

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



Infrarail srl –
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane
Piazza della Croce Rossa n.1 - 00161 Roma

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ACCESSIBILITA' ALLA NUOVA STAZIONE AV BELFIORE E NUOVO COLLEGAMENTO BELFIORE – FIRENZE SMN FASE 1

IDR

Idrologia e idraulica

Relazione Idrologica e Idraulica

IL PROGETTISTA

Infrarail srl - IFR
sede legale: Piazza della Croce Rossa n.1 – 00161 Roma.
PEC: infrarail.pec@legalmail.it
Codice fiscale e n. iscr. al Registro Imprese: 06956550484

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO	DISCIPLINA	PROGR.	REV.
0002	00	F	ZZ	RI	ID0000	001	A

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
A	EMISSIONE	LUONGO	27/02/23	DE LORENZO	20/03/23	SORBELLO	20/03/23

File: Cartiglio con introduzione.docx

n. Elab.:





SOMMARIO

1. PREMESSA.....	1
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI.....	1
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	1
3.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	1
3.1. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	2
3.2. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	3
3.3. CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	4
3.3.1. Dati termometrici.....	4
3.3.2. Dati igrometrici	5
3.3.3. Dati pluviometrici	5
4. COROGRAFIA DEI BACINI	7
4.1. DATI IDROMETRICI.....	7
5. ANALISI DEL RISCHIO	9
5.1. RISCHIO IDRAULICO.....	9
5.2. RISCHIO ALLUVIONE.....	10
5.3. RISCHIO FRANE.....	10
6. OSSERVAZIONI PLUVIOMETRICHE.....	11
7. DEFINIZIONE DELLA CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA	12
8. CURVA D'INTENSITÀ DI PIOGGIA.....	18

1. PREMESSA

Il presente elaborato si compone di:

- una prima parte di analisi delle caratteristiche geologiche, idrologiche, idrogeologiche, climatiche e del bacino idrografico dell'area oggetto d'intervento;
- una seconda parte relativa all'analisi del rischio frana, alluvione e idraulico;
- un'ultima parte che contiene i dati pluviometrici e i successivi rimaneggiamenti utili a definire la portata di pioggia di progetto.

L'area in esame ricade nella zona d'influenza della stazione pluviometrica di Firenze Università, localizzata in via Ernesto Rossi che dista da via Circondaria circa 2 km.

I dati trattati, provengono dalla sezione "Database" del sito del Servizio Idrologico della Regione Toscana, www.sir.toscana.it.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- D.lgs. 03/04/ 2006, n. 152 – "Norme in materia ambientale" e s.m.i.
- D.lgs. 16/01/2008, n. 4 – "Codice dell'Ambiente" (modificazioni ed integrazioni al D.lgs. 152/2006, entrato in vigore il 13/02/2008).
- UNI EN 12056-1-5 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici".
- D.M. 12/12/1985 – "Normativa tecnica per le tubazioni".
- Circolare 20/03/1986, n. 27291 – "Istruzioni relative alla normativa tecnica per le tubazioni"
- D.M. 17/01/2018 – "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21/01/2019, n.7 – "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018"
- Regolamento Urbanistico di Firenze (Comune di Firenze, 2021).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvione (Autorità di Bacino, 2021).
- Piano di Assetto Idrogeologico – Bacino dell'Arno (Autorità di Bacino, 2017).
- Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico fiume Arno (Autorità di Bacino, 1999).
- D. Tonini – "Elementi di idrografia ed idrologia" – Vol. 2 – Ed. Cortina – 1983.
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili, Parte II – Sezione V di RFI
- G. Ippolito – "Appunti di costruzioni idrauliche" – Liguori – 1993.
- Relazione Idrologica NF1W.00.E.ZZ.RG.GE0002.002.A del Progetto Esecutivo per il Passante Ferroviario del Nodo di Firenze e della Nuova Stazione Alta Velocità di Belfiore, "Lotto 2".
- Relazione geologica, geomorfologica e sismica, con parametrizzazione geotecnica preliminare 0002.00.F.ZZ.RH.GE.0000.001 Accessibilità alla Nuova Stazione AV Belfiore e Nuovo Collegamento Belfiore - Firenze SMN Fase 1.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Dalla *Relazione geologica, geomorfologica e sismica, con parametrizzazione geotecnica preliminare - 0002.00.F.ZZ.RH.GE.0000.001*:

"Nell'area in studio affiorano ovunque i Depositi Olocenici, rappresentati dai Depositi alluvionali attuali (b); solo localmente ed in particolare in corrispondenza dello scavo della nuova stazione AV Belfiore si rileva la presenza di Alluvioni Recenti (Ac) costituite da ghiaie e ciottolami puliti testimonianze di vecchi tratti di paleoalveo del F.Arno.

La pianura delle alluvioni attuali nei dintorni dell'area di progetto risulta inoltre interrotta da rilevati strutturali ferroviari, stradali e dall'alveo del T.Mugnone che viceversa risulta canalizzato ed incassato rispetto al piano campagna. Lungo i tracciati dei rilevati e del canale sono presenti terreni prevalentemente di riporto e depositi antropici. [...]

- Depositi alluvionali attuali (b)

I sedimenti della pianura alluvionale comprendono quasi esclusivamente le alluvioni attuali che nell'area in oggetto affiorano estesamente ovunque. Sono costituiti da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, soggetti a evoluzione con ordinari processi fluviali.

- Alluvioni recenti (Ac)

Sono presenti solo localmente all'interno della pianura alluvionale. Le alluvioni recenti sono formate in genere da sedimenti grossolani: si tratta soprattutto di ghiaie e ciottolami puliti che rappresentano tratti di paleovalle del Fiume Arno e, nel caso della zona in esame, probabilmente anche del T.Mugnone. L'unità "Ac" affiora nell'area di progetto nello scavo della nuova stazione AV Belfiore e risulta sottostante la sezione del rilevato ferroviario lungo la quale l'intervento prevede la riapertura del sottopasso pedonale esistente.

- Depositi antropici (h5)

L'unità raggruppa tutti quei depositi connessi con l'attività umana. Comprende quindi terreni di riporto, rilevati stradali, terreni di bonifica per colmata; nell'area di progetto la pianura risulta inoltre interrotta da rilevati strutturali ferroviari, stradali e dall'alveo del T.Mugnone che viceversa risulta canalizzato ed incassato rispetto al piano campagna. Lungo i tracciati dei rilevati e del canale sono presenti terreni prevalentemente di riporto e depositi antropici."

3.1. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dalla *Relazione Idrologica NF1W.00.E.ZZ.RG.GE0002.002.A* del Progetto Esecutivo per il Passante Ferroviario del Nodo di Firenze e della Nuova Stazione Alta Velocità di Belfiore, "Lotto 2":

"[...] Le formazioni geologiche prelacustri che affiorano nelle colline che circondano la conca di Firenze sono composte da rocce a permeabilità per fratturazione da bassa a media.

Fra le Unità Liguri l'unica formazione che presenta una certa permeabilità è quella di Monte Morello; questa, mediamente permeabile per fratturazione e carsismo, è presente nella zona di Sesto Fiorentino. Le altre formazioni delle Unità Liguri (Formazione di Sillano, Pietraforte, Argilliti di Pescina, Complesso Caotico) che si rinvengono sia nelle colline a nord che in quelle a sud della città, presentano una permeabilità generalmente bassa per la frequenza degli strati argillitici e marnosi.

La permeabilità della formazione del Macigno, affiorante nella dorsale di Fiesole, varia da bassa a media secondo la facies prevalente (siltitica o arenacea) e il grado di fratturazione.

Nelle colline a ridosso della città, soprattutto a nord, affiorano anche i sedimenti del Supersintema del Lago di Firenze-Prato-Pistoia; questi, costituiti in prevalenza da limi argillosi con livelli lentiformi e discontinui di ghiaie con notevole matrice limoso-argillosa, sono dei materiali a permeabilità da bassa a molto bassa, e solo in alcuni orizzonti media.

In tale situazione si ha una ridotta infiltrazione efficace sulle colline e, conseguentemente, una modesta alimentazione profonda dei depositi alluvionali recenti che formano l'attuale pianura.

Al contrario un discreto contributo deriva invece dalle acque di ruscellamento superficiale e da quelle del deflusso ipodermico che si infiltrano nei conoidi ai margini della pianura e nel colluvium pedecollinare.

I terreni appartenenti ai depositi lacustri-palustri, affioranti nelle basse colline a settentrione della città, sono costituiti in prevalenza da limi argillosi, con livelli e lenti di ghiaie in matrice limoso-argillosa. La permeabilità di questi sedimenti è da molto bassa a bassa, e solo raramente in determinati livelli media.

Tale quadro è confermato dalla morfologia della superficie freatica che, dalle ricostruzioni effettuate (Pranzini, 1998) sulla base delle misure di livello idrico nei pozzi, segue con buona approssimazione la superficie topografica.

La falda idrica più rilevante della pianura di Firenze è contenuta nel materasso alluvionale (Strato 4; v. oltre). Si tratta di una falda libera, che si trova ad una profondità compresa fra 1.0 m e 10.0 metri .

In alcune zone periferiche della pianura si può avere una falda semiconfinata, in quanto il livello piezometrico si colloca in corrispondenza dello Strato 2 (v. oltre) costituito da limi argilloso-sabbiosi di copertura, che funge da acquitardo.

Per quanto riguarda l'alimentazione dell'acquifero queste acque sotterranee sono alimentate dai corsi d'acqua, sulla pianura e dalle acque di ruscellamento superficiale che scendendo dai versanti collinari si infiltrano nei detriti di versante e nei depositi eluvio-colluviali.

Vi sono varie vie di alimentazione: una via è rappresentata certamente dalla copertura alluvionale ed antropica della piana fiorentina, che condiziona l'infiltrazione diretta delle acque di precipitazione. L'infiltrazione è ostacolata dalla bassa permeabilità dello strato superficiale, costituito da sedimenti limosi, e dalla impermeabilizzazione artificiale di vaste aree urbane; la parte orientale della piana, meno urbanizzata e dove il terreno è più sabbioso, è quella che

probabilmente fornisce l'alimentazione maggiore. Una seconda via di alimentazione è costituita dalle rocce contigue e sottostanti all'acquifero principale. La terza via di alimentazione della falda è il subalveo dell'Arno, attraverso il quale, a valle della zona di Bellariva, le acque del Fiume si infiltrano nel sottosuolo. Tale condizione è tuttavia fortemente condizionata dai vari emungimenti dei pozzi presenti nella zona.

In conclusione, possiamo ritenere che, circa l'alimentazione, nei terreni collinari l'infiltrazione efficace delle acque meteoriche è molto scarsa e, pertanto, nei depositi alluvionali della piana l'alimentazione profonda è estremamente ridotta. Le falde della pianura vengono invece alimentate dalle acque di pioggia, dall'acqua di ruscellamento superficiale e da quella del deflusso ipodermico, che si infiltrano nei conoidi ai margini della pianura e nella coltre eluviocolluviale pedecollinare. Il maggior apporto nell'alimentazione laterale dell'acquifero del sottosuolo di Firenze proviene presumibilmente dalle colline calcaree di Bagno a Ripoli attraverso i sedimenti lacustri, qui particolarmente grossolani, e subordinatamente dalle colline arenacee di Fiesole, anche se il lacustre di San Domenico appare poco permeabile.

I livelli o strati individuati nel sottosuolo della pianura fiorentina e le caratteristiche idrogeologiche sono appresso riportati:

Strato 1: comprende i terreni di riporto. Lo spessore di detto strato varia da 0.6 m a 12.0 m (Viale Strozzi) e viene qui trascurato.

Gli strati 2 e 3 vengono associati:

Strato 2: limo argilloso e/o argilla limosa s.l.

Strato 3: limo sabbioso e/o sabbia limosa s.l.; sabbia

E' lo strato superficiale (chiamato anticamente "pancone" o "gentilone") formato da materiale depositato dall'Arno e dai suoi affluenti durante gli eventi di esondazione. E' caratterizzato da limi più o meno sabbiosi e/o argillosi, talvolta con ghiaia e ciottoli dispersi all'interno del banco e costituisce l'orizzonte sul quale sono fondati gli edifici della piana. Si tratta di fatto di un acquitardo, per la prevalenza della frazione limosa rispetto alla componente argillosa e a quella sabbiosa. Quest'ultima cresce percentualmente procedendo verso il basso fino a passare talora a sabbie. In alcune zone (Le Piagge, San Donnino) tale orizzonte è stato completamente asportato per raggiungere e sfruttare le ghiaie dello strato sottostante.

Attualmente molte di queste cave sono state riempite con materiali di riporto o con rifiuti solidi urbani.

Su questi strati sono state eseguite alcune prove di permeabilità, soprattutto su campioni di laboratorio ma anche in situ, mediante prove Lefranc e prove infiltrometriche, tenendo presente, come è noto in letteratura, che le misure di laboratorio su materiali fini portano ad una sottostima del coefficiente di permeabilità rispetto alle prove in situ, per il rimaneggiamento del terreno, la parziale saturazione del provino e la minore rappresentatività del campione. [...]"

3.2. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Dalla *Relazione geologica, geomorfologica e sismica, con parametrizzazione geotecnica preliminare - 0002.00.F.ZZ.RH.GE.0000.001* "Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni geologiche presenti nell'area in esame, e possibile stimare la permeabilità su base qualitativa, in funzione degli elementi da cui essa dipende (caratteristiche litologiche, densità del reticolo idrografico, informazioni ricavate dai pozzi).

Nel dettaglio i terreni di origine alluvionale presenti nelle aree di pianura sono dotati di permeabilità per porosità primaria legata alla presenza di pori tra le particelle del terreno, acquisita al momento della loro formazione.

Questa permeabilità è in genere media sia per le Alluvioni recenti (Ac) che per i Depositi alluvionali attuali (b) e diminuisce o aumenta in corrispondenza rispettivamente dei livelli fini o grossolani. I Depositi antropici (h5), invece, sono generalmente caratterizzati da una permeabilità molto bassa. Le formazioni geologiche presenti nell'area sono state suddivise in base alla permeabilità precedentemente indicata e riassunta nella tabella seguente. Per quanto riguarda le alluvioni recenti Ac queste



sono state inserite in tabella sia come terreni con permeabilità media (come generalmente si possono considerare) sia come terreni con permeabilità molto elevata in quanto la Carta idrogeologica del Piano Strutturale del 2015 attribuisce questa ultima permeabilità a due aree di paleo alveo del F. Arno affioranti nell'area di progetto.

Soltanto a seguito di specifiche indagini sarà possibile attribuire un valore di permeabilità a tali terreni che sottostanno il sottopasso pedonale che collega via Scipio Sighele con la stazione AV Belfiore.”

Classe	Terreni permeabili per porosità primaria	Permeabilità
1	Depositi antropici (h5)	molto bassa
2	-	bassa
3	Depositi alluvionali attuali (b); Depositi alluvionali recenti (Ac)	media
4	-	alta
5	Depositi alluvionali recenti (Ac)	molto alta

3.3. CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Al fine di descrivere il territorio in cui è calato il progetto sotto il profilo climatico, si è provveduto a redigere un'analisi dei dati termometrici, igrometrici e pluviometrici.

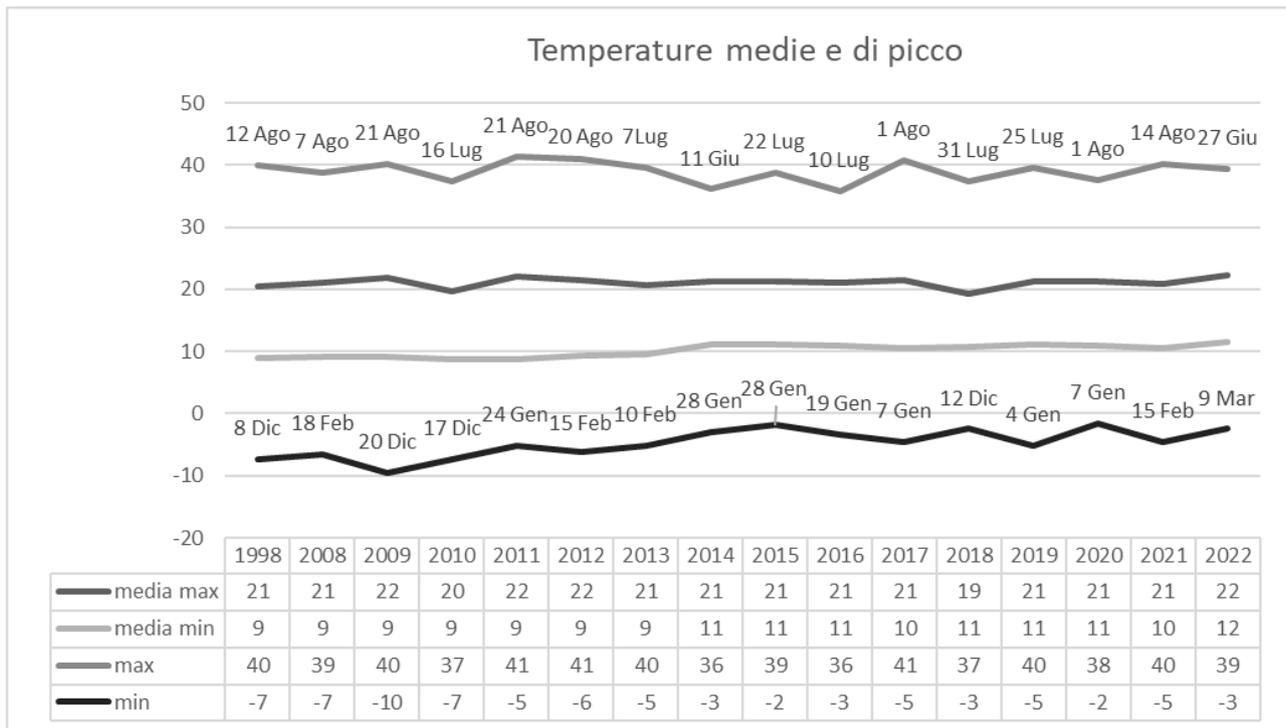
I dati studiati provengono dalla raccolta pubblicata sul sito www.sir.toscana.it della Regione Toscana registrati dalla stazione Firenze Università afferente al bacino dell'Arno, posta ad una quota media di 84 m s.l.m.m., che risulta quella più vicina all'area di studio.

C'è da precisare che i dati relativi a determinati anni non sono ancora stati validati, essi si trovano in uno stato di “pre-validazione”. Si ritiene che questi sino comunque utili riferimenti per la finalità del lavoro.

3.3.1. Dati termometrici

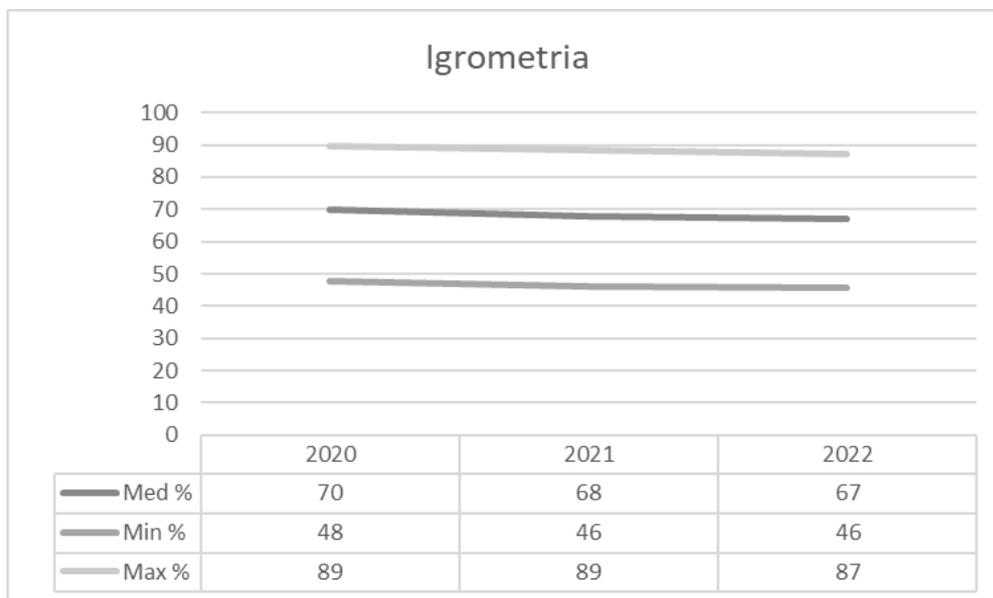
In riferimento alla temperatura registrata quotidianamente negli ultimi 14 anni (dal 2008 al 2022) e nel 1998, si è sviluppato un grafico a linea che descrive l'andamento delle temperature minime e massime e delle temperature medie minime e massime, registrate.

Come si evince dalla tabella allegata al grafico, il valore medio delle temperature minime è di circa 10 gradi all'anno, il valore medio delle temperature massime si aggira intorno ai 21 gradi, il valore massimo delle temperature è circa 39 gradi e il valore minimo delle temperature è approssimativamente di 10 gradi.



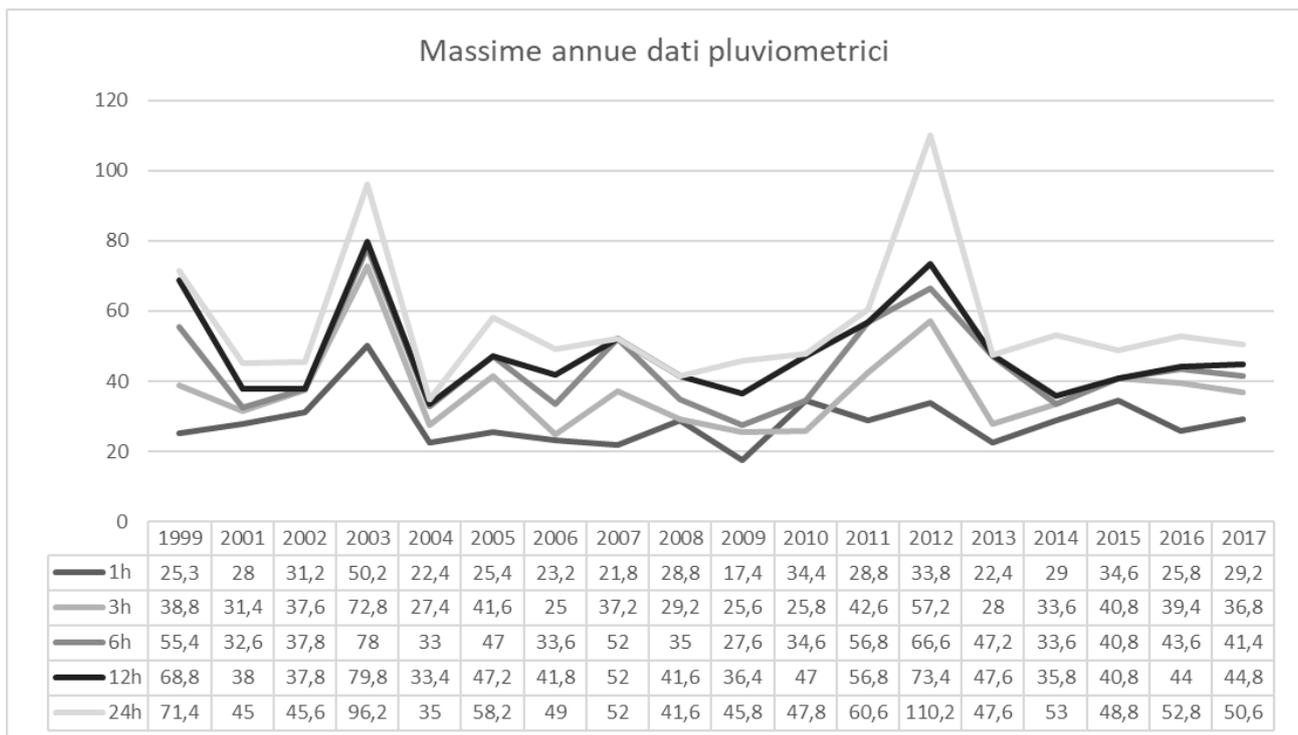
3.3.2. Dati igrometrici

In riferimento alle registrazioni giornaliere dei dati igrometrici degli anni 2020, 2021, 2022, si è provveduto a calcolare dei valori medi diagrammati nel seguente grafico.

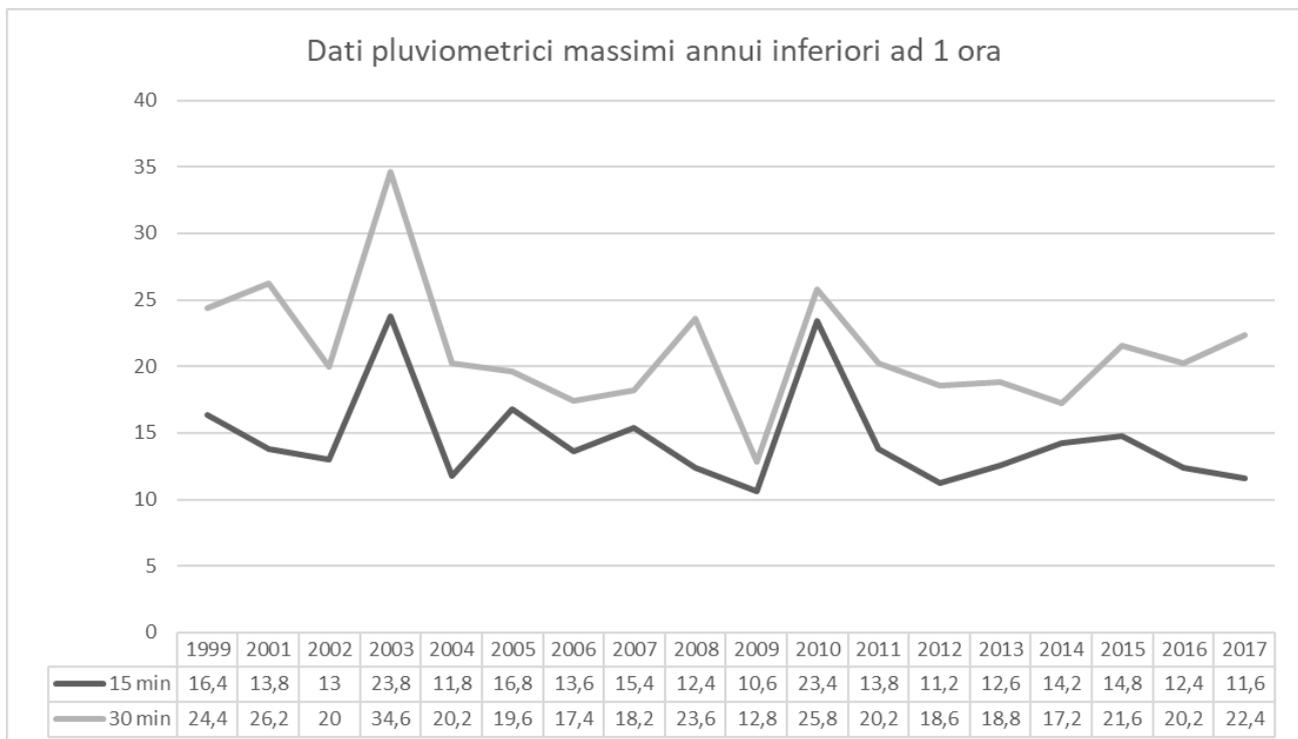


3.3.3. Dati pluviometrici

I dati di pioggia relativi alla stazione pluviometrica di Firenze Università registrati ad 1, 3, 6, 12 e 24 ore nel periodo che va dal 1999 al 2017, sono stati elaborati traendo i valori massimi registrati per ciascun intervallo di tempo nell'anno di riferimento. Segue un grafico esplicativo:



Lo stesso trattamento è stato riservato alle registrazioni giornaliere per periodi inferiori ad 1 ora, in particolare per quelle a 15 e 30 minuti. Segue un grafico rappresentativo dei valori massimi giornalieri raggiunti negli intervalli di tempo prima specificati, nel medesimo periodo di tempo sopra indicato dal 1999 al 2017:



4. COROGRAFIA DEI BACINI

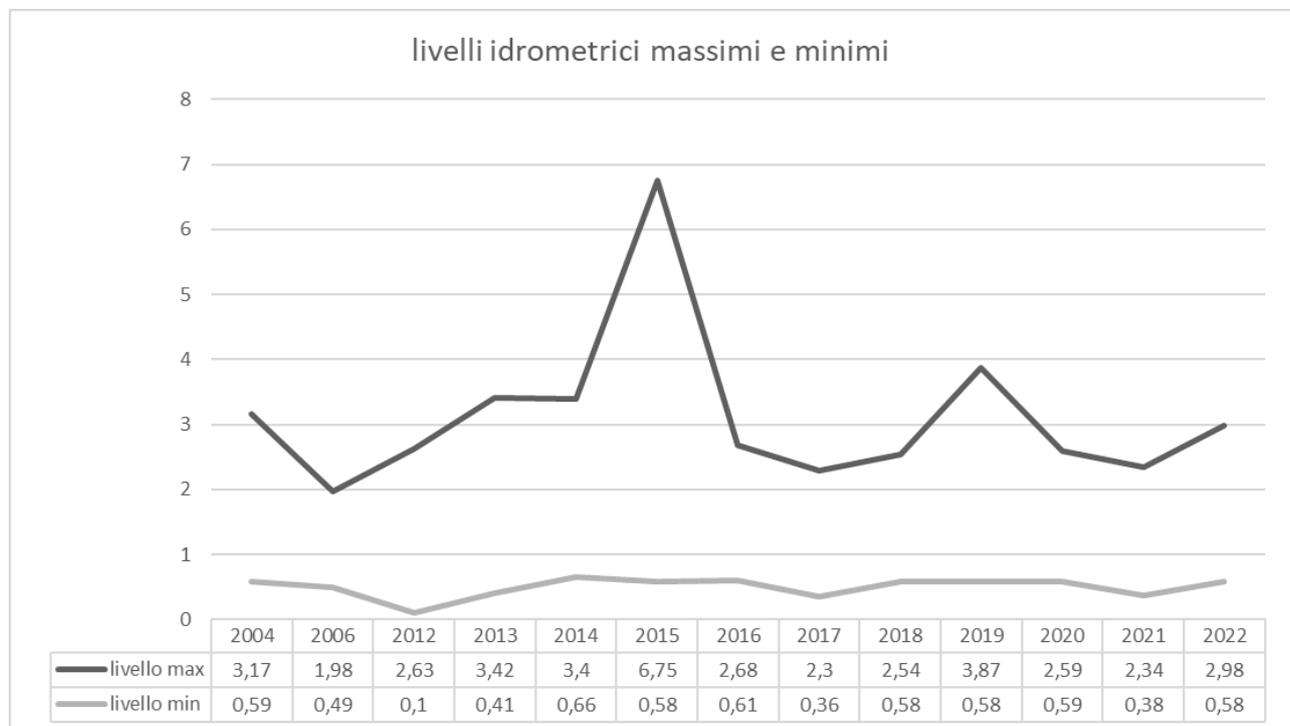
Come precedentemente indicato, il progetto è calato all'interno del perimetro del bacino dell'Arno.

Esso è situato, oltre che nell'area d'influenza del fiume Arno, in prossimità del torrente Mugnone. Per ciascuno dei due corsi d'acqua si sono ottenute le registrazioni giornaliere dei dati relativi ai livelli di pelo libero nel periodo 2003, 2004 2005 e nel periodo che va dal 2011 al 2022, provenienti dalle stazioni Firenze Uffizi e Ponte alle Mosse, rispettivamente per il fiume Arno e per il torrente Mugnone.

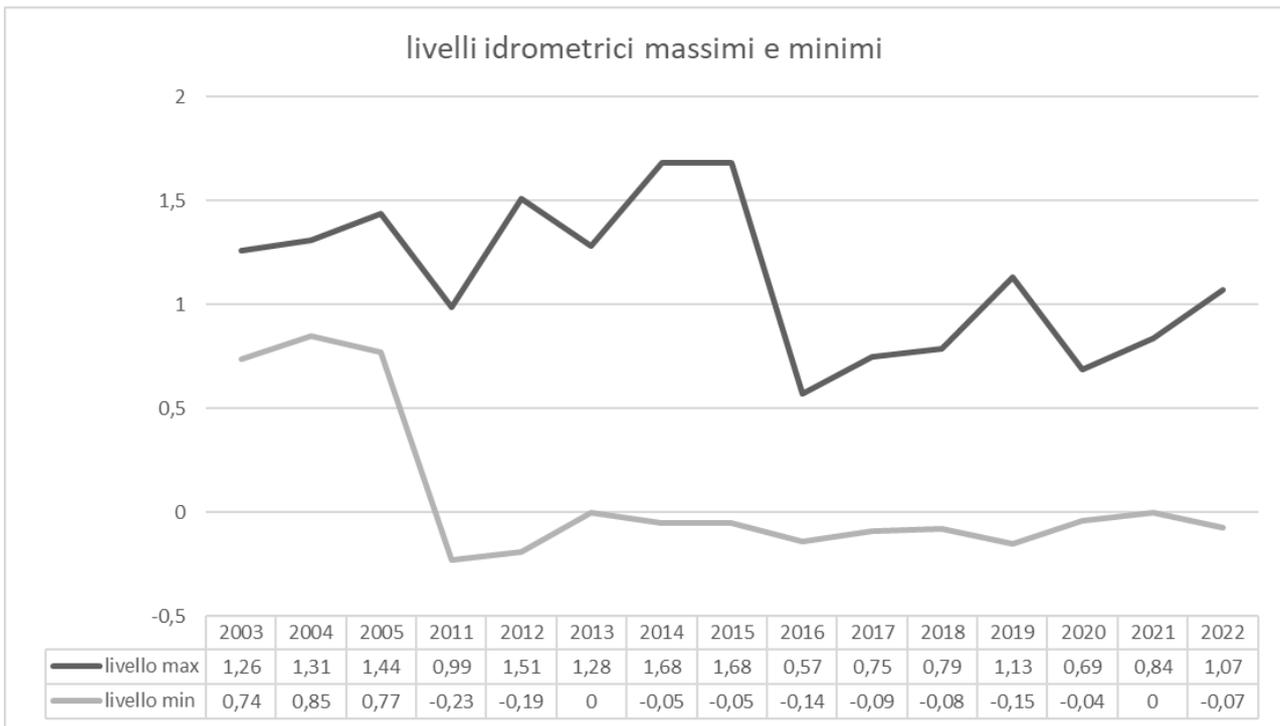
Seguono le considerazioni sui dati registrati.

4.1. DATI IDROMETRICI

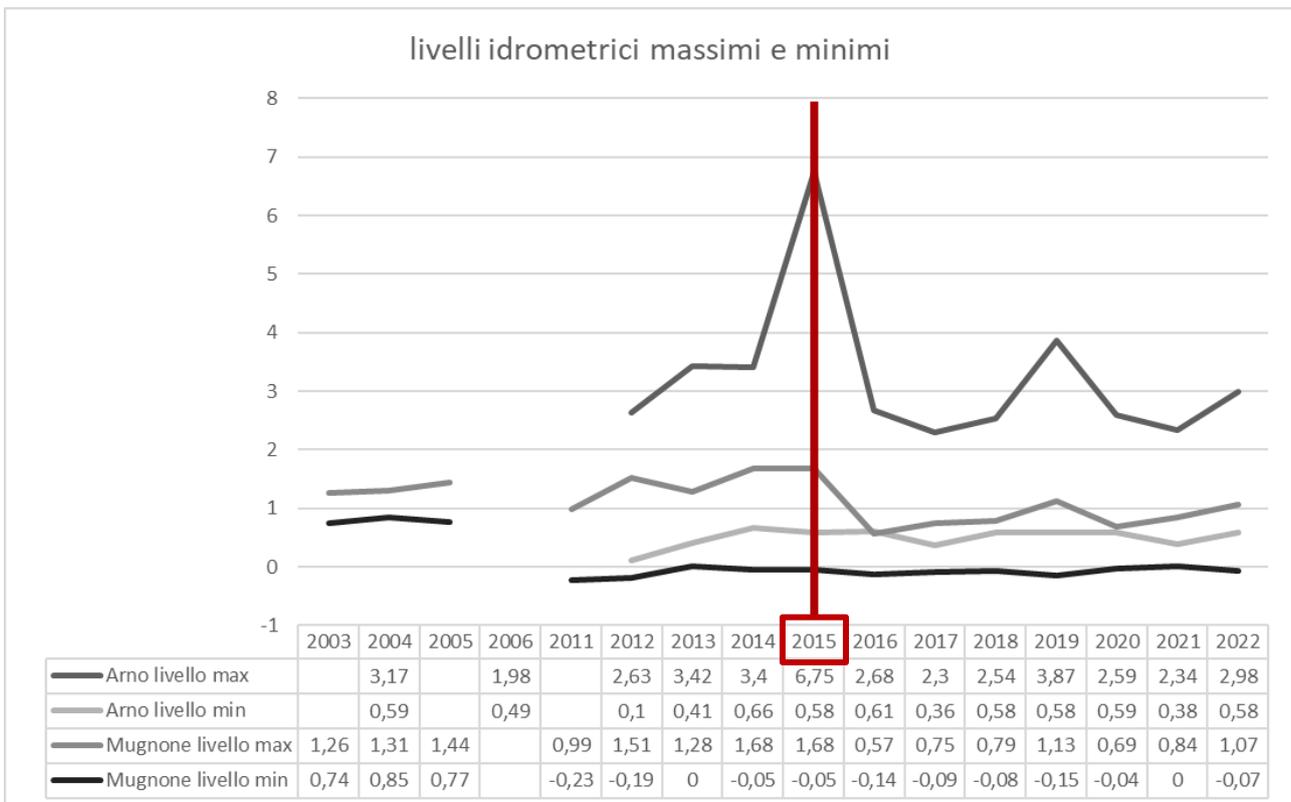
In riferimento a quanto registrato dall'idrometro della stazione di Firenze Uffizi, si riporta il grafico lineare che descrive i livelli massimi e minimi raggiunti dal fiume Arno negli anni 2004, 2006 e dal 2012 al 2022. Come rappresentato, l'anno in cui si è registrato il livello massimo di pelo libero è il 2015 con quasi 7m, il punto di minimo registrato tra i massimi livelli di pelo libero risale, invece al 2006 con circa 2m. Di contro, le registrazioni massime e minime sulla curva dei livelli minimi si sono effettuate rispettivamente nel 2014 con 0,66m e nel 2012 con 0,1m.



Si è ripetuto quanto già sviluppato per i dati registrati dalla stazione di Firenze Uffizi, anche per i dati provenienti dalla stazione Ponte alle Mosse che monitora i livelli idrometrici del torrente Mugnone nel periodo che va dal 2003 al 2005 e dal 2011 al 2022. Si evince, quindi, che nell'anno 2015 il livello del pelo libero del Mugnone ha superato 1,5m rimanendo comunque sotto la soglia dei 2m, il valore più basso del livello massimo si è stato toccato invece nel 2016 con circa 0,5m. Il valore massimo del livello minimo del pelo libero si è registrato nel 2004 con quasi 1m , al contrario il livello minimo si è riscontrato nel 2011 con -0,23m.



Sovrapponendo i due grafici è facile intuire che nell'anno 2015 si sono registrati i massimi livelli del pelo libero di entrambi i corsi d'acqua.



5. ANALISI DEL RISCHIO

Nel presente capitolo si descrivono i principali rischi, sotto il profilo idrologico, che interessano l'area oggetto d'intervento.

Il capitolo è strutturato attraverso tre paragrafi che interessano:

- Il rischio idraulico
- Il rischio alluvione
- Il rischio frane

Esso è stato redatto avvalendosi dei riferimenti cartografici e bibliografici pubblicati sul sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e della città Metropolitana di Firenze.

5.1. RISCHIO IDRAULICO

In funzione delle caratteristiche del reticolo idrografico del territorio di Firenze, il rischio idraulico un problema di primaria importanza. Gli eventi registrati testimoniano infatti una pericolosità idraulica diffusa, particolarmente rilevante in caso di precipitazioni abbondanti ed estese, capaci di determinare una repentina risposta nell'aumento dei livelli idrometrici.

Come riportato nella sezione rischio idraulico del sito della città Metropolitana di Firenze *"A fronte di una risposta rapida, ma con tempi sufficienti a monitorarne l'evoluzione del fiume Arno e degli affluenti principali nei tratti di rigurgito (mediante l'ausilio dei sistemi di monitoraggio della rete idro-pluviometrica regionale, che il Centro Funzionale mette a disposizione dei Centri Situazioni) e con la possibilità di prevedere, con un tempo sufficiente, l'evoluzione di un evento di piena sul fiume Arno e con tempi decisamente minori per gli altri principali corsi d'acqua (Fiume Arno, Sieve, Ombrone P.se, Bisenzio e Greve), le maggiori preoccupazioni sono rivolte al reticolo minore. Questo, infatti, per sua natura, presenta generalmente tempi di risposta agli eventi atmosferici particolarmente rapidi, che diminuiscono drasticamente anche i tempi necessari per l'allarme e le necessarie attivazioni.*

La situazione delle criticità è in parte descritta dalle Carte della pericolosità Idraulica e dalle Carte del Rischio Idraulico elaborate e redatte dalle Autorità di Bacino competenti le quali evidenziano la presenza di aree estremamente vulnerabili in zone di pertinenza fluviale o esondabili con rilevate ricorrenze.

Anche nel caso del Rischio Idraulico le autorità di bacino competenti nel territorio provinciale hanno adottato i PAI con impostazioni diverse (l'AdB del Fiume Arno ha prodotto cartografia della pericolosità idraulica (cfr. all. C2) mentre le restanti AdB hanno elaborato le corrispondenti carte del rischio) (cfr. all. C2).

Un'ulteriore criticità è rappresentata dalla presenza nel territorio provinciale di numerosi invasi (circa 300) (cfr. all. B11), di cui alla L.R. 91/98, soggetti alla competenza autorizzativa e di vigilanza provinciale. Alcuni di questi rappresentano, o possono rappresentare, un rischio per cose e/o persone. A questi si aggiungono le dighe e gli sbarramenti di interesse nazionale (cfr. all. B12), di competenza del R.I.D. (Registro Italiano Dighe), come definite dall'art.1 del DL 507/1994 convertito con L. n.584/1994, le quali sono dotate di un Foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione e di un "Documento di Protezione civile", predisposto dall'Ufficio periferico del R.I.D. e nelle more del processo di chiarificazione in corso in materia, attualmente approvato dalla Prefettura in conformità a quanto disposto da Circ. Min. LL.PP. 352/87 e Circ. PCM-DSTN 19/3/1996.

Con tale documento sono codificate le comunicazioni che il Gestore deve eseguire in situazioni di criticità: fase di pre-allerta (vigilanza), fase di allerta (vigilanza rinforzata), fase di allerta-pericolo (allarme tipo 1), fase di allerta-collasso (allarme tipo 2), manovre sugli organi di scarico.

Per quanto riguarda le opere di competenza provinciale (Art. 14 della L. 91/98), sono in corso verifiche sulle possibili criticità che saranno poi oggetto di apposite pianificazioni comunale, intercomunale e provinciale di emergenza."

In particolare l'opera in esame, essendo situata in un'area molto vicina al torrente Mugnone può essere interessata da fenomeni alluvionali dovuti ad esondazioni prevedibili in un tempo inferiore rispetto a quanto può avvenire per il fiume Arno.

Si rimanda all'elaborato grafico per la perimetrazione delle aree di rischio *Corografia dei bacini e pericolosità fluviale - 0002.00.F.ZZ.N5.ID0000.001.*



5.2. RISCHIO ALLUVIONE

Come si evince dal PGRA – Mappa del rischio di alluvione ai sensi del D.Lgs. 40/2010 e ss.mm.ii, dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale in cui vengono specificati quattro classi di rischio, l'area di inserimento dell'opera ricade nelle seguenti classi: R2) Rischio Medio; R3) Rischio elevato; R4) Rischio molto elevato.

Si rimanda all'allegato grafico *Cartografia aree a rischio PAI/PGRA - 0002.00.F.ZZ.N5.ID0000.002*.

5.3. RISCHIO FRANE

Come si evince dall'elaborato *Cartografia aree a rischio PAI/PGRA- 0002.00.F.ZZ.N5.ID0000.002* non sussiste un rischio frane per l'area in esame.



6. OSSERVAZIONI PLUVIOMETRICHE

Per la determinazione della curva di probabilità pluviometrica si è fatto riferimento a dati di pioggia relativi al comune di Firenze, dove è installata la stazione pluviometrica più vicina a via Circondaria, Firenze Università. Il bacino imbrifero in cui è posizionata tale stazione è quella dell'Arno, ad una quota media di 84 m s.l.m.m. I dati rilevati risalgono al periodo che va dal 1999 al 2017 e sono riportati nelle seguenti tabelle:

OSSERVAZIONE PLUVIOGRAFO COD. TOS01001096					
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI: FIRENZE UNIVERSITA'					
BACINO: ARNO					
QUOTA: 84m					
Anni di osservazione 17					
WGS84 [°]: LAT 43.799 LON 11.251					
Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1999	25,3	38,8	55,4	68,8	71,4
2001	28	31,4	32,6	38	45
2002	31,2	37,6	37,8	37,8	45,6
2003	50,2	72,8	78	79,8	96,2
2004	22,4	27,4	33	33,4	35
2005	25,4	41,6	47	47,2	58,2
2006	23,2	25	33,6	41,8	49
2007	21,8	37,2	52	52	52
2008	28,8	29,2	35	41,6	41,6
2009	17,4	25,6	27,6	36,4	45,8
2010	34,4	25,8	34,6	47	47,8
2011	28,8	42,6	56,8	56,8	60,6
2012	33,8	57,2	66,6	73,4	110,2
2013	22,4	28	47,2	47,6	47,6
2014	29	33,6	33,6	35,8	53
2015	34,6	40,8	40,8	40,8	48,8
2016	25,8	39,4	43,6	44	52,8
2017	29,2	36,8	41,4	44,8	50,6
media	28,43	37,27	44,26	48,17	56,18



Seguono i dati di pioggia relativi a durate inferiori l'ora:

OSSERVAZIONE PLUVIOGRAFO COD. TOS01001096								
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI: FIRENZE UNIVERSITA'								
BACINO: ARNO								
QUOTA: 84m								
Anni di osservazione 17								
WGS84 [°]: LAT 43.799 LON 11.251								
Anno	5	10	15	20	25	30	35	40
1999			16,4			24,4		
2001			13,8			26,2		
2002			13			20		
2003			23,8			34,6		
2004			11,8			20,2		
2005			16,8			19,6		
2006			13,6			17,4		
2007			15,4			18,2		
2008			12,4			23,6		
2009			10,6			12,8		
2010			23,4			25,8		
2011			13,8			20,2		
2012			11,2			18,6		
2013			12,6			18,8		
2014			14,2			17,2		
2015			14,8			21,6		
2016			12,4			20,2		
2017			11,6			22,4		
media	0	0	14,53	0	0	21,21	0	0

7. DEFINIZIONE DELLA CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

A partire dalle altezze massime di pioggia relative alle durate di 1,3,6,12,24 ore si è determinata la curva di probabilità pluviometrica avente in generale espressione:

$$h = a \times t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia (m)

t = durata della pioggia (ore)

a, n = coefficienti da determinare.

Si evince chiaramente che l'altezza di pioggia è funzione del tempo di pioggia. La suddetta espressione verrà ricercata secondo il metodo probabilistico.

Si adotta la distribuzione di Gumbel facendo riferimento, solo a titolo d'esempio, a periodi di ritorno pari a 5-10-15-20anni. Questo per mettere in evidenza come al crescere del periodo di ritorno cresca anche il valore dell'altezza di pioggia massima.

Risulta allora:



$t = 1, 3, 6, 12, 24$ ore

$T =$ periodo di ritorno

$K_T =$ coefficiente di crescita

$$K_T = \frac{1 - K' \times \log \ln \frac{T}{T-1}}{1 + 0.251 \times K'} \quad \text{dove } K' \text{ è tale che:}$$

$$\frac{1.795}{K'} = \frac{1}{C_v} - 0.45$$

$C_v =$ coefficiente di variazione

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu}$$

$$\sigma = \text{scarto quadratico medio} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}}$$

$\mu =$ media.

Tale valore verrà calcolato per ogni durata di pioggia.

Il valore definitivo di C_v sarà calcolato secondo la media pesata dei vari C_{vi} ossia:

$$C_v = \frac{\sum_{i=1}^5 n_i \times C_{vi}}{\sum_{i=1}^5 n_i}$$

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot K_T$$

tali valori possono essere interpolati mediante una retta detta retta dei minimi quadrati.

Con tale retta, noto C_v e fissato T resta univocamente determinato K_T .

Per determinare il valore di μ_t , i valori medi dei massimi annui per ogni durata di pioggia vengono riportati su un grafico logaritmico ($\log t; \log h$). In tale diagramma restano determinati i valori di μ_t per ogni durata.

Tale retta in tale grafico avrà equazione:

$\log \mu = a + n \log t$ dalla quale ricavo:

$$\mu_t = A \times t^n \quad \text{essendo } A = 10^a$$

Di seguito si riportano i valori calcolati:



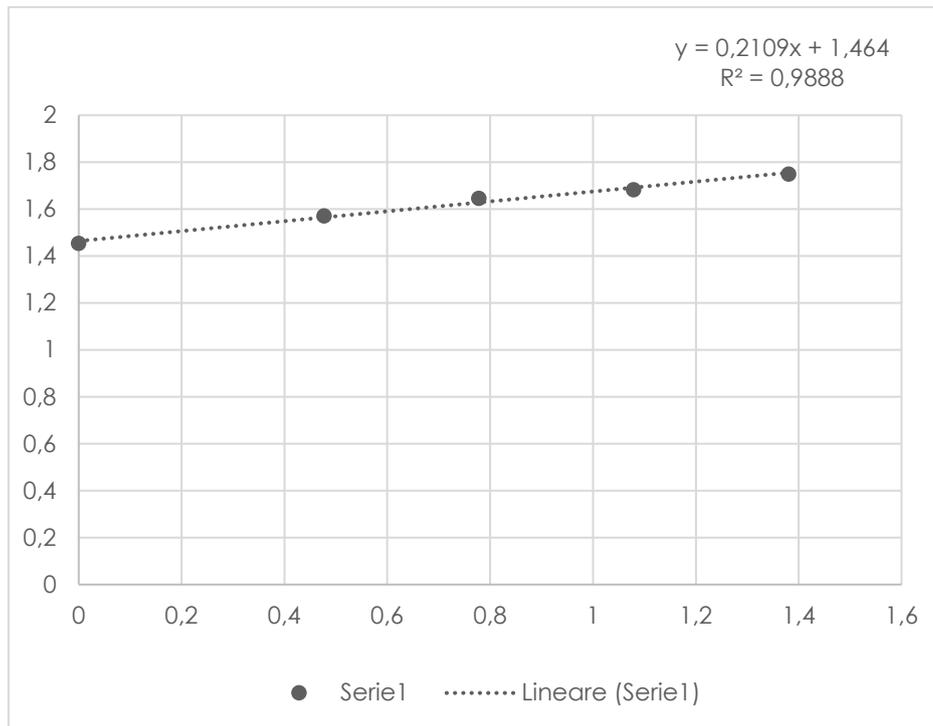
OSSERVAZIONE PLUVIOGRAFO COD. TOS01001096

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI: FIRENZE UNIVERSITA'										
BACINO: ARNO										
QUOTA: 84m										
Anni di osservazione 17										
WGS84 [°]: LAT 43.799 LON 11.251										
Anno	1h	log 1h	3h	log 3h	6h	log 6h	12h	log 12h	24h	log 24h
1999	25,3	1,40	38,8	1,59	55,4	1,74	68,8	1,84	71,4	1,85
2001	28	1,45	31,4	1,50	32,6	1,51	38	1,58	45	1,65
2002	31,2	1,49	37,6	1,58	37,8	1,58	37,8	1,58	45,6	1,66
2003	50,2	1,70	72,8	1,86	78	1,89	79,8	1,90	96,2	1,98
2004	22,4	1,35	27,4	1,44	33	1,52	33,4	1,52	35	1,54
2005	25,4	1,40	41,6	1,62	47	1,67	47,2	1,67	58,2	1,76
2006	23,2	1,37	25	1,40	33,6	1,53	41,8	1,62	49	1,69
2007	21,8	1,34	37,2	1,57	52	1,72	52	1,72	52	1,72
2008	28,8	1,46	29,2	1,47	35	1,54	41,6	1,62	41,6	1,62
2009	17,4	1,24	25,6	1,41	27,6	1,44	36,4	1,56	45,8	1,66
2010	34,4	1,54	25,8	1,41	34,6	1,54	47	1,67	47,8	1,68
2011	28,8	1,46	42,6	1,63	56,8	1,75	56,8	1,75	60,6	1,78
2012	33,8	1,53	57,2	1,76	66,6	1,82	73,4	1,87	110,2	2,04
2013	22,4	1,35	28	1,45	47,2	1,67	47,6	1,68	47,6	1,68
2014	29	1,46	33,6	1,53	33,6	1,53	35,8	1,55	53	1,72
2015	34,6	1,54	40,8	1,61	40,8	1,61	40,8	1,61	48,8	1,69
2016	25,8	1,41	39,4	1,60	43,6	1,64	44	1,64	52,8	1,72
2017	29,2	1,47	36,8	1,57	41,4	1,62	44,8	1,65	50,6	1,70
media	28,43	1,45	37,27	1,57	44,26	1,65	48,17	1,68	56,18	1,75

ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

h	1	3	6	12	24
Ni	19	19	19	19	19
μi	28,428	37,267	44,256	48,167	56,178
σi	7,183	11,983	13,293	13,377	18,944
Cvi	0,253	0,322	0,300	0,278	0,337
Cv	0,2979				
K'	0,6175				

Retta dei minimi quadrati:



CALCOLO DEL COEFFICIENTE KT IN FUNZIONE DI T				
Tempo di ritorno	5 anni	10 anni	15 anni	20 anni
KT	1,21	1,39	1,49	1,56
PARAMETRI RETTA MINIMI QUADRATI				
a	29,107			
n	0,211			

I valori calcolati sono relativi a piogge di durata superiore l'ora. Per quanto riguarda le durate inferiori l'ora, si procederà come segue:



OSSERVAZIONE PLUVIOGRAFO COD. TOS01001096

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:FIRENZE UNIVERSITA'								
BACINO: ARNO								
QUOTA: 84m								
Anni di osservazione 17								
WGS84 [°]: LAT 43.799 LON 11.251								
Anno	5	10	15	20	25	30	35	40
1999			16,4			24,4		
2001			13,8			26,2		
2002			13			20		
2003			23,8			34,6		
2004			11,8			20,2		
2005			16,8			19,6		
2006			13,6			17,4		
2007			15,4			18,2		
2008			12,4			23,6		
2009			10,6			12,8		
2010			23,4			25,8		
2011			13,8			20,2		
2012			11,2			18,6		
2013			12,6			18,8		
2014			14,2			17,2		
2015			14,8			21,6		
2016			12,4			20,2		
2017			11,6			22,4		
media	0	0	14,53	0	0	21,21	0	0

Partendo dai dati di pioggia relativi a durate inferiori l'ora si sono calcolati anno per anno i valori medi rilevati nella stazione pluviografica prima enunciata, di tali valori si sono ricavati i valori medi delle durate e delle altezze di pioggia, di tali valori si sono ricavati i valori logaritmici e si è assunta come legge delle piogge per $t < 1$ ora la retta logaritmica passante per tale punto e l'intercetta della legge delle piogge con la verticale per la durata di 1 ora.

	log(t)	log(h)
VALORI MEDI	-0,503	1,24
INTERCETTA DURATA 1 ORA	0	1,46

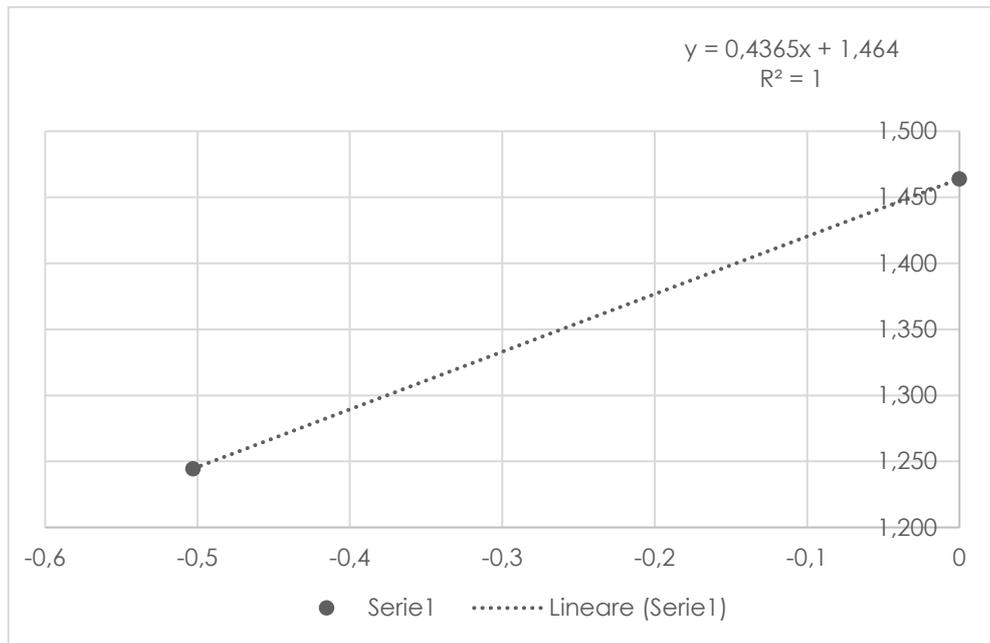
La retta avrà i seguenti parametri:

PARAMETRI RETTA	
a	29,107
n	0,979

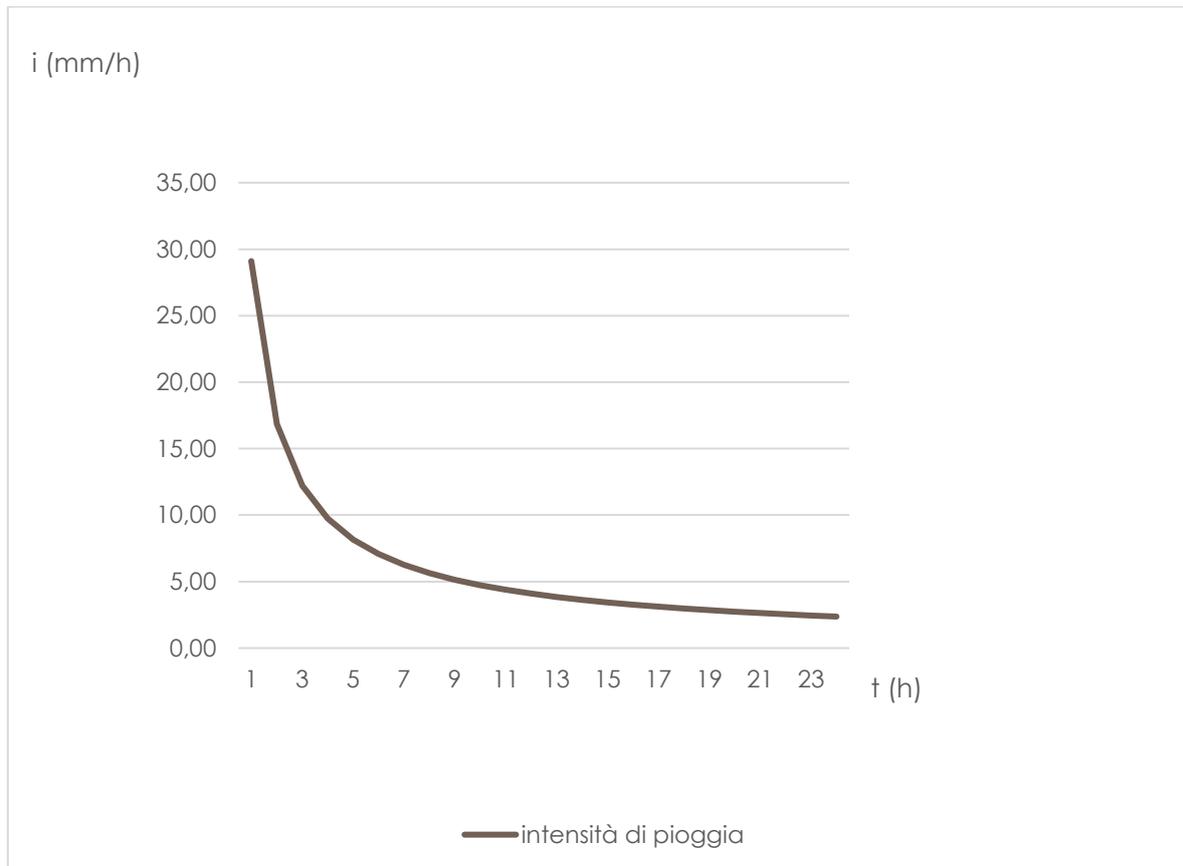
Con tali parametri viene fuori la seguente legge della pioggia:



Retta di Probabilità Pluviometrica



8. CURVA D'INTENSITÀ DI PIOGGIA



$$i = 29,107 \times (t^{0,979}) / t$$

t (h)	i (mm/h)	t (h)	i (mm/h)
1	29,11	13	3,85
2	16,84	14	3,63
3	12,23	15	3,44
4	9,75	16	3,26
5	8,17	17	3,11
6	7,08	18	2,97
7	6,27	19	2,85
8	5,64	20	2,74
9	5,14	21	2,63
10	4,73	22	2,54
11	4,39	23	2,45
12	4,10	24	2,37