del Ponte Romito (da Google Earth).

In base alla limitazione imposta dalla DGD, gli effetti della presenza della diga da considerare nella progettazione e quindi l'effetto di laminazione del serbatoio sono stati limitati alla sezione di Ponte Romito. La costruzione della curva di invaso è stata perciò tagliata alla suddetta sezione. Nella **Figura 4** che segue è riportata la curva valutata.

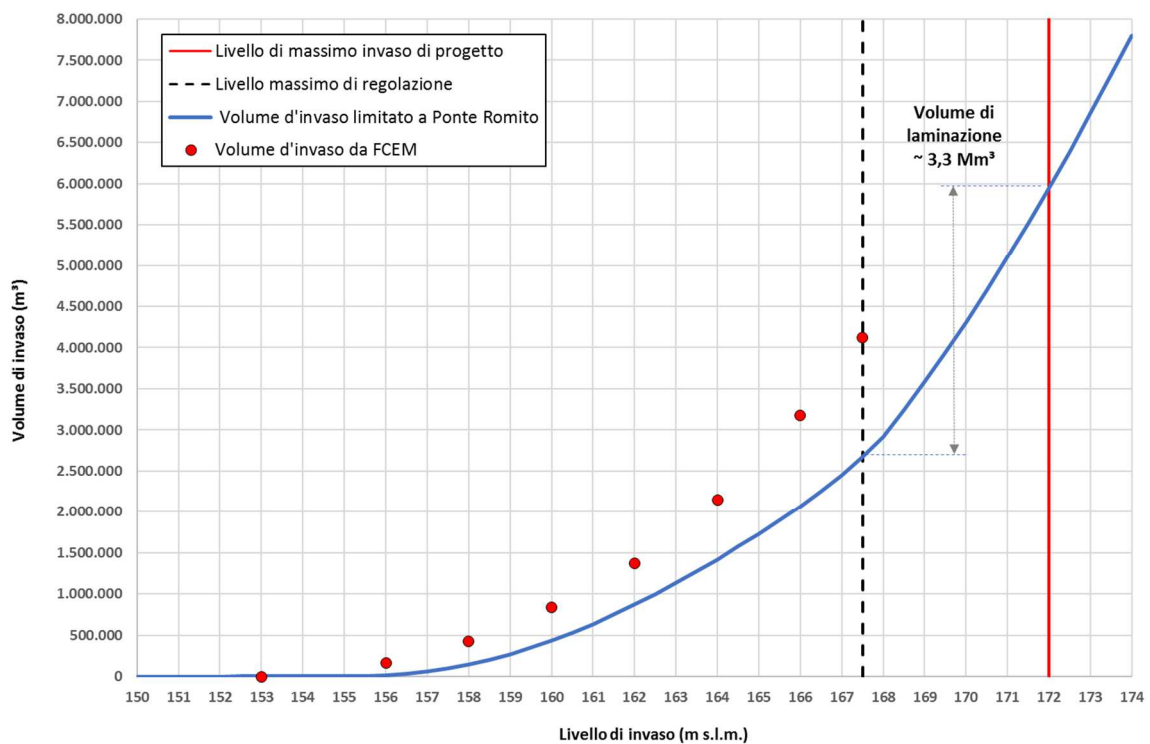


Figura 4 – Curva di invaso del serbatoio di Levane limitata alla sezione di Ponte Romito.

4.3 Laminazione dell'idrogramma di riferimento

Si è proceduto a verificare il comportamento dell'invaso nei confronti dell'idrogramma progetto ($Q_{colmo} = 3283 \text{ m}^3/\text{s}$) ricostruito dall'Ufficio Idrraulica della DGD con modellazione afflussi-deflussi basata sul metodo delle isocorrive, mediante laminazione eseguita con applicazione dell'equazione di bilancio del serbatoio espressa dalla formula:

$$Q_i = Q_u + \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

dove: Q_i = portata naturale media nell'intervallo Δt affluente al serbatoio;
 Q_u = portata media nell'intervallo Δt in uscita dal serbatoio (scaricata e turbinata);
 ΔV = variazione di volume nell'intervallo di tempo Δt considerato;

nel caso di funzionamento efficiente delle due luci dello scarico di superficie.

Si è ipotizzata in particolare un'apertura "controllata" delle paratoie dello scarico in fase di crescita dell'idrogramma. Con tale modalità si è simulato idealmente il comportamento imposto ai gestori degli invasi, al fine di non incrementare artificialmente la piena a valle dell'invaso in fase ascendente della stessa, di aprire le paratoie solo al raggiungimento della quota massima di regolazione e solo per quanto sufficiente a mantenere pressoché costante tale quota di invaso nel serbatoio. A favore di sicurezza è stata inoltre trascurata la capacità evacuativa relativa alla portata turbinabile dalla centrale, pari a circa $118 \text{ m}^3/\text{s}$.

Come coefficienti di efflusso dalle luci nelle simulazioni sono stati considerati quelli definiti in fase di progetto originario (vedi **Figura 5**), che sono stati sostanzialmente indirettamente confermati dalle prove su modello fisico eseguite da parte dell'Università degli Studi di Firenze (rif. [1]). In particolare, il valore del coefficiente di efflusso sotto battente utilizzato (quello più significativo per lo smaltimento delle portate elevate), pari a 0.7, dagli esiti delle prove su modello risulta leggermente inferiore a quelli sperimentali (rif. [1]) e teorici e quindi conservativo per la valutazione della laminazione.

Anche nel caso di funzionamento a stramazzo con paratoie chiuse a pacchetto appoggiate alla soglia di sfioro (caso che si propone però solo in caso di scarico di portate fino a circa $300 \text{ m}^3/\text{s}$), lo studio su modello fisico dell'Università di Firenze (rif. [1]) ha indirettamente confermato il valore del progetto originario, valutato da modellazione fisica nel 1955.

Applicando le condizioni sopra citate e considerando una quota iniziale dell'invaso pari a quella massima di regolazione (167.50 m s.l.m.) si sono ottenuti i risultati illustrati in **Figura 6**.

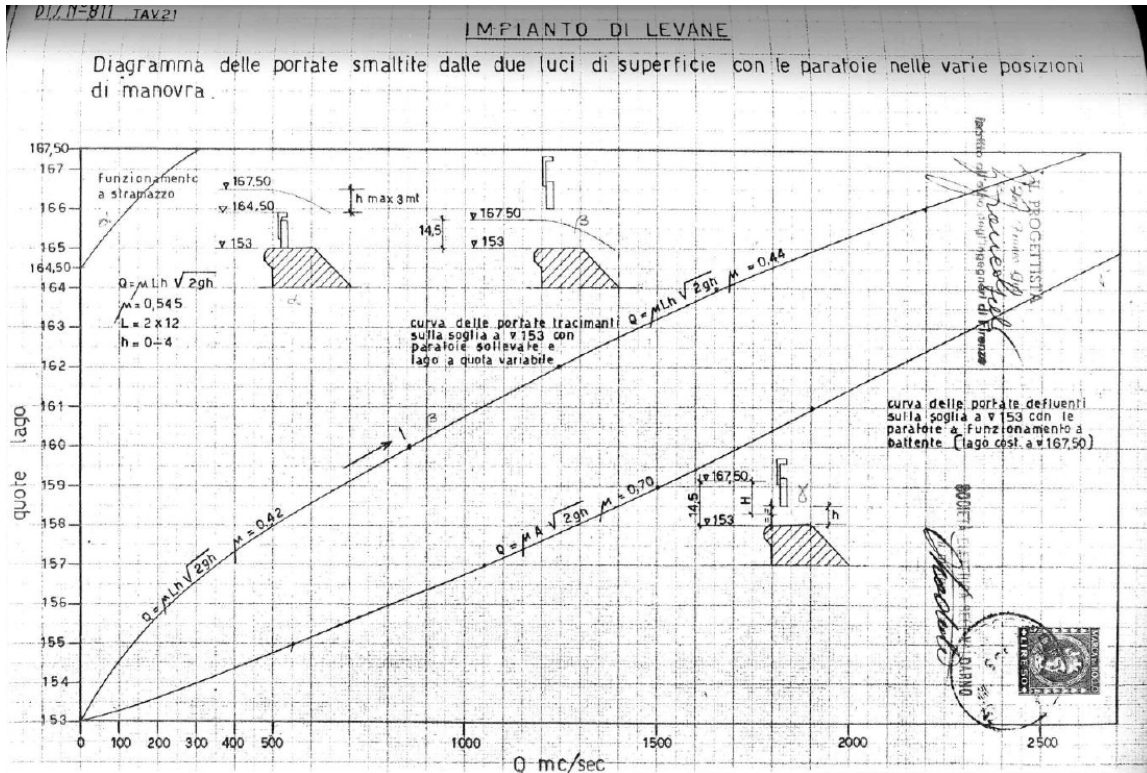


Figura 5 – Coefficienti di efflusso degli scarichi di progetto della diga di Levane.

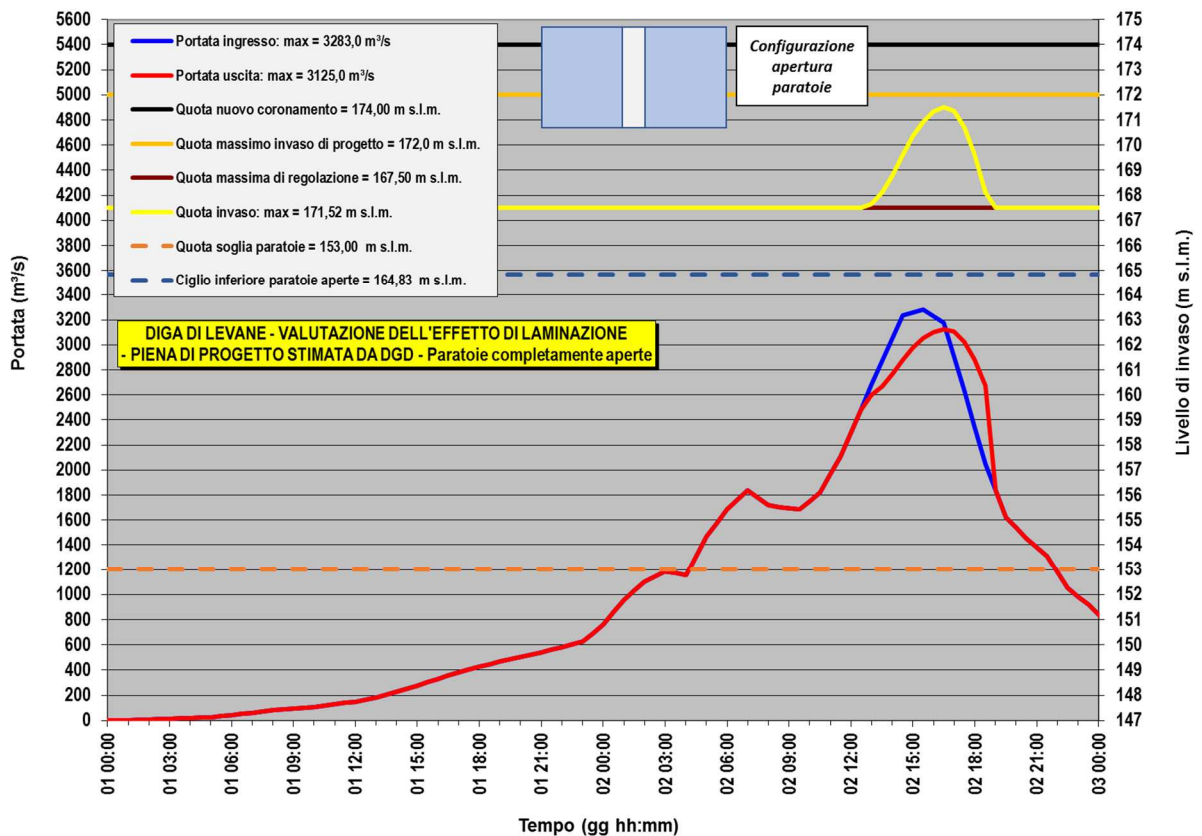


Figura 6 – Laminazione dell'idrogramma di progetto considerando lo scarico di superficie efficiente.

Si può osservare che mediante apertura graduale delle paratoie dello scarico di superficie fino al valore massimo di 11.83 m, secondo le modalità specificate in precedenza, il livello massimo raggiunto nell'invaso risulta pari a 171.52 m s.l.m. e quindi inferiore a quello di massimo dell'invaso di progetto, pari a 172.00 m s.l.m..

Il franco netto rispetto al coronamento (174.00 m s.l.m.) risulta essere pari a 2.177 m, a fronte di un franco netto minimo da normativa per le dighe in calcestruzzo di 1 m (rif. [2]), essendo:

- Fetch = 0.4 km;
- Velocità vento = 100 km/h (dalla tabella presente in C.2. di [2], in assenza di misure più precise);

da cui:

- Ampiezza d'onda = 0.27 m (valore limite inferiore di tabella relativo a 1 km di fetch, da paragrafo C.2. di [2]);
- Run up = 0.033 m (valore limite inferiore di tabella relativo a 1 km di fetch, da paragrafo C.2. di [1]).

4.4 Condizione di malfunzionamento delle paratoie

E' stata inoltre verificata la risposta del complesso paratoie-serbatoio nel caso di malfunzionamento delle paratoie stesse.

La simulazione è stata effettuata con chiusura parziale delle due paratoie (20%), considerando sollevamento non completo degli elementi chiusi a pacchetto (funzionamento a battente e possibile tracimazione al di sopra delle paratoie non completamente sollevate). Tale condizione di riduzione della luce del 20% sul totale disponibile all'evacuazione è equivalente alla mancata apertura del 20% delle paratoie, come da D.M. 2014 (**Figura 7**).

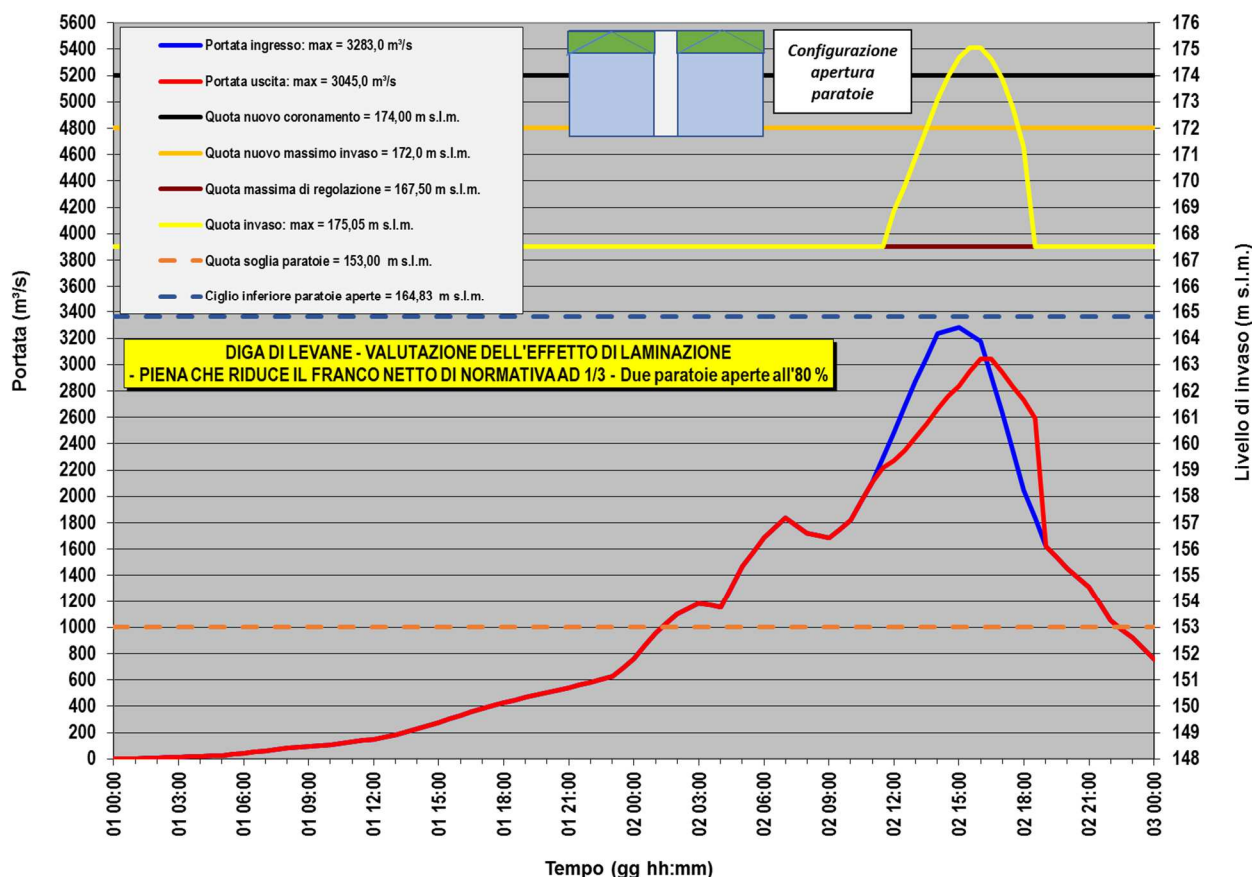


Figura 7 – Laminazione dell'idrogramma considerando la chiusura parziale del 20% delle due paratoie dello scarico di superficie per malfunzionamento.

La verifica è stata condotta anche, considerando sempre chiusura parziale delle due paratoie (20%) con sollevamento non completo degli elementi a pacchetto (funzionamento a battente) e determinando per tentativi successivi la laminazione dell'idrogramma che permetta il mantenimento di un franco netto residuo non inferiore ad 1/3 di quello da normativa di 1 m (rif. [2]).

L'idrogramma utilizzato è stato ricavato riscalando al 92.4% quello stabilito da D.G.D. (rif. [3]), con riduzione in tale proporzione sia dei valori che del volume globale; presenta una portata al colmo di 3033 m³/s ed un volume sulle 48 ore di circa 163.8 Mm³ (**Figura 8**). Tale valore risulta in linea con la stima della portata al colmo millenaria in ingresso al serbatoio di Levane di 3025 m³/s contenuta nell'aggiornamento dell'analisi idrologica degli invasi di Levane e La Penna effettuata dall'Università degli Studi di Firenze (rif. [9]); peraltro tale stima risulta non depurata dall'importante effetto laminativo indotto dalla Piana di Laterina in concomitanza agli eventi estremi.

Nella simulazione della laminazione il livello arriva ad un valore massimo di 173.36 m s.l.m. (vedi **Figura 9**), con franco netto residuo di 33.8 cm.

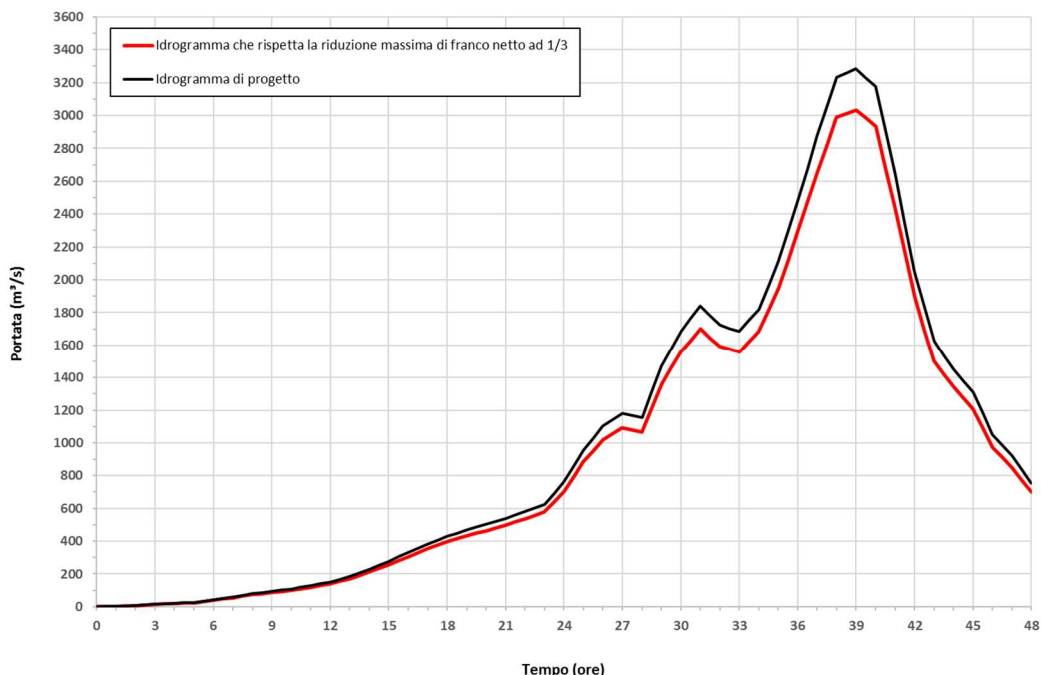


Figura 8 – Idrogramma che permette il mantenimento di un franco netto residuo di 1/3 in caso di malfunzionamento delle paratoie.

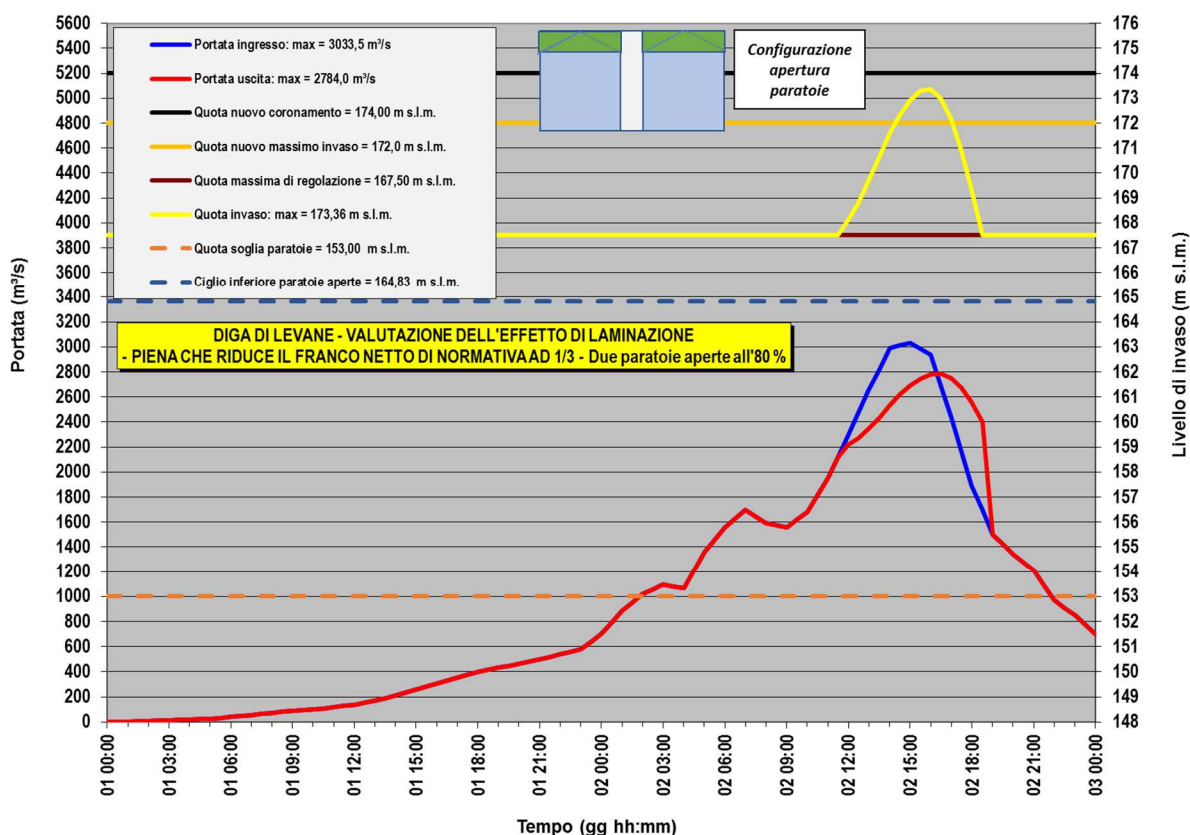


Figura 9 – Laminazione dell'idrogramma che permette il mantenimento di un franco netto residuo di 1/3, considerando la chiusura parziale del 20% delle due paratoie dello scarico di superficie per malfunzionamento.

5 CONCLUSIONI

Nella tabella che segue sono riportati i valori caratteristici di simulazione della laminazione degli idrogrammi effettuate per le verifiche.

| Configurazione scarichi | | Efficienza scarichi | Portata massima in ingresso | Portata massima in uscita | Portata massima attraverso gli scarichi | Portata massima trascinata | Livello massimo dell'invaso | Condizioni franco netto (> 1 m da D.M. 2014) |
|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|--|
| Paratoia 1 | Paratoia 2 | | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m s.l.m.) | |
| Apertura totale | Apertura totale | 100% | 3283 | 3125 | 3125 | 0 | 171,52 | Franco netto = 2,18 m |
| Apertura 80 % p.s. | Apertura 80 % p.s. | 80% | 3033 | 2784 | 2784 | 0 | 173,36 | Franco netto residuo = 0,33 m |

Tabella 1 – Valori caratteristici delle simulazioni effettuate.

Nelle condizioni di piena efficienza degli scarichi l'efflusso della piena di progetto avviene nel rispetto delle condizioni imposte dal D.M. 26/6/2014 (rif. [2]) per le dighe di nuova costruzione. Si può rilevare infatti il mantenimento di un franco netto minimo di 2.18 m durante l'evacuazione della portata, a fronte di un franco minimo da normativa per le dighe in calcestruzzo di 1.00 m. Anche imponendo in ingresso all'invaso (stretta del Romito) l'idrogramma di riferimento stabilito da D.G.D. non si raggiunge infatti, con massima apertura delle paratoie a 11.83 m, il nuovo livello di massimo invaso di 172.00 m s.l.m..

La valutazione dell'idrogramma in ingresso al serbatoio di Levane (in corrispondenza al ponte Romito) effettuata da D.G.D. (rif. [3]) risulta comunque estremamente conservativa; la piana di Laterina, zona di esondazione ben nota lungo l'Arno, non può essere infatti trascurata nella stima dell'idrogramma stesso, avendo potenzialmente un effetto decisivo nell'abbattimento dei valori al colmo e del volume dell'idrogramma. E' stato infatti stimato dall'Università di Firenze (rif. [8]) che, nel tratto tra la diga di La Penna e ponte Romito, in concomitanza alla piena di progetto, a causa delle esondazioni, si arrivi ad invasare un volume di circa 17.1 Mm³.

Tale effetto, seppur con esiti meno riduttivi sul volume di piena, ma potenzialmente più concentrati sul colmo, si avrebbe anche nel caso di costruzione delle opere di arginatura in progetto.

La verifica effettuata a partire da tale dato di input risulta perciò essere piuttosto penalizzante e quindi poco significativa.

La verifica, prevista dal D.M. 2014, di conservazione di un franco minimo nel caso di malfunzionamento delle paratoie è stata svolta valutando la laminazione dell'idrogramma che permetta il mantenimento di un franco netto residuo non inferiore ad 1/3 di quello minimo da normativa di 1 m (rif. [2]).

L'idrogramma individuato per tentativi riscaldando al 92.4 % quello di [3], con riduzione quindi in tale proporzione sia dei valori che del volume globale, presenta una portata al colmo di 3033 m³/s ed un volume sulle 48 ore di circa 163.8 Mm³. Nella simulazione il livello arriva ad un valore massimo di 173.36 m s.l.m., con franco netto residuo di 33.8 cm.

Il valore di portata al colmo valutato che permette il rispetto del franco residuo in caso di malfunzionamento degli scarichi risulta in linea con la stima della portata al colmo millenaria in ingresso al serbatoio di Levane di 3025 m³/s contenuta nell'aggiornamento dell'analisi idrologica degli invasi di Levane e La Penna effettuata dall'Università degli Studi di Firenze (rif. [9]); peraltro quest'ultima stima è già di per sé conservativa non essendo depurata dall'importante effetto laminativo indotto dalla Piana di Laterina in concomitanza agli eventi estremi.

Si può pertanto ritenere che la verifica richiesta dalla norma possa essere considerata soddisfatta.