



Regione Toscana

Stralcio di Piano di Laminazione per l'invaso di Bilancino

(Direttiva Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/02/2004)



Data: Ottobre 2017

Indice

Premessa.....	2
Invaso di Bilancino.....	4
Introduzione.....	4
Finalità dell'opera.....	5
Inquadramento Ambientale.....	11
Aspetti Geografici.....	11
Aspetti Geologici e morfologici.....	13
Aspetti Climatici.....	14
Dati idrologici-idraulici.....	14
La laminazione delle piene.....	20
Ipotesi Idrologiche-Idrauliche per definire gli scenari di utilizzo della Diga del Bilancino e del relativo invaso con scopi di laminazione della piena sul Fiume Sieve.....	21
Analisi dei vincoli gestionali dell'invaso di Bilancino.....	22
Configurazione della diga per definire gli scenari gestionali – Organi di Regolazione.....	23
Scenari di valle con portata in arrivo dal torrente Carza trascurabile rispetto a quella proveniente dalla diga.....	24
Grandezze caratteristiche per la laminazione delle piene in relazione agli eventi con Tempo di ritorno 30 anni e 200 anni.....	25
Ipotesi di scenari di funzionamento della diga di Bilancino per la laminazione delle piene.....	29
Configurazione 1 - Laminazione Dinamica.....	29
Configurazione 2 - Laminazione statica.....	31
Conclusioni.....	40
Comunicazione delle manovre.....	41
Documento di Protezione Civile della Diga.....	43
Sviluppi futuri e Revisione del Documento.....	43
Disposizioni Operative.....	47
Appendice 1 - Prima ipotesi di Laminazione Dinamica.....	48
Laminazione dinamica estiva.....	49
Laminazione dinamica invernale.....	49
Comunicazione delle manovre – Laminazione Dinamica.....	50
Bibliografia.....	52

Premessa

La Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004 “Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile” individua l'assetto organizzativo per contrastare i fenomeni meteorologici più intensi. La Direttiva, tra l'altro, ha istituito i Centri Funzionali Decentrati incaricati della valutazione sia dell'entità degli eventi meteorologici che dei loro effetti al suolo. In tal senso, la Direttiva ha, infatti, individuato come strutture necessarie a fronteggiare i fenomeni meteo estremi, per le attività di previsione, monitoraggio e sorveglianza i Centri Funzionali e per le attività operative sul territorio il Presidio Territoriale Idraulico posto in essere attraverso adeguate strutture, preferibilmente organizzate in ambiti provinciali, in cui concorrano diversi soggetti sia istituzionali che appartenenti al mondo del Volontariato. La Direttiva prevede, inoltre, sui corsi d'acqua dove sono presenti grandi dighe, di valutare e pianificare la Laminazione delle Piene (Governo delle Piene). La Direttiva richiama il concetto di regolazione dei deflussi per quei corsi d'acqua su cui insistono invasi artificiali, a qualunque scopo siano essi destinati, da effettuarsi su indicazioni dell'Autorità Idraulica (la Regione Toscana per il tramite dei Geni Civili territorialmente competenti, secondo le indicazioni della L.R. 80/15) attraverso i gestori degli invasi, in concorso con il Centro Funzionale, Autorità di Distretto/Bacino e Protezione Civile, in modo da massimizzare la laminazione delle piene, tenuto conto delle massime portate transitabili in alveo senza aggravamento del rischio. Quest'ultimo aspetto trova un naturale collegamento con la D.P.C.M. 8/7/2014 che assegna alla Autorità Idraulica l'attività di convalida del valore di massima portata transitabile in alveo che deve invece essere fornito per legge (Circolare DSTN/2/22806 del 13 dicembre 1995) dal Gestore dell'invaso.

Naturalmente, una efficace regolazione dei deflussi tramite le dighe ed i relativi invasi, attraverso lo strumento del Governo delle Piene, può essere effettuata su quei corsi d'acqua su cui insistono invasi che hanno disponibilità di accumulare volumi importanti in relazione al potenziale volume che può scaricarsi durante una fase di pioggia nel bacino a monte dello sbarramento, in modo da poter intervenire sulla formazione e sulla propagazione dell'onda di piena a valle. In questo modo, la pianificazione del funzionamento della diga e dei suoi organi di regolazione, permette di operare in modo da ridurre il rischio idraulico per un certo tratto verso valle.

Il presente documento costituisce lo stralcio del Piano di Laminazione per l'invaso di Bilancino, le cui caratteristiche rispecchiano quanto detto in precedenza perché, in fase sia di progettazione che

di realizzazione, è stato predisposto un volume (15 Mmc, dall'altezza di massimo invaso all'altezza di massima regolazione) a disposizione per la laminazione delle piene. **Il Piano Stralcio di Laminazione nasce dall'esigenza di avere uno strumento operativo da utilizzare in caso di eventi meteorologici avversi di una certa rilevanza, che interessano il bacino della Sieve. Questa necessità, è stata maggiormente evidenziata in occasione dell'evento del 10-11 febbraio 2014. Pertanto, il Piano di Laminazione proposto è da intendersi come un primo stralcio operativo con lo scopo di governare le piene lungo il corso del fiume Sieve ed affrontare le criticità locali che si sono manifestate negli eventi precedenti. Per quanto riguarda le possibili ripercussioni di una gestione dell'invaso di Bilancino sulle piene del Fiume Arno le considerazioni necessarie diventano ancora più complesse e dovranno essere necessariamente approfondite ulteriormente anche per tenere presente gli effetti di altri interventi progettati e in corso di realizzazione per la regimazione delle piene lungo l'asta principale dell'Arno (rialzo della Diga di Levane, sistema di casse di espansione Figline,...).**

Fin da subito, però, è bene sottolineare che il bacino sotteso dall'invaso di Bilancino rappresenta soltanto una minima parte dell'intero bacino della Sieve (149 km² a fronte di 840 km², circa il 18%) e che a valle dell'invaso esistono almeno tre affluenti della Sieve (il torrente Carza, il torrente San Godenzo, il torrente Moscia) i cui deflussi contribuiscono in maniera decisiva (soprattutto per quanto riguarda il torrente Carza) alla formazione, ai valori di picco e ai tempi di trasferimento dell'onda di piena a valle. Pertanto, sia per la porzione più a valle del Fiume Sieve (verso l'immissione in Arno) che a maggior ragione per l'intera asta del Fiume Arno, gli effetti benefici della laminazione delle piene operando sulla diga del Bilancino sono decisamente meno importanti.

Lo stralcio qui presentato recepisce le osservazioni fatte, alla prima bozza, dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno) e dall'Ufficio Tecnico Dighe (UTD) di Firenze. I richiami alle diverse osservazioni verranno evidenziati nel testo. L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale ha esposto le proprie osservazioni con una email del Dirigente "Area Pianificazione e tutela dal rischio idrogeologico" il 22 Novembre 2016, mentre l'UTD ha presentato nota via PEC n.27091 del 07/12/2016 con protocollo regionale 505460 del 14/12/2016. Le note trasmesse sono il risultato delle riunioni tecniche tenute con i due soggetti rispettivamente il 18/11/2016 e il 02/12/2016.

Ai sensi della l.r. 80/2015 la Regione quale Autorità Idraulica individua, per quanto concerne gli aspetti del presente stralcio di Piano di Laminazione, il Settore Genio Civile Valdarno Superiore,

quale Settore regionale competente.

Invaso di Bilancino



Figura 1 – L'invaso di Bilancino (Fonte: ProLoco Barberino di Mugello)

Introduzione

L'invaso di Bilancino è un invaso PLURIUSO. La gestione è affidata a Publiacqua S.p.A. concessionario dell'opera e Gestore del Servizio Idrico Integrato, principale utilizzatore dell'impianto, che ha quale principale finalità quello dell'approvvigionamento idropotabile. La Diga sbarra il corso del fiume Sieve (principale affluente di destra dell'Arno), in comune di Barberino di Mugello. E' stata costruita per assicurare l'approvvigionamento idrico della città di Firenze sia per gli usi idropotabili che industriali, compensando le magre estive del fiume Sieve, in modo da assicurare all'Arno portate estive accettabili per poter attingere acqua. Inoltre, il progetto dell'invaso comprende anche un obiettivo di recupero ambientale delle sponde e della valorizzazione turistica dell'invaso e quello di garantire il Deflusso Minimo Vitale (DMV) al sistema idrico Sieve-Arno. I lavori della diga furono avviati nel 1984 e sono stati oggetto di alcune variazioni progettuali per

esigenze tecniche e migliore inserimento ambientale. Nel 1993 la Regione Toscana commissariò l'opera che fu completata nel 1995, insieme alla parte principale della viabilità sostitutiva. A partire dal 1998 sono stati effettuati gli invasi sperimentali previsti dal programma di collaudo e il Servizio Nazionale Dighe ha approvato il Certificato di Collaudo della diga il 20 marzo 2003. Durante il periodo di collaudo la diga già ottemperava alla principale finalità per cui era stata pensata e realizzata, cioè quella idropotabile. Sempre nel 2003 sono state completate le sistemazioni di sponda con la creazione di un parco pubblico di circa 120 ha. Dal 1 luglio 2003 Publiacqua S.p.A. è Gestore dell'impianto. Nel 2006 sono stati terminati i lavori per la realizzazione della centrale idroelettrica a valle diga prevista nel progetto originale.

Finalità dell'opera

L'invaso di Bilancino è stato progettato per rispondere alle cinque esigenze principali di seguito elencate:

- integrazione a 8 m³/s della portata minima dell'Arno a Rosano in modo da assicurare un'ottimale disponibilità idrica a favore delle utenze di Firenze e del suo comprensorio, anche sotto il profilo della qualità, e per assicurare al fiume Sieve le portate necessarie per l'utilizzazione plurima delle acque, considerandone i periodi di magra;
- miglioramento delle caratteristiche del fiume Arno sotto il profilo della tutela ambientale grazie al maggior tasso di diluizione, consentendo inoltre una maggior potenzialità di depurazione per gli insediamenti a valle di Firenze, ottenuto con il mantenimento di una portata minima di 4 m³/s nel tratto cittadino del fiume;
- riduzione dei rischi di alluvione, per effetto di laminazione e contenimento del serbatoio sulle portate di piena del Fiume Sieve;
- recupero ambientale e valorizzazione turistica, ricreativa ed ambientale dell'invaso e delle sue sponde;
- produzione di energia elettrica (stimata in 8 milioni di kW/h) con la centrale elettrica realizzata a valle diga che sfrutta la differenza di quota tra l'invaso a monte e il fiume Sieve a valle diga.

Il rilascio controllato in alveo è in grado di garantire:

- la portata minima (la cosiddetta “portata ecologica” o deflusso minimo vitale, DMV) di 600 l/s, ritenuta sufficiente a assicurare la vitalità del fiume Sieve a valle dell'invaso;
- la portata variabile per integrare fino a 8 m³/s le portate di magra del fiume Arno, in modo che l'impianto di potabilizzazione dell'Anconella (a servizio della città di Firenze e delle aree limitrofe)

possa sempre avere a disposizione la portata di prelievo di $4 \text{ m}^3/\text{s}$ per i fabbisogni idropotabili. La portata eccedente contribuisce ad abbattere il tasso di inquinamento del fiume Arno nel tratto cittadino e a valle di Firenze;

- la possibilità di attingimento di $1 \text{ m}^3/\text{s}$ per le utenze che insistono direttamente sul Fiume Sieve;
- l'alimentazione delle falde, con perdite per infiltrazioni valutate per circa il 10%.

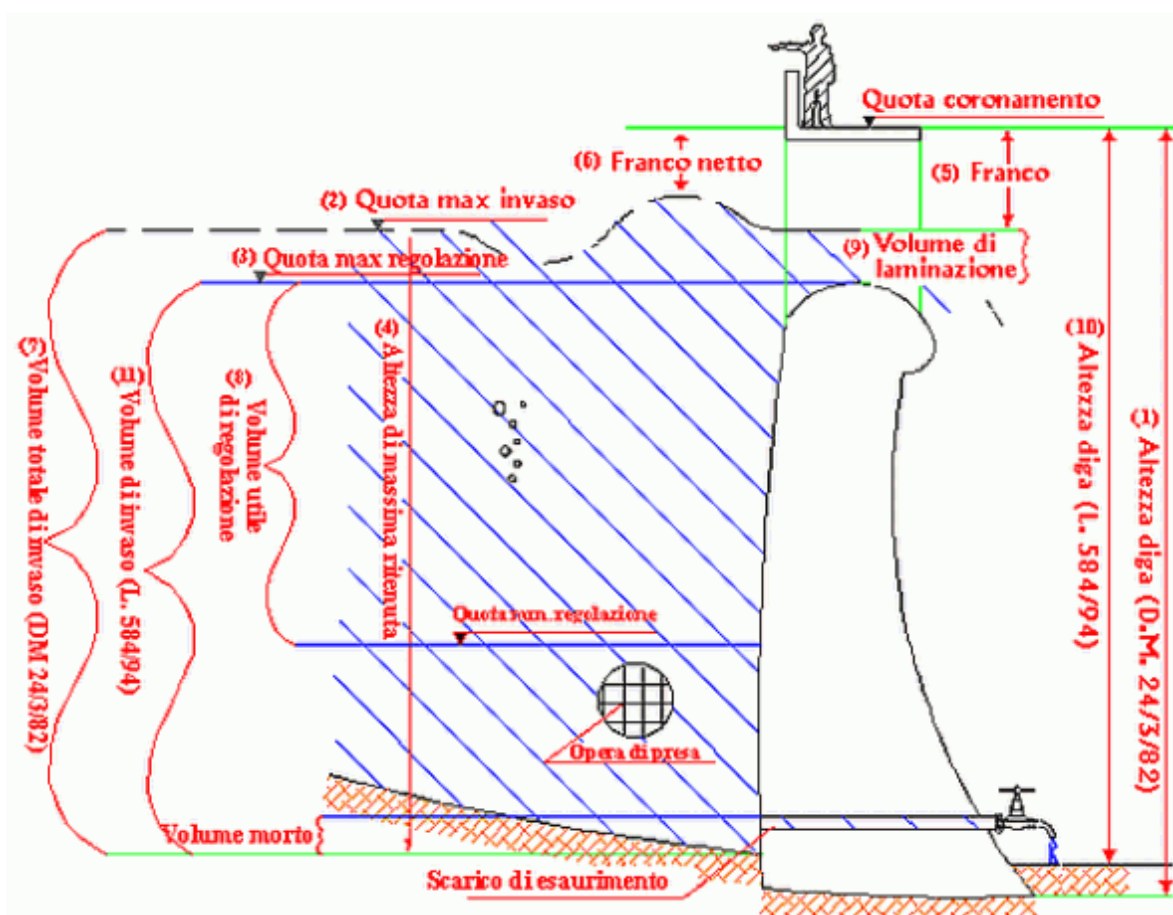


Figura 2 – Caratteristiche di una diga L. 584/94 (fonte: <http://www.registroitalianodighe.it/formazione/defi.html>)

Le principali caratteristiche di una diga e dell'invaso che sottende sono riassunte di seguito:

- Altezza della diga (D.M. 24/03/82): è il livello tra la quota del piano di coronamento (esclusi parapetti ed eventuali muri frangi onde) e quella del punto più basso della superficie di fondazione (escluso eventuali sottostrutture di tenuta).
- Quota di massimo invaso: è la quota massima a cui può giungere il livello dell'acqua dell'invaso ove si verifichi il più gravoso evento di piena previsto, escluso la sopraelevazione da moto ondoso.

- Quota massima di regolazione: è la quota del livello d'acqua al quale ha inizio, automaticamente, lo sfioro degli appositi dispositivi.
- Altezza di massima ritenuta: è il dislivello tra la quota di massimo invaso e quella del punto più depresso dell'alveo naturale in corrispondenza del parametro di monte.
- Franco: Dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso.
- Franco netto: dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso, aggiunta a questa la semi ampiezza della massima onda prevedibile nel serbatoio.
- Volume totale di invaso: capacità del serbatoio compresa tra la quota di massimo invaso e la quota minima di fondazione; per le traverse fluviali è il volume compreso tra il profilo di rigurgito più elevato, indotto dalla traversa, ed il profilo di magra del corso d'acqua sbarrato.
- Volume utile di regolazione: quello compreso fra la quota massima di regolazione e la quota minima del livello d'acqua alla quale può essere derivata, per l'utilizzazione prevista, l'acqua invasata.
- **Volume di laminazione: quello compreso fra la quota di massimo invaso e la quota massima di regolazione ovvero, per i serbatoi specifici per laminazione delle piene, tra la quota di massimo invaso e la quota della soglia inferiore dei dispositivi di scarico.**
- Altezza diga (L. 584/94): l'altezza della diga è data dalla differenza tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti.
- Volume di invaso: Il volume d'invaso è pari alla capacità del serbatoio compreso tra la quota più elevata delle soglie sfioranti degli scarichi o della sommità delle eventuali paratoie e la quota del punto più depresso del paramento di monte.

Il DM 26/6/2014 ha precisato alcuni dei precedenti concetti e ha esteso alcune definizioni che non impattano, tuttavia, nelle considerazioni di cui al presente piano di laminazione.

Di seguito le principali caratteristiche dell'invaso e della diga di Bilancino.

	Valore	Unità misura
altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.82)	42,07	m
altezza della diga (ai sensi della L. 584/94)	41,78	m
altezza di massima ritenuta	37,50	m
quota coronamento	259,00	m s.l.m.m.
franco (ai sensi del D.M. del 24.03.82)	4,50	m
franco netto (ai sensi del D.M. del 24.03.82)	4,00	m
sviluppo del coronamento	710	m

larghezza del coronamento	8,00	m
volume della diga	2.000.000	m ³
grado di sismicità assunto nel progetto	S = 12	
classifica ai sensi del D.M. 24.03.82	B-b («diga di materiali sciolti di terra e pietrame, zonata, con nucleo di terra per la tenuta»).	

Tabella 1 – Caratteristiche di costruzione

	Quota (m s.l.m.m.)	Volume (milioni di m ³)
Massimo Invaso	254,50	84
Massima Regolazione (Ritenuta Normale)	252,00	69
Minima Regolazione (Minimo Invaso Di Esercizio)	234,50	6,5
Superficie Specchio Liquido alla Quota di Ritenuta Normale	~ 5,1 km ²	
Superficie Specchio Liquido dalla Quota di Minimo Invaso	~ 1,5 km ²	
Capacità Morta (interrimenti)		2,5
Riempimento Minimo Permanente		4
Regolazione Pluriennale		62,5
Laminazione Piene		15

Tabella 2 – Quote e Volumi di invaso

Le opere principali della diga sono essenzialmente di tipo idraulico, di guardiania e controllo. I disegni tecnici delle opere principali sono riportati nell'allegato 1 a questo documento. Nell'allegato 2 è presente invece una documentazione fotografica.

Le principali opere idrauliche sono:

- **La torre di presa**, in cui sono ubicati lo scarico di fondo, di esaurimento, lo scarico fognario e le condotte di derivazione. Situata sul versante destro del serbatoio, circa 200 metri a monte della diga, è sovrastata da una cabina d'accesso collegata alla casa di guardia mediante una passerella metallica ad una campata di 71 metri. E' sede di gran parte delle opere di scarico della diga tra cui:

- *lo scarico di fondo e di esaurimento*: presentano imbocchi ricavati nella parte basale della torre di presa, intercettati da organi ad azione oleodinamica (2 paratoie sullo scarico di fondo e 2 saracinesche DN 1100 sulla tubazione di esaurimento). Le portate scaricate defluiscono a pelo libero nella galleria policentrica di 8,5 metri di diametro che in circa 600 metri le trasferisce oltre la dorsale di delimitazione dell'invaso. Allo sbocco della galleria è situata la vasca di smorzamento, un breve tratto di canale in c.a., il manufatto di riunione con il canale dello scarico di superficie e quindi la restituzione in alveo della Sieve, sagomato, rettificato e ricalibrato per un tratto di circa 520 metri in modo da consentire il deflusso massimo e contemporaneo dello scarico di fondo e dello scarico di superficie ($940 \text{ m}^3/\text{s} + 261 \text{ m}^3/\text{s} = 1.201 \text{ m}^3/\text{s}$);

- *le condotte di derivazione*: costituite da due tubazioni in acciaio Φ 1100 in cui confluiscono 3 coppie simmetriche di bocche di presa ubicate ciascuna a quote diverse sulla parte anteriore della torre di presa; ogni imbocco è intercettato appena a valle da una valvola a farfalla Φ 1100. Le due tubazioni dopo essersi portate alla base della torre, scorrono poi nella platea della galleria fino allo sbocco di questa;

- *lo scarico fognario*: realizzato mediante la costruzione di collettori fognari perimetrali all'invaso e la costruzione di un collettore di recapito fino a San Piero a Sieve. Il collettore di destra invade supera la sezione di sbarramento intestandosi alla base della torre di presa, dopo un breve tratto di sublacuale, e scorre anch'esso nella platea della galleria dello scarico di fondo fino allo sbocco della stessa.

- **Lo scarico di superficie**: ubicato lungo il bordo sinistro dell'invaso, a circa 1 km dalla diga, è costituito da un manufatto di sfioro composto da 2 soglie: la prima a sfioro libero, con uno sviluppo lineare di 75 metri, la seconda di 12 metri di lunghezza, asservita ad una paratoia a ventola alta 3 metri (dalla quota 249 m alla quota 252 m s.l.m.m.), che può funzionare anche in modo automatico anche se, allo stato attuale, *“viene mantenuto completamente disattivato il meccanismo di regolazione automatica previsto nel progetto della diga”* (Nota UTD richiamata in Premessa). Le portate sfiorate vengono raccolte da un canale collettore che le avvia al successivo canale di scarico in c.a., a cui segue, dopo la vasca di smorzamento, un tratto di canale a corrente lenta con sponde rivestite in gabbioni prima di congiungersi con il canale dello scarico di fondo e quindi con il fiume Sieve.

- **Il manufatto di derivazione**: situato in sponda destra del canale della galleria dello scarico di fondo appena a valle dello sbocco della stessa e parzialmente interrato. Sulla platea del manufatto scorrono le 2 condotte di derivazione e la condotta fognaria. Le due condotte di derivazione sono

intercettate da due valvole a farfalla Φ 1100 per permettere il sezionamento delle condotte in caso di manutenzione; a monte delle valvole sono installate delle sonde per la misura della portata scaricata mentre a valle delle stesse le condotte sono convogliate in un'unica tubazione in acciaio Φ 1600 che scorre fino al manufatto di dissipazione.

- **Il manufatto di dissipazione:** ubicato in sponda destra del fiume Sieve a valle diga e completamente interrato. Da tale manufatto avviene la restituzione dell'acqua derivata dalle bocche di presa in alveo del fiume Sieve previa regolazione mediante due valvole dissipatrici (Φ 1200 e Φ 500) che intercettano le condotte di derivazione nuovamente sdoppiate appena a monte di tali valvole.

La tabella seguente riporta le caratteristiche principali degli scarichi e le portate massime (alla quota di massimo invaso) rilasciate.

TIPO DI SCARICO	QUOTA (m s.l.m.)	PORTATA MASSIMA (m ³ /s)
Scarico di superficie	Soglia fissa: 252	652
	Paratoia a ventola: 249 ÷ 252	288
Scarico di fondo	231	261
Scarico di esaurimento	222,37	12,5
Bocche di presa condotte di derivazione	233 ÷ 239 ÷ 245	~ 9

Tabella 3 – Tipologie e Caratteristiche scarichi

Le opere di **guardiania e controllo** consistono essenzialmente nella casa di guardia, costituita da un edificio a 3 piani in c.a. a struttura prevalentemente circolare, ubicato in sponda destra a circa 200 metri a monte della diga e direttamente collegato con il coronamento diga e con la torre di presa. Nell'edificio sono ricavati gli uffici con la relativa sala quadri, 2 foresterie, 2 appartamenti, nonché i locali di servizio. In un apposito locale è ubicata la cabina di trasformazione elettrica 15000/380 Volt che alimenta i quadri generali di FM e di illuminazione. Da questi si dipartono le linee che alimentano poi i vari quadri locali degli organi di manovra delle apparecchiature elettromeccaniche, di illuminazione della casa stessa, del coronamento e dei paramenti diga, dei cunicoli e dei manufatti di servizio, delle opere di scarico. L'impianto è anche interconnesso con un generatore autonomo di emergenza da 100 kVA.

Quanto sopra è derivato da [4] in Bibliografia.

La legge di invaso, che correla il Volume invasato con le quote dell'invaso, è rappresentata nella figura sottostante. La curva è ricavata da dati forniti da Publiacqua S.p.A.

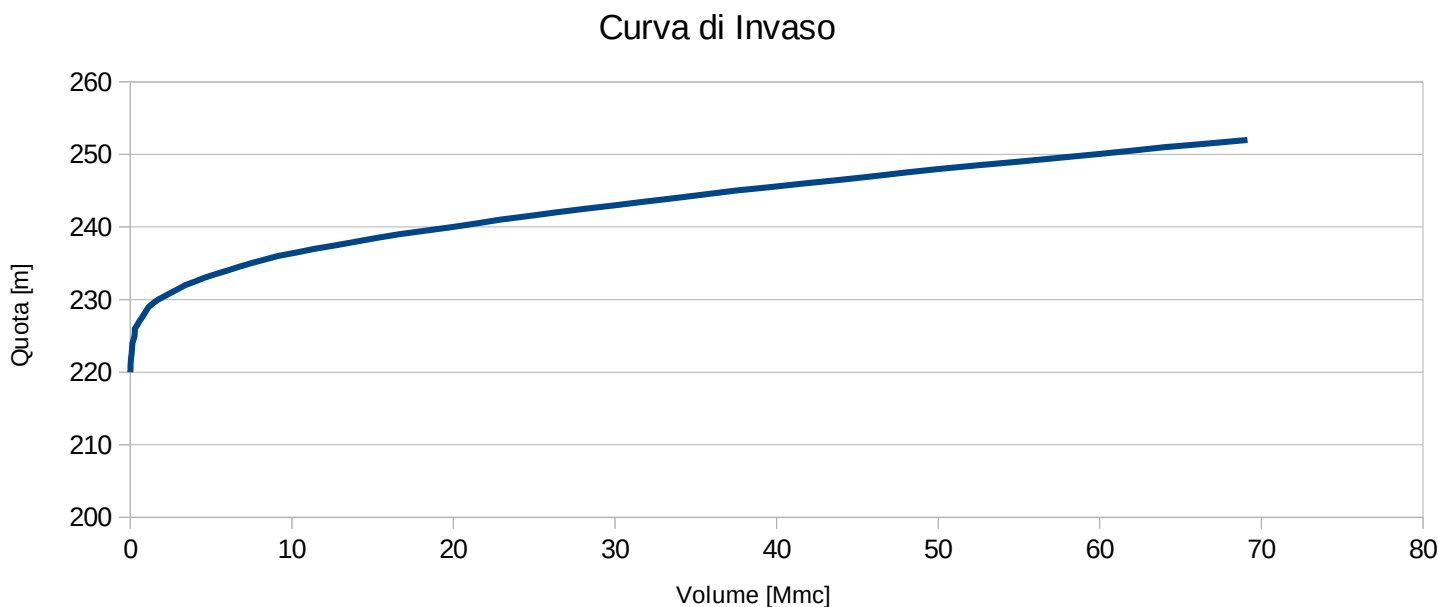


Figura 3 – Curva di invaso

Inquadramento Ambientale

Aspetti Geografici

Il bacino imbrifero sotteso dall'invaso di Bilancino è rappresentato dal bacino superiore del fiume Sieve, ha una superficie di 149 km² e ricade in un territorio appenninico con caratteristiche morfologiche varie, che passano da quelle del paesaggio montano della dorsale appenninica (Passo della Futa - Monte Falterona), a quelle collinari del massiccio sub-appenninico (Monte Giovi). Si tratta di una vasta valle compresa tra quote oscillanti approssimativamente da 150 a 400 m s.l.m.m.; la quota massima dell'intera zona è rappresentata dai 1125 m s.l.m.m. del monte Gazzaro sul crinale appenninico.

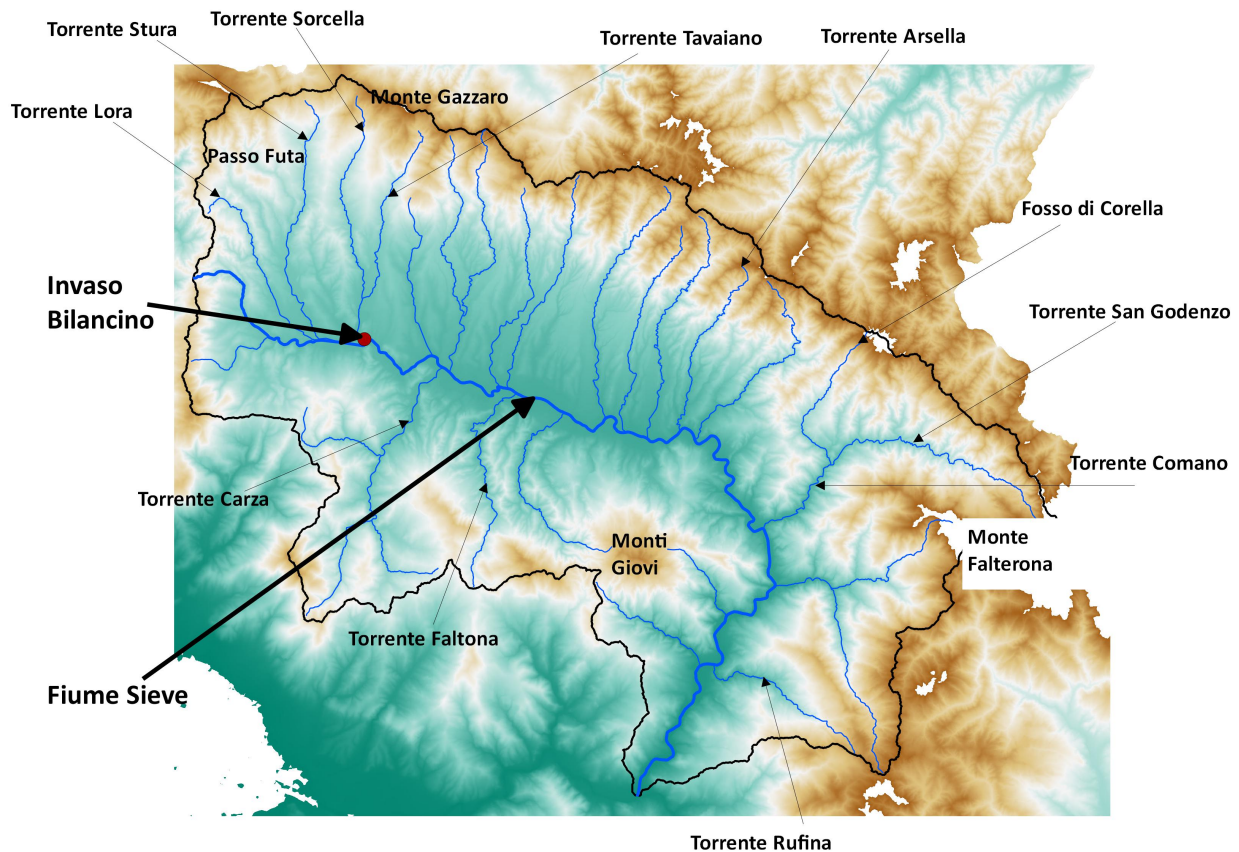


Figura 4 – Bacino Imbrifero del Fiume Sieve

Il bacino sotteso dalla diga di Bilancino ricade in un territorio appenninico in cui le piogge più intense ed i maggiori afflussi si verificano normalmente nei mesi del tardo autunno – primo inverno. I deflussi annui, ricavati dallo studio di una serie quarantennale di dati di portate giornaliere, variano in un ampio intervallo che va da 47 a 265 milioni di m³, mentre il valore medio si aggira sui 115 milioni di m³ (Rif. [4] Bibliografia).

Il sistema idraulico del Fiume Sieve a monte dell'invaso comprende diversi affluenti, oltre al corso d'acqua principale. La Sieve nasce presso Capo Sieve dalle pendici del Monte Cuccoli (633 m. s.l.m.m.). E' il maggiore affluente di destra dell'Arno, con un bacino idrografico di 840 km² a un'altitudine media di 490 m s.l.m.m. e una lunghezza dell'asta fluviale di circa 60 km. Pur non trattandosi di un tratto tipicamente montano, il corso d'acqua mantiene tuttavia carattere torrentizio fino alla confluenza con l'Arno, principalmente a causa all'assetto geomorfologico della valle (Rif. [5] Bibliografia).

I principali affluenti della Sieve, a monte dell'invaso sono: il Torrente Lora che trae origine dal Poggio della Cupola (674 m s.l.m.m.) e bagna il comune di Barberino di Mugello, sboccando nell'invaso di Bilancino dopo un percorso di 11 km. Il Torrente Stura attraversa per un breve tratto

il comune di Firenzuola per poi entrare in quello di Barberino di Mugello; il suo ramo principale nasce dal Passo della Futa (906 m s.l.m.m.) e sbocca nell'invaso di Bilancino dopo un percorso di 15 km. Durante il suo percorso riceve le acque del torrente Navale e del torrente Aglio. Il Torrente Sorcella nasce dal Passo della Futa e sbocca nell'Invaso di Bilancino dopo un percorso di circa 12 km. Il Torrente Tavaiano, il cui ramo principale trae origine dal monte Gazzaro (1125 m s.l.m.m.), scorre per 13 km nei comuni di Scarperia e di Barberino di Mugello e sbocca nell'Invaso di Bilancino (Rif. [5] Bibliografia).

A valle dell'invaso, la Sieve riceve le acque dei tre suoi maggiori affluenti: il torrente Carza in destra, il Torrente San Godenzo-Comano e il Torrente Moscia in sinistra. Il Torrente Carza, maggiore affluente in destra, nasce dal Poggio Carega e dal Poggio Starniano, poco a monte dell'abitato di Fontebuona, e sbocca in Sieve nel paese di San Piero a Sieve, percorrendo circa 12 km. Il Torrente San Godenzo, che nell'ultimo tratto prende il nome di Comano attraversando l'abitato di Dicomano dove sfocia in Sieve, percorre circa 20 km, nascendo dal Monte Falterona e ricevendo le acque del Fosso di Corella (in destra idraulica prima dell'abitato di Dicomano). Il Torrente Moscia (sinistra) nasce fra il Poggio Tesoro (1098 m s.l.m.m.) e il Passo della Consuma (1058 m s.l.m.m.) e si getta in Sieve presso l'abitato di Contea, dopo un percorso di circa 15 km;

Altri affluenti meno significativi, sempre a valle dell'invaso, sono:

- il Torrente Levisone (sinistra) che nasce dal monte Castel Guerrino (1117 m s.l.m.m.) e sfocia in Sieve presso San Piero a Sieve, dopo aver lambito l'abitato di Scarperia e percorso circa 14 km;
- il Torrente Faltona (destra) che nasce nei pressi dell'abitato di Polcanto e sfocia in Sieve dopo circa 9 km;
- il Torrente Elsa di Sieve o Ensa (sinistra) che nasce dal Colle di Casaglia (913 m s.l.m.m.), passa tra Vicchio e Borgo San Lorenzo e si getta in Sieve dopo un percorso di circa 18 km;
- il Torrente Arsella (sinistra) che nasce dall'Alpe di Vitigliano (1177 m s.l.m.m.) e sfocia in Sieve, dopo un percorso di circa 11 km, all'altezza dell'abitato di Vicchio;
- il Torrente Rufina (sinistra) che attraversa l'omonima località in cui sfocia nella Sieve dopo un percorso di circa 10 km dalla sua sorgente sul Poggio Toschi, presso il Passo della Consuma.

Aspetti Geologici e morfologici

Il bacino della Sieve risulta fisicamente suddiviso in tre sottozone ben distinte. Quella a leggera pendenza o pianeggiante lungo l'asta del fiume Sieve fino a una quota approssimativa di m 250, la seconda a modesta pendenza fino ai piedi dell'Appennino e Preappennino e infine la rimanente parte del territorio assume, specialmente sopra la quota dei 600 m, pendenze decise.

Il substrato pedogenetico predominante è quello arenaceo (35%) sulla dorsale appenninica con valli a versanti ripidi e profili a V asimmetrici. Le formazioni marnoso-arenacee e quelle sabbiose, argillose e calcaree, presenti in misura quasi equivalente fra loro, costituiscono il riempimento della conca pianeggiante terrazzata del Mugello, originariamente bacino lacustre di origine tettonica, in seguito alle fasi di erosione e deposito cui il bacino è stato successivamente soggetto (Rif. [5] Bibliografia).

Aspetti Climatici

Per quanto attiene l'analisi climatologica, la distribuzione delle precipitazioni medie annuali mostra un massimo piuttosto consistente di circa 1200 mm annui lungo la dorsale appenninica (Passo della Futa - Monte Falterona), mentre i minimi si hanno lungo l'asse della Valle della Sieve.

Le precipitazioni registrano due minimi e due massimi durante il corso dell'anno. Il minimo più significativo si registra nel periodo estivo (luglio-agosto) sebbene non siano infrequenti episodi temporaleschi, talvolta anche intensi, lungo la dorsale appenninica. L'altro minimo corrisponde, in media, al periodo dicembre-gennaio. Il massimo stagionale si registra nel periodo autunnale ottobre-novembre con un altro picco di precipitazioni (minore del precedente) nel periodo che va da marzo a aprile. Come già evidenziato in precedenza, la presenza della catena appenninica costituisce una naturale forzante orografica per le masse d'aria che caratterizzano il clima della Toscana, cioè quelle provenienti da ovest, sud-ovest. Per questo motivo, i massimi di precipitazione si realizzano lungo la dorsale, così come sono frequenti i temporali estivi (Rif. [5] Bibliografia).

Dati idrologici-idraulici

Per quanto riguarda i dati idrologici e idraulici relativi all'invaso e al Fiume Sieve si è fatto riferimento a quanto trasmesso dal Genio Civile Valdarno Superiore, competente per territorio. Gli stessi dati e le stesse ipotesi sono alla base dello studio effettuato dalla Città Metropolitana di Firenze (allora Provincia di Firenze) dal titolo "Modellazione idraulica del fiume Sieve nel tratto compreso all'interno del Comune di Vicchio e proposta di nuova perimetrazione del Piano di Assetto Idrogeologico" (Rif. [2] Bibliografia), discusse con l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. La stessa Città Metropolitana ha fornito uno studio "Modellazione idrologica idraulica del Bacino del fiume Sieve, di supporto alle verifiche di area vasta di cui al Piano di Bacino del fiume Arno - Stralcio Rischio Idraulico - da realizzarsi sul tratto compreso tra la diga di Bilancino e lo sbocco in Arno" con indicazioni idrologiche-idrauliche e un modello idraulico (HEC-RAS) del Fiume Sieve, con rilievi topografici piuttosto recenti (Rif. [3] Bibliografia).

Gli eventi presi in considerazione, in accordo appunto con le indicazioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale per i suddetti studi, sono quelli di durata complessiva pari a 36 ore. Per quanto riguarda i Tempi di Ritorno si è scelto di considerare quello duecentennale, per evidente analogia con quanto avviene in fase di progettazione per le opere che insistono su un corso d'acqua, e quello trentennale, anche per tenere conto di quanto portato avanti in sede istituzionale per la predisposizione del piano di Protezione Civile per eventi sul fiume Arno, il cosiddetto Piano Arno. Per quanto riguarda la durata delle piogge critiche, cioè quelle che possono mettere in crisi il bacino considerato, si sono scelte le durate 3h, 6h, 9h, 12h. Gli effetti indotti dalla diga di Bilancino sono stati valutati per tutti gli eventi appena descritti.

La laminazione dell'idrogramma di piena dipende dalla quota iniziale di invaso e dalla legge di asservimento della paratoia mobile. Cautelativamente, si è deciso di assumere come quota iniziale dell'invaso la quota di massima regolazione (252 m s.l.m.m.); l'assunzione fatta è cautelativa perché, naturalmente, la riduzione delle massime portate in uscita risulta tanto più efficace quanto maggiore risulta la capacità di invaso durante gli eventi meteorici e quindi, tanto minore risulta il livello iniziale nel serbatoio.

Per quanto riguarda la soglia mobile, questa è stata ipotizzata chiusa.

Coerentemente con quanto sopra descritto (studi forniti dalla Città Metropolitana di Firenze e indicazioni del Genio Civile Valdarno Superiore), gli effetti dell'invaso sulle portate sono valutati a partire dalle seguenti ipotesi:

- gli idrogrammi di piena in ingresso al serbatoio per i vari tempi di ritorno sono stati forniti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- non vengono considerate successioni di eventi; ogni evento di piena è analizzato in forma isolata, indipendentemente, cioè, da eventi precedenti o seguenti;
- la soglia fissa è una luce a stramazzo, per cui vale la relazione:

$$Q = \mu L h \sqrt{g h}$$

dove h rappresenta il carico sullo stramazzo, μ il coefficiente di deflusso che viene assunto costante e pari a 0.47 (Paris e Montefusco), L la larghezza dello stramazzo.

I risultati di seguito mostrati sono quelli forniti dal Genio Civile Valdarno Superiore e quelli contenuti nello studio [2] della Bibliografia.

L'effetto della laminazione dipende dalla differenza fra gli afflussi e i deflussi ed è rappresentabile attraverso la legge di conservazione della massa per l'invaso, ovvero:

$$\frac{dV}{dt} = Q_i - Q_u$$

L'equazione differenziale può essere discretizzata nella forma:

$$\Delta V = (Q_i - Q_u) \Delta t$$

dove ΔV è il volume accumulato nel serbatoio nell'intervallo di tempo Δt , Q_i e Q_u rispettivamente la portata in ingresso e quella in uscita.

La portata in ingresso è valutata attraverso l'idrogramma a Ponte a Bilancino prima della costruzione dell'opera; quella in uscita attraverso la legge di stramazzo sopra enunciata. Il battente sulle soglie è determinato utilizzando le leggi d'invaso. Le equazioni citate sono state usate in un procedimento di calcolo iterativo assumendo $\Delta t = 30'$, intervallo di tempo in cui il gradiente delle portate può essere considerato costante. I diagrammi sottostanti risultano, come già detto, dalle elaborazioni del Genio Civile Valdarno Superiore.

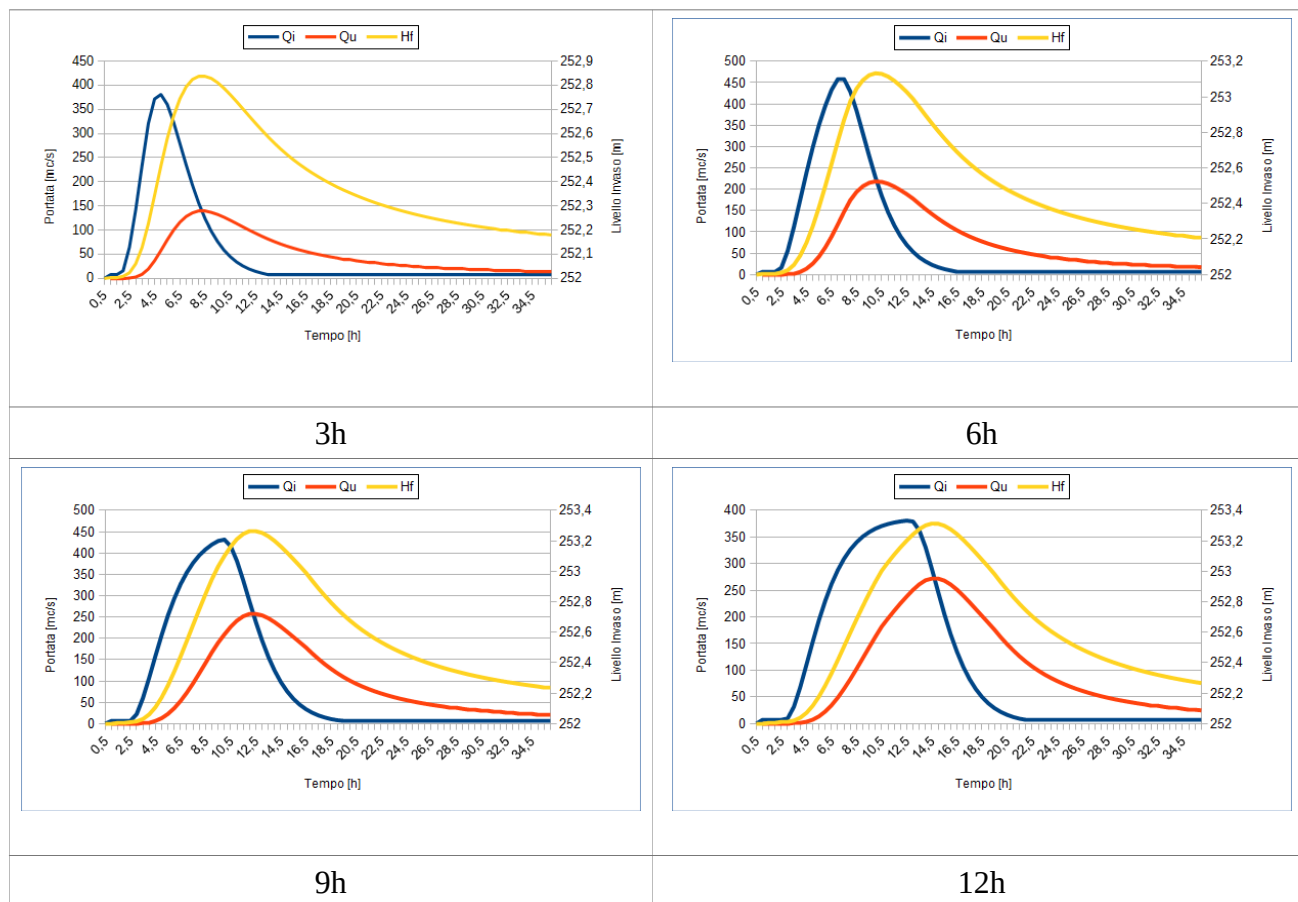


Figura 5 – Idrogrammi Invaso di Bilancino per $T_r=200$ anni

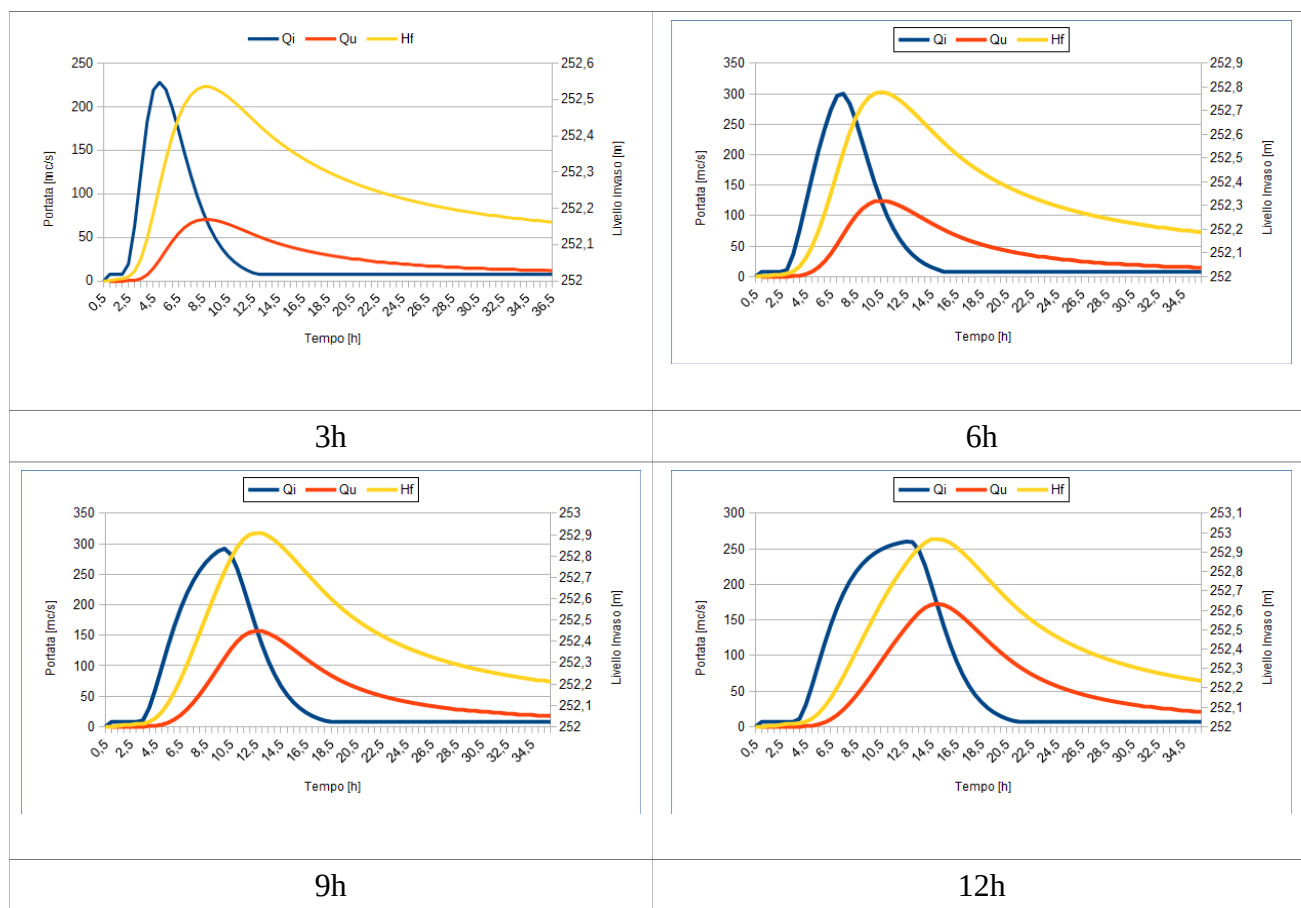


Figura 6 – Idrogrammi Invaso di Bilancino per $Tr=30$ anni

Dai diagrammi e dai dati in possesso si nota come i tempi di pioggia critici per la sollecitazione del bacino della Sieve a monte dell'invaso di Bilancino siano compresi tra 6h e 9h. In particolare, i picchi di piena si registrano con durate delle piogge pari a 6h e sono pari a circa $460 \text{ m}^3/\text{s}$ per tempi di ritorno duecentennali e $300 \text{ m}^3/\text{s}$ per tempi di ritorno trentennali.

Portate di Piena [m^3/s]		Tempi di Ritorno [anni]	
		30 anni	200 anni
Durata Piogge [h]	6	300	460
	9	292	431

Tabella 4 – Portate di Piena della Sieve a monte di Bilancino

Analogamente a quanto fatto dalla Città Metropolitana di Firenze (Rif. [2] Bibliografia), sono stati considerati gli idrogrammi degli affluenti del fiume Sieve come forniti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, facendo riferimento alle sezioni idrauliche utilizzate per

la modellazione idraulica del Piano di Assetto Idrogeologico. Il passo temporale di questi idrogrammi è di 30 minuti. Viste le finalità di questa prima bozza, che come già ribadito nella Premessa riguardano solo la possibilità di limitare il rischio idraulico locale nei territori attraversati dal fiume Sieve, in particolare le zone (S. Piero a Sieve, Sagginale,...) ritenute storicamente soggette a rischio, l'analisi degli affluenti riguarderà essenzialmente quelli a monte dei territori maggiormente a rischio e quelli le cui portate possono essere ritenute comparabili con le portate in uscita dall'invaso di Bilancino. Si è scelto quindi di prendere in considerazione il torrente Carza (che è il maggior affluente della Sieve), il torrente Levisone, il torrente Bagnone e il torrente Faltona che si trovano tutti a monte dell'abitato di Sagginale.

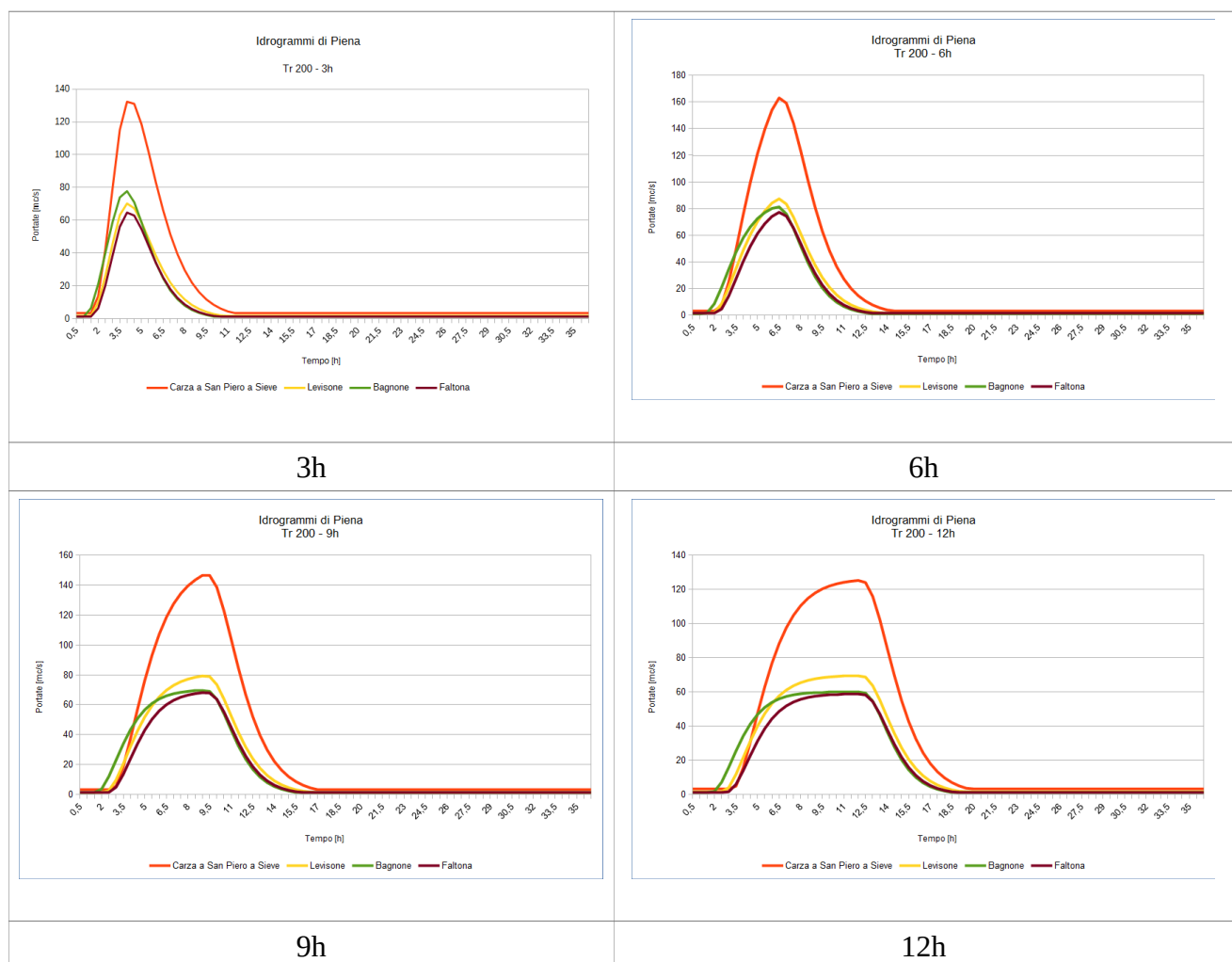


Figura 7 – Idrogrammi Affluenti Sieve (fino a Sagginale) per Tr=200 anni

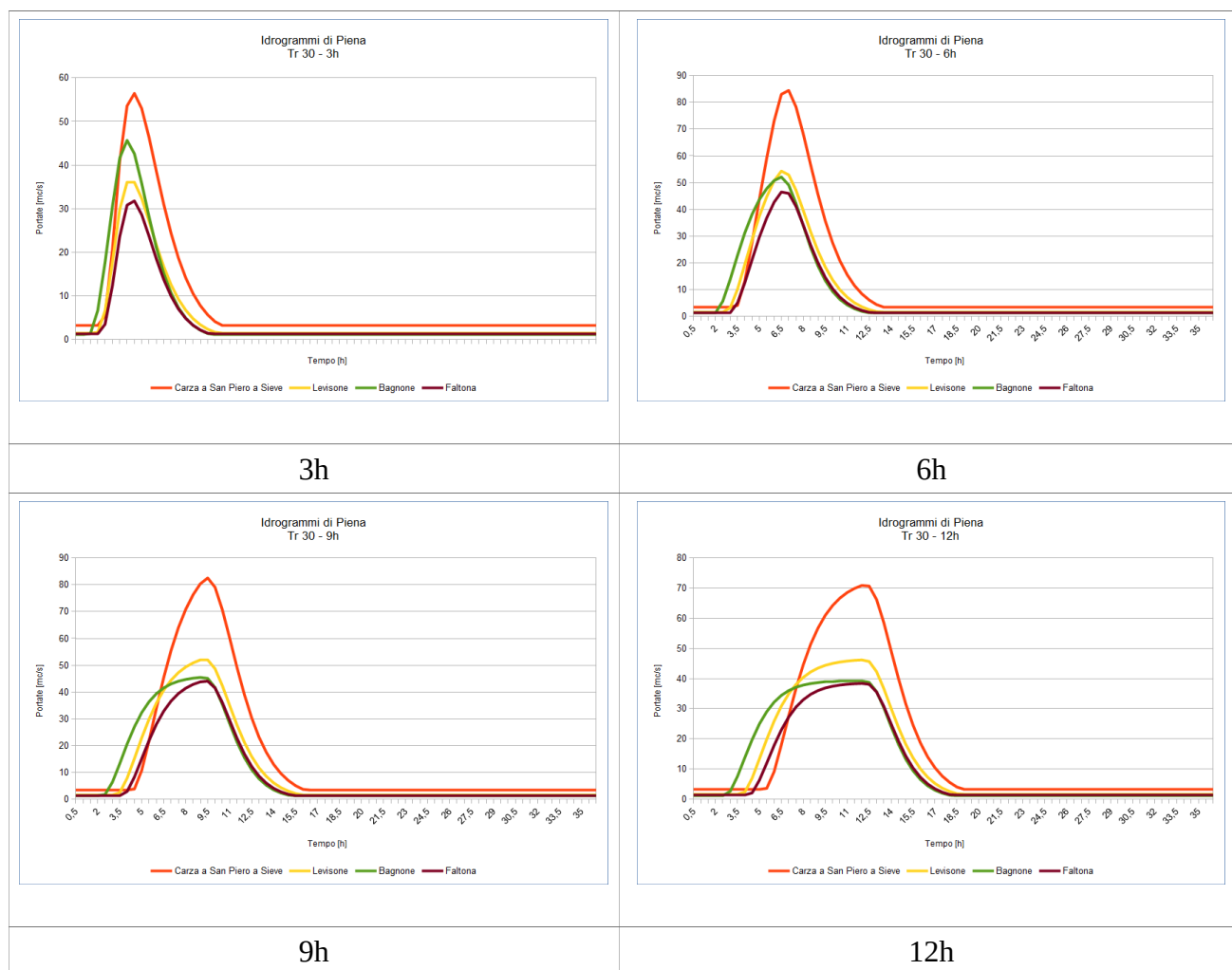


Figura 8 – Idrogrammi Affluenti Sieve (fino a Sagginale) per $Tr=30$ anni

Gli idrogrammi mostrano come il contributo del Torrente Carza sia preponderante rispetto a quello degli altri affluenti (che presentano contributi confrontabili tra loro) e che le durate di pioggia critiche per i loro bacini siano dell'ordine delle 6h-9h, come già visto per la Sieve.

Portate di Piena [m³/s]		Tempi di Ritorno [anni]							
		30 anni	200 anni	30 anni	200 anni	30 anni	200 anni	30 anni	200 anni
		Carza		Levisone		Bagnone		Faltona	
Durata Piogge [h]	3	56	132	36	70	46	78	32	64
	6	84	163	54	87	52	81	46	77
	9	82	147	52	79	45	70	44	68
	12	71	125	46	69	39	60	38	59

Tabella 5 – Portate di Piena degli affluenti della Sieve considerati

La laminazione delle piene

Con il termine laminazione viene definita l'attenuazione di un'onda di piena. Nel suo spostamento da monte verso valle un'onda di piena subisce comunque una laminazione naturale, ma l'effetto viene ulteriormente accentuato dall'inserimento di un serbatoio lungo un corso d'acqua. Vengono così a ridursi le portate di piena ed accrescersi quelle di morbida in virtù del fatto che la variazione di portata dell'emissario, Q_e , è legata alla possibilità di immagazzinamento temporaneo di un volume d'acqua.

Pertanto, si possono definire la portata massima dell'onda di piena affluente al serbatoio (Q_i) sotto forma di precipitazioni dirette sullo specchio liquido, affluenti superficiali depurati dell'evaporazione ed infiltrazioni, la portata massima scaricata dal serbatoio durante la piena (Q_e), funzione crescente di h e caratteristica dell'elemento (canale, sfioratore, diga tracimabile o traversa, ...), l'altezza (h) del sopralzo della superficie libera del lago rispetto al livello di ritenuta, l'area (Ω) dello specchio liquido, funzione di h e il Volume invasato (V) come

$$r = \frac{Q_i}{Q_e}$$

Il Grado, o rapporto, di laminazione di un'onda di piena dipende dalle caratteristiche idrologiche, dal massimo sopralzo della superficie libera del lago e quindi dall'area dello specchio liquido ed, infine, dalle caratteristiche idrauliche degli organi di scarico ed è valutabile come:

$$r = \frac{Q_i}{Q_e}$$

La D.P.C.M. 27/2/2004 stabilisce che deve essere predisposta e organizzata una adeguata attività di regolazione dei deflussi, in modo da individuare le misure necessarie a contrastare gli effetti di piene nei bacini nel quale siano presenti invasi artificiali qualunque sia la loro funzione primaria (produzione di energia e/o all'approvvigionamento primario di risorsa idrica) per poterle rendere compatibili con i legittimi interessi dei gestori e per assolvere agli scopi di Protezione Civile.

Si deve quindi cercare di massimizzare la laminazione dell'onda di piena compatibilmente con lo sversamento in alveo di portate non pericolose per i tratti del corso d'acqua a valle delle opere stesse. Quest'ultimo punto si collega con quanto stabilito dalla D.P.C.M. 08/07/2014 che attribuisce all'Autorità Idraulica il compito di validare i valori di massima portata di piena transitabile in alveo a valle dello sbarramento che la Circolare DSTN/2/22806 del 13 dicembre 1995 impone di determinare ai gestori.

Gli invasi effettivamente utili alla laminazione delle piene sono, in prima istanza, quelli costruiti con un volume appositamente pensato per tale funzione. Ma anche gli altri possono essere utilizzati a tale scopo, in base alle caratteristiche dei loro organi di scarico.

Per tali invasi le Regioni sono chiamate a predisporre un piano di laminazione preventivo, con il concorso tecnico dei Centri Funzionali decentrati, dell'Autorità di Bacino/Distretto e degli Uffici Tecnici Dighe, d'intesa con i gestori, sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile. Il piano di laminazione dovrà contenere l'indicazione delle misure e procedure da adottare, per diversi scenari d'evento, per la salvaguardia della incolumità della vita umana, dei beni, degli insediamenti e dell'ambiente territorialmente interessati dall'evento, tenendo in debito conto la sicurezza delle opere e l'esigenza di utilizzazione dei volumi invasati.

Oltre al volume appositamente predisposto per la laminazione delle piene, si può assicurare un ulteriore volume attraverso due tipi di laminazione: la laminazione statica e quella dinamica.

La laminazione statica consiste nel mantenimento, con continuità e durante i periodi dell'anno valutati critici per il verificarsi di eventi di piena, di una quota di invaso minore della quota d'esercizio autorizzata. In questo modo si recupera il volume necessario a invasare quanto stabilito.

La laminazione dinamica si basa su previsioni quantitative delle precipitazioni sul bacino a monte, sulla valutazione dei conseguenti deflussi attesi all'invaso, sullo stato dell'invaso e sulla massima portata transitabile in sicurezza nell'alveo di valle. Tenendo conto di tutti questi fattori risulta possibile effettuare svasi preventivi per aumentare l'effetto di laminazione solo quando esiste un'elevata probabilità di accadimento dell'evento. E' comunque utile e doveroso ricordare che tali manovre potrebbero rendere necessarie conseguenti azioni di Protezione Civile.

Ipotesi Idrologiche-Idrauliche per definire gli scenari di utilizzo della Diga del Bilancino e del relativo invaso con scopi di laminazione della piena sul Fiume Sieve

1) Il Piano di Laminazione ipotizzato è valutato e descritto per i soli effetti locali. Non valuta gli effetti sull'intero sistema idraulico Sieve-Arno le cui valutazioni devono essere inserite in un più ampio quadro che tenga conto anche delle opere di laminazione in fase progettuale o di realizzazione sull'asta principale dell'Arno (rialzamento Diga di Levane, sistema di casse di espansione Figline,...) e quelle previste lungo il corso del Fiume Sieve. Queste valutazioni esulano da questo documento che, come definito già nel titolo e nella Premessa, è una proposta stralcio per

affrontare criticità locali, principalmente per l'abitato di Sagginale, che rappresenta uno dei punti più critici, in particolare per gli eventi con tempi di ritorno bassi.

2) Si considera come portata massima transitabile in alveo in sicurezza (con franco di 1m in corrispondenza dei ponti) per quanto riguarda l'asta fluviale del Fiume Sieve a valle dell'invaso di Bilancino il valore di 200 m³/s, che deriva da un'altra attività svolta dalla Regione in ottemperanza a quanto previsto dalla D.P.C.M. 8/7/2014 "Indirizzi operativi inerenti l'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe".

3) Si prendono in considerazione eventi meteo isolati che accadono sui bacini del Fiume Sieve a monte del Bilancino e sul Torrente Carza, suo principale affluente. Questi corsi d'acqua, o meglio le piene concomitanti di questi due corsi d'acqua, sono quelle che più condizionano il sistema della sicurezza idraulica all'abitato di Sagginale, e quindi sono stati utilizzati per descrivere i vari scenari, in maniera semplificata ma significativa per l'obiettivo da raggiungere.

4) I tempi di reazione del sistema idraulico sono stati definiti in termini di previsioni meteo, con un grado di confidenza ipotizzato non inferiore al 70% e paragonabile al tempo di corrvazione dello schema idraulico che dà il massimo valore di portata da laminare da monte (valutato in 6h). Altro tempo considerato per i vari scenari è quello di non sovrapposizione delle portate massime esitate dalla Diga del Bilancino ed in arrivo dal T. Carza (stimato in 0,50 h, in accordo anche con le valutazioni del Settore Idrologico Regionale in qualità di Centro Funzionale).

Analisi dei vincoli gestionali dell'invaso di Bilancino

1) Si deve considerare che la Diga del Bilancino è stata costruita con il principale obiettivo di garantire l'approvvigionamento idropotabile di Firenze. Pertanto l'eventuale volume da reperire con l'invaso non deve essere in conflitto con questo interesse. L'uso dei volumi che si accumulano tra la quota di massimo invasore e quella di massima regolazione, il Volume di Laminazione che nel caso specifico corrisponde a 15 milioni di mc, non impatta su questa gestione. Ulteriori volumi da reperire per l'obiettivo di laminazione delle piene devono essere valutati in base alla capacità di regolazione annuale degli afflussi per non incidere sulla disponibilità idrica per l'uso idropotabile e DMV dell'Arno, in primavera-estate-autunno, in quanto vanno ad incidere sul volume di regolazione (si veda il successivo grafico dell'andamento delle altezze idriche invase, dal 2003 al 2015). Per questo, a fine stagione meteo avversa (indicativamente aprile – maggio) occorre avere, nella peggiore delle ipotesi, un volume che permetta di soddisfare le necessità idriche da Giugno a

Settembre – Ottobre. Si riporta di seguito il grafico dell'andamento dei livelli presenti nell'invaso dal 2003 al 2015. Da quanto emerso con l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, un livello di 251 m s.l.m.m. a inizio della stagione estiva è ritenuto sufficiente per la gestione della risorsa idrica nel periodo più critico (giugno-ottobre).

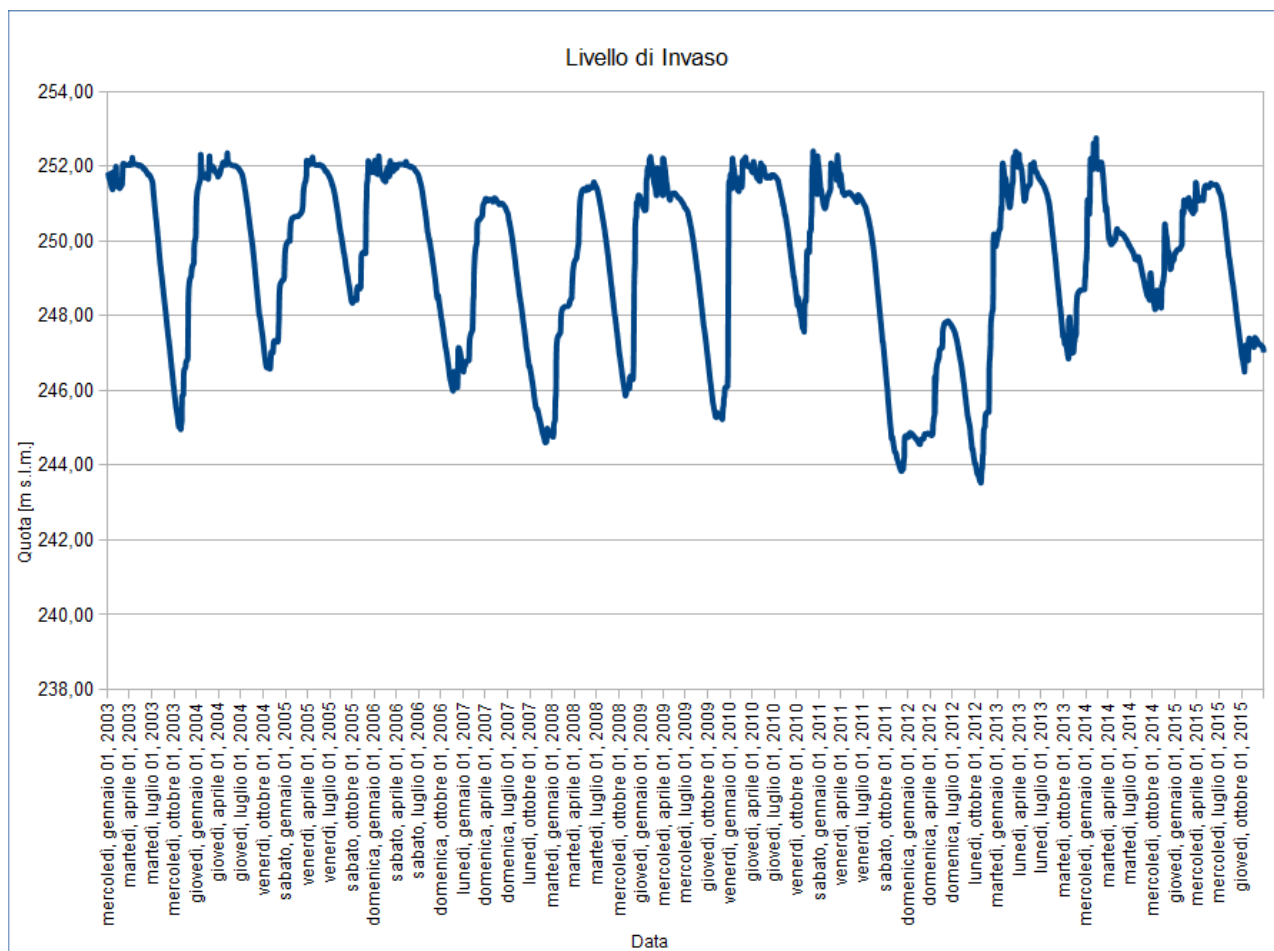


Figura 9 – Andamento dei livelli idrici nell'invaso di Bilancino (Fonte Publiacqua)

Configurazione della diga per definire gli scenari gestionali – Organi di Regolazione

1. *Nessuna manovra sugli organi di scarico.* Non si manovrano in maniera programmata né la paratoia a ventola né lo scarico di fondo o di esaurimento. Si utilizza il Volume di Laminazione previsto in fase di progettazione ($V=15.000.000$ mc) senza ulteriori benefici possibili. In questo caso non si ha alcun controllo sulla portata scaricata a valle che dipende unicamente dal carico idraulico (e quindi dal livello di invaso) che insiste sugli sfioratori. Al raggiungimento della quota di massimo invaso la paratoia a ventola scarica una portata pari a circa $288 \text{ m}^3/\text{s}$ a cui si aggiungono le

portate sfiorate dalla soglia libera (652 m³/s). A valle defluisce una portata pari alla somma delle portate scaricate dagli organi di sfioro (940 m³/s).

2. *Manovra controllata e programmata dello scarico di superficie.* L'acqua invasata nella diga deve essere ad un'altezza superiore alla quota dello sfioratore mobile. In questo scenario la portata da far defluire è funzione dell'altezza in diga e risulta difficoltosa una efficace e efficiente regolazione poiché si deve tener conto della portata in arrivo e del livello in diga. Questa altezza, infatti, influenza la portata in uscita dallo sfioratore con paratoia mobile parzialmente aperta e, se superiore alla quota di massima regolazione, la portata che defluisce dalla soglia fissa, che si sommano (vedi allegato 1, scala di deflusso paratoia a ventola e soglia fissa).

3. *Quota di massima regolazione, apertura dello scarico di fondo e paratoia a ventola chiusa.* Defluisce a valle la sola portata esitata dallo scarico di fondo che varia in funzione dell'altezza d'acqua presente nell'invaso (funzionamento luce a battente, vedi allegato 1). Da valutare le possibili complicazioni su questo organo di sicurezza della Diga e quindi diventa essenziale, in questo caso, il raccordo con il Gestore e l'Ufficio Tecnico Dighe. Nella nota citata in Premessa, l'UTD sottolinea che *“A tal riguardo si ritiene opportuno limitare il più possibile le operazioni di apertura parzializzata delle paratoie dello scarico di fondo, che al momento si presentano in condizioni di perfetta efficienza, al fine di non accelerare eventuali processi di usura ed i conseguenti interventi di manutenzione straordinaria sulle stesse”*.

4. *Quota di massima regolazione, apertura del solo scarico di superficie presidiato dalla paratoia a ventola.* Defluisce a valle la portata esitata da questa opera di sfioro.

5. *Quota di massima regolazione, apertura sia dello scarico di fondo che della paratoia a ventola.* Defluisce a valle la somma delle due portate. Vale quanto detto al precedente punto 3).

In tutti i casi considerati è necessario valutare la portata in uscita dall'invaso in funzione della portata presente nell'alveo di valle, con la limitazione di portata massima transitabile in alveo determinata, con un margine di sicurezza, in 200 m³/s (come già richiamato in precedenza).

Scenari di valle con portata in arrivo dal torrente Carza trascurabile rispetto a quella proveniente dalla diga

La portata in uscita deve essere al più di 200 m³/s, valore convalidato come massima portata transitabile in alveo ai sensi della D.P.C.M. 08/07/2014 (D.D.R.T. n° 9475 del 23/09/2016). Questo valore risulta essere anche riconosciuto come limite “da non superare nel corso di manovre

ordinarie” secondo l’UTD (Prot. n. 863-1008 del 06/11/1997) e confermato dalla Direzione Generale Dighe (Prot. SDI/3113/UCPL del 09/04/1998). Al fine di garantire questa soglia di sicurezza e tenuto conto che il bacino di alimentazione è tutto sommato di modeste dimensioni e quindi un fenomeno meteo lo interessa per la sua interezza, si può ipotizzare che dal torrente Carza stia arrivando comunque una certa portata. **Per tale motivo si assume come valore esitabile dalla diga al più 150 m³/s**, fermo restando che si valuterà negli scenari la non sovrapposizione delle due piene che possono arrivare sia dal torrente Carza che dal Fiume Sieve.

All’altezza di massima regolazione, dalla paratoia a ventola esitano al massimo 116 m³/s, pertanto i rimanenti potranno essere “recuperati” azionando altri scarichi (di fondo o di esaurimento). La nota dell’UTD richiamata nella Premessa specifica che *“si ritiene opportuno limitare il più possibile le operazioni di apertura parzializzata delle paratoie dello scarico di fondo, che al momento si presentano in condizioni di perfetta efficienza, al fine di non accelerare eventuali processi di usura ed i conseguenti interventi di manutenzione straordinaria sulle stesse. Si ritiene opportuno prevedere di operare le regolazioni di portata mediante la ventola dello scarico di superficie e mediante le saracinesche dello scarico di esaurimento...”*. Seguendo tale indicazione e quindi non utilizzando gli scarichi di fondo, **la portata massima esitabile alla quota di massima regolazione (252 m s.l.m.m.) dallo scarico presidiato dalla paratoia a ventola e da quello di esaurimento risulta di 128 m³/s** (116 m³/s dalla paratoia a ventola e 12 m³/s dallo scarico di esaurimento). Tali valori sono desunti dal Foglio Condizioni per l’Esercizio e la Manutenzione (F.C.E.M., [7] Bibliografia).

Grandezze caratteristiche per la laminazione delle piene in relazione agli eventi con Tempo di ritorno 30 anni e 200 anni

Per la predisposizione di scenari operativi per la laminazione delle piene ottenute attraverso i volumi disponibili all’invaso di Bilancino si può pensare di determinare il massimo volume invasabile sulla base delle previsioni meteorologiche di evento avverso. Come prima considerazione preliminare si deve considerare, senza dubbio, la distanza che intercorre tra l’invaso di Bilancino e gli affluenti, in particolare il Torrente Carza. Tale distanza è di circa 5 km e quindi il tempo di trasferimento della piena in uscita da Bilancino si può ragionevolmente pensare nell’ordine di 0,5h ÷ 1h, considerazioni condivise con il Settore Idrologico Regionale che svolge le funzioni di Centro Funzionale. Pertanto le azioni da intraprendere si dovranno basare sulle previsioni meteorologiche

(e sulla loro affidabilità) non potendo fare affidamento sulle effettive registrazioni degli strumenti idro-pluviometrici, visti i ristretti tempi a disposizione. In altre parole, si dovrà procedere alle operazioni per reperire il volume necessario sulla base delle previsioni meteorologiche, quindi con un certo anticipo e con un certo grado di incertezza.

La Regione Toscana è dotata di un Centro Funzionale che si compone della parte meteorologica, che fa capo al LaMMA, e della parte di valutazione effetti al suolo per la parte idrologica-idraulica, che fa capo al Settore Idrologico Regionale. Come detto in precedenza, le operazioni si dovranno basare sulle previsioni meteorologiche. Lo stato dell'arte delle previsioni consentono un elevato grado di affidabilità a 3 giorni. Viste però le dimensioni dei bacini considerati (149 km² quello a monte di Bilancino, 66 km² quello del torrente Carza), l'orizzonte delle previsioni meteo deve per forza accorciarsi per poter aumentare l'affidabilità ed essere ragionevolmente confidenti che la perturbazione attesa interessi la zona con l'intensità prevista. Si può ragionevolmente supporre che l'orizzonte temporale da utilizzare sia compreso tra le 6 e le 12 ore, quindi con previsioni di 8-14 ore precedenti all'inizio dell'evento. Spingersi al di sotto delle 6 ore di preavviso potrebbe risultare rischioso perché le operazioni di svaso potrebbero coincidere, nella fase finale, con la piena del torrente Carza. Considerando quindi la quota dell'invaso rispetto alla quota di massima regolazione e a quella di massimo vaso, la funzionalità degli scarichi di fondo e la portata massima contenibile nell'alveo di valle (Q_{amax}), convalidata in 200 m³/s come da D.D.R.T. n° 9475 del 23/09/2016, considerando di scaricare una portata inferiore alla Q_{amax} pari a 128 m³/s, per le considerazioni fatte al punto precedente e per tenere conto anche degli apporti degli affluenti, si può determinare il volume massimo che si può riuscire a recuperare per invasare la piena prevista. Supponendo di partire dalla quota di massima regolazione (252 m s.l.m.m.) tale volume varia tra circa 2,8 e 5,5 Milioni di mc e, considerando la curva di vaso (figura 3), significa attestarsi, rispettivamente, alle quote indicative di 251,46 m e di 250,91 m circa. I volumi recuperati risultano consistenti soprattutto per le piene con $T_r=30$ anni e comunque non trascurabili anche per le piene con $T_r=200$ anni, considerando 12h di scarico, mentre volumi meno significativi considerando uno scarico di 6h, come si vede dalla tabella sottostante.

Volume Piena [mc]		Tempi di Ritorno [anni]	
		30	200
Durata delle piogge [h]	6	6.054.000 (46%÷91%)	9.801.000 (28%÷56%)
	9	7.661.000 (36%÷72%)	12.202.000 (23%÷45%)
	12	8.931.000 (31%÷62%)	14.114.000 (20%÷39%)

Tabella 6 – Volumi di Piena per gli idrogrammi con $T_r=30$ anni e $T_r=200$ anni e diverse durate di pioggia con l'indicazione della percentuale invasabile a Bilancino (preavviso 6-12 ore, $Q_{amax}=200 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{vaso}=150 \text{ m}^3/\text{s}$)

Si può considerare come obiettivo minimo, in analogia a quanto fatto in altri Piani di Laminazione (Rif. [1] Bibliografia), quello di evitare la sovrapposizione della piena del torrente Carza con la piena in uscita da Bilancino. Per ottenere tale obiettivo, si dovrà prevedere di invasare a Bilancino per un tempo (T_{inv}) pari alla differenza tra la durata della fase ascendente della piena del Torrente Carza e il tempo di trasferimento dell'onda di piena da Bilancino alla confluenza con il Torrente Carza stesso, aumentato di un coefficiente di sicurezza che può essere assunto pari al 20%:

$$T_{inv} = \Delta T_s \left(1 + \frac{1}{\text{coefficiente di sicurezza}} \right)$$

Per valutare il volume di invaso necessario si può considerare l'ipotesi più sfavorevole cioè quella per cui T_r a monte $\gg T_r$ a valle. In questo modo, analizzando una sola situazione rispetto alle infinite possibilità di distribuzione spaziale delle piogge che possono determinare una certa portata, si può essere ragionevolmente confidenti di aver considerato una delle condizioni più sfavorevoli e quindi di agire in condizioni di sicurezza. In altre parole si ipotizza che sul bacino di monte agisca “un carico” più sfavorevole di quello che agisce sulla sezione di interesse (Rif. [1] Bibliografia). Nel caso in questione si utilizzerà $T_r = 500$ anni a monte. Considerando le durate di pioggia critiche (6h-9h) il rapporto tra Portata massima in arrivo a Bilancino e Portata media si attesta intorno a 2,35. Questo rapporto verrà utilizzato per determinare la portata media cinquecentennale che servirà per la determinazione del Volume di laminazione. Visto che il picco di piena a Bilancino con $T_r = 500$ anni è $558 \text{ m}^3/\text{s}$ per la durata di 6h, la portata media determinata risulta di $238 \text{ m}^3/\text{s}$.

I volumi da laminare per evitare la contemporaneità dei picchi sono riassunti nella tabella sottostante, nell'ipotesi, a favore di sicurezza, che la piena da Bilancino al Torrente Carza si trasferisca con un tempo pari a 30 minuti (in questa ipotesi è previsto un maggior tempo di invaso a Bilancino e quindi un maggior volume di laminazione).

		Tempi di Ritorno [anni]					
		30	200	30	200	30	200
		Durata Fase Ascendente [h]		T _{inv}		Volume di Laminazione [mc]	
Durata Piogge [h]	3	2	2,5	1,8	2,4	1.542.240	2.056.320
	6	3,5	4,5	3,6	4,8	3.084.480	4.112.640
	9	5	6,5	5,4	7,2	4.626.720	6.168.960
	12	6,5	8,5	7,2	9,6	6.168.960	8.225.280

Tabella 7 – Volumi di laminazione necessari per gli idrogrammi con Tr=30 anni e Tr=200 anni e diverse durate di pioggia

Considerando, come già fatto in precedenza, una portata di svaso pari a 128 m³/s, si possono calcolare i tempi necessari a ottenere tali volumi all'interno dell'invaso di Bilancino e le quote indicative da raggiungere nell'invaso per disporre del volume necessario.

		Tempi di Ritorno [anni]			
		30	200	30	200
		Tempo di svaso [h]		Quota invaso da raggiungere [m]	
Durata Piogge [h]	3	3,4	4,5	251,7	251,6
	6	6,7	8,9	251,4	251,2
	9	10	13,4	251,1	250,76
	12	13,4	17,9	250,76	250,28

Tabella 8 – Tempi di svaso e quote dell'invaso per i volumi di laminazione necessari per gli idrogrammi con Tr=30 anni e Tr=200 anni e diverse durate di pioggia

Ipotesi di scenari di funzionamento della diga di Bilancino per la laminazione delle piene

Configurazione 1 - Laminazione Dinamica

Riepilogo caratteristiche che impattano sul fenomeno da descrivere:

Volume destinato alla laminazione (Volume compreso tra la quota di 254,50 e 252 Max invaso – max regolazione)	15.000.000 mc
Massima portata scaricabile dallo scarico di fondo (alla quota di Massimo Invaso)	261 m ³ /s (*)
Massima portata scaricabile dallo scarico di superficie presidiato da paratoia (alla quota di Massimo Invaso)	288 m ³ /s (*)

(*) si veda la legge di variazione delle portate in funzione del battente d'acqua nell'allegato 1 (Disegni Principali delle Opere). Questi organi di regolazione sono gli unici che possono essere manovrati per definire gli scenari d'uso della Diga per la laminazione delle piene in configurazione dinamica.

Nell'ipotesi di laminazione dinamica, si devono prevedere le seguenti fasi:

- Avviso meteo di condizioni avverse e potenziali eventi piovosi importanti (preavviso CFR 24 ore) con emissione di un codice “rosso” che coinvolga la zona di allerta M (Mugello – Val di Sieve) con conseguente Attivazione della sala del Governo della Piena;
- Preavviso e valutazioni previsionali di pioggia cumulate su 6 ore sul bacino di interesse superiori a 100 mm (valore che, in base alla revisione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, corrisponde a un evento con tempi di ritorno compresi tra 100 e 200 anni). Questo rappresenta il tempo minimo di reazione, ovvero si devono già avviare le fasi di manovra sugli organi regolazione della diga e valutare, in base agli scenari già noti ed ipotizzati in questo documento, le portate da scaricare tramite lo scarico di fondo e/o lo scarico di superficie in modo da garantire la sicurezza a valle ($Q_e \leq 128 \text{ m}^3/\text{s}$, tenendo conto di quanto indicato dall'UTD nella nota richiamata in Premessa, della portata eventualmente già presente in alveo nel Fiume Sieve a valle della diga, la portata in arrivo dai principali affluenti, in particolare dal Torrente Carza, e vista la definizione della Q_{amax} convalidata nel D.D.R.T. n° 9475 del 23/09/2016 secondo le indicazioni della D.P.C.M. 08/07/14);
- Definizione del volume reso disponibile con l'operazione di svasso, in base agli scenari reali

che si producono seguendo l'evento tramite la misura delle principali grandezze meteo-idrometriche: portata in ingresso all'invaso (variazioni livello altezza diga monitorata in continuo), portate in uscita dall'invaso (misurate in continuo), livello in alveo a monte del punto più critico (monitorato in continuo).

Tenuto conto che comunque sono disponibili 15.000.000 di mc tra la quota di massimo invaso e quella di massima regolazione (ricordando però che sopra quota 252 m s.l.m.m. l'invaso scarica in alveo una portata che è controllata soltanto dall'altezza presente nell'invaso stesso e, eventualmente, dal grado di apertura della paratoia a ventola), si deve valutare da quale quota si iniziano le manovre e quale volume aggiuntivo può essere reso disponibile in un tempo di 6 ore. Supponendo di partire dalla quota di massima regolazione, come già visto in precedenza, si può recuperare un volume intorno a 2,8 milioni di mc (la limitazione è data dalla portata scaricabile in alveo senza accelerare processi di usura degli organi di scarico di fondo e senza aggravare il rischio idraulico a valle).

Pertanto, in condizioni di laminazione dinamica (da realizzarsi utilizzando la paratoia a ventola e lo scarico di esaurimento, secondo la nota UTD richiamata in Premessa) al più si può ottenere un volume utile per la laminazione di circa 17.800.000 di mc (15.000.000 mc + 2.800.000 mc).

Un'ulteriore considerazione riguarda la velocità di svuotamento compatibile con la stabilità delle sponde e del paramento di monte, come indicato nella nota UTD richiamata in Premessa e nel Piano di Gestione dell'invaso ([8] in bibliografia). Questa velocità è stata valutata in circa $6 \div 7 \text{ m/g}$ corrispondente a $1,5 \div 1,75 \text{ m/6h}$ (visto che 6h è l'orizzonte temporale più breve delle manovre ipotizzate nel presente piano di laminazione). Dalle ipotesi fatte in precedenza, considerando uno svaso di 6 h con una portata massima esitata pari a $128 \text{ m}^3/\text{s}$ e visti i livelli di invaso raggiungibili in tali condizioni, la velocità di svuotamento, partendo dalla quota di massima regolazione, risulta compatibile con le considerazioni sopra citate legate alla stabilità dei pendii (dalla quota di massima regolazione, 252 m s.l.m.m., a quella corrispondente ai 2,8M mc recuperati con lo svaso che corrisponde a circa 251,46, quindi a una differenza di 54 cm).

Le operazioni di svaso preventivo e le relative comunicazioni seguiranno quanto stabilito nei successivi paragrafi “Comunicazione delle manovre” e “Comunicazione delle manovre – Laminazione Dinamica” (Appendice 1).

Configurazione 2 - Laminazione statica

Riepilogo delle caratteristiche che impattano sul fenomeno da descrivere:

Superficie del Bacino imbrifero chiuso a Bilancino (Sb)	149 km ²
Superficie del Bacino imbrifero del Fiume Sieve (Ss)	840 Km ²
Rapporto tra i due bacini (Sb/Ss)	18%
Lunghezza asta Fiume Sieve	60 km
Lunghezza asta Torrente Carza	12 km
Portata Massima a monte di Bilancino (Tr=200 anni, durata=6h)	460 m ³ /s
Portata Massima Torrente Carza (Tr=200 anni, durata=6h)	163 m ³ /s
Portata massima transitabile in alveo Fiume Sieve (franco 1 m Ponte di Annibale)	200 m ³ /s

Dalla curva di invaso della diga (Figura 3) e dalla tabella riportata nell'allegato 3 si deduce che tra la quota 252 m s.l.m.m. di massima regolazione (a questa quota, in caso di paratoia a ventola chiusa, la diga in pratica non sfiora e quindi possiamo considerare l'alveo del corso d'acqua di valle non impegnato da portate esitate dalla diga in maniera non controllata o comunque regolata) e la quota di 250 m s.l.m.m. i volumi immagazzinati risultano quasi 10.000.000 di mc. In questo modo si rendono disponibili circa 10.000.000 di mc aggiuntivi per la laminazione delle piene. Da quanto esposto al capitolo precedente (tabella 6 e tabella 7) questo volume permette di perseguire l'obiettivo di non sovrapposizione delle piene tra Sieve e Carza per gli eventi di qualunque durata e tempi di ritorno fino a 200 anni, considerando un tempo di trasferimento della piena da Bilancino al Torrente Carza pari a 0,50h. Al tempo stesso permette di laminare piene in arrivo a Bilancino corrispondenti a eventi di tempo di ritorno 200 anni con durata fino a 6h (per durate superiori servirebbe un maggiore volume). Il Volume di Laminazione di 15.000.000 mc disponibile fino alla quota di massimo invaso potrebbe essere utilizzato come "volano" di sicurezza in caso di eventi più gravosi, tenendo conto che dalla quota di massima regolazione la portata che defluisce dalla diga è funzione dei livelli presenti nell'invaso.

Nella prima bozza del Piano Stralcio, l'ipotesi fatta da Regione Toscana era quella di mantenere tale limitazione di invaso (quota invaso a 250 m s.l.m.m.) fino alla conclusione della stagione autunno-inverno, indicativamente il 30 aprile. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, nella sua nota a seguito dell'incontro tecnico, ha richiesto una ridefinizione del periodo di limitazione e un approfondimento idrologico legato all'uso idropotabile dell'invaso, per permettere di accumulare la risorsa necessaria a fronteggiare le richieste nel periodo estivo. Per queste considerazioni si è fatto ricorso ai dati forniti da Publiacqua SpA e dall'Autorità di Bacino

Distrettuale dell'Appennino Settentrionale non considerando singoli mesi bensì aggregandoli in periodi, seguendo le indicazioni di AdB Arno. I periodi considerati iniziano con Gennaio e hanno sempre Giugno come mese finale.

I dati forniti da Publiacqua SpA hanno permesso di valutare i volumi invasati o svasati nei diversi periodi, dal 2003 ad oggi, come si può vedere dalla figura sottostante.

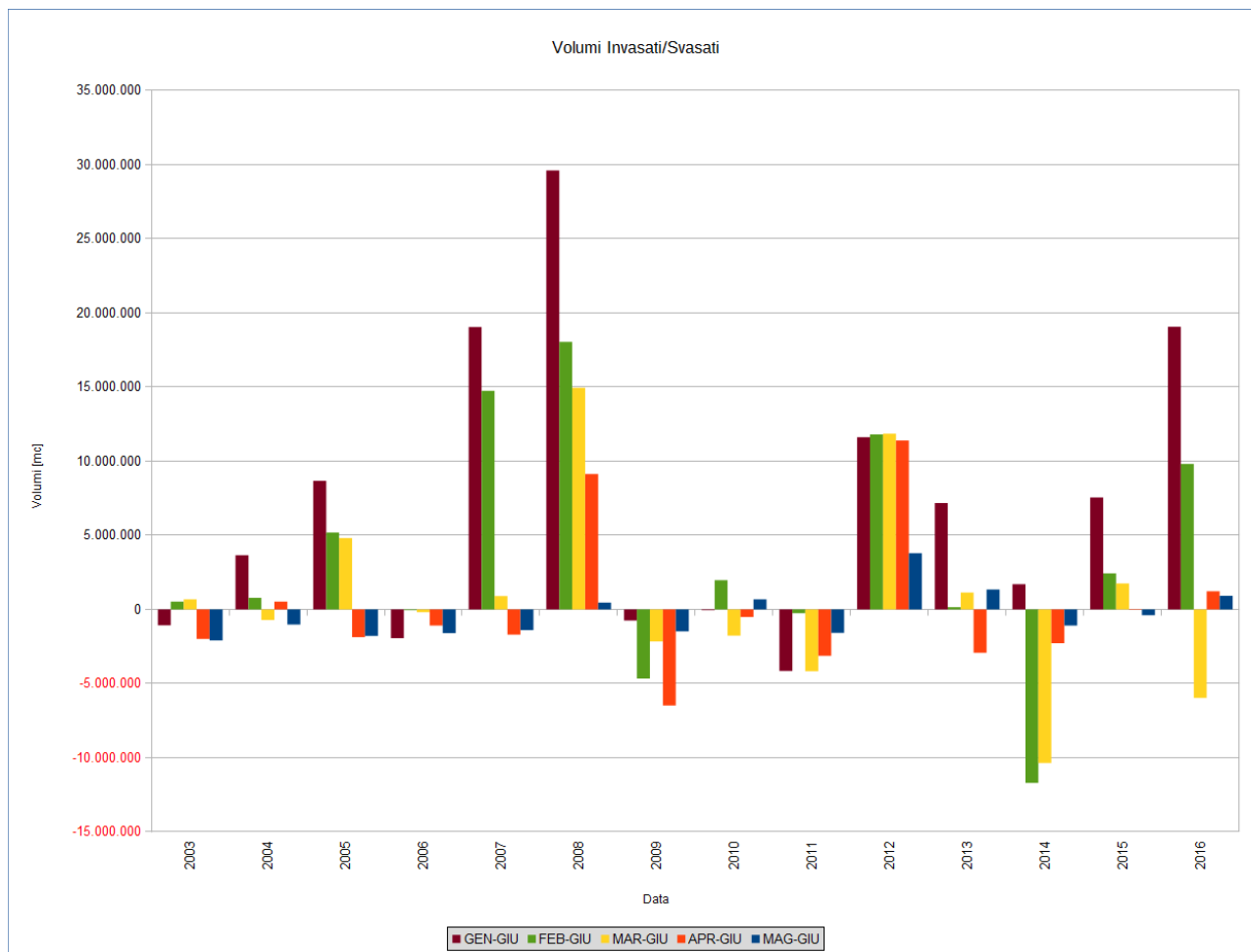


Figura 10 – Andamento dei volumi (Fonte: Publiacqua, AdB Arno)

Gli stessi dati hanno permesso di valutare la distribuzione statistica dei volumi invasati/svasati nei diversi periodi, considerando la gestione dell'invaso dal 2003 ad oggi. In questo modo è possibile ipotizzare quale sia il periodo di durata della laminazione statica per cui si può essere maggiormente "confidenti", in termini probabilistici, di recuperare a scopi idropotabili il volume ulteriore destinato alla laminazione delle piene. I dati sono riportati in Tabella 9.

Percentili	MAG-GIU	APR-GIU	MAR-GIU	FEB-GIU	GEN-GIU
Minimo	-2.094.000	-6.480.000	-10.360.000	-11.700.000	-4.160.000
5	-1.893.475	-4.309.000	-7.513.000	-7.130.500	-2.723.500
10	-1.729.850	-3.077.000	-5.437.000	-3.347.000	-1.688.940
15	-1.609.275	-2.940.500	-4.260.500	-480.500	-1.123.310
20	-1.594.000	-2.546.000	-2.964.000	-134.000	-887.920
25	-1.565.000	-2.216.700	-2.062.500	0	-582.500
30	-1.500.000	-2.026.120	-1.809.000	130.000	-121.000
35	-1.440.500	-1.934.045	-1.192.445	350.310	912.500
40	-1.338.000	-1.846.160	-615.920	565.620	2.090.160
45	-1.136.500	-1.727.405	-277.985	732.735	3.358.180
50	-1.059.200	-1.400.000	234.250	1.365.650	5.405.400
55	-934.140	-1.011.500	703.225	2.030.500	7.217.000
60	-525.680	-628.000	853.700	2.336.000	7.464.000
65	-13.000	-298.500	1.003.500	3.669.840	8.045.125
70	481.000	15.420	1.191.000	5.647.680	8.957.250
75	617.500	375.650	1.587.500	8.653.800	10.873.125
80	770.000	796.520	2.963.800	10.606.000	14.583.200
85	941.000	1.615.000	5.151.525	11.947.000	19.043.350
90	1.214.000	6.750.000	9.727.850	13.858.000	19.047.900
95	2.197.500	9.914.500	12.928.500	15.895.000	22.739.000
Massimo	3.790.000	11.390.000	14.950.000	18.040.000	29.590.000

Tabella 9 – Percentili dei Volumi recuperabili nei diversi periodi, sulla base della gestione e dei dati dal 2003 ad oggi
(Fonte: Publiacqua SpA e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale)

Si nota che i 10M mc ipotizzati vengono recuperati con un margine di sicurezza ammissibile soltanto considerando i periodi Febbraio-Giugno o Gennaio-Giugno. Dai contatti occorsi con Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, tuttavia, si è verificato negli anni scorsi che l'utilizzo a scopi idropotabili dell'invaso sembra comunque garantito da un livello di invaso di 251 m s.l.m.m. Pertanto, potrebbe risultare sufficiente anche il recupero di "solo" 5M mc. Anche in tal caso, sono comunque sempre i periodi Febbraio-Giugno o Gennaio-Giugno a garantire un adeguato margine di confidenza che il volume destinato alla laminazione delle piene possa essere recuperato nei mesi successivi. Pertanto, a differenza della prima ipotesi, la laminazione statica potrà prevedere il mantenimento del livello 250 m s.l.m.m. soltanto fino a tutto il mese di

Gennaio.

A ulteriore rinforzo della ipotesi appena fatta, con i dati forniti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale si è provveduto a determinare gli afflussi meteorici cumulati al bacino, suddivisi per gli stessi periodi presi in considerazione in precedenza. Il risultato è riportato nella figura 11.

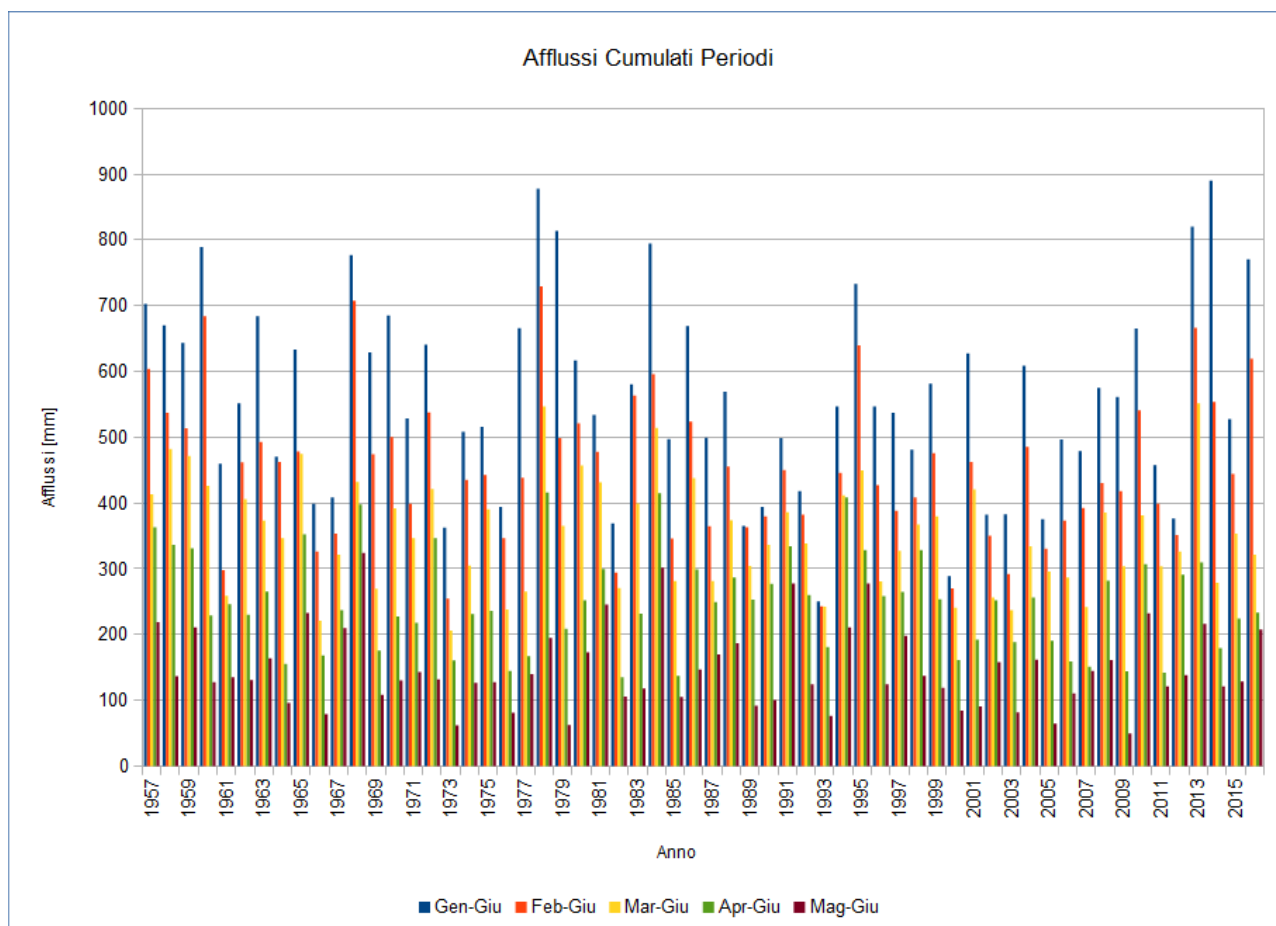


Figura 11 – Andamento degli afflussi cumulati per periodo (Fonte: AdB Arno)

Combinando i dati degli afflussi meteorici con quelli degli afflussi volumetrici al bacino, si può provare a trovare una legge di correlazione tra le due grandezze. La figura 12 riporta i risultati della semplice regressione lineare tra i due insiemi di dati, comprensiva del coefficiente di significatività R^2 .

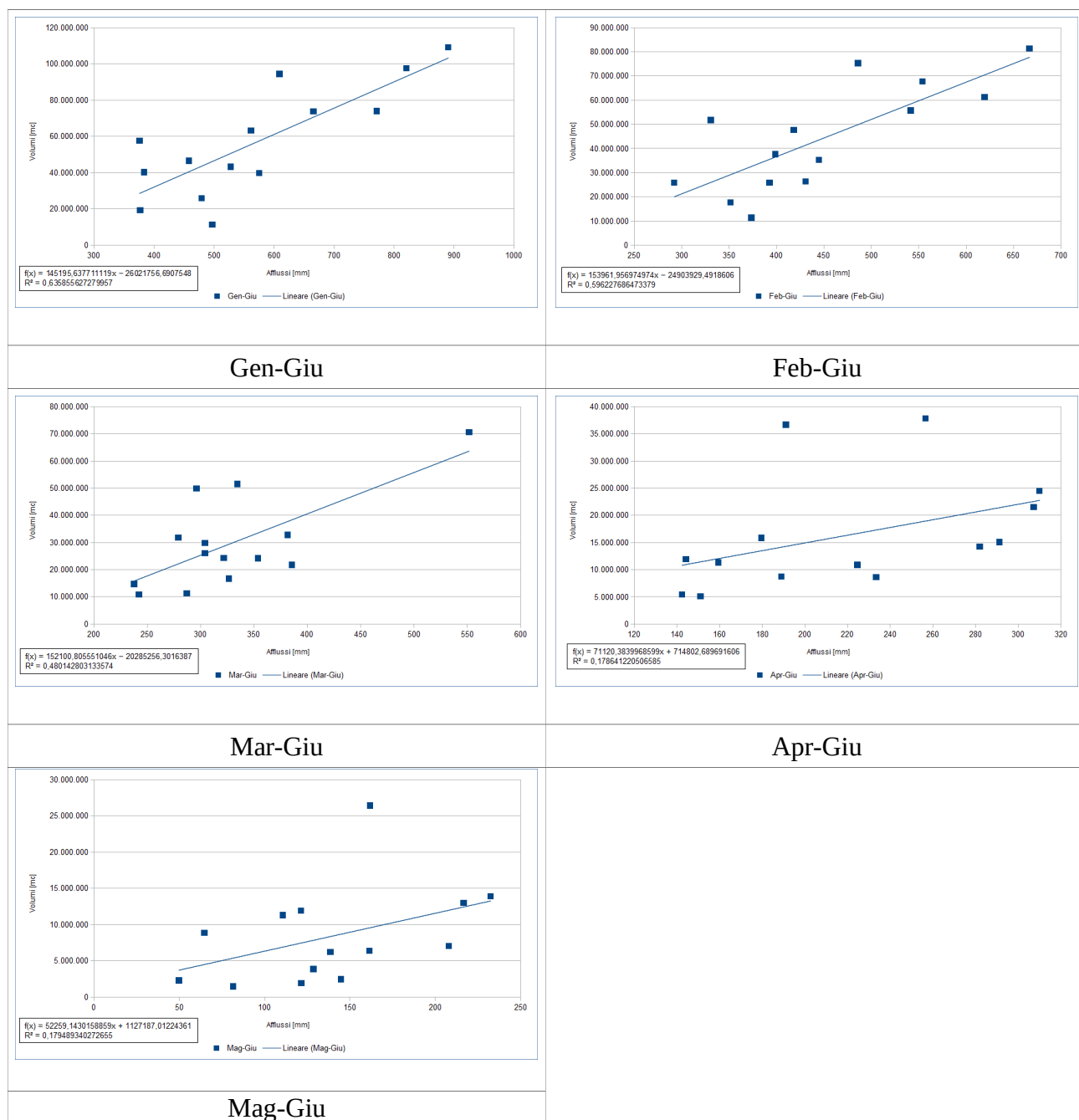


Figura 12 – Regressione Lineare Afflussi Meteorici-Afflussi Volumetrici (Fonte: Publiacqua SpA, AdB Arno)

Si nota come le precipitazioni e gli afflussi volumetrici siano correlati in maniera abbastanza soddisfacente se si considerano i primi mesi dell'anno (da Gennaio a Marzo con un coefficiente R^2 che va dal 64% al 48%) mentre questa relazione si perde considerando solo le precipitazioni puramente primaverili. Dal punto di vista meteorologico, questo risultato potrebbe derivare dal fatto che le perturbazioni che arrivano fino a marzo riguardano il bacino di alimentazione in maniera più diffusa, mentre quelle tardo-primaverili sono legate più a fenomeni localizzati o isolati, ancorché

intensi.

Sulla base delle considerazioni fin qui descritte si è quindi provveduto a formulare una seconda ipotesi di laminazione statica che prevede il mantenimento del livello di invaso a 250 m s.l.m.m. per il periodo Ottobre-Gennaio e a 251 m s.l.m.m. per il periodo Febbraio-Marzo.

Quanto appena prospettato risulta il miglior compromesso possibile tra i due obiettivi “contrapposti” di laminazione delle piene e utilizzo idropotabile dell’invaso (e quindi disponibilità di volumi idrici). In tal modo, nel periodo statisticamente più critico in termini di afflussi meteorici (Ottobre-Gennaio) si mantiene un volume di laminazione aggiuntivo di 10M mc, mentre nel periodo che solitamente presenta picchi di precipitazioni inferiori a quelli autunnali (Febbraio-Marzo) si mantiene comunque un volume di laminazione aggiuntivo di 5M mc. Inoltre, in quest’ultimo periodo, in previsione di eventi meteorici particolarmente intensi si potrebbe pensare di utilizzare una laminazione dinamica per reperire, in precedenza, ulteriori volumi utili alla laminazione con le modalità già definite in precedenza nel paragrafo relativo alla laminazione dinamica, senza correre il rischio di perdere risorsa in previsione dello sfruttamento idropotabile estivo del bacino.

Nell’ipotesi di laminazione statica, si devono prevedere le seguenti fasi:

- All’inizio della stagione meteo autunnale (1 ottobre) si posiziona la paratoia a ventola alla quota 250 m s.l.m.m, in modo che l’invaso non possa superare tale livello di riempimento. Se l’invaso si dovesse trovare a quota superiore il Gestore dovrà provvedere ai necessari svasi controllati (attraverso la paratoia a ventola e lo scarico di esaurimento) per riportarsi nelle condizioni di cui sopra. Queste operazioni di svaso dovranno essere comunicate, con adeguato preavviso, dal Gestore a tutti i soggetti individuati nel successivo paragrafo “Comunicazione delle manovre”. Tuttavia, dai dati forniti da Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e da Publiacqua SpA, dal 2003 ad oggi questo non è mai accaduto, a causa dello sfruttamento “estivo” dell’invaso (vedi Tabella 10).

Anno	Livello [m]
2003	245,98
2004	247,28
2005	248,36
2006	247,97
2007	246,62
2008	247,03

2009	246,82
2010	248,43
2011	246,5
2012	244,08
2013	247,47
2014	248,52
2015	246,98
2016	246,94

Tabella 10 – Livelli presenti nell’invaso di Bilancino al 1 ottobre dal 2003 ad oggi (Fonte: Publiacqua SpA e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale)

Se l’invaso è a quota inferiore tale limitazione troverà riscontro nell’invaso in funzione delle portate e dei volumi in arrivo. Sempre dai dati di Publiacqua SpA e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, si nota come, dal 2003 ad oggi, il livello 250 m s.l.m.m. si sia raggiunto sempre dopo la conclusione del mese di ottobre e spesso anche dopo il mese di Novembre (tabelle 11 e 12).

Data	Livello [m]
25/12/2003	250,01
11/01/2005	250,00
26/11/2005	250,01
26/02/2007	250,38
18/04/2008	250,00
06/12/2008	250,38
25/12/2009	251,00
22/11/2010	250,03
16/12/2012	250,00
05/01/2014	250,64
19/11/2014	250,35
30/01/2015	250,53

Tabella 11 – Data di raggiungimento del livello 250 m s.l.m.m. dal 2003 ad oggi (Fonte: Publiacqua SpA e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale)

Mese	# Superamenti Quota 250 m
Gennaio	3

Febbraio	1
Marzo	
Aprile	1
Maggio	
Giugno	
Luglio	
Agosto	
Settembre	
Ottobre	
Novembre	3
Dicembre	4

Tabella 12 – Numero di superamenti quota 250 m s.l.m.m. suddivisi per mesi dal 2003 ad oggi (Fonte: Publiacqua SpA e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale)

Tali operazioni dovranno essere comunicate dal Gestore ai soggetti individuati nel successivo paragrafo “Comunicazione delle manovre”.

- Il primo febbraio il Gestore provvederà a innalzare la paratoia per mantenere un livello di invaso pari a 251 m s.l.m.m. **dandone opportuna e preventiva comunicazione, con adeguato preavviso, ai soggetti individuati nel successivo paragrafo “Comunicazione delle manovre”.**
- In previsione di un evento di piena significativo, con emissione di allerta arancione o rossa, il Gestore provvederà ad innalzare la paratoia a ventola fino alla quota di 252 m s.l.m.m. per poter avere a disposizione il Volume di Laminazione rispettivamente di 10 e 5 milioni di mc. Questa operazione, che segue la comunicazione dell’emissione di allerta da parte del Settore Regionale Competente, **dovrà essere comunicata ai soggetti individuati nel successivo paragrafo “Comunicazione delle manovre”.**

Questa configurazione, visto il grafico di figura 9 che rappresenta l’andamento dell’altezza di invaso negli ultimi 13 anni e le considerazioni statistiche illustrate in precedenza, dovrebbe permettere, con buona probabilità, che l’invaso a fine primavera (giugno) possa avere raggiunto i livelli usuali per garantire la funzione idropotabile e di DMV, rispettando così il principale scopo per cui l’invaso stesso è stato realizzato. Si ricorda, ancora una volta, che in corso di redazione del presente documento è emerso che un livello di invaso pari a 251 m s.l.m.m. sia ritenuto comunque sufficiente a rispondere alle esigenze idropotabili riscontrate, ad oggi, nei diversi anni.

In questa configurazione non è necessario prevedere la convocazione del “tavolo di Governo delle Piene”: tutti i soggetti interessati (UTD, AdB Arno, Genio Civile, CFR, Protezione Civile, Prefettura, Concessionario, Gestore e, per conoscenza, i Comuni interessati) hanno condiviso, ognuno per la propria parte di competenza, in anticipo i dati, le manovre da effettuare e la tempistica per la loro realizzazione, le comunicazioni obbligatorie, le azioni da mettere in campo per contrastare eventuali criticità. Questa configurazione non permette, di contro, ulteriori manovre da effettuarsi a evento in corso, ma solo (ed eventualmente) in maniera preventiva. Inoltre, questa impostazione tende a ottimizzare l’uso del volume invasato, non stressa gli organi di regolazione della diga aumentandone la durata (vedi Nota UTD richiamata in Premessa), lasciando il loro uso solo per la sicurezza della diga o in casi eccezionali.

L’ipotesi di laminazione statica si può realizzare operativamente mantenendo la paratoia a ventola all’altezza prevista dal piano (nell’ipotesi pari a 250 m s.l.m.m. fino al 31 gennaio e poi a 251 m s.l.m.m. fino al 31 marzo), **alzandola fino a 252 m s.l.m.m. in previsione di un evento, a seguito dell’emissione di un avviso di criticità arancione o rossa da parte del CFR nella zona di allerta in cui ricade il bacino della Sieve (zona di allerta M-Mugello) e dietro comunicazione del Settore Regionale Competente.** Pertanto, la Sala Operativa Unificata Permanente (SOUP) della Regione Toscana dovrà integrare le proprie Procedure per ottemperare alla Comunicazione della emissione dell’allerta codice arancione o rosso da inoltrare al Gestore (Publiacqua). Per il principio di ridondanza dell’informazione una analoga comunicazione dovrà essere effettuata anche dal Settore Regionale Competente. La comunicazione dovrà avvenire via fax, a mezzo PEC e email e dovrà essere seguita da riscontro telefonico di avvenuta ricezione. Il Gestore, ricevuta la comunicazione, dovrà provvedere al rialzamento della paratoia a ventola comunicando l’esecuzione e la conclusione della manovra al Settore Regionale Competente, al Settore Protezione Civile e Riduzione del Rischio Alluvioni (SOUP), al Settore Idrologico Regionale, in qualità di Centro Funzionale, all’UTD sede di Firenze, alla Prefettura e all’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale. **Il Gestore dovrà seguire l’evoluzione delle condizioni meteorologiche attraverso il sito istituzionale del Centro Funzionale Regionale (www.cfr.toscana.it, accessibile con una password profilata appositamente) e comunicare tutti i fatti salienti occorsi ai soggetti individuati nel successivo paragrafo “Comunicazione delle manovre”.**

A seguito di evento e di conseguente utilizzo, in tutto o in parte, dell’ulteriore volume di laminazione previsto (circa 10 Mmc, corrispondenti alla differenza di quota tra 250 m e 252 m,

ovvero circa 5 Mmc, corrispondenti alla differenza di quota tra 251 m e 252 m,) e per garantire la disponibilità dell'ulteriore volume di laminazione previsto anche in occasione del possibile susseguirsi di più eventi meteorologici significativi nel bacino di alimentazione dell'invaso, il Gestore, in accordo con il Settore Regionale Competente e con il Centro Funzionale Regionale, dovrà predisporre un adeguato **piano di svaso**, compatibile con la massima portata transitabile in sicurezza nell'alveo di valle, per recuperare i volumi di laminazione utilizzati e riportarsi alla quota indicata a seconda del periodo dell'anno in cui ci si viene a trovare. Il Piano di svaso da predisporre dovrà tener conto del ripristino del Volume di Laminazione ulteriore in due diverse situazioni:

- nell'arco di 1 giorno, nel caso sia previsto a breve distanza temporale un altro evento meteorologico significativo che possa "impegnare" nuovamente il volume di laminazione previsto;
- nell'arco di un intervallo di tempo ritenuto congruo dal Settore Regionale Competente e dal Centro Funzionale Regionale, nel caso le previsioni meteorologiche non prevedano a breve un nuovo evento meteorologico significativo che possa "impegnare" nuovamente il volume di laminazione previsto.

Qualora non risulti possibile recuperare l'intero Volume di Laminazione impegnato in precedenza, il Gestore, in accordo con il Settore Regionale Competente, predisporrà un'apposita comunicazione da inoltrare ai soggetti individuati nel successivo paragrafo "Comunicazione delle manovre".

Il Piano di svaso dovrà prendere in considerazione le osservazioni sull'utilizzo dei diversi scarichi (e quindi limitare al massimo, se non escludere, l'apertura parzializzata dello scarico di fondo) e sulla velocità di svuotamento dell'invaso stesso. Il Piano di svaso così predisposto dovrà essere portato a conoscenza di tutti i soggetti interessati.

Il Piano di svaso predisposto e condiviso dovrà essere recepito sia all'interno del F.C.E.M. sia all'interno del D.P.C., per le parti interessate.

Conclusioni

Con l'ipotesi gestionale sopra descritta di laminazione **STATICA** per il periodo autunno-inverno (1 ottobre-31 marzo) si dovrebbe riuscire a ottenere un consistente volume di invaso da utilizzare per la laminazione delle piene (15Mmc + 10Mmc ovvero 15Mmc + 5Mmc) senza pregiudicare l'uso idropotabile, visto l'andamento nel tempo dei livelli idrici nell'invaso e la climatologia pluviometrica della zona di interesse. Nel periodo primavera – estate (o quando ritenuto opportuno dal Settore Regionale Competente) si può ipotizzare uno scenario di uso **DINAMICO** (vedi Appendice 1) da utilizzare a discrezione del Settore Regionale Competente qualora si dovesse

presentare, con invaso alla quota di massima regolazione, un evento tale da richiedere un consistente volume per la laminazione (probabilità piuttosto bassa).

Periodo	Modalità	Volume recuperato per la laminazione [M mc]	Volume totale a disposizione per la laminazione [M mc]
1 ottobre – 31 gennaio	<u>Laminazione statica:</u> Mantenimento livello alla quota 250 m s.l.m.m.	~ 10	~ 25
1 febbraio – 31 marzo	<u>Laminazione statica:</u> Mantenimento livello alla quota 251 m s.l.m.m.	~ 5	~ 20
1 aprile – 1 ottobre	<u>Laminazione dinamica:</u> svaso preventivo di 128 m ³ /s da iniziare 6 ore prima dell'inizio dell'evento se livello di invaso pari a 252 m s.l.m.m.	~ 3	~ 18

Tabella 13 – Schema riassuntivo di gestione dell'invaso di Bilancino

Preme sottolineare, ancora una volta, che l'invaso di Bilancino è stato costruito con una capacità di invaso per la laminazione delle piene pari a 15 milioni di mc che si realizza dalla quota di massimo invaso a quella di massima regolazione, rilasciando in alveo la portata esitata dagli organi di sfioro (fisso + paratoia mobile), in base al battente idraulico presente.

Visto che le manovre previste all'interno del Piano di Laminazione non trovano riscontro nella gestione attuata finora, ancorché basate su considerazioni di tipo statistico derivate dai dati messi a disposizione da Gestore e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, si ritiene opportuno prevedere un adeguato e congruo periodo di sperimentazione (3 anni) nel quale tutti i soggetti interessati (Regione Toscana, Publiacqua, AdB Arno, UTD, Comuni) possano verificare l'opportunità di approfondimenti e/o variazioni al presente Stralcio di Piano di Laminazione, da discutere in tavoli tecnici istituzionali convocati da Regione Toscana.

Comunicazione delle manovre

Le manovre previste dal **programma statico** del piano di laminazione per l'adeguamento

preventivo dell'invaso alla quota 250 m s.l.m.m. potranno essere eseguite direttamente dal Gestore dopo averne dato comunicazione preventiva, con adeguato preavviso rispetto alla data prevista per ciascuna azione di eventuale rilascio di portate, secondo le modalità previste all'interno del Documento di Protezione Civile e comunque avvertendo via fax, via PEC e tramite i più rapidi metodi di invio telematico (ridondanza dell'informazione):

(Regione Toscana)

- il Settore Regionale Competente;
- il settore Assetto Idrogeologico;
- il settore Servizio Idrologico Regionale, in qualità di Centro Funzionale Regionale;
- il settore Protezione Civile e Riduzione del rischio Alluvioni;
- la Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile;

(altri Enti)

- Città Metropolitana di Firenze – Settore Protezione Civile;
- l'Ufficio Tecnico Dighe;
- l'Ufficio Territoriale di Governo (Prefettura) di Firenze;
- l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- i Comuni che si trovano lungo l'asta del Fiume Sieve a valle dell'invaso di Bilancino.

Le manovre di rialzamento della paratoia a ventola in previsione dell'arrivo di un evento meteorologico significativo e per il possibile utilizzo del volume di laminazione aggiuntivo previsto dovranno rispettare quanto stabilito nel precedente paragrafo "Ipotesi di scenari di funzionamento della diga del bilancino per la laminazione delle piene sia statici che dinamici Configurazione 2 - Laminazione Statica". Tutte le operazioni, comprese quelle previste dal Piano di Svaso per il recupero del Volume di Laminazione impiegato, dovranno essere definite e comunicate dal Gestore con adeguato preavviso ai soggetti sopra indicati. Il Settore Regionale Competente, in accordo con il Gestore, si impegna a definire a predisporre i fac-simile di comunicazioni (Settore Regionale Competente/SOUP/CFR → Gestore, Gestore → Soggetti interessati) da utilizzare per le comunicazioni di cui al presente punto.

Per le comunicazioni a loro carico verso gli enti di cui all'elenco precedente, il Gestore e il Settore

Regionale Competente potranno avvalersi anche di strutture **h24** di Protezione Civile presenti sul territorio.

Documento di Protezione Civile della Diga

Le disposizioni di cui al presente Stralcio di Piano di Laminazione costituiscono integrazione, estensione e specificazione di quanto previsto dal Documento di Protezione Civile (D.P.C.) dell'invaso. In quanto tali dovranno essere recepite all'interno di tale documento, per quanto di interesse, e eseguite dal Gestore per quanto contemplato al verificarsi del cosiddetto "rischio idraulico a valle". Restano valide le disposizioni del D.P.C. per quanto riguarda le diverse fasi di allerta idraulica e i valori di portata (Q_{min} , ΔQ) per cui il Gestore ha l'obbligo di comunicare lo scarico, così come il valore di Q_{amax} che il Gestore è tenuto a non superare durante le operazioni di scarico. Il fac-simile da utilizzare per le comunicazioni legate al presente Stralcio di Piano di Laminazione dovrà diventare parte integrante del D.P.C. e, quindi, recepito dal Gestore dopo l'approvazione tecnica dell'UTD e l'approvazione del D.P.C. da parte della Prefettura.

Sviluppi futuri e Revisione del Documento

I dati idrologici-idraulici riportati nel presente stralcio di Piano di Laminazione sono stati derivati da idrogrammi sintetici desunti dall'utilizzo del programma ALTO dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. Tuttavia risultano, come già detto in precedenza, i dati già utilizzati nei precedenti studi ([2] e [3] in bibliografia) e, ad oggi, a disposizione del Settore Genio Civile Valdarno Superiore – Sede di Firenze. E' in corso un aggiornamento dei dati idrologici-idraulici nel bacino dell'Arno a seguito dell'aggiornamento delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica derivate dallo studio effettuato dall'Università di Firenze nell'ambito dell'Accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla D.G.R.T. 1133/2012. Una volta conclusa questa attività sarà possibile rivedere gli idrogrammi di piena in ingresso all'invaso (e il conseguente volume necessario per la laminazione) con valori non derivanti da considerazioni sintetiche ma da considerazioni idrologiche più approfondite e quindi sarà possibile anche un aggiornamento del presente stralcio di piano di laminazione. Da questa attività scaturirà la prima possibile revisione dello Stralcio di Piano di Laminazione.

Come richiamato più volte, questo stralcio nasce da esigenze locali, non connesse alla capacità dell'invaso di Bilancino di avere effetti di laminazione durante una piena sull'asta principale dell'Arno. Queste considerazioni, per ora tralasciate, necessitano sicuramente di studi più

approfonditi per cercare di individuare altre possibili sezioni critiche lungo il corso del Fiume Sieve a valle dell'abitato di Sagginale, considerando anche la presenza di affluenti le cui portate risultano non trascurabili (torrente San Godenzo-Comano, torrente Moscia). A titolo esemplificativo vengono riportati gli idrogrammi sintetici di piena per i principali affluenti della Sieve a valle dell'abitato di Sagginale, per un evento con tempo di ritorno $Tr=200$ anni. Si nota come i due principali affluenti, il torrente San Godenzo-Comano e il torrente Moscia presentino picchi di piena con portate confrontabili (talvolta anche superiori) sia a quelle del Torrente Carza che a quelle esitabili dalla diga secondo le considerazioni fatte in precedenza.

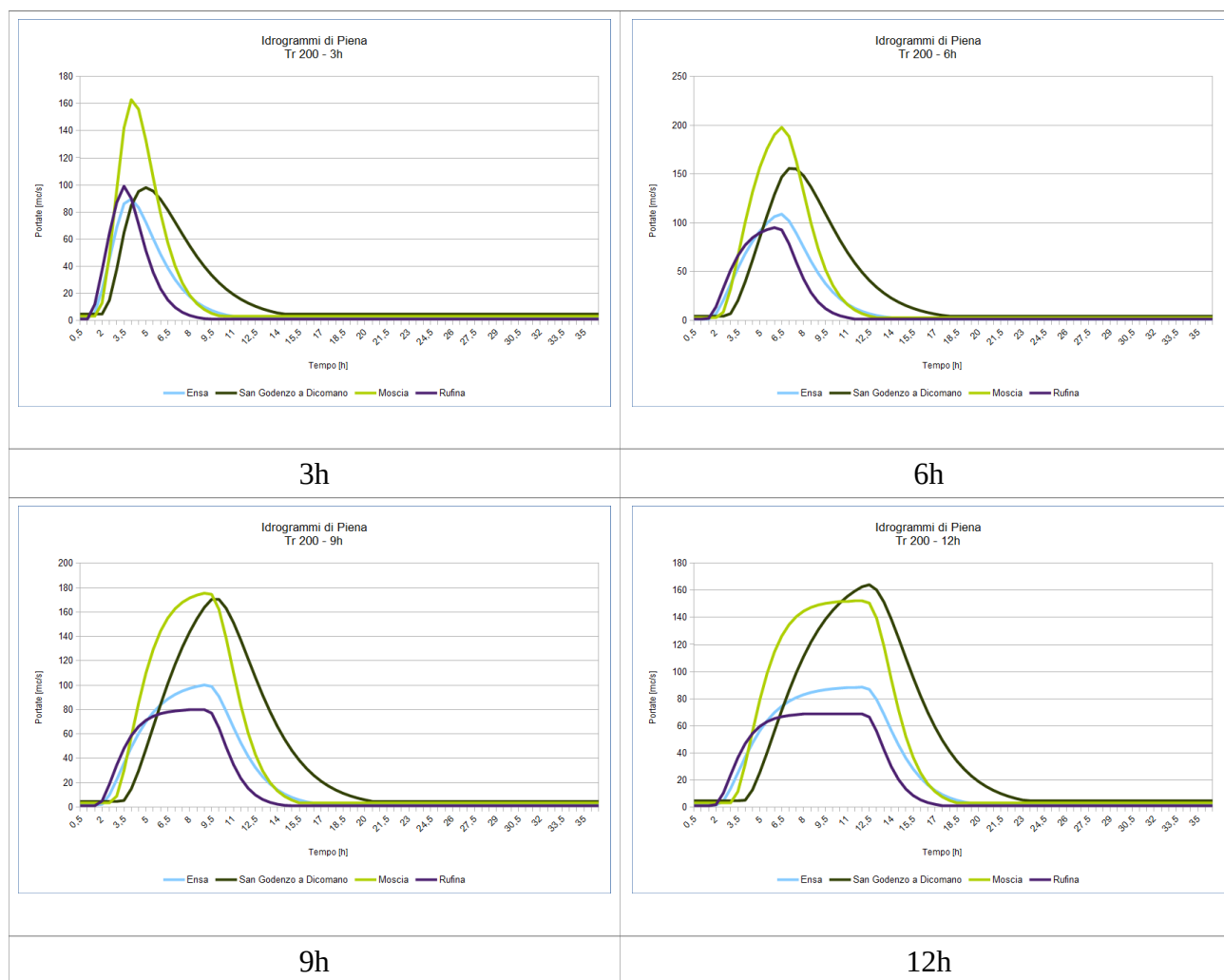


Figura 13 – Idrogrammi Affluenti Sieve (dopo Sagginale) per Tr=200 anni

Tuttavia, le considerazioni sull’impatto dell’invaso di Bilancino sulle piene dell’Arno non possono trascurare tutte le opere strutturali previste lungo il Fiume Sieve (casse di laminazione), pensate e progettate proprio per laminare le piene di tale corso d’acqua in funzione delle piene dell’Arno e riportate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) dell’AdB Arno e consistenti in una serie di casse di espansione affiancate da un vaso per un volume complessivo di 10 Mmc, come da figura sottostante. Il fatto che il PGRA elaborato da AdB Arno individui il valore di 10 Mmc come Volume utile di regolazione del corso del Fiume Sieve avvalora in maniera ancora più significativa le considerazioni sui volumi utili alla laminazione previsti nel presente stralcio.

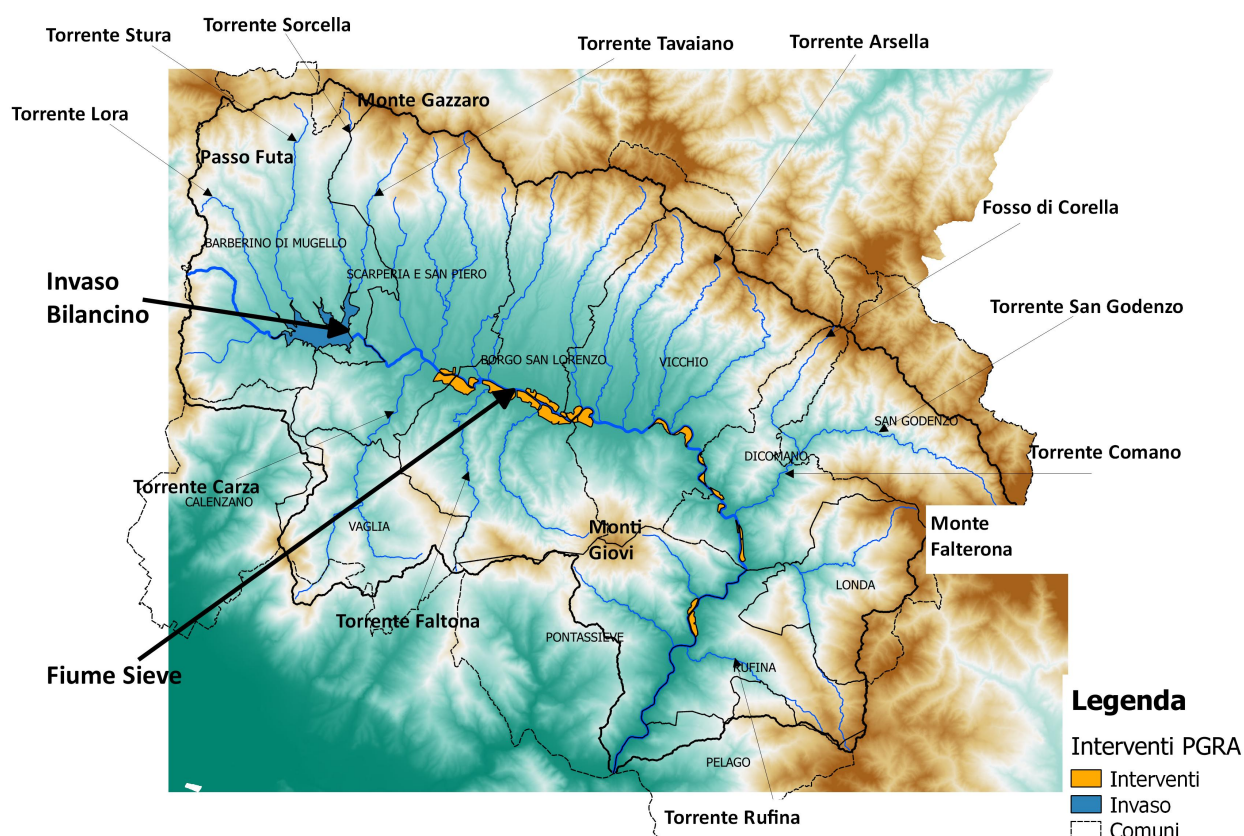


Figura 14 – Interventi Strutturali previsti dal PGRA sul corso d’acqua della Sieve (Fonte AdB Arno)

In condizioni normali di esercizio, cioè con il livello di invaso che può raggiungere al massimo la quota di massima regolazione, tenuto conto delle indicazioni sugli organi di scarico, in particolare lo scarico di fondo, presenti nella nota dell’UTD richiamata in Premessa, la massima portata esitabile dalla diga per manovre sugli organi di scarico è limitata a 128 m³/s (alla quota di massima regolazione). Si ritiene pertanto non utile agli scopi del presente Stralcio di Piano di Laminazione che la Regione Toscana valuti, al momento, la fattibilità di opere locali di mitigazione del rischio idraulico.

Disposizioni Operative

In caso di evento meteorologico significativo l'ordine per l'effettuazione di manovre sugli organi di scarico della diga di Bilancino per recuperare volume utile alla laminazione della piena attesa dovrà essere impartito dal Settore Regionale Competente (il cui Dirigente Responsabile agisce in qualità di Ingegnere Capo ai sensi del R.D. 2669/1937). Il Gestore dovrà procedere nel più breve tempo possibile a effettuare le manovre comandate. Di tutte le comunicazioni tra il Settore Regionale Competente e Gestore (Publiacqua S.p.A.) si dovrà mantenere traccia all'interno della documentazione redatta per lo svolgimento del Servizio di Piena e/o come ritenuto più opportuno (fax, telefonate registrate tramite centralino appositamente predisposto). Le comunicazioni dovranno essere inviate seguendo le indicazioni riportate nei paragrafi relativi alle "Comunicazione delle manovre" e interessando tutti i soggetti elencati negli stessi paragrafi.

Appendice 1

Prima ipotesi di Laminazione Dinamica

Nelle more dell'approvazione di direttive e normative regionali per la gestione delle piene (la Dir. P.C.M. 27/02/2004 individua la Regione come Autorità di protezione civile per la gestione delle piene), il Settore Regionale Competente può decidere di ricorrere ad una gestione di laminazione dinamica dell'invaso, sia invernale che estiva, in base agli scenari di evento derivanti dalle previsioni meteorologiche e idrologiche-idrauliche del Centro Funzionale Regionale. Rimane fermo che nel caso in cui il Gestore, anche ai fini di salvaguardare l'opera, le popolazioni ed i beni a valle della diga, proponga di operare una manovra preventiva, contemplata o no dal programma dinamico del piano di laminazione, ovvero una manovra in difformità a quanto rappresentato nel documento di protezione civile e/o nel piano di laminazione stesso, dovrà darne comunicazione al Settore Regionale Competente.

Laminazione dinamica estiva

La laminazione dinamica nel periodo estivo (eventi che si verifichino dal 1 aprile al 15 ottobre) può essere avviata in casi eccezionali con livello di invaso pari a 252 m s.l.m.m. in maniera preventiva in modo che, sulla base delle previsioni meteorologiche e delle valutazioni idrologiche-idrauliche conseguenti, si possa cominciare lo svaso di una portata massima di $128 \text{ m}^3/\text{s}$ almeno 6 ore prima dell'evento atteso, così da ottenere, in questo intervallo di tempo, un volume aggiuntivo di accumulo. Sulla base dell'evoluzione meteorologica si potrà pensare di aggiornare le condizioni di svaso qualora risultasse sufficiente un volume inferiore a quello massimo ottenibile. Non bisogna dimenticare che lo scopo principale dell'invaso è quello di approvvigionamento idropotabile, quindi uno svaso eccessivo o poco utile potrebbe avere ripercussioni sull'utilizzo dell'invaso stesso durante il periodo estivo. Per tale motivo è necessario che le previsioni meteorologiche siano le più affidabili e precise possibili. Considerando l'estensione del bacino di interesse questo aspetto si realizza, però, a scapito del tempo a disposizione per le operazioni di svaso. Tale operazione risulta critica con l'avanzare della stagione estiva. Tuttavia, a ulteriore integrazione di quanto appena detto, preme sottolineare che nel periodo estivo l'invaso svolge essenzialmente il ruolo di regolazione dei deflussi e dell'approvvigionamento idrico e che, pertanto, il livello di invaso risulta, generalmente, inferiore al livello di massima regolazione. Quindi, un ulteriore volume disponibile per la laminazione delle piene risulta già presente in maniera naturale.

Laminazione dinamica invernale

La laminazione dinamica nel periodo invernale (in cui si ricorre alla laminazione statica), in particolare nel periodo dal 1 febbraio al 31 marzo, può essere avviata in casi eccezionali in maniera

preventiva in modo che, sulla base delle previsioni meteorologiche e delle valutazioni idrologiche-idrauliche conseguenti, si possa cominciare lo svasso di una portata massima di 128 m³/s almeno 6 ore prima dell'evento atteso, così da ottenere, in questo intervallo di tempo, un volume aggiuntivo di accumulo. In tal modo si riesce a ottenere un ulteriore volume di laminazione rispetto a quello reso disponibile dalla laminazione statica. Visto che lo scopo principale dell'invaso è quello di approvvigionamento idropotabile, tale operazione risulta maggiormente critica con l'approssimarsi della stagione primaverile.

Comunicazione delle manovre – Laminazione Dinamica

Le manovre previste dal **programma dinamico** dovranno essere disposte dal Settore Regionale Competente, che ne darà comunicazione a mezzo fax, PEC e tramite i più rapidi metodi di invio telematico (ridondanza dell'informazione) ed eseguite dal Gestore secondo le modalità e le tempistiche disposte dal Settore Regionale Competente. Lo stesso Settore Regionale Competente provvederà a dare comunicazione delle decisioni prese in merito alle manovre a tutti i soggetti interessati. L'effettuazione delle manovre da parte del Gestore dovrà essere comunicata secondo le modalità previste all'interno del Documento di Protezione Civile e comunque informando preventivamente i soggetti definiti in precedenza per il programma statico, e che si riportano per semplicità di lettura e chiarezza, non appena ricevuta la comunicazione dal Settore Regionale Competente.

Soggetti interessati dalle Comunicazioni del Gestore:

(Regione Toscana)

- il Settore Regionale Competente;
- il settore Assetto Idrogeologico;
- il settore Servizio Idrologico Regionale, in qualità di Centro Funzionale Regionale;
- il settore Protezione Civile e Riduzione del rischio Alluvioni;
- la Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile;

(altri Enti)

- Città Metropolitana di Firenze – Settore Protezione Civile;
- l'Ufficio Tecnico Dighe;

- l' Ufficio Territoriale di Governo (Prefettura) di Firenze;
- l' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- i Comuni che si trovano lungo l'asta del Fiume Sieve a valle dell'invaso di Bilancino.

Per le comunicazioni a loro carico verso gli enti di cui all'elenco precedente, il Gestore e il Settore Regionale Competente (Genio Civile Valdarno Superiore) potranno avvalersi anche di strutture **h24** di Protezione Civile presenti sul territorio.

Bibliografia

- [1] Ipotesi di regolazione dei deflussi ai fini del governo delle piene nel bacino del Tevere - Piano di laminazione – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Luglio 2005
- [2] Modellazione idraulica del fiume Sieve nel tratto compreso all'interno del Comune di Vicchio e proposta di nuova perimetrazione del Piano di Assetto Idrogeologico – Provincia di Firenze – Aprile 2012
- [3] Modellazione idrologico idraulica del Bacino del fiume Sieve, di supporto alle verifiche di area vasta di cui al Piano di Bacino del fiume Arno - Stralcio Rischio Idraulico - da realizzarsi sul tratto compreso tra la diga di Bilancino e lo sbocco in Arno. - A.T.I. Brath, Studio Maione, Studio Galli Ingegneria, Med Ingegneria – Luglio 2007
- [4] Brochure Presentazione Diga di Bilancino – Publiacqua - 2008
- [5] Invaso di Bilancino - studio e monitoraggio della qualità delle acque – Provincia di Firenze, Arpat – Settembre 2005
- [6] Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Autorità di bacino del Fiume Arno – Adozione Dicembre 2015 – Approvazione Marzo 2016
- [7] Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione Diga di Bilancino in comune di Barberino di Mugello (n.arch. SND/RID 1008) – Approvazione RID 14/4/2004
- [8] Diga e Invaso di Bilancino - Piano di Gestione ex art. 114 D. Lgs. 152/2006 – Publiacqua – Approvazione Provincia Firenze n. 4787 del 19/12/2014

Allegato 1

Disegni Principali delle Opere

Fonte F.C.E.M.



COMMISSARIO
PER L'INVASO
DI BILANCINO

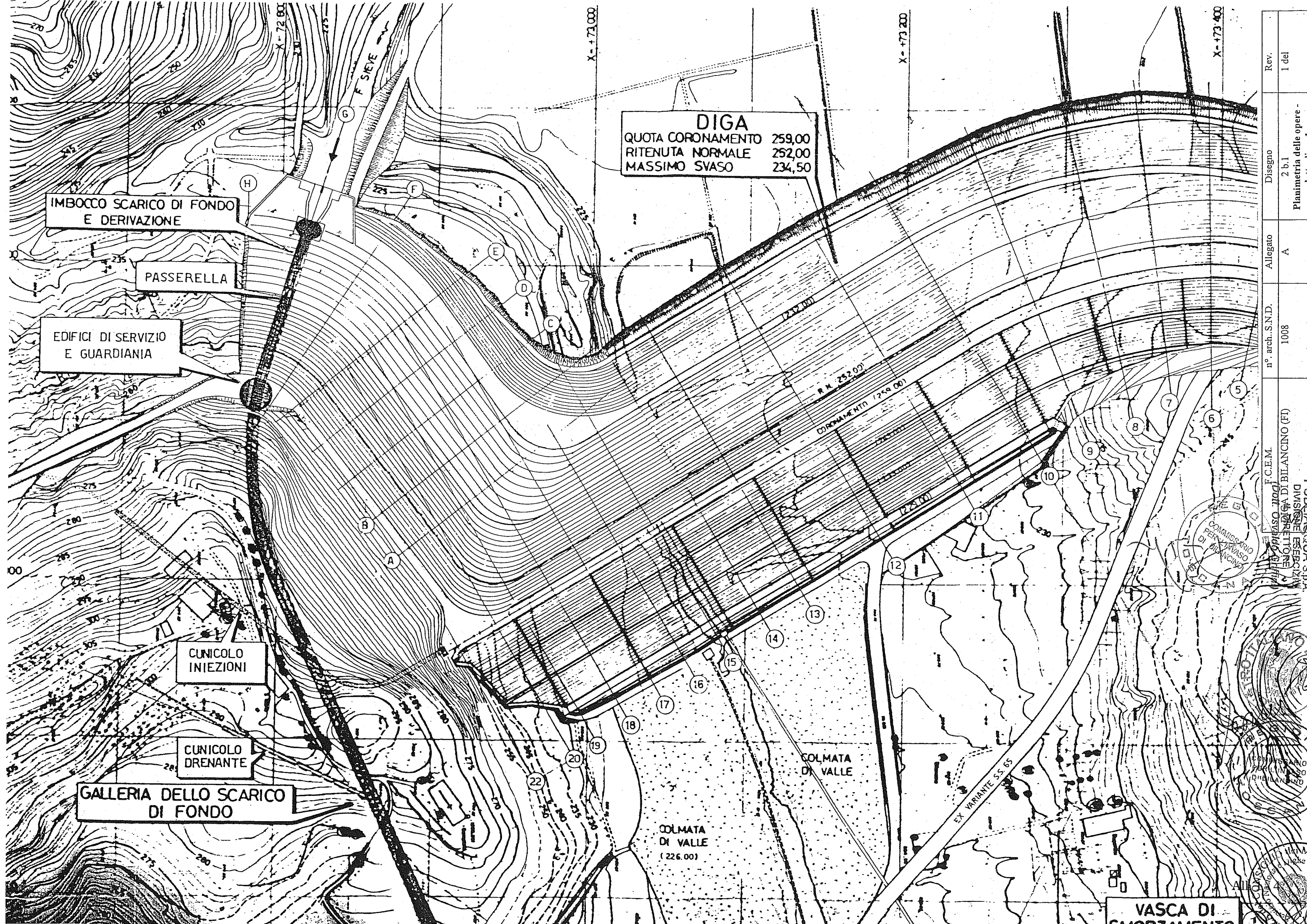
PUBLIACQUA S.P.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)

COMMISSARIO
PER L'INVASO
DI BILANCINO

PRESIDENZA DEL
CONSIGLIO
MINISTRI
S. 15
S. 16
S. 17
S. 18
S. 19
S. 20
S. 21
S. 22
S. 23
S. 24
S. 25
S. 26
S. 27
S. 28
S. 29
S. 30
S. 31
S. 32
S. 33
S. 34
S. 35
S. 36
S. 37
S. 38
S. 39
S. 40
S. 41
S. 42
S. 43
S. 44
S. 45
S. 46
S. 47
S. 48
S. 49
S. 50
S. 51
S. 52
S. 53
S. 54
S. 55
S. 56
S. 57
S. 58
S. 59
S. 60
S. 61
S. 62
S. 63
S. 64
S. 65
S. 66
S. 67
S. 68
S. 69
S. 70
S. 71
S. 72
S. 73
S. 74
S. 75
S. 76
S. 77
S. 78
S. 79
S. 80
S. 81
S. 82
S. 83
S. 84
S. 85
S. 86
S. 87
S. 88
S. 89
S. 90
S. 91
S. 92
S. 93
S. 94
S. 95
S. 96
S. 97
S. 98
S. 99
S. 100

REGISTRO
MINISTRI
S. 15
S. 16
S. 17
S. 18
S. 19
S. 20
S. 21
S. 22
S. 23
S. 24
S. 25
S. 26
S. 27
S. 28
S. 29
S. 30
S. 31
S. 32
S. 33
S. 34
S. 35
S. 36
S. 37
S. 38
S. 39
S. 40
S. 41
S. 42
S. 43
S. 44
S. 45
S. 46
S. 47
S. 48
S. 49
S. 50
S. 51
S. 52
S. 53
S. 54
S. 55
S. 56
S. 57
S. 58
S. 59
S. 60
S. 61
S. 62
S. 63
S. 64
S. 65
S. 66
S. 67
S. 68
S. 69
S. 70
S. 71
S. 72
S. 73
S. 74
S. 75
S. 76
S. 77
S. 78
S. 79
S. 80
S. 81
S. 82
S. 83
S. 84
S. 85
S. 86
S. 87
S. 88
S. 89
S. 90
S. 91
S. 92
S. 93
S. 94
S. 95
S. 96
S. 97
S. 98
S. 99
S. 100

F.C.E.M.	n° arch..S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	2 a Planimetria del serbatoio Scala 1:16000	I del



DIGA
QUOTA CORONAMENTO 259,00
RITENUTA NORMALE 252,00
MASSIMO SVASO 234,50

IMBOCCO SCARICO DI FONDO
E DERIVAZIONE

PASSERELLA

EDIFICI DI SERVIZIO
E GUARDIANIA

CUNICOLO
INIEZIONI

CUNICOLO
DRENANTE

GALLERIA DELLO SCARICO
DI FONDO

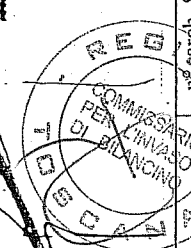
COLMATA
DI VALLE

COLMATA
DI VALLE
(226,00)

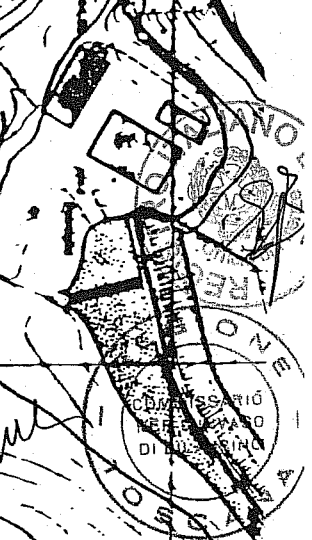
EX VARIANTE S.S. 65

VASCA DI
SMORZAMENTO

PUBBLICAZIONE S.P.A. DIVISIONE ESERCIZIO D'INTERESSE PUBBLICO DIREZIONE DIPARTIMENTO DI BILANCIO (FI) DIPARTIMENTO DI BILANCIO		F.C.E.M. DIPARTIMENTO DI BILANCIO (FI) DIPARTIMENTO DI BILANCIO		n° arch. S.N.D. 1008		Disegno 2 b.1 Planimetria delle opere - dettaglio n.1		Rev. 1 del
---	--	---	--	-------------------------	--	--	--	---------------



UBIACQUA
DIVISIONE REGIONALE
(UDIRETTORE)
JOIL OSVALDO GRIFFI



Rev.	Disegno	Allegato	F.C.E.M.	pr. arch. S.N.D.
1 del	2 b.2	A	DIGA DI BILANCIO (FO)	1008
Planimetria delle opere - dettaglio n.2				

VASCA DI
MORZAMENTO

AEROFORI

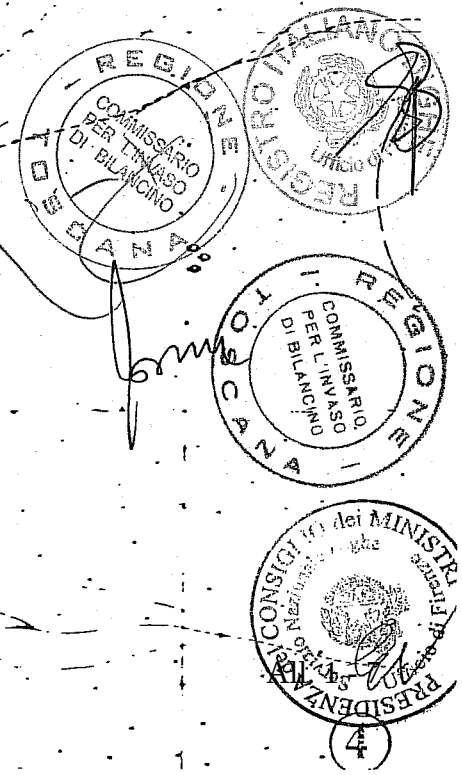
VARIANTE S.S. n° 65
DELLA FUTA

CANALE DI SCARICO

FOSSO DEL GORGO

F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	2 b.4 Planimetria delle opere - dettaglio n.4	1 del

PUBLIACODA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)



X=+73400

X=+73600

X=+73800

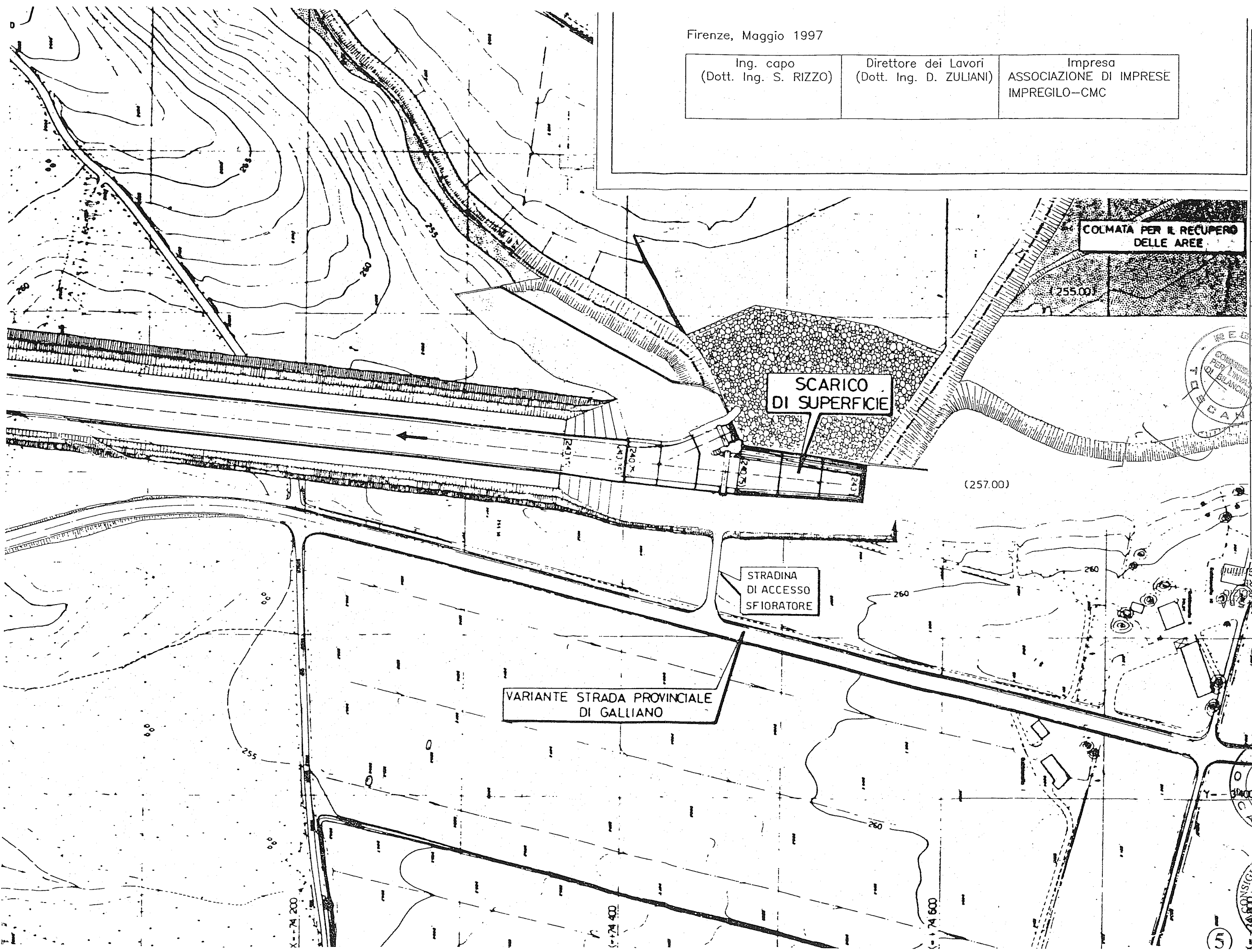
X=+74000

Firenze, Maggio 1997

Ing. capo
(Dott. Ing. S. RIZZO)

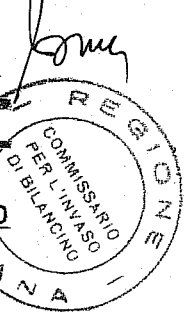
Direttore dei Lavori
(Dott. Ing. D. ZULIANI)

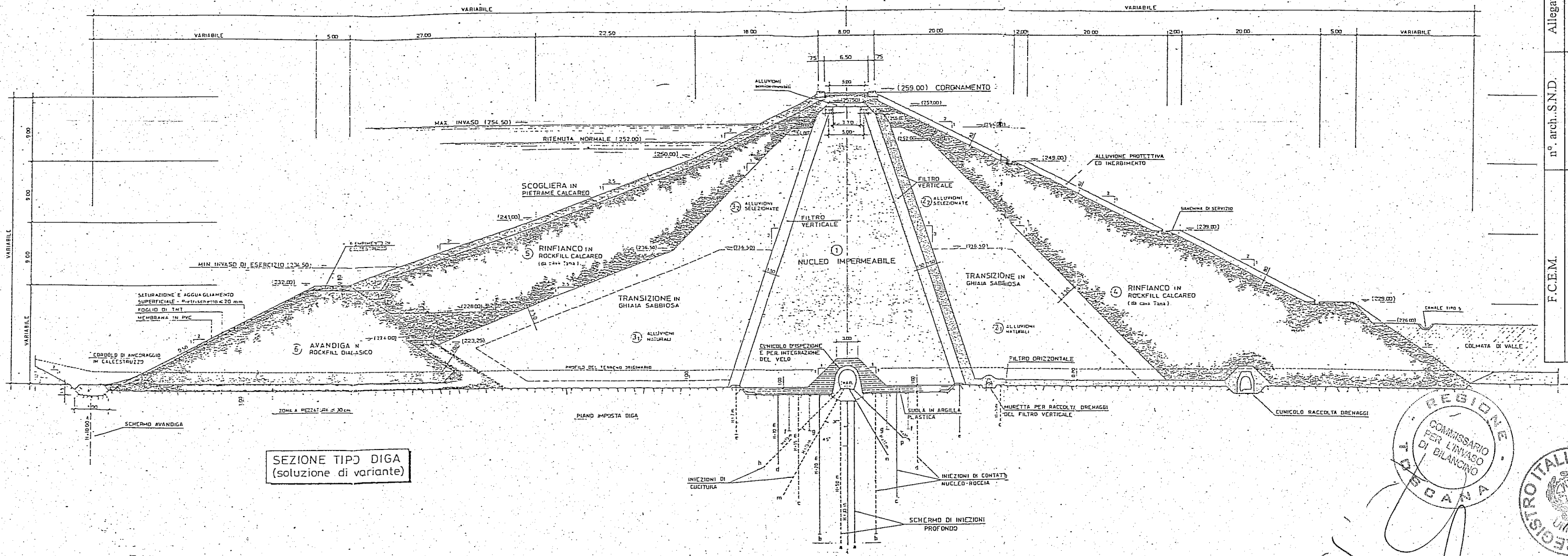
Impresa
ASSOCIAZIONE DI IMPRESE
IMPREGILO-CMC



Rev.	Disegno	Allegato	F.C.E.M.
1 del	2 b.5	A	DIGA DI BILANCINO (FI)
Planimetria delle opere - dettaglio n.5			

PUBBLICAZIONE
DIREZIONE/ESERCIZIO
(Dott. Osvaldo Giffini)

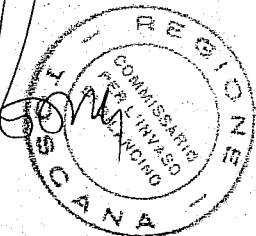




SEZIONE TIPO DIGA
(soluzione di variante)

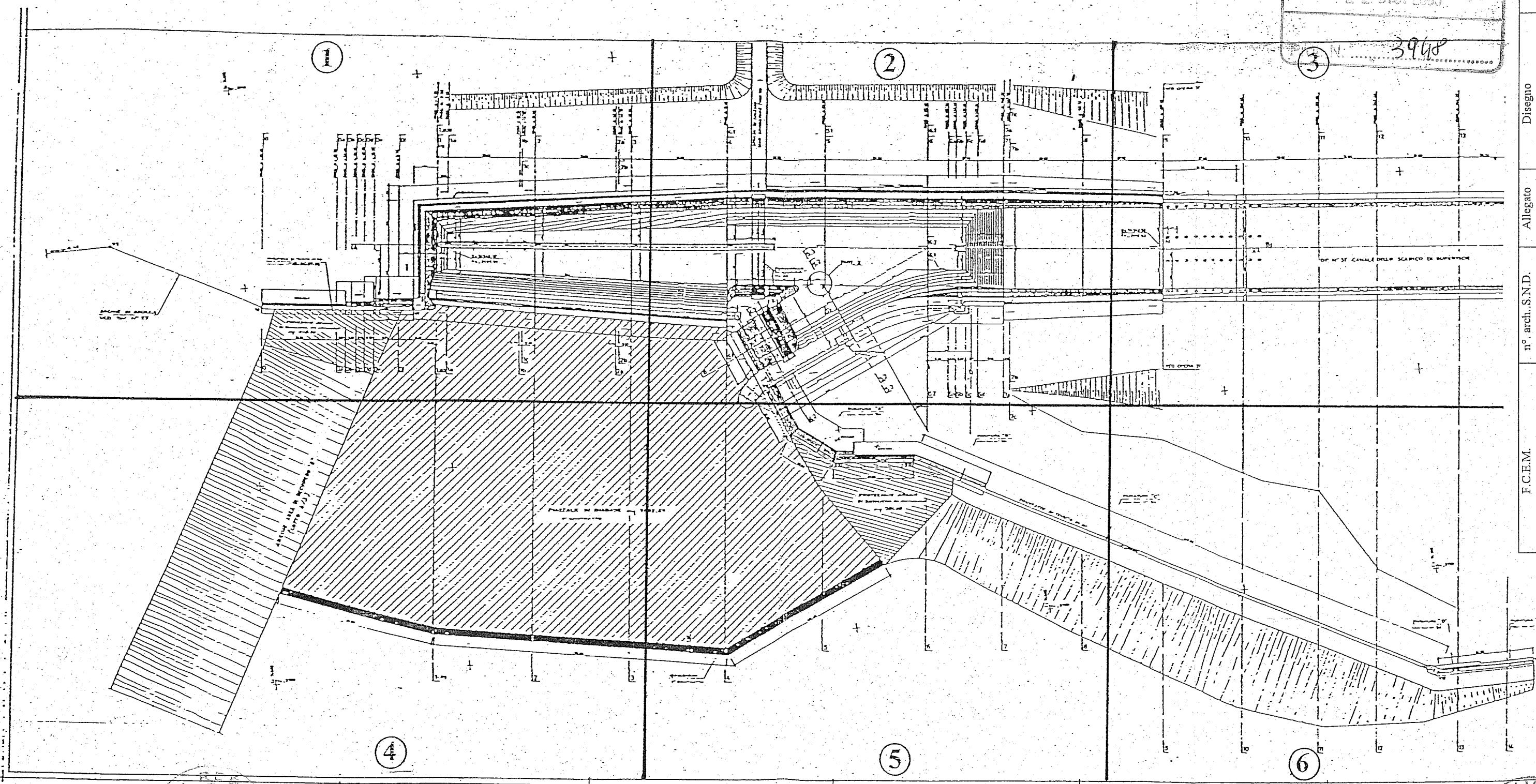
Rev.	Disegno	Allegato	n° arch. S.N.D.	F.C.E.M.
1 del	3 b	A	1008	DIGA DI BILANCINO (FI)

Sezione diga e schermo di
tenuta in fondazione



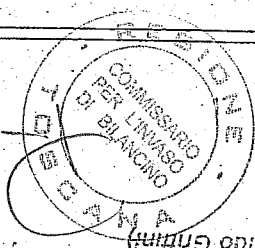
(Dott. Osvaldo Grifflini)
IL DIRETTORE
DIVISIONE ESERCIZIO
PUBBLICITA S.P.A.

QUADRO DI UNIONE

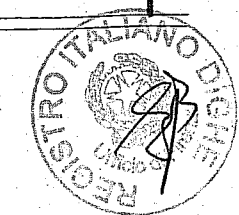
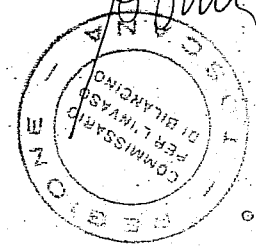


REGISTRO ITALIANO DIGHE
P.I.D.
22 DIC 1983
N. 3968

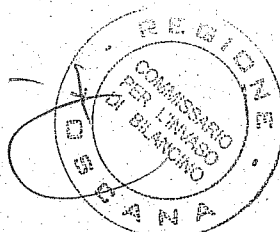
F.C.E.M.	n. arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	6 a Scarico di superficie - planimetria generale	1 del



PUBBLICITA' S.P.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Grillo)



X= 74600
Y= -3550



HURATURA DI TENUTA IN SX

V2

PROTEZIONE ARGINE
IN SCGLIERA DA COVIGLIAIO
mq 448.70

20.00

2.50

2.85

2.15

2.50

6.35

8.95

PUBBLICQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffin)

10

A

M

V1

PROG. m 0.00

1
P5

25.00

PROG. m 25.00

2

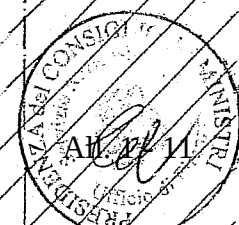
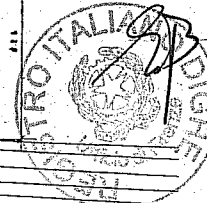
25.00

PROG. m 50.00

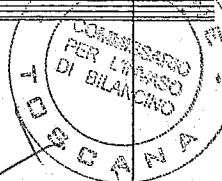
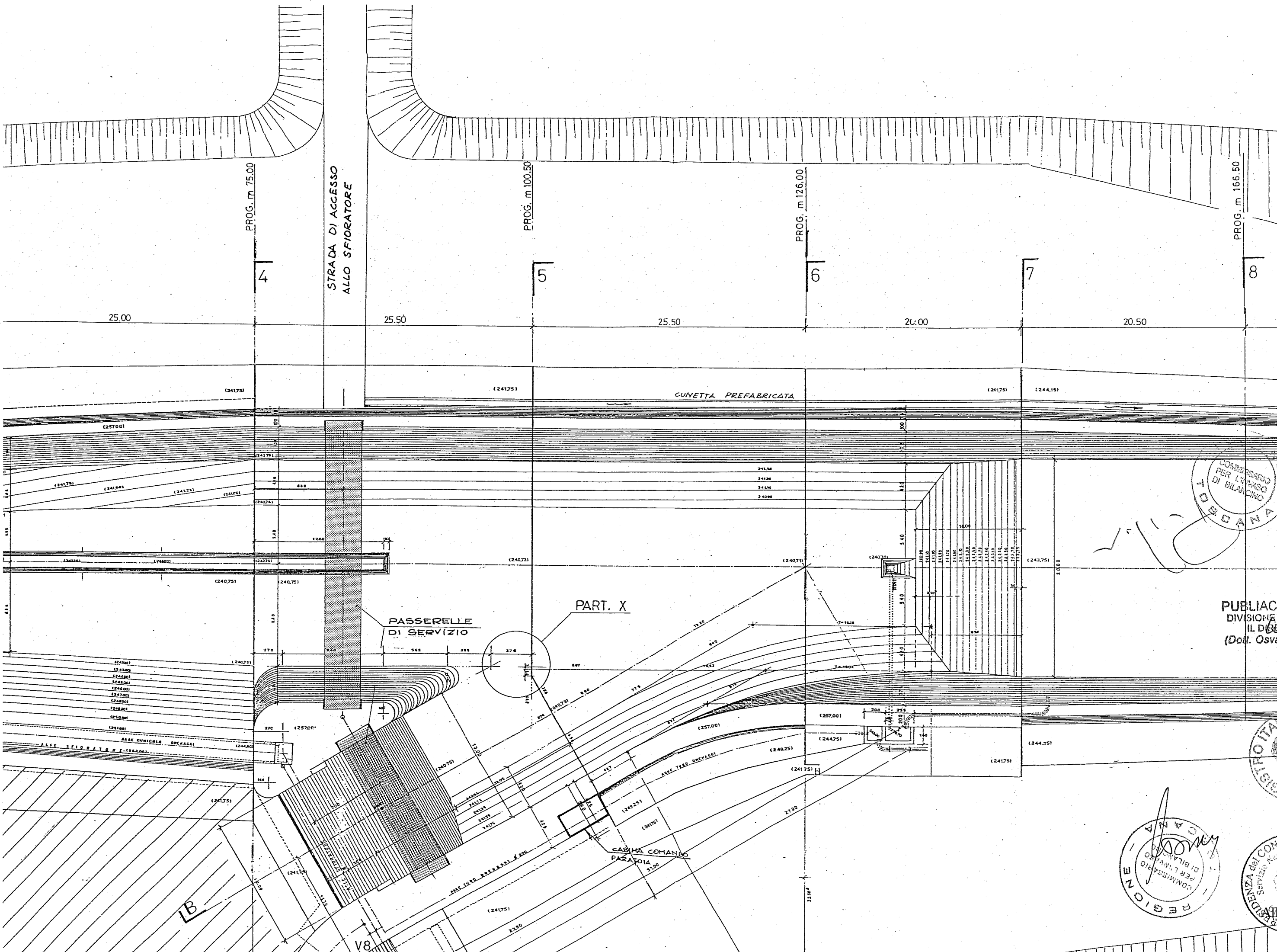
3

X= 74548.97
Y= -3593.58

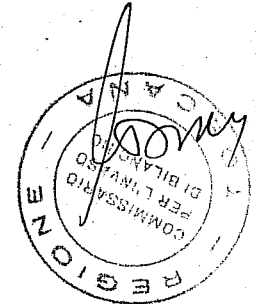
LIMITE INFERIORE FONDAZIONE



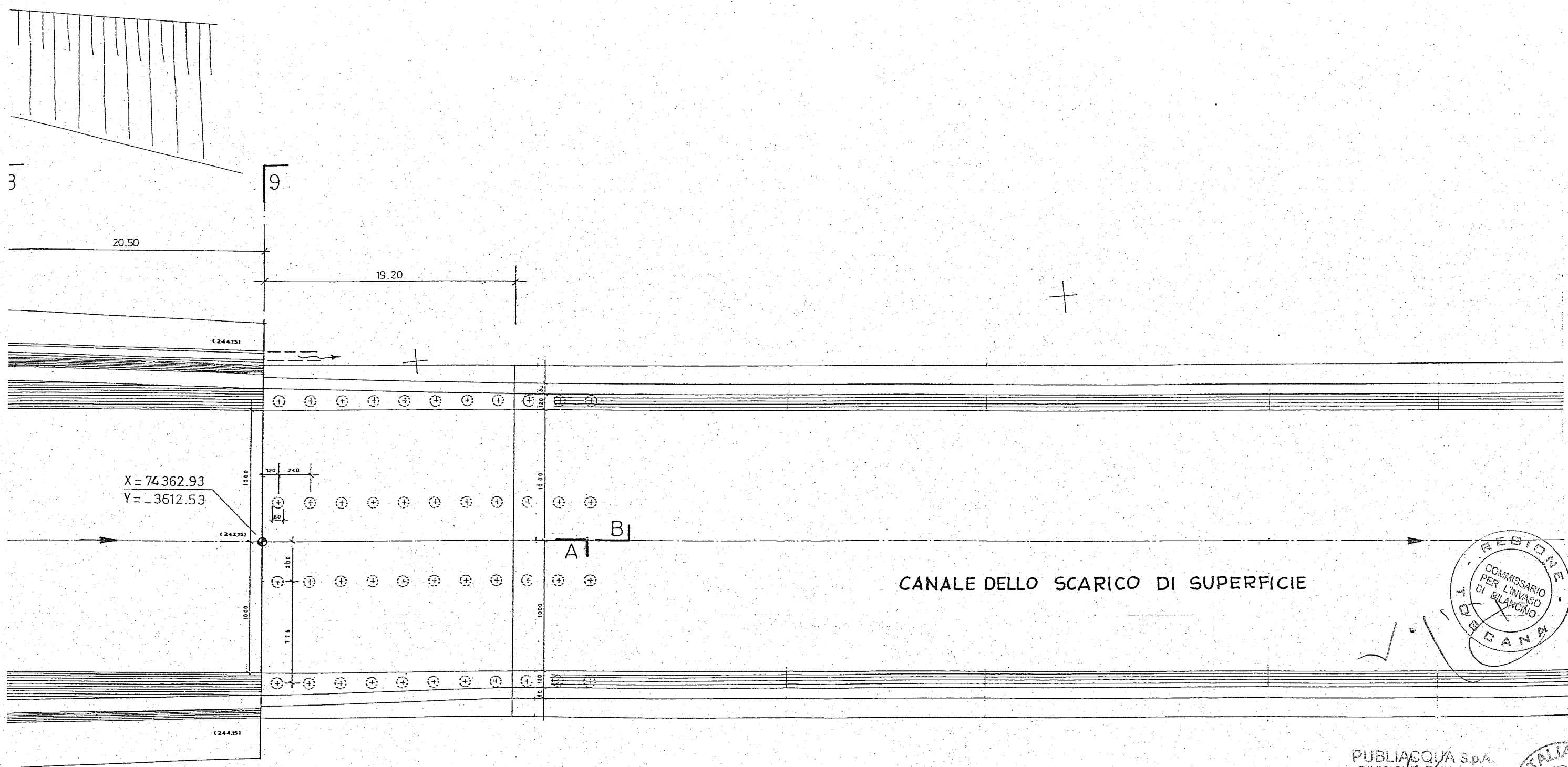
F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	6 a.1 Scarico di superficie - dettaglio n°1	1 del



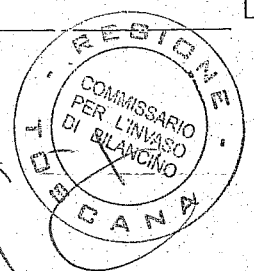
PUBLIACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dot. Osvaldo Griffini)



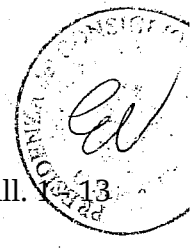
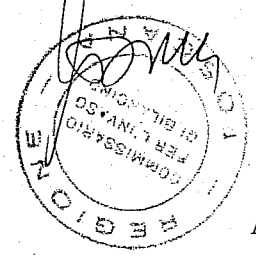
Rev.	Disegno	Allegato	n° arch..S.N.D.	F.C.E.M.
1 del	6 a.2	A	1008	DIGA DI BILANCINO (FT)
Scarico di superficie - dettaglio n°2				



F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	6 a.3	1 del

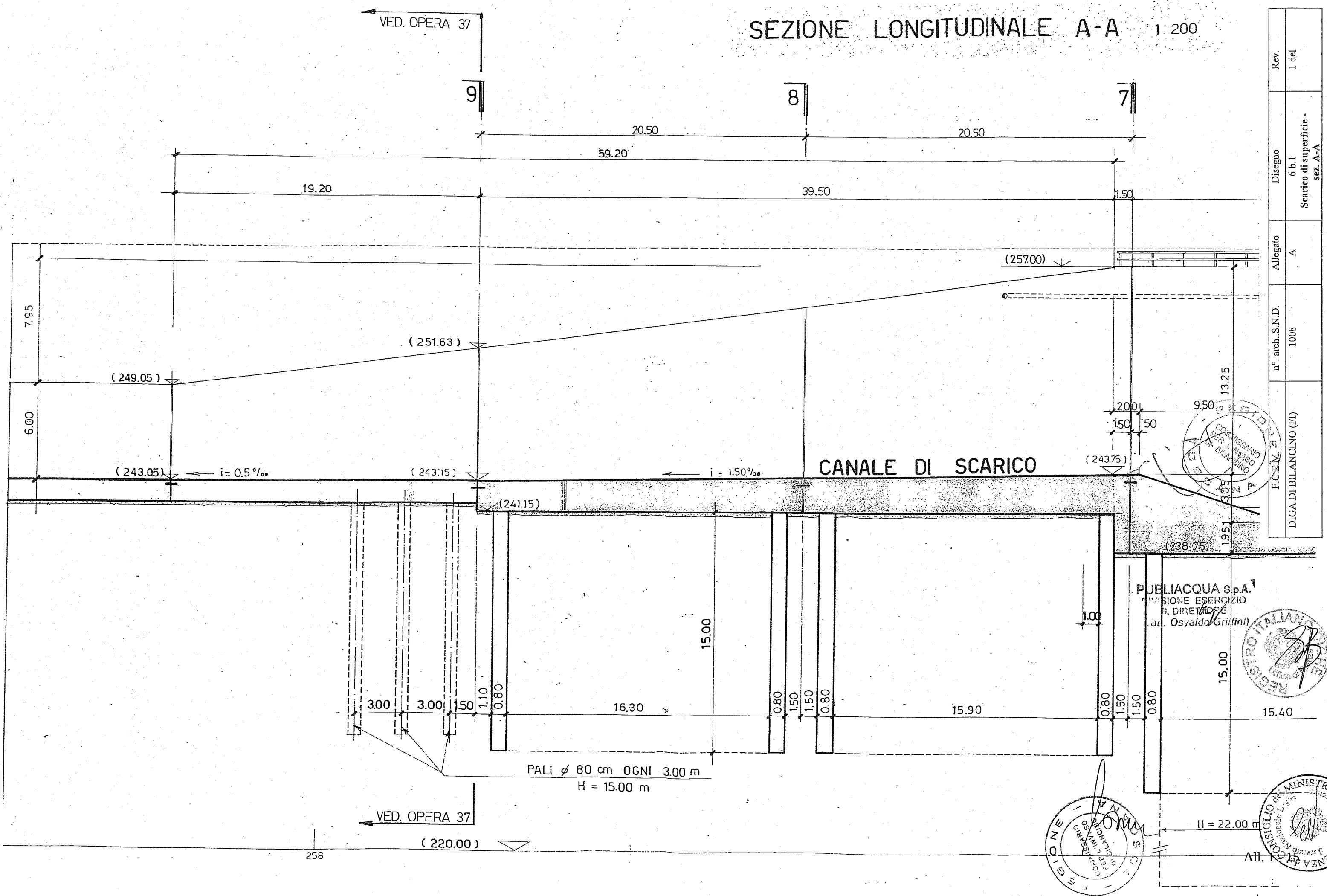


PUBLIACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)



All. 13

SEZIONE LONGITUDINALE A-A 1:200



Rev.	Disegno	Allegato	n° arch. S.N.D.	F.C.E.M.
1 del	6 b.1	A	1008	DIGA DI BILANCINO (FI)
Scarico di superficie - sez. A-A				

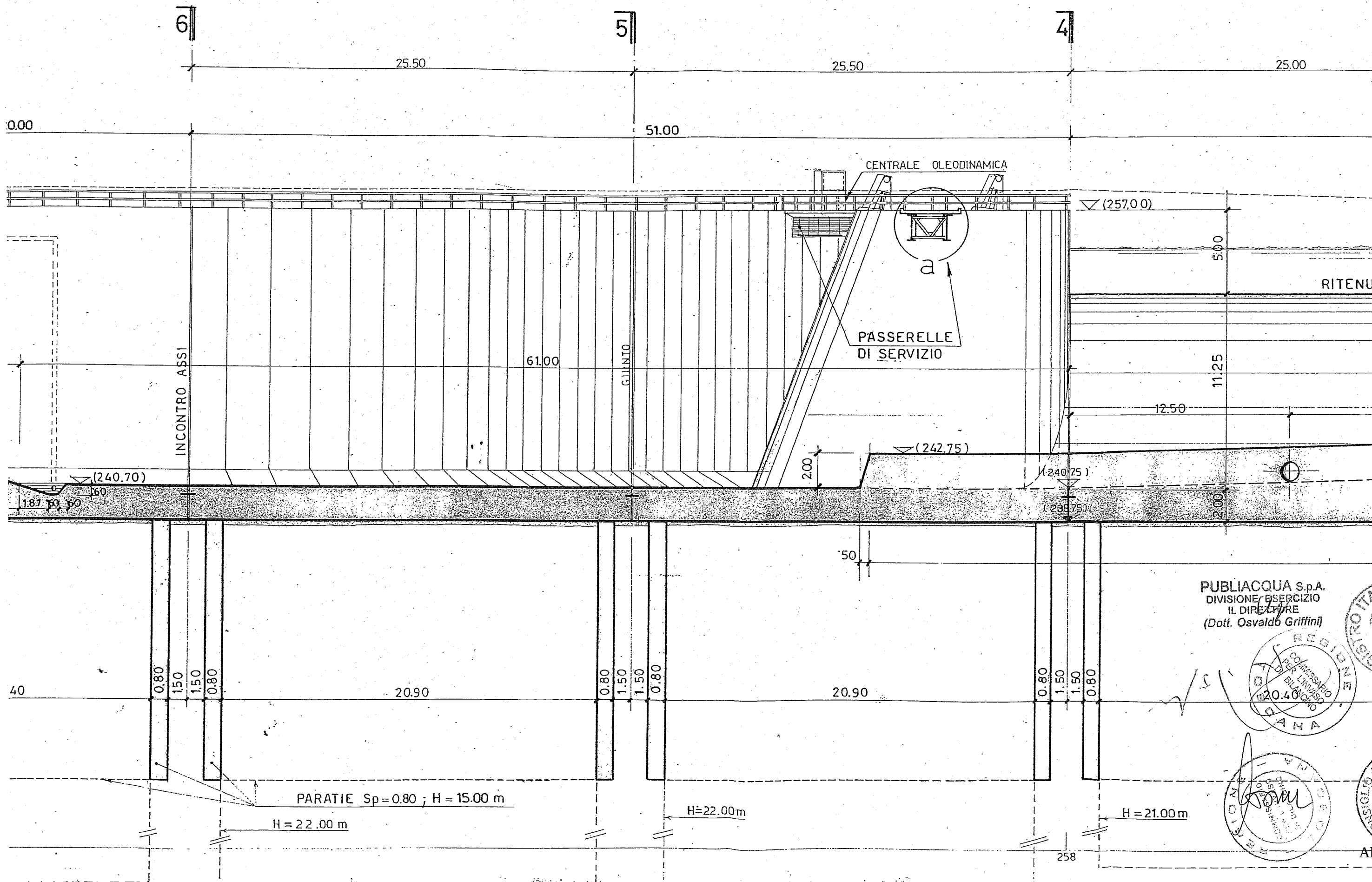
P. JELIACQUA Sp.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
Ing. Osvaldo Griffini



Alt. 1.50

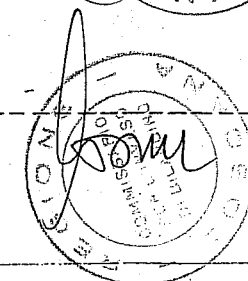
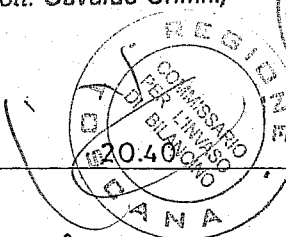
②

SEZIONE LONGITUDINALE A-A 1:200



F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	6 b.2 Scarico di superficie -	1 del

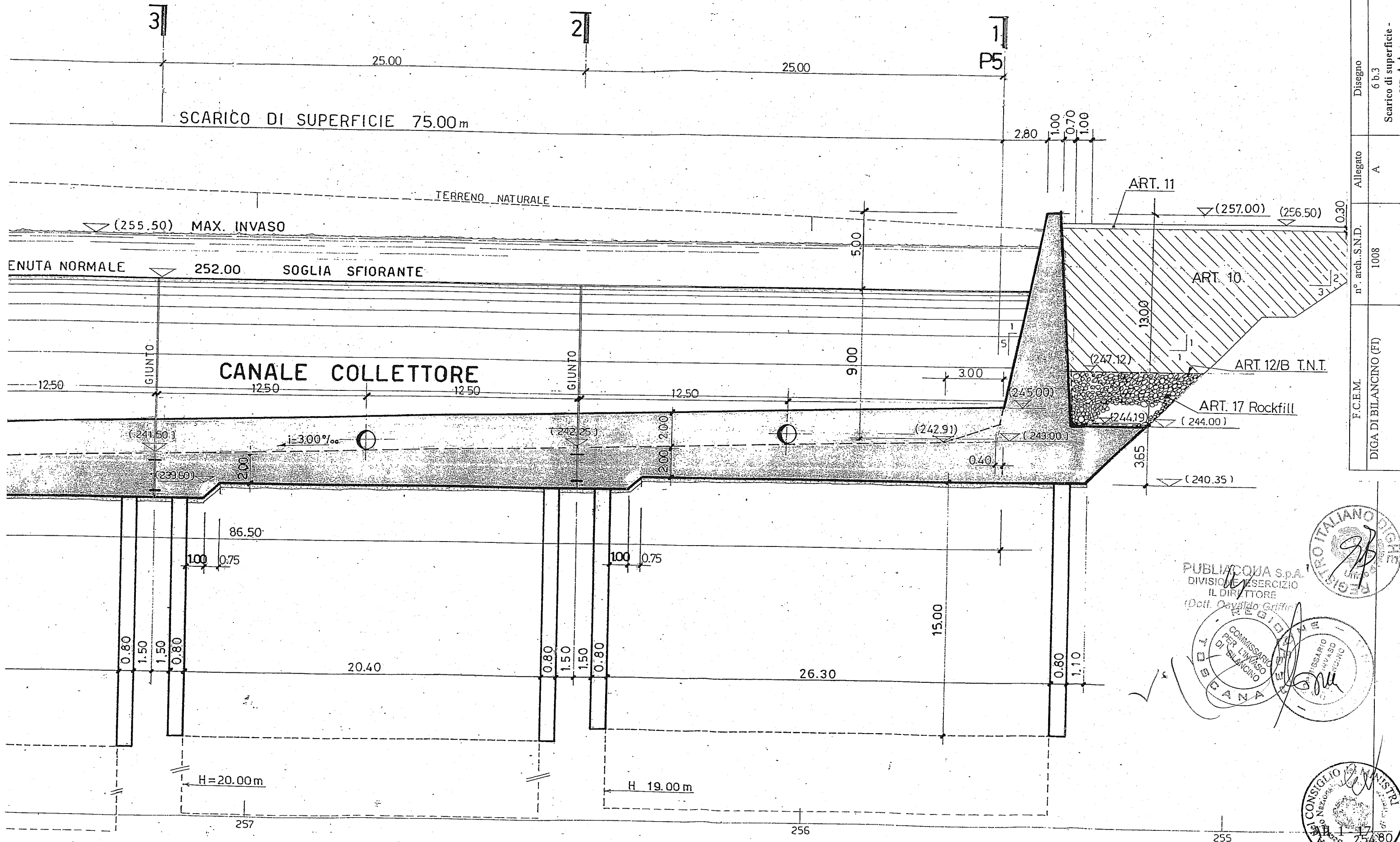
PUBLIACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)



②

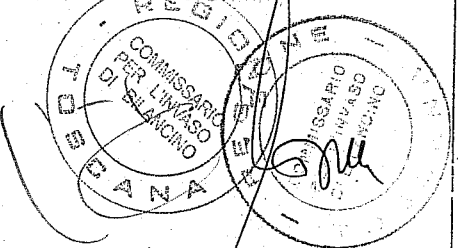
SEZIONE LONGITUDINALE A-A 1:200

③

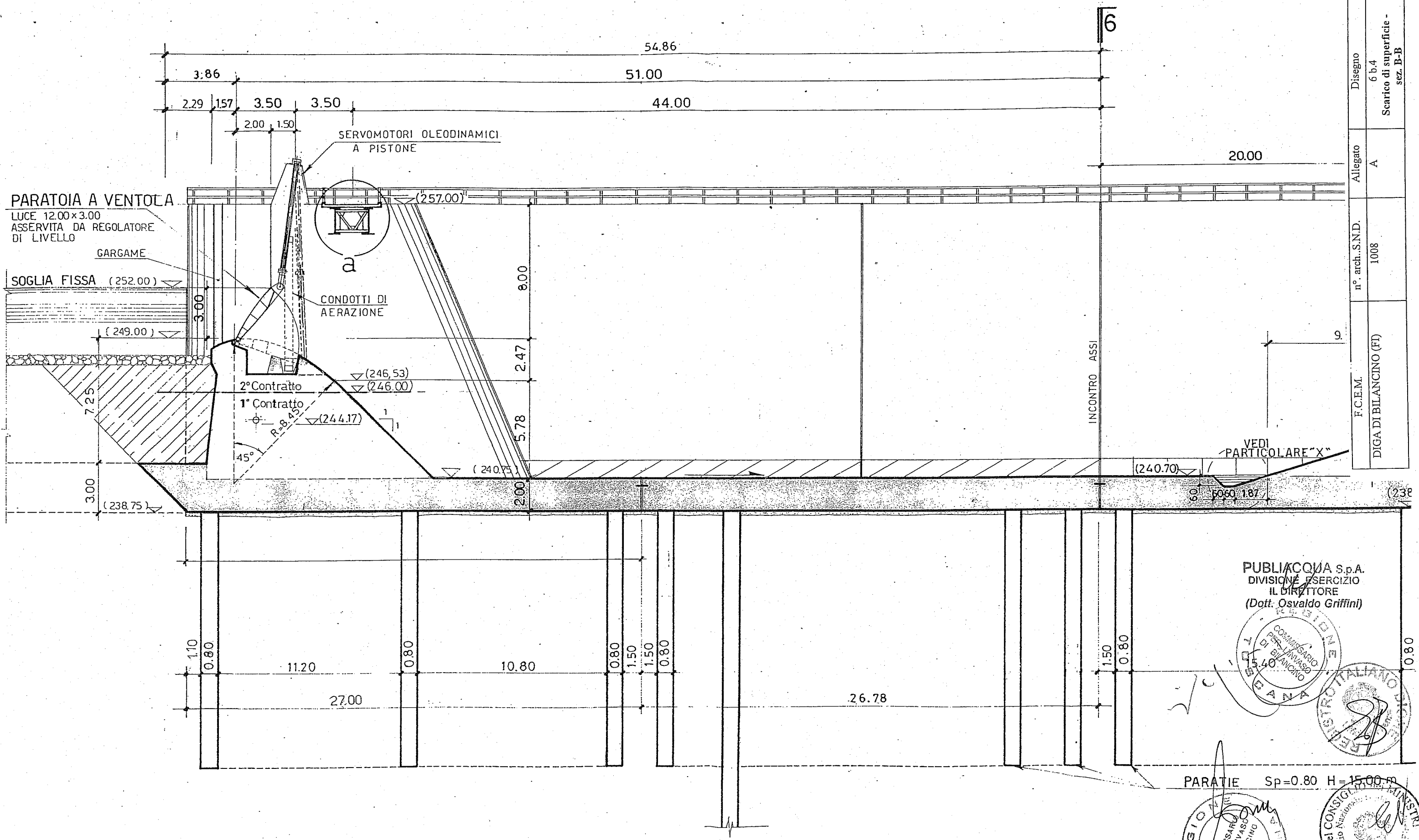


Rev.	Disegno	Allegato	n° arch. S.N.D.	F.C.E.M.
1 del	6 b.3	A	1008	DIGA DI BILANCINO (FI)
	Scarico di superficie - sez. A-A			

PUBLIAQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Oreste Griffin)



SEZIONE LONGITUDINALE B-B 1:200



Rev.	1 del
Disegno	6 b.4
Scarico di superficie - sez. B-B	
Allegato	A
n° arch. S.N.D.	1008
F.C.E.M.	
DIGA DI BILANCINO (FI)	

PUBBLICACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)

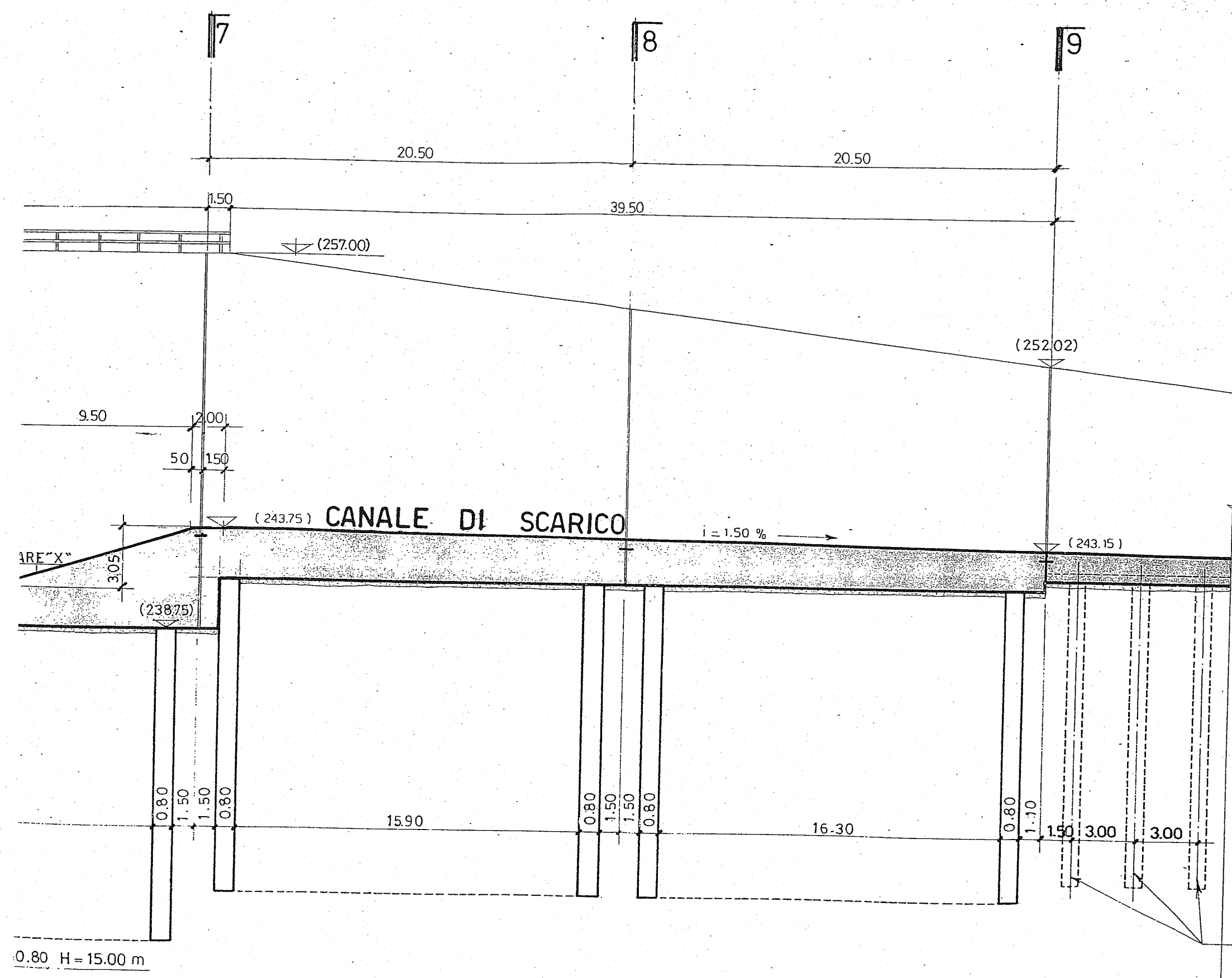
REGIONE LIGURIA
COMMISSARIO PER L'INVASO DI BILANCINO

REGIONE LIGURIA
PRESIDENTE DEL CONSIGLIO REGIONALE

PARATIE Sp=0.80 H=15.00 m

14-18

SEZIONE LONGITUDINALE B - B 1:200

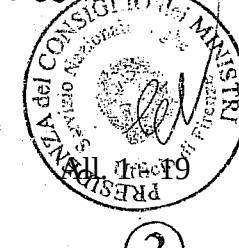


0.80 H = 15.00 m

PALI Ø 80 cm OGNI 3.00 m
H = 15.00 m

Rev.	Disegno	Allegato	n° arch. S.N.D.	DIGA DI BILANCINO (FI)
1 del	6 b.5 Scarico di superficie - sez. B-B	A	1008	

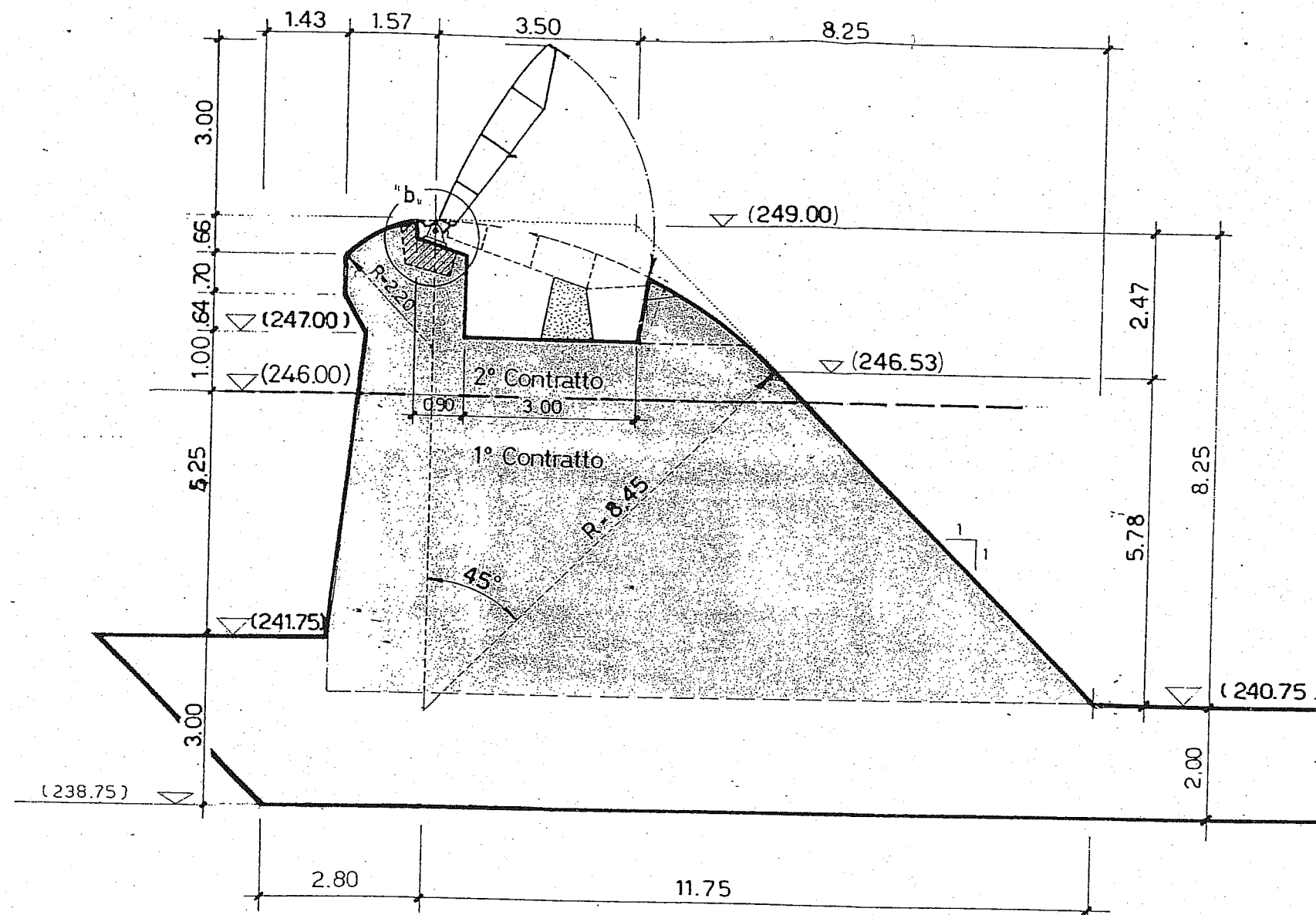
PUBLIACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)



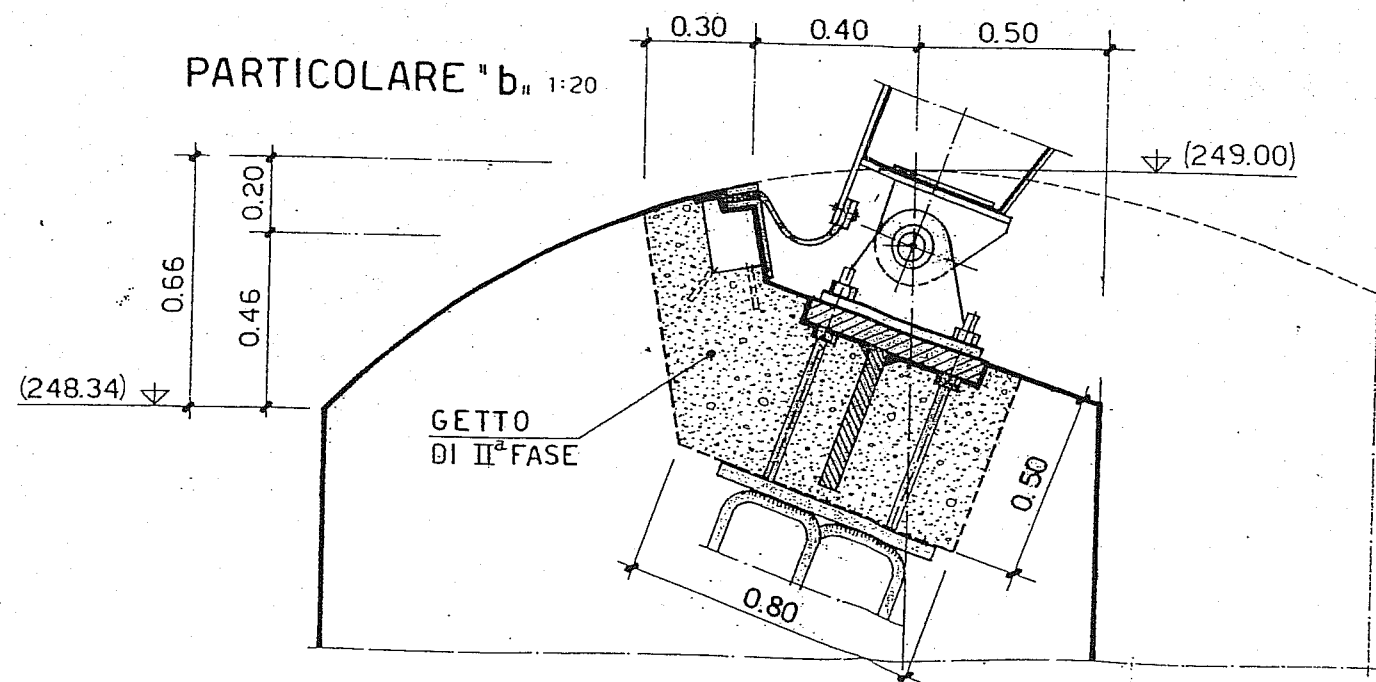
SEZIONE TIPO DELLA SOGLIA CON PARATOIA

DATI DI TRACCIAMENTO

1:100

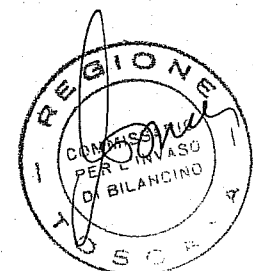
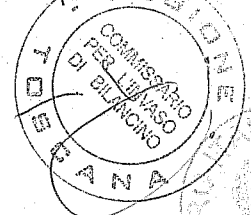


PARTICOLARE "b" 1:20

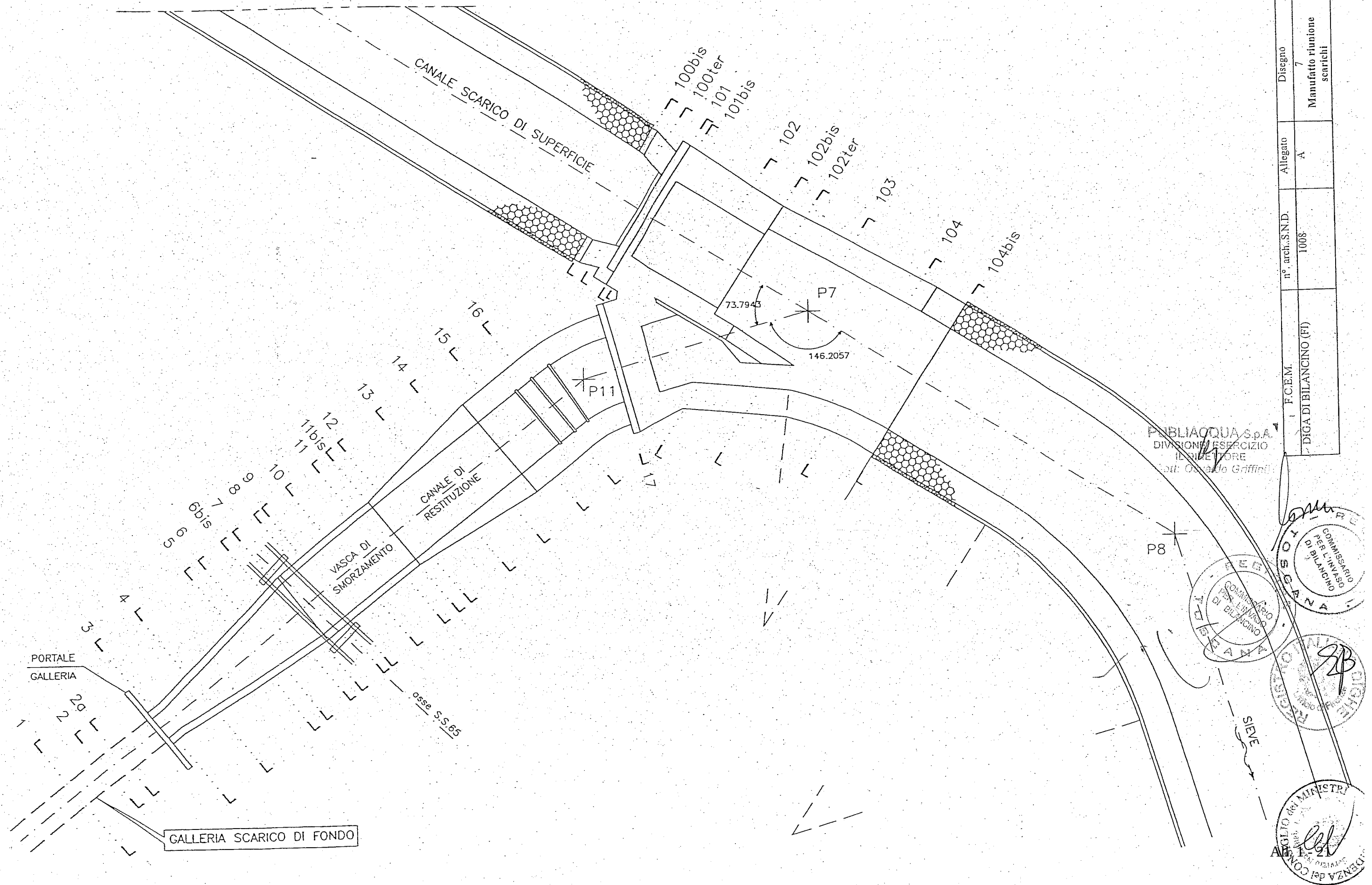


F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	6 b.6 Scarico di superficie - sez. tipo della soglia con paratoia	1 del

PUBBLACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)

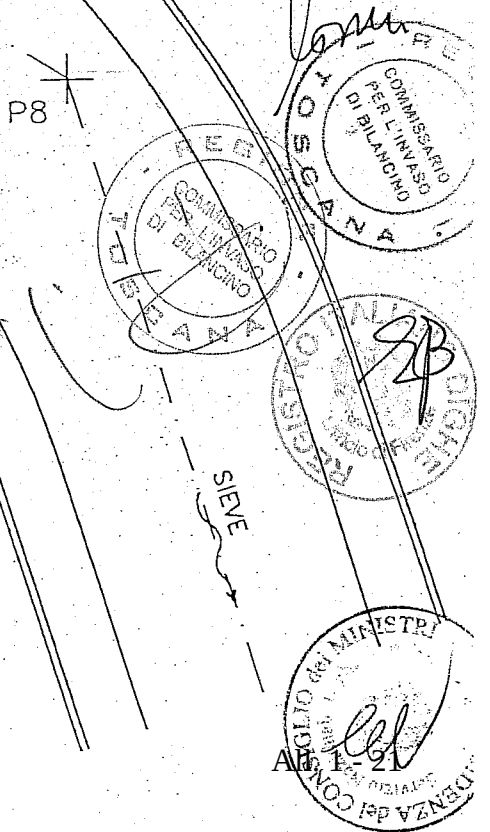


SCARICO DI FONDO E SUPERFICIE MANUFATTO DI RIUNIONE

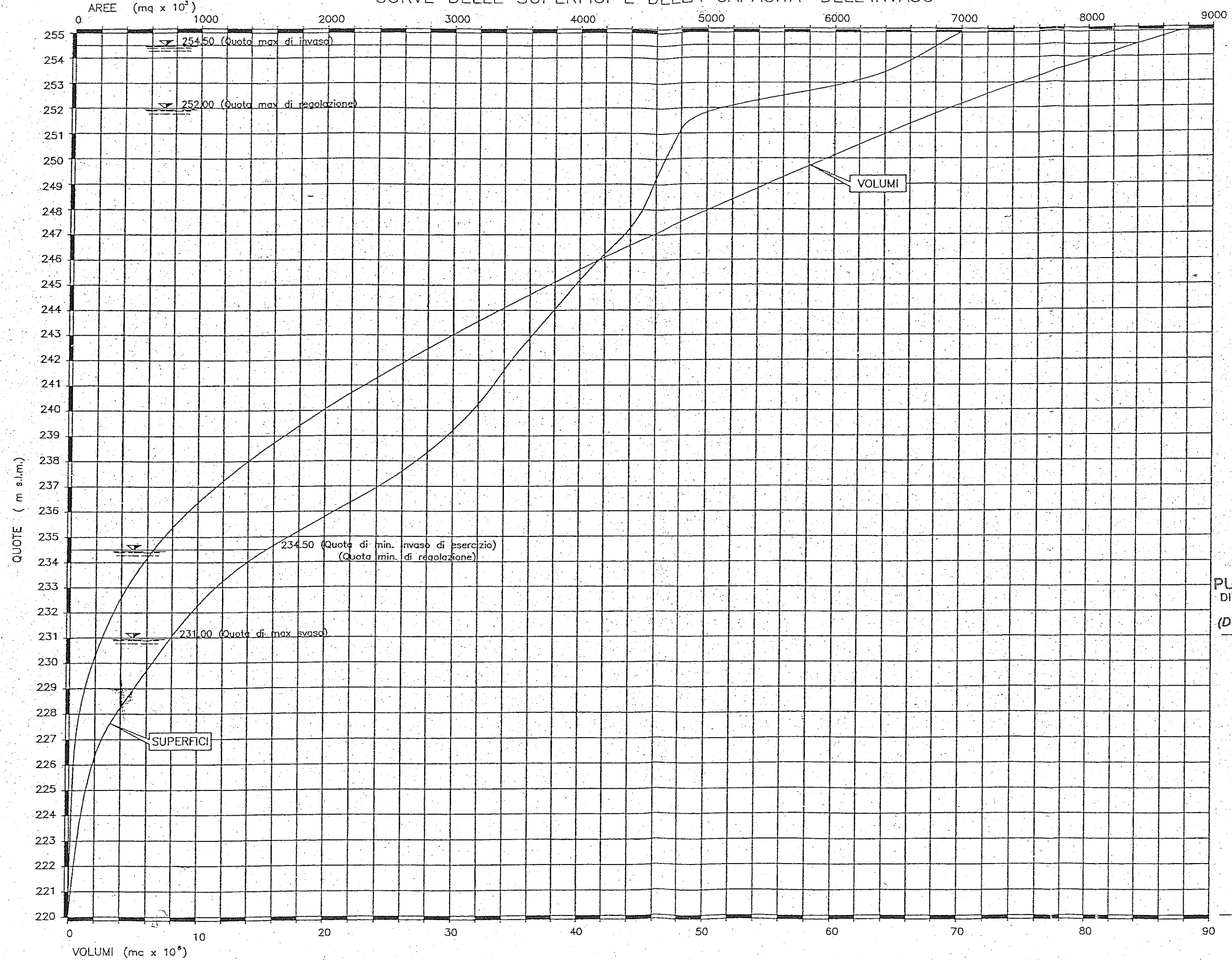


Rev.	Disegno	Allegato	n° arch. S.N.D.	F.C.E.M.
1	7	A	1008	DIGA DIBILANCINO (FI)
Manufatto riunione scarichi				

PUBBLIAQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL RILEVATORE
Aut: Osvaldo Griffini



CURVE DELLE SUPERFICI E DELLA CAPACITA' DELL'INVASO



PUBLIACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)

Capacità morta

E.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	8 Diagramma delle superfici e dei volumi	1

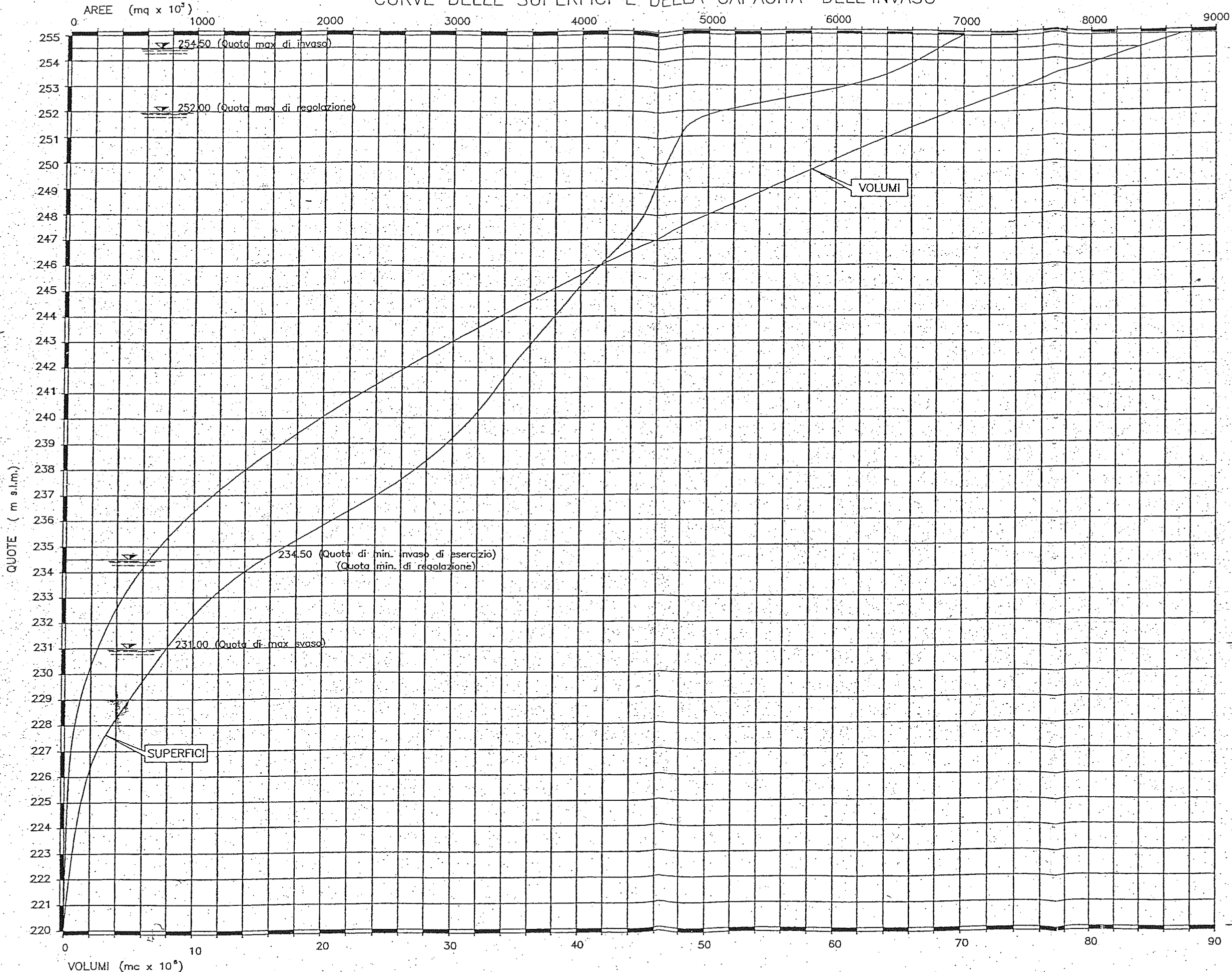
REGIONE
TOSCANA
COMMISSARIO
PER L'INVASO
DI BILANCINO

REGIONE
TOSCANA
COMMISSARIO
PER L'INVASO
DI BILANCINO

REGIONE
TOSCANA
COMMISSARIO
PER L'INVASO
DI BILANCINO

Alt. 1-22

CURVE DELLE SUPERFICI E DELLA CAPACITA' DELL'INVASO



F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	8 Diagramma delle superfici e dei volumi	1

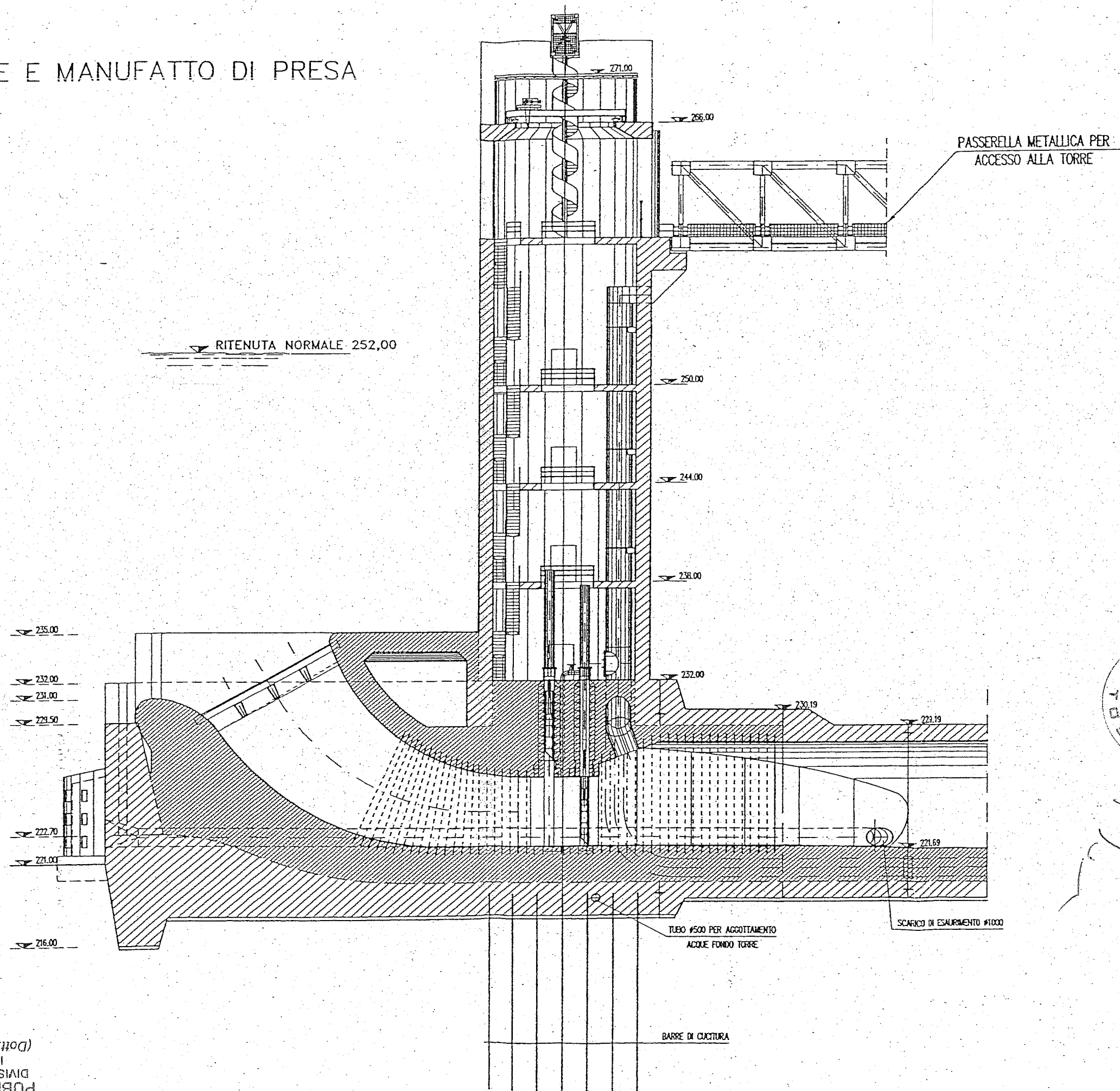
PUBBLICAZIONE
DIREZIONE
REGIONALE
DIREZIONE
REGIONALE
DIREZIONE
REGIONALE



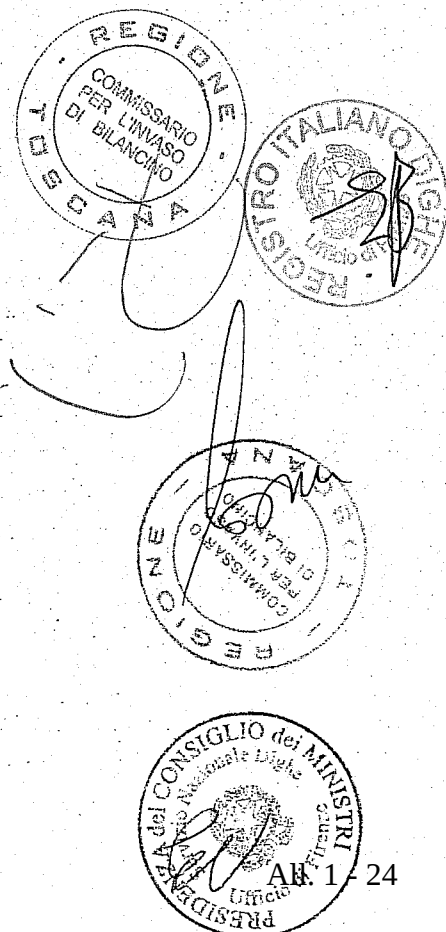
CA
S
C
D
I
B
I
L
A
N
C
I
N
O



TORRE E MANUFATTO DI PRESA

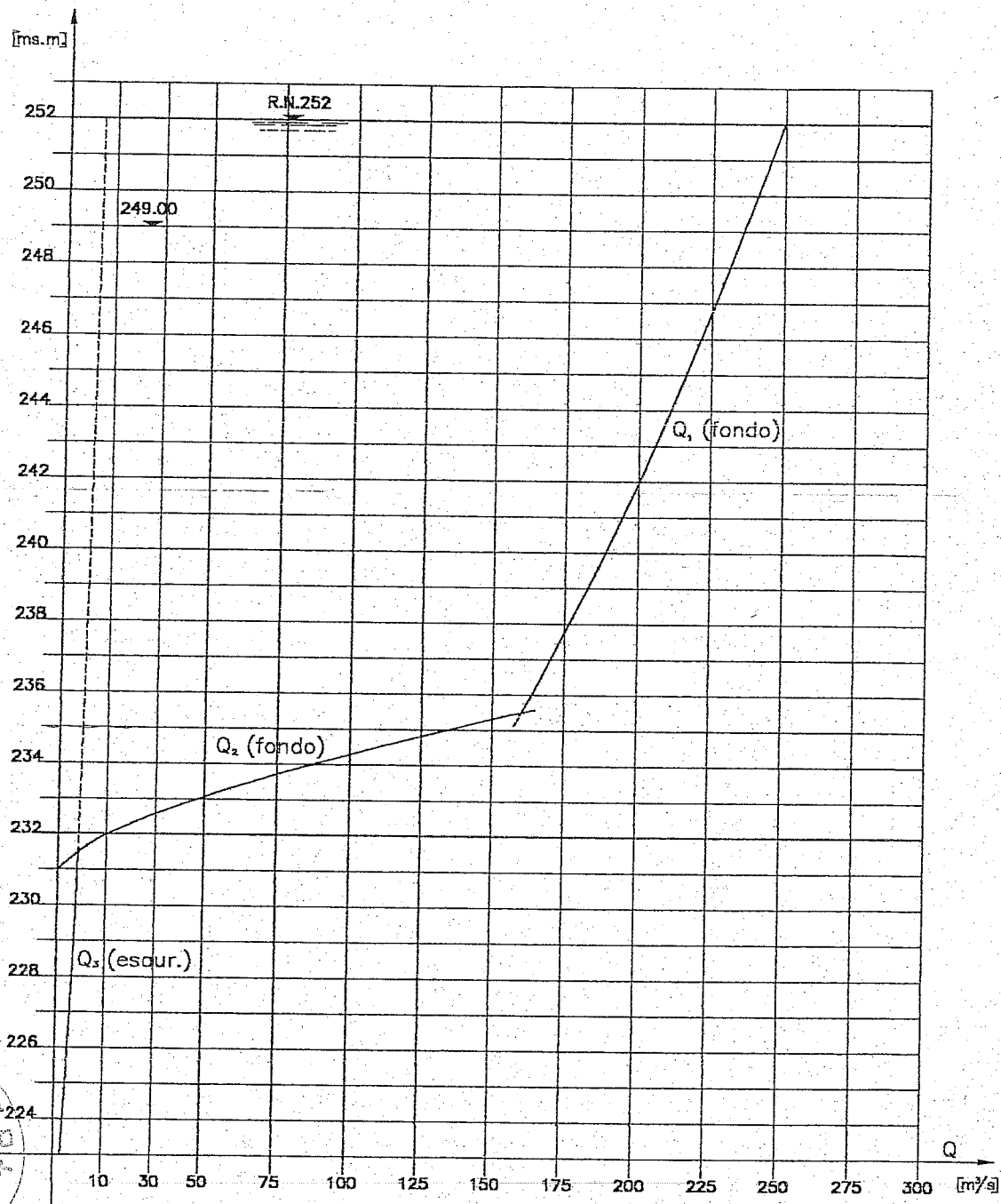


PUBLICACQUA S.p.A.
DIVISIONE ESERCIZIO
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo Griffini)

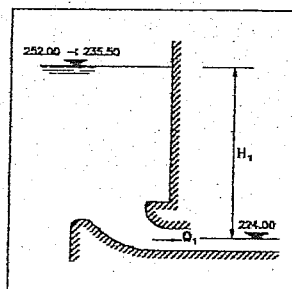


F.C.E.M. DIGA DI BILANCINO (FI)	n° arch. S.N.D. 1008	Allegato A	Disegno 5 Torre e manufatto di presa	Rev. 1
------------------------------------	-------------------------	---------------	--	-----------

PORTATE DEGLI SCARICHI AD AZIONAMENTO VOLONTARIO

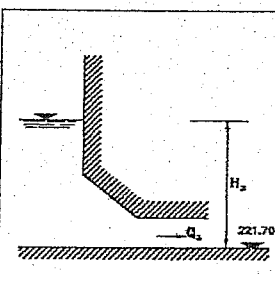
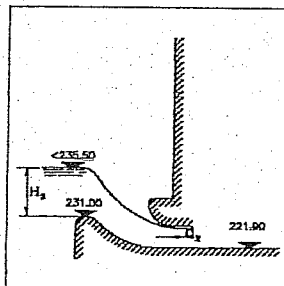


F.C.E.M.	n° arch. S.N.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	9a Diagramma delle portate scarico di fondo e di esaurimento	1 del



Scarico di fondo
(paratoie 4.20 x 2.80)

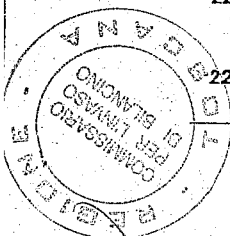
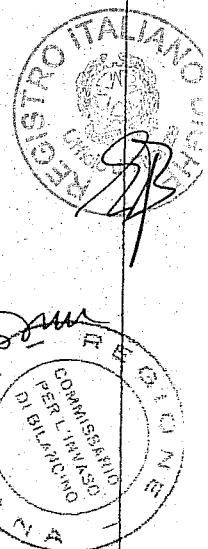
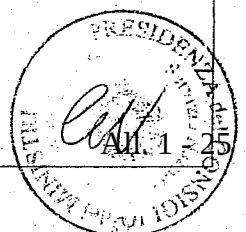
$$Q_1 = 47.15 \sqrt{H_1}$$



Scarico di esaurimento
(ø 1000)

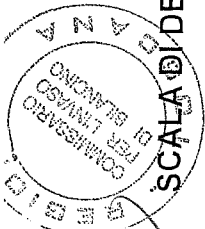
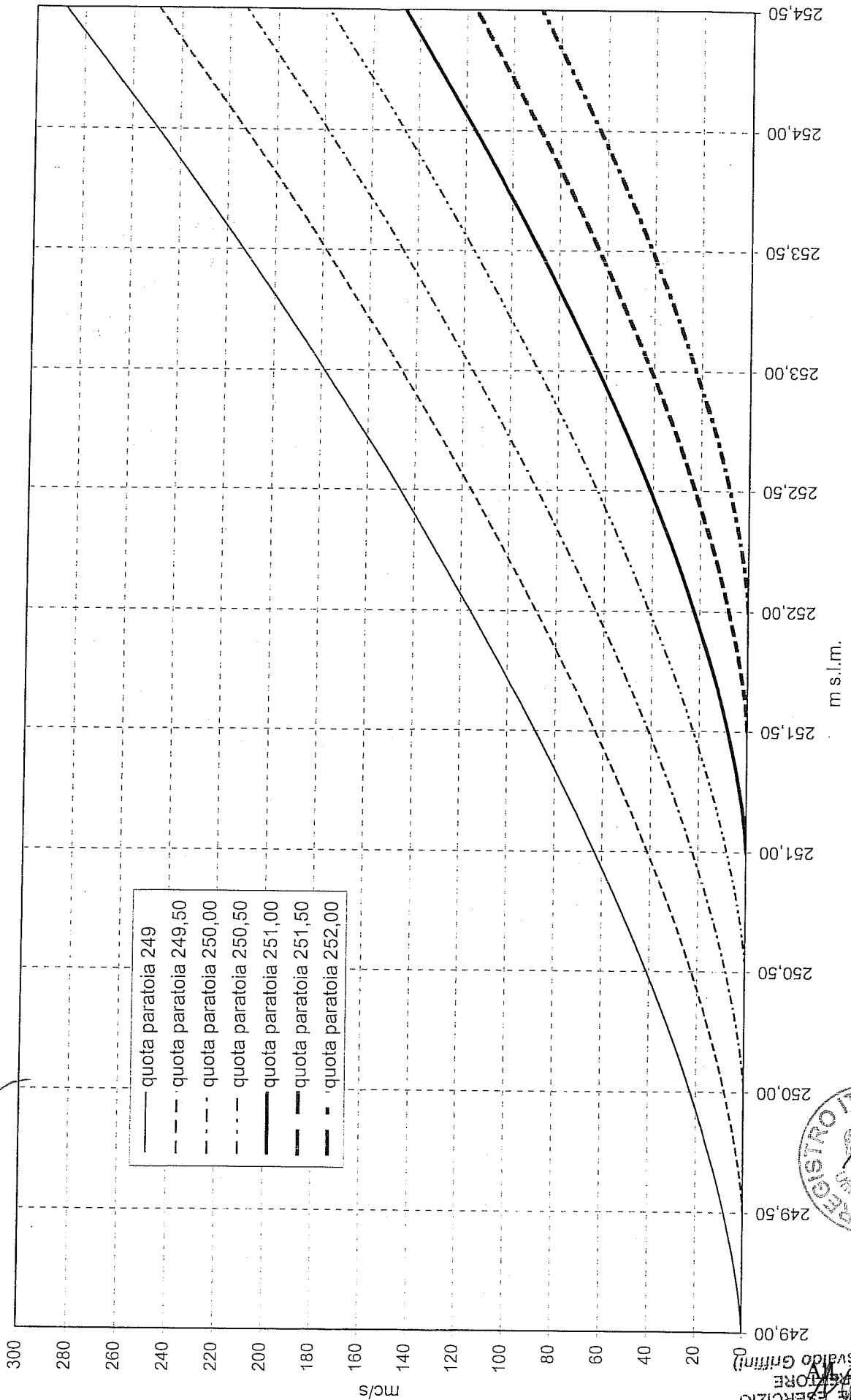
$$Q_2 = 16.8 H_2 \sqrt{H_2}$$

BUONACQUA S.p.A.
DIVISIONE ENERGETICA
IL DIRETTORE
(Dott. Osvaldo)

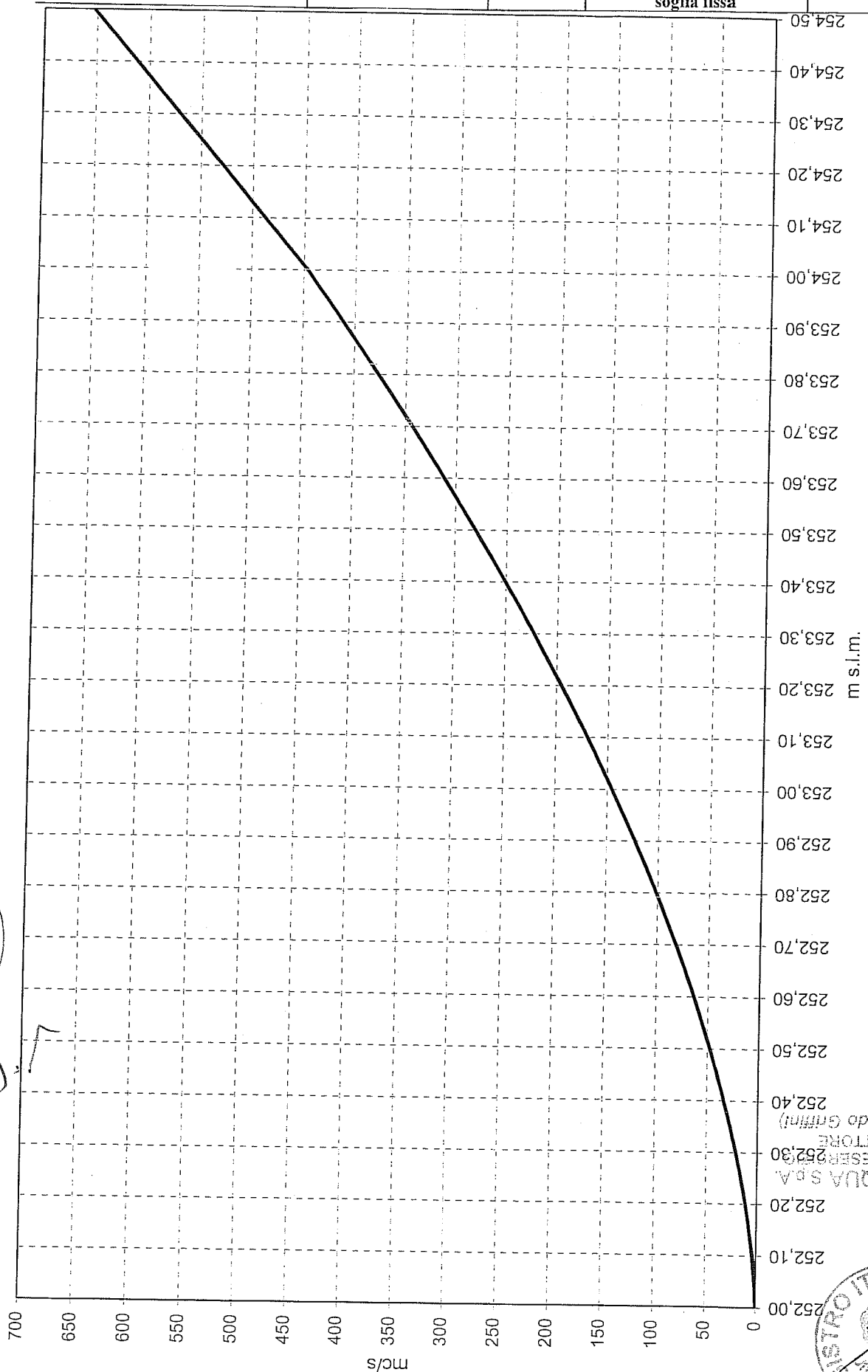


F.C.E.M.	n° arch..SND/RID	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	9b Diagramma delle portate dello scarico di superficie: paratoia a ventola	3 del 25 SET. 2003

SCALA DI DEFLUSSO SCARICO DI SUPERFICIE paratoia a ventola



F.C.E.M.	n°. arch..SND/RID	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	9c Diagramma delle portate dello scarico di superficie: soglia fissa	3 del 5 SET. 2003



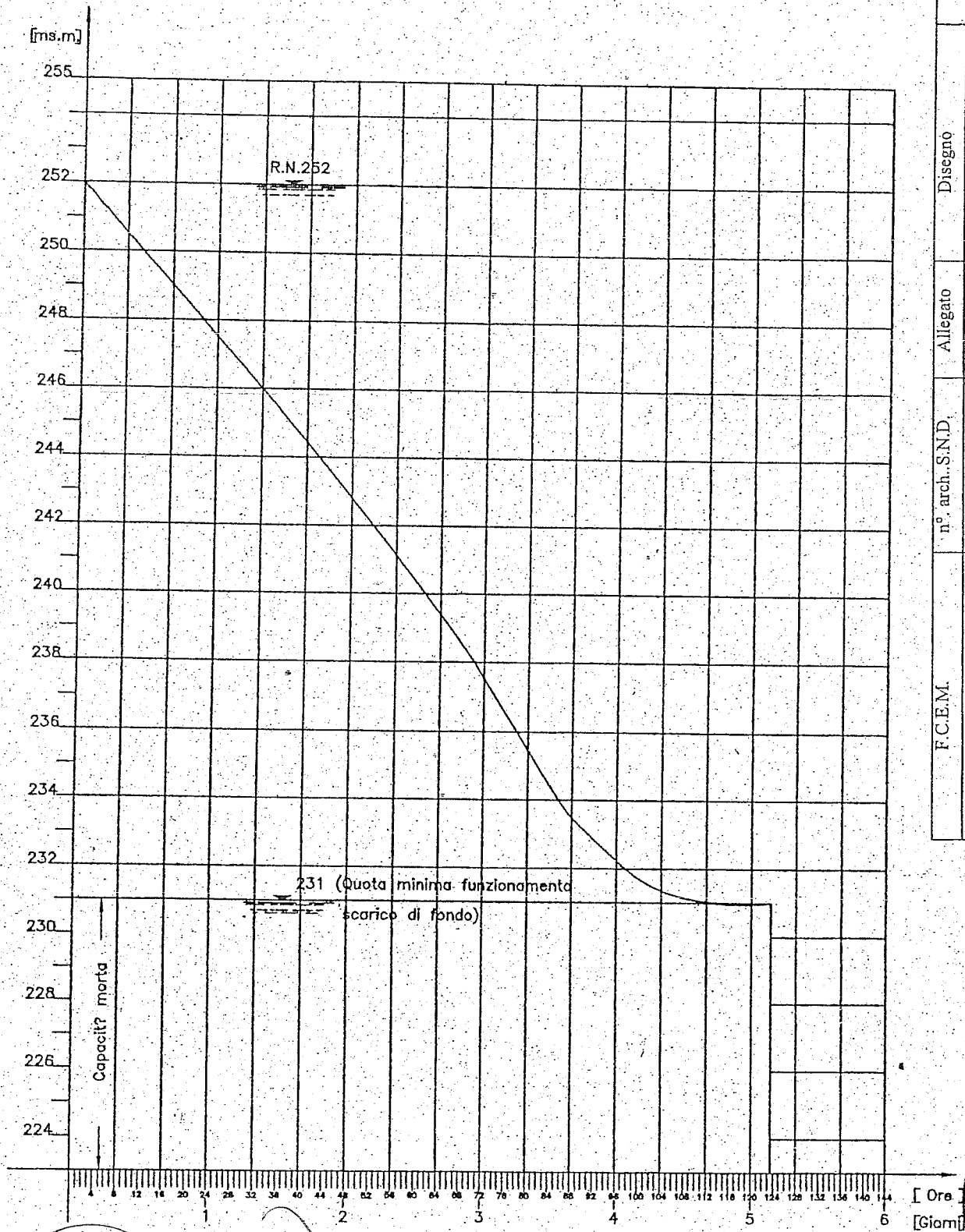
SCALA DI DEFLUSSO SCARICO DI SUPERFICIE soglia fissa

PUBBLICAZIONE S.p.A.
DIREZIONE ESECUZIONE
IDIRETTORE
(Dott. Osvaldo Gaffini)

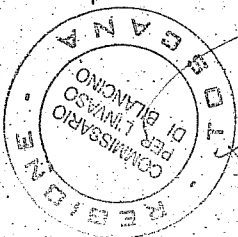


Alt. 1-27

TEMPI DI SVUOTAMENTO DEL SERBATOIO



F.C.E.M.	n° arch..S.N.I.D.	Allegato	Disegno	Rev.
DIGA DI BILANCINO (FI)	1008	A	10 Diagramma dei tempi di svuotamento	1



PUBBLICAZIONE
DIVISIONE
(Dott. Osservatorio)

