



COMUNE DI MONTELUPO FIORENTINO
PROVINCIA DI FIRENZE



PROGETTO:

ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI SAMMONTANA CON LIMITAZIONE DI INVASO

PROGETTO PRELIMINARE

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA

ELABORATO:

R1

REV:

00

DATA:

DICEMBRE 2010

SCALA:

VARIE

NUMERO COMMESSA:

L588

NOME FILE:

R1_Relazione.pdf



Via Bonifacio Lupi 1
50129 - Firenze
Tel. 055-491896/Tel.Fax. 055-4626342
e-mail: segreteria.firenze@physis.net

PROGETTISTA:

Dott. Ing. David Settesoldi

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Francesco Canovaro

COMMITTENTE:

Dott. Matteo Dzieduszycki

02			
01			
00	30/12/2010	PRIMA EMISSIONE	
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICHE	

**PROVINCIA DI FIRENZE
COMUNE DI MONTELUPO**

**Progetto preliminare di adeguamento della diga di Sammontana con limitazione
di invaso**

Relazione generale

Firenze

Dicembre 2010

Physis s.r.l. – Ingegneria per l’Ambiente

ELENCO ELABORATI

R1 - Relazione tecnica

R2 - Computo metrico estimativo

T1 – Planimetria dello stato attuale

T2 – Planimetria dello stato di progetto

T3 – Profilo e sezioni del canale fuggatore nello stato di progetto

INDICE

1	Premessa	5
2	La diga di Sammontana	8
2.1	La geometria e le principali opere	8
2.1.1	Coronamento	8
2.1.2	Altezza della diga	8
2.1.3	Paramento lato monte	8
2.1.4	Paramento lato valle	9
2.1.5	Sfioratore di superficie e canale fugatore	9
2.1.6	Aste idrometriche	9
2.1.7	Sifoni	9
2.1.8	Pilastrini di misura	10
2.1.9	Scaricatore di fondo	11
2.2	Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni	12
3	Quadro conoscitivo e prescrizioni.....	13
3.1	I dati topografici	13
3.2	I dati geotecnici	13
4	Descrizione dell'intervento	15
4.1	Rinfianco del paramento di valle	15
4.1.1	Caratteristiche dei terreni di rinfianco	16
4.1.2	Messa in opera del terreno di rinfianco	17
4.1.3	La protezione del rilevato a lavori ultimati	17
4.1.4	Il sistema di monitoraggio del rilevato durante i lavori	17
4.2	Completamento del canale fugatore	18
4.3	La vasca di dissipazione	18
4.4	Accesso al diga	19
4.5	Adeguamento del coronamento	19
4.6	Ristrutturazione del drenaggio	19
4.7	Scarico di fondo e sifoni	20
4.8	Piezometri	20
4.9	Impianto di illuminazione	21
5	Verifica dell'intervento	22
5.1	Analisi idrologiche	22
5.1.1	Calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica	22
5.1.2	Calcolo delle portate di piena	29
5.2	Analisi idrauliche	32
5.2.1	Verifica del franco di sicurezza.....	32
5.2.2	Verifica del canale fugatore e dalla vasca di dissipazione	35
5.2.3	Descrizione modello numerico	36
5.2.4	Verifiche idrauliche	37
5.2.5	Risultati delle verifiche idrauliche	37
5.2.6	Dimensionamento del sifone di scarico	37
5.3	Verifiche di stabilita	39
5.3.1	Profilo della falda freatica	39
5.3.2	Caratterizzazione dei terreni e parametri geotecnici	40
5.3.3	Risultati delle verifiche di stabilita.....	41

Appendice A – Documentazione fotografica

Appendice B – Tabulati delle verifiche idrauliche

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2-1– Caratteristiche dei sifoni	10
Tabella 2-2 – Coordinate e quote dei pilastrini e delle stazioni di misura utilizzati per l'esecuzione dei rilievi topografici	11
Tabella 3-1 – Parametri in termini di tensioni efficaci	14
Tabella 3-2 – Parametri in termini di tensioni totali	14
Tabella 3-3 – Risultati delle prove geotecniche	14
Tabella 4-1 – Piezometri di progetto.....	21
Tabella 5-1 – Le stazioni pluviometriche utilizzate.....	22
Tabella 5-2 – Serie dei valori massimi di precipitazione	24
Tabella 5-3 –Parametri statistici delle serie analizzate e parametri delle distribuzioni di probabilità stimati mediante il metodo dei minimi quadrati	26
Tabella 5-4 – Parametri statistici delle serie analizzate e parametri delle distribuzioni di probabilità stimati mediante il metodo dei momenti	26
Tabella 5-5 – Altezze di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per le durate da 5 min a 24 ore.....	27
Tabella 5-6 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica	28
Tabella 5-7 – Portate al colmo in funzione dei tempi di ritorno	31
Tabella 5-8 – Parametri della curva di invaso desunta dal rilievo del 1995	33
Tabella 5-9 – Parametri in termini di tensioni efficaci	41
Tabella 5-10 – Parametri in termini di tensioni totali	41
Tabella 5-11 – Coefficienti di sicurezza calcolati e previsti dalla normativa vigente (corpo diga)	42

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1– Portata dei due sifoni in funzione del livello idrometrico	10
Figura 2-2 – Portata dello scaricatore di fondo in funzione del livello idrometrico	11
Figura 5-1 – Regolarizzazione per le differenti durate di pioggia mediante la distribuzione di Gumbel i cui parametri sono stati stimati utilizzando sia il metodo dei momenti che il metodo dei minimi quadrati.....	26
Figura 5-2 - Curve di possibilità pluviometrica calcolate per durate inferiori e superiori all'ora relative ai tempi di ritorno di 100, 200, 500, e 1000 anni.....	28
Figura 5-3 - L'idrogramma istantaneo unitario di forma triangolare	30
Figura 5-4 – Idrogrammi di piena – Tempi di ritorno di 100, 200, 500 e 1000 anni.....	31
Figura 5-5 – Idrogrammi con $T_r=1000$ anni ottenuti al variare della durata dell'evento meteorico.....	32
Figura 5-6 – Curva volumi-altezze caratteristica dell'invaso	33
Figura 5-7 – Simulazioni per $T_r=1000$ anni.....	34
Figura 5-8 – Individuazione dell'idrogramma di piena laminato più gravoso ($T_r=1000$ anni)	35
Figura 5-9 – Portate evacuate dal sifone.....	38
Figura 5-10 – Tempi di svuotamento del lago.....	38
Figura 5-11 – Idrogramma di piena evento $T_r 1000$ anni.....	39
Figura 5-12 – Moto di filtrazione nell'argine	40
Figura 5-13 – Corpo diga nello stato di progetto.....	41

1 PREMESSA

Il progetto originario della diga risale al 1959. I lavori di costruzione furono ultimati nel novembre 1961. Non esiste una comunicazione ufficiale di fine lavori e non è mai stato effettuato il collaudo dell'opera. Va osservato che all'epoca della costruzione della diga l'organo di controllo fu il Genio Civile di Firenze e non il Servizio Nazionale Dighe data la modesta entità dell'opera.

La diga dalla sua costruzione ha sempre funzionato in regime transitorio. Nel giugno 1995 veniva presentato un primo progetto a sanatoria a seguito della emanazione della legge 21.10.1994, n. 584 (riferimento art. 3) dove si prevedeva nella sostanza di adeguare lo scarico di superficie per riportare il franco a quello di progetto.

Il progetto veniva aggiornato nell'aprile 1997 e successivamente nel dicembre 1999, nel novembre 2000 e infine nel maggio 2001 a seguito delle varie osservazioni del Servizio Nazionale Dighe (Ufficio Coordinamento istruttoria Progetti e Vigilanza Lavori) e della IV Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il progetto veniva infine approvato dal Servizio Nazionale Dighe che provvedeva a comunicare le modalità di esecuzione dei lavori.

Ad ogni revisione venivano richiesti nuovi approfondimenti e integrazioni che hanno portato al progetto alla stesura finale ove oltre che all'intervento sullo scaricatore di superficie era previsto anche l'adeguamento del paramento di valle e la realizzazione di una spalletta di contenimento sul coronamento.

Negli anni sono state condotti alcuni lavori sulla diga tra cui ricordiamo:

- ripristino dello scaricatore di fondo;
- posa in opera di due scaricatori ausiliari a sifone;
- regolarizzazione del coronamento;
- adeguamento delle sommità dei muretti dell'attuale canale scolmatore.

Gli ultimi lavori si sono chiusi nell'ottobre 1999.

A partire dalla richiesta di sanatoria sono state redatte tre perizie giurate attestanti la non pericolosità della diga stante le attuali limitazioni di invaso, luglio 1995, aprile 1999 e dicembre 1999.

E' inoltre stato redatto il Foglio per l'Esercizio e la Manutenzione che impone in questa fase transitoria una limitazione di invaso a quota 62 m s.l.m. (aumentati a 63 m s.l.m. durante gli eventi meteorici) a fronte di una quota attuale dello sfioratore di 67.9 m s.l.m. ovvero 5.9 m al disotto della quota di massima regolazione. Tale limitazione di invaso, che scaturisce anche da una serie di analisi condotte nel giugno 1998, maggio 1999 e ottobre 1999, comporta l'attivazione di tutta una serie di procedure qualora si vadano a superare i valori imposti con comunicazioni alla Prefettura, al Servizio Nazionale Dighe e al Comune.

A questo proposito ricordiamo inoltre che è stato redatto anche lo studio sugli effetti causati dal collasso della diga redatto a fini di protezione civile.

Ogni sei mesi assieme alla comunicazione dei livelli raggiunti nell'invaso ed ad altri parametri viene prodotta dall'ingegnere responsabile una relazione di asseverazione delle buone condizioni di stabilità della diga come previsto dal Foglio per l'Esercizio e la Manutenzione.

A seguito di mutate esigenze della Proprietà nel 2007 era stata avviata la progettazione di un intervento che preveda la riduzione della altezza della diga al disotto dei 15 m. In tal modo la diga sarebbe soggetta a una diversa normativa come previsto dalla Legge 21/10/94 n. 584 data la modesta entità dell'invaso già oggi inferiore a 1.000.000 m³.

In tal senso sono stati presi i primi contatti con i tecnici del Circondario Empolese-Valdelsa che verrebbe ad assumere la competenza sulla diga.

Era stato pertanto redatto, nel Marzo 2007, il "*Progetto preliminare dell'intervento di sbassamento della diga di Sammontana*", con una successiva integrazione redatta nel Settembre 2007 riguardante un intervento di sistemazione delle sponde dell'invaso.

Il progetto era stato trasmesso per un parere preventivo nell'aprile 2008 al R.I.D. e al Circondario Empolese-Valdelsa. Con nota del 24 aprile 2008 il RID richiedeva di effettuare un rilievo per stabilire l'esatta altezza della diga.

Infatti l'altezza della diga indicata nel progetto preliminare era di 18.4 inferiore rispetto a quella riportata nel Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione pari a 20 m sia in riferimento al D.M. 20/03/82 che in riferimento alla legge 21/10/94 n. 584.

A seguito di tale discordanza è stato condotto un sopralluogo congiunto con i tecnici del RID e della Circondario Empolese in data 22-05-2007 (n. arch. RID 407/933) da cui era emerso che il punto più depresso del paramento di valle poteva essere assunto a quota 51,215 m s.l.m.. Assumendo la quota del coronamento (basetta sinistra) pari a 69,541 m s.l.m. si ricavava un'altezza della diga allo stato attuale di 18.33 m.

Era stata inoltre attivata la procedura ex art.11 L.R. 79/98 presso la Regione Toscana – Area di Coordinamento Programmazione e Controllo – Settore Valutazione di Impatto Ambientale per valutare la necessità o meno di sottoporre le opere a valutazione di impatto ambientale.

La procedura si era conclusa con decreto n° 5485 del 15/11/2007 ove si escludeva l'opera dalla valutazione di impatto ambientale e si davano delle prescrizioni da recepire nelle successive fasi progettuali.

In particolare si ricordano le seguenti prescrizioni:

- previsione di interventi di mitigazione della erosione dei suoli (punto 1.2 e punto 8.1);
- applicazione delle procedure contenute nel Piano di Gestione di cui all'art. 114 del d.lgs 152/2005 per l'eventuale svuotamento del lago;
- rivestimento delle opere in cemento armato con idoneo paramento di pietra a faccia vista (punto 2.1);

- inserimento di opportune schermature con vegetazione di tipo arboreo (punto 2.2 e punto 14);
- eventuale utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica (punto 2.3);
- inerbimento delle aree soggette a movimento terra (punto 3);
- trattamento delle terre provenienti dalla demolizione della diga come rifiuto speciale (punto 4 e contributo ARPAT prot. 11645 del 04-09-2007);
- individuazione delle modalità di deposito/accumulo temporaneo del materiale di risulta degli scavi (punto 5);

Con nota prot. 637/UCPL del 23 gennaio 2008 e successiva precisazione prot. 400 del 15 aprile 2008 il RID esprimeva alcune osservazioni di carattere tecnico sul progetto preliminare osservando peraltro che il parere finale spetta all'Autorità competente sull'opera modificata.

Nel febbraio 2008 sulla base delle prescrizioni della VIA e alle osservazioni del RID veniva redatto il progetto definitivo. Tale progetto veniva inviato al Circondario Empolese-Valdelsa per il parere di competenza.

Il Circondario Empolese-Valdelsa rispondeva con nota prot. 18047 del 1 ottobre 2009 esprimendo un parere favorevole sul progetto preliminare con alcune prescrizioni alcune delle quali già recepite nel progetto definitivo.

A seguito del parere del Circondario Empolese-Valdelsa era stata avviata la progettazione esecutiva dello sbassamento.

Durante la redazione del progetto esecutivo è stata emanata la normativa regionale (L.R. 64 del 5 novembre 2009) per gli sbarramenti di altezza inferiore a 15m e invaso inferiore a 1.000.000 mc e successivamente il regolamento di attuazione 18/R del 25 febbraio 2010.

E' stato inoltre verificato che il trattamento delle terre provenienti dalla demolizione della diga come rifiuto speciale (punto 4 e contributo ARPAT prot. 11645 del 04-09-2007) aumenta in modo consistente i costi dello sbassamento.

La Proprietà ha pertanto deciso di non procedere nel progetto dello sbassamento della diga.

A seguito dei contatti avuti con l'Ufficio Tecnico per le Dighe di Firenze il presente progetto preliminare sviluppa una soluzione progettuale che prevede la gestione ordinaria con una limitazione della quota di invaso e la realizzazione delle opere necessarie per garantire lo stesso grado di sicurezza in termini di franco e stabilità del rilevato previsto nel progetto "Interventi di adeguamento della diga di Sammontana – Maggio 2001" approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001.

2 LA DIGA DI SAMMONTANA

Di seguito si riporta una descrizione della diga di Sammontana, focalizzando l'attenzione sulla geometria dello sbarramento e sulle caratteristiche delle opere di contorno.

In Appendice A si riporta una documentazione fotografica della diga e dell'invaso di Sammontana.

2.1 LA GEOMETRIA E LE PRINCIPALI OPERE

Attraverso il rilievo topografico effettuato nel Settembre 1999 è stato possibile definire in modo dettagliato le caratteristiche geometriche dello sbarramento in terra (Tavola 1). Il rilievo è stato realizzato prendendo come riferimento altimetrico la quota attuale della soglia di sfioro posta a 67.90 m s.l.m.

2.1.1 CORONAMENTO

Le quote della sommità del coronamento variano tra i 69.90 m s.l.m. ed i 69.60 m s.l.m. , la larghezza minima è circa di 3.00 m, mentre la massima supera i 4.00 m procedendo verso le spalle del rilevato.

2.1.2 ALTEZZA DELLA DIGA

Il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione riporta come altezza della diga 20 m sia in riferimento al D.M. 20/03/82 che in riferimento alla legge 21/10/94 n. 584. Si osserva peraltro che il D.M. 20/03/82 definisce l'altezza della diga in modo diverso rispetto alla legge 21/10/94 n. 584, l'altezza della diga nel D.M. 20/03/82 è infatti il "dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più basso della superficie di fondazione". L'altezza di 20 m scaturisce dall'aver assunto come punto più depresso del paramento di valle non il punto di incontro del paramento con il piano campagna ma il fondo del vecchio alveo del Rio Sammontana a valle della diga ove recapita lo scarico di fondo.

A seguito del sopralluogo congiunto con i tecnici del RID e della Circondario Empolese in data 22-05-2007 (n. arch. RID 407/933) da cui è stato accertato che il punto più depresso del paramento di valle può essere assunto a quota 51,215 m s.l.m. e la quota del coronamento (basetta sinistra) a quota 69,541 m s.l.m.; si ricava pertanto un'altezza della diga allo stato attuale di 18.33 m.

2.1.3 PARAMENTO LATO MONTE

Il paramento lato monte della diga ha una pendenza piuttosto dolce, variabile tra 1:2.44 e 1:2.95.

2.1.4 PARAMENTO LATO VALLE

Il paramento lato valle della diga ha una pendenza più accentuata, variabile tra 1:2.14 in corrispondenza della sezione corrispondente alla massima altezza ed 1:2.10 in prossimità della spalla destra del rilevato.

2.1.5 SFIORATORE DI SUPERFICIE E CANALE FUGATORE

La soglia di sfioro attuale si trova alla quota di 67.90 m s.l.m. , ed ha una larghezza di circa 5.50 m. Il canale fugatore a valle della soglia ha una larghezza progressivamente decrescente, fino a raggiungere i 2.90 m della sezione terminale del tratto rivestito in cls. Complessivamente il tratto rivestito ha una lunghezza di circa 65.0 m ed arriva alla quota di 59.36 m s.l.m.

2.1.6 ASTE IDROMETRICHE

Ci sono due aste idrometriche. Una si trova all'interno del lago, ha lo zero a 58.0 m s.l.m. ed una graduazione relativa. Dal momento che quest'asta non è ben visibile a meno di utilizzare un binocolo, è stata posta un'altra asta graduata sul paramento di monte, Tavola 1, di facile lettura ed accessibilità.

2.1.7 SIFONI

Ci sono due sifoni a cavaliere sul corpo diga, muniti degli opportuni organi accessori:

- pigna di presa e filtro sull'estremità di monte;
- valvola di carico sul coronamento della diga;
- valvole di intercettazione a valle del coronamento.

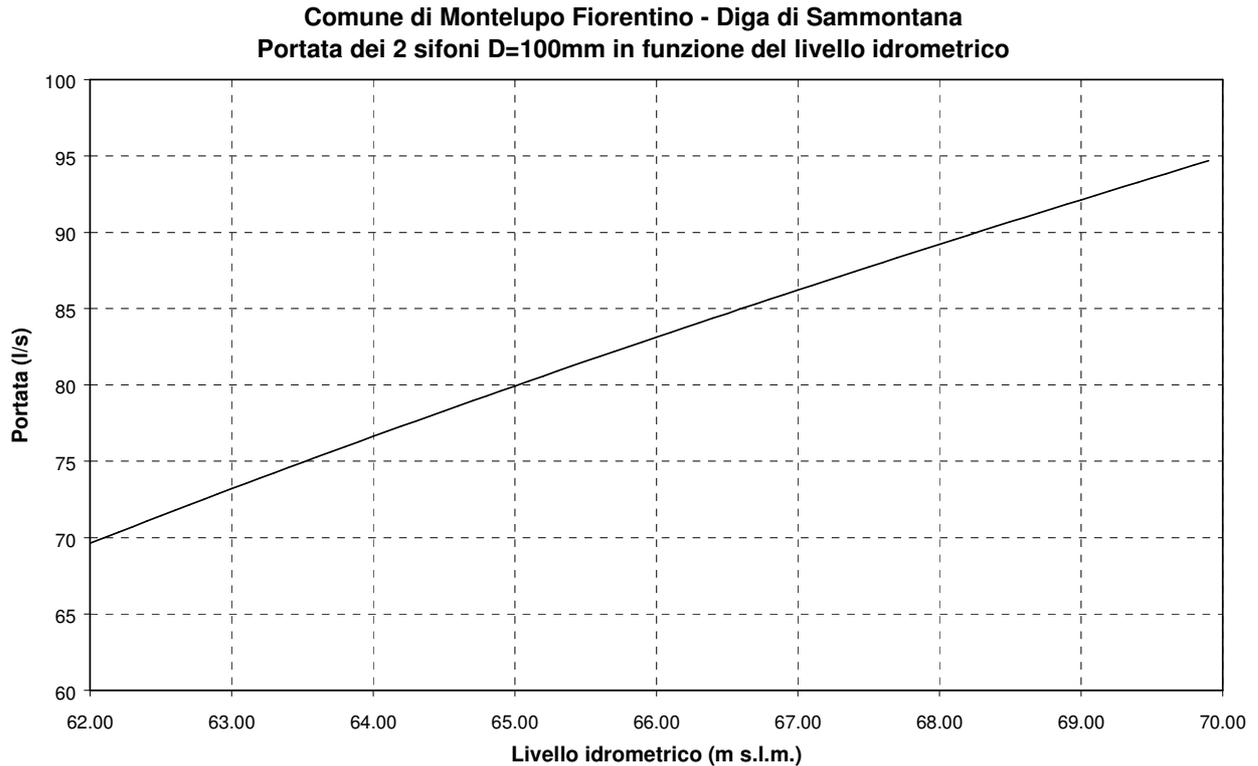


Figura 2-1– Portata dei due sifoni in funzione dei livello idrometrico

Nella Figura 2-1 è riportata la portata dei sifoni in funzione del livello idrometrico.

La Tabella 2-1 riporta le caratteristiche dei sifoni.

Diametro	100mm
Lunghezza	70m
Quota di presa	62.00m s.l.m.
Quota valvole di carico in sommità	69.12m s.l.m.
Quota valvole di manovra	58.26m s.l.m.
Quota di scarico	51.60m s.l.m.

Tabella 2-1– Caratteristiche dei sifoni

2.1.8 PILASTRINI DI MISURA

Esistono 2 pilastri per l'esecuzione di rilievi topografici e di controllo dell'opera di sbarramento. Ciascuno dei due pilastri è stato approssimativamente posto in corrispondenza del terzo medio del coronamento.

Al fine di eseguire le opportune triangolazioni topografiche, sono stati realizzati altri tre pilastri esterni al corpo diga.

Ciascun pilastro si compone di un pozzetto prefabbricato 0.40x0.40m, posto su di un sottofondo di magrone 0.60x0.60m, dallo spessore di 0.10m, armato con rete elettrosaldata. I pozzetti messi in opera sono stati quindi riempiti con cls, nel quale è stato annegato un chiodo di acciaio per misure topografiche.

Si riportano nella Tabella 2-2 le coordinate, in un sistema di riferimento relativo, e le quote assolute dei chiodi dei 2 pilastri di controllo e delle 3 stazioni di misura.

Denominazione	Quota chiodo [m s.l.m.]	X relativa [m]	Y relativa [m]
Pilastrino di misura n°1	69.557	36.491	6.164
Pilastrino di misura n°2	69.741	56.232	9.107
Stazione di Controllo n°3	69.724	0.000	0.000
Stazione di Controllo n°4	65.356	94.919	-30.020
Stazione di Controllo n°5	70.805	26.684	-91.006

Tabella 2-2 – Coordinate e quote dei pilastrini e delle stazioni di misura utilizzati per l'esecuzione dei rilievi topografici

2.1.9 SCARICATORE DI FONDO

La tubazione di scarico è in acciaio do diametro 200 mm ed ha due prese galleggianti all'interno del lago.

Il pozzetto contenente la valvola di manovra si trova al piede della diga, l'uscita dello scarico si trova a circa 51.40 m s.l.m.

Le portate defluite a valvola completamente aperta variano dai 152 l/s, per livelli idrometrici nel lago di 67.90 m s.l.m. , ai 120 l/s per livelli di 62.0 m s.l.m.

In Figura 2-2 si riporta la portata dello scaricatore di fondo in funzione del livello idrometrico.

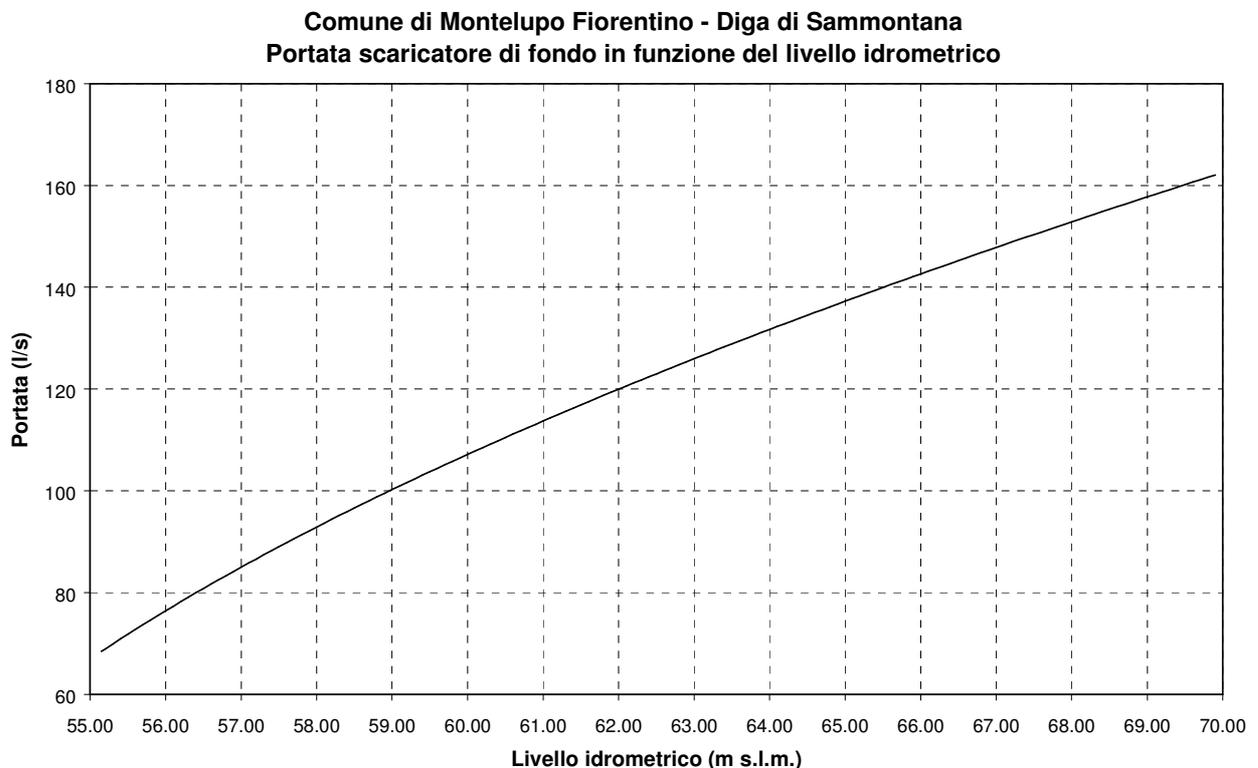


Figura 2-2 – Portata dello scaricatore di fondo in funzione del livello idrometrico

2.2 LE CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

Il rilevato è composto essenzialmente da un ammasso omogeneo di terreno con una abbondante percentuale di materiale limo-argilloso, la cui componente oscilla tra il 50% ed il 75 % del fuso granulometrico.

Il materiale può essere considerato appartenente alla categoria A-7-6 della classificazione AASHO (*Association of State Highway Officials*), ovvero un'argilla con un elevato indice di plasticità.

Gli studi sulla stabilità del rilevato effettuati in questi anni sono stati condotti definendo differenti strati all'interno del rilevato in modo da dettagliare per quanto possibile le caratteristiche del terreno ed evidenziare orizzonti con caratteristiche geomeccaniche "peggiori".

I materiali limo-argillosi, grazie alla capacità coesiva, forniscono un'ottima risposta alle sollecitazioni transitorie, quali quelle dovute all'azione del sisma ed al rapido svuotamento, mentre risultano più instabili nei confronti delle sollecitazioni a lungo termine.

I valori piuttosto bassi dell'angolo di resistenza al taglio (mediamente di 28°) in condizioni drenate, possono dare luogo a fenomeni di instabilità qualora la pendenza del paramento non sia sufficientemente dolce.

È opportuno sottolineare che esternamente lo sbarramento si trova in ottime condizioni di stabilità, ovvero non evidenzia particolari movimenti dei paramenti.

Negli anni ha probabilmente subito alcuni assestamenti, soprattutto in corrispondenza della sezione di maggiore altezza, dove negli anni passati è stato possibile rilevare un abbassamento di circa 0.50 m, in parte dovuto probabilmente ai lavori di installazione dei sifoni a cavaliere e delle reti di recinzione.

Sui paramenti è possibile notare delle leggere ondulazioni, anch'esse probabilmente dovute a fenomeni di assestamento nel corso degli anni. Nei 40 anni dalla costruzione della diga non sono stati effettuati interventi di stabilizzazione o rinfianco dei paramenti, eccetto che un ricarico nel tratto precedentemente citato.

In ogni caso le indagini geotecniche hanno evidenziato una buona compattazione del rilevato con valori variabili tra 82% e 91.70%, il minore dei quali riferibile al livello individuato come meno consistente ed opportunamente schematizzato nelle verifiche di stabilità.

3 QUADRO CONOSCITIVO E PRESCRIZIONI

3.1 I DATI TOPOGRAFICI

Il progetto è stato redatto utilizzando i seguenti dati topografici:

- Settembre 1999
- Marzo 2007
- Settembre 2007

Il rilievo del Settembre 2007 è riferito allo sbarramento e allo scaricatore di superficie. Nel Marzo 2007 in occasione della redazione del progetto preliminare dello sbassamento è stato condotto un rilievo integrativo del canale a valle dello scaricatore. Nel Settembre 2007 per la redazione delle integrazioni al progetto preliminare dello sbassamento è stato redatto un rilievo delle sponde del lago con alcune sezioni batimentriche.

E' stato inoltre acquisito ed informatizzato il rilievo del lago eseguito per la redazione del progetto originario della diga.

3.2 I DATI GEOTECNICI

Le caratteristiche dei terreni componenti il rilevato della diga, sono state indagate a più riprese in questi anni attraverso le seguenti prove geotecniche in sito ed in laboratorio:

- Ottobre 1994
- Maggio 1999

Nella campagna geognostica dell'Ottobre 1994 sono stati eseguiti i seguenti sondaggi:

- S1 sondaggio a carotaggio continuo condotto sul coronamento della diga con prelievo di tre campioni (C1, C2 e C3) e installazione di due piezometri tipo Casagrande;
- S2 sondaggio a carotaggio continuo condotto al piede della diga con prelievo di un campione (C1) e installazione di un piezometro con tubo microfessurato;
- prova penetrometrica C.T.P. condotta sul coronamento della diga e installazione di un piezometro con tubo microfessurato;
- S3 sondaggio a distruzione con prelievo di due campioni (C1 e C2).

Nella campagna del Maggio 1999 sono stati eseguiti i seguenti sondaggi:

- S1 condotto sul coronamento della diga con prelievo di due campioni (C1 e C2)

Si riportano in Tabella 3-1 e in Tabella 3-2 la sintesi dei principali parametri geotecnici relativi alla diga nel suo stato attuale:.

Strato	Peso saturo (t/m ³)	Coesione (t/m ²)	Angolo di attrito	Quote [m s.l.m.]
1	2.00	0.30	28°	69.7 – 66.1
2	2.10	0.00	28°	66.1 – 63.9
3	2.10	0.30	28°	63.9 – 56.6
4	2.10	0.00	33°	> 56.6

Tabella 3-1 – Parametri in termini di tensioni efficaci

Strato	Peso saturo (t/m ³)	Coesione (t/m ²)	Angolo di attrito	Quote [m s.l.m.]
1	2.00	7.90	0°	69.7 – 66.1
2	2.10	3.70	0°	66.1 – 63.9
3	2.10	7.90	0°	63.9 – 56.6
4	2.10	0.00	33°	> 56.6

Tabella 3-2 – Parametri in termini di tensioni totali

Il terreno in corrispondenza dello sfioratore è stato caratterizzato effettuando due prove di laboratorio su un campione prelevato nel dicembre 1999 a circa 1.0m di profondità in corrispondenza della attuale soglia sfiorante.

Il terreno in corrispondenza dello sfioratore è costituito da sabbie limo argillose con presenza di ghiaie grossolane e si presenta parzialmente diagenizzato con presenza di cemento carbonatico. Le prove sono state realizzate su un campione rimaneggiato utilizzando il solo materiale passante al setaccio di 2mm e di conseguenza non sono stati considerati gli effetti della parziale diagenesi.

Le prove condotte sul campione sono le seguenti:

- prova a taglio diretto in condizioni di terreno saturo e non drenato CUS, in termini di tensioni totali a breve termine;
- prova a taglio diretto in condizioni di terreno saturo e drenato CDS in termini di tensioni efficaci a lungo termine.

I risultati delle prove sono riportati nella Tabella 3-3.

Prova	Coesione (kg/cm ²)	Φ attrito
CUS	0.63	24
CDS	0.00	32

Tabella 3-3 – Risultati delle prove geotecniche

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gli interventi previsti nel presente progetto definitivo sono riportati nella planimetria di Tavola 2 e consistono in sintesi:

- rinfianco del paramento di valle;
- completamento del canale fagatore;
- realizzazione della vasca di dissipazione;
- accesso alla diga;
- adeguamento del coronamento della diga;
- ristrutturazione del drenaggio;
- sostituzione dei sifoni esistenti
- ristrutturazione piezometri;
- ristrutturazione impianto di illuminazione.

I suddetti interventi sono stati dimensionati e verificati considerando per la diga una limitazione permanente di invaso.

La limitazione permanente di invaso è la stessa già oggi prevista nel Foglio per l'Esercizio e la Manutenzione ovvero 62.0 m s.l.m. ovvero 5.9m al disotto della soglia di sfioro.

Come vedremo in seguito tale limitazione consente di avere in occasione dell'evento millenario un franco di sicurezza pari a quello previsto dal progetto "Interventi di adeguamento della diga di Sammontana – Maggio 2001" approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001.

Qui di seguito è riportata una descrizione di dettaglio dei suddetti interventi.

4.1 RINFIANCO DEL PARAMENTO DI VALLE

Come previsto nel progetto "Interventi di adeguamento della diga di Sammontana – Maggio 2001" approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001 si procederà al rinfianco del paramento di valle.

Tale intervento è finalizzato a raggiungere un più elevato coefficiente di sicurezza in termini di tensioni efficaci del paramento di valle nella verifica a lungo termine.

Lo studio della stabilità della diga ha infatti messo in evidenza alcuni problemi inerenti il raggiungimento dei coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa.

Dal rilievo del settembre 1999 (Tavola 1) si evidenzia infatti che la pendenza del paramento di valle è 1:2.15 a fronte di una pendenza del progetto originario di 1:2.50.

Il rilevato è composto essenzialmente da un ammasso omogeneo di terreno con una abbondante percentuale di materiale limo-argilloso, la cui componente oscilla tra il 50% ed il 75 % del fuso granulometrico.

I materiali limo-argillosi, grazie alla capacità coesiva, forniscono un'ottima risposta alle sollecitazioni transitorie, quali quelle dovute all'azione del sisma ed al rapido svuotamento, mentre risultano più instabili nei confronti delle sollecitazioni a lungo termine. Infatti i valori piuttosto bassi dell'angolo di resistenza al taglio (mediamente di 28°) in condizioni drenate, comportano dei fenomeni di instabilità qualora la pendenza del paramento non sia sufficientemente dolce.

Si prevede pertanto di realizzare un rinfiango al piede di valle del rilevato, attraverso la messa in opera di una gradonata in terreno omogeneo (Tavola 2).

La gradonata di forma trapezoidale, avrà la sommità posta 10.00 m al disotto del coronamento (ovvero 59.9 m s.l.m.), ed una larghezza di 6.00 m. La pendenza del paramento degradante verso valle sarà di 1:2.15, ovvero uguale a quella del corpo diga. L'altezza complessiva del rinfiango passa da un massimo di 10.00 m in corrispondenza dell'impluvio naturale del corso d'acqua, ad un minimo di 3.00 m in corrispondenza della spalla in destra del rilevato. Il piede del rilevato si trova infatti a quote progressivamente crescenti, procedendo verso il versante in destra.

4.1.1 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI RINFIANCO

Il terreno utilizzato nel rinfiango della diga avrà le caratteristiche previste dalle verifiche di stabilità.

In particolare si prevede di utilizzare un terreno che una volta messo in opera dovrà avere un angolo di attrito di almeno 35° , un peso insaturo di circa 2.05 t/mc ed un peso a saturazione di circa 2.10 t/mc, come il materiale del rilevato esistente.

Si prevede pertanto di utilizzare un terreno a grana grossa ricadente nella categoria delle ghiaie e delle sabbie, in modo che, se opportunamente compattato, fornisca l'angolo di attrito richiesto di almeno 35° . In ogni caso verrà consentita la presenza di una componente fine ($<0.074\text{mm}$) non trascurabile.

Il rinfiango dovrà inoltre soddisfare alle relazioni sperimentali che correlano le dimensioni limite dei diametri caratteristici dei terreni a contatto:

Basandosi sulla classificazione fornita dal AASHO i materiali che meglio interpretano le nostre esigenze, sono quelli ricadenti all'interno delle categorie A-1-a, A-1-b e A-2-4. La prima categoria appartiene alle ghiaie miste a sabbie, mentre la categoria A-2-4 appartiene alle ghiaie e sabbie con componenti limose o argillose. Eccetto che per la categoria A-1-a, è prevista la presenza di una componente fine (inferiore a 0.074mm) che può arrivare al 25% per la categoria A-1 ed al 35% per la categoria A-2.

La permeabilità del materiale di rinfiango potrà essere superiore a quella del materiale esistente.

Al di sopra della sommità della banca verrà riportato uno strato di 0.20 m di pietrisco misto stabilizzato di cava di pezzatura 0-50mm.

4.1.2 MESSA IN OPERA DEL TERRENO DI RINFIANCO

La densità relativa ottenuta in loco dovrà essere almeno il 90% di quella determinata all'ottimo delle prove Proctor (AASHO modificata) effettuate sul materiale da porre in opera.

Il costipamento dovrà avvenire utilizzando rulli lisci a masse vibranti. L'effetto di costipamento del rullo vibrante risulta di maggiore efficacia a profondità variabili tra i 40 e gli 80 cm, per cui si prevede di porre il materiale a strati di 40 cm.

La verifica del raggiungimento della densità relativa prevista dovrà essere effettuato con misure di densità in numero di almeno 1 ogni 500 mc di materiale posto in opera.

Eventuali variazioni sulle caratteristiche del materiale dovranno essere opportunamente verificate attraverso nuove verifiche di stabilità del rilevato.

Il rinfianco verrà ammorsato nel terreno di fondazione attraverso un taglione di 1.00m di profondità e 2.00 m di larghezza posto in corrispondenza dell'estremità di valle. L'ammorsamento nel rilevato esistente verrà realizzato mediante incassi con due superfici di taglio a 45°.

Il terreno di riempimento degli incassi dovrà avere le stesse caratteristiche del rinfianco.

4.1.3 LA PROTEZIONE DEL RILEVATO A LAVORI ULTIMATI

A ultimazione dei lavori è importante provvedere alla protezione del nuovo paramento del rinfianco, al fine di scongiurare fenomeni erosivi dovuti al dilavamento.

Per questo motivo il paramento del rinfianco verrà ricoperto con uno stato di terreno vegetale con forti componenti limo-argillose. Il terreno dovrà essere seminato a spaglio e protetto con una biostuoia vegetale (ad esempio in cocco), opportunamente ammorsata in sommità ed alla base e picchettata per il fissaggio al paramento.

4.1.4 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DEL RILEVATO DURANTE I LAVORI

La realizzazione degli scavi di ammorsamento costituisce una fase piuttosto delicata dell'intervento, soprattutto in corrispondenza dello scaricatore di fondo, dove la sezione della diga presenta la massima altezza.

Innanzitutto si prevede di abbassare il livello idrometrico del lago alla quota di 60.00 m s.l.m. in modo da abbassare ulteriormente il livello della falda del rilevato e scongiurare il rischio di sifonamento.

Durante i lavori il coronamento dovrà essere monitorato con frequenti misure topografiche per evidenziare situazioni di cedimento.

4.2 COMPLETAMENTO DEL CANALE FUGATORE

Il canale fugatore sarà prolungato di circa 30.0 m con la stessa tipologia del canale esistente. Si prevede la realizzazione di due muretti laterali in calcestruzzo analoghi a quelli esistenti e il rivestimento del fondo con pietrame murato a malta cementizia.

Le portate scaricate nelle condizioni di esercizio con limitazione di invaso (circa 2.40 mc/s per il tempo di ritorno di 1000 anni) transitano con un franco di circa 0.80 m.

Per il nuovo tratto del canale fugatore è prevista una sezione rettangolare con larghezza al fondo di 3.0m con una altezza di 1.0 m.

Il nuovo tratto del canale fugatore sarà affiancato sul lato esterno da un arginello con larghezza in sommità di 2.5 m. Il paramento dell'arginello sarà inerbito con idrosemina e si procederà a reimpiantare essenze autoctone con funzione di schermatura.

4.3 LA VASCA DI DISSIPAZIONE

A valle del canale fugatore la corrente deve essere rallentata e deve essere dissipato parte del carico. E' prevista pertanto la realizzazione di un opportuno manufatto di dissipazione che si raccordi con il canale in terra e il fosso a valle della diga.

Il manufatto in questione si compone di una vasca ove il canale fugatore si immette con un salto di 2.0 m. La sezione di uscita dalla vasca è stata opportunamente dimensionata per mantenere nella stessa una corrente lenta in grado di provocare la dissipazione dell'energia cinetica attraverso un risalto idraulico.

Per la vasca è stato previsto un franco di 0.5 m.

La vasca di dissipazione, a sezione trapezoidale, avrà un'altezza di 2.5 m, larghezza al fondo di 1.50 m, sponde con pendenza 1:1 e lunghezza 10.0 m. La vasca sarà depressa di circa 1.0 m rispetto al canale di valle.

La vasca di dissipazione sarà realizzata scogliera cementata.

A valle della vasca di dissipazione verrà realizzato il raccordo della medesima con il corpo idrico recettore che sarà riprofilato per un primo tratto con una forma trapezia di larghezza al fondo 1.5m e altezza 1.5m e pendenza delle sponde 1:1.5.

Per un primo tratto di 15.0m il canale recettore sarà protetto con massi di diametro 80cm.

In Tavola 3 sono riportate le sezioni del canale fugatore e della vasca di dissipazione, indicate nella planimetria di Tavola 2.

4.4 ACCESSO AL DIGA

Al fine di consentire l'accesso al lago dal piazzale a valle della diga, si prevede la realizzazione di un accesso pedonale posto in corrispondenza dell'impiuvio individuato dallo sbarramento e dal versante in sponda destra.

L'accesso verrà realizzato attraverso la messa in opera di elementi di sostegno e scalini in legno (Tavola 2).

4.5 ADEGUAMENTO DEL CORONAMENTO

Il coronamento dovrà essere regolarizzato al fine di:

- ottenere una larghezza minima di 3.50 m;
- livellare la quota a 69.90 m s.l.m.;

L'intervento prevede la messa in opera di stabilizzato misto di cava con una pendenza laterale 1:1.5 per una altezza di circa 0.75 m fino a raccordarsi con i paramenti di valle e di monte.

4.6 RISTRUTTURAZIONE DEL DRENAGGIO

In corrispondenza del rinfiango verrà posto in opera un tappeto drenante dallo spessore di 0.50m in pietrisco omogeneo di cava, dal diametro di 60-70mm (Tavola2). Il materasso verrà protetto sia inferiormente che superiormente da un filtro in tessuto non tessuto. Il tappeto drenante dovrà avere una pendenza verso valle del 2%.

Al di sopra del geotessile superiore del dreno verrà posto uno strato di 20 cm di sabbia, in modo da scongiurare il rischio di intasamento del geotessile a fronte del deposito delle componenti più fini del rinfiango.

All'estremità di valle del tappeto verrà posto un tubo drenante del 200 all'interno di una trincea di 0.50 m di altezza per 1.00 m di larghezza, realizzata con lo stesso pietrame.

Un altro tubo di drenaggio verrà posto a sinistra della tubazione dello scaricatore di fondo, per ricongiungersi al precedente prima dell'immissione nel pozzetto di misura.

La tubazione dello scaricatore di fondo verrà protetta attraverso un rinfiango in sabbia di 80x80cm.

L'estensione del dreno varia da circa 10.00 m in corrispondenza dello scaricatore di fondo agli 8.00 m verso la sponda destra.

Le acque della sorgiva esistente in sponda sinistra verranno intercettate attraverso una trincea drenante e quindi convogliate in un pozzetto di misura posto presso il manufatto di protezione dello scaricatore di fondo.

La trincea avrà dimensioni di 0.50x0.50m, sarà riempita con pietrisco di cava di diametro 60-70 mm, protetto da geotessile in tessuto non tessuto, e con all'interno un tubo drenante del 200.

Le acque drenate dal tappeto di pietrame posto alla base della diga e quelle provenienti dall'intercettazione della sorgiva verranno convogliate in due differenti pozzetti di misura.

4.7 SCARICO DI FONDO E SIFONI

Il raccordo dello scaricatore di fondo con il nuovo paramento della diga, verrà realizzato attraverso un manufatto di gabbioni in pietrame.

I gabbioni verranno posti in opera su geotessile, mentre sul lato del drenaggio verrà posto un materassino impermeabilizzante composto da un doppio strato di geotessile contenente bentonite preattivata.

A protezione delle tubazioni dello scaricatore di fondo e di quella utilizzata come derivazione per fini irrigui ed un rinfianco in sabbione delle tubazioni stesse.

Gli attuali sifoni a cavallo della diga saranno rimossi e sarà posto in opera un nuovo sifone all'interno dello scaricatore di superficie.

Il sifone sarà costituito da un tubo in PEAD di 200 mm lunga circa 125.0 m con sezione di monte in corrispondenza del lago alla quota di 61.50 m s.l.m. ovvero 0.50m al disotto della quota fissata come limitazione d'invaso permanente e sezione di valle in corrispondenza del salto di immissione nella vasca di dissipazione alla quota 52.00 m s.l.m.

La condotta sarà dotata di una valvola a clapet in corrispondenza della sezione di monte e di una saracinesca in corrispondenza della sezione di valle. Per essere manovrate in sicurezza durante le fasi di adescamento la saracinesca sarà dotata di un'asta di manovra di lunghezza adeguata. Nel punto più alto in corrispondenza della soglia di sfioro sarà realizzata una derivazione per l'innescò della condotta e una derivazione per lo sfiato presidiata da due valvole. La condotta sarà riempita con le acque del lago attraverso un'elettropompa collegata alla condotta di innescò.

La condotta sarà interrata in corrispondenza della soglia di sfioro. Lungo lo scaricatore sarà posta nell'angolo di sinistra e protetta da un cassonetto in calcestruzzo.

4.8 PIEZOMETRI

Verranno predisposti 3 nuovi piezometri, per cui complessivamente avremo 2 piezometri posti sul coronamento, compreso quello esistente, e 2 sulla banca di rinfianco (Tavola 2).

Complessivamente al termine dei lavori la diga sarà dotata dei piezometri riportati nella Tabella 4-1.

Piezometro	Posizione	Profondità trivellazione	Profondità cella 1	Profondità cella 2
1	Banca	5.5	4.5	-
2	Banca	8.5	7.5	-
3	Sommità	15.5	14.5	8.0
4	Sommità	-	12.5	7.0

Tabella 4-1 – Piezometri di progetto

4.9 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Sarà ripristinato l'impianto di illuminazione della diga con posa in opera di due fari uno che illuminerà il paramento di valle e uno che illuminerà il coronamento e il paramento di monte.

5 VERIFICA DELL'INTERVENTO

5.1 ANALISI IDROLOGICHE

Per gli apporti al lago si è fatto riferimento alle “Verifiche idrologico-Idrauliche” dell’Aprile 2007 redatte a seguito della richiesta del Registro Italiano Dighe in data 6 aprile 2005 in attuazione dell’art. 4 del comma 1 del D.L. 29 marzo 2004 n.79 “Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe e di edifici istituzionali” convertito con legge n. 139 del 28 maggio 2004.

5.1.1 CALCOLO DELLE LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le portate afferenti all’invaso sono state calcolate con un semplice modello di tipo concettuale a partire dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica della zona.

L’analisi della piovosità è stata effettuata elaborando le serie storiche delle misure pluviometriche ottenute presso le stazioni di Empoli Prunecchio ed Empoli (sia automatica che non) che sono le stazioni più prossime all’area di interesse con un’estesa serie storica.

Nome	Codice	Periodo di funzionamento
Empoli Prunecchio	1350	dal 1928 al 1993
Empoli auto	1352	dal 2001 al 2005
Empoli	1362	dal 1923 al 1986

Tabella 5-1 – Le stazioni pluviometriche utilizzate

La serie dei dati ottenuta fornisce i valori annuali massimi di pioggia caduta misurata su finestre temporali che vanno dai 5 minuti alle 24 ore, come riportato nella Tabella 5-2. Per dati mancanti la serie è stata completata attraverso interpolazioni di quelli disponibili, in modo da uniformare la consistenza delle serie riferite a diverse finestre temporali. La ricostruzione ha riguardato principalmente le durate inferiori l’ora. I valori mancanti sono stati interpolati con un funzionale del tipo $h = ad^n$. I parametri a ed n sono ricavati in funzione dei valori posti agli estremi dell’intervallo mancante. In caso di estrapolazione sono utilizzati i due valori disponibili per le durate superiori, in questo caso per il parametro n è stato assunto un valore limite superiore di 0.4.

Anno	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1928	16.8	22.2	26.1	29.3	34.5	45.5	49.0	49.2	53.7	54.3
1929	22.2	29.3	34.5	38.7	39.0	39.4	39.8	42.2	42.8	54.0
1930	10.7	16.0	20.0	23.4	30.5	47.8	54.6	63.8	80.8	102.6
1932	11.7	18.8	24.8	30.3	40.0	64.4	64.4	64.4	64.4	74.0
1934	10.8	14.3	16.8	18.9	22.2	22.4	30.8	50.8	60.2	62.2
1935	9.6	13.9	17.3	20.1	25.0	36.2	38.0	59.8	77.2	96.6
1937	4.7	8.4	11.7	14.8	20.6	36.4	41.6	48.0	56.8	67.0
1938	12.7	16.8	19.7	22.1	26.0	28.6	29.0	38.0	44.0	53.0
1940	4.0	6.8	9.2	11.5	15.6	26.4	28.8	36.2	71.5	73.0
1941	8.7	15.9	22.8	29.3	41.8	76.8	77.2	77.2	77.2	77.2

Anno	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1942	4.1	6.1	7.6	9.0	11.3	16.8	31.4	37.8	37.8	44.8
1943	8.1	10.7	12.6	14.2	16.7	22.0	30.2	34.6	35.6	39.4
1944	6.7	8.9	10.5	11.7	13.8	18.2	25.4	28.0	47.2	54.2
1945	3.2	4.9	6.3	7.5	9.6	14.6	28.4	36.8	50.6	64.4
1946	4.2	6.0	7.4	8.6	10.6	15.2	26.8	32.0	58.8	68.0
1947	11.5	15.1	17.8	20.0	23.5	31.0	40.8	43.2	44.0	81.6
1948	14.1	18.7	21.9	24.6	29.0	38.2	57.6	68.0	68.2	69.0
1949	7.4	9.8	11.5	12.9	15.2	20.0	29.8	41.4	48.6	49.4
1950	6.7	8.8	10.3	11.6	13.6	18.0	20.8	23.4	27.8	29.8
1951	10.4	13.8	16.2	17.3	19.0	20.6	27.4	41.0	71.2	79.2
1952	12.2	16.2	19.0	20.9	24.0	30.2	36.2	39.4	60.6	63.8
1953	13.1	18.0	21.7	24.8	29.8	41.0	49.8	50.0	51.8	57.4
1954	9.4	12.4	14.6	16.2	18.9	24.4	32.6	32.8	42.0	55.2
1955	3.1	4.8	6.1	7.3	9.4	14.4	21.0	25.8	29.6	43.2
1956	9.8	12.9	15.2	17.0	17.0	17.0	20.0	21.6	25.0	40.4
1958	3.0	5.6	8.0	10.4	15.0	28.0	46.0	58.2	56.6	56.6
1959	12.9	17.0	20.0	20.7	21.6	23.4	27.4	27.4	35.8	46.4
1960	5.6	8.0	9.8	11.4	14.0	20.0	27.0	36.2	39.0	60.6
1961	13.7	18.0	21.2	23.8	28.0	29.0	33.4	34.0	52.0	75.0
1962	5.9	9.1	11.7	14.0	18.0	27.6	29.2	33.0	35.0	65.4
1963	13.3	17.5	20.6	22.1	24.4	29.0	48.0	59.6	60.0	60.6
1964	13.8	18.2	21.4	24.0	26.1	30.0	63.0	85.4	85.8	114.6
1965	4.6	6.9	8.8	10.4	13.2	20.0	33.3	41.8	48.6	64.9
1966	9.0	12.0	14.2	15.9	18.8	25.0	41.2	77.2	83.8	132.4
1967	9.3	14.0	17.7	21.0	26.6	40.0	41.6	43.6	50.2	57.2
1968	8.3	11.0	12.6	13.9	15.9	20.0	26.2	27.0	27.0	27.2
1969	11.1	14.9	17.7	20.0	23.8	32.0	37.6	48.0	49.6	49.6
1970	5.4	7.1	8.3	9.4	11.0	13.0	18.0	26.0	31.4	46.2
1971	10.3	13.6	14.9	15.9	17.4	20.4	22.6	38.2	43.0	51.0
1972	12.4	16.3	19.2	19.3	19.4	19.6	21.8	25.8	32.4	43.6
1973	9.4	13.8	17.2	20.2	25.3	37.0	38.4	38.4	38.4	39.6
1974	6.9	9.1	10.7	12.0	13.0	15.0	20.0	25.0	31.2	44.0
1975	7.4	10.6	13.2	15.4	19.1	27.6	28.0	31.4	43.0	51.0
1976	11.1	14.6	16.2	17.5	19.5	23.4	40.2	46.4	49.0	49.0
1977	7.9	10.4	12.2	13.6	16.0	21.0	31.8	41.8	51.8	58.0
1978	8.2	11.6	14.2	16.4	20.1	28.4	32.6	32.6	34.4	46.2
1979	3.2	5.2	6.9	8.4	11.2	18.2	24.2	35.4	46.6	50.6
1980	5.3	7.7	9.6	11.2	13.9	20.2	24.0	31.8	38.6	38.6
1981	6.4	10.9	14.8	18.4	25.1	42.6	45.0	46.0	46.2	53.2
1982	9.5	14.6	18.7	22.3	28.6	43.8	72.0	83.0	83.0	92.6
1983	5.5	8.0	9.9	11.6	14.4	21.0	22.4	30.0	45.0	59.4
1984	7.5	10.1	12.0	13.6	16.1	21.6	23.0	32.8	39.2	46.2
1985	9.0	11.9	14.0	15.5	18.0	23.2	26.0	26.2	33.4	35.2
1986	10.2	11.6	13.6	15.6	18.8	23.6	45.8	53.0	67.0	67.0
1987	6.0	7.9	9.3	10.4	12.2	16.0	19.4	32.2	53.2	66.6
1988	6.2	10.7	13.2	15.7	19.6	30.8	47.0	52.4	58.4	84.2
1989	7.8	13.4	20.7	26.7	33.9	46.7	49.8	50.4	50.8	52.1
1990	7.7	10.2	11.3	12.2	14.4	20.2	28.0	34.4	42.8	43.0
1991	9.5	12.6	14.3	15.6	18.6	25.0	51.2	70.2	81.8	119.2
1993	7.0	11.8	16.1	20.0	29.2	39.8	67.4	89.4	94.8	96.2
2001	10.7	14.1	16.6	17.6	19.2	26.8	33.8	37.2	40.6	47.2

Anno	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2002	6.7	11.2	15.2	18.9	25.6	26.4	34.4	34.4	34.4	43.2
2003	6.4	12.3	18.0	23.6	34.6	40.6	55.2	55.8	55.8	57.4
2004	6.0	11.1	15.8	20.3	29.0	38.0	43.8	48.0	48.0	48.0
2005	8.6	11.4	13.4	14.6	16.6	20.0	30.4	35.0	47.0	52.6

Tabella 5-2 – Serie dei valori massimi di precipitazione

Su tali dati è stata condotta una inferenza statistica utilizzando la distribuzione di Gumbel:

$$P(x) = \exp(-\exp(-a(x-u))) \quad -\infty < x < +\infty$$

dove $-\infty \leq u \leq +\infty$ e $-\infty \leq a \leq +\infty$

con $y = a(x-u)$ variabile ridotta.

Il metodo dei momenti, imponendo l'uguaglianza tra i valori dei momenti empirici tratti dal campione e quelli della legge teorica, consente di ricavare i parametri statistici a e u in funzione della media \bar{h} e dello scarto quadratico medio σ mediante le seguenti relazioni:

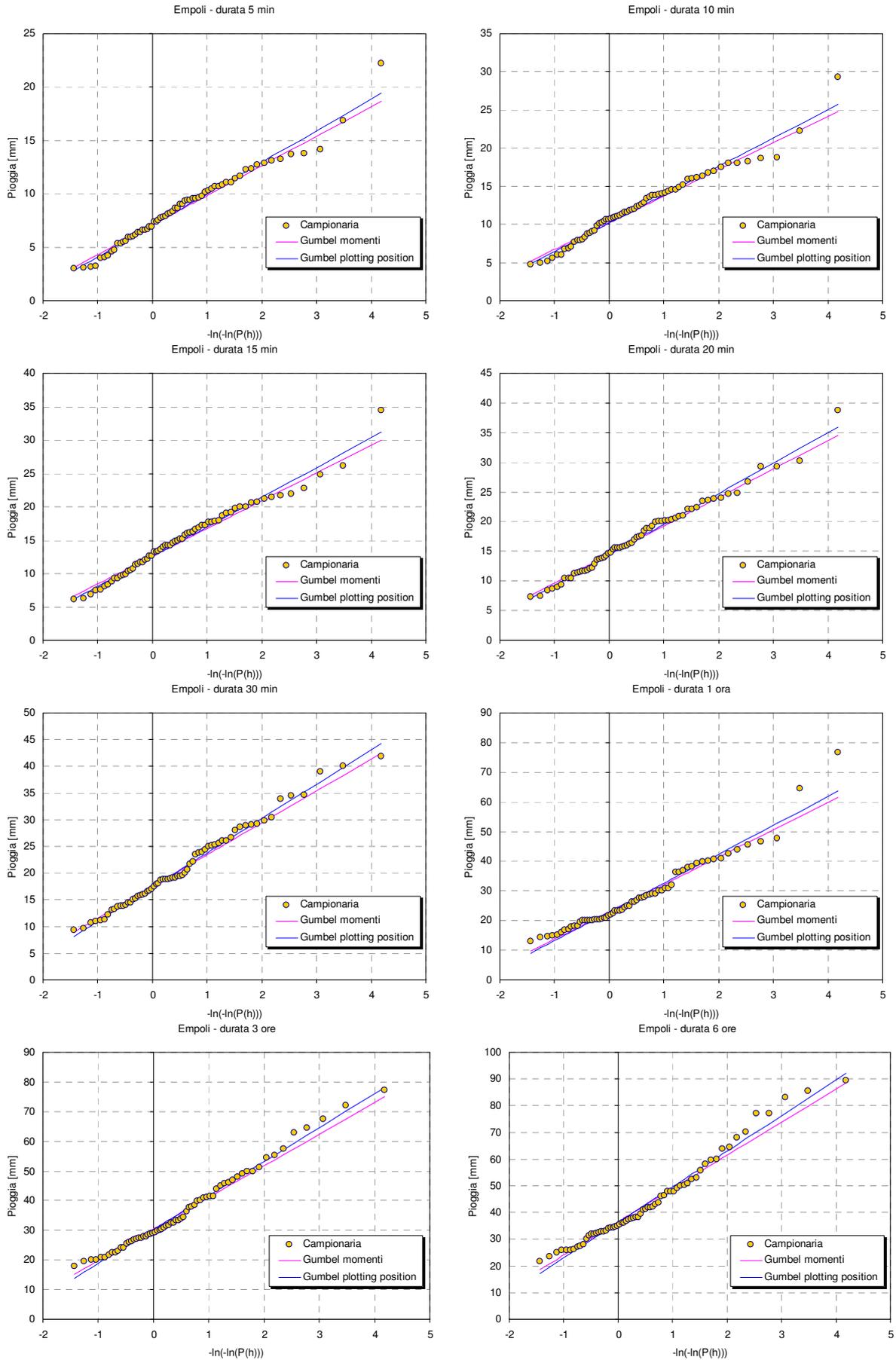
$$a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$$

$$u = \bar{h} - \frac{0.5772}{a}$$

Un altro sistema per ricavare i parametri della legge di Gumbel è quello della interpolazione secondo i minimi quadrati della plotting position, che si realizza nelle seguenti fasi:

- Si ordinano i valori disponibili in ordine crescente e a ciascun valore si attribuisce la frequenza di non superamento F_i in cui $i=1, \dots, N$, è il numero d'ordine di X_i , i -esimo valore dal più piccolo. L'espressione di frequenza utilizzata è stata quella di Weibull, in cui $F_i = i/(n+1)$ dove i è il numero d'ordine del valore ed n il totale dei valori disponibili;
- Si calcola per ciascun valore la variabile ridotta $Z = -\ln(-\ln(P(h)))$;
- Si interpolano ai minimi quadrati le coppie di valori (h, Z) attraverso una retta, dai quali coefficienti si ricavano i parametri della distribuzione di Gumbel.

Per stimare i parametri della distribuzione di probabilità sono stati utilizzati in via preliminare entrambi i metodi. Nei grafici di Figura 5-1 si riportano i diagrammi probabilistici per la distribuzione di Gumbel i cui parametri sono stati calcolati sia con il metodo dei momenti che utilizzando il metodo dei minimi quadrati.



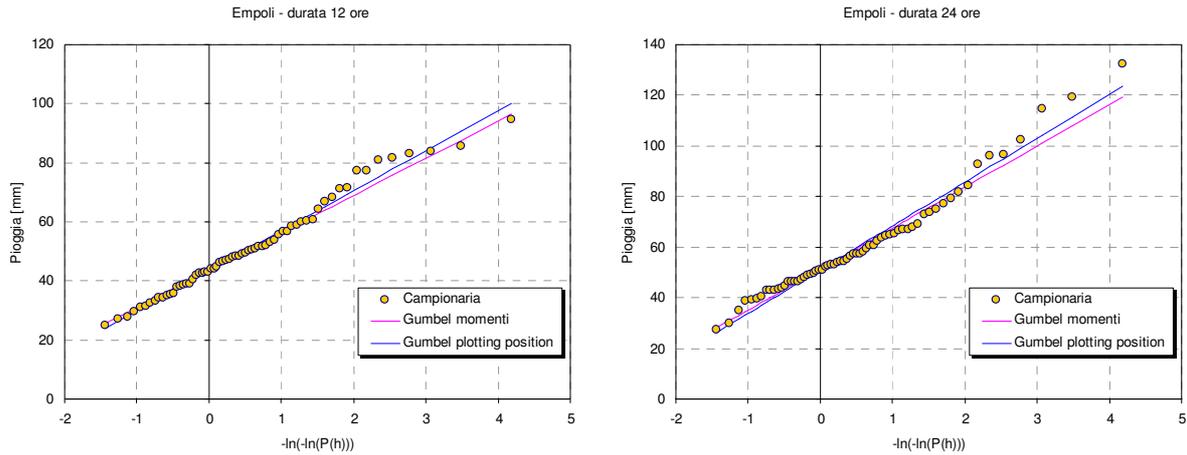


Figura 5-1 – Regularizzazione per le differenti durate di pioggia mediante la distribuzione di Gumbel i cui parametri sono stati stimati utilizzando sia il metodo dei momenti che il metodo dei minimi quadrati

Nella Tabella 5-3 e Tabella 5-4 sono riportati i valori dei parametri statistici delle serie analizzate ed i parametri della legge di Gumbel stimati per le diverse finestre temporali.

Durata	<i>a</i>	<i>b</i>	Media	Dev. Std.
5 min	2.956	7.052	8.688	3.559
10 min	3.719	10.177	12.235	4.489
15 min	4.451	12.536	15.000	5.350
20 min	5.157	14.401	17.256	6.172
30 min	6.417	17.399	20.951	7.667
1 ora	9.725	22.916	28.298	11.844
3 ore	11.437	30.308	36.638	13.673
6 ore	13.325	36.317	43.692	16.006
12 ore	13.567	43.444	50.954	16.243
24 ore	17.292	51.125	60.697	20.855

Tabella 5-3 –Parametri statistici delle serie analizzate e parametri delle distribuzioni di probabilità stimati mediante il metodo dei minimi quadrati

Durata	<i>a</i>	<i>b</i>
5 min	2.770	7.087
10 min	3.493	10.215
15 min	4.163	12.592
20 min	4.803	14.478
30 min	5.966	17.501
1 ora	9.217	22.969
3 ore	10.641	30.485
6 ore	12.456	36.490
12 ore	12.640	43.644
24 ore	16.229	51.312

Tabella 5-4 – Parametri statistici delle serie analizzate e parametri delle distribuzioni di probabilità stimati mediante il metodo dei momenti

Per la stima dei parametri delle distribuzioni di probabilità delle serie di pioggia relative alle differenti durate si è deciso di utilizzare in via cautelativa il metodo dei minimi quadrati.

Sulla base dell'analisi statistica dei dati disponibili per ogni finestra temporale sono state definite le altezze di pioggia per una fissata durata e per un dato tempo di ritorno. Si ricorda che:

$$Tr = \frac{1}{1 - P(h)}$$

dove $P(h)$ è la probabilità di avere un precipitazione massima annua per una data durata inferiore a h.

La Tabella 5-5 riporta i valori di pioggia per le differenti durate calcolati in funzione del tempo di ritorno.

Durata	1.33	2	10	30	100	200	500	1000	5000
5 min	6.07	8.14	13.70	17.06	20.65	22.71	25.42	27.47	32.23
10 min	8.94	11.54	18.55	22.76	27.28	29.87	33.28	35.86	41.85
15 min	11.06	14.17	22.55	27.60	33.01	36.11	40.19	43.28	50.45
20 min	12.69	16.29	26.01	31.85	38.12	41.71	46.45	50.02	58.32
30 min	15.27	19.75	31.84	39.12	46.92	51.38	57.27	61.72	72.05
1 ora	19.69	26.48	44.80	55.83	67.65	74.42	83.34	90.09	105.74
3 ora	26.51	34.50	56.04	69.01	82.92	90.87	101.37	109.30	127.72
6 ora	31.89	41.20	66.30	81.41	97.61	106.88	119.11	128.35	149.80
12 ore	38.94	48.42	73.97	89.36	105.85	115.29	127.74	137.15	158.99
24 ore	45.38	57.46	90.04	109.65	130.67	142.70	158.57	170.57	198.41

Tabella 5-5 – Altezze di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per le durate da 5 min a 24 ore

Una volta fissato il tempo di ritorno, le altezze di pioggia in funzione della durata possono essere rappresentate da due curve del tipo

$$h=at^n$$

dove

- h: altezza delle precipitazione [mm] cumulata nell'intervallo di tempo t
- t: durata della precipitazione [ore]
- a: parametro della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica [mm/ore]
- n: parametro della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica

tipicamente valide per durate superiori e inferiori all'ora.

I valori individuati per n ed a (con l'altezza di pioggia in mm e la durata in ore), per i tempi di ritorno scelti sono riportati nella Tabella 5-6.

	1.33	2	10	30	100	200	500	1000	5000
$a' (<1h)$	22.268	28.030	43.663	53.096	63.218	69.011	76.656	82.435	95.850
$n' (<1h)$	0.517	0.496	0.471	0.463	0.458	0.455	0.453	0.451	0.448
$a (>1h)$	19.782	26.474	44.535	55.412	67.076	73.750	82.556	89.211	104.66
$n (>1h)$	0.266	0.244	0.216	0.207	0.201	0.198	0.195	0.193	0.190

Tabella 5-6 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

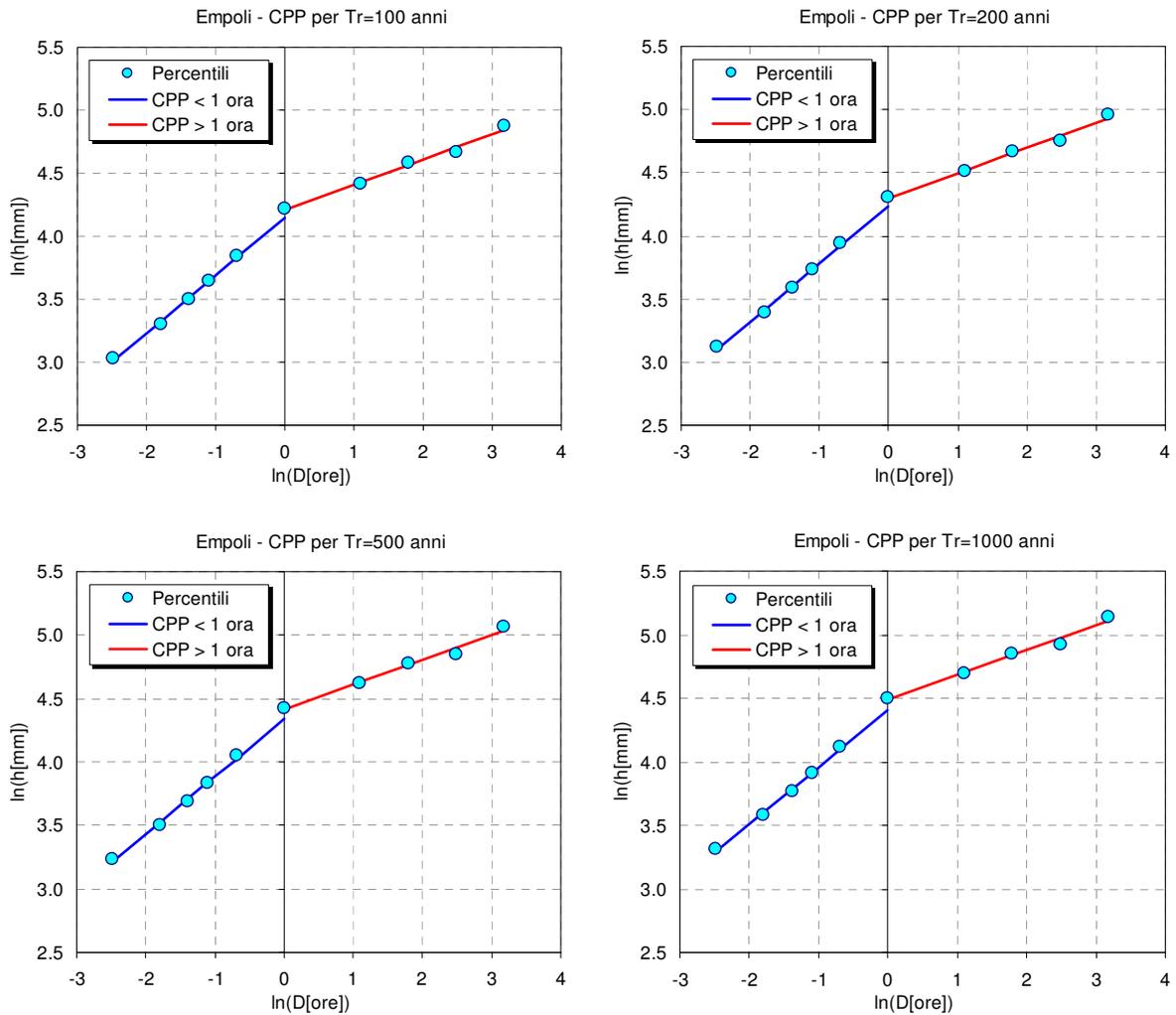


Figura 5-2 - Curve di possibilità pluviometrica calcolate per durate inferiori e superiori all'ora relative ai tempi di ritorno di 100, 200, 500, e 1000 anni

Nella Figura 5-2 seguenti si riportano nel piano logaritmico le curve di possibilità pluviometrica calcolate per durate inferiori e superiori all'ora in funzione dei tempi di ritorno di 100,200,500 e 1000 anni.

5.1.2 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Seguendo le linee generali del metodo razionale, il picco dell'onda di piena viene raggiunto all'istante finale della pioggia, quando questa ha durata maggiore o uguale del tempo di corrivazione del bacino ed è di intensità costante. Per il calcolo del tempo di corrivazione, tempo teoricamente richiesto ad una goccia d'acqua per giungere dal punto più distante alla sezione di chiusura del bacino, si può ricorrere a più formule; nel presente studio è stata utilizzata formula di Giandotti secondo la quale il tempo di corrivazione, espresso in ore, può essere calcolato come:

$$T_c = \frac{(4A^{0.5} + 1.5L)}{0.8H^{0.5}} = 0.88 \text{ ore} = 53 \text{ minuti}$$

con:

- H = elevazione media sulla sezione di chiusura = 56.4m
- L = lunghezza asta principale = 0.97km
- A = area bacino imbrifero = 0.93km²

Si procede dunque al calcolo della pioggia netta o efficace, cioè della quantità di acqua che piove in un dato bacino nell'unità di tempo, priva della componente che filtra nel suolo:

$$p(t) = A_i(t)\varphi$$

con:

- $i(t) = h/t = at^{n-1}$ intensità di precipitazione;
- A = area bacino imbrifero;
- φ = coefficiente di deflusso.

Per la stima della pioggia netta si è assunto in via cautelativa che il coefficiente di deflusso φ fosse pari a 0.9.

La portata idrica alla sezione di chiusura del bacino è calcolata mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi di tipo lineare e stazionario, per il quale vale quindi il principio di sovrapposizione degli effetti. Nell'ipotesi dunque di linearità ed invarianza nel tempo dei fenomeni di ruscellamento superficiale, la portata di piena defluente attraverso la sezione di chiusura di un bacino $Q(t)$ è ottenibile come integrale di convoluzione su tutto il bacino della pioggia netta e dell'Idrogramma Unitario, secondo la seguente espressione:

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

$$\int_0^\infty U(t)dt = 1$$

in cui la funzione $U(t)$, caratterizzata da, è appunto l'Idrogramma Unitario del bacino. La forma di questo idrogramma è legata alla morfologia del bacino, alla sua rete idrografica, al tipo di uso del suolo e ad altri parametri caratteristici. Nel nostro caso l'idrogramma unitario è stato costruito sulla base di relazioni empiriche, scegliendo una forma triangolare simmetrica avente come tempo di base t_b il tempo di corrivazione T_c calcolato con il metodo di Giandotti, da cui si ha come conseguenza l'ordinata al colmo pari a $U = 2/T_c$.

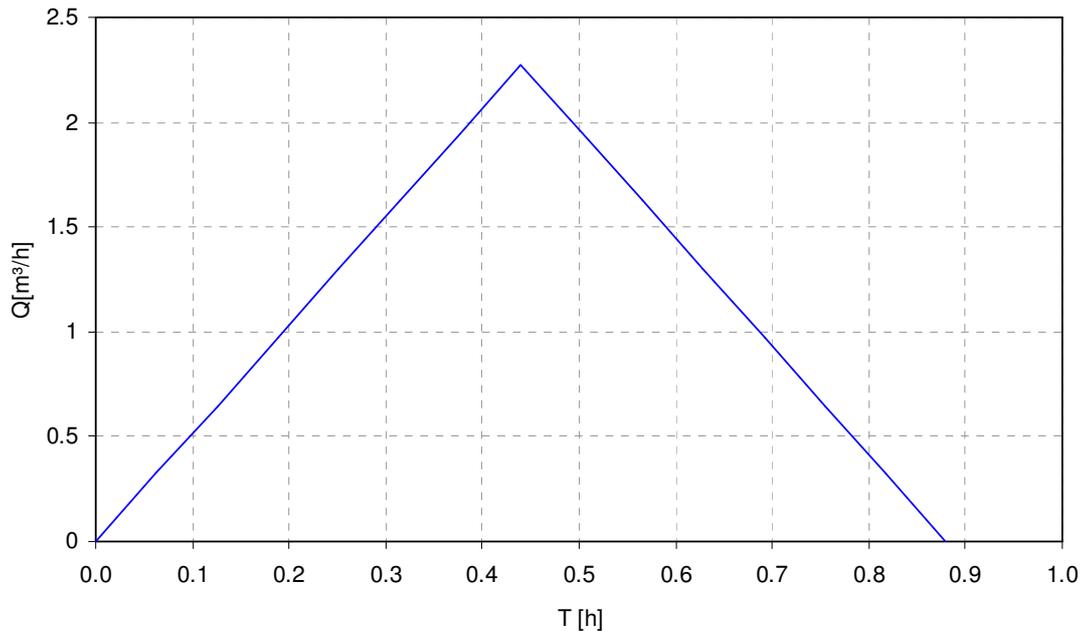


Figura 5-3 - L'idrogramma istantaneo unitario di forma triangolare

Nella Figura 5-4 si riporta l'idrogramma di piena calcolato per i tempi di ritorno di 100, 200, 500 e 1000 anni. Come durata della precipitazione è stato utilizzato il tempo di corrivazione del bacino precedentemente stimato, pari a 0.88h.

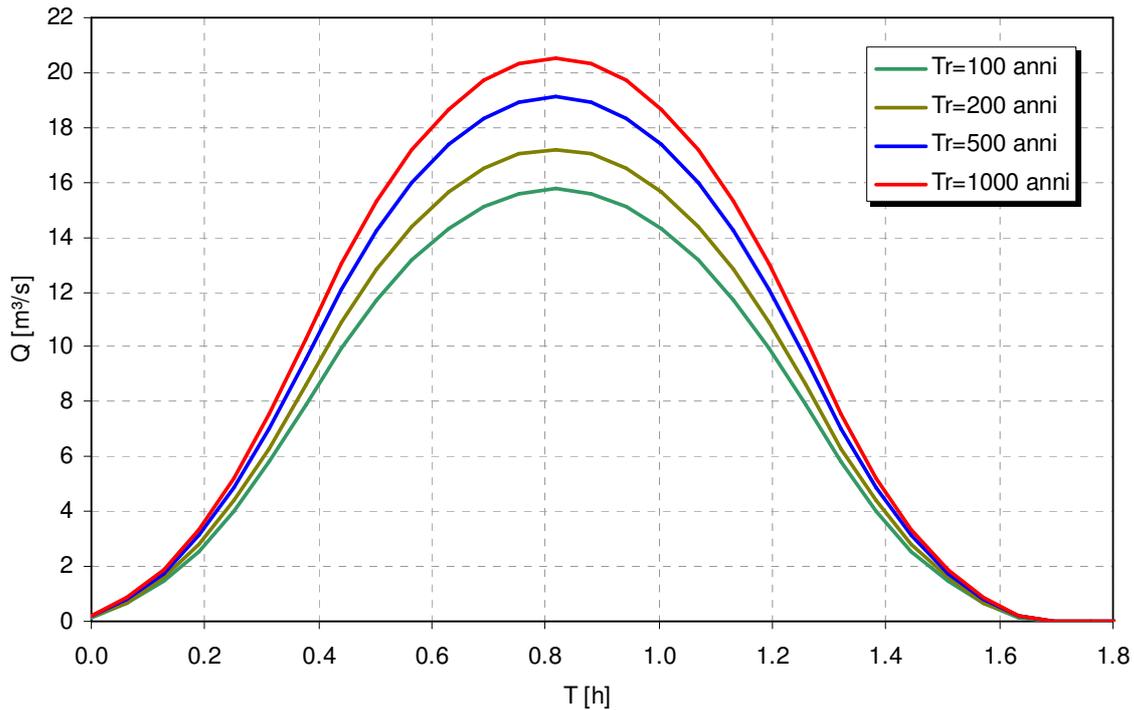


Figura 5-4 – Idrogrammi di piena – Tempi di ritorno di 100, 200, 500 e 1000 anni

Nella tabella seguente si riportano i valori della portata al colmo per ciascun tempo di ritorno.

Tempo di ritorno [anni]	Q max [m³/s]
100	15.75
200	17.20
500	19.11
1000	20.56

Tabella 5-7 – Portate al colmo in funzione dei tempi di ritorno

Le portate afferenti al lago calcolate nel presente progetto risultano inferiori rispetto a quelle calcolate per nel progetto del marzo 2001. Tale differenza è dovuta alle diverse linee segnalatrici di possibilità pluviometrica utilizzate. In tal senso si fa osservare che la base statistica utilizzata per la presente analisi va dal 1928 al 2005 per 65 anni contro quella utilizzata nel progetto del 2001 che andava dal 1942 al 1987 per 44 anni.

5.2 ANALISI IDRAULICHE

5.2.1 VERIFICA DEL FRANCO DI SICUREZZA

La verifica idraulica è stata finalizzata a valutare la portata evacuata dallo scarico di superficie e il franco di sicurezza per l'evento con tempo di ritorno di 1000 anni con una limitazione permanente di invaso di 62.0 m s.l.m..

Sono state pertanto effettuate varie simulazioni variando la durata dell'evento meteorico associato al tempo di ritorno di 1000 anni e valutando l'effetto della laminazione dell'invaso.

Gli idrogrammi in ingresso all'invaso, ottenuti utilizzando durate dell'evento meteorico multiple del tempo di corrivazione del bacino, sono riportati nella figura seguente.

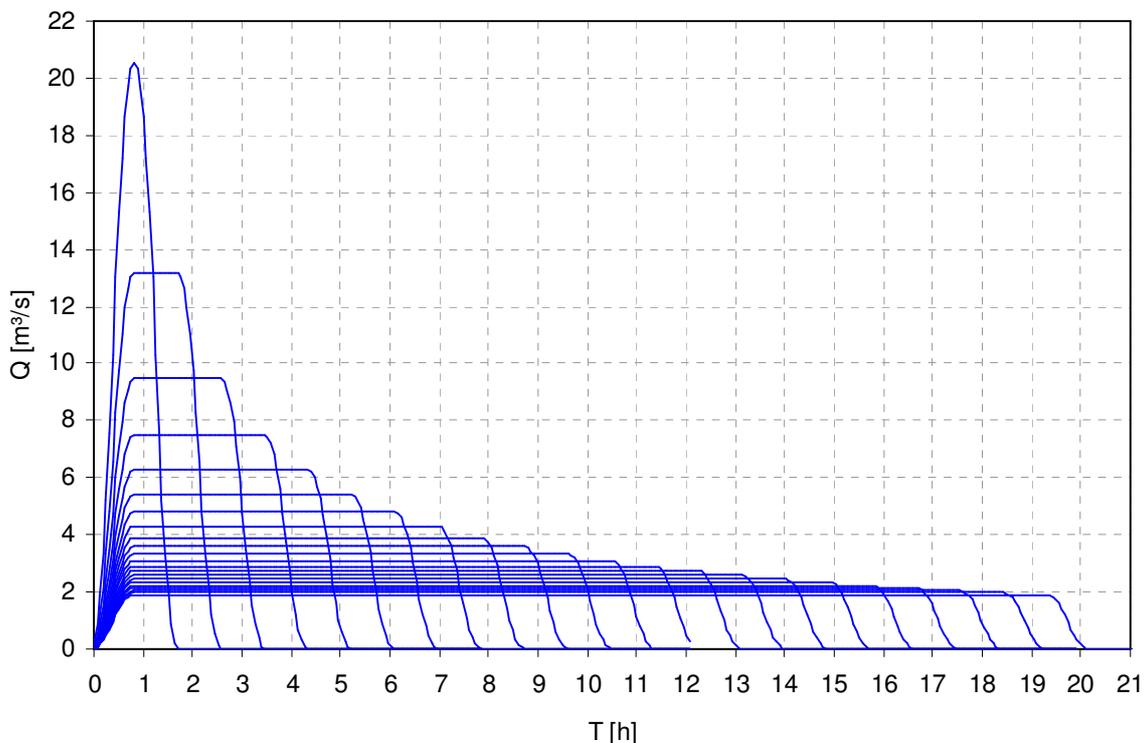


Figura 5-5 – Idrogrammi con $T_r=1000$ anni ottenuti al variare della durata dell'evento meteorico

Per tenere in considerazione l'effetto di laminazione esercitato dall'invaso sugli idrogrammi in ingresso, la variazione dei livelli idrometrici nel tempo è stata calcolata effettuando un bilancio ad istanti successivi fra volumi entranti, invasati e fuoriusciti. A tale scopo è necessario conoscere la relazione che lega l'altezza di acqua presente nell'invaso al volume invasato. Sulla scorta dei dati del rilievo topografico e batimetrico effettuato nel 1995 a sostegno della progettazione esecutiva per la ristrutturazione dell'invaso di Sammontana è stato possibile aggiornare la curva dell'invaso rispetto a quella nota dagli elaborati progettuali redatti dall'Ing. Guelfo Della Gherardesca nel 1959. Si osserva che il rilievo del settembre 2007 non ha modificato la curva al disopra della quota 62.0 m s.l.m. I parametri caratteristici della curva sono riportati nella tabella seguente.

a	1700
h₀	55,15
b	1,76

Tabella 5-8 – Parametri della curva di invaso desunta dal rilievo del 1995

La simulazione della laminazione è stata fatta dunque utilizzando la seguente curva altezze-volumi:

$$V[\text{m}^3] = 1700(H [\text{m s.l.m.}] - 55.15 [\text{m s.l.m.}])^{1.76}$$

calcolando la variazione dei livelli idrometrici nel tempo dovuta agli apporti in volume dell'idrogramma di piena in ingresso. La curva di invaso utilizzata è rappresentata nella figura seguente.

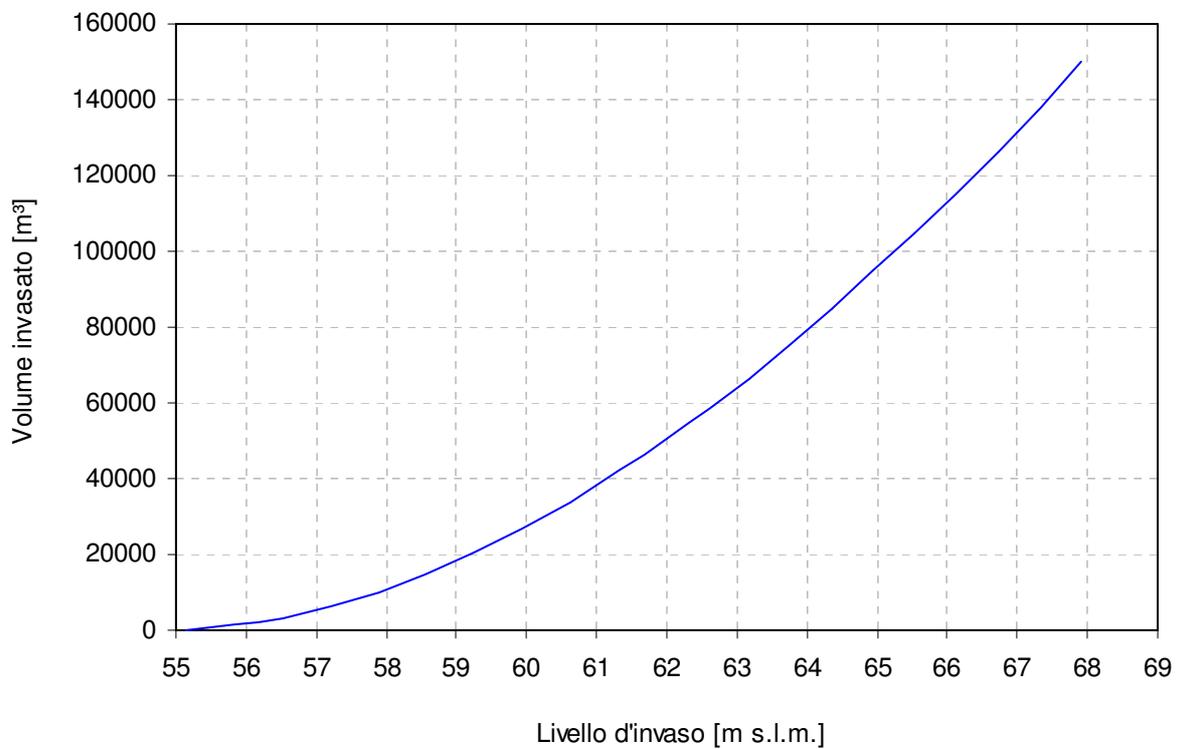


Figura 5-6 – Curva volumi-altezze caratteristica dell'invaso

Il calcolo delle portate sfiorate in funzione delle altezze idrometriche nel lago è stato condotto utilizzando una scala di deflusso sulla soglia del tipo:

$$Q = a(H - H_0)^b$$

dove:

$$a = 8.29$$

$$H_0 = 67.9 \text{ m s.l.m.};$$

$$b = 1.56.$$

La soglia di sfioro si trova ad una quota di 67,90m s.l.m. Il livello idrometrico iniziale è stato fatto coincidere con la quota imposta dalla limitazione di invaso, pari a 62m s.l.m..

Nella simulazione numerica, in accordo alle modalità di scarico previste dal D.M. 24/03/1982, la portata è stata evacuata unicamente utilizzando lo scarico di superficie. E' stato dunque ignorato il contributo dello scaricatore di fondo.

La massima portata evacuata si verificò in un evento meteorico di durata $13T_c=11,44$ ore e risulta pari a $2,39 \text{ m}^3/\text{s}$ con un livello idrometrico nell'invaso di 68,35 m s.l.m. (0,45m rispetto alla soglia di sfioro posta a 67.90m s.l.m.) e corrisponde ad un franco di 1,55 m.

I risultati delle simulazioni sono sintetizzati nella Figura 5-7 seguenti dove si riportano per ogni durata di precipitazione esaminata le grandezze di maggiore interesse.

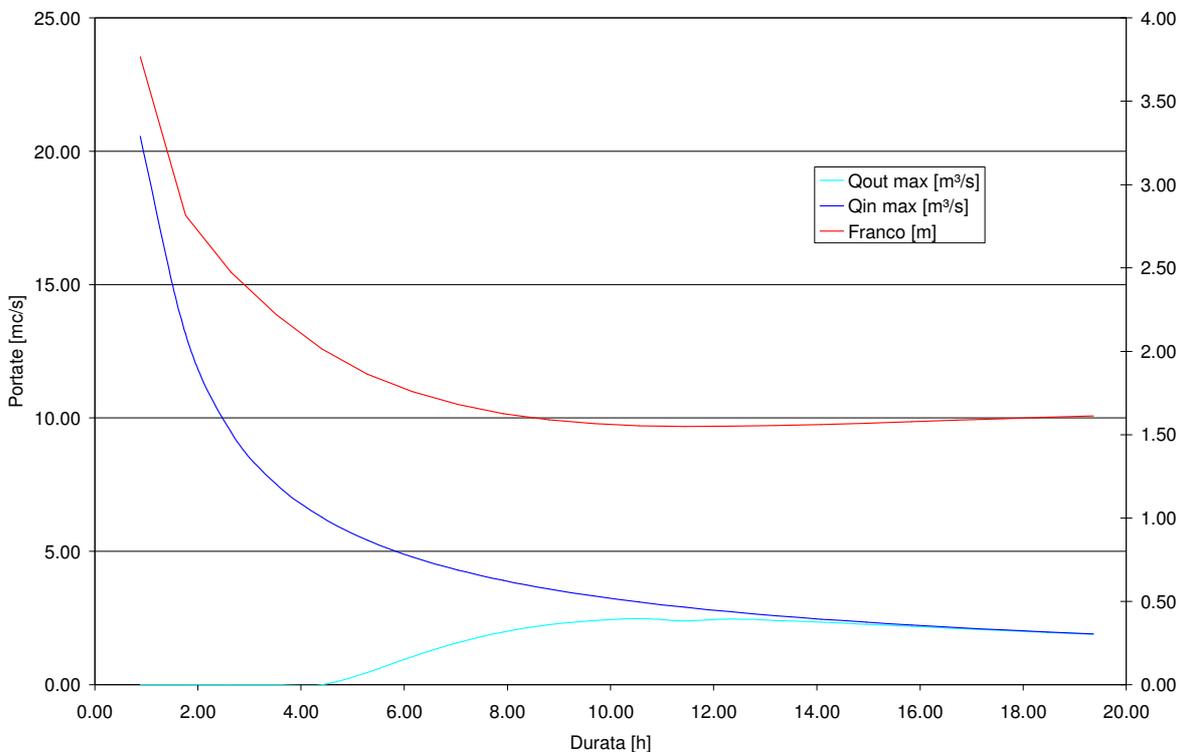


Figura 5-7 – Simulazioni per $T_r=1000$ anni

Nella Figura 5-8 si riporta il risultato della simulazione che ha fornito il valore massimo della portata sfiorata dall'invaso. Si osservi che al termine dell'evento pluviometrico è stata simulata l'apertura dello scarico di fondo e l'innescò del sifone per riportare la diga alla quota di 62 m s.l.m., quota che viene raggiunta circa 5 giorni dopo l'inizio dell'evento.

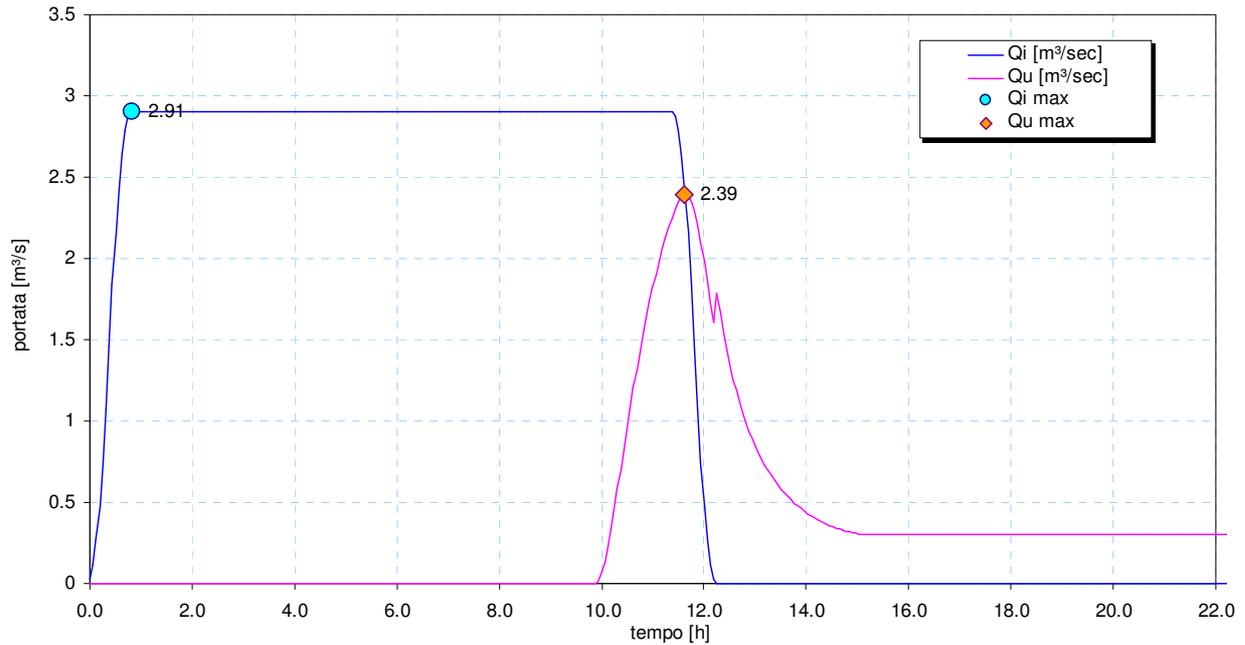


Figura 5-8 – Individuazione dell'idrogramma di piena laminato più gravoso (Tr=1000 anni)

Si osserva che il franco di sicurezza che si ottiene nella presente simulazione è praticamente identico a quello previsto nel progetto “Interventi di adeguamento della diga di Sammontana – Maggio 2001” approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001 pari a 1.54 m che si otteneva con la realizzazione di un muro frangonde sul lato di monte del coronamento.

5.2.2 VERIFICA DEL CANALE FUGATORE E DALLA VASCA DI DISSIPAZIONE

La verifica del canale fugatore è stata condotta nello stato di progetto con la portata con tempo di ritorno 1000 anni. Nella Tavola 3 sono riportate le sezioni e il profilo del canale fugatore nello stato di progetto.

La verifica idraulica del canale fugatore ha consentito anche di valutare la scala di deflusso con la quale sono state condotte le simulazioni della capacità di laminazione dell'invaso e della portata evacuata dallo sfioratore di superficie.

Il deflusso delle portate all'interno del canale fugatore è stato studiato attraverso un modello numerico in moto permanente, in grado di fornire i livelli idrometrici e le principali grandezze idrauliche nelle sezioni utilizzate nella simulazione.

Lo stato di progetto è stato simulato mediante 14 sezioni dalla sezione CAO_010 alla sezione CAN_140.

5.2.3 DESCRIZIONE MODELLO NUMERICO

Il modello integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione di moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -J - \frac{\partial(Q/gA)}{\partial t}$$

dove:

Q = portata liquida [mc/s]
 A = area della sezione liquida [m²]
 H = carico totale della corrente [m]
 J = perdite distribuite [m/m]
 g = accelerazione di gravità [m/s²]
 x = ascissa corrente [m]
 t = tempo [s]

Le equazioni di moto e di continuità, per il caso di moto permanente si riducono alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -J$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta ricorrendo alla schematizzazione delle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = c R^{2/3} J^{1/2}$$

dove:

- U = velocità media della corrente = Q/A [m/s]
- R = raggio idraulico della corrente [m]
- c = coefficiente di Gauckler-Strickler [s/m^{1/3}]

Per quanto riguarda le perdite concentrate, queste sono state computate, nei tratti ove si verificano, proporzionalmente al carico di velocità, secondo l'espressione:

$$dH = \xi \Delta(U^2/2g)$$

dove ξ può variare in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione, etc.). In questo caso sono stati utilizzati i seguenti coefficienti:

- restringimento: 0.1
- allargamento: 0.2

5.2.4 VERIFICHE IDRAULICHE

Il calcolo dei profili idrometrici è stato fatto assumendo che il moto della corrente potesse avvenire in corrente lenta o veloce.

Sono stati simulati lo stato attuale e di progetto con la portata di 2.93 mc/s corrispondente all'evento con tempo di ritorno 100 anni.

I profili idrometrici e le sezioni dello stato di progetto sono stati ricostruiti graficamente nelle Tavole 3. I tabulati numerici sono riportate in Appendice B sia delle verifiche condotte per la valutazione della scala di deflusso che quelle con la portata millenaria.

La scabrezza del canale è stata stimata uniformemente pari a $40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, dal momento che le pareti del canale fugatore sono in calcestruzzo in buone condizioni.

5.2.5 RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE

I profili idraulici studiati subiscono immediatamente un brusco abbassamento in corrispondenza della sezione CAO_020.

Il carico statico del serbatoio si trasforma parzialmente in carico cinetico con conseguente abbassamento del livello idrometrico.

I livelli idrometrici si abbassano ulteriormente verso valle a causa della forte pendenza del canale fugatore.

Il franco di sicurezza del canale con la portata di 2.93 mc/s è di circa 0.80 m sempre maggiore dei 0.70 m previsti nel progetto "Interventi di adeguamento della diga di Sammontana – Maggio 2001" approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001.

Nello stato di progetto la vasca di dissipazione è in grado di rallentare la corrente. Il franco nella vasca di dissipazione è di circa 0.80 m.

5.2.6 DIMENSIONAMENTO DEL SIFONE DI SCARICO

Il sifone di scarico previsto all'interno del canale fugatore avrà una capacità di scarico confrotabile con lo scarico di fondo.

Nella Figura 5-9 si riporta il grafico delle portate evacuate in funzione dei livelli nel lago.

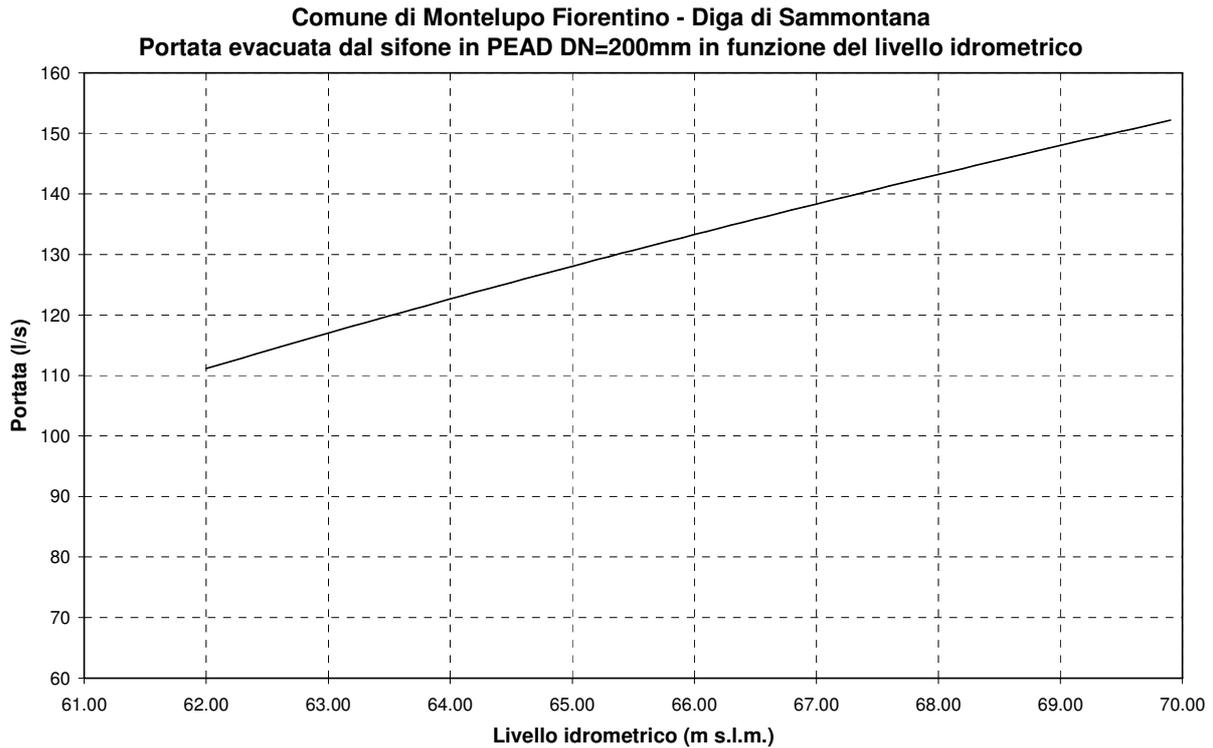


Figura 5-9 – Portate evacuate dal sifone

Nella Figura 5-10 si riporta il grafico del tempo di svuotamento del lago con il sifone e lo scarico di fondo attivi. Il tempo di svuotamento a partire dalla quota di massima ritenuta è di circa 9 giorni, incirca 5 giorni si scende al disotto della limitazione di invaso .

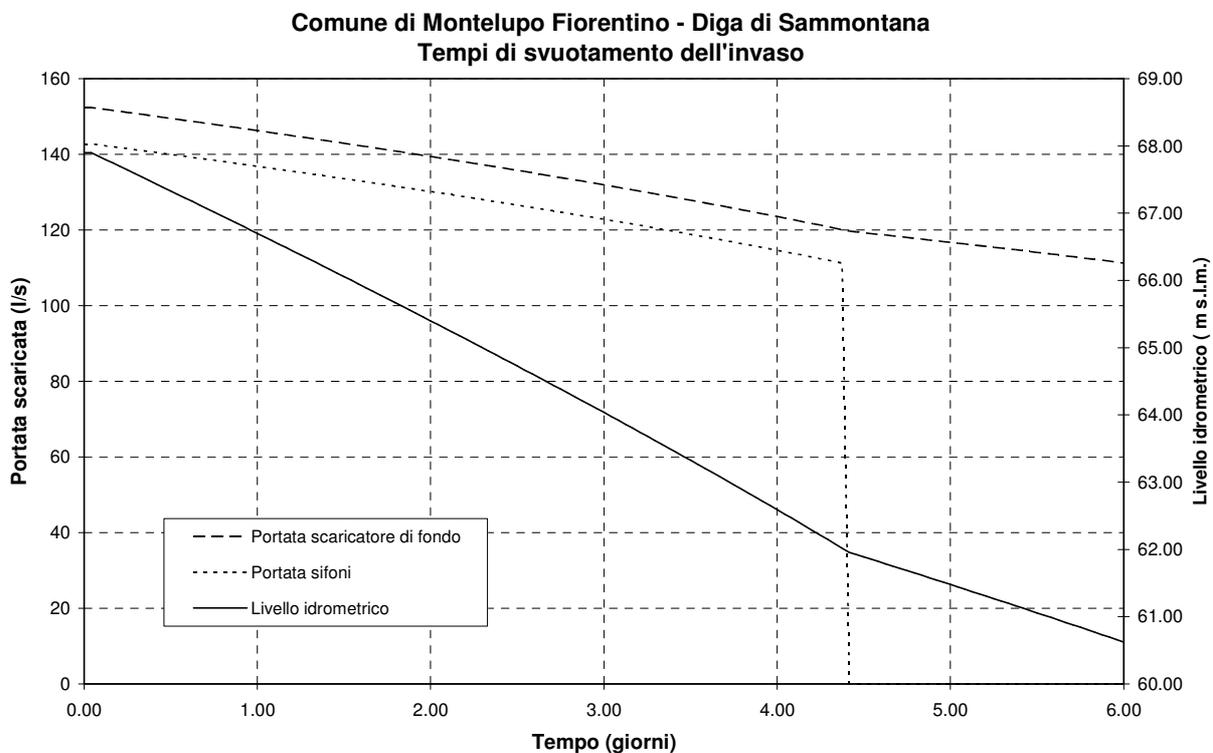


Figura 5-10 – Tempi di svuotamento del lago

5.3 VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche di stabilità sono state condotte con il DM 24 Marzo 1982 “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento”.

Per le azioni sismiche si è fatto riferimento al DM 14 gennaio 2008 e in particolare al capitolo 7.11.3.5. “Stabilità dei pendii”.

5.3.1 PROFILO DELLA FALDA FREATICA

La determinazione della superficie freatica all'interno del corpo diga è stata effettuata assumendo i seguenti livelli idrometrici all'interno dell'invaso derivanti dalle analisi condotte sullo sfioratore (Figura 5-11).

La ricostruzione del profilo è stata eseguita adottando le ipotesi di Casagrande per la risoluzione dell'equazione del moto di filtrazione, semplificata con le ipotesi di Dupuit per la valutazione del profilo a regime e un modello di filtrazione in moto vario per simulare le condizioni di piena.

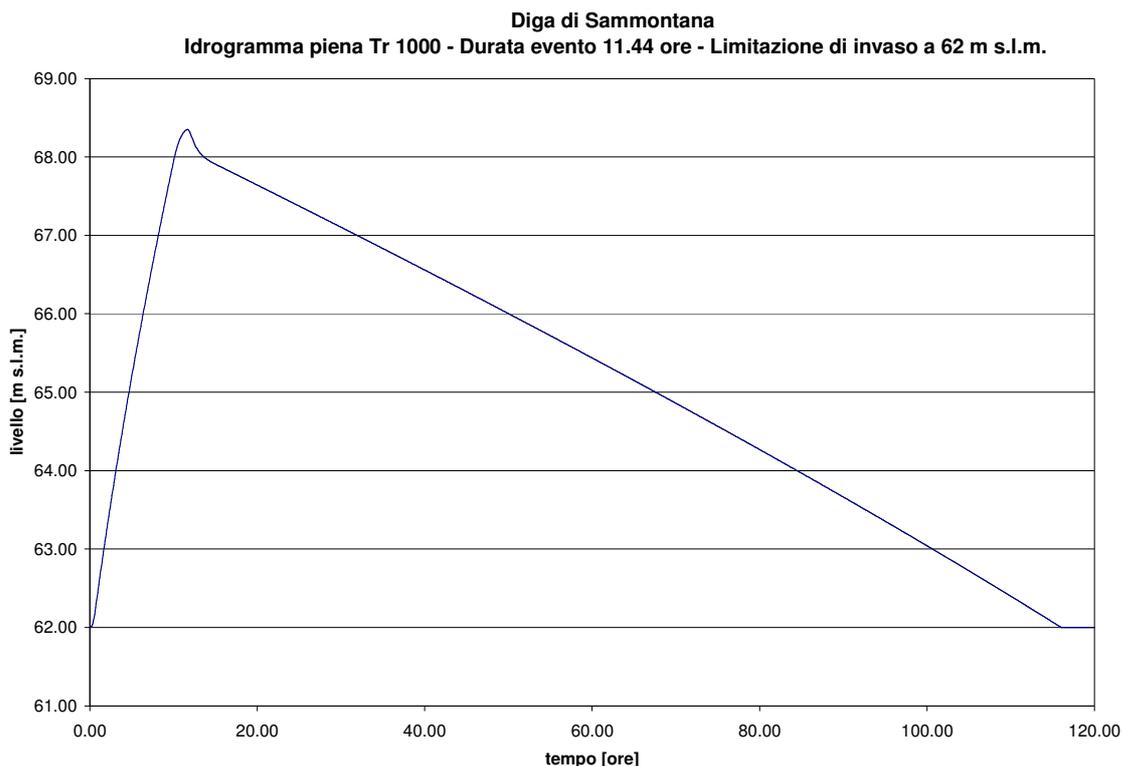


Figura 5-11 – Idrogramma di piena evento Tr 1000 anni

Il profilo in condizioni stazionarie all'interno della diga è stato assunto di forma parabolica secondo le ipotesi di Casagrande. La base della diga è stata assunta alla quota di 51.215 m s.l.m.. Il dreno di valle è stato assunto come da progetto esteso per 12.5 m dall'unghia di valle. La parabola intercetta il dreno a 12.05 m dall'unghia di valle.

Il transitorio in occasione dell'evento di progetto è stato schematizzato ipotizzando una permeabilità del corpo diga e del terreno di fondazione di 1×10^{-6} m/s e una porosità di 0.3 (Figura 5-12).

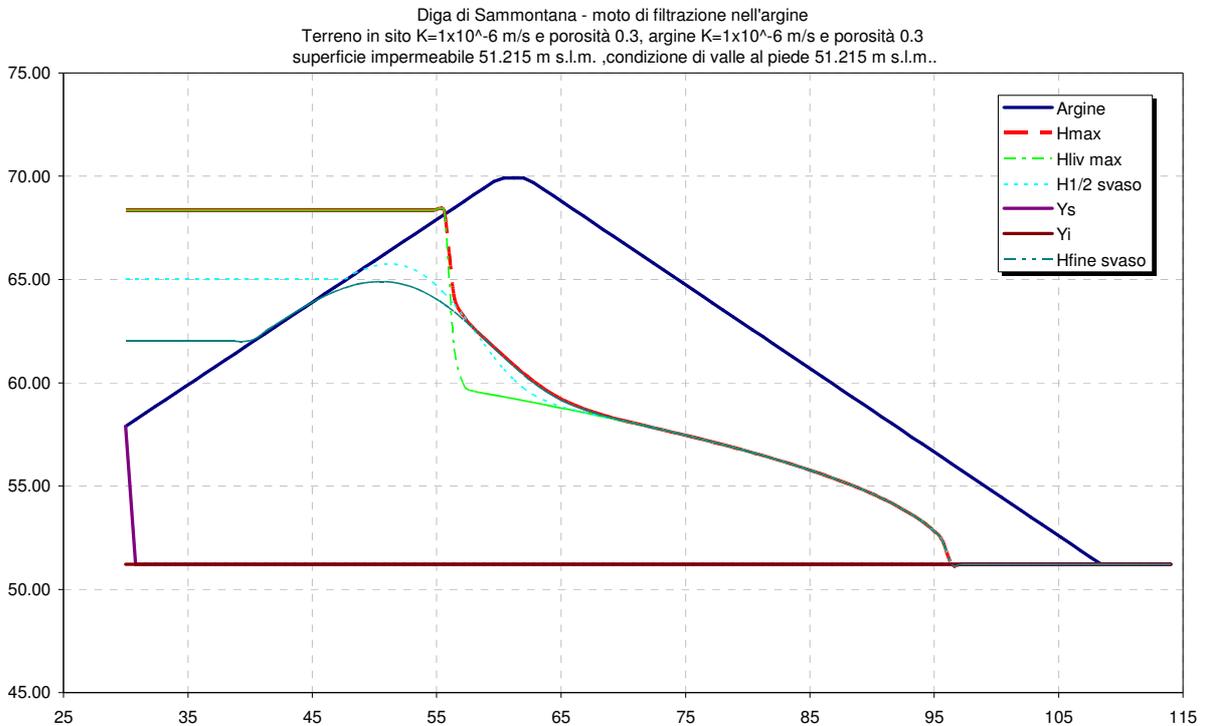


Figura 5-12 – Moto di filtrazione nell'argine

5.3.2 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI E PARAMETRI GEOTECNICI

Sono stati utilizzati i parametri del progetto “Interventi di adeguamento della diga di Sammontana – Maggio 2001” approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001 come definiti nelle relazioni sulle indagini geotecniche a cura del Dott. Franco Ceccarini.

Si riportano in Tabella 5-9 e in Tabella 5-10 la sintesi dei principali parametri geotecnici relativi alla diga nel suo stato attuale:.

Strato	Peso saturo (t/m^3)	Coesione (t/m^2)	Angolo di attrito	Quote [m s.l.m.]
1	2.00	0.30	28°	69.7 – 66.1
2	2.10	0.00	28°	66.1 – 63.9
3	2.10	0.30	28°	63.9 – 56.6

4	2.10	0.00	33°	> 56.6
5	2.1	0.00	35°	Rinfianco

Tabella 5-9 – Parametri in termini di tensioni efficaci

Strato	Peso saturo (t/m ³)	Coesione (t/m ²)	Angolo di attrito	Quote [m s.l.m.]
1	2.00	7.90	0°	69.7 – 66.1
2	2.10	3.70	0°	66.1 – 63.9
3	2.10	7.90	0°	63.9 – 56.6
4	2.10	0.00	33°	> 56.6
5	2.10	0.00	35°	Rinfianco

Tabella 5-10 – Parametri in termini di tensioni totali

5.3.3 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ

Per la configurazione di progetto sono state condotte le verifiche di stabilità previste dalla normativa (DM 24 Marzo 1982), introducendo gli interventi apportati alla geometria del rilevato.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando grandezze geometriche medie per ciò che riguarda le pendenze e la larghezza del coronamento, mentre è stata assunta un'altezza dell'opera pari a quella massima:

20.20 m	Altezza del rilevato
1:2.50	Pendenza del paramento di monte
1:2.15	Pendenza del paramento di valle
3.50 m	Larghezza del coronamento
10.20 m	Sommità gradonata
6.00 m	Larghezza banca

Nella Figura 5-13 si riporta uno schema della diga con la stratificazione dei terreni e la linea di filtrazione.

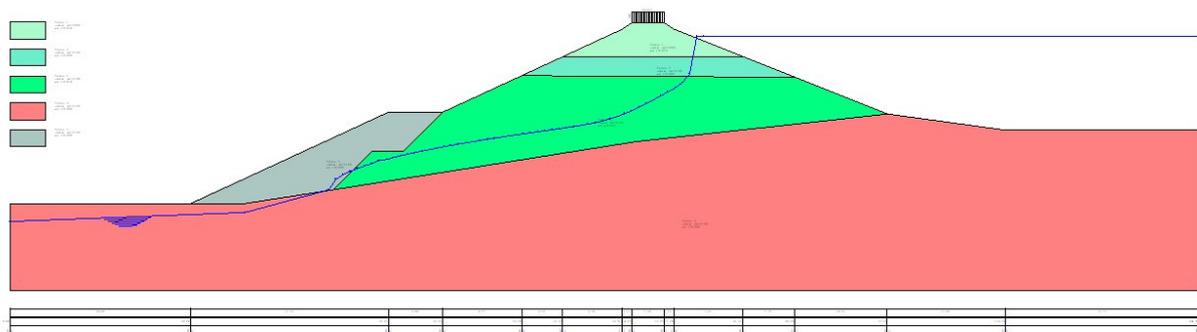


Figura 5-13 – Corpo diga nello stato di progetto

Come previsto dalla normativa vigente (D.M. 24/03/82) le verifiche sono state eseguite per entrambi i paramenti di monte e di valle sia in termini di tensioni efficaci a lungo termine (CIU), che in termini di tensioni totali in presenza di sisma e di svasso rapido dell'invaso (UU).

Le verifiche sismiche sono state condotte con il metodo pseudo-statico tenendo conto delle forze sismiche agenti sulle masse dei materiali e dell'acqua in essi interclusa, supponendo che l'azione dinamica dell'acqua dell'invaso sia applicata sul paramento di monte. E' stato inoltre considerato un carico accidentale sul coronamento di 1000kg/mq.

Sono state quindi calcolate le azioni orizzontali delle masse strutturali sottoposte a sisma attraverso la relazione $F_o = k_h W$ dove $K_h = 5.06\%$ e W è il peso del materiale. È stata considerata anche l'azione di una forza sismica verticale di intensità pari alla precedente e di verso sia positivo che negativo. Gli elaborati ed i coefficienti di sicurezza riportati di seguito tengono conto di una direzione della forza sismica verticale dall'alto verso il basso, che è risultato il più penalizzante per le prove effettuate.

Il parametro K_h è stato calcolato in riferimento al DM 14 gennaio 2008 assumendo un'avita nominale $V_n = 50$ (opera ordinaria) e classe d'uso III (dighe rilevanti) per ottenere un $V_r = 75$ anni. E' stata assunta in via cautelativa una classe di sottosuolo C e una categoria topografica T1.

Nella Tabella 5-11 si riportano i risultati dei coefficienti di sicurezza e quelli previsti dalla normativa vigente (D.M. 24/03/82).

PROVA	Coefficiente di sicurezza Calcolato	Coefficiente di sicurezza (D.M. 24/03/82)
Par. di valle CIU – Tensioni efficaci	1.42	1.40
Par. di valle UU – Tensioni totali - sisma	1.43	1.20
Par. di monte CIU – Tensioni efficaci	1.81	1.40
Par. di monte UU – Tensioni totali - sisma	4.32	1.20
Par. di monte UU – Tensioni totali - svasso	2.41	1.20
Par. di monte UU – Tensioni totali - svasso e sisma	2.12	-

Tabella 5-11 – Coefficienti di sicurezza calcolati e previsti dalla normativa vigente (corpo diga)

In definitiva l'intervento di rinfiacco al piede della diga permette aumentare le condizioni di sicurezza alla stabilità del rilevato. L'angolo di attrito di 35° permette inoltre di mantenere le pendenze del rinfiacco contenute nei valori dell'esistente paramento di valle.

Appendice A – Documentazione fotografica



Fig. 1: Vista del paramento di monte



Fig. 2: Vista del paramento di valle



Fig. 3: Vista dal coronamento verso valle



Fig. 4: Vista del lago dal coronamento



Fig. 5: Vista del coronamento dalla soglia di sfioro



Fig. 6: Canale fuggatore (vista monte-valle)



Fig. 7: Soglia di sfioro (vista monte-valle)



Fig. 8: Sbocco del canale fuggatore



Fig. 9: Dettaglio della sponda destra del lago



Fig. 10: vista del lago dalla passerella sull'affluente



Fig. 11: vista del lago dal guado sul Rio di Sammontana



Fig. 12: dettaglio della sponda sinistra del lago



Fig. 13: pozzetto di manovra dello scarico di fondo della diga e tubazione di derivazione per fini irrigui



Fig. 14: pilastro di misura sul coronamento della diga



Fig. 15: altro pilastro di misura sul coronamento della diga



Fig. 16: sifoni sul paramento di valle

Appendice B – Tabulati delle verifiche idrauliche

Elaborazioni per i calcolo della scala di deflusso sullo sfioratore

Passo	1.00																						
Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmq]	At[dmq]	R[m]	C2	beta	alfa
CAO	CAO_010	0.00	1.00	0.00	68.15	0.25	0.56	L	0.37	68.17	0.02	0.26	0.23	7.80	7.80	8.22	0.12	0.18	0.18	0.22	97.55	1.00	1.00
CAO	CAO_020	2.63	1.00	0.00	68.09	0.19	1.12	L	0.90	68.15	0.06	0.19	0.16	5.55	5.55	5.82	0.08	0.09	0.09	0.15	85.92	1.00	1.00
CAO	CAO_030	12.72	1.00	0.00	67.96	0.28	1.25	V	1.00	68.04	0.08	0.20	0.16	5.05	5.05	5.18	0.09	0.08	0.08	0.15	86.61	1.00	1.00
CAO	CAO_040	17.33	1.00	0.00	67.59	0.18	2.20	V	2.36	67.83	0.25	0.25	0.09	5.17	5.17	5.30	0.05	0.05	0.05	0.09	68.65	1.00	1.00
CAO	CAO_050	22.86	1.00	0.00	66.98	0.19	2.51	V	2.72	67.30	0.32	0.28	0.09	4.57	4.57	4.65	0.06	0.04	0.04	0.09	71.07	1.00	1.00
CAO	CAO_055	26.04	1.00	0.00	66.62	0.19	2.56	V	2.80	66.95	0.33	0.28	0.09	4.57	4.57	4.65	0.05	0.04	0.04	0.08	70.71	1.00	1.00
CAO	CAO_060	32.31	1.00	0.00	65.94	0.22	2.68	V	2.64	66.31	0.37	0.30	0.11	3.54	3.54	3.58	0.07	0.04	0.04	0.10	76.22	1.00	1.00
CAO	CAO_070	52.76	1.00	0.00	62.95	0.17	3.51	V	3.56	63.57	0.63	0.37	0.10	2.87	2.87	2.97	0.06	0.03	0.03	0.10	73.33	1.00	1.00
CAO	CAO_080	67.49	1.00	0.00	59.47	0.12	3.92	V	4.19	60.26	0.78	0.41	0.09	2.87	2.87	3.05	0.05	0.03	0.03	0.08	68.29	1.00	1.00
Passo	2.00																						
Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmq]	At[dmq]	R[m]	C2	beta	alfa
CAO	CAO_010	0.00	2.00	0.00	68.27	0.37	0.73	L	0.39	68.30	0.03	0.64	0.35	7.80	7.80	8.47	0.18	0.28	0.28	0.33	111.38	1.00	1.00
CAO	CAO_020	2.63	2.00	0.00	68.17	0.27	1.44	L	0.92	68.28	0.11	0.47	0.25	5.55	5.55	6.00	0.13	0.14	0.14	0.23	99.18	1.00	1.00
CAO	CAO_030	12.72	2.00	0.00	68.05	0.38	1.57	*	1.00	68.18	0.13	0.49	0.25	5.05	5.05	5.37	0.13	0.13	0.13	0.24	100.45	1.00	1.00
CAO	CAO_040	17.33	2.00	0.00	67.64	0.23	2.67	V	2.24	68.01	0.36	0.60	0.14	5.17	5.17	5.42	0.08	0.07	0.07	0.14	83.62	1.00	1.00
CAO	CAO_050	22.86	2.00	0.00	67.03	0.24	3.20	V	2.76	67.55	0.52	0.70	0.14	4.57	4.57	4.75	0.08	0.06	0.06	0.13	81.33	1.00	1.00
CAO	CAO_055	26.04	2.00	0.00	66.67	0.24	3.30	V	2.89	67.22	0.55	0.72	0.13	4.57	4.57	4.74	0.07	0.06	0.06	0.13	80.48	1.00	1.00
CAO	CAO_060	32.31	2.00	0.00	66.00	0.28	3.42	V	2.74	66.59	0.60	0.75	0.16	3.70	3.70	3.83	0.09	0.06	0.06	0.15	85.95	1.00	1.00
CAO	CAO_070	52.76	2.00	0.00	63.00	0.23	4.45	V	3.59	64.01	1.01	0.95	0.16	2.87	2.87	3.09	0.08	0.04	0.04	0.15	85.18	1.00	1.00
CAO	CAO_080	67.49	2.00	0.00	59.52	0.16	5.12	V	4.42	60.85	1.33	1.07	0.14	2.87	2.87	3.14	0.07	0.04	0.04	0.12	80.47	1.00	1.00
Passo	3.00																						
Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmq]	At[dmq]	R[m]	C2	beta	alfa
CAO	CAO_010	0.00	5.00	0.00	68.56	0.66	1.01	L	0.40	68.61	0.05	2.09	0.64	7.80	7.80	9.03	0.32	0.50	0.50	0.55	132.80	1.00	1.00
CAO	CAO_020	2.63	5.00	0.00	68.41	0.51	1.86	L	0.85	68.59	0.18	1.60	0.48	5.55	5.55	6.47	0.24	0.27	0.27	0.42	120.98	1.00	1.00
CAO	CAO_030	12.72	5.00	0.00	68.26	0.59	2.13	*	1.00	68.50	0.23	1.64	0.46	5.05	5.05	5.79	0.24	0.23	0.23	0.40	119.97	1.00	1.00
CAO	CAO_040	17.33	5.00	0.00	67.79	0.38	3.33	V	1.98	68.36	0.57	1.92	0.29	5.17	5.17	5.71	0.15	0.15	0.15	0.26	103.60	1.00	1.00
CAO	CAO_050	22.86	5.00	0.00	67.16	0.37	4.11	V	2.54	68.02	0.86	2.26	0.27	4.57	4.57	5.01	0.14	0.12	0.12	0.24	101.24	1.00	1.00
CAO	CAO_055	26.04	5.00	0.00	66.78	0.36	4.38	V	2.80	67.76	0.98	2.38	0.25	4.57	4.57	4.98	0.13	0.11	0.11	0.23	99.07	1.00	1.00
CAO	CAO_060	32.31	5.00	0.00	66.13	0.41	4.64	V	2.74	67.23	1.10	2.53	0.29	3.70	3.70	4.10	0.15	0.11	0.11	0.26	103.79	1.00	1.00
CAO	CAO_070	52.76	5.00	0.00	63.14	0.36	5.94	V	3.50	64.94	1.80	3.15	0.29	2.87	2.87	3.36	0.15	0.08	0.08	0.25	102.05	1.00	1.00
CAO	CAO_080	67.49	5.00	0.00	59.64	0.28	6.96	V	4.44	62.10	2.47	3.64	0.25	2.87	2.87	3.37	0.13	0.07	0.07	0.21	96.58	1.00	1.00

Passo	4.00																						
Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmq]	At[dmq]	R[m]	C2	beta	alfa
CAO	CAO_010	0.00	10.00	0.00	68.93	1.03	1.26	L	0.40	69.02	0.08	5.30	1.01	7.80	7.80	9.79	0.51	0.79	0.79	0.81	151.11	1.00	1.00
CAO	CAO_020	2.63	10.00	0.00	68.74	0.84	2.20	L	0.78	68.99	0.25	4.11	0.82	5.55	5.55	7.14	0.41	0.45	0.45	0.64	139.58	1.00	1.00
CAO	CAO_030	12.72	10.00	0.00	68.54	0.86	2.69	*	1.00	68.91	0.37	4.12	0.74	5.05	5.05	6.33	0.37	0.37	0.37	0.59	135.82	1.00	1.00
CAO	CAO_040	17.33	10.00	0.00	67.99	0.58	3.92	V	1.78	68.78	0.78	4.63	0.49	5.17	5.17	6.11	0.25	0.25	0.25	0.42	121.10	1.00	1.00
CAO	CAO_050	22.86	10.00	0.00	67.35	0.57	4.78	V	2.25	68.52	1.16	5.35	0.46	4.57	4.57	5.39	0.23	0.21	0.21	0.39	118.33	1.00	1.00
CAO	CAO_055	26.04	10.00	0.00	66.96	0.53	5.16	V	2.53	68.31	1.36	5.67	0.42	4.57	4.57	5.33	0.21	0.19	0.19	0.36	115.73	1.00	1.00
CAO	CAO_060	32.31	10.00	0.00	66.33	0.61	5.53	V	2.52	67.89	1.56	6.08	0.49	3.70	3.70	4.49	0.25	0.18	0.18	0.40	119.82	1.00	1.00
CAO	CAO_070	52.76	10.00	0.00	63.33	0.56	7.15	V	3.27	65.94	2.61	7.63	0.49	2.87	2.87	3.75	0.25	0.14	0.14	0.37	116.83	1.00	1.00
CAO	CAO_080	67.49	10.00	0.00	59.80	0.44	8.48	V	4.23	63.46	3.67	8.89	0.41	2.87	2.87	3.69	0.21	0.12	0.12	0.32	110.82	1.00	1.00
Passo	5.00																						
Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmq]	At[dmq]	R[m]	C2	beta	alfa
CAO	CAO_010	0.00	15.00	0.00	69.26	1.36	1.44	L	0.40	69.36	0.11	9.17	1.34	7.80	7.80	10.44	0.67	1.04	1.04	1.00	162.25	1.00	1.00
CAO	CAO_020	2.63	15.00	0.00	69.03	1.13	2.44	L	0.74	69.34	0.30	7.14	1.11	5.55	5.55	7.71	0.55	0.61	0.61	0.80	150.43	1.00	1.00
CAO	CAO_030	12.72	15.00	0.00	68.77	1.09	3.08	*	1.00	69.25	0.48	7.07	0.97	5.05	5.05	6.79	0.48	0.49	0.49	0.72	145.27	1.00	1.00
CAO	CAO_040	17.33	15.00	0.00	68.17	0.76	4.32	V	1.68	69.12	0.95	7.77	0.67	5.17	5.17	6.47	0.34	0.35	0.35	0.54	131.79	1.00	1.00
CAO	CAO_050	22.86	15.00	0.00	67.53	0.74	5.17	V	2.07	68.89	1.36	8.83	0.63	4.57	4.57	5.75	0.32	0.29	0.29	0.50	129.18	1.00	1.00
CAO	CAO_055	26.04	15.00	0.00	67.12	0.69	5.60	V	2.33	68.72	1.60	9.35	0.59	4.57	4.57	5.65	0.29	0.27	0.27	0.47	126.45	1.00	1.00
CAO	CAO_060	32.31	15.00	0.00	66.52	0.80	6.01	V	2.33	68.35	1.84	10.04	0.68	3.70	3.70	4.86	0.34	0.25	0.25	0.51	129.93	1.00	1.00
CAO	CAO_070	52.76	15.00	0.00	63.52	0.74	7.81	V	3.04	66.62	3.10	12.58	0.67	2.87	2.87	4.11	0.34	0.19	0.19	0.47	125.89	1.00	1.00
CAO	CAO_080	67.49	15.00	0.00	59.95	0.59	9.33	V	3.98	64.38	4.44	14.72	0.56	2.87	2.87	3.99	0.28	0.16	0.16	0.40	119.82	1.00	1.00
Passo	6.00																						
Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmq]	At[dmq]	R[m]	C2	beta	alfa
CAO	CAO_010	0.00	20.00	0.00	69.55	1.65	1.57	L	0.39	69.68	0.13	13.58	1.63	7.80	7.80	11.02	0.82	1.27	1.27	1.15	170.22	1.00	1.00
CAO	CAO_020	2.63	20.00	0.00	69.29	1.39	2.63	L	0.72	69.65	0.35	10.57	1.37	5.55	5.55	8.24	0.68	0.76	0.76	0.92	157.94	1.00	1.00
CAO	CAO_030	12.72	20.00	0.00	68.97	1.30	3.39	*	1.00	69.55	0.58	10.37	1.17	5.05	5.05	7.20	0.59	0.59	0.59	0.82	151.89	1.00	1.00
CAO	CAO_040	17.33	20.00	0.00	68.33	0.92	4.63	V	1.62	69.43	1.09	11.25	0.83	5.17	5.17	6.80	0.42	0.43	0.43	0.64	139.47	1.00	1.00
CAO	CAO_050	22.86	20.00	0.00	67.70	0.91	5.46	V	1.95	69.22	1.52	12.61	0.80	4.57	4.57	6.08	0.40	0.37	0.37	0.60	137.00	1.00	1.00
CAO	CAO_055	26.04	20.00	0.00	67.28	0.85	5.90	V	2.18	69.05	1.77	13.28	0.74	4.57	4.57	5.96	0.37	0.34	0.34	0.57	134.45	1.00	1.00
CAO	CAO_060	32.31	20.00	0.00	66.70	0.98	6.30	V	2.17	68.72	2.03	14.22	0.86	3.70	3.70	5.23	0.43	0.32	0.32	0.61	137.36	1.00	1.00
CAO	CAO_070	52.76	20.00	0.00	63.69	0.92	8.24	V	2.86	67.15	3.46	17.82	0.85	2.87	2.87	4.47	0.42	0.24	0.24	0.54	132.43	1.00	1.00
CAO	CAO_080	67.49	20.00	0.00	60.09	0.73	9.90	V	3.77	65.09	5.00	20.90	0.70	2.87	2.87	4.28	0.35	0.20	0.20	0.47	126.32	1.00	1.00

Verifica dello stato di progetto

Tro	Sez	P[m]	q[mc/s]	s[mc/s]	h[m]	y[m]	V[m/s]	Cr	Fr	Et[m]	Ev[m]	Sp[t]	ym[m]	b[m]	bt[m]	B[m]	Pb[m]	A[dmg]	At[dmg]	R[m]	C2	beta	alfa
CAN	CAN_010	0.00	2.39	0.00	68.32	0.42	0.78	L	0.39	68.35	0.03	0.80	0.39	7.80	7.80	8.55	0.20	0.31	0.31	0.36	115.37	1.00	1.00
CAN	CAN_020	2.63	2.39	0.00	68.21	0.31	1.49	L	0.88	68.33	0.11	0.60	0.29	5.55	5.55	6.08	0.15	0.16	0.16	0.26	103.87	1.00	1.00
CAN	CAN_030	12.72	2.39	0.00	68.09	0.41	1.67	*	1.00	68.23	0.14	0.62	0.28	5.06	5.06	5.46	0.15	0.14	0.14	0.26	103.61	1.00	1.00
CAN	CAN_040	17.33	2.39	0.00	67.67	0.26	2.77	V	2.11	68.06	0.39	0.75	0.18	4.92	4.92	5.23	0.09	0.09	0.09	0.16	88.45	1.00	1.00
CAN	CAN_050	22.86	2.39	0.00	67.05	0.27	3.42	V	2.72	67.65	0.60	0.89	0.16	4.33	4.33	4.56	0.09	0.07	0.07	0.15	86.55	1.00	1.00
CAN	CAN_055	26.04	2.39	0.00	66.69	0.26	3.57	V	2.90	67.34	0.65	0.93	0.16	4.32	4.32	4.54	0.08	0.07	0.07	0.15	85.54	1.00	1.00
CAN	CAN_060	32.31	2.39	0.00	66.02	0.30	3.73	V	2.76	66.73	0.71	0.98	0.19	3.45	3.45	3.65	0.10	0.06	0.06	0.18	90.72	1.00	1.00
CAN	CAN_070	52.76	2.39	0.00	63.03	0.25	4.84	V	3.54	64.22	1.19	1.23	0.19	2.60	2.60	2.90	0.10	0.05	0.05	0.17	89.81	1.00	1.00
CAN	CAN_080	67.49	2.39	0.00	59.55	0.19	5.60	V	4.44	61.15	1.60	1.40	0.16	2.64	2.64	2.96	0.08	0.04	0.04	0.14	84.94	1.00	1.00
CAN	CAN_090	95.20	2.39	0.00	52.10	0.16	5.62	V	4.56	53.71	1.61	1.40	0.15	2.75	2.75	3.06	0.08	0.04	0.04	0.14	83.90	1.00	1.00
CAN	CAN_100	95.70	2.39	0.00	52.07	1.64	0.47	L	0.14	52.08	0.01	3.58	1.08	4.77	4.77	6.13	0.68	0.51	0.51	0.84	152.95	1.00	1.00
CAN	CAN_110	105.70	2.39	0.00	52.07	1.63	0.47	L	0.14	52.08	0.01	3.56	1.07	4.77	4.77	6.11	0.67	0.51	0.51	0.84	152.81	1.00	1.00
CAN	CAN_120	106.20	2.39	0.00	51.86	0.53	1.96	*	1.00	52.06	0.20	0.76	0.39	3.09	3.09	3.41	0.23	0.12	0.12	0.36	114.99	1.00	1.00
CAN	CAN_130	121.80	2.39	0.00	50.68	0.29	4.24	V	2.78	51.60	0.92	1.11	0.24	2.37	2.37	2.55	0.13	0.06	0.06	0.22	174.35	1.00	1.00
CAN	CAN_140	142.20	2.39	0.00	49.43	0.28	4.55	V	3.05	50.49	1.05	1.18	0.23	2.32	2.32	2.49	0.13	0.05	0.05	0.21	171.50	1.00	1.00