


INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA DIGA DROVE DI CEPPARELLO




Codice elaborato: ET17	Nome Elaborato: RELAZIONE MONITORAGGIO	Scala: -
		Data: 18/04/2019

Settore:  INGEGNERIE TOSCANI	Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488
<small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>	

PROGETTAZIONE :	COLLABORATORI :
PROGETTISTA - PROJECT MANAGER : ING MARIO CHIARUGI ING. MATTEO BETTI	DOTT. GEOL. CARLO FERRI DOTT. GEOL. ALESSANDRO AGNELLI PER. AGR. DAVIDE MORETTI GEOM. ANDREA BERNARDINI
GEOLOGO: DOTT. GEOL. NICOLA CEMPINI	
ESPROPRI: GEOM. ANDREA PATRIARCHI	

CONSULENTI TECNICI :	COMMESSA I.T. :
 PROGETTISTA OPERE IDRAULICHE E STRUTTURALI :ING. DAVID SETTESOLDI	INGT-TPLPD-ACQAC159

 ORDINE INGEGNERI <small>Provincia di Pisa</small> Don. Ing. MATTEO BETTI 2513	RESPONSABILE COMMITTENTE : GEOM. ALESSANDRO PIOLI
--	--

DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANI :	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :
ING. MARIO CHIARUGI	 ING. ROBERTO CECCHINI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
01	18 / 04 / 2019	Prima Emissione	Angelini	Settesoldi

PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1	Inquadramento geografico del territorio e ubicazione dell'invaso	5
2.2	Caratteristiche infrastrutturali	7
2.2.1	<i>Interventi di miglioramento previsti da progetto</i>	9
2.2.1.1	Caratteristiche principali degli scarichi	11
2.2.1.2	Accessi alla diga	12
3	SISTEMA DI MONITORAGGIO	13
3.1	Stazione metereologica e pluvio-idrometrica	14
3.2	Piezometri	15
3.3	Controllo perdite	16
3.4	Controllo degli spostamenti piano-altimetrici della struttura di sbarramento	17
3.5	Controllo scarico di fondo	19
3.6	Tolleranze tecniche di misura ammissibili previste	20
3.7	Eventi sismici significativi e azioni connesse	20
4	MONITORAGGI EFFETTUATI NEL PERIODO 2014-2018	22

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento dell’area di intervento	4
Figura 2 – Reticolo idrografico areale di intervento – Fonte Geoscopio Regione Toscana.....	7
Figura 3 – Stato attuale della Diga Drove di Cepparello.....	9
Figura 4 - Planimetria della Diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.....	12
Figura 5 - Sezione del nuovo scarico di fondo.....	12
Figura 6 – Esempio di stazione Metereologica.....	14
Figura 7 – Piezometro a tubo aperto (a sinistra) e Piezometro Casagrande (a destra)	15
Figura 8 – Caratteristiche tecniche piezometri. Fonte Pizzi Instruments.....	16
Figura 9 – Esempio dell’operazione di collimazione di un punto.....	17
Figura 10 – Collimatore ottico	18
Figura 11 – Caratteristiche tecniche collimatore. Fonte Pizzi Instruments.....	18

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Coordinate della linea mediana del coronamento	4
Tabella 2 - Dati caratteristici dello sbarramento allo stato attuale.....	8
Tabella 3 - Dati caratteristici del serbatoio allo stato attuale	8
Tabella 4 - Dati caratteristici dello sbarramento allo stato di progetto.....	11
Tabella 5 - Grandezze fisiche e strumentazione di misura.....	13
Tabella 6 – Tolleranze di misura ammissibili	20
Tabella 7 – Tempi di ripristino	20
Tabella 8 – Valori stimati per la curva $D=f(M)$	20
Tabella 9 – Report rilievo Temperatura dell’aria dal 01/01/2014 al 31/12/2018.....	23
Tabella 10 – Report rilievo Pluviometria (Pioggia e/o Neve) dal 01/01/2014 al 31/12/2018.....	24
Tabella 11 – Report rilievo Livello di invaso dal 01/01/2014 al 31/12/2018	25
Tabella 12 – Report rilievo Piezometro PZ1/R dal 01/01/2014 al 31/12/2018.....	26
Tabella 13 – Report rilievo Piezometro PZ1/F dal 01/01/2014 al 31/12/2018	27
Tabella 14 – Report rilievo Piezometro PZ2/R dal 01/01/2014 al 31/12/2018.....	28
Tabella 15 – Report rilievo Piezometro PZ2/F dal 01/01/2014 al 31/12/2018	29
Tabella 16 – Report rilievo Perdite Drenaggio da Gennaio 2014 a Dicembre 2018.....	30

1 PREMESSA

Il presente piano di monitoraggio descrive le attività di monitoraggio e controllo della Diga Drove di Cepparello.

Le dighe si collocano infatti tra le opere di ingegneria che presentano un alto potenziale di pericolosità in caso di crollo per l'incolumità delle persone e dell'ambiente a valle dello sbarramento medesimo. Per i suddetti motivi, tali strutture necessitano di un continuo controllo e monitoraggio del loro comportamento durante l'esercizio.

Il comportamento della diga viene verificato mediante misure effettuate sia direttamente sul corpo della struttura e nel bacino dell'invaso artificiale sia mediante misurazioni ambientali.

La relazione è finalizzata alle modalità con la quale è condotto il sistema di monitoraggio della struttura di ritenuta, del bacino invaso e la descrizione dettagliata della relativa strumentazione impiegata.

Essa inoltre contiene la raccolta dei dati di monitoraggio acquisiti negli ultimi anni e l'analisi dei valori raccolti.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

La diga oggetto del progetto di gestione si trova in località Cepparello fra i comuni di Poggibonsi (SI) e Barberino Val d'Elsa (FI), circa 4 Km a nord – est del centro urbano di Poggibonsi (Figura 1).

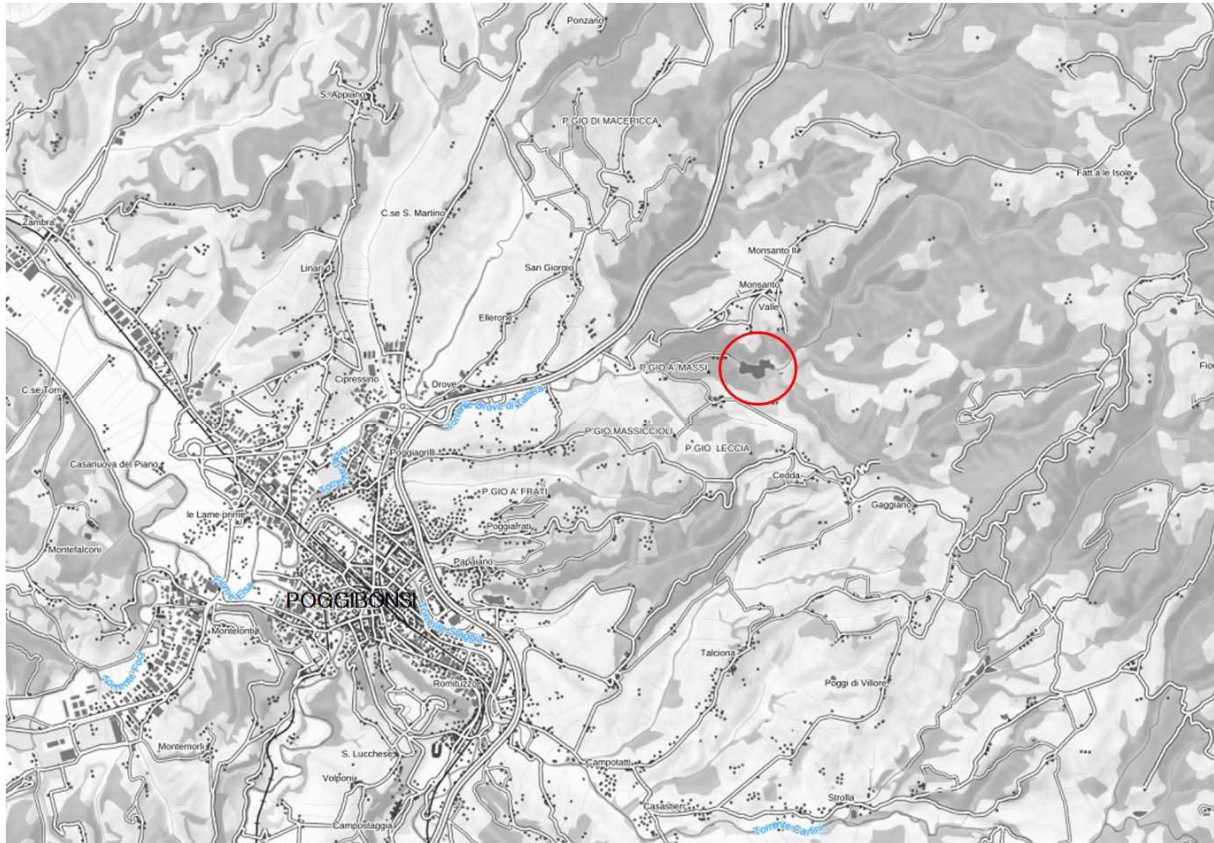


Figura 1 – Inquadramento dell'area di intervento

L'ubicazione della diga può essere espressa attraverso le coordinate della linea mediana del coronamento (Gauss Boaga, fuso ovest); la tabella che segue ne riporta le coordinate:

Punto	Nord	Est
Centrale	4'817'535.42	1'677'158.80
Spalla destra	4'817'567.27	1'677'179.19
Spalla sinistra	4'817'501.90	1'677'137.77

Tabella 1 – Coordinate della linea mediana del coronamento

Lo sbarramento è stato realizzato sul Borro di Cepparello che più a valle diventa il Torrente Drove di Tattera. Il Borro di Cepparello drena un bacino che in corrispondenza dello sbarramento è di circa **12 Kmq**. L'area collinare drenata dal reticolo si trova a quote comprese fra i 580 m s.l.m. ed 165 m s.l.m. in corrispondenza dello sbarramento.

Il Torrente Drove di Tattera si immette dopo 5,60 Km nel Torrente Staggia immediatamente a valle dell'abitato di Poggibonsi. Prima dell'immissione riceve le acque del Torrente Drove di Cinciano,

sottendendo un bacino di circa 60 Km². Il Torrente Staggia a monte dell'immissione sottende un area di circa 180 Km².

Circa 1,50 Km a valle della confluenza con il Drove, il Torrente Staggia si immette nel Fiume Elsa che a monte della confluenza sottende un bacino di 188 Km².

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO E UBICAZIONE DELL'INVASO

Il Bacino della Valdelsa è compreso tra la Dorsale Medio-Toscana a ovest, la Montagnola Senese a sud e i Monti del Chianti a est. Dal punto di vista stratigrafico le formazioni affioranti appartengono ai seguenti complessi, in ordine di sovrapposizione:

- Serie Toscana Metamorfica.
- Serie Toscana ridotta.
- Serie Toscana non metamorfica.
- Liguridi alloctone s.l. (Ofioliti, Supergruppo della Calvana, ...).
- Complesso Neoautoctono ed alluvioni.

I rapporti geometrici tra le unità tettoniche presenti nell'area in esame sono la risultante di movimenti verificatisi in regimi tettonici diversi, che hanno portato, in fasi successive, all'attuale assetto strutturale. In quest'area sono infatti riconoscibili due stili tettonici principali. Il primo stile, legato alle fasi tettogenetiche del corrugamento appenninico, è caratterizzato da movimenti orizzontali in regime di compressione, mentre durante il secondo si verificano dislocazioni prevalentemente verticali in regime di distensione. Per i primi tre complessi elencati (Serie Toscana Metamorfica, Serie Toscana Ridotta e Serie Toscana non metamorfica), la posizione geometrica relativa viene attribuita a fenomeni di tettonica faldista. Tali fenomeni si erano già impostati nel Cretaceo superiore, ma è stato nel Miocene inferiore che alcune unità "liguri", depositate in un bacino compreso tra l'attuale Corsica e la Liguria, a basamento oceanico, sono state abdotte su bacini a basamento continentale (Serie Toscana), interrompendone la sedimentazione e provocando un infaldamento di parte dei terreni di quest'ultimi (Falda Toscana).

Questi grandi fenomeni tettonici hanno comportato intense deformazioni plastiche nei terreni coinvolti, che si sono manifestate in pieghe di varia dimensione vergenti verso NE e in numerose faglie e fratture, anche di notevole sviluppo, disposte generalmente in senso normale (NW-SE) e in senso parallelo (SW-NE) alla vergenza. La Serie Toscana Metamorfica (calcari cristallini, calcari stratificati, scisti silicei, diaspri, calcescisti) della Montagnola Senese si può considerare praticamente immutata di posizione rispetto alla zona di sedimentazione (autoctona). Sopra di essa è sovrascorsa la Falda Toscana formata dagli stessi terreni (dal Calcare Cavernoso alle sequenze torbiditiche del Macigno). Sopra la Falda Toscana stessa (o Serie Toscana non metamorfica) erano già state impilate, in una fase di poco precedente, le unità liguri del Supergruppo della Calvana e le Ofioliti.

Al secondo stile tettonico citato è riferibile la formazione dei bacini neoautoctoni (come quelli della Valdelsa e della Val di Pesa); il quadro tettonico è caratterizzato da dislocazioni a carattere rigido distensivo a componente verticale, attribuibili alle fasi tardo-orogenetiche, successive al corrugamento della Catena Appenninica.

E' in questa fase distensiva che si ha la formazione di alti e bassi strutturali (bacini), separati da faglie dirette ad andamento appenninico NNW-SSE, spesso interrotte da altre faglie ad andamento anti-appenninico WSWENE.

Nelle aree strutturalmente più depresse si formano, in un primo momento (Miocene superiore), bacini lacustri e, successivamente, con l'accentuarsi degli sprofondamenti a partire dalla trasgressione del

Pliocene, bacini lagunari e marini nei quali si accumulano sedimenti prevalentemente clastici del Complesso Neo-autoctono. Il generale sollevamento si ha nel Pleistocene, con movimenti verticali di alcune centinaia di metri. Le alluvioni recenti ed attuali si sono disposte indifferentemente al di sopra di tutti i terreni precedenti.

Il bacino Neo-autoctono della Val d'Elsa, dunque, fa parte di un sistema di fosse tettoniche allungate in direzione appenninica, formatesi a partire dal Tortoniano superiore con l'instaurarsi della tettonica prevalentemente distensiva.

Tale bacino è divisibile in due parti: una settentrionale ed una meridionale (poste rispettivamente a Nord e a Sud dell'abitato di Poggibonsi). La porzione settentrionale ha maggior larghezza e profondità, potendo raggiungere i 25 km di larghezza e i 2 km di profondità (GHELARDONI et Alii, 1968); mentre la parte meridionale è più stretta e meno profonda, raggiungendo al massimo 15 Km di larghezza e 1 Km di profondità (CENSINI, 1988). I due tratti del bacino sono separati tra loro da una delle più importanti lineazioni tettoniche dell'Appennino: la linea "Piombino-Faenza" (COSTANTINI et Alii, 1988).

Dal punto di vista **stratigrafico**, i terreni posti sul fondovalle dei corsi d'acqua all'interno del Comune di Poggibonsi e situati all'intorno del capoluogo, nella porzione settentrionale del territorio comunale del quale costituiscono il confine con i Comuni adiacenti (San Gimignano e Barberino Val d'Elsa), sono costituiti dai depositi alluvionali recenti, di età Quaternaria. Tali depositi rappresentano i termini più alti della sequenza sedimentaria presente nell'area, posti geometricamente e stratigraficamente sopra le restanti Formazioni. Essi occupano prevalentemente i fondovalle e le aree pianeggianti e sono da mettere in relazione con le esondazioni dei corsi d'acqua. Si tratta di depositi articolati in lenti e strati di vario spessore di materiali prevalentemente incoerenti o pseudocoerenti, quali sabbie, ciottoli e ghiaie, intercalati con livelli pelitici (argillo-limosi, argillo-sabbiosi e/o limo-sabbiosi), testimonianza dei vari cicli di piena (materiali più grossolani) e dei periodi deposizionali di fine piena (materiali più fini).

Da punto di vista **morfologico** generale, si tratta, nel complesso, di una tipica area delle colline plioceniche, con versanti acclivi di raccordo, di cui quelli minori sono spesso stretti ed incisi e percorsi da piccoli borri. Il fiume Elsa, il **torrente Drove**, il torrente Drove di Cinciano ed il Borro di Bacchereto limitano a Nord il territorio comunale, formando con i loro depositi alluvionali e dei vari affluenti le valli maggiori.

I restanti corsi d'acqua maggiori, a carattere torrentizio, che confluiscono in quelli sopra citati, risultano essere prevalentemente in fase erosiva, costituendo solo raramente delle strette valli alluvionali.

L'idrografia del territorio comunale di Poggibonsi è costituita da numerosi corsi d'acqua, a carattere torrentizio e di modeste dimensioni ma molto articolati, che convogliano le acque (attraverso i tributari maggiori) nel Fiume Elsa (Figura 2), affluente dell'Arno. Il reticolo idrografico, generalmente inciso e con tratti d'alveo in approfondimento, si presenta ben organizzato e modella una morfologia a forte energia di rilievo, segno evidente di un attuale ringiovanimento del territorio.

Di norma le sponde si presentano stabili, ben incise e con una sezione della valle generalmente a "V", in alcuni tratti particolarmente accentuata. All'interno degli alvei dei corsi d'acqua principali sono inoltre presenti numerosi tratti di sponda soggetti ad erosione laterale.

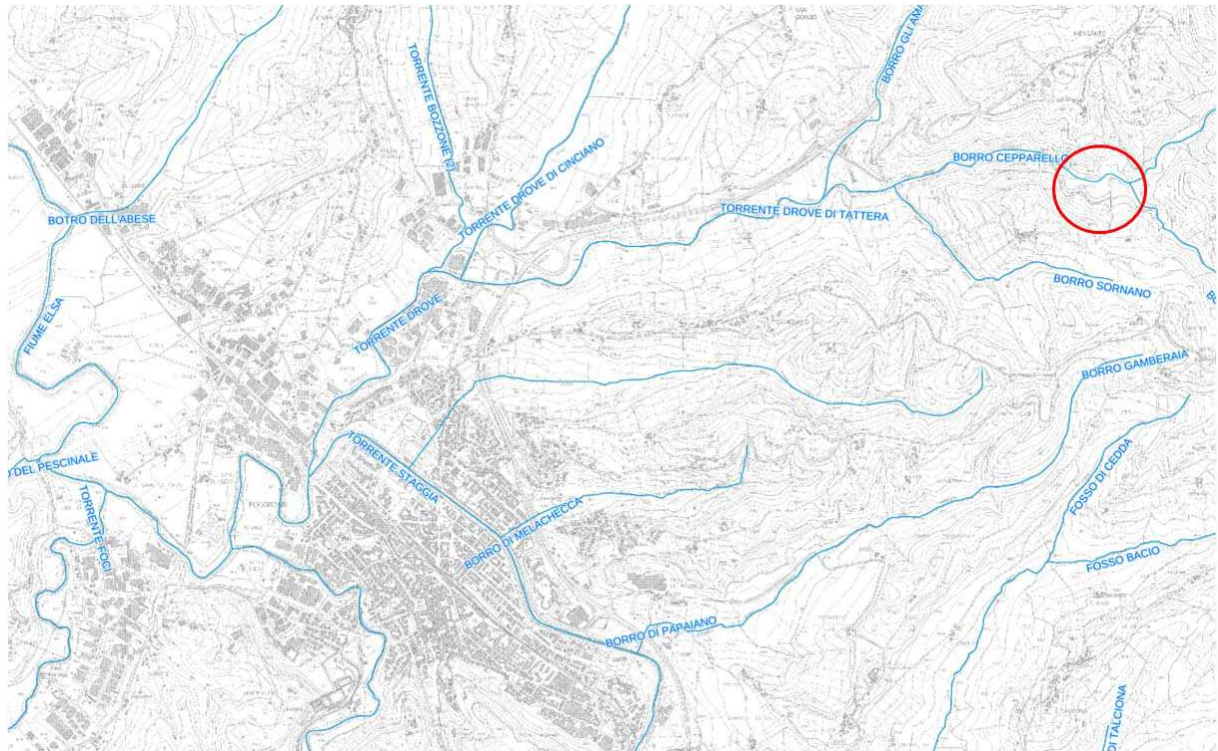


Figura 2 – Reticolo idrografico areale di intervento – Fonte Geoscopia Regione Toscana

I terreni di fondazione della diga sono costituiti da banchi di arenarie torbiditiche quarzoso-calcaree talora contenenti lenti di puddinghe, argilloscisti e argilloscisti siltosi (“Pietraforte”) con giacitura nei pressi del corpo diga prevalentemente a frana poggio più inclinato del pendio ed in alcune zone addirittura verticale, con notevoli dislocazioni tettoniche ed elevato grado di fratturazione.

Il bacino imbrifero direttamente sotteso è costituito da un compluvio caratterizzato da superfici densamente boscate. La quota media del bacino imbrifero è di circa 310 m s.l.m. e la morfologia dei versanti è generalmente di tipo collinare anche se, in corrispondenza degli affioramenti rocciosi, si hanno scarpate a pendenza elevata.

2.2 CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURALI

Lo sbarramento di Cepparello è costituito da un rilevato in terra omogenea con dreno incluso nel corpo diga e nell’unghia di valle. La berna sul paramento di valle ha una larghezza di circa 3 m e si trova ad una quota di circa 178 m s.l.m.. In fondazione, alla distanza dal piede di valle pari circa a due terzi della larghezza della fondazione, è stata realizzata una trincea di ammorsamento del rilevato di 2 m di larghezza per 3 m di profondità. Nel 1967 è stato realizzato un diaframma impermeabilizzante a mezzo di iniezioni cementizie nel rilevato ed in fondazione (eseguite dal paramento di monte) adiacente alla trincea di cui sopra. Il paramento di monte è rivestito in pietrame, mentre il coronamento è rivestito con lastre di calcestruzzo.

I rilievi eseguiti nel 2002 e nel 2016 sono rilievi locali riferiti alla quota del coronamento della diga assunto pari a 189 m s.l.m.. Per la redazione del presente progetto definitivo, nel novembre 2018, è stato eseguito un nuovo rilievo con strumentazione GPS. Tale rilievo ha rivelato che la sommità della diga si trova a una quota assoluta di circa 189.7 m s.l.m.. Tale discrepanza non influisce in alcun modo con le elaborazioni condotte nel progetto preliminare.

Pertanto nel presente progetto definitivo si farà riferimento alle quote assolute del rilievo del 2018.

La planimetria dello sbarramento allo stato attuale è riportata nell'elaborato EG.02, le sezioni trasversali dello corpo diga allo stato attuale sono rappresentate nell'elaborato EG.27, mentre negli elaborati EG.30 e EG.33 sono riportate le sezioni trasversali attuali dei canali fugatori sinistro e destro.

I dati caratteristici dello sbarramento sono riportati nella Tabella 2, mentre nella Tabella 3 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano i principali dati del serbatoio.

Descrizione	Valori
Quota del coronamento Hc (da rilievo del novembre 2018)	189.7 m s.l.m.
Quota di fondo dell'invaso Ho (desunto da progetto originale)	166.7 m s.l.m.
Quota di fondo dell'invaso Ho (da rilievo del dicembre 2016)	174.7 m s.l.m.
Quota delle soglie sfioranti (da rilievo del novembre 2018)	186.7 m s.l.m.
Larghezza delle soglie sfioranti (desunta da progetto originale)	31.0 m
Larghezza del coronamento (da rilievo del novembre 2002)	5.0 m
Quota media del piede di valle dello sbarramento (da rilievo del novembre 2018)	164.66 m s.l.m.
Larghezza sbarramento in sommità (da rilievo del novembre 2002)	68.0 m
Larghezza dello sbarramento al fondo dell'invaso (da rilievo del novembre 2002)	11.0 m
Bacino imbrifero sotteso	11.25 km ²
Diametro scaricatore di fondo	400 mm
Quota di presa dello scaricatore di fondo (desunta da progetto originale)	169.7 m s.l.m.
Portata massima in uscita dallo scaricatore di fondo	0.74 m ³ /s
Pendenza paramento di valle tratto coronamento – banca	1:2.10
Pendenza paramento di valle tratto banca – piede	1:2.39
Pendenza paramento di monte	1:2.21
Franco lordo (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr = 1000 anni	trascurabile
Franco netto (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr = 1000 anni	trascurabile
Franco lordo (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr < 30 anni	1.50 m

Tabella 2 - Dati caratteristici dello sbarramento allo stato attuale

Descrizione	Valori
Bacino imbrifero sotteso	11.25 km ²
Volume invasato alla soglia dello sfioratore (186 m s.l.m.)	520'000 m ³
Volume invasato al coronamento (189 m s.l.m.)	830'000 m ³
Quota di massimo invaso (limitata con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013)	186.7 m s.l.m.
Quota di massima di regolazione (limitata con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013)	177.7 m s.l.m.
Quota di minima di regolazione	172.7 m s.l.m.

Tabella 3 - Dati caratteristici del serbatoio allo stato attuale

A valle della diga in sponda sinistra sono collocati i manufatti civili a servizio dell'impianto di potabilizzazione e i locali adibiti a foresteria.

Il deflusso delle portate di piena rilasciate dagli scarichi di superficie è regolato idraulicamente da una vasca di dissipazione che si raccorda all'alveo naturale in un tratto con forti pendenze. La presenza di un salto di fondo alla sezione terminale della vasca esclude fenomeni di rigurgito che possano condizionare il funzionamento della vasca stessa.

Attualmente è vigente una limitazione di invaso a 177,7 m s.l.m. a cui corrisponde un volume invasato di circa 41.200mc.

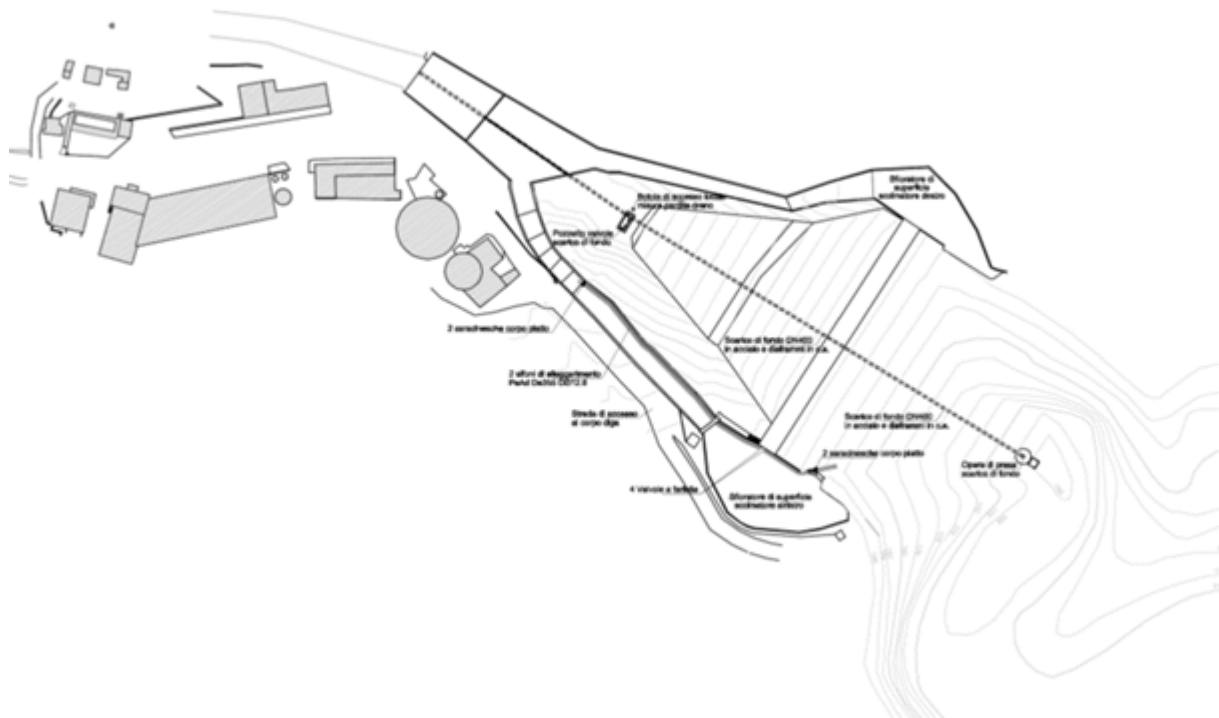


Figura 3 – Stato attuale della Diga Drove di Cepparello

2.2.1 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO PREVISTI DA PROGETTO

L'interventi che andranno ad interessare la Diga Drove di Cepparello sono relativi all'adeguamento della capacità di smaltimento degli sfioratori di superficie e alla realizzazione delle necessarie opere accessorie.

In particolare il suddetto progetto mira ad adeguare gli scaricatori di fondo e di superficie in funzione della normativa vigente al momento del progetto (1958) (R.D. 01/10/1931 n. 1370) e delle prescrizione imposte dal C.S. dei LL.PP. Il Sezione Servizio Dighe con voto n. 977 del 26/06/1959 (precedente al D.P.R. n. 1363 del 01/11/1959).

Il progetto prevede inoltre l'adeguamento sismico del corpo diga mediante una riprofilatura delle scarpate lato monte e lato valle e di un adeguamento della quota di coronamento della diga stessa.

I risultati delle verifiche di stabilità mettono in luce significative criticità nella stabilità del corpo diga.

In particolare, gli interventi volti a garantire la stabilità del corpo diga prevedono un ricarico dei paramenti di monte e di valle, in modo da addolcire il pendio ed appesantire il corpo diga al piede.

Dal punto di vista idraulico l'interventi prevedono, oltre all'adeguamento dei due scaricatori di superficie mediante una riprofilatura della soglia sfiorante, anche il ripristino dello scarico di fondo mediante la realizzazione di una nuova tubazione di scarico, passate esternamente al corpo diga, e costituita da due tratti, di cui il primo in pressione ed in secondo a gravità che scarica nell'alveo a valle della struttura.

Oltre ad essi saranno inoltre realizzati una serie di interventi complementari alle suddette opere al fine di garantire il corretto smaltimento delle portate di piena, in particolare:

- riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fuggatore sinistro nel tratto compreso tra la sezione SX-1 e la sezione SX-14a;

Interventi di miglioramento della diga di Cepparello nel Comune di Poggibonsi (SI)

ET.17 – Relazione Monitoraggio

- spostamento verso monte della viabilità in sinistra dello sfioratore per l'accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo;
- sostituzione delle condotte presenti al disotto della suddetta viabilità (condotta di alimentazione della centrale, condotta di troppo pieno, condotta di alimentazione dall'Elsa);
- demolizione e rifacimento delle passerelle di accesso al coronamento e al pozzetto di manovra della diga presenti sullo canale fugatore sinistro;
- riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore destro nel tratto compreso tra la sezione *DX-1* e la sezione *DX-7a*;
- adeguamento dei muri della vasca di dissipazione a valle dei canali di scarico;
- realizzazione di blocchi dissipatori sulla platea in calcestruzzo posta a valle della vasca di dissipazione prima della restituzione nell'alveo naturale.

I dati caratteristici dello stato di progetto finale dello sbarramento sono riportati nella successiva tabella.

Parametri	Valori
Quota del coronamento Hc	190 m s.l.m.
Quota di fondo dell'invaso Ho	167.7 m s.l.m.
Quota delle soglie sfioranti	185.7 m s.l.m.
Larghezza delle soglie sfioranti	37.98 m in Sx 28.69 m in Dx
Larghezza del coronamento	5.0 m
Quota media del piede esterno dello sbarramento	158.7 (vasca)
Larghezza sbarramento in sommità	70.0 m
Larghezza sbarramento al fondo dell'invaso	12.15 m
Bacino Imbrifero sotteso	11.40 km ²
Diametro scaricatore di fondo	1'200 mm
Quota di presa dello scaricatore di fondo	168.7 m s.l.m.
Portata massima in uscita dallo scaricatore di fondo alla massima ritenuta	13.25 m ³ /s
Pendenza paramento di valle tratto coronamento-banca	1:3
Pendenza paramento di valle tratto banca-piede	1:4
Pendenza paramento di monte tratto coronamento-banca	1:3
Pendenza paramento di monte tratto banca-piede	1:4
Franco (ai sensi del D.M. n.156 26/09/2014) per evento con Tr=1000 anni	2.65 m
Franco Netto (ai sensi del D.M. n.156 26/09/2014) per evento con Tr=1000 anni	2.35 m

Parametri	Valori
Volume invasato alla soglia dello sfioratore	392.500 m ³
Volume invasato massimo invaso	508.800 m ³
Quota di massimo invaso	187.35 m s.l.m.
Quota di massima regolazione	185.7 m s.l.m.
Quota di minima regolazione	172.7 m s.l.m.

Tabella 4 - Dati caratteristici dello sbarramento allo stato di progetto

2.2.1.1 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEGLI SCARICHI

Il progetto di adeguamento dello **sfioratore sinistro** prevede l'abbassamento della soglia sfiorante di 1.0 m con la creazione di uno sfioro del tipo a "becco d'anatra" con soglia di stramazzo lunga complessivamente 38,0 m posta a quota 185,7 m s.l.m..

A valle dell'opera di sfioro è prevista la creazione di un'ampia savanella rettangolare larga 16,0 m con quota di fondo posta a 183,7 m s.l.m.. In corrispondenza della soglia di sfioro è previsto, pertanto, un salto di 2,0 m. Intorno allo sfioratore viene realizzato un setto impermeabile in pali di grande diametro compenetrati per contrastare i fenomeni di filtrazione. Al disotto della struttura è prevista una rete drenante per annullare le sottospinte.

Il progetto di adeguamento dello **sfioratore destro** prevede l'abbassamento della soglia sfiorante di 0,9 m con la creazione di uno sfioro del tipo a "becco d'anatra" con soglia di stramazzo lunga complessivamente 28,7 m posta a quota 185,7 m s.l.m..

A valle dell'opera di sfioro è prevista la creazione di un'ampia savanella rettangolare larga 12,0 m con quota di fondo posta a 183,7 m s.l.m.. In corrispondenza della soglia di sfioro è previsto, pertanto, un salto di 2,0 m. Intorno allo sfioratore viene realizzato un setto impermeabile per contrastare i fenomeni di filtrazione.

Lo scarico di fondo ha una lunghezza di circa 220 m. A monte è prevista un'opera di presa della dimensioni di 5,0 m x 3,0 m. L'opera di presa si raccorda alla condotta di scarico che ha un diametro di 1,2 m. La sezione dello scaricatore data la presenza al suo interno della condotta di derivazione avrà una forma composta come evidenziato nella Figura 5. Lo scarico di fondo ha una sezione di circa 2,0 mq.

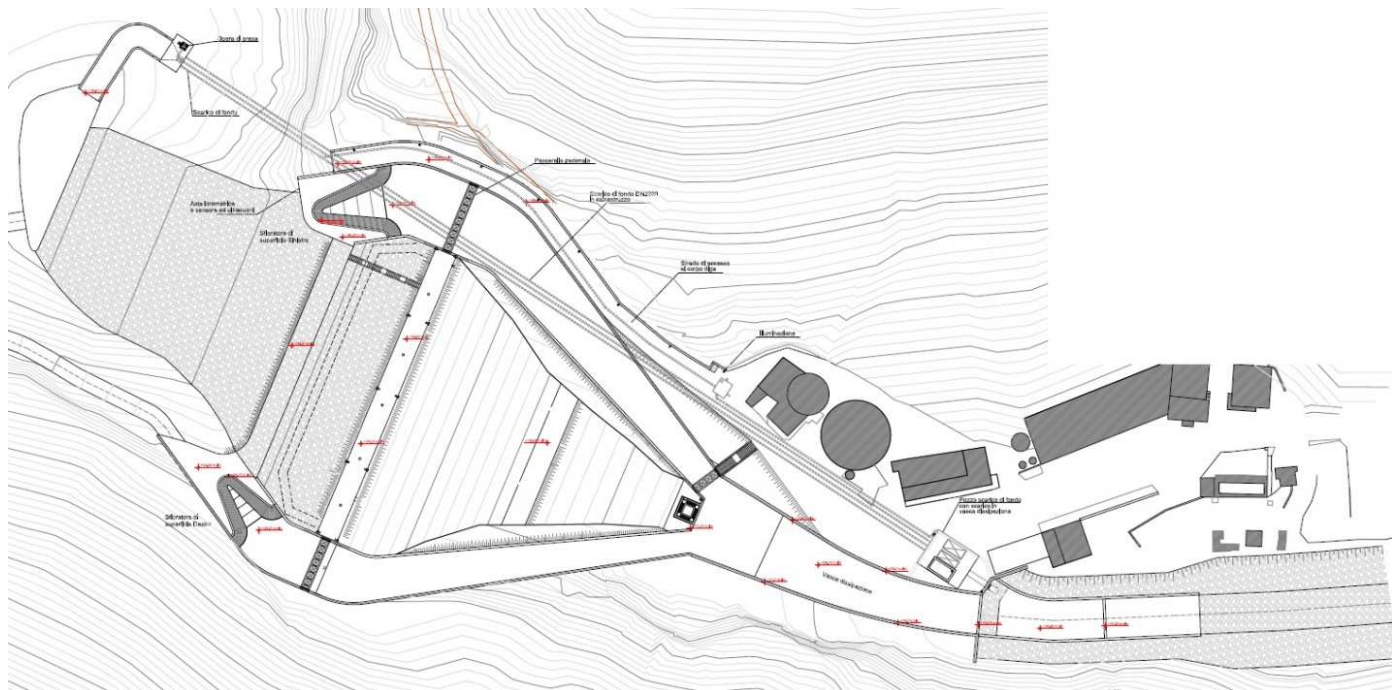


Figura 4 - Planimetria della Diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.

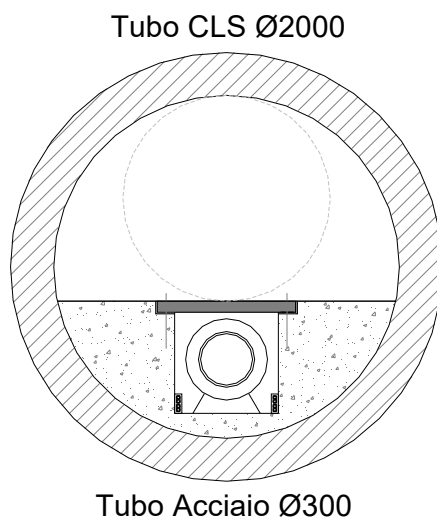


Figura 5 - Sezione del nuovo scarico di fondo.

2.2.1.2 ACCESSI ALLA DIGA

L'accesso alla diga può avvenire attraverso una strada di servizio non asfaltata che a partire dalla Strada Comunale Poggibonsi – Monsanto - San Donato in Poggio porta all'impianto di potabilizzazione posto a piede diga. L'accesso al coronamento è possibile grazie alla passerella pedonale di attraversamento dello scarico di sinistra.

Per accedere invece all'area di invaso occorre percorrere la strada vicinale di Cepparello fino ad un incrocio a raso con la nuova strada che attraversa un noceto e si raccorda nella parte terminale con il percorso storico di accesso al lago.

3 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per le grandi opere come le dighe per l'appunto, il sistema di monitoraggio è fondamentale per l'individuazione di eventuali criticità che possono sopraggiungere all'invaso e alle strutture o opere a esso connesse durante il normale esercizio.

Lo **stato della condizione di un'opera** si determina misurando le **deformazioni o gli spostamenti**, cercando successivamente di capire se sono compatibili con le capacità strutturali di progetto, in questo modo è quindi possibile definire lo stato di salute e di conseguenza la garanzia del grado di sicurezza.

Un sistema di misura per il controllo di una diga e del suo bacino artificiale è rappresentato dall'insieme coordinato di più strumenti e apparecchiature atte a rilevare le grandezze fisiche e a trasformare ed elaborare le informazioni acquisite.

Durante l'esercizio della diga i controlli forniscono infatti degli elementi utili ad individuare il comportamento dell'opera sia nel suo insieme che nei punti di particolare interesse mettendone in evidenza l'evoluzione nel tempo.

La diga durante tutta la sua vita in opera è infatti sottoposta alle variazioni dell'ambiente che la circonda ed è soggetta ai fenomeni atmosferici e climatici che insistono nell'area in cui è inserita.

A tali fenomeni, la struttura risponde a sua volta in maniera congrua alle caratteristiche costruttive e tecniche che la competono.

Nell'osservazione del comportamento della Diga Drove di Cepparello vengono quindi rilevate i due seguenti gruppi di grandezze:

- *Grandezze Ambientali* che rappresentano le misure delle variabili che inducono dei cambiamenti alla struttura e al bacino artificiale.
- *Grandezze Effetto* che rappresentano la risposta della struttura di ritenuta alle variazioni indotte dalle grandezze ambientali.

Tipologia di Grandezza	Misura	Strumentazione	Frequenza di misura
Ambientale	<i>Temperatura Aria</i>	Stazione meteorologica	15 minuti
	<i>Condizioni Atmosferiche (umidità, pressione, vento)</i>		
	<i>Precipitazioni</i>	Pluviometro	15 minuti
	<i>Livello liquido invasivo</i>	Idrometro	
Effetto	<i>Livelli Piezometrici</i>	Piezometro	Settimanale
	<i>Quantità e torbidità delle Perdite</i>	Stramazzo e torbidimetro	15 minuti/settimanale
	<i>Collimazione Coronamento e banca</i>	Collimatore laser	Semestrale
	<i>Controllo stato e apertura scarico di fondo</i>	Controllo visivo e Misuratore di portata	Mensile

Tabella 5 - Grandezze fisiche e strumentazione di misura

3.1 STAZIONE METEOROLOGICA E PLUVIO-IDROMETRICA

I dati ambientali di maggior interesse per il monitoraggio della Diga Drove di Cepparello sono costituiti, come riportato nella Tabella 5, dalle seguenti misure:

- Temperatura aria e acqua.
- Umidità.
- Pressione atmosferica.
- Velocità e direzione del vento.
- Precipitazioni.
- Livello idrometrico dell'invaso.

Per la registrazione dei dati atmosferici di temperatura, umidità, pressione e vento è stata predisposta in prossimità del coronamento della diga **una stazione di misura meteorologica**.

La strumentazione è costituita principalmente da due elementi fondamentali:

- la stazione base;
- il gruppo di sensori di rilevamento e misura.

I sensori raccolgono le informazioni meteo e le trasmettono alla stazione base. Il trasferimento avviene via radio o via cavo direttamente al display e al Pc a cui essa è collegata.

In questo modo la stazione meteorologica digitale consente la memorizzazione in tempo reali dei dati raccolti e rende possibile una previsione per varie ore o consente al software di analizzare e comparare le variazioni meteorologiche attraverso grafici e diagrammi per un periodo prolungato.



Figura 6 – Esempio di stazione Meteorologica

Il livello idrometrico dell'acqua invasata all'interno dell'invaso artificiale, e il relativo volume idrico, viene rilevato impiegando idrometro ad ultrasuoni e asta idrometrica. I livelli di vaso vengono registrati ogni **15 minuti**, i dati vengono registrati su apposito registro così come il livello al colmo raggiunto durante l'evento.

3.2 PIEZOMETRI

I piezometri sono strumenti che vengono impiegati per la misura diretta o indiretta (a seconda della tipologia dello strumento) della quota piezometrica di una massa liquida nel sottosuolo.

Gli strumenti impiegati per il monitoraggio della Diga Drove di Cepparello sono costituiti da n° 3 piezometri ciascuno dotato di due celle di Casagrande di cui n° 2 piezometri sul coronamento e n° 1 piezometro sulla banca.

I piezometri sono costituiti da una serie di tubi collegati fra loro ed inseriti nel terreno all'interno di un foro di sondaggio.

Il piezometro Casagrande viene solitamente utilizzato per le misure freatiche in terreni mediamente permeabili; alla base della tubazione è posto un elemento filtrante isolato dal resto del foro: in tal modo verrà rilevata la pressione dell'acqua nello strato in cui è installata. La misura del livello dell'acqua all'interno dei piezometri viene effettuata mediante il freaticometro elettrico collegato ad una centralina di acquisizione dati.

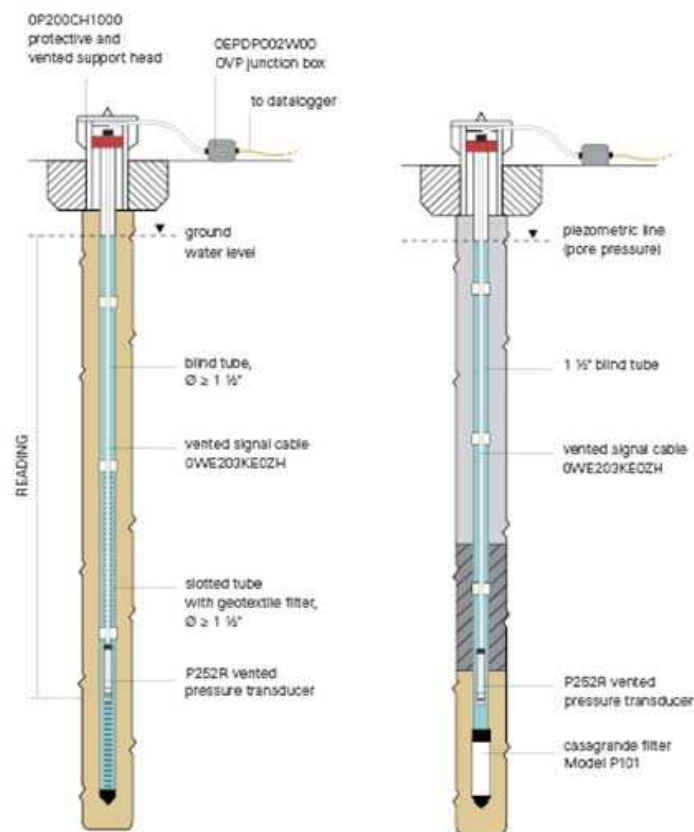


Figura 7 – Piezometro a tubo aperto (a sinistra) e Piezometro Casagrande (a destra)

Caratteristiche tecniche

Modello	Casagrande
Diametro Esterno Filtro	55 mm
Lunghezza Filtro	250 mm
Porosità	20 μ (altre porosità disponibili su richiesta)
Attacchi filtro	n. 2 da 1/2" gas
Tubi	PVC
Lunghezza tubi	3 mt
Filettatura tubi	M-M gas da 1/2" gas con manicotto F-F

Modello	Tubo aperto
Tubo	PVC con scanalature longitudinali
Diametro Tubo	1" e 1/2
Lunghezza tubi	M-M gas gas con manicotto F-F
Larghezza fessure	0,5 mm. Possibile rivestimento in geotessuto
Tappo di fondo	PVC

Figura 8 – Caratteristiche tecniche piezometri. Fonte Pizzi Instruments

I 3 punti di misura sono posti sul coronamento e sulla banca intermedia. La misurazione verrà condotta con cadenza **settimanale** e comunque a seguito eventi sismici significativi (paragrafo 3.7).

3.3 CONTROLLO PERDITE

La quantità delle perdite è funzione del livello idrico nel bacino artificiale e dipende dalle caratteristiche e dal comportamento della diga. **Andando quindi a misurare la quantità delle perdite si ottiene un buon indicatore delle condizioni strutturali e di funzionamento della diga.**

Le perdite sono valutate mediante l'utilizzo dei drenaggi presenti alla base del corpo diga, le acque drenate sono convogliate fino al punto più depresso della vasca di raccolta munita di stramazzo per la misura della portata e torbidimetro.

Lo scopo principale dello stramazzo è quello di trasformare un valore di livello idrico in una misura di portata istantanea del canale a cui è applicato. Lo stramazzo causa una variazione del livello idrico nella vasca a monte direttamente proporzionale alla variazione di portata. La misura viene effettuata attraverso un trasduttore di livello o di pressione.

La strumentazione per la misura delle portate è composta da:

- una vasca di calma;
- uno stramazzo di sezione nota (triangolare, rettangolare o altro);
- un trasduttore di livello o di pressione.

Le misure del livello nella vasca saranno effettuate ogni 15 min.

Oltre alla misurazione della portata di filtrazione viene monitorata anche la qualità dell'acqua da un punto di vista di contenuto di solidi presenti in essa.

La torbidità risulta infatti fondamentale per evidenziare possibili trasporti di materiale solido che costituisce il paramento da parte delle acque di filtrazione. La misura viene condotta mediante il prelievo, dall'acqua che stramazza a valle del dreno, di un campione liquido ed analizzato mediante il torbidimetro in dotazione al gestore della Diga. Il rilevamento verrà condotto con cadenza **settimanale** tuttavia, in caso di anomalie nei dati registrati, verranno effettuate misure più ravvicinate con cadenza giornaliera o ogni **12 ore**.

3.4 CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI PLANO-ALTIMETRICI DELLA STRUTTURA DI SBARRAMENTO

Il controllo degli spostamenti viene effettuato con rilievo topografico semestrale di 26 mire ubicate fra coronamento e banca, utilizzando 2 punti fissi situati uno sulla spalla sinistra e uno a valle in sinistra idraulica.

Per effettuare il rilievo viene impiegato un collimatore, strumento ottico costituito da un cannocchiale dotato di reticolo di mira, che mantiene nel tempo una posizione fissa. Permette di effettuare la misura dello spostamento relativo di più punti disposti lungo un allineamento ottico fisso ed invariabile nel tempo realizzato dal collimatore e da una mira fissa di riferimento. I punti da controllare sulla diga vengono invece materializzati da basi per mira mobile su cui verrà poi applicata la mira in fase di misura.

Il punto di posizionamento, detto stazione, del cannocchiale di misura e della mira fissa sarà posto su un opportuna piattaforma in calcestruzzo, fondata su pali, ai lati del coronamento della diga. Il punto di collimazione è stato scelto in modo da ritenersi esente da possibili spostamenti e variazioni altimetriche della struttura di ritenuta, oltre al suddetto punto fisso altri 3 vengono posti sulle spalle, su pilastri fondati su micropali in calcestruzzo. Le mire mobili di collimazione, posizionate su dei pilastri fondati su micropali in calcestruzzo, sono poste in corrispondenza del coronamento della diga e lungo la banca intermedia sul paramento di valle.

Il pilastri in cui saranno posizionate le mire di misura sono in numero pari a **26**, posti rispettivamente:

- N° 7 sul coronamento della diga a monte verso monte;
- N° 7 sul coronamento della diga a valle verso monte;
- N° 7 sul coronamento della diga a valle verso valle;
- N° 5 sulla banca della diga lato valle.

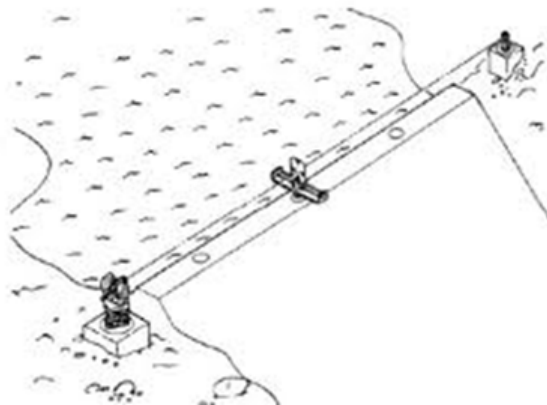


Figura 9 – Esempio dell'operazione di collimazione di un punto.



Figura 10 – Collimatore ottico

Quando il punto in cui si vogliono mettere in evidenza gli spostamenti non si trova alla stessa quota del punto stazione e del punto mira fissa, ovvero dell'allineamento di riferimento, si passerà all'osservazione della mira mobile facendo ruotare il cannocchiale attorno al proprio asse orizzontale. L'asse di collimazione descriverà un piano verticale, consentendo così di intercettare la mira mobile e quindi gli spostamenti della struttura rispetto a tale piano. Lo strumento appoggia con tre piedini a sfera, di cui due a vite calante, su una base fissa, murata, posizionata esternamente alla struttura su apposito pilastro. I movimenti micrometrici sono studiati in modo da rendere agevole il puntamento anche a grandi distanze.

Le elevate caratteristiche del sistema ottico e la robustezza dello strumento, assicurano puntamenti molto precisi. L'obiettivo ha una risoluzione di 1,5". Il sistema di puntamento, in base a cui l'operatore centra il filo del micrometro fra gli spicchi della mira, aumenta il potere risolutivo portandolo a 0,32".

Se il punto da controllare subisce uno spostamento, questo risulterebbe pari alla differenza delle letture altimetriche nel punto di mira fra quella attuale e la precedente. La misura consiste quindi nel misurare le variazioni di posizione dei punti da controllare rispetto a tale allineamento. La entità del movimento sarà pari allo spostamento necessario alla mira per tornare sull'allineamento di partenza.

Le misure vengono effettuate con cadenza **semestrale** e comunque a seguito eventi sismici significativi (paragrafo 3.7).

Caratteristiche tecniche

Collimatore

Diametro obiettivo	80 mm
Ingrandimento	60x
Rotazione zenitale	$\pm 35^\circ$
Rotazione azimutale	360°
Peso strumento con livella	21 Kg
Custodia	Valigia a tenuta stagna in polipropilene copolimero
Dimensioni custodia	670 x 510 x h 370
Peso con custodia	32 Kg

Figura 11 – Caratteristiche tecniche collimatore. Fonte Pizzi Instruments

3.5 CONTROLLO SCARICO DI FONDO

Gli scarichi di fondo sono dei manufatti di vitale importanza per l'utilizzazione e la gestione degli invasi. La garanzia dell'efficienza di tali organi di manovra è infatti fondamentale per la sicurezza e il funzionamento dell'impianto stesso, oltre che per la sicurezza idrogeologica delle aree poste a valle in occasione di piene significative.

Le loro principali funzionalità in corrispondenza degli eventi di piena riguardano il soddisfacimento delle seguenti esigenze:

- garantire la funzionalità degli scarichi di fondo a fronte dei fenomeni di interrimento;
- ricostituire il trasporto solido a valle degli sbarramenti;
- modulare le condizioni di deflusso a valle degli sbarramenti, ricorrendo alle possibilità di laminazione dell'invaso.

Ne risulta quindi di estrema importanza il loro corretto ed ottimale funzionamento nei casi in cui se ne richieda la loro apertura. Per tali motivi risulta necessario predisporre periodicamente, con cadenza **mensile**, un controllo della regolare funzionalità, il controllo sarà effettuato anche a seguito eventi sismici significativi (paragrafo 3.7).

Il controllo dello scarico di fondo è finalizzato all'analisi visiva e tecnica dello stato strutturale e funzionale del suddetto manufatto di evacuazione delle portate liquide.

La verifica consiste in un test controllato che implica le seguenti operazioni:

- 1 Apertura graduale della valvola dello scarico di fondo fino a totale apertura del manufatto per rilasciare la massima portata a valle in un tempo non inferiore 5 minuti.
- 2 Mantenimento dello scarico di fondo aperto per un tempo pari a 5 minuti.
- 3 Chiusura graduale della valvola dello scarico di fondo fino a totale chiusura in un tempo non inferiore a 5 minuti.

Durante le fasi 1 e 3 dovranno essere verificati la tenuta e l'integrità del sistema oleodinamico che consente la movimentazione degli organi mobili di apertura e chiusura della valvola di scarico.

Di norma si manovrerà la valvola di valle mentre la valvola di monte sarà manovrata solo in occasione di attività di manutenzione. La valvola di by-pass della valvola di valle sarà utilizzata per garantire il rilascio a valle del deflusso minimo ecologico.

Durante tutte e tre le fasi del test di controllo verrà inoltre monitorata a valle del manufatto la portata rilasciata e le relative variazioni idrometriche dei livelli liquidi del bacino di invaso. Tutte le manovre saranno effettuate adottando ogni cautela al fine di determinare un incremento graduale delle portate rilasciate a valle, e comunque sempre nel rispetto del Documento di Protezione Civile.

Prima dell'apertura e dopo la chiusura dello scarico sarà inoltre condotta un'ispezione visiva del condotto di scarico, al fine di evidenziare sia l'integrità strutturale delle pareti interne e dei manufatti

presenti, sia di rilevare la presenza di possibili corpi estranei trasportati dallo scarico che potrebbero provocare danneggiamenti o ostruzioni al suddetto manufatto.

3.6 TOLLERANZE TECNICHE DI MISURA AMMISSIBILI PREVISTE

Grandezza Misurata	Tolleranza ammissibile
Temperatura	± 1 °C
Pluviometria	± 10 % della misura
Livello di invaso (idrometro ad ultrasuoni)	± 1 cm
Livelli Piezometrici	10 cm
Perdite	± 0.05 l/s
Spostamenti altimetrici	± 1 mm

Tabella 6 – Tolleranze di misura ammissibili

In caso di fuori servizio il tempo T previsto per il ripristino della strumentazione di controllo (sia per misure ordinarie che misure di controllo in occasione di fenomeni sotto osservazione) è:

Tipo di misura o strumento	T
Pluviometria	10 gg
Livello di invaso (idrometro ad ultrasuoni)	15 gg
Livelli Piezometrici	10 gg
Perdite	10 gg
Spostamenti altimetrici	60 gg

Tabella 7 – Tempi di ripristino

3.7 EVENTI SISMICI SIGNIFICATIVI E AZIONI CONNESSE

Per valutare la “significatività” di un evento sismico si fa riferimento alla curva di regressione $D=f(M)$ così definita (D = distanza della diga dall’epicentro in km; M = magnitudo del sisma, gradi della scala Richter):

M	4	5	6	7	8
D (km)	25	50	80	125	200

Tabella 8 – Valori stimati per la curva $D=f(M)$

Ciò premesso, si definisce significativo ogni evento sismico:

- avvertito direttamente in diga
- caratterizzato da una magnitudo (M_0) e da una distanza epicentro-diga (D_0) tali che il punto (M_0D_0) risulti ubicato **non al di sopra** della curva di riferimento $D=f(M)$.

Interventi di miglioramento della diga di Cepparello nel Comune di Poggibonsi (SI)

ET.17 – *Relazione Monitoraggio*

La valutazione di significatività di ciascun evento sismico è effettuata direttamente dal Gestore, previa acquisizione dei parametri M_0 e D_0 da fonti ufficiali (IGNV, Protezione Civile,...). L'Ufficio Periferico di Firenze del Registro Italiano Dighe ha comunque la facoltà di richiedere un'asseverazione straordinaria indipendentemente dalla significatività dell'evento.

A seguito di eventi sismici, come prima definiti, il Gestore:

- effettuerà con immediatezza un sopralluogo sullo sbarramento e sulle sponde;
- acquisirà ex-novo le misure essenziali per la sicurezza (spostamenti piano altimetrici e freatimetrie);
- verificherà la funzionalità degli organi di scarico;
- invierà all'Ufficio Periferico una asseverazione straordinaria appena possibile.

4 MONITORAGGI EFFETTUATI NEL PERIODO 2014-2018

Nel presente capitolo si riportano i dati delle osservazioni relative al periodo compreso fra il 01/01/2014 e il 31/12/2018.

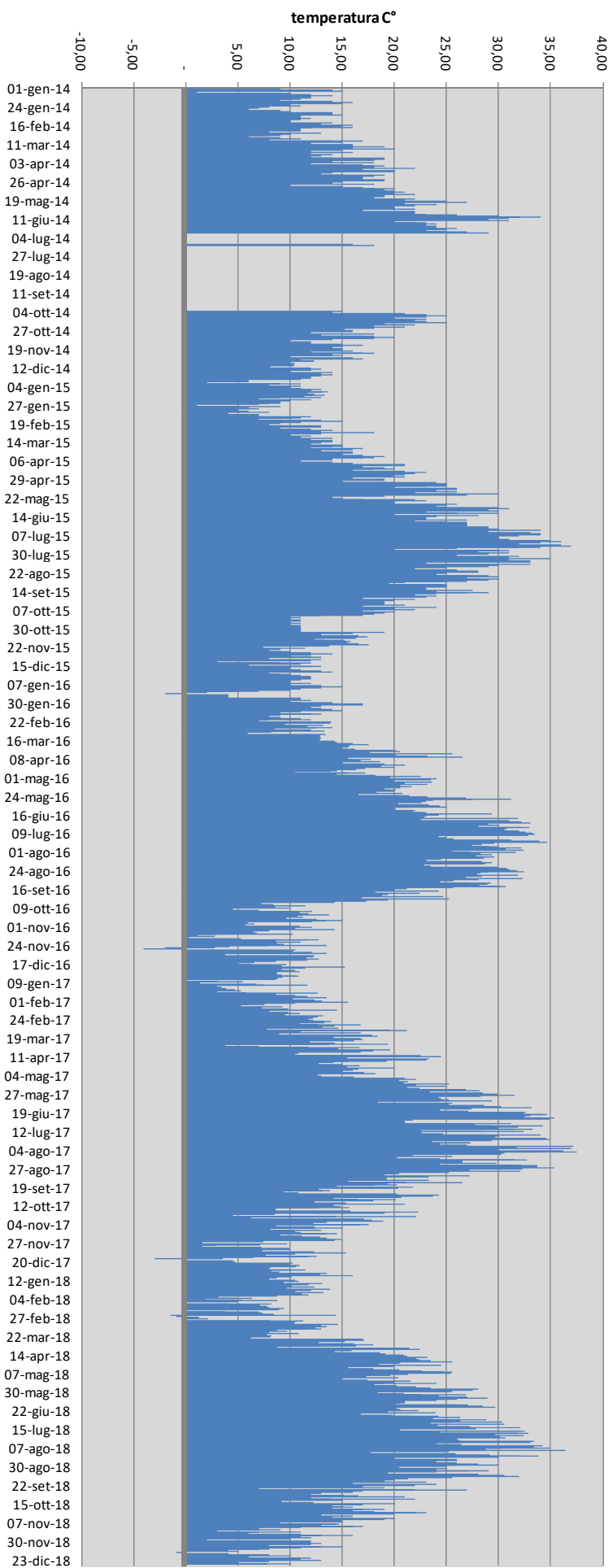


Tabella 9 – Report rilievo Temperatura dell'aria dal 01/01/2014 al 31/12/2018

Interventi di miglioramento della diga di Cepparello nel Comune di Poggibonsi (SI)
ET. 17 – Relazione Monitoraggio

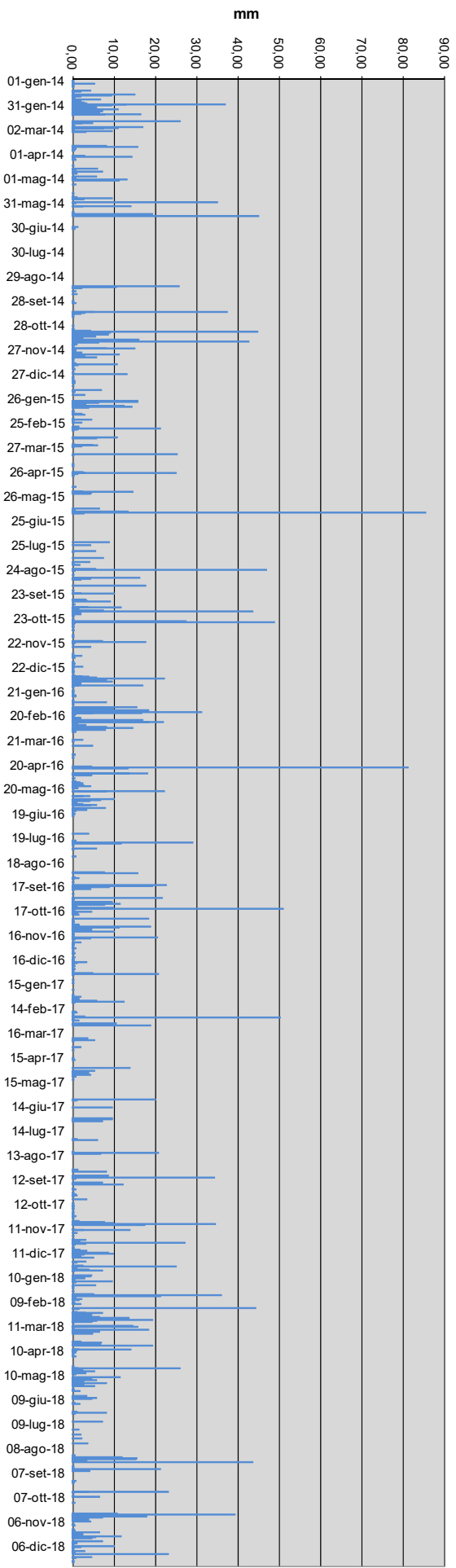


Tabella 10 – Report rilievo Pluviometria (Pioggia e/o Neve) dal 01/01/2014 al 31/12/2018

Interventi di miglioramento della diga di Cepparello nel Comune di Poggibonsi (SI)

ET.17 – Relazione Monitoraggio

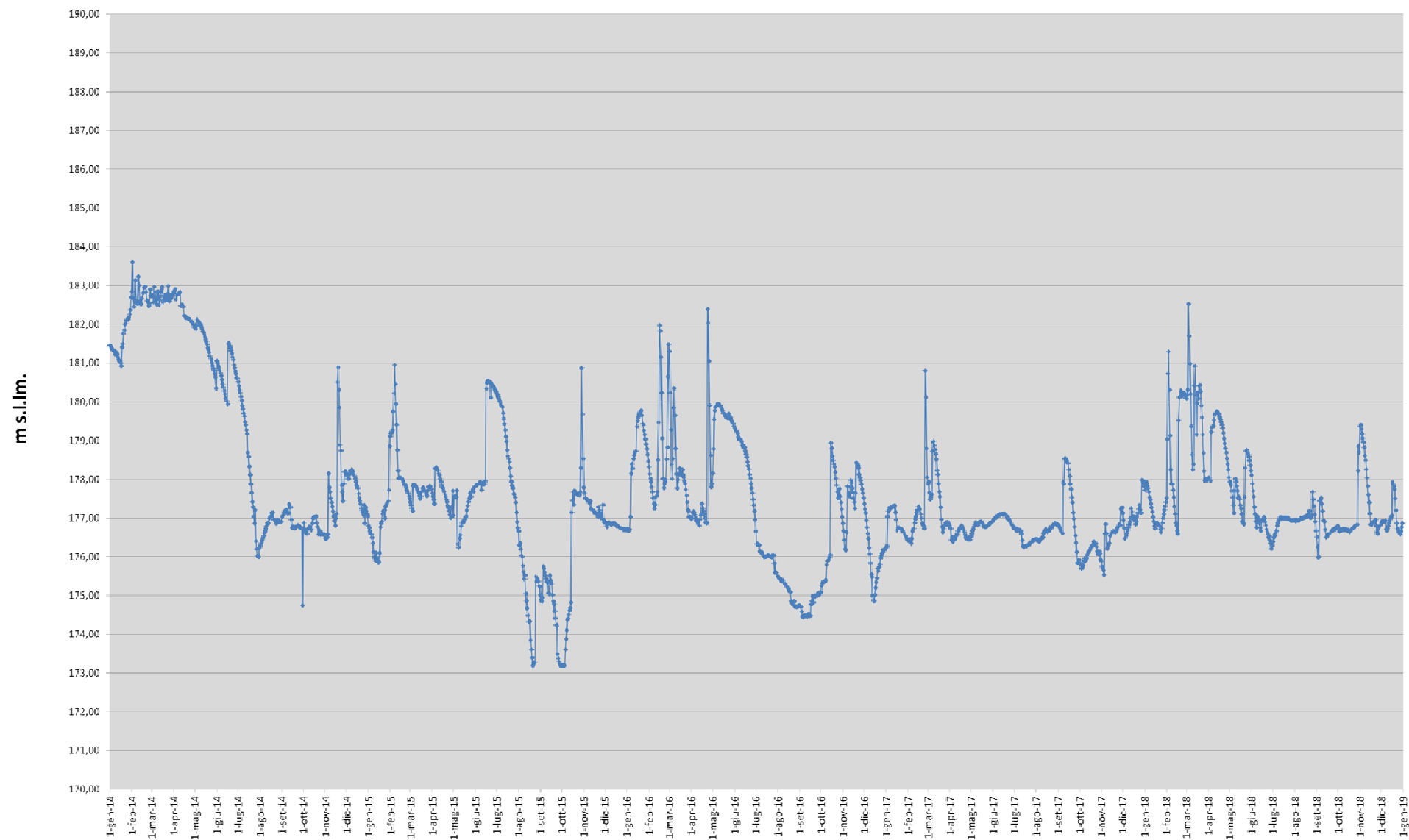


Tabella 11 – Report rilievo Livello di invaso dal 01/01/2014 al 31/12/2018

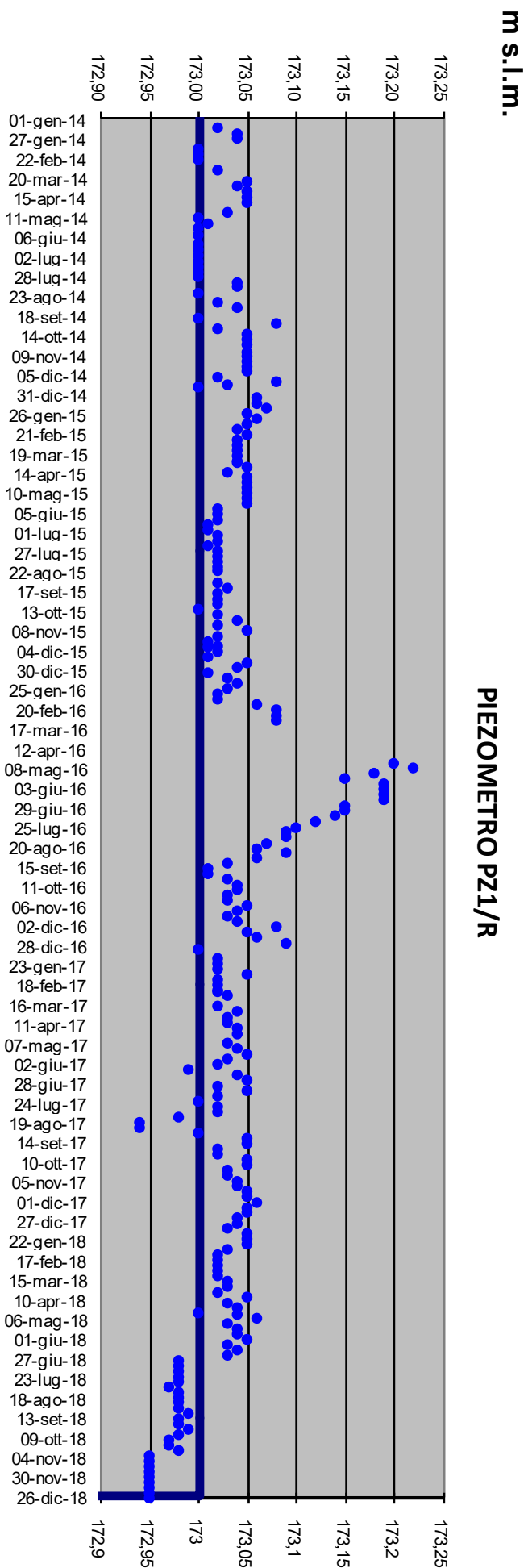


Tabella 12 – Report rilievo Piezometro PZ1/R dal 01/01/2014 al 31/12/2018

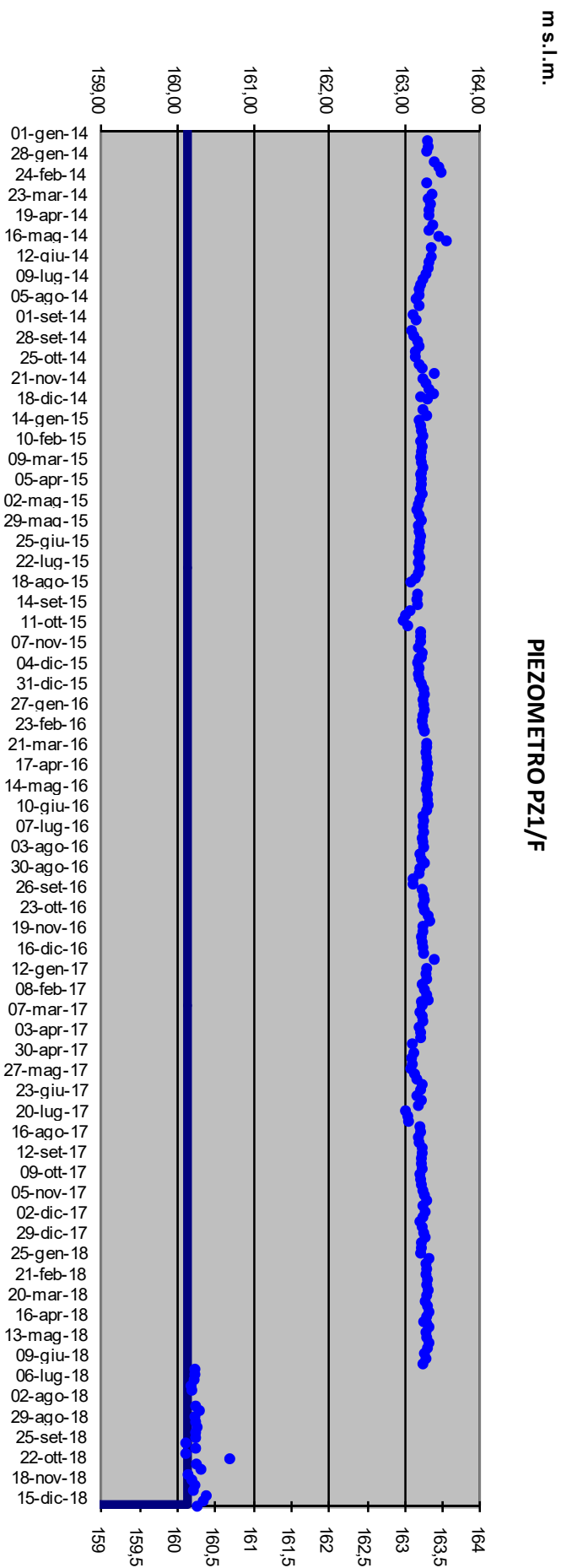


Tabella 13 – Report rilievo Piezometro PZ1/F dal 01/01/2014 al 31/12/2018

m s.l.m.

PIEZOMETRO PZ2/R

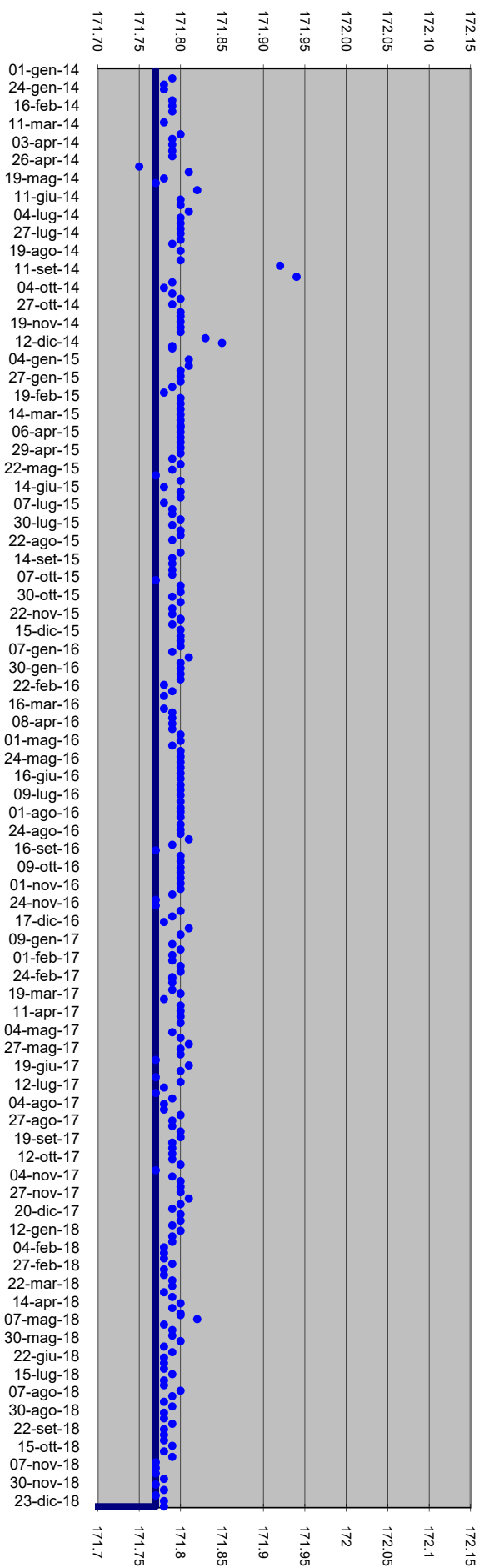


Tabella 14 – Report rilievo Piezometro PZ2/R dal 01/01/2014 al 31/12/2018

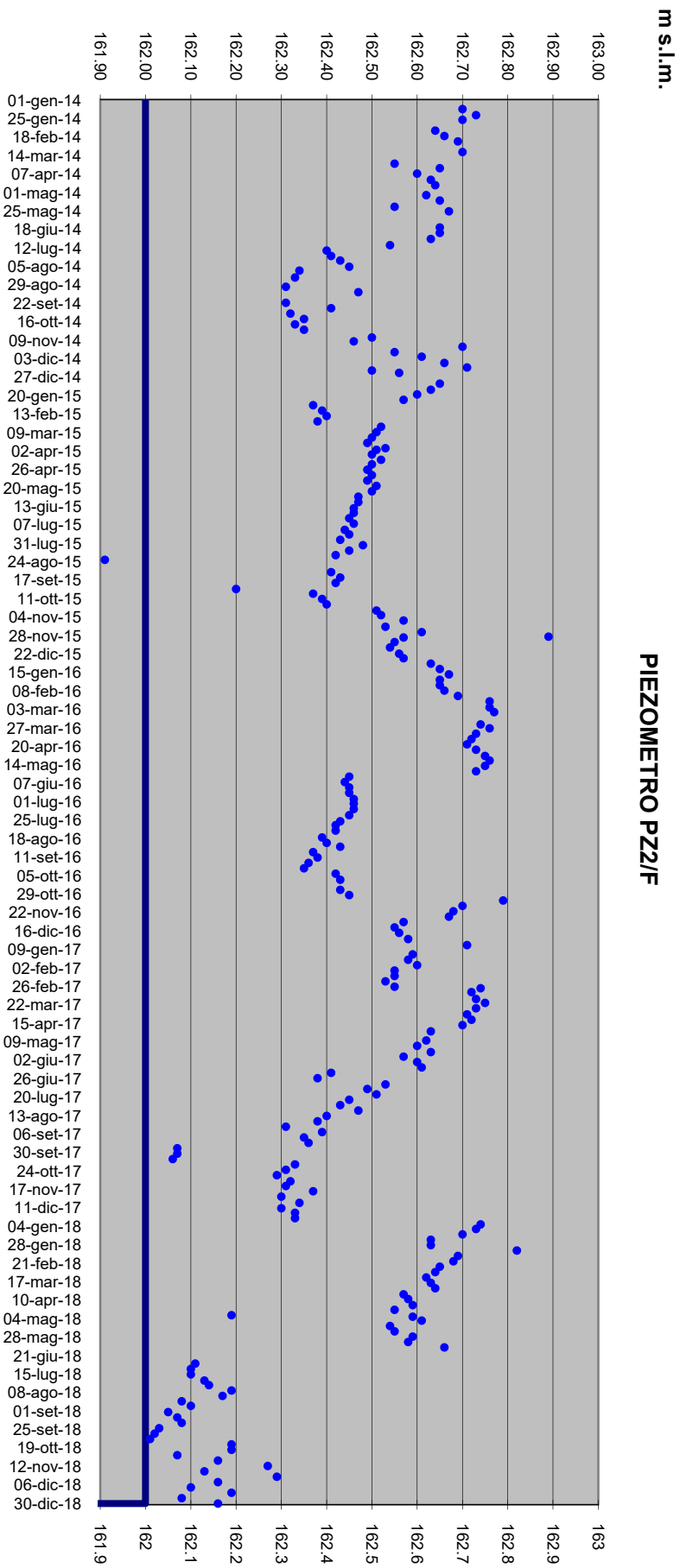


Tabella 15 – Report rilievo Piezometro PZ2/F dal 01/01/2014 al 31/12/2018

Interventi di miglioramento della diga di Cepparello nel Comune di Poggibonsi (SI)
ET.17 – Relazione Monitoraggio

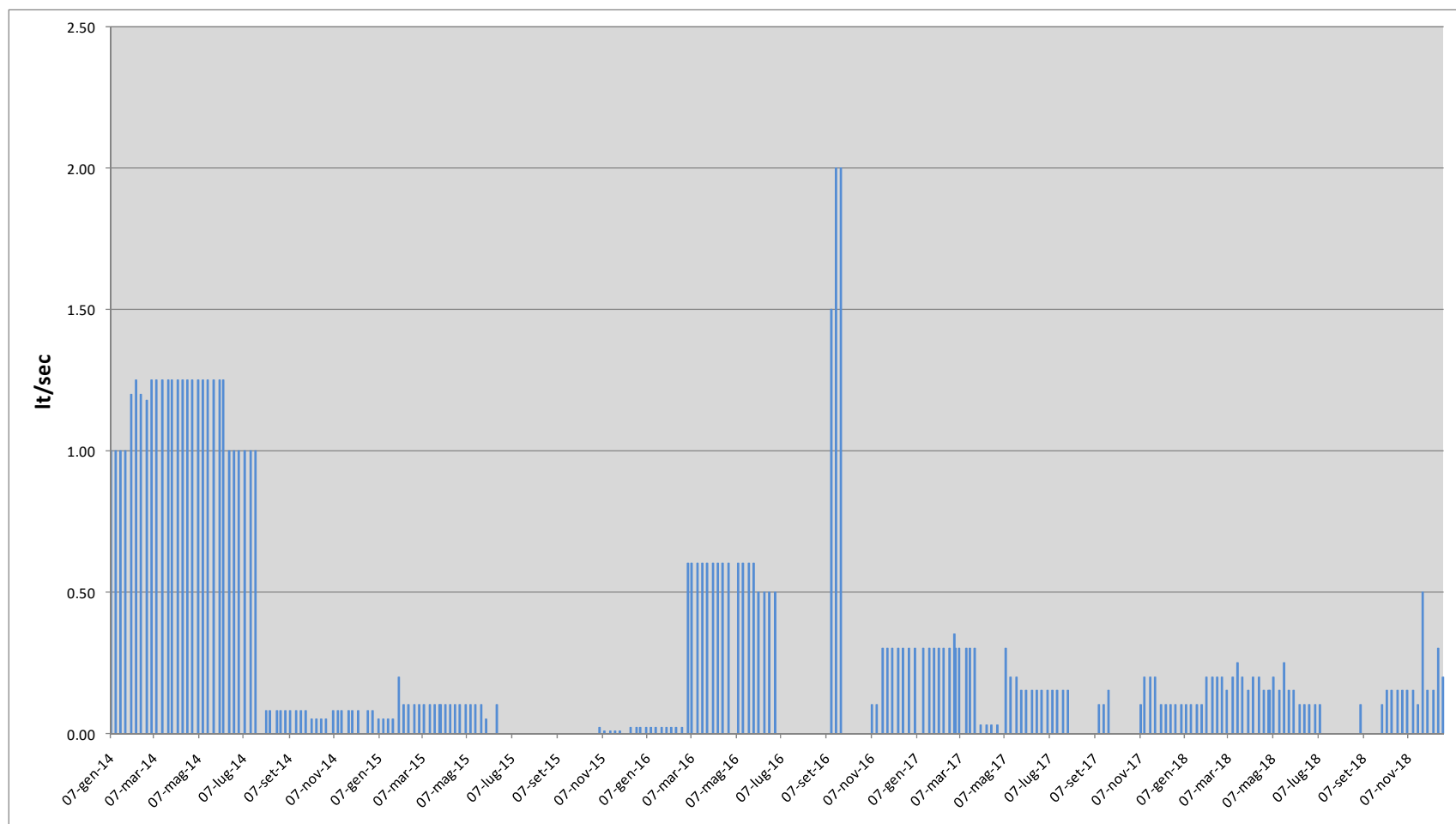


Tabella 16 – Report rilievo Perdite Drenaggio da Gennaio 2014 a Dicembre 2018