

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J11H03000030008

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA MODANE-TORINO**

**ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**

Relazione idrologica

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

NT01 05 D 26 RH ID0001 001 1

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
1	Emissione Esecutiva	S.Scafa 	Gennaio 2020	F.Sacchi 	Gennaio 2020	F. Perrone 	Gennaio 2020	 	

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>CENNI DI CLIMATOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>LSPP - AUTORITÀ DI BACINO DEL PO .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>INTERPOLAZIONE DEI PARAMETRI PLUVIOMETRICI.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3</b>	<b>RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>VALORI ADOTTATI .....</b>	<b>19</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1.1- INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO .....	4
FIGURA 3.1- LOCALIZZAZIONE DELL’AREA DI INTERVENTO .....	6
FIGURA 3.2- INQUADRAMENTO DEL BACINO DELLA DORA RIPARIA .....	7
FIGURA 3.3- DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO .....	7
FIGURA 3.4- SUDDIVISIONE TERRITORIALE IN DISTRETTI .....	8
FIGURA 3.5- ANOMALIA DI PRECIPITAZIONE PER L’ANNO 2015 RISPETTO ALLA NORMA 1971-2000 .....	9
FIGURA 4.1- INDIVIDUAZIONE CELLE DI RIFERIMENTO PAI 7. NORME DI ATTUAZIONE- ALLEGATO 3 .....	12
FIGURA 4.2- NORME DI ATTUAZIONE_ ALLEGATO 3 - CARATTERIZZAZIONE CELLA AL104 DI RIFERIMENTO PAI .....	13
FIGURA 4.3- NORME DI ATTUAZIONE_ ALLEGATO 3 - CARATTERIZZAZIONE CELLA AF102 DI RIFERIMENTO PAI .....	13
FIGURA 4.4- INTERPOLAZIONI A ED N PER Tr=25 ANNI PER LA SSE DEL COMUNE DI AVIGLIANA .....	14
FIGURA 4.5- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN’ORA.....	15
FIGURA 4.6- INTERPOLAZIONI A ED N PER Tr=25 ANNI PER LA SSE DEL COMUNE DI BORGONE .....	15
FIGURA 4.7- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN’ORA.....	16
FIGURA 4.8 - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA INFERIORE AD UN’ORA PER LA SSE NEL COMUNE DI AVIGLIANA .....	17
FIGURA 4.9 - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA INFERIORE AD UN’ORA PER LA SSE NEL COMUNE DI BORGONE .....	18

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 4.I - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD 1 H.....	14
TABELLA 4.II - PARAMETRI A E N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN’ORA .....	15
TABELLA 4.III - PARAMETRI A E N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN’ORA.....	16

	<b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 05	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. 1

## 1 INTRODUZIONE

Obiettivo della presente relazione è la definizione dei dati pluviometrici per piogge intense di breve durata con la stima dei necessari parametri pluviometrici a supporto della progettazione definitiva delle nuove sottostazioni elettriche in progetto nelle località di Borgone e Avigliana sulla linea Torino-Bardonecchia-Modane.

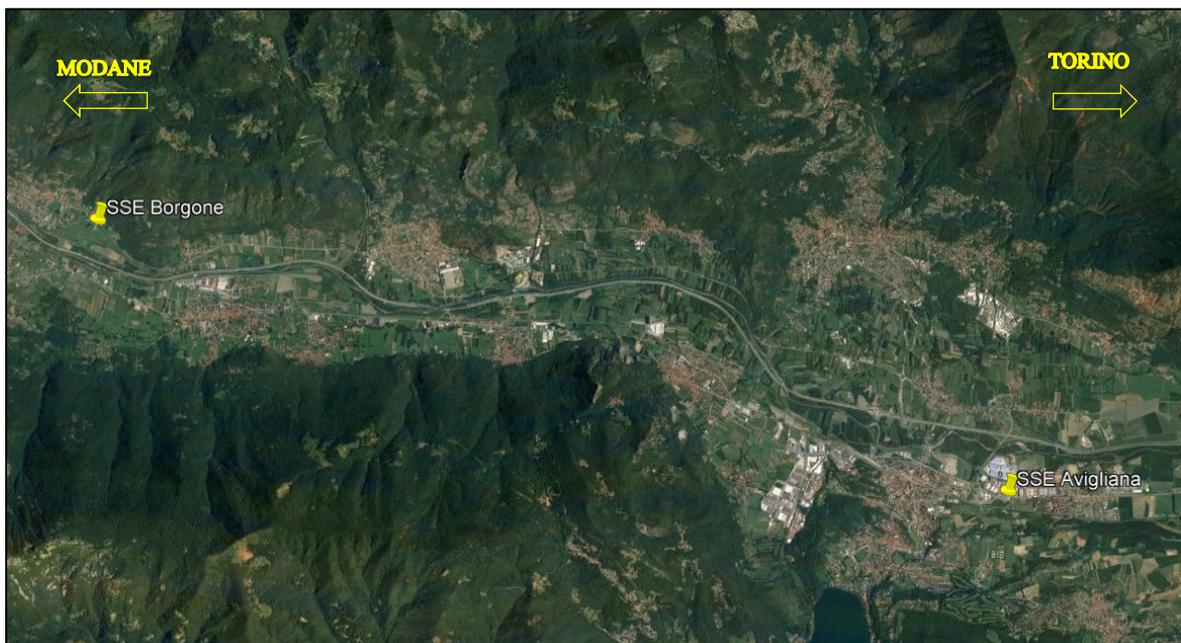


Figura 1.1- Inquadramento area di intervento

L'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- Reperimento della cartografia di base: scale variabili: 1:2000;
- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluvio-meteorologico dell'area durante gli eventi di pioggia estremi;
- Raccolta ed analisi preliminare dei dati pluviometrici;
- Analisi statistica delle piogge intense e determinazione delle curve di probabilità pluviometrica rappresentative.

Lo studio idrologico è finalizzato alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, che verranno assunte nelle successive verifiche idrauliche. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle costruzioni.

Le curve di probabilità pluviometrica sono state stimate per periodi di ritorno pari a 20, 25, 100, 200 e 500 anni.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 05	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. 1

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016) .
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016) .
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 6 novembre 2003, n. 367. Dlgs 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Dpr 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.
- Regolamento regionale n. 1/R del 20 febbraio 2006 – “Regolamento regionale recante: disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (L.r. n. 61 del 29 dicembre 2000) .
- Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009, n. 2-11830 Indirizzi per l'attuazione del PAI: sostituzione degli allegati 1 e 3 della DGR. 45-6656 del 15 luglio 2003 con gli allegati A e B. Allegato B - Criteri tecnici per la valutazione della pericolosità e del rischio lungo il reticolo idrografico.

Il progetto in essere considera inoltre:

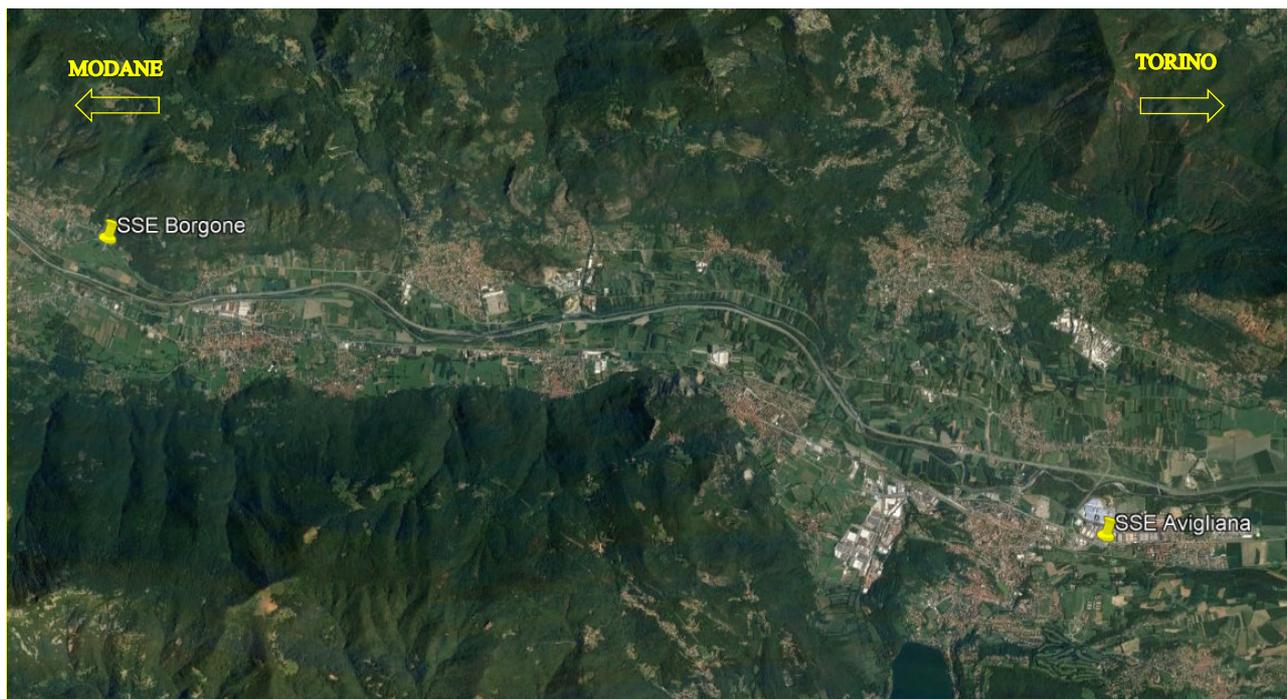
- “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza del Po e del fiume Toce nel tratto da Masera alla Foce” effettuato dall’Autorità di Bacino del Fiume Po.

	<b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 05	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. 1

### 3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Le nuove sottostazioni elettriche, oggetto di intervento, ricadono nel comune di Borgone e nel comune di Avigliana.

In Figura 3.1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Google Heart).

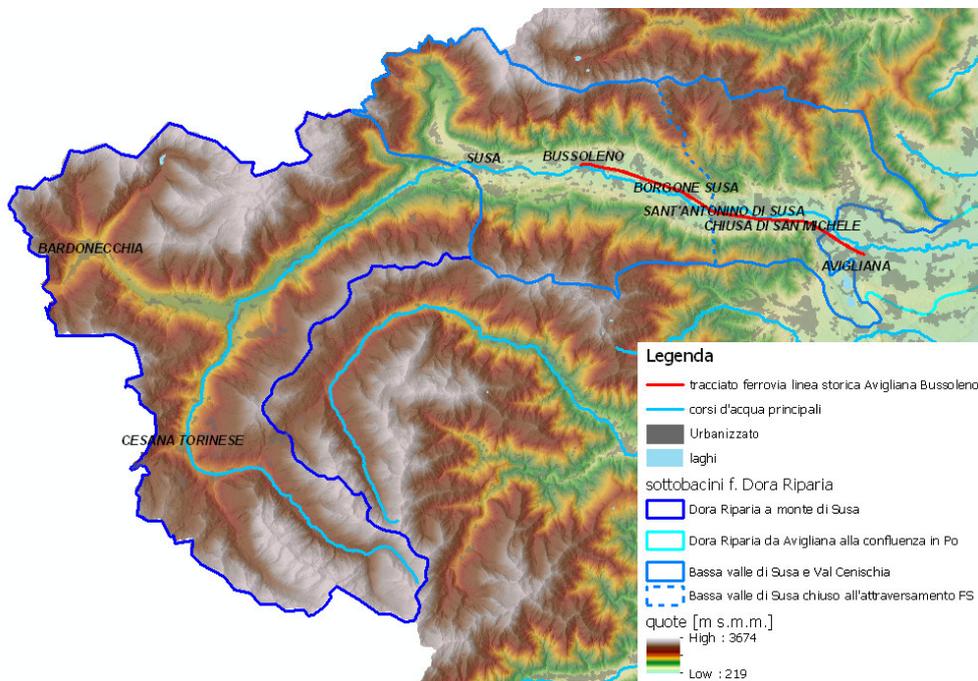


**Figura 3.1- Localizzazione dell'area di intervento**

L'intervento di ammodernamento della linea Bussoleno - Avigliana percorre la Valle di Susa all'interno del bacino della Dora Riparia. Il fiume Dora Riparia nasce dalla confluenza del Ripa con la Piccola Dora in comune di Cesana Torinese, il suo corso drena l'intera Valle di Susa prima di confluire nel Po in comune di Torino. I principali affluenti sono la Dora di Bardonecchia che confluisce in sinistra in comune di Oulx ed il torrente Cenischia che confluisce sempre in sinistra in corrispondenza dell'abitato di Susa.

A monte del comune di Susa il bacino presenta una estensione di circa 700 km<sup>2</sup> ed una lunghezza dell'asta di circa 57 km. A valle della confluenza del T. Cenischia il bacino drenato assomma a circa 844 km<sup>2</sup> con una altezza media pari a 2021 m.s.m.m. A valle dell'abitato di Susa, la valle si dispone orientata approssimativamente lungo la direttrice est-ovest ed i tributari laterali, sebbene talvolta di discreta estensione, rappresentano principalmente il drenaggio dei versanti della valle principale.

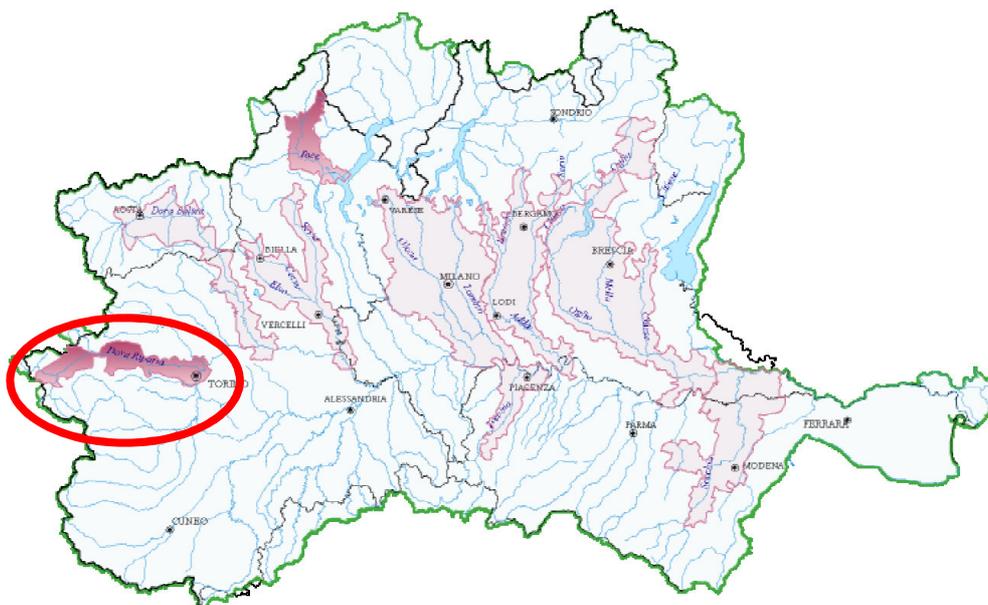
Nel tratto tra Bussoleno e Avigliana confluiscono in destra, tra i principali, il rio Gerardo, il Torrente Gravio di Villar Focchiardo, in sinistra invece si hanno il Rio Moletta, il Rio Prebech e il Rio Pissaglio.



**Figura 3.2- Inquadramento del bacino della Dora Riparia**

Le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico della "Dora Riparia" ricadente all'interno del bacino idrografico del fiume Po, pertanto le competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino del fiume Po e al PAI in vigore.

Nell'immagine a seguire i principali bacini idrografici gestiti, fino a febbraio 2017, dall'Autorità di Bacino del fiume Po; in rosso il bacino idrografico della Dora Riparia.



**Figura 3.3- Distretto idrografico Padano**

Il 22 dicembre 2000 è stata adottata la Direttiva 2000/60/CE per la tutela delle acque, recepita in Italia attraverso il d.lgs. n.152 del 3 aprile 2006. L'articolo n. 64 prevede la ripartizione del territorio nazionale in 8

distretti idrografici e non più in Bacini Idrografici. Ciascun distretto deve dotarsi di piano di gestione, la cui competenza spetta alla corrispondente Autorità di distretto idrografico, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



**Figura 3.4- Suddivisione territoriale in distretti**

Gli interventi in progetto ricadono nell'area di intervento del Distretto idrografico Padano le cui competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

L'analisi di compatibilità idraulica dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare gli strumenti legislativi da analizzare sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

### 3.1 CENNI DI CLIMATOLOGIA

La caratterizzazione climatologica di interesse per il presente lavoro è quella relativa alle precipitazioni meteoriche. Si presentano di seguito i risultati degli studi condotti in merito da ARPA Piemonte e dal CREST (Centro Regionale per la Tutela della Biodiversità degli Ambienti Acquatici C/o Ente di Gestione del Parco Naturale Regionale dei Laghi di Avigliana (Regione Piemonte).) per la Provincia di Torino.

Precipitazioni intense: nell'ultimo decennio, la quantità di precipitazione giornaliera corrispondente al 95° percentile della distribuzione, considerando solo i giorni di pioggia, è aumentata quasi ovunque sulla regione, con una variazione significativa nell'area del Verbano, corrispondente ad una variazione fino al 50% del valore del periodo trentennale antecedente. Anche le zone a ridosso dei rilievi appenninici mostrano un aumento importante, corrispondente ad una variazione fino a quasi il 30% del valore del periodo trentennale

antecedente. A parità di pioggia cumulata questo risultato sembra indicare uno spostamento della coda della distribuzione della precipitazione giornaliera verso eventi più severi, in modo però non uniforme sulla regione. Anche il numero di giorni all'anno in cui la precipitazione giornaliera supera il valore corrispondente al 95° percentile della distribuzione è aumentato sulla zona del Verbano ed in quelle a ridosso dei rilievi appenninici. Questa variazione indicherebbe l'aumento di eventi severi in tali aree.

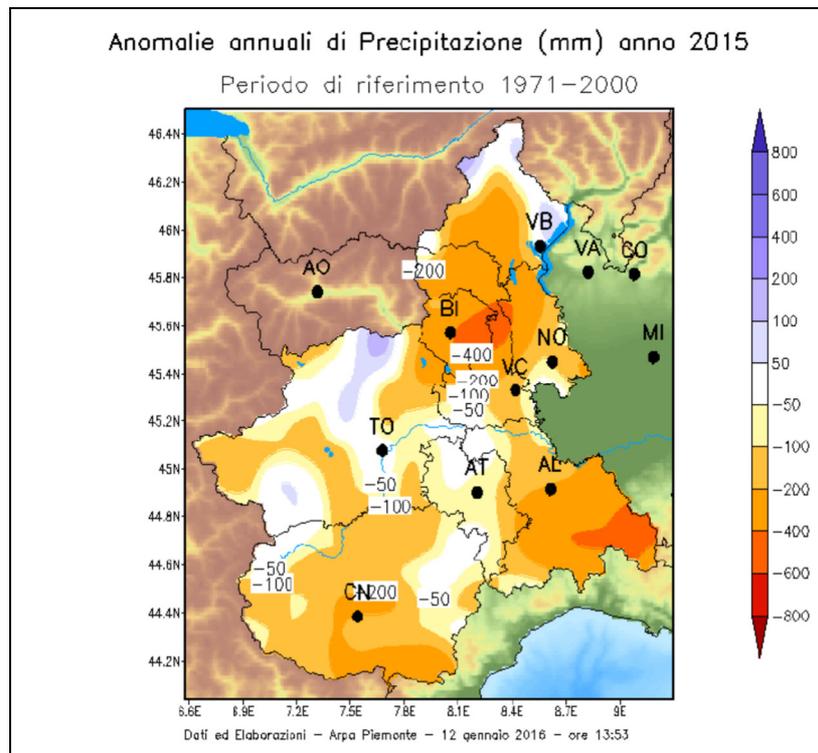
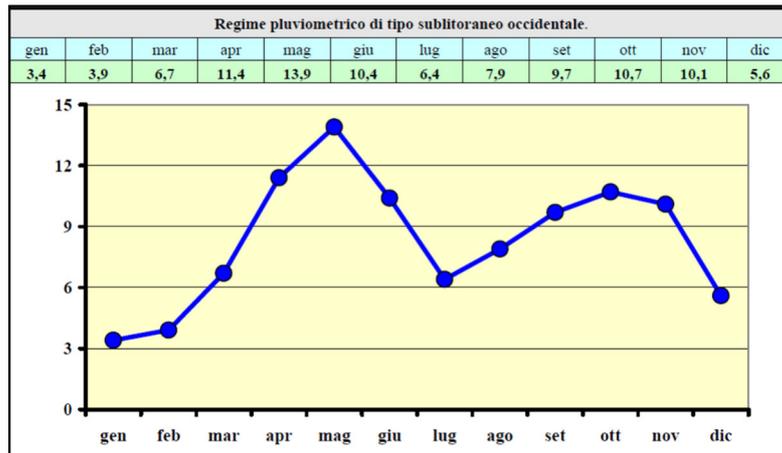


Figura 3.5- Anomalia di precipitazione per l'anno 2015 rispetto alla norma 1971-2000

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 05	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. 1

## 4 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per il dimensionamento dei diversi manufatti idraulici in particolare per la valutazione dei tiranti idrici.

Lo studio idrologico deve fornire l'inquadramento generale dell'area di studio sulla base dei dati idro-climatici ufficiali (Servizio Idrografico), delle caratteristiche morfologiche e di copertura del suolo e di eventuali altri studi disponibili.

In generale è preferibile utilizzare analisi già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle LSPP dell'area in esame. In caso contrario:

- Per bacini privi di strumentazione, potrebbe essere utilizzata una qualsiasi delle analisi di frequenza sulle portate di piena già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle portate di piena nel corso d'acqua in esame;
- In assenza di un'analisi regionale ufficiale o qualora la stessa non risulti applicabile a causa di consistenti regolazioni dei deflussi o altre caratteristiche peculiari del bacino in esame, dovrà essere selezionata la metodologia più appropriata per la stima dei dati di portata necessari. Allo scopo potranno essere impiegati i metodi sviluppati da vari Autori o enti o modelli afflussi-deflussi, quali quelli basati sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Nel progetto in essere sono stati utilizzati i valori delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'Allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" delle Norme di attuazione del PAI.

### 4.1 LSPP - AUTORITÀ DI BACINO DEL PO

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), all'art.10 delle Norme di attuazione, dispone:

*"L'Autorità di bacino definisce, con propria direttiva:*  
*- i valori delle portate di piena e delle precipitazioni intense da assumere come base di progetto e relativi metodi e procedure di valutazione per le diverse aree del bacino;*  
*- i criteri e i metodi di calcolo dei profili di piena nei corsi d'acqua;*  
*[...]"*

La "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", in attuazione dell'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI dell'Autorità di bacino del Fiume Po, fornisce i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d'acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d'acqua, il profilo della piena di progetto.

*Ai fini di quanto richiesto dall'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI, la direttiva è costituita dai seguenti punti:*  
*- delimitazione dei sottobacini idrografici nella porzione collinare e montana del bacino del Po e degli ambiti idrografici di pianura;*

- stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali nelle stazioni di misura delle precipitazioni;
- analisi della distribuzione spaziale delle precipitazioni intense;
- indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni;
- stima delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali;
- definizione del profilo di piena di progetto per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali.

La legge di dipendenza della media dei massimi di precipitazione con la durata può esprimersi, nel caso più semplice, come:

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

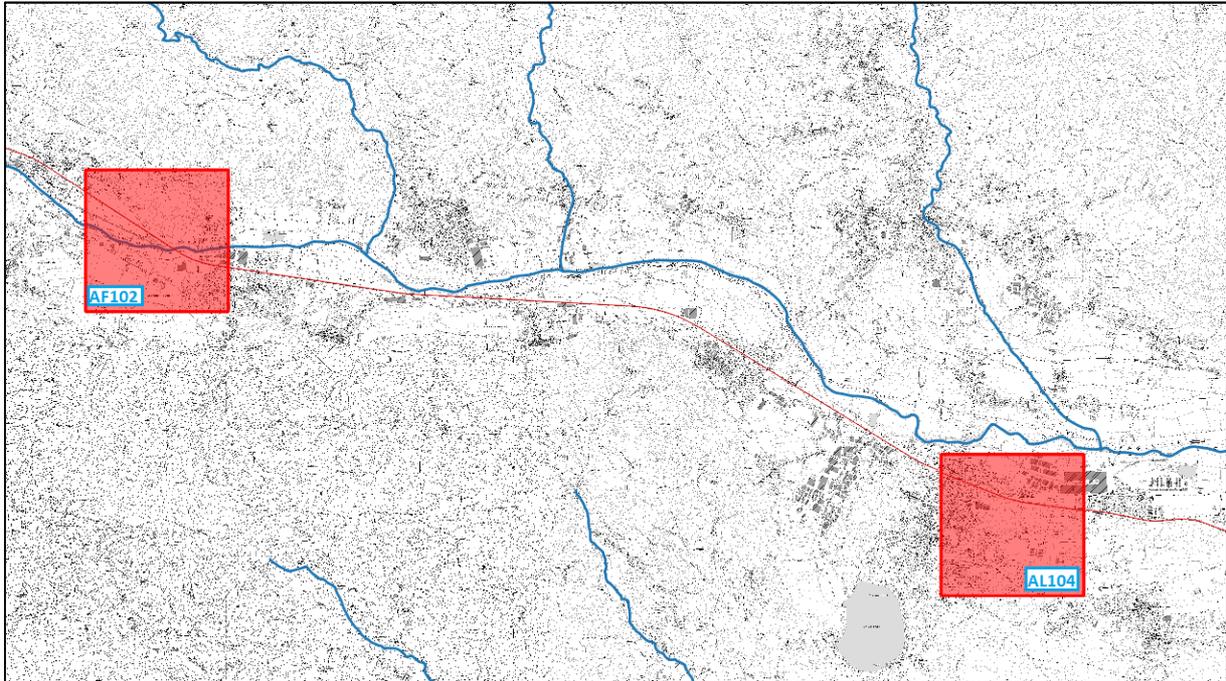
in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata dall'Autorità di Bacino sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Nel procedere al calcolo dei parametri a ed n, sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata inoltre condotta dall'Autorità di bacino, all'interno della "Direttiva", un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri "a" ed "n" delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono rappresentati nell'Allegato 3; gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia.

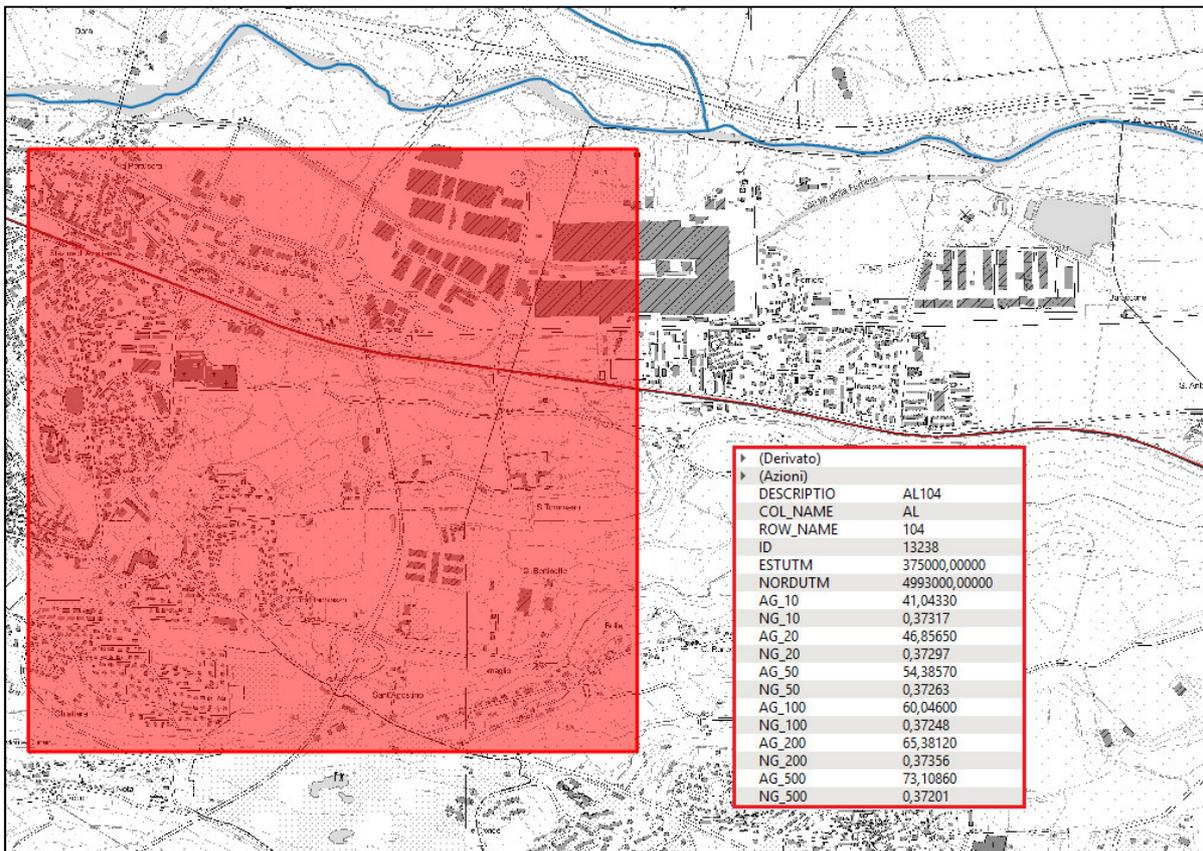
In Figura 4.1 si evidenziano le celle della Griglia di Dati in cui ricadono gli interventi in oggetto.



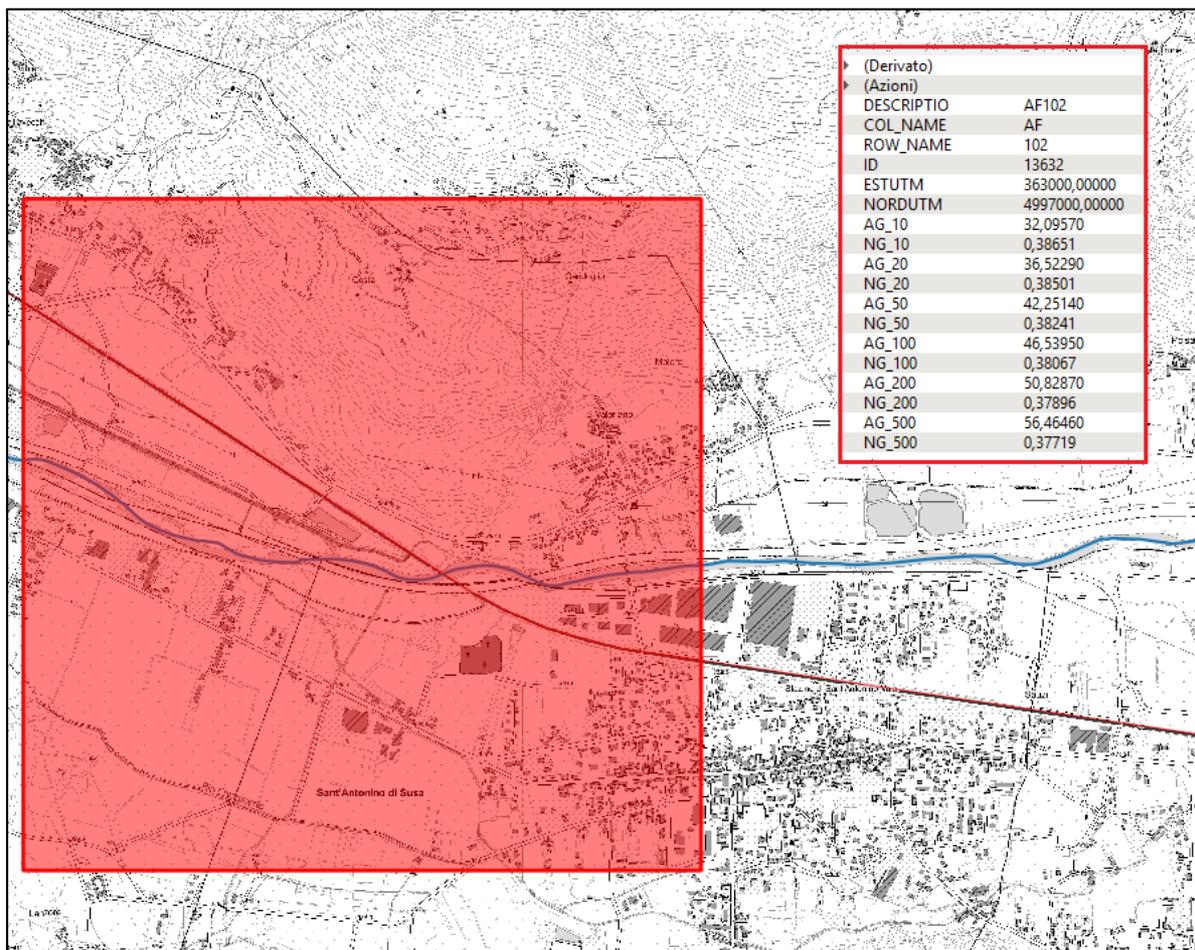
**Figura 4.1- Individuazione celle di riferimento PAI 7. Norme di attuazione- Allegato 3**

In dettaglio i parametri pluviometrici delle celle di interesse:

- SSE AVIGLIANA



CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AL104	41,043	0,373	46,857	0,373	54,386	0,373	60,046	0,372	65,381	0,372	73,109	0,372

**Figura 4.2- Norme di attuazione\_Allegato 3 - Caratterizzazione cella AL104 di riferimento PAI**
**- SSE BORGONE**


CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AF102	32,096	0,387	36,523	0,385	42,251	0,382	46,540	0,381	50,829	0,379	56,465	0,377

**Figura 4.3- Norme di attuazione\_Allegato 3 - Caratterizzazione cella AF102 di riferimento PAI**
**4.2 INTERPOLAZIONE DEI PARAMETRI PLUVIOMETRICI**

Nel progetto in essere si è fatto riferimento all'*Allegato 3\_Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense del PAI 7. Norme di attuazione* per l'estrapolazione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Di seguito una sintesi:

La "Direttiva" riporta inoltre:

*I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale. Nelle parti del bacino ove sono*

disponibili, possono essere utilizzati, in alternativa, i risultati derivanti da studi di regionalizzazione, che siano stati predisposti a cura della Regione interessata.

Vista la distanza notevole tra le due sottostazioni elettriche non si ritiene adeguato utilizzare una sola curva di pioggia per la progettazione dell'intervento in oggetto si è preferito quindi, non fare un'interpolazione dai dati pluviometrici delle varie celle in cui ricade l'intervento, ma utilizzare due curve pluviometriche differenti.

Di seguito i parametri presi in riferimento per il dimensionamento delle opere idrauliche relativamente ai due interventi:

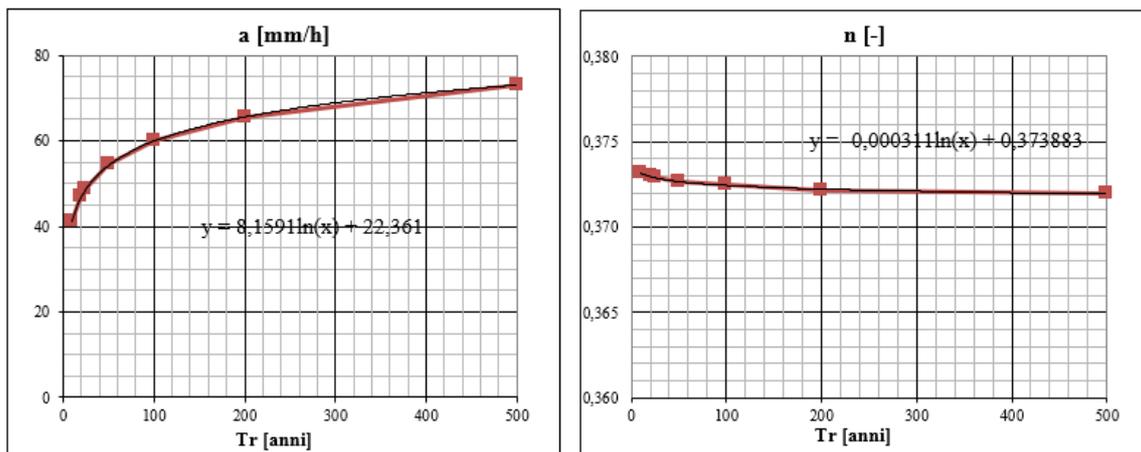
SSE	CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
		a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
SSE Borgone	AF102	32,096	0,387	36,523	0,385	42,251	0,382	46,540	0,381	50,829	0,379	56,465	0,377
SSE Avigliana	AL104	41,043	0,373	46,857	0,373	54,386	0,373	60,046	0,372	65,381	0,372	73,109	0,372

**Tabella 4.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad 1 h**

Il Manuale di Progettazione ferroviaria di RFI definisce i tempi di ritorno da utilizzare per il dimensionamento delle opere idrauliche in funzione dell'importanza strategica del manufatto. Per le opere idrauliche relative alla piattaforma ferroviaria il tempo di ritorno con cui dimensionare è di 100 anni mentre per alcuni manufatti il tempo di ritorno di riferimento è 25 anni. Si evince la necessità di definire i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 25 anni attraverso l'interpolazione dei parametri forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po precedentemente definiti.

A seguire le curve di interpolazione che permettono di definire i parametri pluviometrici relativi al tempo di ritorno di 25 anni:

- SSE Avigliana



**Figura 4.4- Interpolazioni a ed n per Tr=25 anni per la SSE del comune di Avigliana**

I parametri di riferimento per il tempo di ritorno di 25 anni, ottenuti dalle interpolazioni, sono:

SSE	CELLA PAI	Tr = 25 anni	
		a [mm/h]	n [-]
SSE Avigliana	AL104	48,628	0,373

In Figura 4.5 si riporta la curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolata per piogge di durata maggiori di 1 h.

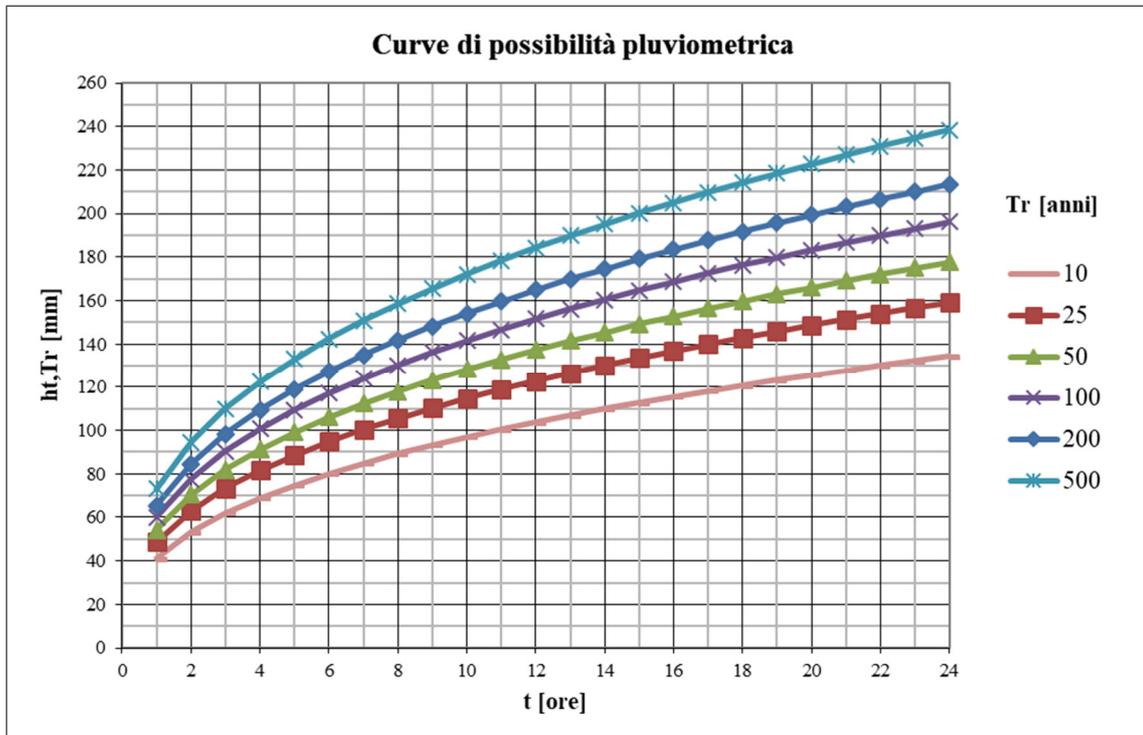


Figura 4.5- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

I valori dei parametri idrologici utilizzati nel progetto in essere sono:

SSE	CELLA PAI	Tr=10 anni		Tr=20 anni		Tr=25 anni		Tr=50 anni		Tr=100 anni		Tr=200 anni		Tr=500 anni	
		a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]						
SSE Avigliana	AL104	41,043	0,373	46,857	0,373	48,628	0,373	54,386	0,373	60,046	0,372	65,381	0,372	73,109	0,372

Tabella 4.II - Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

- SSE Borgone

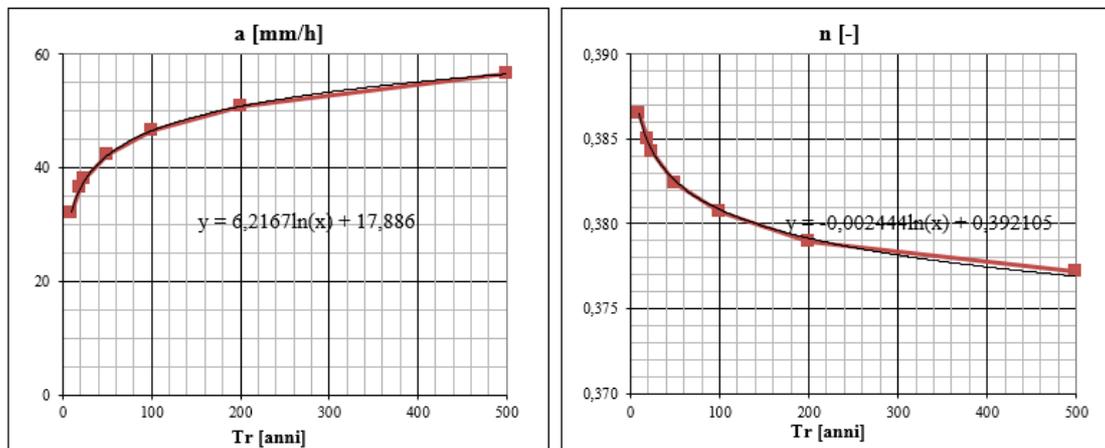


Figura 4.6- Interpolazioni a ed n per Tr=25 anni per la SSE del comune di Borgone

I parametri di riferimento per il tempo di ritorno di 25 anni, ottenuti dalle interpolazioni, sono:

SSE	CELLA PAI	Tr = 25 anni	
		a [mm/h]	n [-]
SSE Borgone	AF102	37,971	0,384

In Figura 4.7 si riporta la curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolata per piogge di durata maggiori di 1 h.

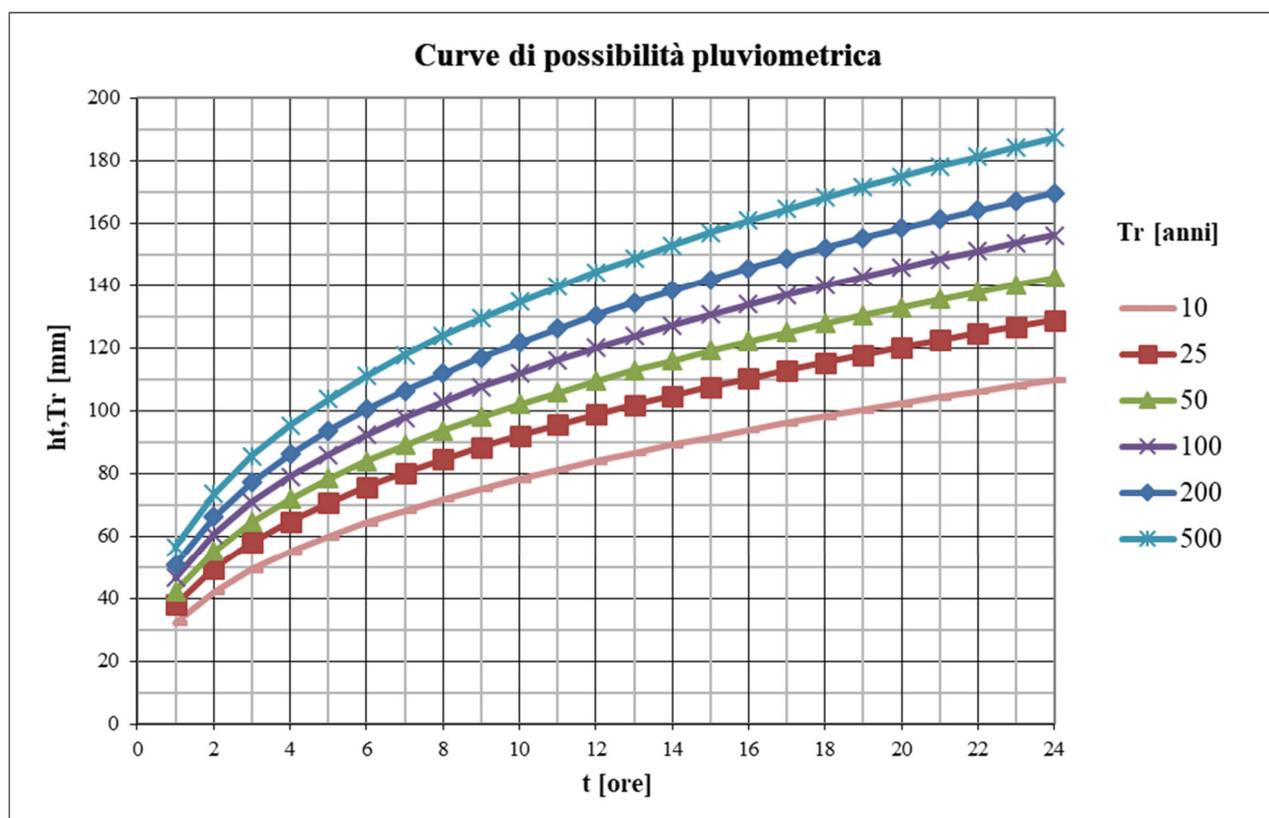


Figura 4.7- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

I valori dei parametri idrologici utilizzati nel progetto in essere sono:

SSE	CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
		a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]						
SSE Borgone	AF102	32,096	0,387	36,523	0,385	37,971	0,384	42,251	0,382	46,540	0,381	50,829	0,379	56,465	0,377

Tabella 4.III - Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

### 4.3 RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI

In bacini imbriferi di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica a tempi inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell.

Bell ("GeneralizedRainfallDurationFrequencyRelationship" – Journal of the HydraulicsDivision – Proceedings of american Society of CivilEngineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) ha osservato che i rapporti  $r_T$  tra le altezze di durata  $t$  molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano.

In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per  $5 \leq t \leq 120$  minuti dove:

- $P_T^t$  indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo  $t$  riferita al periodo di ritorno  $T$

- $h_T^{60}$  è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno  $T$

- $t$  è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia  $h_t$  relativa all'evento di durata  $t$ , passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro  $a$  e il coefficiente angolare rappresenta il parametro  $n'$ .

Le curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni e durata inferiore ad un'ora, riferite al progetto in essere, sono riportate di seguito, con tempo  $t$  espresso in minuti.

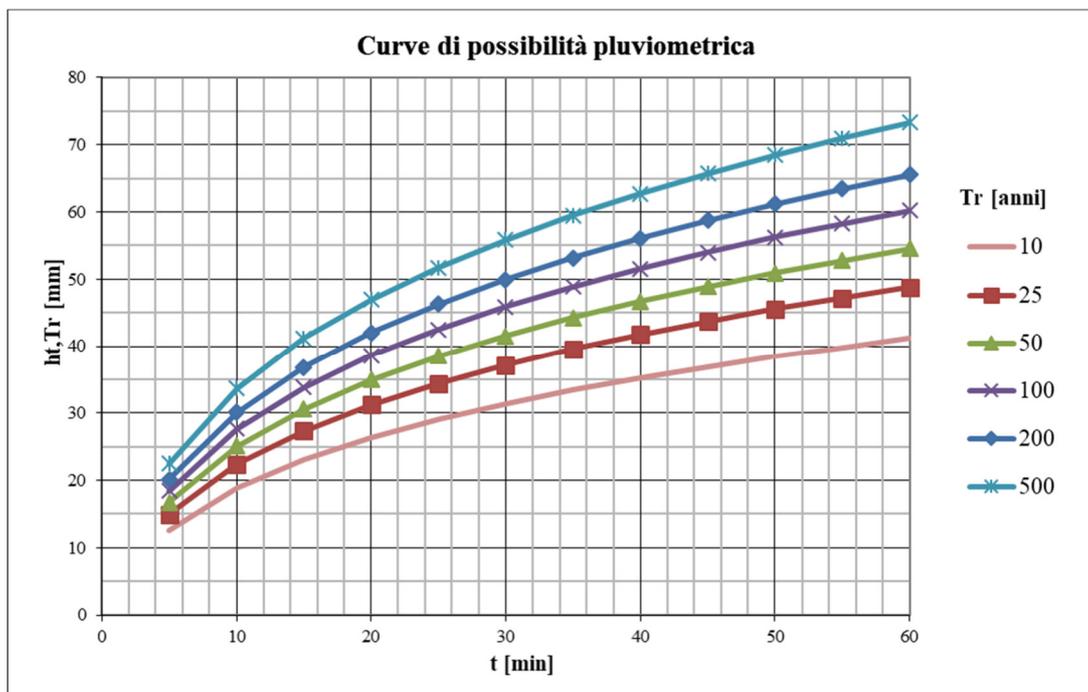
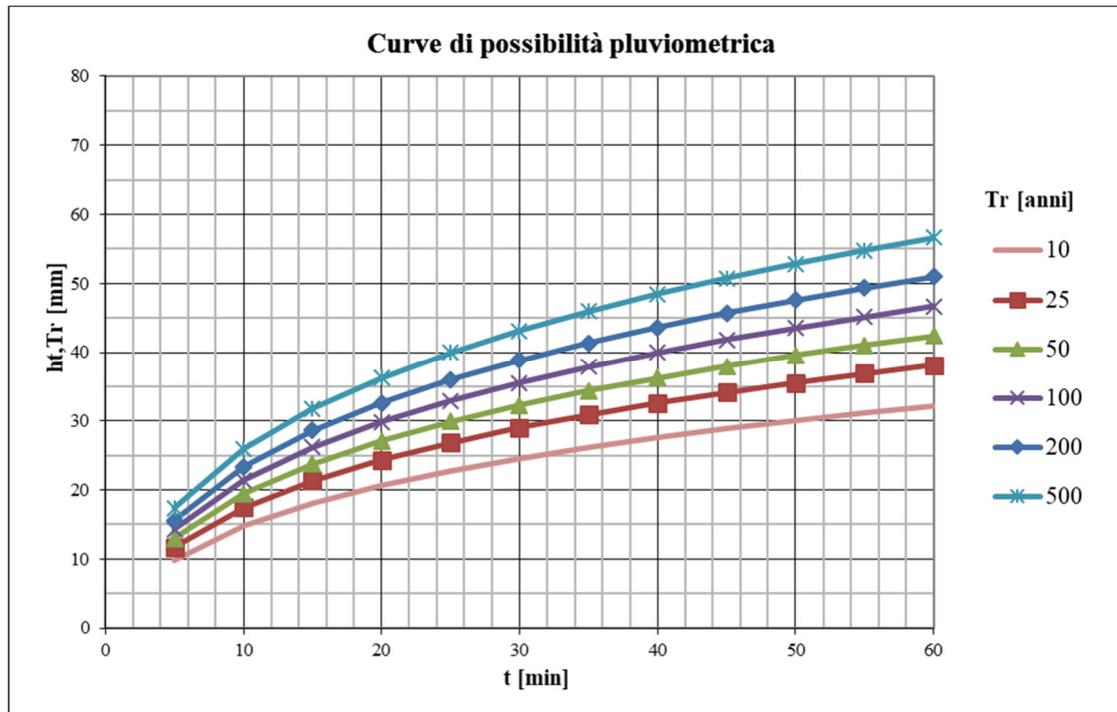


Figura 4.8 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora per la SSE nel comune di Avigliana



**Figura 4.9 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora per la SSE nel comune di Borgone**

Date le dimensioni dell'area da servire e le lunghezze dei singoli tratti a vantaggio di sicurezza, le curve di pioggia utilizzate fanno riferimento a piogge con durate minori di un'ora perché maggiormente rispondenti al reale funzionamento del sistema.

## 5 VALORI ADOTTATI

Nell'ambito dello studio idrologico vengono stimati i parametri della legge di possibilità pluviometrica per i differenti tempi di ritorno al fine di calcolare, mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate di progetto che interessano i manufatti idraulici.

I tempi di ritorno ( $T_r$ ) prescritti dal Manuale di Progettazione ferroviaria variano infatti a seconda del tipo di manufatto idraulico:

- Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..):

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Fossi di guardia:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alle viabilità alternative in progetto, in riferimento al tempo di ritorno pari a 25 anni, la legge di pioggia utilizzata è:

- SSE di AVIGLIANA

$h = 48.628 * t^{0.373}$ , per le durate di pioggia  $t$  maggiori di un'ora;

$h_t = (0.54 * t^{0.25} - 0.50) * 48.628$ , per le durate di pioggia  $t$  minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro  $a$  e il coefficiente angolare rappresenta il parametro  $n'$ , tale relazione si può semplicemente esprimere come  $h = 48.628 * t^{0.464}$ .

- SSE di BORGONE

$h = 37.971 * t^{0.384}$ , per le durate di pioggia  $t$  maggiori di un'ora;

$h_t = (0.54 * t^{0.25} - 0.50) * 37.971$ , per le durate di pioggia  $t$  minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro  $a$  e il coefficiente angolare rappresenta il parametro  $n'$ , tale relazione si può semplicemente esprimere come  $h = 37.971 * t^{0.464}$ .

Date le dimensioni dell'area da servire e le lunghezze dei singoli tratti a vantaggio di sicurezza, le curve di pioggia utilizzate fanno riferimento a piogge con durate minori di un'ora perché maggiormente rispondenti al reale funzionamento del sistema.