

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. IDRAULICA E IDROLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

IDROLOGIA E IDRAULICA

ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica generale

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 0 9 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S. Longhi	11/2021	C. Cesali	11/2021	G. Fadda	11/2021	F. Cabas Giugno 2024
B	Emissione esecutiva	D. Polverelli	Gen. 2022	C. Cesali	Gen. 2022	G. Fadda	Gen. 2022	ITALFERR S.p.A. Iscrizione all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n. 15744 Ing. Fabrizio Cabas
C	Emissione esecutiva	M. Angione	Giugno 2024	C. Cesali	Giugno 2024	M. Fizzo	Giugno 2024	

File: IV0100D09RIID0001001C.doc

n. Elab.:

INDICE

1. PREMESSA	5
1.1. ELENCO ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO	6
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	7
3. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	8
3.1. INQUADRAMENTO FISICO ED IDROGRAFICO	9
4. RIFERIMENTI NORMATIVI E STUDI IDROLOGICI ESISTENTI	10
4.1. PIANI NORMATIVI DI RIFERIMENTO.....	10
4.2. STUDI IDROLOGICI ESISTENTI NELL'AREA DI INTERESSE.....	11
5. ANALISI GEOMORFOLOGICA	12
5.1. INTERFERENZE DEL TRACCIATO CON IL RETICOLO IDRAULICO	12
5.2. ESTRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	14
5.3. STIMA DEI PARAMETRI MORFOLOGICI	16
6. RICOSTRUZIONE DEL REGIME PLUVIOMETRICO.....	20
6.1. DATI PLUVIOMETRICI.....	20
6.1.1. <i>Curve di pioggia per durate inferiori ad un'ora</i>	21
6.2. STUDIO STATISTICO MEDIANTE DISTRIBUZIONE DI GUMBEL.....	23
6.3. STUDIO STATISTICO MEDIANTE DISTRIBUZIONE TCEV E MODELLO VAPI.....	27
7. STIMA DELLE PORTATE	33
7.1. STIME DELL'AUTORITÀ DI BACINO.....	33
7.1.1. <i>Bacini dei corsi d'acqua con area compresa tra 2 e 10 km²</i>	33
7.1.2. <i>Bacini dei corsi d'acqua con area minore di 2 km²</i>	34
7.2. MODELLAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI TRAMITE IL CODICE DI CALCOLO HEC-HMS	35
7.2.1. <i>Determinazione del CN</i>	41
7.2.2. <i>Calcolo dei tempi di corrivazione</i>	46

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 3 di 115

7.3.	COSTRUZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO.....	49
7.4.	PORTATE DEI CORSI D'ACQUA PRINCIPALI	50
7.5.	PORTATE DEI CORSI D'ACQUA SECONDARI	54
7.6.	PORTATE PER GLI ATTRAVERSAMENTI MINORI	54
7.7.	IDROGRAMMI DI PIENA.....	56
7.7.1.	<i>Idrogrammi Torrente Pora</i>	<i>56</i>
7.7.2.	<i>Idrogrammi Torrente Bottassano</i>	<i>57</i>
7.7.3.	<i>Idrogrammi Torrente Maremola</i>	<i>58</i>
7.7.4.	<i>Idrogrammi Torrente Giustenice</i>	<i>59</i>
7.7.5.	<i>Idrogrammi Rio Casazza</i>	<i>60</i>
7.7.6.	<i>Idrogrammi Rio delle Vigne</i>	<i>61</i>
7.7.7.	<i>Idrogrammi Rio Castellaro</i>	<i>62</i>
7.7.8.	<i>Idrogrammi Torrente Varatello.....</i>	<i>63</i>
7.7.9.	<i>Idrogrammi Rio Fasceo.....</i>	<i>64</i>
7.7.10.	<i>Idrogrammi Rio delle Ciope</i>	<i>65</i>
7.7.11.	<i>Idrogrammi Rio Carrenda</i>	<i>66</i>
7.7.12.	<i>Idrogrammi Torrente Neva.....</i>	<i>67</i>
7.7.13.	<i>Idrogrammi Torrente Arroscia</i>	<i>68</i>
7.7.14.	<i>Idrogrammi Rio della Valletta.....</i>	<i>69</i>
7.7.15.	<i>Idrogrammi Rio Barbona.....</i>	<i>70</i>
7.7.16.	<i>Idrogrammi Rio Caudi.....</i>	<i>71</i>
7.7.17.	<i>Idrogrammi Torrente Merula</i>	<i>72</i>
7.7.18.	<i>Idrogrammi Rio Carrenda Monte</i>	<i>73</i>
7.7.19.	<i>Idrogrammi Rio Carrenda + Delle Ciope</i>	<i>74</i>
7.7.20.	<i>Idrogrammi Rio Dei Ciò.....</i>	<i>75</i>
7.7.21.	<i>Idrogrammi Rio Casazza Monte</i>	<i>76</i>

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------------	----------	-----------	------	--------

Relazione Idrologica Generale

IV01	00	D 09 RI	ID0000 001	C 4 di 115
------	----	---------	------------	------------

7.7.22. Idrogrammi Rio Castagne	77
8. CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA PER DRENAGGIO FERROVIARIO E STRADALE	78
8.1. DATI PLUVIOMETRICI.....	78
8.2. PARAMETRI DELLE CURVE TR25 E TR100 ANNI	78
9. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE PROVVISORIALI	82
10. CONSIDERAZIONI SUGLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI	83
10.1.1. Precipitazioni.....	83
10.1.2. Livello medio del mare	90
11. ALLEGATO:SERIE STORICA DEI MASSIMI DI PRECIPITAZIONE PER LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE DI RIFERIMENTO PER 1, 3, 6, 12, 24 ORE	95

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO IV01 00</p>	<p>CODIFICA D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0000 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 5 di 115</p>

1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati dello studio idrologico svolto, in fase di progetto definitivo, per la determinazione delle portate di progetto per il dimensionamento delle interferenze idrauliche e per il dimensionamento delle opere di drenaggio ferroviarie e stradali, relative alla realizzazione del raddoppio della linea esistente Genova – Ventimiglia, nel tratto tra Finale Ligure ed Andora, in Provincia di Savona. Le portate stimate per le interferenze idrauliche sono quelle massime al colmo di piena riferite a periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, calcolate per ognuna delle intersezioni tra il reticolo idrografico e il tracciato ferroviario. In merito alle opere di drenaggio le curve di possibilità climatica riportate sono per tempi di ritorno di 25 e di 100 anni. L'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- reperimento della cartografia di base relativa ai bacini idrografici sottesi a scale variabili da 1:25.000 a 1:5.000 a seconda del dettaglio necessario volta per volta;
- interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante l'acquisizione di specifici studi sull'idrologia e sull'idrografia della zona;
- perimetrazione dei bacini idrografici e studio delle loro caratteristiche fisiografiche;
- raccolta ed analisi preliminare dei dati pluviometrici ed idrometrici;
- analisi statistica delle piogge intense e determinazione delle curva di possibilità pluviometrica rappresentative per i bacini principali;
- applicazione delle risultanze della stima regionale della distribuzione TCEV per la valutazione delle piene corrispondenti ai periodi di ritorno fissati;
- confronto dei dati ricavati dalle analisi compiute con quelli già disponibili dagli studi dell'AdB.

In accordo con la committenza e al Manuale di Progettazione RFI i manufatti idraulici di attraversamento verranno verificati considerando eventi meteorologici caratterizzati da tempi di ritorno pari a 200 anni, saranno comunque analizzate le condizioni di deflusso per eventi caratterizzati da frequenza di accadimento pari a 50 anni e 500 anni.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 6 di 115

1.1. Elenco elaborati di progetto di riferimento

ELABORATO	SCALA	CODIFICA
Corografia dei bacini idrografici - Tavola 1 di 3	1:25000	IV0I00D09C3ID0001001
Corografia dei bacini idrografici - Tavola 2 di 3	1:25000	IV0I00D09C3ID0001002
Corografia dei bacini idrografici - Tavola 3 di 3	1:50000	IV0I00D09C2ID0001001
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 1 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002001
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 2 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002002
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 3 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002003
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 4 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002004
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 5 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002005
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 6 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002006
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - P.G.R.A. - Tav. 7 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002007
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 1 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002008
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 2 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002009
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 3 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002010
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 4 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002011
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 5 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002012
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 6 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002013
Planimetria delle aree di pericolosità idraulica - PAI - Tav. 7 di 7	1:5000	IV0I00D26C5ID0002014

Tabella 1 – Elenco elaborati annessi.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO IV01 00</p>	<p>CODIFICA D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0000 001</p>	<p>REV. FOGGIO C</p>	<p>7 di 115</p>

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 " Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- Piani stralcio di assetto idrogeologico, Regione Liguria;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 2015-2021, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 8 di 115

3. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il territorio interessato è caratterizzato, a differenza dell'andamento più generale della Regione Liguria, da una rapida variazione altimetrica tra il mare e la zona montuosa come testimoniano le pendenze dei corsi d'acqua che si aggirano intorno ad un valore medio del 10%.

I bacini di afflusso non presentano in generale un'alta densità di drenaggio, con la conseguenza di una rappresentazione planimetrica netta dei corsi d'acqua principali definiti spesso da un unico ramo significativo.

Il tracciato della linea si sviluppa su un territorio montuoso con incisioni percorse da vie d'acqua a regime prevalentemente torrentizio, caratterizzate cioè da forti pendenze e modesti bacini di afflusso.



Figura 1 - Bacini idrografici lungo la nuova linea ferroviaria Finale Ligure – Andora

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO IV01 00</p>	<p>CODIFICA D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0000 001</p>	<p>REV. FOGLIO C 9 di 115</p>	

3.1. Inquadramento Fisico ed Idrografico

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 8 distretti idrografici in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 2 -Suddivisione territoriale in distretti.

L'intervento, secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, ricade nel Distretto idrografico Appennino Settentrionale le cui competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale con il PGRA in vigore.

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi da analizzare sono:

- Piani stralcio di assetto idrogeologico, Regione Liguria;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 2015-2021, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO</p> <p>IV01 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>ID0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>C</p>	<p>FOGLIO</p> <p>10 di 115</p>

4. RIFERIMENTI NORMATIVI E STUDI IDROLOGICI ESISTENTI

4.1. Piani normativi di riferimento

La Regione, con decreto del Consiglio regionale n.94/1990, ha delimitato i bacini di competenza regionale, raggruppati in venti ambiti, che rappresentano le unità territoriali sulle quali attivare i processi conoscitivi e le successive fasi di programmazione e di intervento della pianificazione di bacino di propria competenza.

L'attività di pianificazione è stata prioritariamente sviluppata mediante i piani stralcio dell'assetto idrogeologico che riguardano gli aspetti connessi alle criticità conseguenti all'elevato rischio idrogeologico al quale è particolarmente esposto il territorio regionale.

I piani stralcio per l'assetto idrogeologico, approvati aggiornati e variati fino al 1 luglio 2015 dalle quattro Province quali organi dell'Autorità di bacino regionale, data in cui la Regione è subentrata nella competenza, sono stati, in vari casi, ulteriormente articolati in singoli bacini.

I Piani disponibili includono i seguenti corpi idrici:

- Arroscia;
- Merula;
- Carrenda;
- Nimbalto;
- Bottassano;
- Maremola;
- Pora.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 11 di 115

4.2. Studi idrologici esistenti nell'area di interesse

I seguenti studi sono stati utilizzati come base per le valutazioni qui presentate:

- lo studio svolto nell'ambito del Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) e relativo alla Valutazione regionale del rischio di piena (Brath e Franchini, 1995 e De Michele e Rosso, 1999);
- Il Rapporto sulla Valutazione delle Piene in Italia Nord Occidentale (VAPI), svolto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (Milano, 2001);
- lo studio per la caratterizzazione delle precipitazioni e delle portate di piena per i bacini liguri (Roth, 1999);
- lo studio svolto nell'ambito della redazione del PAI (Piano di assetto idrogeologico) dall'autorità d'ambito Savonese;
- Il progetto definitivo redatto da Italferr per RFI nel 2010 relativo alla medesima tratta oggetto del presente rapporto.

Il peso assunto dagli studi citati sulle valutazioni effettuate è ripartito su diversi aspetti dell'analisi idrologica; in particolare, gli inquadramenti storici hanno consentito di collocare in maniera corretta le caratteristiche dei rischi idrologici nell'area in esame in confronto a quelli relativi ad altre aree regionali.

Dall'esame del PAI si è evidenziato, inoltre, il quadro delle zone maggiormente a rischio per la loro vicinanza ai torrenti dell'area ed il valore delle portate utilizzate per lo sviluppo del piano.

Gli studi, pur se con metodologie differenti, portano ad una sostanziale coincidenza delle stime idrologiche sviluppate.

5. ANALISI GEOMORFOLOGICA

5.1. Interferenze del tracciato con il reticolo idraulico

Nella seguente tabella sono riportate le interferenze del tracciato ferroviario con il reticolo idraulico, evidenziando se si tratta di un corso d'acqua principale oppure di un corso d'acqua secondario. Sono elencati anche i corsi d'acqua che sottoattraversano la ferrovia in galleria, per i quali non è quindi stata fatta un'analisi delle portate di piena.

Tabella 2: Interferenze del tracciato con il reticolo idraulico

Nome Interferenza	Superficie bacino (km ²)	Tipo Interferenza (secondo RR n.3 14 luglio 2011 / PAI)	Tipo Interferenza (secondo Manuale di Progettazione Ferroviaria)
Torrente Pora	58.2	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua principale
Torrente Bottasano	6.0	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Torrente Maremola	33.7	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua principale
Torrente Giustenice	9.9	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Rio Barbena	-	Sottoattraversato in galleria	-
Torrente Nimbato	-	Sottoattraversato in galleria	-
Rio Casazza	1.6	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Rio delle Vigne	0.11	Corso d'acqua di terzo livello / minore	Corso d'acqua secondario
Rio Castellaro	0.65	Corso d'acqua di secondo livello / secondario	Corso d'acqua secondario
Impluvio 76+900	-	Sottoattraversato in galleria	-
Torrente Varatello	40.9	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua principale
Impluvio 81+973	0.44	Corso d'acqua di secondo livello / secondario	Corso d'acqua secondario
Rio Fasceo	0.70	Corso d'acqua di secondo livello / secondario	Corso d'acqua secondario
Impluvio 82+900	0.08	Corso d'acqua minuto / secondario	Corso d'acqua secondario
Rio delle Cioppe	1.6	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Torrente Carrenda	3.9	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Torrente Neva	135.0	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua principale
Torrente Arroscia	282.8	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua principale

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 13 di 115

Nome Interferenza	Superficie bacino (km2)	Tipo Interferenza (secondo RR n.3 14 luglio 2011 / PAI)	Tipo Interferenza (secondo Manuale di Progettazione Ferroviaria)
Rio Toco	0.55	Corso d'acqua di secondo livello / secondario	Corso d'acqua secondario
Rio della Valletta	0.58	Corso d'acqua di secondo livello / secondario	Corso d'acqua secondario
Rio Barbona	1.11	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Rio Caudi	1.6	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Torrente Merula	45.5	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua principale
Torrente delle NVX3	7.1	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario
Castagne	0.4	Corso d'acqua di secondo livello / secondario	Corso d'acqua secondario
Dei Cio'	1.4	Corso d'acqua di primo livello / principale	Corso d'acqua secondario

La classificazione in alto è stata definita sulla base della della "Normativa di Piano" del "Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico Autorità di Bacino Regionale" (ultima modifica Decreto del Direttore Generale n. 176 del 25/06/2018), a sua volta basata sulle indicazioni riportate nel Regolamento Regionale n. 3 del 14 Luglio 2011. Per completezza, nella quarta colonna è stata riportata una classificazione specifica secondo quanto riportato nel Manuale di progettazione ferroviaria RFI (par. 3.7.2.1.3).

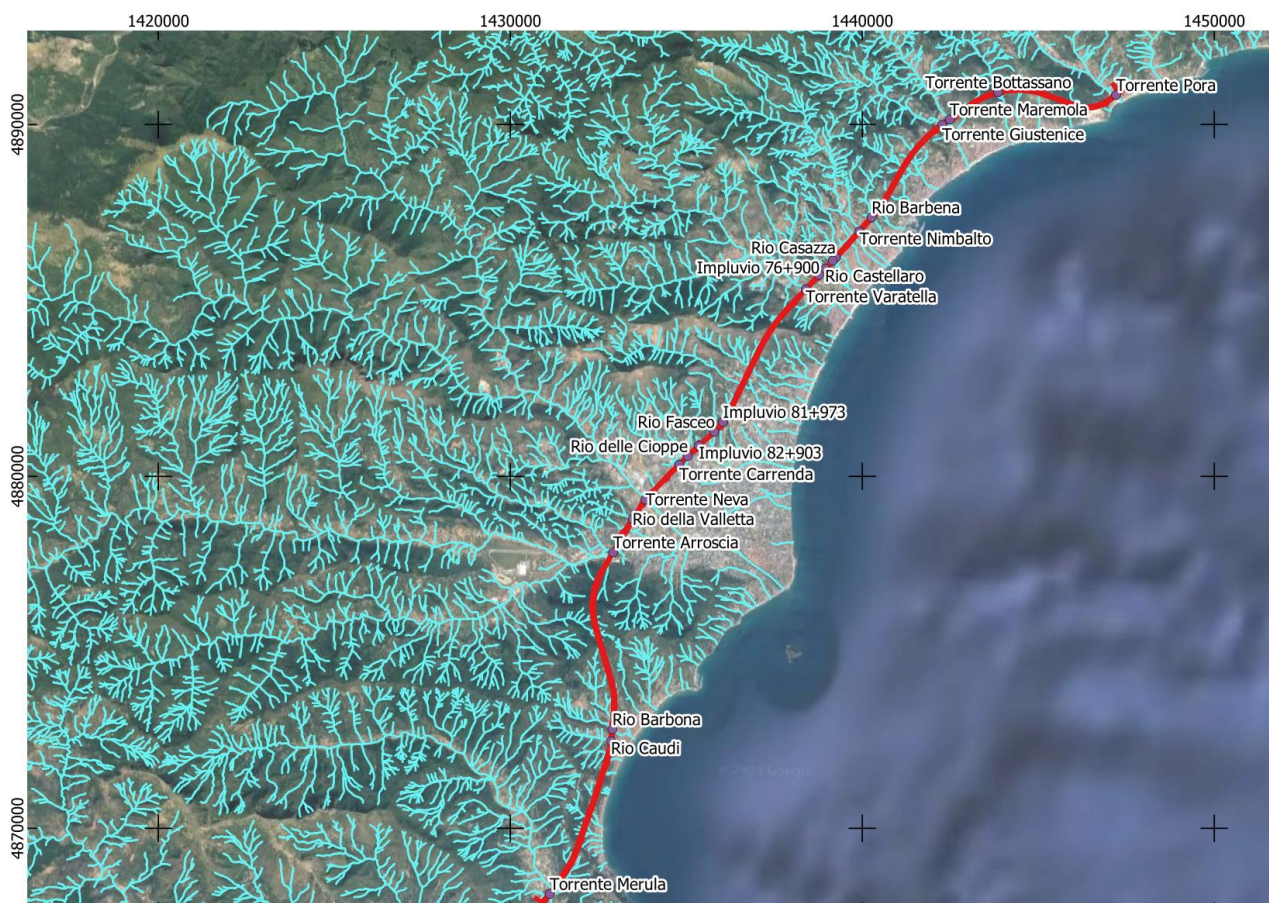


Figura 3: Principali intersezioni tra il tracciato ferroviario e i corsi d'acqua

5.2. Estrazione dei bacini idrografici

Per ottenere una rappresentazione quotata della zona di analisi al fine di delimitare i bacini idrografici per ciascun attraversamento idraulico lungo la tratta ferroviaria è stato utilizzato il DTM (Digital Terrain Model) con risoluzione 5 m della Regione Liguria.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 15 di 115

Per alcuni bacini è stato inoltre utilizzato un DTM di risoluzione 10 m (fonte Tinality¹, portale sviluppato da INGV). È il caso del torrente Varatella e di parte del bacino del torrente Neva, poiché ricade in Piemonte.

L'individuazione dei bacini idrografici è stata ottenuta dall'analisi del modello digitale del terreno in ambiente GIS, in cui dopo le operazioni di depittaggio del DTM viene identificata la rete idrografica, e selezionando ciascuna sezione di chiusura sono stati individuati i vari bacini (Figura 4).

¹<http://tinality.pi.ingv.it/>

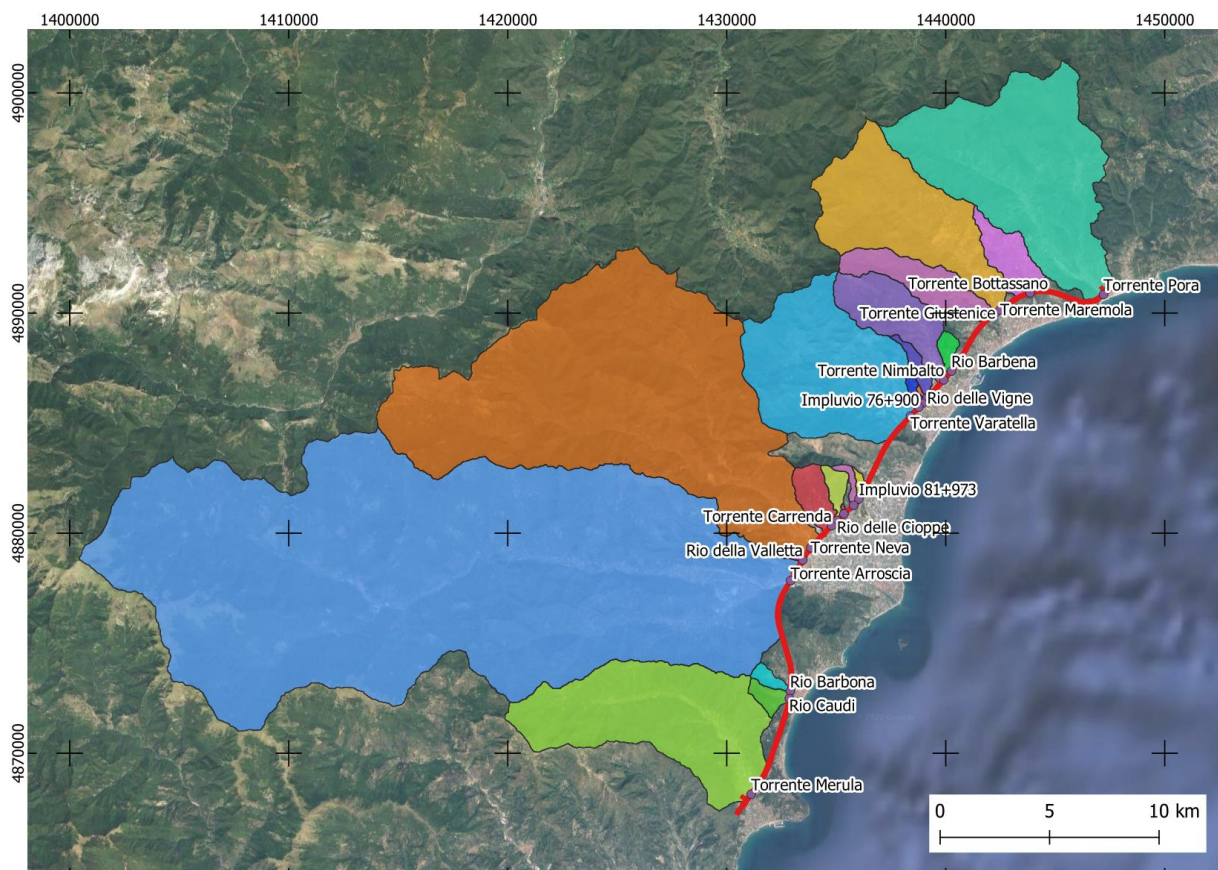


Figura 4: Bacini idrografici degli impluvi che attraversano il tracciato ferroviario

5.3. Stima dei parametri morfologici

La caratterizzazione geomorfologica di un bacino idrografico avviene attraverso il calcolo di parametri che ne descrivono la planimetria e l'altimetria, che sono utili per la successiva determinazione del tempo di corrivazione del bacino. In primo luogo, sulla base del modello digitale del terreno a disposizione, si è provveduto al calcolo dell'area di ciascun bacino idrografico e sono stati rilevati in ambiente GIS i valori della quota massima, minima e media di quest'ultimi. Sono stati inoltre determinati la lunghezza dell'asta principale, la pendenza media del bacino e la pendenza e la pendenza media dell'asta principale.

Le caratteristiche geomorfologiche dei bacini sono riportate in seguito.

Si riportano inoltre, per quanto riguarda i torrenti Carrenda e Casazza, le caratteristiche morfologiche dei bacini residui, che concorrono alla formazione delle portate di piena. Al fine di comprendere chiaramente l'entità dei bacini residui si vedano Figura 5 e Figura 6.

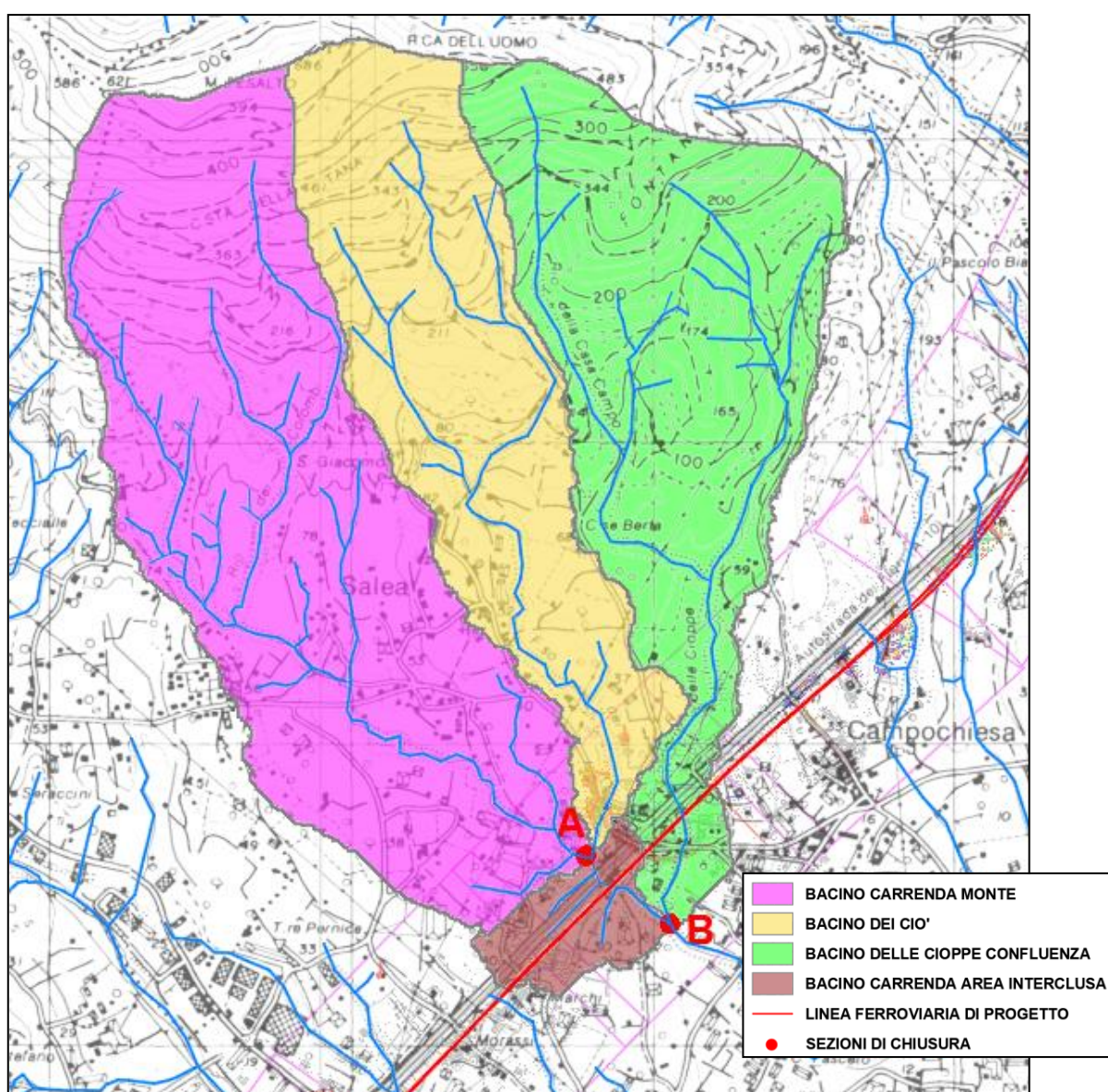


Figura 5: Bacini interclusi afferenti al torrente Carrenda.

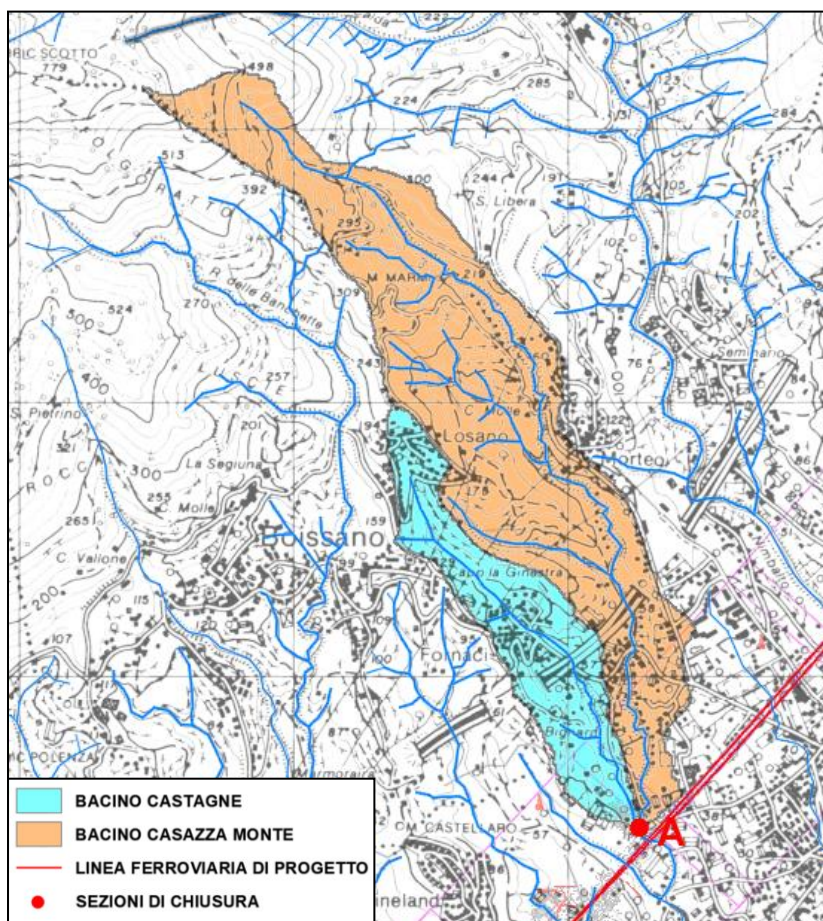


Figura 6: Bacini interclusi afferenti al torrente Casazza.

Tabella 3: principali caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua

Bacino	Area [km ²]	H ₀ [m s.l.m.m.]	H _{top} [m s.l.m.m.]	H _{medio} [m s.l.m.m.]	I bacino [m/m]	L [km]	I asta [m/m]
Pora	58.2	1	1207	413	0.446	15	0.080
Boltassano	6.0	24	605	207	0.399	5.6	0.104
Maremola	33.7	9	1330	578	0.514	13.5	0.098
Giustenice	9.9	9	1385	442	0.45	9	0.153
Casazza	1.6	21	662	160	0.323	4.1	0.156
Delle Vigne	0.11	22	95	56	0.218	0.8	0.091
Castellaro	0.65	15	151	65	0.27	1.8	0.076

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 19 di 115

Bacino	Area [km ²]	H ₀ [m s.l.m.m.]	H _{top} [m s.l.m.m.]	H _{medio} [m s.l.m.m.]	I bacino [m/m]	L [km]	I asta [m/m]
Varatella	40.9	15	1382	474	0.499	10.7	0.128
81+973	0.44	40	165	88	0.182	1.8	0.069
82+900	0.08	25	61	42	0.155	0.5	0.072
Fasceo	0.7	25	477	141	0.341	2.8	0.161
Delle Cioppe	1.6	27	550	167	0.353	3.2	0.163
Carrenda	3.9	20	682	172	0.288	4.0	0.166
Neva	135	13	1741	678	0.781	27.5	0.063
Arroscia	282.8	10	2148	625	0.479	42.6	0.050
Toco	0.55	26	551	267	0.664	1.4	0.375
Della Valletta	0.58	22	117	64	0.32	1.6	0.059
Barbona	1.11	16	545	212	0.488	2.5	0.212
Caudi	1.6	10	430	163	0.465	2.3	0.183
Merula	45.5	6	987	298	0.426	16.0	0.061
NVX3	7.1	40	851	276	0.399	7.4	0.110
Casazza Monte	1.2	21	665	185	0.35	4.0	0.161
Castagne	0.4	21	221	92	0.264	1.9	0.105
Carrenda Monte	2.4	25	679	161	0.273	3.8	0.172
Dei Cìò	1.4	25	682	201	0.333	3.6	0.183
Carrenda+Delle Cioppe	5.7	20	682	166	0.298	4.2	0.158
Delle Cioppe confluenza	1.7	20	550	160	0.338	3.6	0.147
Carrenda area interclusa	0.19	20	40	31	0.047	0.6	0.033

6. RICOSTRUZIONE DEL REGIME PLUVIOMETRICO

6.1. Dati pluviometrici

La definizione delle caratteristiche dell'evento pluviometrico da utilizzare per la caratterizzazione della risposta idrologica dei bacini oggetto di studio è stata fatta sulla base dell'analisi statistica delle serie storiche delle massime altezze di pioggia di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate fino al 2023.

Lo studio è stato condotto secondo due funzioni probabilistiche, nello specifico la funzione probabilistica di Gumbel e la funzione probabilistica TCEV al secondo e al terzo livello di regionalizzazione. La ricostruzione del regime pluviometrico si è finalizzata definendo i parametri a ed n delle CPP (Curve di Possibilità Pluviometrica) per i tre tempi di ritorno $T=50$, 200 e 500 anni.

Tabella 4: Stazioni pluviometriche di riferimento

Stazione	Periodo di osservazione	n° anni di osservazione
Alassio	1936-2023	70
Albenga - Molino Branca	1935-2023	64
Bestagno	1935-2023	66
Calice Ligure - Ca rosse	1969-2023	42
Castellari	2001-2023	23
Castelvecchio di Rocca Barbena	1935-2023	73
Cenesi (a Cisano sul Neva)	1957-2023	53
Mallare	2002-2023	22
Manie	1972-2023	42
Montalto Ligure	2004-2023	20
Monte Settepani	2004-2023	20
Pogli d'Ortovero	1936-2010	60
Pornassio	2004-2023	20
Ranzo	2004-2023	20

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

Stazione	Periodo di osservazione	n° anni di osservazione
Verzi Loano	1935-2023	71

6.1.1. *Curve di pioggia per durate inferiori ad un'ora*

In bacini 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. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa e poco rappresentativa. Nel caso oggetto della presente relazione per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, per tempi inferiori ad un'ora, è stata utilizzata la formula di Bell .

Bell ha osservato che i rapporti $r\delta$ tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

Tabella 5: Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora

τ (minuti)	5	10	15	30
$r\delta = h\delta / h60$	0.29	0.45	0.57	0.79

Bell, come sopra accennato, sulla scorta di osservazioni provenienti da oltre 150 stazioni con oltre 40 anni di osservazione, ha dimostrato che tale correlazione si può estendere fino a valori di durata sino alle due ore. 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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 22 di 115

$$\frac{h_{\tau,Tr}}{h_{60,Tr}} = (0.54 \cdot \tau^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per durate $5 \leq \tau \leq 120$ min dove:

- $h_{\tau,Tr}$ indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo τ riferita al periodo di ritorno Tr
- $h_{60,Tr}$ è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora, con periodo di ritorno Tr
- τ è il tempo di pioggia espresso in minuti

Nota l'altezza di pioggia h_{τ} relativa all'evento di durata τ ($5 \leq \tau \leq 120$ min), valutata sulla base dei parametri relative alle CPP considerate (parametro $a = h_{60,Tr}$) e la relazione di Bell, 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' .

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 23 di 115

6.2. Studio statistico mediante distribuzione di Gumbel

Il primo metodo che verrà utilizzato per l'analisi dei dati di precipitazione è quello di Gumbel, il quale prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta).

Una volta identificato il bacino della rete idrografica, si è proceduto a ripartire il territorio di studio in aree di competenza relative alle stazioni vicine. Per questo scopo, è stato utilizzato il metodo geometrico dei reticoli di Thiessen. Con questo approccio si definisce il punto di mezzo dei segmenti che collegano una stazione con quella contigua e da questo punto si traccia la normale fino ad incontrare la normale relativa ad un'altra congiungente. L'area così delimitata è associata agli eventi che si sono verificati nella stazione posta all'interno del poligono.

A tutti i bacini individuati vengono quindi assegnate le stazioni pluviometriche che coprono le relative superfici di pertinenza (Figura 7), secondo la suddivisione riportata in Tabella 9. Le altezze di precipitazione relative a ciascun bacino sono quindi calcolate pesando i dati su tali aree.

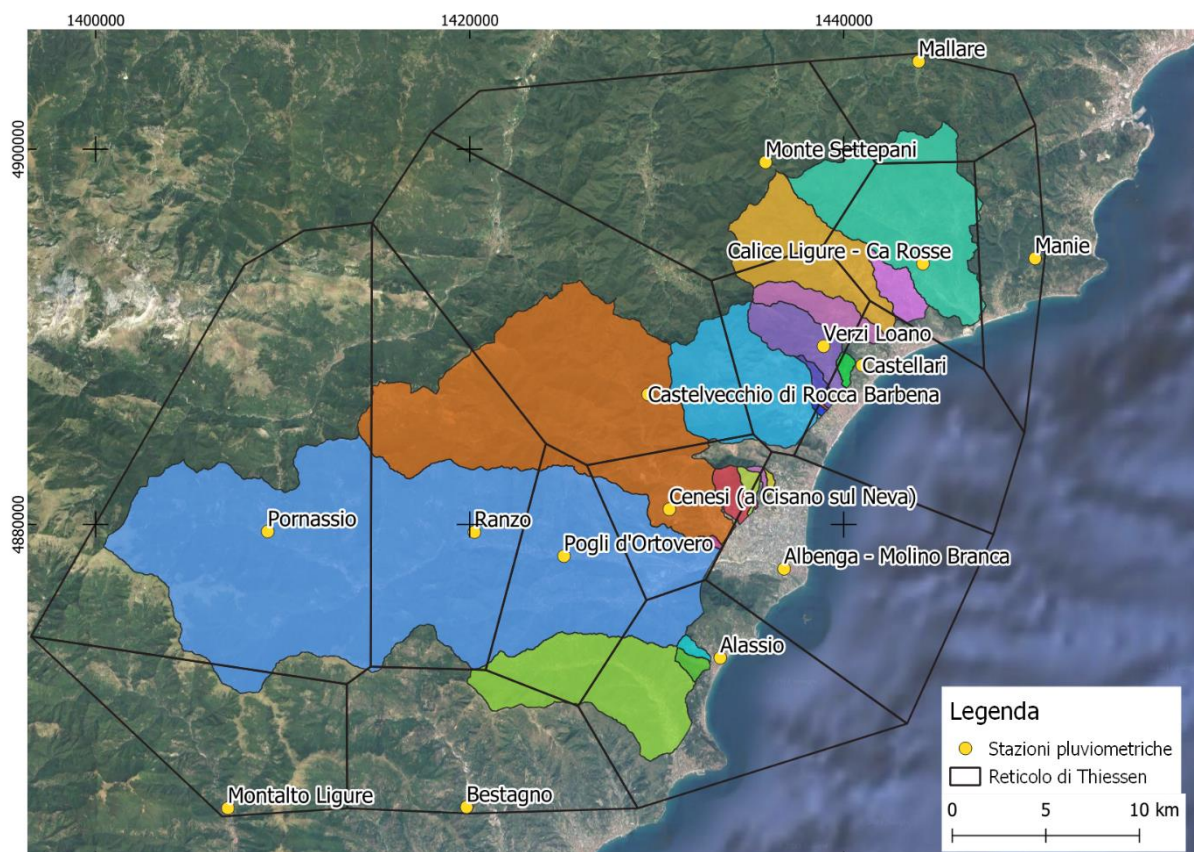


Figura 7: Reticolo di Thiessen per le stazioni pluviometriche analizzate con il metodo Gumbel

Tabella 6: Aree dei bacini ricadenti nel reticolo di Thiessen per le stazioni analizzate con il metodo Gumbel

Bacino	Area (km ²)	Stazione	Percentuale area poligono di Thiessen
Pora	58.232	Calice Ligure - Ca Rosse	72.2%
		Mallare	10.3%
		Manie	0.7%
		Monte Settepani	16.8%
Bottassano	6.01	Calice Ligure - Ca Rosse	99.1%
		Castellari	0.9%
Maremola	33.66	Calice Ligure - Ca Rosse	17.0%
		Castellari	5.2%
		Monte Settepani	47.4%

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 25 di 115

Bacino	Area (km ²)	Stazione	Percentuale area poligono di Thiessen
		Verzi Loano	30.5%
Giustenice	9.915	Castellari	15.2%
		Verzi Loano	84.8%
Casazza	1.627	Castellari	25.2%
		Verzi Loano	74.8%
Delle Vigne	0.111	Castellari	81.1%
		Verzi Loano	18.9%
Castellaro	0.652	Castellari	30.7%
		Verzi Loano	69.3%
Varatella	40.922	Castellari	0.5%
		Castelvecchio di Rocca Barbena	47.4%
		Cenesi (a Cisano sul Neva)	1.2%
		Verzi Loano	50.9%
Fasceo	0.696	Albenga - Molino Branca	67.1%
		Cenesi (a Cisano sul Neva)	32.8%
Delle Cioppe	1.634	Albenga - Molino Branca	35.1%
		Cenesi (a Cisano sul Neva)	64.9%
Carrenda	3.903	Albenga - Molino Branca	11.0%
		Cenesi (a Cisano sul Neva)	89.1%
Neva	135.034	Albenga - Molino Branca	0.0%
		Castelvecchio di Rocca Barbena	52.5%
		Cenesi (a Cisano sul Neva)	15.7%
		Pornassio	0.8%
		Ranzo	29.5%
		Pogli d'Ortovero	1.4%
Arroscia	282.846	Alassio	3.1%
		Bestagno	0.1%
		Cenesi (a Cisano sul Neva)	6.6%
		Montalto Ligure	1.1%
		Pornassio	44.4%
		Ranzo	26.5%

Bacino	Area (km ²)	Stazione	Percentuale area poligono di Thiessen
		Pogli d'Ortovero	18.3%
Della Valletta	0.576	Cenesi (a Cisano sul Neva)	100.0%
Barbona	1.109	Alassio	100.0%
Caudi	1.647	Alassio	100.0%
	45.54	Alassio	52.8%
		Bestagno	12.7%
		Ranzo	0.2%
		Pogli d'Ortovero	34.3%

Di seguito si riportano le tabelle dei risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel per le stazioni pluviometriche. Le tabelle contengono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n , per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Tabella 7: Parametri della curva di possibilità pluviometrica ($t > 1h$) per le stazioni analizzate con il metodo Gumbel

Stazione GUMBEL	a TR50	n TR50	a TR200	n TR200	a TR500	n TR500
Alassio	69,01	0,332	85,41	0,328	96,21	0,326
Albenga - Molino Branca	47,84	0,430	57,66	0,432	64,13	0,434
Bestagno	55,34	0,445	67,53	0,447	75,56	0,448
Calice Ligure - Ca rosse	75,57	0,349	92,41	0,348	103,49	0,347
Castellari	53,34	0,456	62,59	0,468	68,69	0,474
Castelvecchio di Rocca Barbena	59,74	0,492	72,47	0,497	80,85	0,500
Cenesi (a Cisano sul Neva)	53,91	0,452	65,18	0,448	72,60	0,447
Mallare	102,16	0,426	127,64	0,427	144,42	0,428
Manie	64,18	0,371	78,84	0,373	88,50	0,374
Montalto Ligure	86,27	0,471	106,95	0,473	120,56	0,474
Monte Settepani	101,08	0,425	126,77	0,423	143,69	0,421
Pogli d'Ortovero	54,98	0,454	66,62	0,452	74,28	0,451
Pornassio	51,29	0,565	59,99	0,579	65,74	0,586
Ranzo	69,03	0,443	84,18	0,442	94,14	0,441
Verzi Loano	75,96	0,339	93,22	0,336	104,58	0,335

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGLIO C 27 di 115

Tabella 8: Parametri della curva di possibilità pluviometrica ($t < 1h$) per le stazioni analizzate con il metodo Gumbel

Stazione GUMBEL	a' TR50	n' TR50	a' TR200	n' TR200	a' TR500	n' TR500
Albenga - Molino Branca	49,506	0,464	59,668	0,464	66,364	0,464
Castellari	55,198	0,464	64,770	0,464	71,082	0,464
Cenesi (a Cisano sul Neva)	55,788	0,464	67,450	0,464	75,129	0,464
Verzi Loano	78,606	0,464	96,467	0,464	108,222	0,464

6.3. Studio statistico mediante distribuzione TCEV e modello VAPI

Il modello a doppia componente denominato TCEV (Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione ma da due popolazioni distinte legate a differenti fenomeni meteorologici. Tale ipotesi è peraltro giustificata dalla presenza in quasi tutte le serie storiche di piogge di uno o più valori (outliers) nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_2}\right)\right\}$$

L'espressione può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,Tr} = X_{t,Tr} / \mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ si è indicato il *valore indice* (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di questa nuova variabile $K_{t,Tr}$ è la cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , Λ_1 e Θ_1 , l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media.

Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 28 di 115

La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

I° Livello di regionalizzazione:

Si assume che il coefficiente di asimmetria C_A sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona.

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a Λ^* e Θ^* possa suddividersi in sottozone in cui il coefficiente di variazione C_V risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi differenti da una zona all'altra.

III° Livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(X_t)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(X_t)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(X_t)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata.

Come è stato fatto per l'analisi con Gumbel, anche per l'analisi effettuata con il metodo Vapi a tutti i bacini individuati vengono assegnate le stazioni pluviometriche che coprono le relative superfici di pertinenza (Figura 7), secondo la suddivisione riportata in Tabella 9. Le altezze di precipitazione relative a ciascun bacino sono quindi calcolate pesando i dati su tali aree.

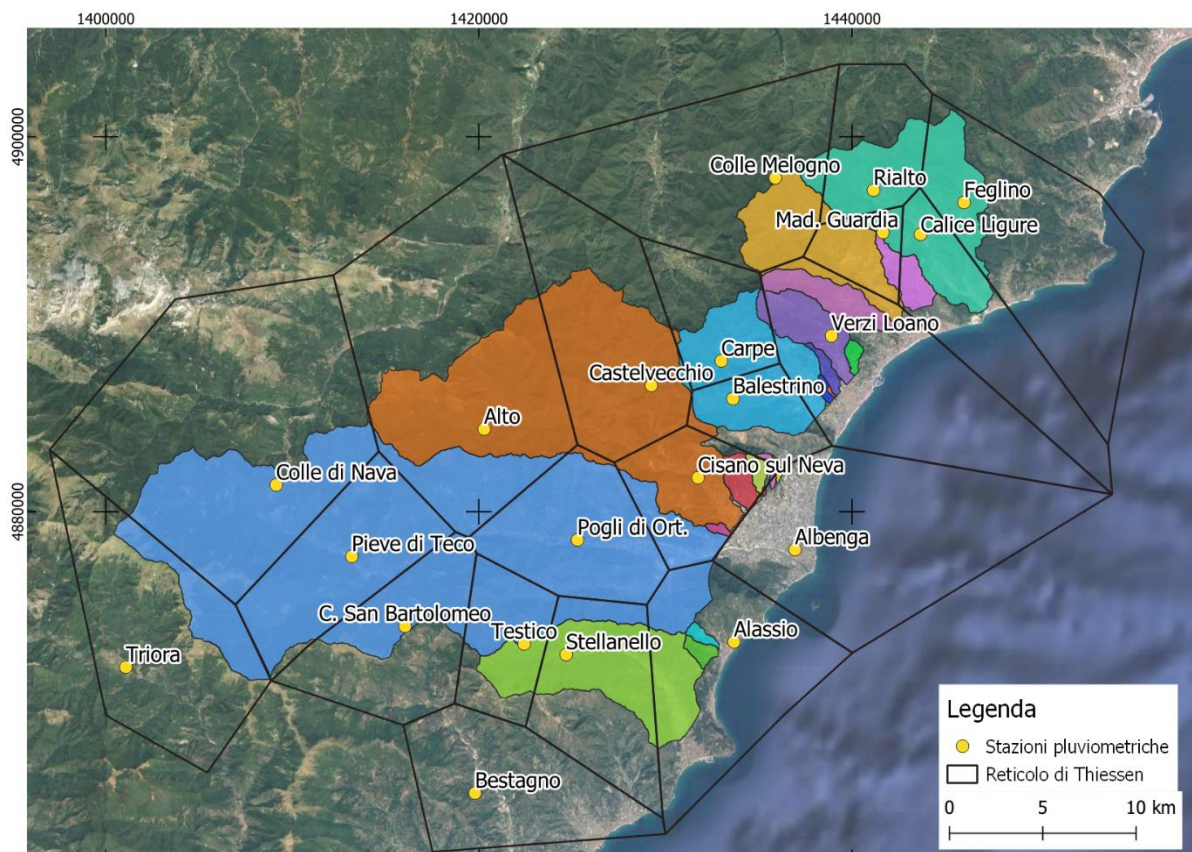


Figura 8: Reticolo di Thiessen per le stazioni pluviometriche analizzate con il metodo Vapi

Tabella 9: Aree dei bacini ricadenti nel reticolo di Thiessen per le stazioni analizzate con il metodo Vapi

Bacino	Area (km ²)	Stazione	Percentuale area poligono di Thiessen
Pora	58.232	Colle Melogno	3.8%
		Mad. Guardia	6.2%
		Rialto	33.4%
		Feglino	29.2%
		Calice Ligure	27.3%
Bottassano	6.01	Mad. Guardia	34.4%
		Calice Ligure	65.6%
Maremola	33.66	Verzi Loano	11.7%
		Colle Melogno	50.9%

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 30 di 115

Bacino	Area (km ²)	Stazione	Percentuale area poligono di Thiessen
		Mad. Guardia	34.5%
		Rialto	2.4%
		Calice Ligure	0.4%
Giustenice	9.915	Verzi Loano	99.7%
		Carpe	0.3%
Casazza	1.627	Verzi Loano	100.0%
Delle Vigne	0.111	Verzi Loano	100.0%
Castellaro	0.652	Verzi Loano	100.0%
Varatella	40.922	Castelvecchio	1.4%
		Verzi Loano	15.0%
		Balestrino	40.2%
		Carpe	43.4%
Fasceo	0.696	Balestrino	42.2%
		Albenga	23.9%
		Cisano sul Neva	33.9%
Delle Cioppe	1.634	Balestrino	1.3%
		Albenga	4.5%
		Cisano sul Neva	94.1%
Carrenda	3.903	Albenga	1.2%
		Cisano sul Neva	98.8%
Neva	135.034	Castelvecchio	40.0%
		Pogli di Ort.	0.7%
		Balestrino	0.8%
		Alto	43.2%
		Cisano sul Neva	15.0%
		Colle di Nava	0.1%
		Carpe	0.2%
Arroscia	282.846	Pogli di Ort.	19.0%
		Alassio	3.3%
		Alto	8.1%
		Cisano sul Neva	3.9%

Bacino	Area (km ²)	Stazione	Percentuale area poligono di Thiessen
		Triora	6.0%
		Stellanello	2.1%
		Pieve di Tecò	20.6%
		Colle di Nava	21.8%
		Testico	6.1%
		C. San Bartolomeo	8.9%
Della Valletta	0.576	Cisano sul Neva	100.0%
Barbona	1.109	Alassio	100.0%
Caudi	1.647	Alassio	100.0%
Merula	45.54	Alassio	28.1%
		Stellanello	54.0%
		Testico	17.8%

Di seguito si riportano le tabelle dei risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo Vapi per le stazioni pluviometriche. Le tabelle contengono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n , per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Tabella 10: Parametri della curva di possibilità pluviometrica ($t > 1h$) per le stazioni analizzate con il metodo Vapi

Stazione VAPI	a TR50	n TR50	a TR200	n TR200	a TR500	n TR500
Alassio	64.12	0.351	86.30	0.351	103.88	0.351
Albenga	96.18	0.366	121.53	0.366	139.21	0.366
Alto	60.65	0.441	88.18	0.441	112.78	0.441
Balestrino	52.30	0.415	64.35	0.415	72.69	0.415
C. San Bartolomeo	62.36	0.461	78.27	0.461	89.44	0.461
Calice Ligure	71.82	0.36	93.20	0.36	109.32	0.36
Carpe	77.92	0.568	90.82	0.568	98.59	0.568
Castelvecchio	59.19	0.453	73.38	0.453	83.15	0.453

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 32 di 115

Stazione VAPI	a TR50	n TR50	a TR200	n TR200	a TR500	n TR500
Cisano sul Neva	50.96	0.472	62.28	0.472	70.05	0.472
Colle di Nava	50.37	0.456	59.94	0.456	65.98	0.456
Colle Medogno	65.38	0.455	81.37	0.455	92.56	0.455
Feglino	77.47	0.379	103.82	0.379	123.84	0.379
Mad. Guardia	119.50	0.399	167.13	0.399	206.13	0.399
Pieve di Teco	61.49	0.462	76.42	0.462	86.71	0.462
Pogli di Ortovero	54.71	0.444	67.24	0.444	75.85	0.444
Rialto	77.44	0.332	98.78	0.332	114.53	0.332
Stellanello	62.91	0.464	78.08	0.464	88.66	0.464
Testico	44.86	0.501	52.67	0.501	57.54	0.501
Triora	57.23	0.454	72.18	0.454	82.96	0.454
Verzi Loano	64.85	0.345	79.46	0.345	89.41	0.345

Tabella 11: Parametri della curva di possibilità pluviometrica ($t < 1h$) per le stazioni analizzate con il metodo Vapi

Stazione VAPI	a' TR50	n' TR50	a' TR200	n' TR200	a' TR500	n' TR500
Albenga	99.524	0.464	125.763	0.464	144.056	0.464
Balestrino	54.120	0.464	66.593	0.464	75.219	0.464
Cisano sul Neva	52.731	0.464	64.451	0.464	72.486	0.464
Verzi Loano	67.101	0.464	82.220	0.464	92.518	0.464

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

7. STIMA DELLE PORTATE

7.1. Stime dell'Autorità di Bacino

Alcuni dei corsi d'acqua oggetto di questo studio sono stati analizzati dall'autorità di bacino della Regione Liguria. Per quanto riguarda la maggior parte dei corsi d'acqua principali, sono presenti dei documenti redatti dall'AdB della Liguria in cui vengono riportate le portate calcolate in alcune sezioni.

Per i corsi d'acqua dove questa informazione non è presente, si riportano di seguito le metodologie di calcolo utilizzate, che si basano sul metodo CIMA.

7.1.1. Bacini dei corsi d'acqua con area compresa tra 2 e 10 km²

Nello studio dell'AdB si suggerisce di esprimere la portata con tempo di ritorno 2.9 anni come:

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot A \cdot (t_c)^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

dove t_c è il tempo di corrivazione, valutato secondo la:

$$t_c = 0,25 + 0,27 \cdot A^{1/2} \quad [ore]$$

mentre le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

con K_T – fattore di frequenza delle portate valutato dall'analisi regionale.

Tabella 12: Fattori di crescita delle portate per i periodi di ritorno di maggior interesse

Periodo di ritorno [anni]	Fattore di crescita
T= 50	KT=3.47
T=200	KT=5.02

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

Periodo di ritorno [anni]	Fattore di crescita
T=500	KT=6.04

Il coefficiente C_Q è fornito in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, in Tabella:

Tabella 13 - Coefficiente di portata C_Q in funzione del tipo di bacino e della sua posizione. L'intervallo di longitudini riportato è quello dell'ambito di interesse tra Andora e Finale Ligure.

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	Primi	A	B	C	D
8	5.0	6.53	5.45	4.17	3.66
8	7.5	6.63	5.54	4.24	3.72
8	10.0	6.73	5.62	4.30	3.77
8	12.5	6.82	5.70	4.36	3.83
8	15.0	6.92	5.77	4.42	3.88
8	17.5	7.01	5.85	4.48	3.93
8	20.0	7.10	5.93	4.54	3.98

7.1.2. Bacini dei corsi d'acqua con area minore di 2 km²

Nello studio dell'AdB si suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km², un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km². In questo caso il valore di portata è pari a:

$$Q_T = K_T \cdot S \cdot U_{A=2} \quad [m^3s^{-1}];$$

nella quale S è la superficie drenata espressa in Km², $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 Km², espresso in m³s⁻¹Km⁻² e K_T il fattore di crescita delle portate stimato a scala regionale.

Tabella 14: Fattori di crescita delle portate per i periodi di ritorno di maggior interesse

Periodo di ritorno [anni]	Fattore di crescita
T= 50	KT=3.47

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

Periodo di ritorno [anni]	Fattore di crescita
T=200	KT=5.02
T=500	KT=6.04

Il coefficiente $U_{A=2}$ è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, nella Tabella seguente:

Tabella 15 - Contributo unitario, $U_{A=2}$, espresso in $m^3s^{-1}Km^{-2}$ in funzione del tipo di bacino e della sua posizione. L'intervallo di longitudini riportato è quello dell'ambito di interesse (studio CIMA).

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	Primi	A	B	C	D
8	5.0	8.14	6.80	5.20	4.57
8	7.5	8.27	6.90	5.28	4.64
8	10.0	8.39	7.00	5.36	4.70
8	12.5	8.51	7.10	5.43	4.77
8	15	8.62	7.20	5.51	4.84
8	17.5	8.74	7.29	5.58	4.90
8	20.0	8.85	7.39	5.66	4.97

In questa categoria dimensionale ricadono i bacini minori e alcuni bacini secondari.

7.2. Modellazione afflussi-deflussi tramite il codice di calcolo HEC-HMS

Per i corsi d'acqua principali la modellazione afflussi-deflussi è stata effettuata per mezzo del software HEC-HMS, che è specifico per la modellazione idrologica dei bacini idrografici e quindi per la determinazione delle portate di piena attese in determinate sezioni del bacino in funzione dei tempi di ritorno considerati.

Per il calcolo della portata al colmo si è fatto uso dei seguenti metodi: è stato utilizzato il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service per calcolare il volume efficace, e poi con l'idrogramma unitario di Clark è stato calcolato il valore di portata al colmo.

Il metodo del Curve Number è empirico e basato su un'equazione che lega il volume specifico di pioggia netta al volume specifico di pioggia lorda caduta nel medesimo intervallo temporale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGLIO C 36 di 115	

Il CN è un parametro sintetico che esprime l'attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale) e varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione.

Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall'equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell'afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l'intero evento preso in considerazione resti invariata la seguente relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

dove

- F = perdite effettive generate durante l'evento [mm];
- S = massima capacità di ritenzione idrica del suolo [mm];
- Q = pioggia netta cumulata [mm],
- P = pioggia lorda cumulata [mm];
- I_a = perdite iniziali dovute all'intercettazione, all'infiltrazione e alla saturazione delle depressioni superficiali [mm].

Lo sviluppo successivo richiede la stima della portata massima adottando come forzante del bacino una pioggia netta desunta dal metodo del Curve Number introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Il volume specifico di pioggia netta P_e, dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t è legato al volume specifico di pioggia lorda P, caduta nel medesimo intervallo temporale, dalla relazione:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO</p> <p>IV01 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>ID0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>C</p>	<p>FOGLIO</p> <p>37 di 115</p>

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione ed I_a è la perdita iniziale.

Questa relazione è valida soltanto per:

$$P \geq I_a$$

mentre nel caso in cui l'altezza di pioggia risulti minore di I_a si ha $P_e = 0$.

I parametri S ed I_a possono essere determinati attraverso operazioni di taratura, ma in maniera semplificata si adotta $I_a = 0.2 S$ verificata con buona approssimazione.

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN, tramite:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

con S espresso in millimetri.

Per determinare il valore del CN è necessario conoscere il tipo e l'uso del suolo, nonché il grado iniziale di imbibimento del terreno che può essere di tre tipi: AMC Tipo I, in caso di bacino asciutto, AMC Tipo II, per condizioni intermedie, e AMC Tipo III, in caso di bacino fortemente imbibito.

Il metodo SCS-CN definisce i gruppi idrologici di suolo mediante una caratterizzazione semplificata in sole 4 classi (A, B, C, D), distinte per permeabilità del terreno. Questo aspetto evidenzia l'empirismo e la sperimentaltà del modello SCS-CN.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO IV01 00</p>	<p>CODIFICA D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0000 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 38 di 115</p>

Tabella 16: Definizione delle classi idrologiche di suolo nel modello SCS

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

In funzione del tipo idrologico di suolo e in dipendenza dall'uso del suolo i valori tipici del CN sono riportati nella tabella che segue.

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ <i>Tipologia di Uso del Territorio</i>				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Figura 9: Valori caratteristici del parametro CN

Il modello implementato per la trasformazione di afflussi in deflussi è l'idrogramma unitario di Clark, che nasce dalla considerazione che i fenomeni fisici che governano la trasformazione afflussi-deflussi sono essenzialmente due:

- la traslazione della pioggia netta dal suo punto di origine alla sezione di chiusura del bacino idrografico;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO IV01 00</p>	<p>CODIFICA D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0000 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 40 di 115</p>

- i fenomeni di invaso e svasso di acqua che avvengono in un bacino soggetto eventi meteorici.

L'immagazzinamento a breve termine dell'acqua in un bacino nel suolo, in superficie e nei canali gioca un ruolo importante nella trasformazione dell'eccesso di precipitazioni in deflusso. Il modello di serbatoio lineare è una rappresentazione comune degli effetti di questo immagazzinamento. Questo modello inizia con l'equazione di continuità:

$$\frac{dS}{dt} = I_t - O_t$$

in cui dS/dt = tasso di variazione temporale dell'acqua nel deposito al tempo t ; I_t = afflusso medio al deposito al tempo t ; e O_t = deflusso dal deposito al tempo t .

Con il modello di serbatoio lineare, lo stoccaggio al tempo t è correlato al deflusso come:

$$S_t = R \cdot O_t$$

dove R = un parametro costante di invaso del serbatoio lineare. Combinando e risolvendo le equazioni usando una semplice approssimazione di differenza finita si ottiene:

$$O_t = C_A \cdot I_t + C_B \cdot I_{t-1}$$

dove C_A e C_B sono calcolati nel seguente modo

$$C_A = \frac{\Delta_t}{R + 0.5 \cdot \Delta_t}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 41 di 115

$$C_B = 1 - C_A$$

$$C_B = 1 - C_A$$

Il deflusso medio nel periodo t è:

$$\overline{O_t} = \frac{O_{t-1} + O_t}{2}$$

Con il modello di Clark, il serbatoio lineare rappresenta gli impatti aggregati di tutto lo stoccaggio del bacino. Così, concettualmente, il serbatoio può essere considerato come situato all'uscita del bacino. Oltre a questo modello di stoccaggio, il modello Clark tiene conto del tempo necessario all'acqua per muoversi verso lo l'uscita del bacino. Questo ultimo aspetto viene modellato come un canale lineare in cui l'acqua è "instradata" da punti remoti al serbatoio lineare all'uscita con ritardo, ma senza attenuazione.

7.2.1. Determinazione del CN

Per la determinazione del CN per l'area di studio bisogna fare riferimento alla litologia e ai dati di uso del suolo. Nella fattispecie si sono implementati i dati del Corine (COoRdination of INformation on the Environment) Land Cover 2018 di ISPRA, classe III, del quale si riporta un estratto nella seguente figura.

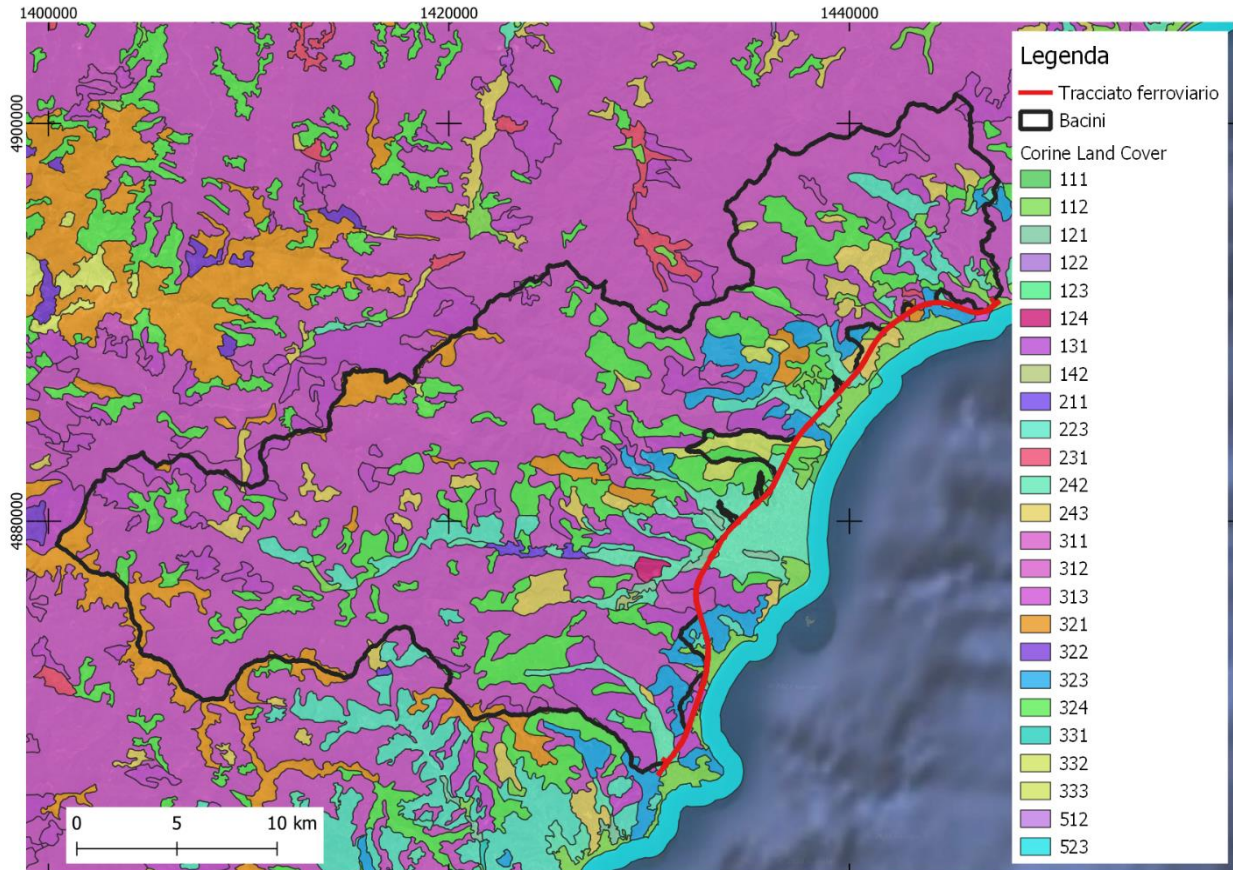


Figura 10: Corine Land Cover della zona di studio

Per quanto riguarda la classe idrologica di suolo, si è deciso, considerando le caratteristiche di acclività della zona, di individuare cautelativamente un tipo idrologico di suolo di tipo D.

Nel progetto sono state considerate le condizioni di imbibizione iniziale più gravose, per cui è stato utilizzato il parametro CN di tipo CN_{III}. Il CN_{III}si ottiene a partire dal CN_I (a cui le tabelle di conversione Corine-CN fanno riferimento) secondo la seguente formula:

$$CN(II) = \frac{23 \cdot CN(I)}{10 + 0.13 \cdot CN(I)}$$

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione Idrologica Generale

IV01	00	D 09 RI	ID0000 001	C	43 di 115
------	----	---------	------------	---	-----------

Date le mappe della copertura del suolo e considerati i gruppi idrologici, si è provveduto ad una riclassificazione per ottenere la carta del CN. Tale riclassificazione avviene attraverso la seguente tabella elaborata sulla base di numerose elaborazioni reperite in letteratura scientifica, prendendo in considerazione condizioni intermedie per il grado iniziale di imbibimento del terreno.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 44 di 115

Corine LIVELLO 3	SCS-CN per diversi HSG				Rif. USDA 1986
	A	B	C	D	
111 - Tessuto urbano continuo	89	92	94	95	Commercial and business (85% imp.)
112 - Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)/small>
121 - Unità industriali o commerciali	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
122 - Reti di strade e binari e territori associati	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
123 - Aree portuali	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
124 - Aeroporti	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
131 - Luoghi di estrazioni di minerali	76	85	89	91	Gravel (including right of way)
132 - Discariche	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
133 - Luoghi di costruzione	77	86	91	94	Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)
141 - Aree di verde urbano	49	69	79	84	Fair condition (grass cover 50 to 75%)
142 - Strutture di sport e tempo libero	68	79	86	89	Poor condition (grass cover <50%)
211 - Seminativi non irrigati	61	73	81	84	Contoured (C)
212 - Suolo permanentemente irrigato	67	78	85	89	Straight row (SR)
213 - Risaie	62	71	78	81	Contoured & terraced (C&T)
221 - Vigneti	76	85	90	93	Crop residue cover
222 - Frutteti e frutti minori	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
223 - Oliveti	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
231 - Pascoli	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
241 - Colture annuali associate a colture permanenti	61	73	81	84	Small grain
242 - Coltivazione complessa	61	73	81	84	Small grain
243 - Suoli principalmente occupati dall'agricoltura	61	73	81	84	Small grain
244 - Aree di agro-selvicoltura	43	65	76	82	Small grain
311 - Foreste a latifoglie	36	60	73	79	Woods
312 - Foreste a conifere	36	60	73	79	Woods
313 - Foreste miste	36	60	73	79	Woods
321 - Prateria naturale	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
322 - Lande e brugheria	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
323 - Vegetazione sclerofila	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
324 - Transizione suolo boscoso/arbusti	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
331 - Spiagge, dune e piani di sabbia	46	65	77	82	12% imp.
332 - Roccia nuda	96	96	96	96	Artificial desert landscaping
333 - Aree scarsamente vegetate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
334 - Aree bruciate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)

Figura 11: Valori del CN associati alla copertura vegetale (Corine Land Cover) e al gruppo idrologico

Seguendo quindi le tabelle sopra riportate, è stato possibile determinare il valore di CN_{III} per i bacini dei torrenti principali, congiuntamente agli altri parametri utili all'applicazione del modello SCS-CN.

Tabella 17: Attribuzione CN bacini idrografici

Bacino	CN	la [mm]
Pora	90.3	5.5
Bottassano	90.2	5.5
Maremola	89.9	5.7
Giustenice	91.1	5.0
Casazza	90.9	5.1
Delle Vigne	92.6	4.1
Castellaro	91.5	4.7
Varatello	90.0	5.6
Fasceo	88.8	6.4
Delle Cioppe	89.6	5.9
Carrenda	92.2	4.3
Neva	89.9	5.7
Arroscia	90.1	5.6
Della Valletta	89.2	6.2
Barbona	90.6	5.2
Caudi	90.6	5.3
Merula	89.8	5.7
Casazza monte	89.9	5.7
Castagne	93.7	3.4
Dei Ciò	92.3	4.2
Carrenda Monte	92.2	4.3
Carrenda+Delle Cioppe	91.5	4.7

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 46 di 115

7.2.2. *Calcolo dei tempi di corrivazione*

Una volta delimitati i bacini e la rete idrografica delle interferenze lungo la linea ferroviaria e definito il metodo per individuare le precipitazioni di riferimento, si intende calcolare le portate in corrispondenza di tali intersezioni utilizzando il modello di calcolo HEC-HMS, che fa utilizzo del tempo di corrivazione dei bacini.

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo è la formula di **Giandotti** (1934) che tiene conto della morfologia del bacino ed è valida per superfici dei bacini elevate:

$$\tau_c = \frac{(4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L)}{0.8 \cdot \sqrt{(H_m - H_0)}}$$

con

A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km²];

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua principale [km];

H_m = quota media del bacino [m s.m.m.];

H_o = quota della sezione di chiusura [m s.m.m.].

La formula di Giandotti ha il pregio, rispetto ad altre relazioni, di comprendere nei parametri utilizzati per il calcolo del tempo di corrivazione diverse caratteristiche dei bacini analizzati. Questo garantisce una ricostruzione dei tempi di corrivazione basata sui principali parametri dei bacini.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 47 di 115

Un'altra equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Ventura** (1905). La formula ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove i_m è la pendenza media della rete di drenaggio.

Un'ulteriore formulazione già ampiamente sperimentata in casi analoghi è quella di **Pasini** che ha la seguente forma:

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

Si è utilizzata anche la formula di **Pezzoli**, sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di dimensioni inferiori ai 20 km²

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

Infine, si prende in considerazione la formula di **Puglisi**, utilizzata frequentemente per il calcolo del tempo di corrivazione in bacini di estensione limitata.

$$t_c = 6 L^{2/3} \cdot (H_{max} - H_0)^{-1/3}$$

Per il calcolo dei tempi di corrivazione si è considerata la formula di Giandotti per i bacini con estensione superiore a 75 km², conformemente al campo di definizione della formula.

Per i bacini di media/modesta estensione (inferiore a 75 km²) si è invece considerato il valore minimo tra le formulazioni di Ventura, Pasini, Pezzoli, Puglisi; per quelli tra questi in cui risultava in tempo di corrivazione minore di 15 minuti si è deciso di considerare un tempo di corrivazione

di 15 minuti. Tale minimo non si ritiene stringente per i bacini interclusi, così come definiti al capitolo 5.3, in quanto essi concorrono alla formazione del deflusso del bacino principale.

Tabella 18: Tempi di corrivazione dei bacini idrografici

Bacino	Area [km ²]	t _c Giandotti [ore]	t _c Pezzoli [ore]	t _c Ventura [ore]	t _c Pasini [ore]	t _c Puglisi [ore]	Metodo scelto	t _c scelto [ore]
Pora	58.2	-	2.91	3.43	3.64	3.43	Pezzoli	2.91
Boltassano	6.0	-	0.96	0.97	1.08	2.27	Pezzoli	0.96
Maremola	33.7	-	2.37	2.37	2.66	3.10	Ventura	2.37
Giustenice	9.9	-	1.27	1.03	1.23	2.33	Ventura	1.03
Casazza	1.6	-	0.57	0.41	0.51	1.78	Ventura	0.41
Delle Vigne	0.11	-	0.15	0.14	0.16	1.24	minimo	0.25
Castellaro	0.65	-	0.36	0.37	0.41	1.73	Pezzoli	0.36
Varatella	40.9	-	1.65	2.28	2.29	2.63	Pezzoli	1.65
81+973	0.44	-	0.38	0.32	0.38	1.78	Ventura	0.32
82+900	0.08	-	0.10	0.13	0.14	1.14	minimo	0.25
Fasceo	0.7	-	0.38	0.27	0.34	1.55	Ventura	0.27
Delle Cioffe	1.6	-	0.44	0.40	0.46	1.62	Ventura	0.40
Carrenda	3.9	-	0.54	0.62	0.66	1.73	Pezzoli	0.54
Neva	135	4.25	-	-	-	-	Giandotti	4.25
Arroscia	282.8	6.61	-	-	-	-	Giandotti	6.61
Toco	0.55	-	0.13	0.15	0.16	0.93	Pezzoli	0.13
Della Valletta	0.58	-	0.36	0.40	0.43	1.80	Pezzoli	0.36
Barbona	1.11	-	0.30	0.29	0.33	1.37	Ventura	0.29
Caudi	1.6	-	0.30	0.38	0.39	1.40	Pezzoli	0.30
Merula	45.5	-	3.55	3.47	3.92	3.83	Ventura	3.47
NVX3	7.1	-	1.23	1.03	1.22	2.44	Ventura	1.03
Casazza Monte	1.2	-	0.55	0.35	0.45	1.75	Ventura	0.35
Castagne	0.4	-	0.32	0.25	0.30	1.57	minimo	0.25
Carrenda Monte	2.4	-	0.50	0.48	0.54	1.68	Ventura	0.48
Dei Ciò	1.4	-	0.46	0.35	0.43	1.62	Ventura	0.35
Carrenda+Delle Cioffe	5.7	-	0.58	0.77	0.78	1.79	Pezzoli	0.58
Delle Cioffe confluenza	1.7	-	0.52	0.43	0.51	1.74	Ventura	0.43

Bacino	Area [km ²]	t _c Giandotti [ore]	t _c Pezzoli [ore]	t _c Ventura [ore]	t _c Pasini [ore]	t _c Puglisi [ore]	Metodo scelto	t _c scelto [ore]
Carrenda area interclusa	0.19	-	0.18	0.30	0.29	1.57	Pezzoli	0.18

7.3. Costruzione degli ietogrammi di progetto

Per determinare gli idrogrammi dei corsi d'acqua principali vengono considerati gli ietogrammi di tipo Chicago. Lo ietogramma Chicago, rispetto allo ietogramma costante, rappresenta meglio alcune caratteristiche degli ietogrammi osservati, come ad esempio la presenza del picco di intensità, le precipitazioni antecedenti e successive l'istante del picco, i volumi totali. E' uno ietogramma non costante, che presenta un picco di intensità che può essere posizionato arbitrariamente all'inizio, alla fine o in posizione intermedia nella durata di pioggia. È caratterizzato dalle seguenti equazioni:

$$j(t) = an \left(\frac{r\tau - t}{r} \right)^{n-1} \quad \text{quando } t < r\tau$$

$$j(t) = an \left(\frac{t - r\tau}{1 - r} \right)^{n-1} \quad \text{quando } t > r\tau$$

Dove τ è la durata di precipitazione di progetto, a e n sono i parametri della curva. Il valore di r può variare tra 0 e 1. Per $r = 0$ si ha lo ietogramma Chicago anticipato. Per $r = 1$ e si ha lo ietogramma Chicago ritardato, con il picco d'intensità alla fine. Per $r = 0,5$ si ha lo ietogramma Chicago centrato, che è simmetrico, col picco d'intensità esattamente a metà della durata totale.

Lo ietogramma Chicago è costruito in modo tale che al suo interno si possano trovare eventi parziali di durata inferiore a quella di pioggia, il cui volume totale è sempre fornito dalle curve di possibilità pluviometrica. Nello ietogramma Chicago, infatti, la massima altezza di precipitazione cumulata su qualsiasi durata è sempre pari all'altezza di precipitazione dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica per la medesima durata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGLIO C 50 di 115	

Nel caso di questo progetto viene considerato per tutti i bacini uno ietogramma centrato, quindi con $r=0.5$. Inoltre è stato valutato un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino.

Si riporta come esempio lo ietogramma Chicago per il torrente Maremola per il tempo di ritorno di 200 anni.

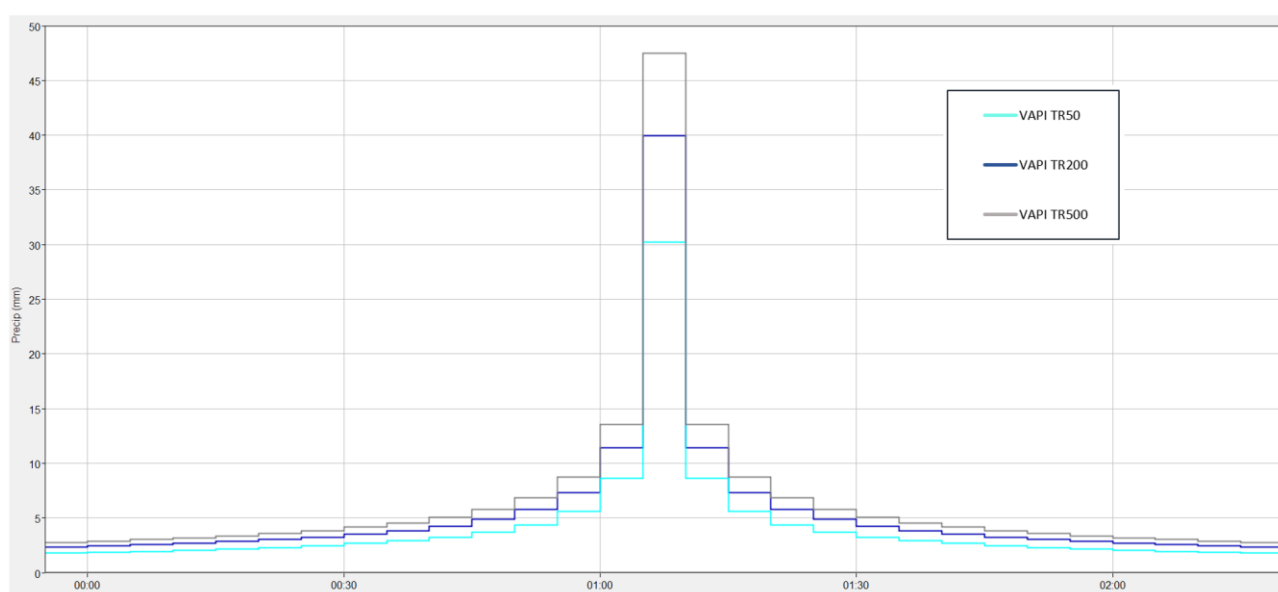


Figura 12: ietogramma Chicago del torrente Maremola per le precipitazioni analizzate con Vapi per Tr 50, 200 e 500

7.4. Portate dei corsi d'acqua principali

Nel seguito si riportano le portate dei corsi d'acqua principali, ricavate utilizzando il modello HMS, ottenute con l'analisi di Gumbel ed il metodo VAPI per un tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Per confronto, sono inoltre riportati i valori calcolati dall'AdB, per cui viene indicata la sezione di riferimento nei documenti dell'AdB e le caratteristiche del bacino per l'applicazione delle formule di CIMA.

I valori che tra Gumbel e VAPI forniscono una portata maggiore, e quindi più cautelativa, sono evidenziati in grassetto. Il confronto è stato eseguito in riferimento alla portata di progetto a Tr

200 anni, per le portate a Tr 50 e 500 anni è stata estesa di conseguenza la metodologia individuata.

Tabella 19: Portate dei corsi d'acqua principali ottenute con il modello HMS e confronto con i valori forniti dall'AdB

		Studio idraulico AdB		Risultati HMS	
Bacino	Tr [anni]	Sezione/tipo bacino	Portata [m ³ /s]	Portata GUMBEL [m ³ /s]	Portata VAPI [m ³ /s]
Pora	50	7	532	559.4	519.9
	200	7	663	719.2	722.5
	500	7	750	824.7	876.8
Bottassano	50	46	85	75.1	89.8
	200	46	120	98.4	130.6
	500	46	145	113.9	163.1
Maremola	50	55	320	357	356.4
	200	55	460	463.2	497.7
	500	55	550	533.4	607.6
Giustenice	50	5	100	121.6	112.3
	200	5	150	157.2	147.7
	500	5	180	180.8	171.9
Casazza	50	CIMA (tipo C, long. 8°15')	30.6	34.9	33.3
	200	CIMA (tipo C, long. 8°15')	44.3	45.4	44
	500	CIMA (tipo C, long. 8°15')	53.2	52.6	51.7
Delle Vigne	50	CIMA (tipo C, long. 8°15')	2.1	1.7	2.4
	200	CIMA (tipo C, long. 8°15')	3	2.3	3.2
	500	CIMA (tipo C, long. 8°15')	3.7	2.7	3.8
Castellaro	50	CIMA (tipo C, long. 8°15')	12.4	13.9	13.5
	200	CIMA (tipo C, long. 8°15')	18	18.3	18.1
	500	CIMA (tipo C, long. 8°15')	21.6	21.3	21.3
Varatello	50	18	380	446.3	458.7

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 52 di 115

		Studio idraulico AdB		Risultati HMS	
Bacino	Tr [anni]	Sezione/tipo bacino	Portata [m ³ /s]	Portata GUMBEL [m ³ /s]	Portata VAPI [m ³ /s]
	200	18	550	577.2	578
	500	18	670	664	656.1
Fasceo	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	11.6	8.2	12.5
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	16.8	11.6	17.9
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	20.2	14	21.9
Delle Cioppe	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	26.5	28.1	28.8
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	38.3	37.2	38.9
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	46.1	43.2	45.8
Carrenda	50	formula AdB	44.5	51.6	48.2
	200	formula AdB	64.4	67.8	64.5
	500	formula AdB	77.5	78.7	75.9
Neva	50	19	990	1141.4	1033.3
	200	19	1440	1428.8	1440.3
	500	19	1730	1617.9	1770.3
Arroscia	50	9	1440	1731.5	1523.9
	200	9	2080	2148.5	1986.5
	500	9	2500	2423.7	2319.9
Della Valletta	50	CIMA (tipo D, long. 8°10')	9.5	10.2	9.1
	200	CIMA (tipo D, long. 8°10')	13.7	13.7	12.5
	500	CIMA (tipo D, long. 8°10')	16.5	16	14.8
Barbona	50	CIMA (tipo C, long. 8°10')	20.5	21.8	20
	200	CIMA (tipo C, long. 8°10')	29.6	31.1	31
	500	CIMA (tipo C, long. 8°10')	35.6	36.7	39.9
Caudi	50	11	31.4	34.3	30.1
	200	11	45.5	46.7	46.6
	500	11	54.7	55.4	60.6
Merula	50	29	320	342.2	345.8

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 53 di 115

		Studio idraulico AdB		Risultati HMS	
Bacino	Tr [anni]	Sezione/tipo bacino	Portata [m ³ /s]	Portata GUMBEL [m ³ /s]	Portata VAPI [m ³ /s]
	200	29	460	442.1	461.9
	500	29	550	508.3	546.6
Carrenda monte	50	formula AdB	30.9	36	32.7
	200	formula AdB	44.8	47.4	43.9
	500	formula AdB	53.9	55	51.8
Carrenda+DelleCioffe	50	formula AdB	59.2	64.7	64.9
	200	formula AdB	85.7	86	88.2
	500	formula AdB	103	100.5	104.5
Casazza monte	50	CIMA (tipo C, long. 8°15')	22.9	25.2	23.3
	200	CIMA (tipo C, long. 8°15')	33.2	33.6	31.8
	500	CIMA (tipo C, long. 8°15')	39.9	39.3	37.8
Castagne	50	CIMA (tipo C, long. 8°15')	7.6	8.8	8.8
	200	CIMA (tipo C, long. 8°15')	11.1	11.6	11.7
	500	CIMA (tipo C, long. 8°15')	13.3	13.4	13.8
Dei Ciò	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	23.2	26.6	24.6
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	33.5	34.6	32.6
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	40.3	40	38.2
Delle Cioffe confluenza	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	28.1	29.6	30.4
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	40.7	39.1	40.9
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	49	45.4	48.1
Carrenda intercluso	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	3.1	3.6	3.6
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	4.5	4.7	4.8
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	5.5	5.5	5.7

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

7.5. Portate dei corsi d'acqua secondari

Di seguito si riportano le portate dei corsi d'acqua secondari, ricavate utilizzando il metodo CIMA sopra descritto (Paragrafo 7.1), per un tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Tabella 20: Portate dei corsi d'acqua secondari ottenute con il metodo dell'AdB

Bacino	Tr [anni]	Tipo bacino	Portata [m ³ /s]
81+973	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	7.3
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	10.5
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	12.7
82+900	50	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	1.3
	200	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	1.9
	500	CIMA (tipo D, long. 8°12.5')	2.3
Toco	50	CIMA (tipo D, long. 8°10')	9
	200	CIMA (tipo D, long. 8°10')	13
	500	CIMA (tipo D, long. 8°10')	15.6
NVX3	50	CIMA (tipo D, long. 8°7.5')	93
	200	CIMA (tipo D, long. 8°7.5')	134.6
	500	CIMA (tipo D, long. 8°7.5')	161.9

7.6. Portate per gli attraversamenti minori

Di seguito si riportano le portate per gli attraversamenti minori, ricavate utilizzando il metodo CIMA sopra descritto (Paragrafo 7.1), per un tempo di ritorno di 200 anni.

Tabella 21: Portate per gli attraversamenti minori ottenute con il metodo dell'AdB

Bacino	Tr [anni]	Area [km ²]	Tipo bacino	Portata [m ³ /s]
76+492	200	0.015	CIMA (tipo C, long. 8°14.3')	0.42
76+890	200	0.036	CIMA (tipo C, long. 8°14')	0.99

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 55 di 115

Bacino	Tr [anni]	Area [km ²]	Tipo bacino	Portata [m ³ /s]
80+200	200	1.350	CIMA (tipo D,long.8°12.1')	32.32
80+732	200	4.328	CIMA (tipo D,long.8°10.6')	90.53
82+410	200	0.000	CIMA (tipo D,long.8°11.8')	0.01
82+462	200	0.012	CIMA (tipo D,long.8°11.8')	0.28
82+641	200	0.282	CIMA (tipo D,long.8°11.7')	6.75
83+591	200	0.009	CIMA (tipo D,long.8°11.2')	0.22
84+191	200	0.116	CIMA (tipo D,long.8°10.7')	2.74
84+657	200	0.101	CIMA (tipo D,long.8°10.6')	2.39
86+000	200	0.139	CIMA (tipo D,long.8°9.9')	3.28
86+237	200	0.023	CIMA (tipo D,long.8°10')	0.54
91+850	200	2.025	CIMA (tipo C,long.8°9.4')	54.38
97+449	200	0.035	CIMA (tipo D,long.8°8.3')	0.81
97+680	200	0.371	CIMA (tipo D,long.8°7.8')	8.63

7.7. Idrogrammi di piena

Si presentano di seguito gli idrogrammi di piena dei corsi d'acqua principali all'intersezione con la ferrovia, ottenuti dal modello HMS dei bacini, per tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

7.7.1. Idrogrammi Torrente Pora

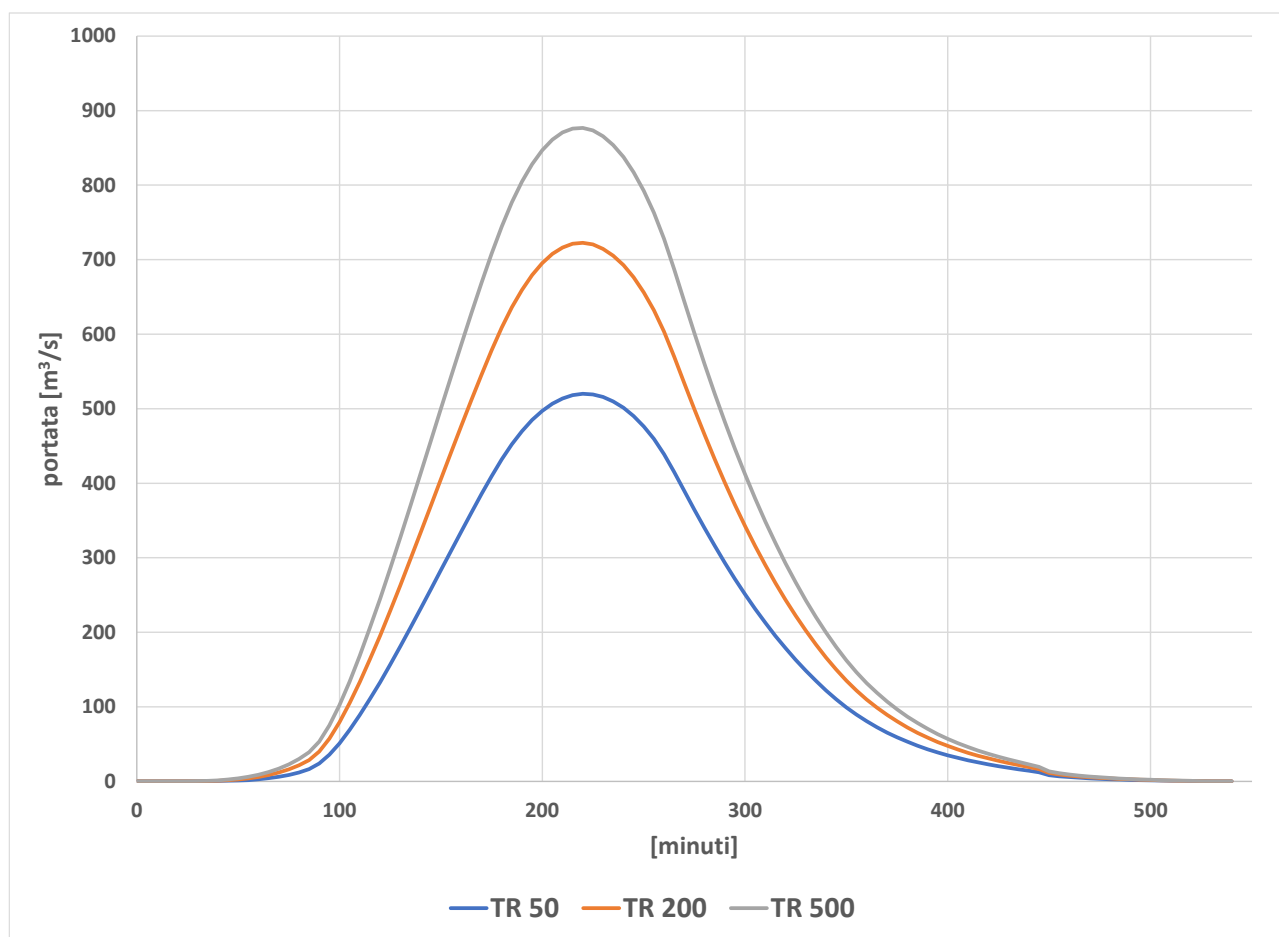


Figura 13: idrogramma di piena del torrente Pora all'intersezione con la ferrovia per Tr 50, 200 e 500 anni

7.7.2. Idrogrammi Torrente Bottassano

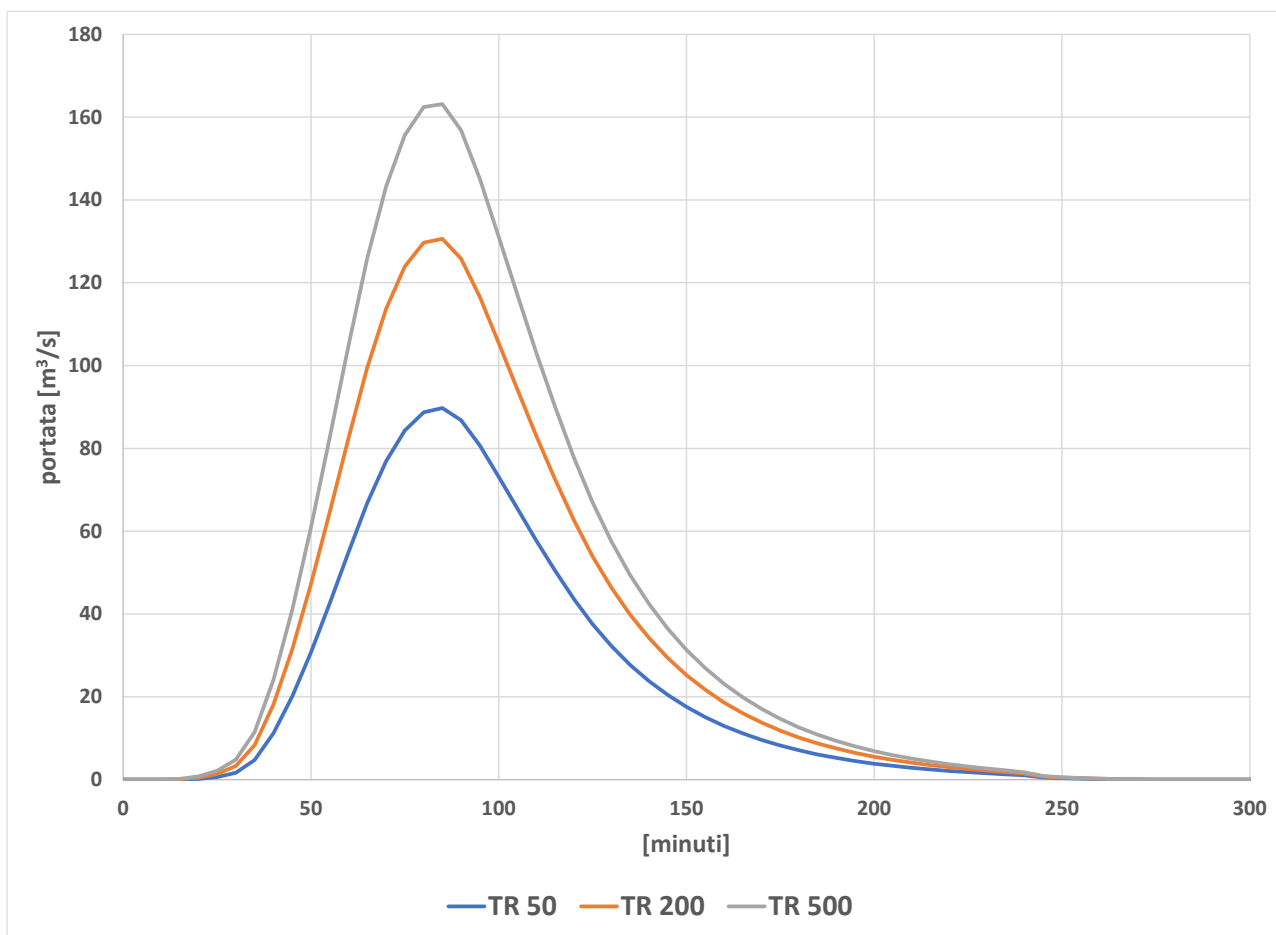


Figura 14: idrogramma di piena del torrente Bottassano all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.3. Idrogrammi Torrente Maremola

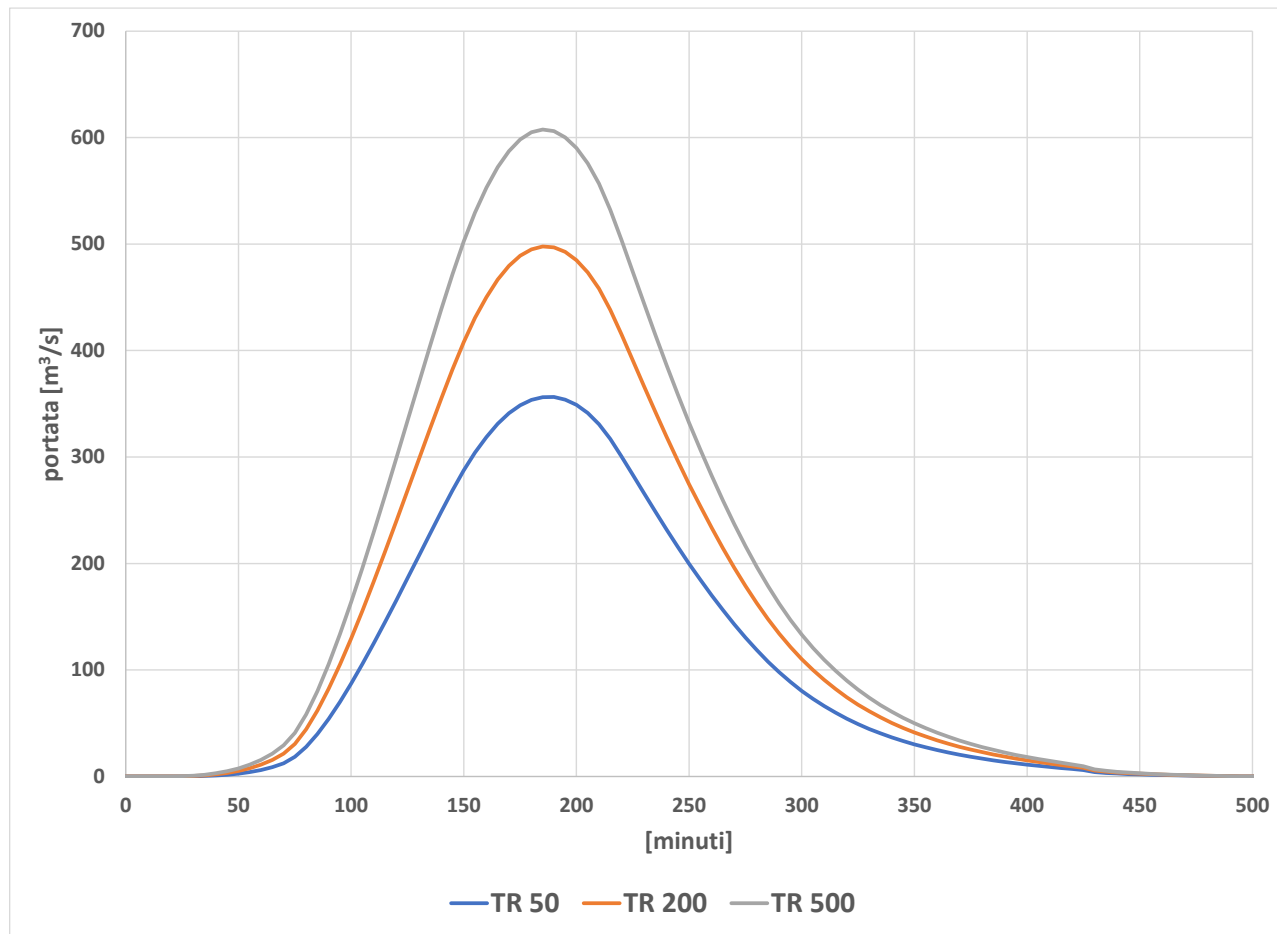


Figura 15: idrogramma di piena del torrente Maremola all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.4. Idrogrammi Torrente Giustenice

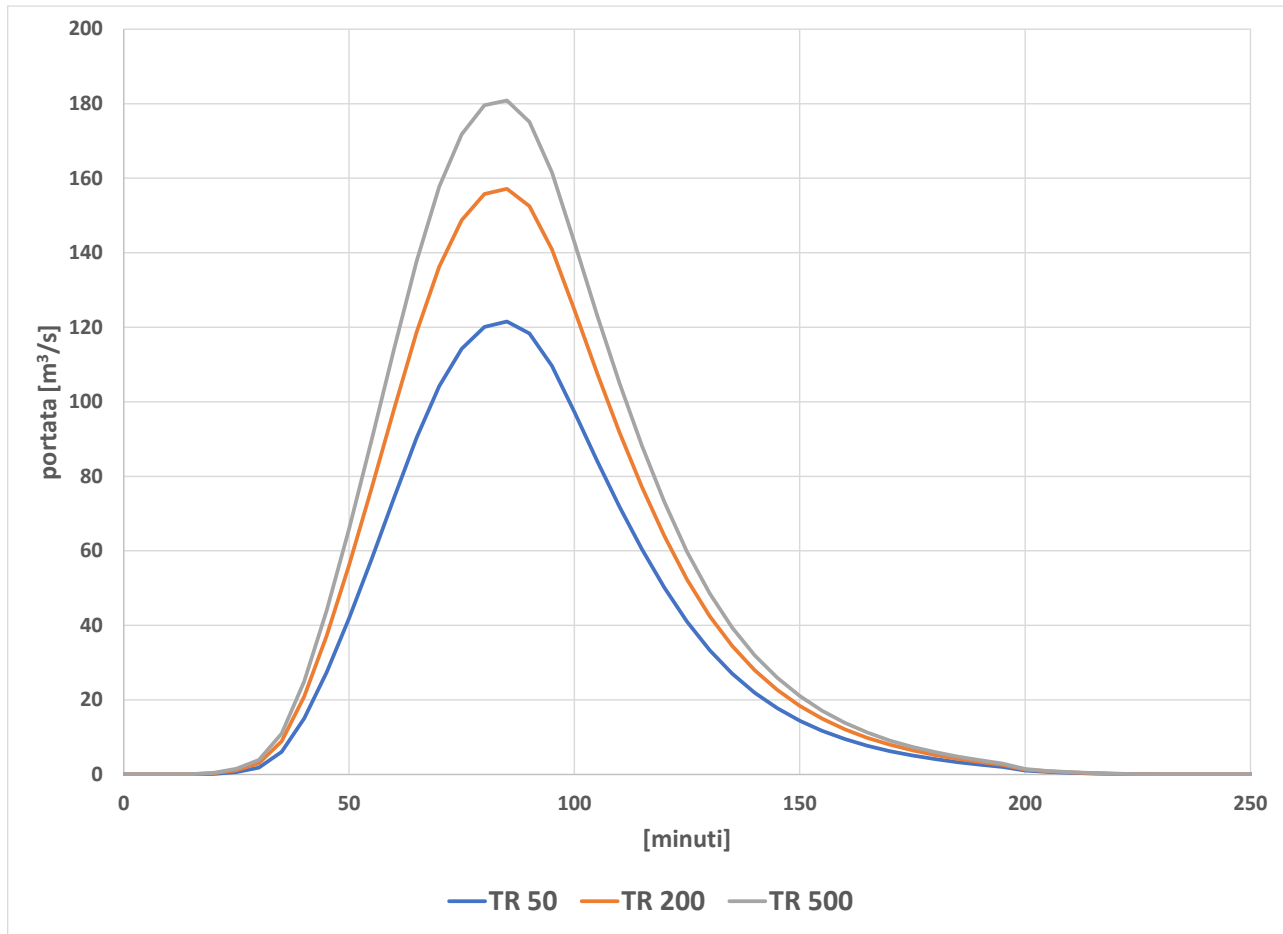


Figura 16: idrogramma di piena del torrente Giustenice all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.5. Idrogrammi Rio Casazza

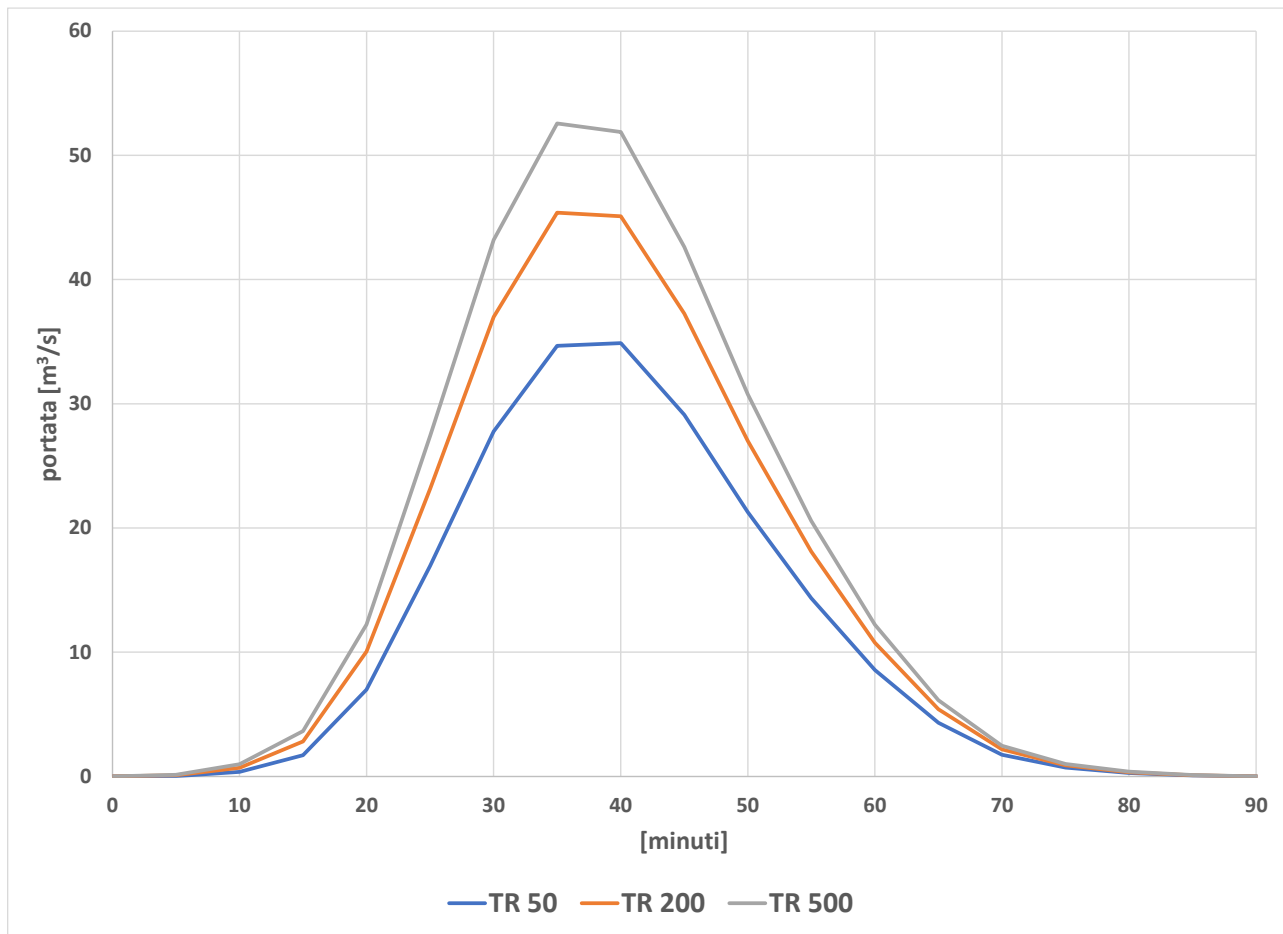


Figura 17: idrogramma di piena del RioCasazza all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.6. Idrogrammi Rio delle Vigne

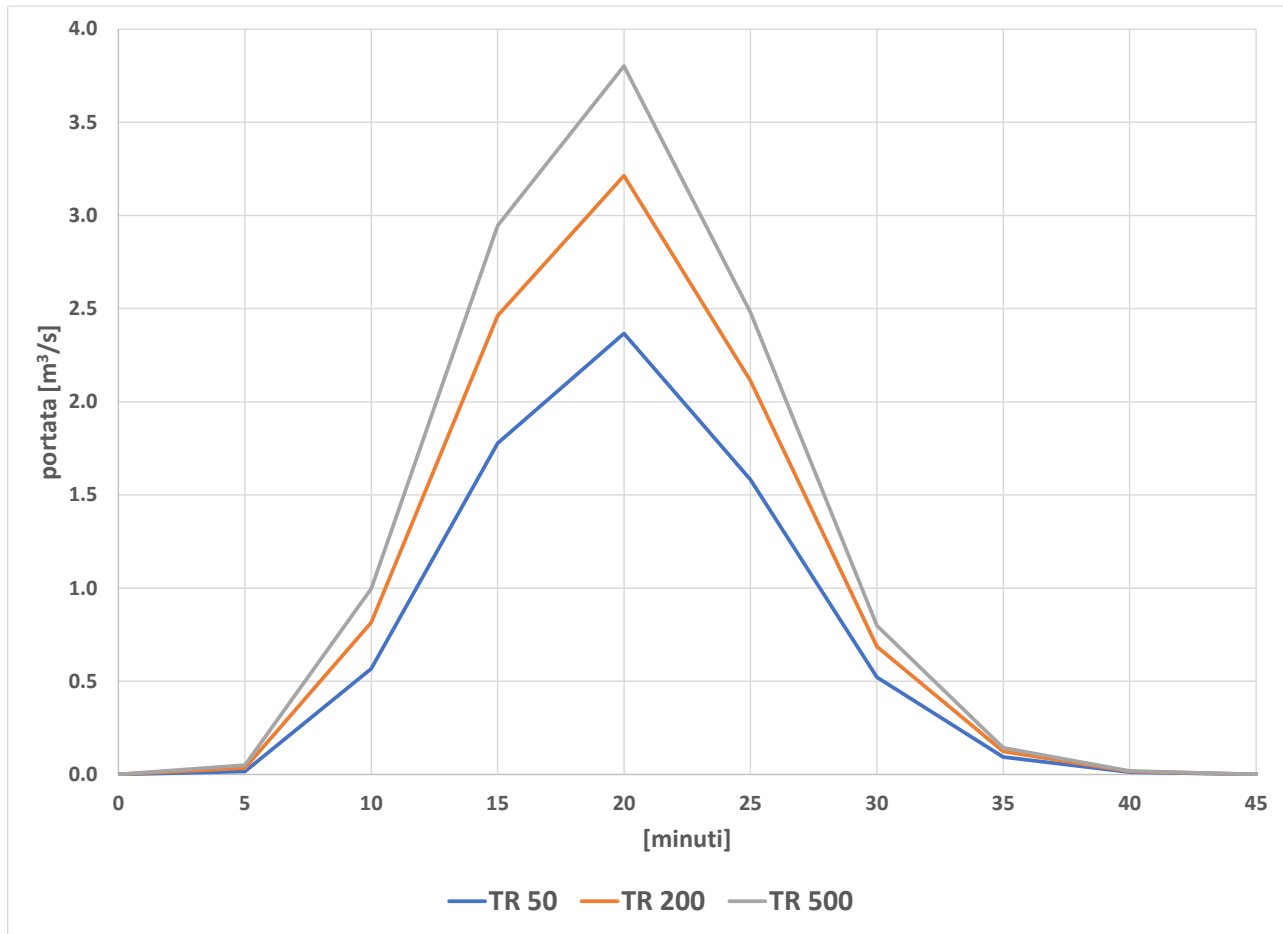


Figura 18: idrogramma di piena del RioDelle Vigne all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.7. Idrogrammi Rio Castellaro

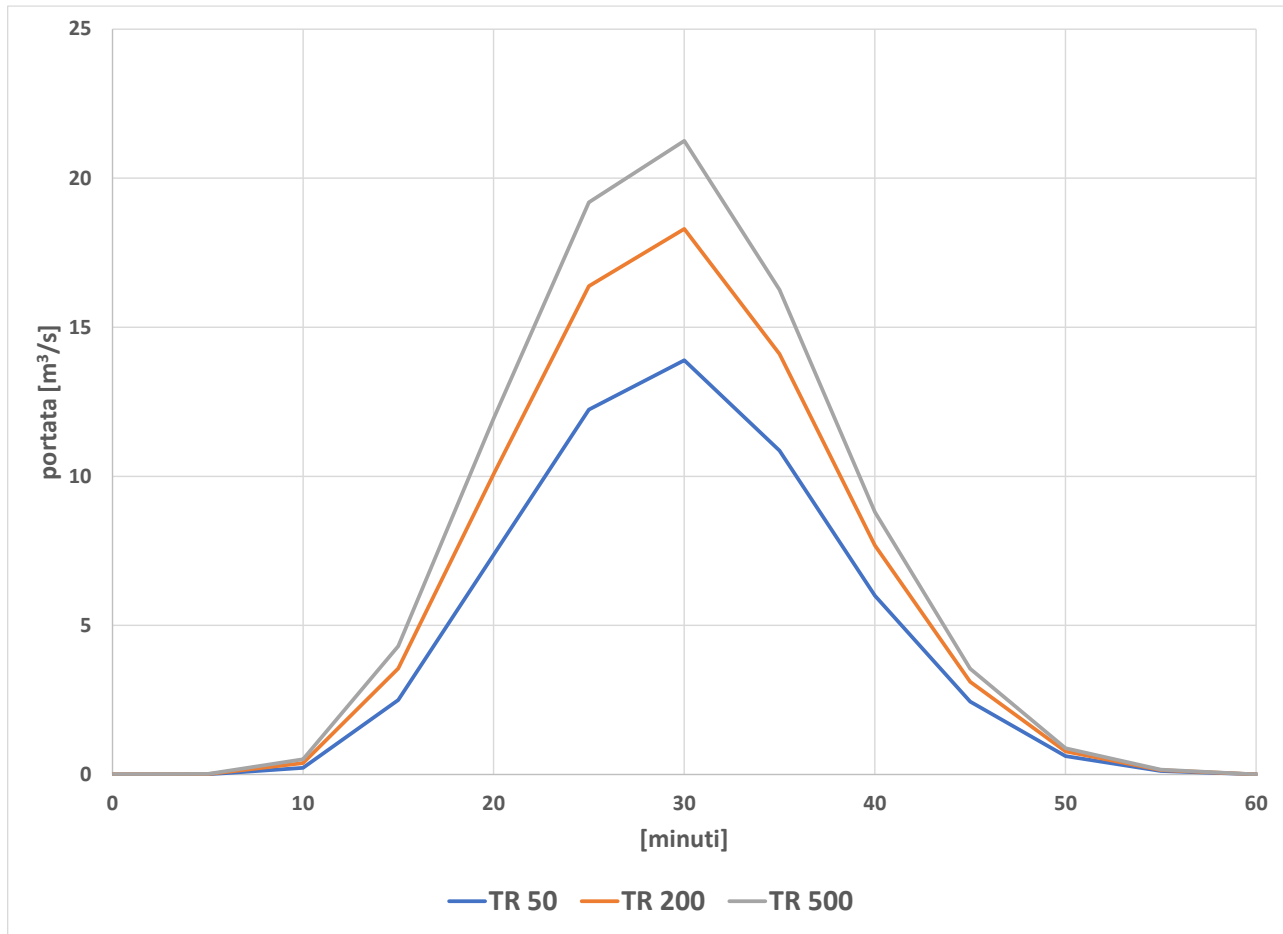


Figura 19: idrogramma di piena del RioCastellaro all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.8. Idrogrammi Torrente Varatello

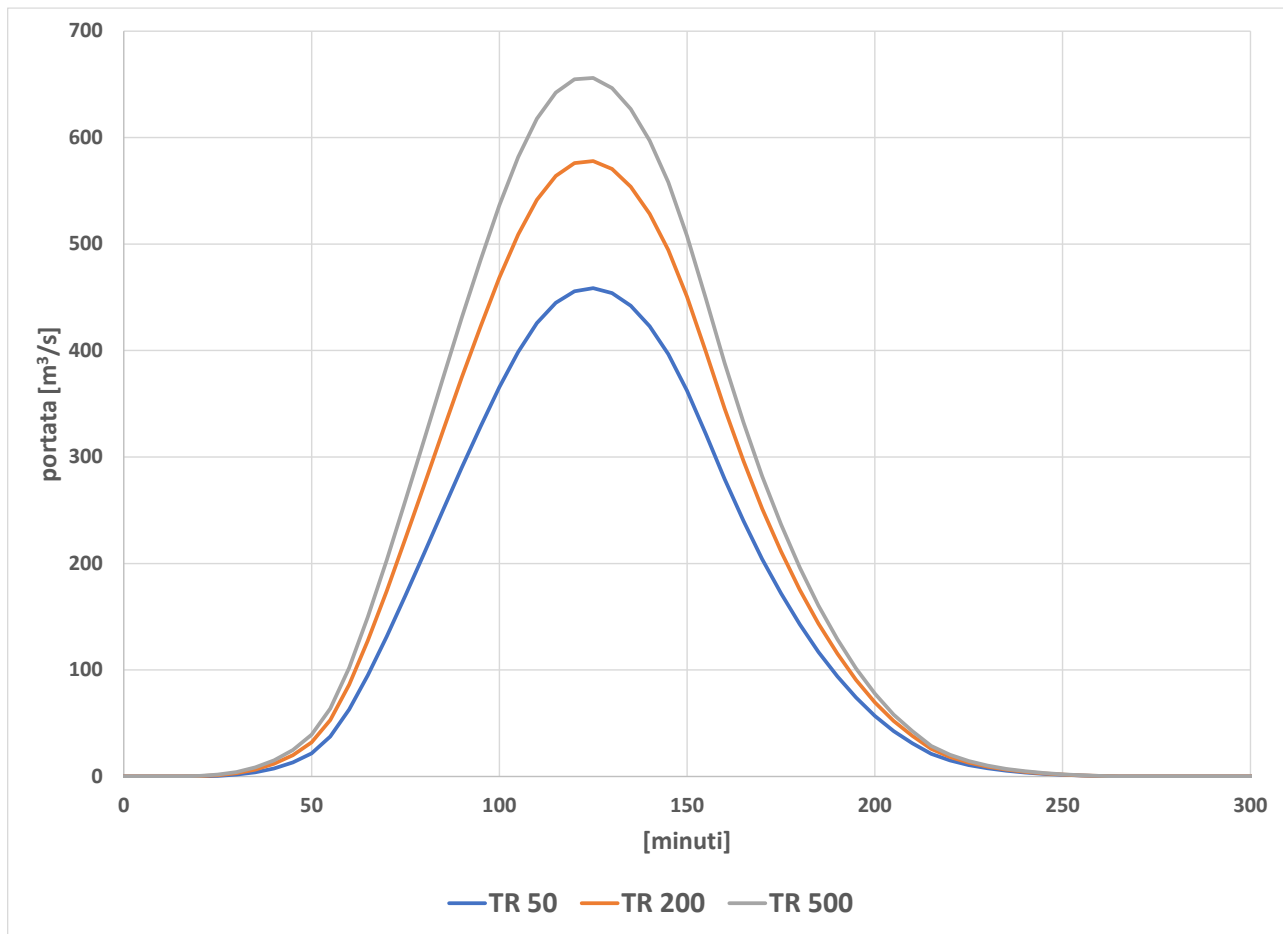


Figura 20: idrogramma di piena del Torrente Varatello all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.9. Idrogrammi Rio Fasceo

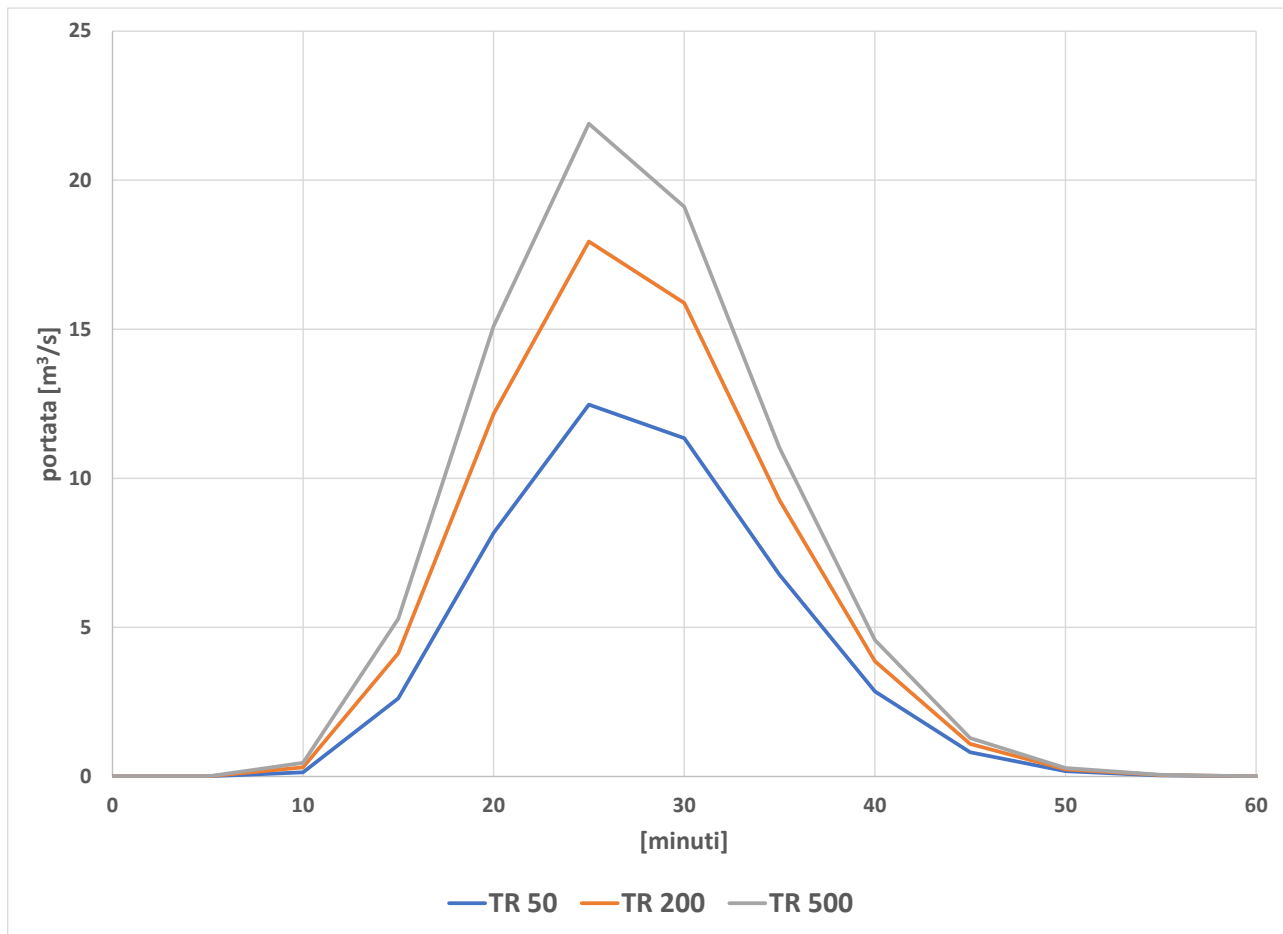


Figura 21: idrogramma di piena del Rio Fasceo all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.10. Idrogrammi Rio delle Cioppe

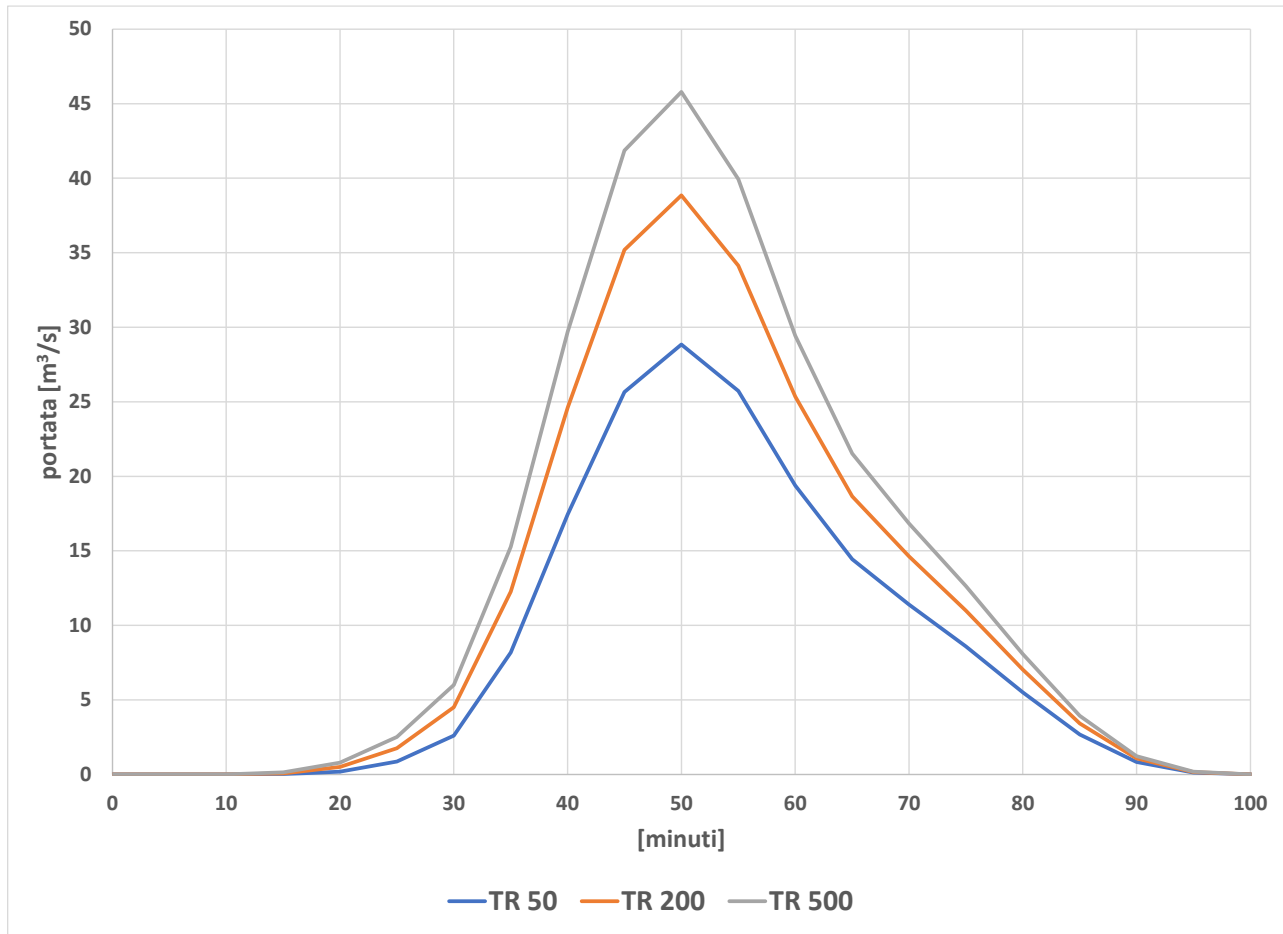


Figura 22: idrogramma di piena del Rio Delle Cioppe all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.11. Idrogrammi Rio Carrenda

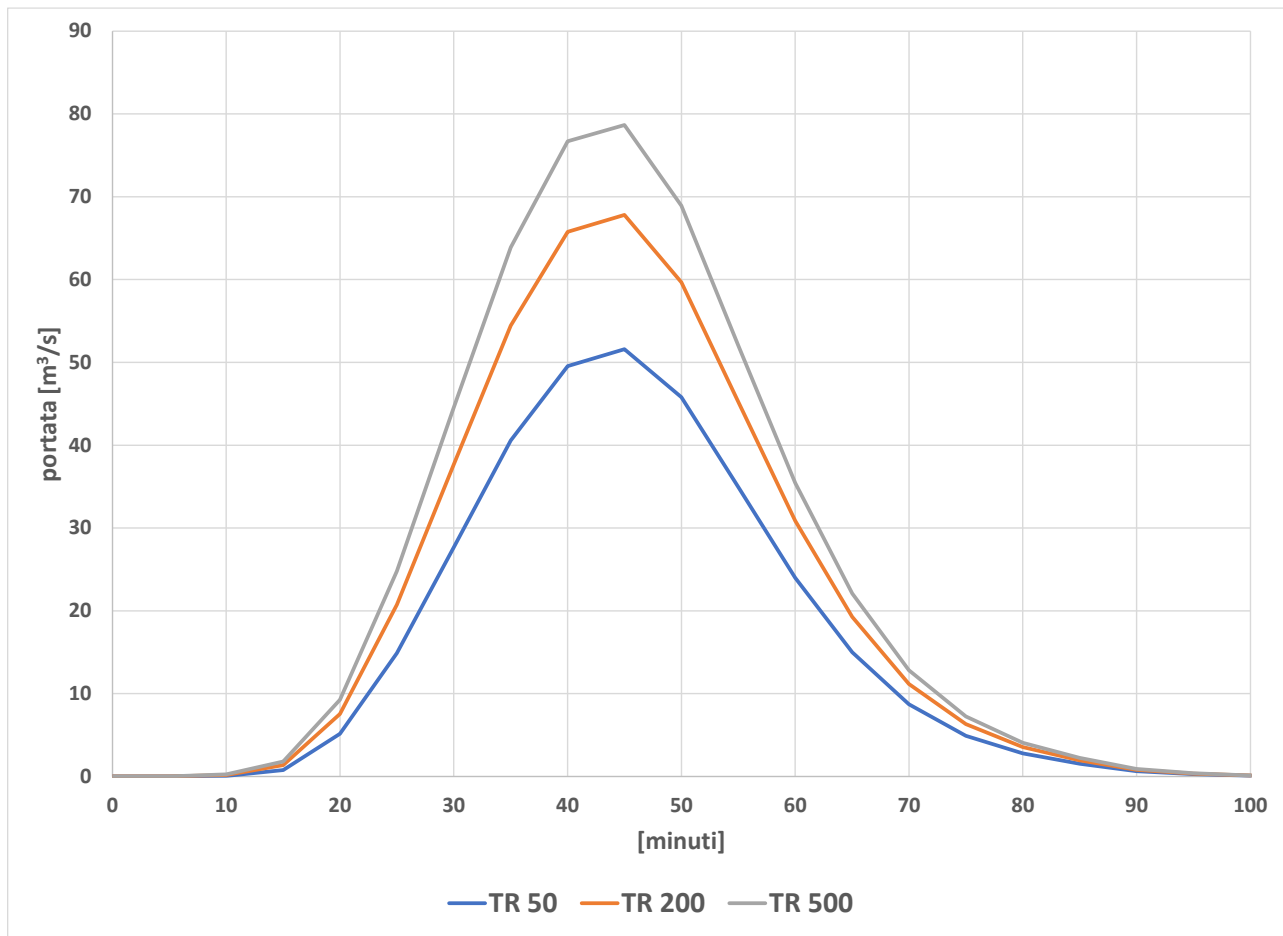


Figura 23: idrogramma di piena del Rio Carrenda all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.12. Idrogrammi Torrente Neva

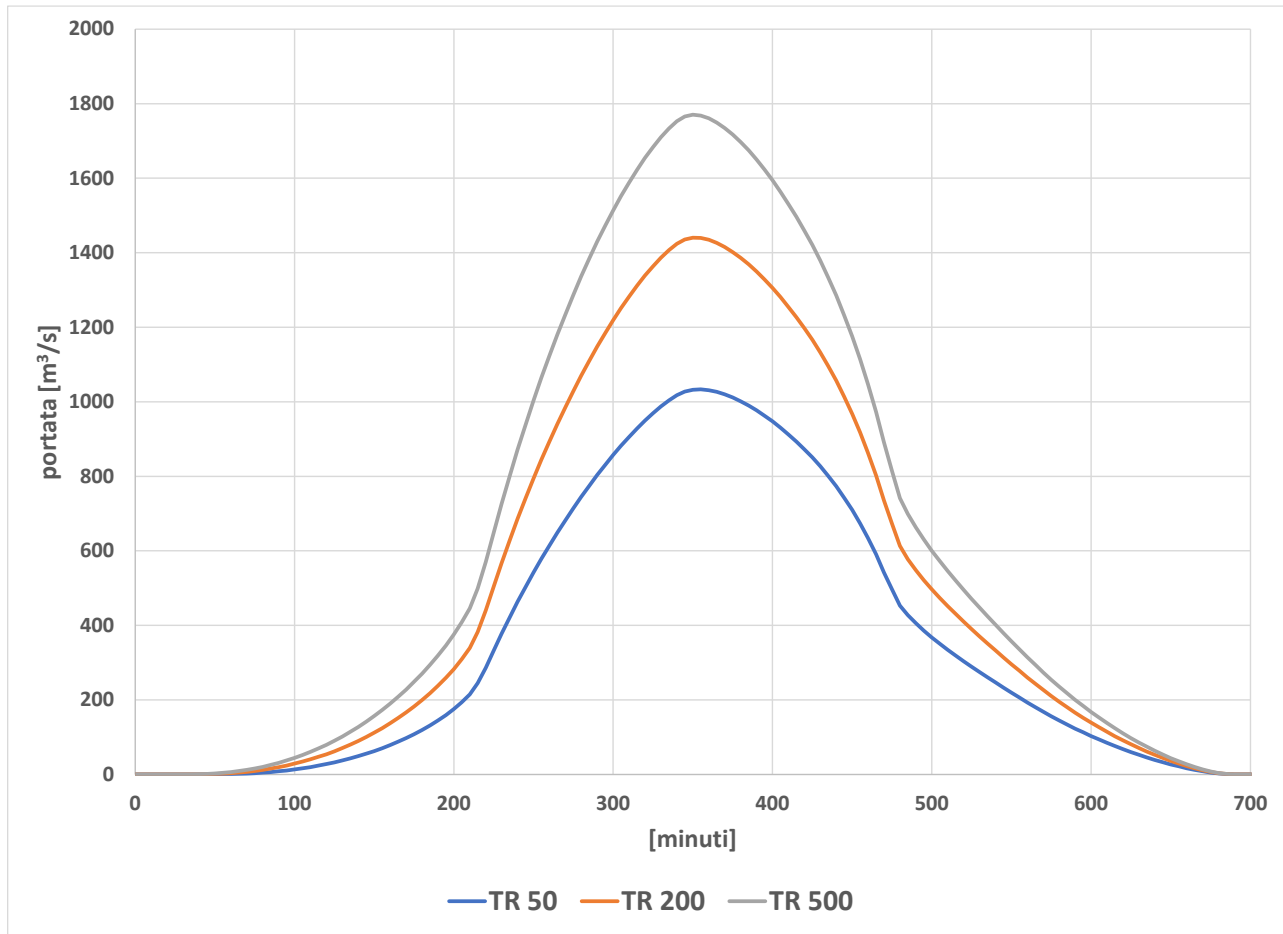


Figura 24: idrogramma di piena del Torrente Neva all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.13. Idrogrammi Torrente Arroscia

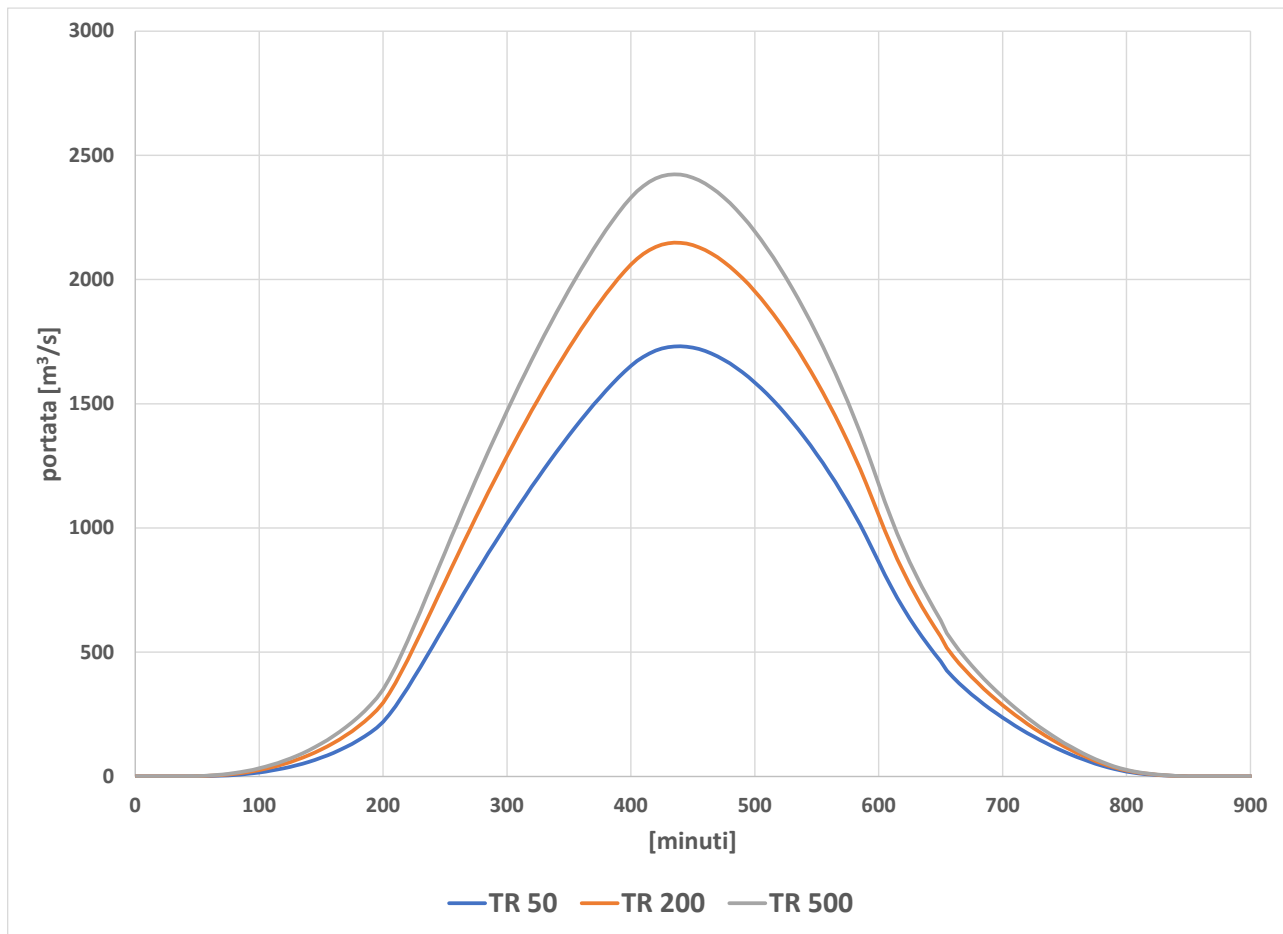


Figura 25: idrogramma di piena del Torrente Arroscia all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.14. Idrogrammi Rio della Valletta

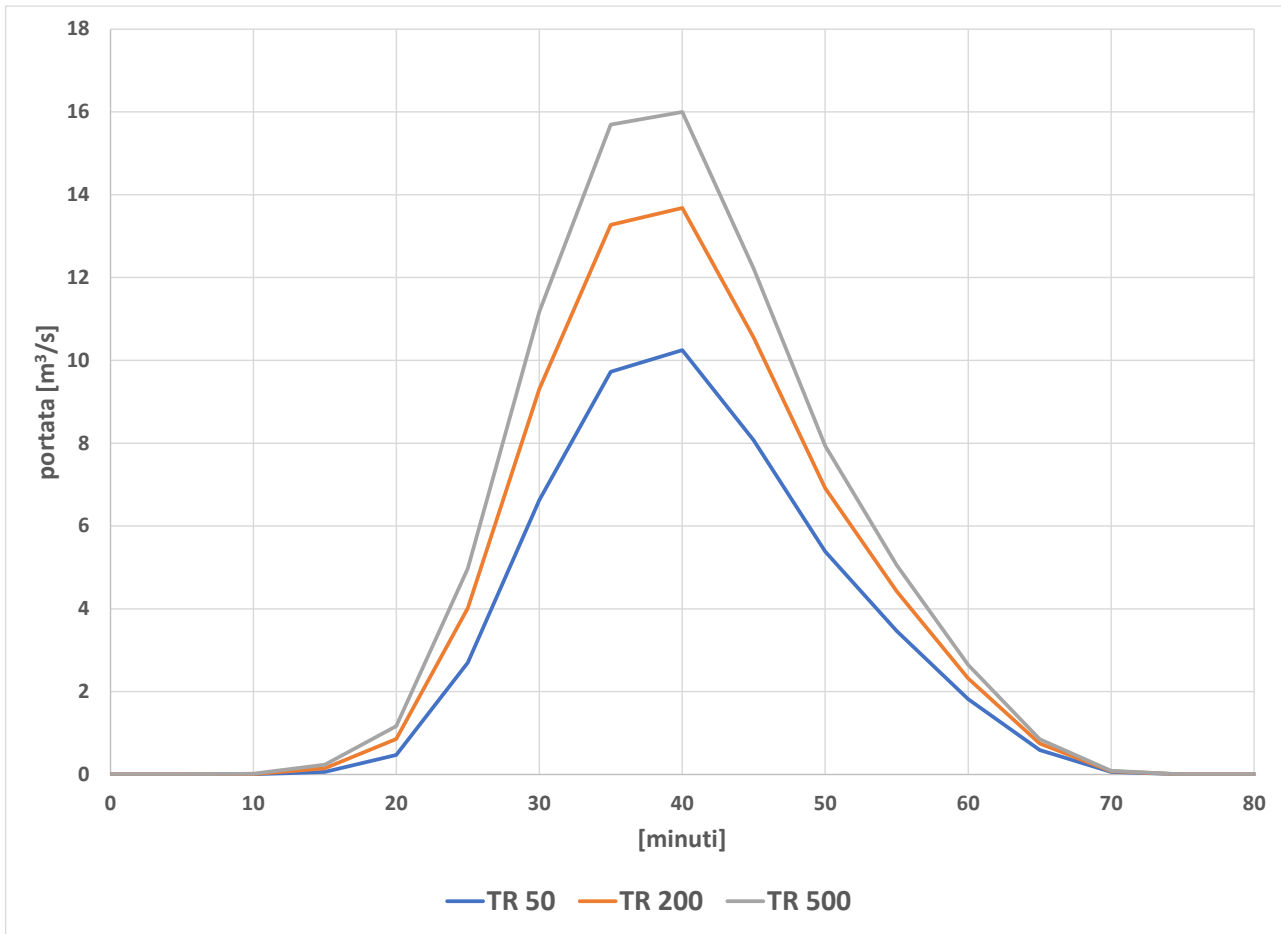


Figura 26: idrogramma di piena del Rio Della Valletta all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.15. Idrogrammi Rio Barbona

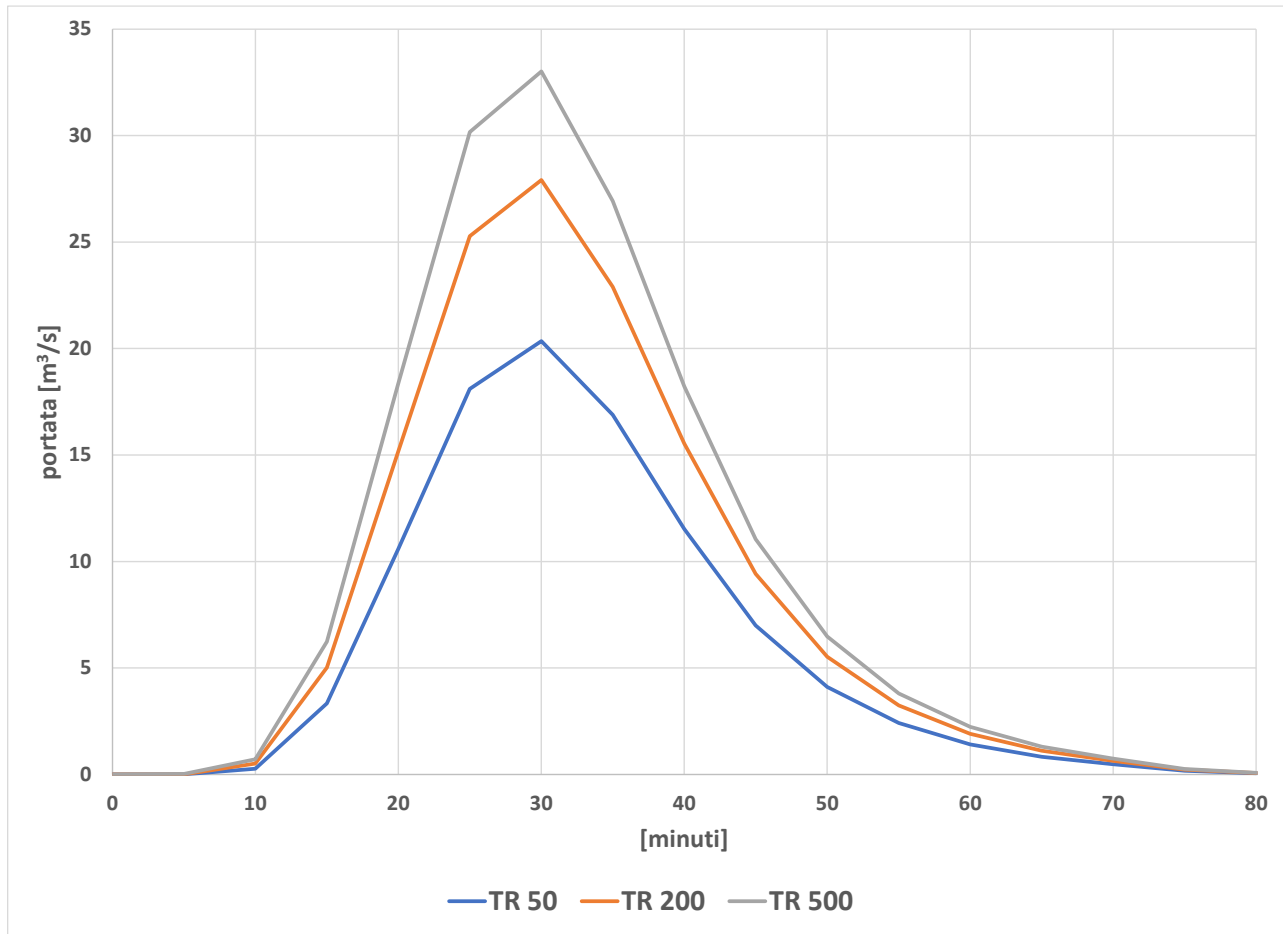


Figura 27: idrogramma di piena del Rio Barbona all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.16. Idrogrammi Rio Caudi

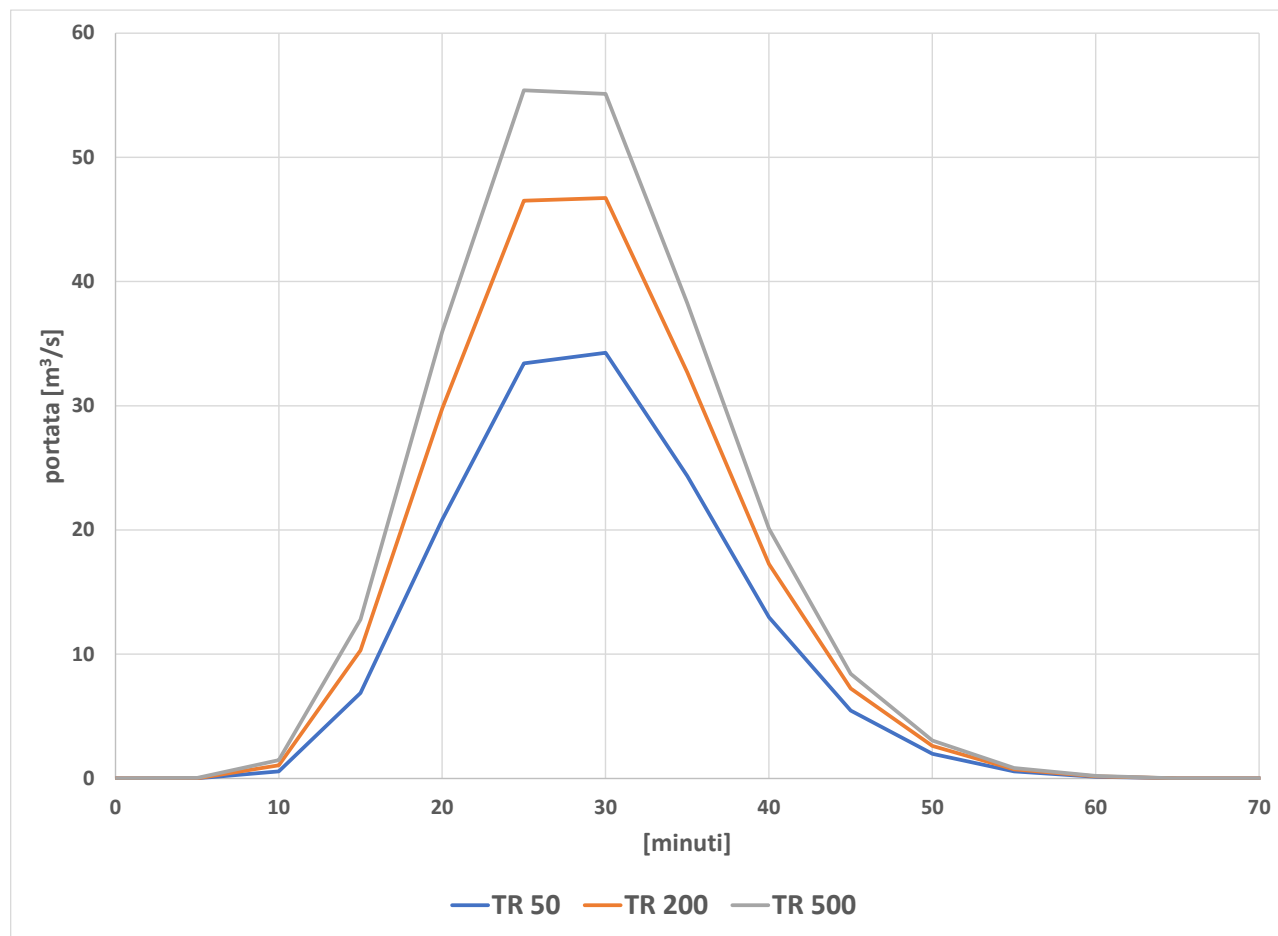


Figura 28: idrogramma di piena del Rio Caudi all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.17. Idrogrammi Torrente Merula

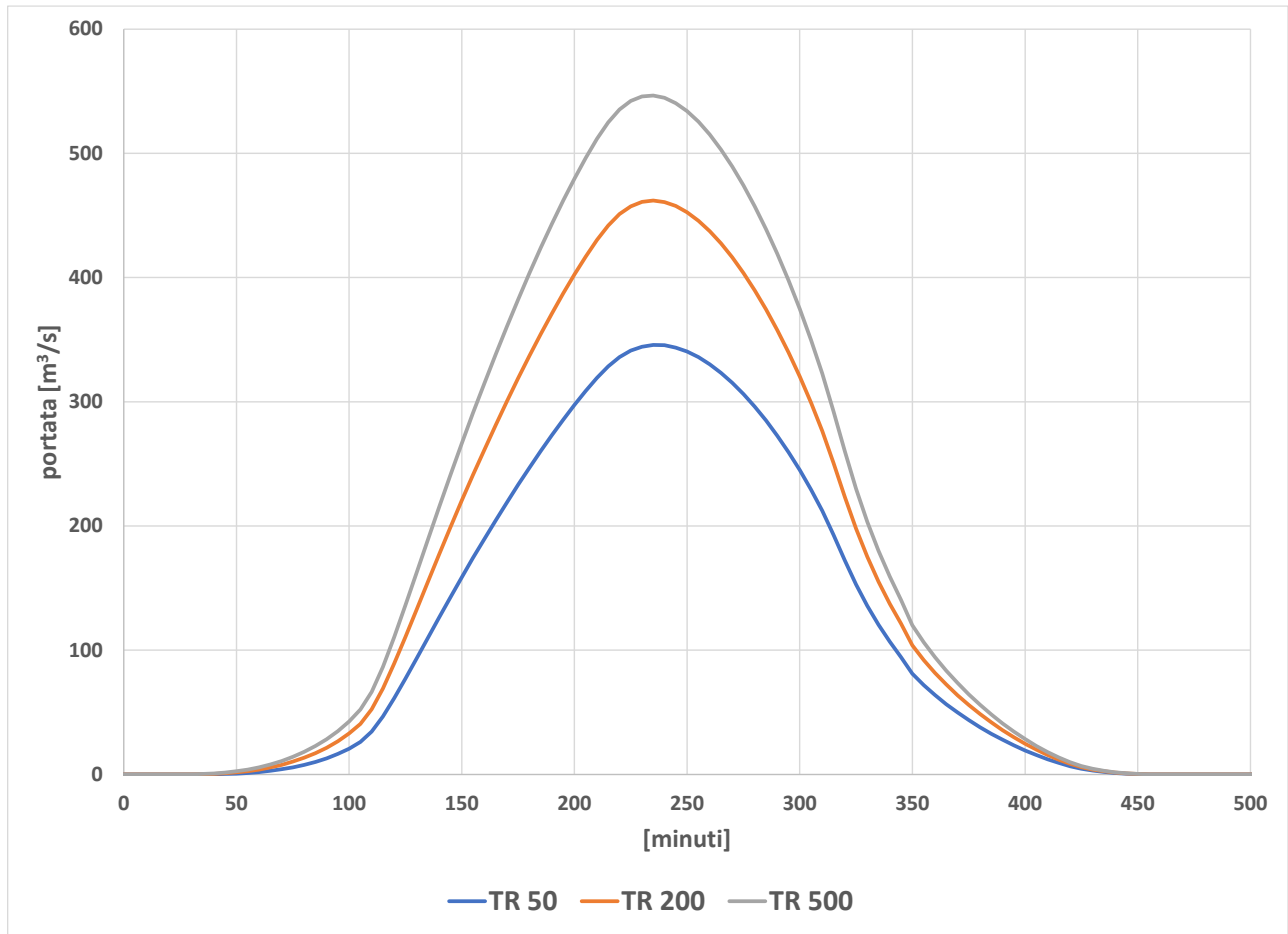


Figura 29: idrogramma di piena del Torrente Merula all'intersezione con la ferrovia per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.18. Idrogrammi Rio Carrenda Monte

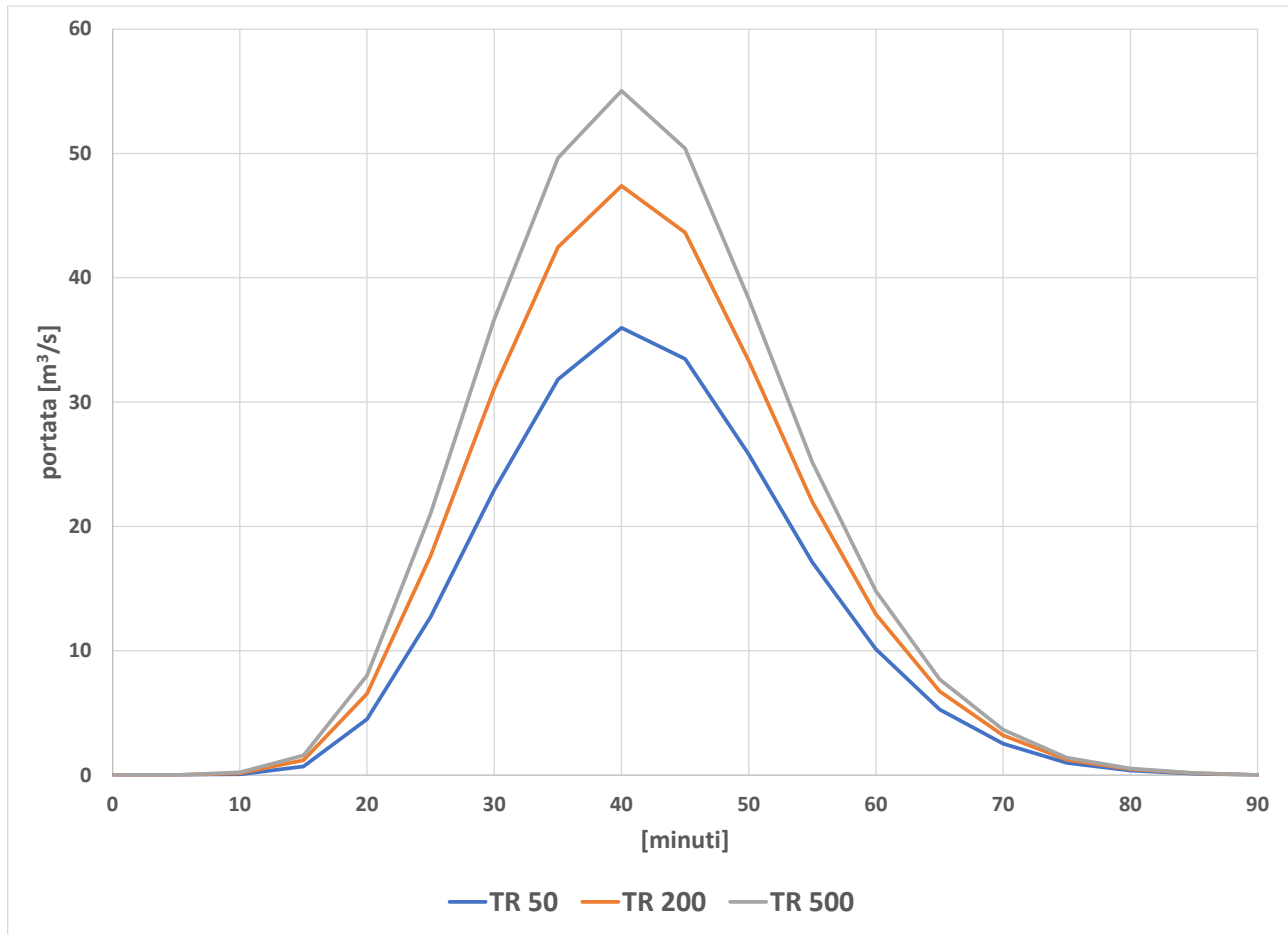


Figura 30: idrogramma di piena del Rio Carrenda Monte per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.19. Idrogrammi Rio Carrenda + Delle Cioppe

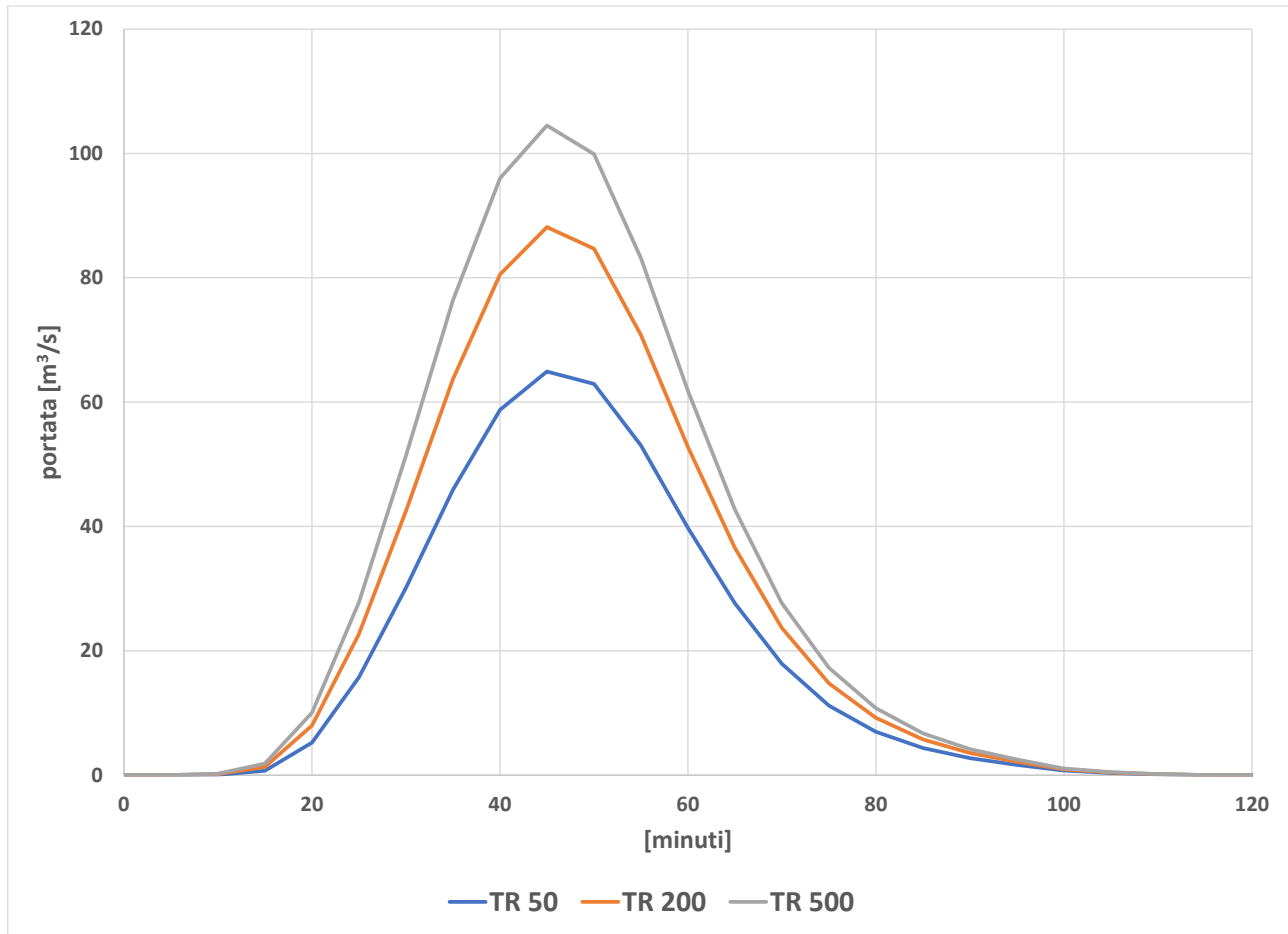


Figura 31: idrogramma di piena del Rio Carrenda + Delle Cioppe per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.20. Idrogrammi Rio Dei Ciò

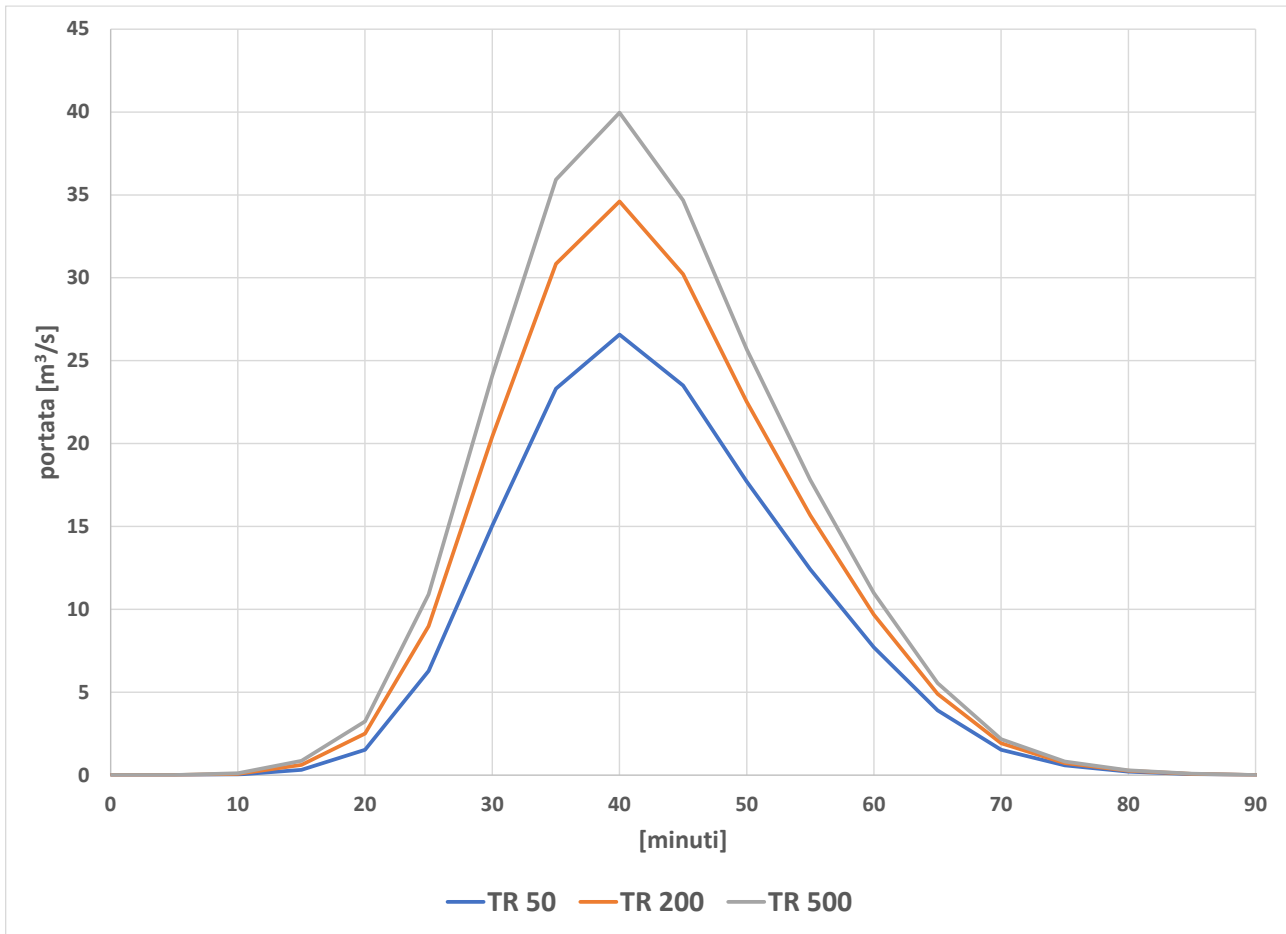


Figura 32: idrogramma di piena del Rio Dei Ciò per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.21. Idrogrammi Rio Casazza Monte

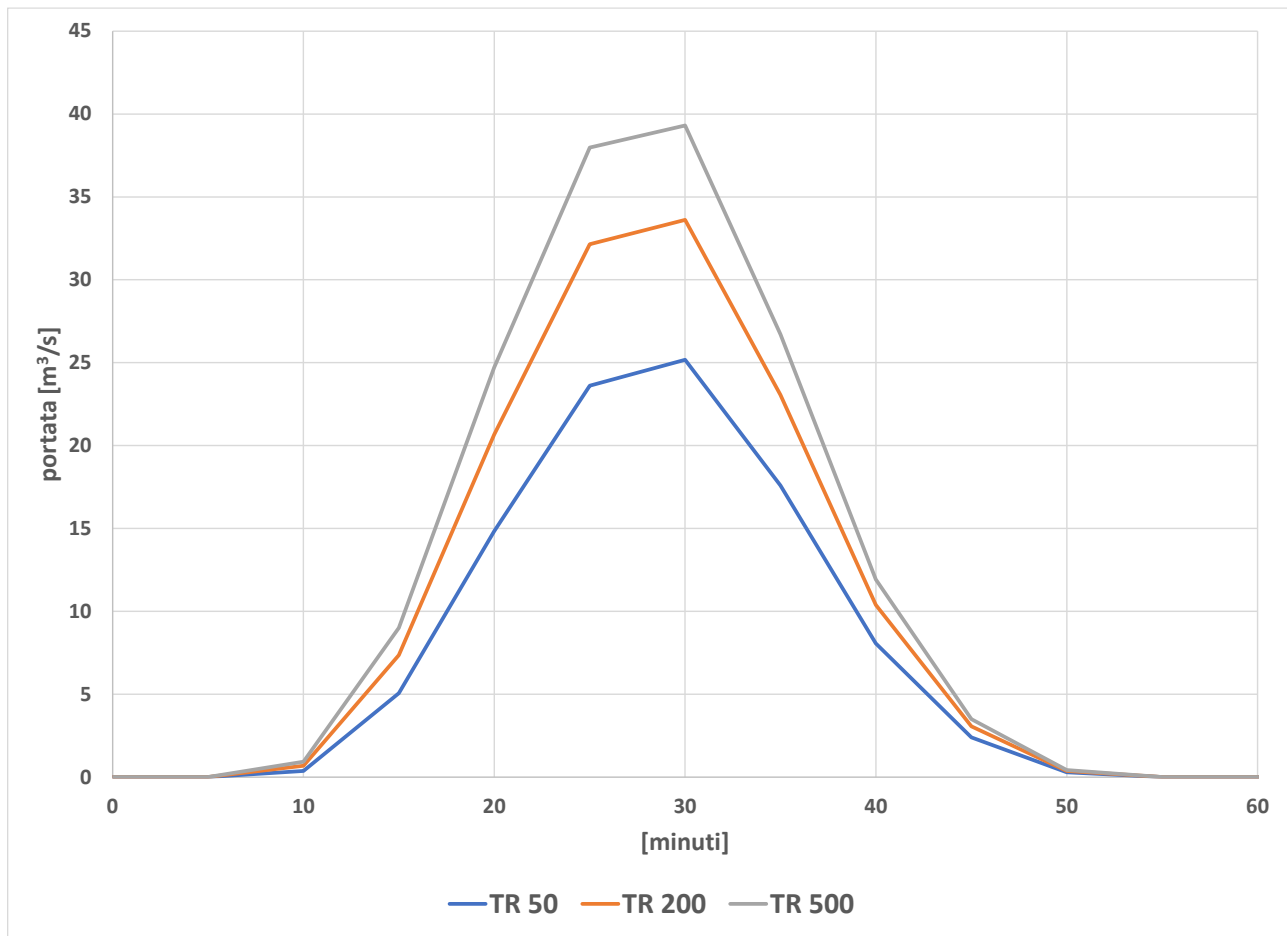


Figura 33: idrogramma di piena del Rio Casazza Monte per Tr 50,200 e 500 anni

7.7.22. Idrogrammi Rio Castagne

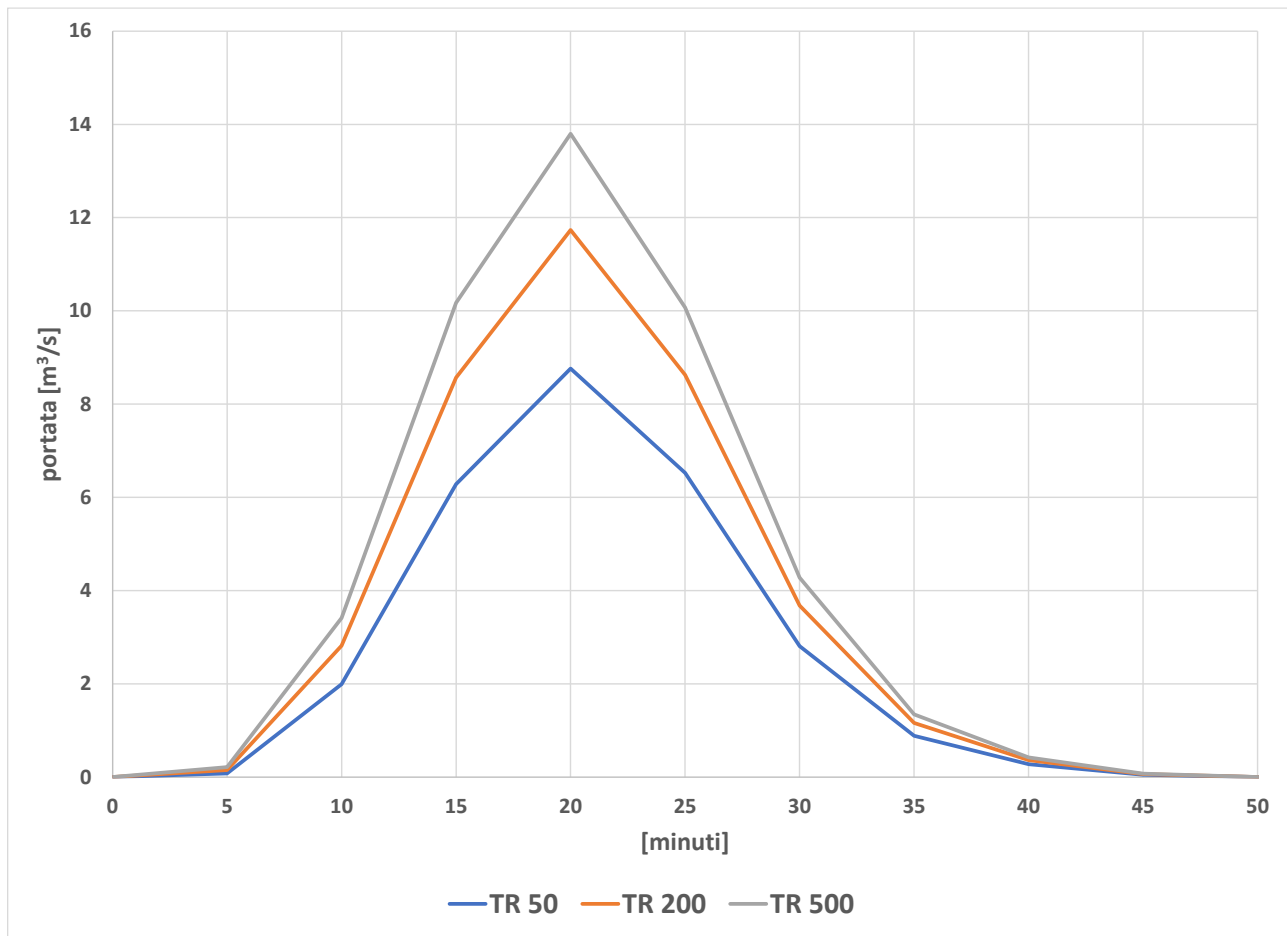


Figura 34: idrogramma di piena del Rio Castagne per Tr 50,200 e 500 anni

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGLIO C 78 di 115	

8. CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA PER DRENAGGIO FERROVIARIO E STRADALE

In questo capitolo si presentano i parametri delle curve di pioggia per tempi di ritorno 25 anni e 100 anni, utili rispettivamente a definire le opere di drenaggio stradali e ferroviarie, secondo quanto prescritto dal Manuale di Progettazione RFI.

8.1. Dati pluviometrici

La definizione delle caratteristiche dell'evento pluviometrico da utilizzare per la caratterizzazione della risposta idrologica dei bacini oggetto di studio è stata fatta sulla base dell'analisi statistica delle seriestoriche delle massime altezze di pioggia di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate fino al 2023.

Analogamente a quanto già esposto, lo studio è stato condotto secondo due funzioni probabilistiche, nello specifico la funzione probabilistica di Gumbel e la funzione probabilistica TCEV al secondo e al terzo livello di regionalizzazione. La ricostruzione del regime pluviometrico si è finalizzata definendo i parametri delle CPP (Curve di Possibilità Pluviometrica) per i tre tempi di ritorno $T=50$, 200 e 500 anni e poi interpolando i valori ottenuti per ottenere i coefficienti per i tempi di ritorno 25 e 100 anni.

Per la trattazione teorica si rimanda al capitolo 6.

8.2. Parametri delle curve Tr_{25} e Tr_{100} anni

Nel presente capitolo si riportano i risultati delle interpolazioni eseguite sui parametri dedotti ai capitoli 6.2 e 0.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGLIO C 79 di 115

Tabella 22: Parametri della curva di possibilità pluviometrica per le stazioni analizzate con il metodo Vapi

Stazione VAPI	a TR25	n TR25	a TR100	n TR100
Alassio	51.76	0.351	75.55	0.351
Albenga	83.10	0.366	108.96	0.366
Balestrino	46.11	0.415	58.37	0.415
Calice Ligure	60.27	0.360	82.75	0.360
Cisano sul Neva	45.17	0.472	56.65	0.472
Feglino	63.16	0.379	90.96	0.379
Verzi Loano	57.41	0.345	72.19	0.345

Tabella 23: Parametri della curva di possibilità pluviometrica per le stazioni analizzate con il metodo Gumbel

Stazione GUMBEL	a TR25	n TR25	a TR100	n TR100
Alassio	60,82	0,334	77,20	0,330
Albenga - Molino Branca	42,94	0,429	52,75	0,431
Calice Ligure - Ca rosse	67,17	0,350	83,99	0,349
Castellari	48,72	0,451	57,96	0,462
Cenesi (a Cisano sul Neva)	48,28	0,453	59,54	0,450
Manie	56,86	0,371	71,51	0,372
Verzi Loano	67,35	0,341	84,58	0,338

Si è proceduto successivamente a calare le stazioni sul tracciato per definire in funzione delle progressive di progetto, la curva di riferimento.

Tabella 24: Associazione progressive di progetto a stazioni di misura

GUMBEL			VAPI		
Progressiva inizio (km)	Progressiva fine (km)	Stazione	Progressiva inizio (km)	Progressiva fine (km)	Stazione
64+947.64	65+717	Manie	64+947.64	65+053	Feglino
65+717	69+994	Calice Ligure - Ca rosse	65+053	70+365	Calice Ligure
69+994	78+142	Castellari	70+365	77+976	Verzi Loano
78+142	79+567	Verzi Loano	77+976	80+822	Balestrino

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 80 di 115

GUMBEL			VAPI		
Progressiva inizio (km)	Progressiva fine (km)	Stazione	Progressiva inizio (km)	Progressiva fine (km)	Stazione
79+567	85+214	Albenga - Molino Branca	80+822	84+313	Albenga
85+214	87+787	Cenesi (a Cisano sul Neva)	84+313	86+219	Cisano sul Neva
87+787	97+718.39	Alassio	86+219	87+419	Albenga
			87+419	97+718.39	Alassio

Al fine di individuare le curve che massimizzano le portate per ogni tronco del tracciato sono state confrontate le famiglie di curve come segue:

Tabella 25: Stazioni confrontate per la definizione delle cpp

GUMBEL	VAPI
Manie	Feglino
Calice Ligure - Ca rosse	Calice Ligure
Castellari	Verzi Loano
Verzi Loano	Balestrino
Albenga - Molino Branca	Albenga
Cenesi (a Cisano sul Neva)	Cisano sul Neva
Alassio	Alassio

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 81 di 115

Tabella 26: Parametri di pioggia Tr 25 e 100 anni ($t > 1h$).

Progressiva inizio (km)	Progressiva fine (km)	Stazione	a Tr25 anni	n Tr25 anni	a Tr100 anni	n Tr100 anni
64+947.64	65+717	Feglino	63.16	0.379	90.96	0.379
65+717	69+994	Calice Ligure - Ca rosse	67,17	0,350	83,99	0,349
69+994	78+142	Castellari	48.72	0.451	57.96	0.462
78+142	79+567	Verzi Loano	67.35	0.341	84.58	0.338
79+567	85+214	Albenga	83.10	0.366	108.96	0.366
85+214	87+787	Cenesi (a Cisano sul Neva)	48.28	0.453	59.54	0.450
87+787	97+718.39	Alassio	60.82	0.334	77.20	0.330

Per concludere l'estrapolazione delle curve di pioggia è necessario dedurre i parametri della curva anche per gli scrosci, applicando come in precedenza il metodo di Bell (capitolo 6.1.1).

Tabella 27: Parametri di pioggia Tr 25 e 100 anni ($t < 1h$).

Progressiva inizio (km)	Progressiva fine (km)	Stazione	a' Tr25 anni	n' Tr25 anni	a' Tr100 anni	n' Tr100 anni
64+947.64	65+717	Feglino	65.37	0.464	94.12	0.464
65+717	69+994	Calice Ligure - Ca rosse	69,51	0,464	86,91	0,464
69+994	78+142	Castellari	48.72	0.464	59.98	0.464
78+142	79+567	Verzi Loano	69.70	0.464	87.53	0.464
79+567	85+214	Albenga	86.00	0.464	112.76	0.464
85+214	87+787	Cenesi (a Cisano sul Neva)	49.97	0.464	61.62	0.464
87+787	97+718.39	Alassio	62.94	0.464	79.89	0.464

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 82 di 115

9. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Durante la costruzione delle opere di attraversamento fluviale (nel caso specifico dei nuovi viadotti previsti in progetto), cioè prima che le stesse abbiano raggiunto il loro assetto definitivo, si pone il problema della definizione della portata di riferimento per il dimensionamento delle eventuali opere provvisorie del periodo transitorio.

Nello specifico, per la valutazione delle portate di riferimento, sono state adottate le seguenti metodologie e informazioni:

- *“equivalenza del rischio o della probabilità di accadimento”*, metodologia riportata nella Direttiva 2/99 dell’Autorità di Bacino del fiume Po (deliberazione 11 maggio 1999), paragrafo 4-8.3 - *Condizioni fisiche di riferimento per le “fasi significative” di costruzione dell’opera*
- indicazioni riportate nel testo *“Sistemazione dei corsi d’acqua a cura di Luigi Da Deppo, Claudio Datei e Paolo Salandin dell’Università di Padova – Dipartimento di Ingegneria idraulica, marittima, ambientale e geotecnica”* (i.e. in mancanza di una specifica analisi di rischio si ritiene opportuno considerare una probabilità di accadimento massima del 5-10%)
- dati di portata o curva di durata delle portate, laddove disponibili (i.e. Torrente Neva e Torrente Arroscia)

La stima delle portate “di cantiere” dei corsi d’acqua oggetto di verifica delle fasi provvisorie di cantiere è riportata nel dettaglio, secondo i criteri sopra descritti e l’analisi idrologica condotta nel presente studio, nelle rispettive relazioni idrauliche specialistiche, alle quali si rimanda per maggiori approfondimenti sul tema.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO IV01 00</p>	<p>CODIFICA D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0000 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 83 di 115</p>

10. CONSIDERAZIONI SUGLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

10.1.1. *Precipitazioni*

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC - MATTM, 2015). Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

Secondo la definizione della *World Meteorological Organization* (WMO), le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale.

Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'*Intergovernmental Panel for Climate Change* (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (*Representative Concentration Pathways – RCP*), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici.

Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello *Special Report on Emission Scenarios* (SRES). I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m² - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m² - RCP4.5 e 6 W/m² - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m² - RCP8.5). Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine "*proiezione climatica*", riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici. Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, *globali* e *regionali*, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro. I modelli regionali ("*Regional Climate Models*", RCM) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>				
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Idrologica Generale</p>	<p>COMMESSA LOTTO</p> <p>IV01 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 RI</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>ID0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>C</p>	<p>FOGLIO</p> <p>84 di 115</p>

Recentemente l'ISPRA (rif. "Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali", 2015) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli.

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione. Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD), nonché la variazione "media d'insieme" (ENSEMBLE MEAN), con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5.

RCP 4.5

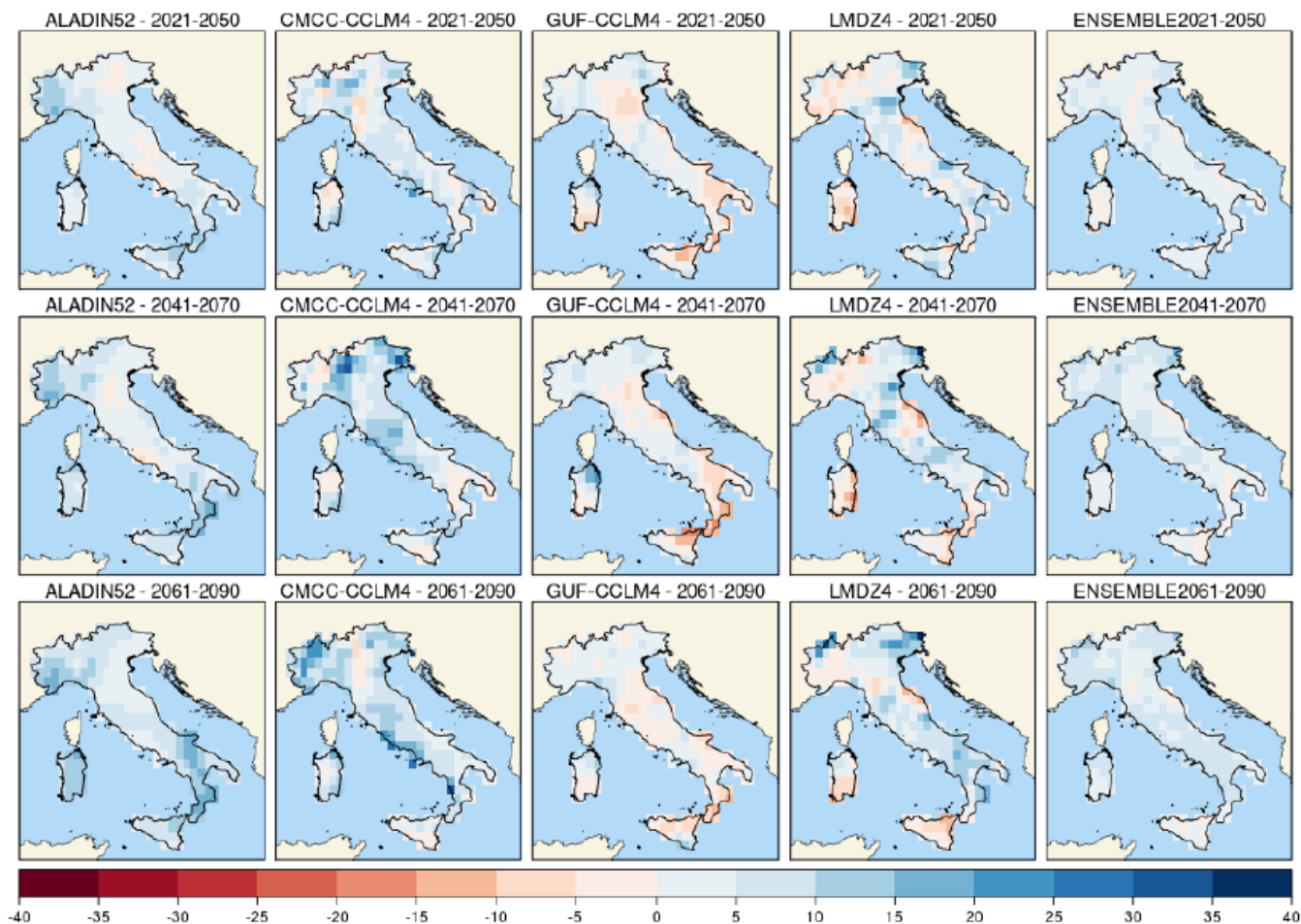


Figura 35– Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

In entrambi gli scenari, due modelli climatici indicano un aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) e punte superiori a 20 mm in alcune zone.

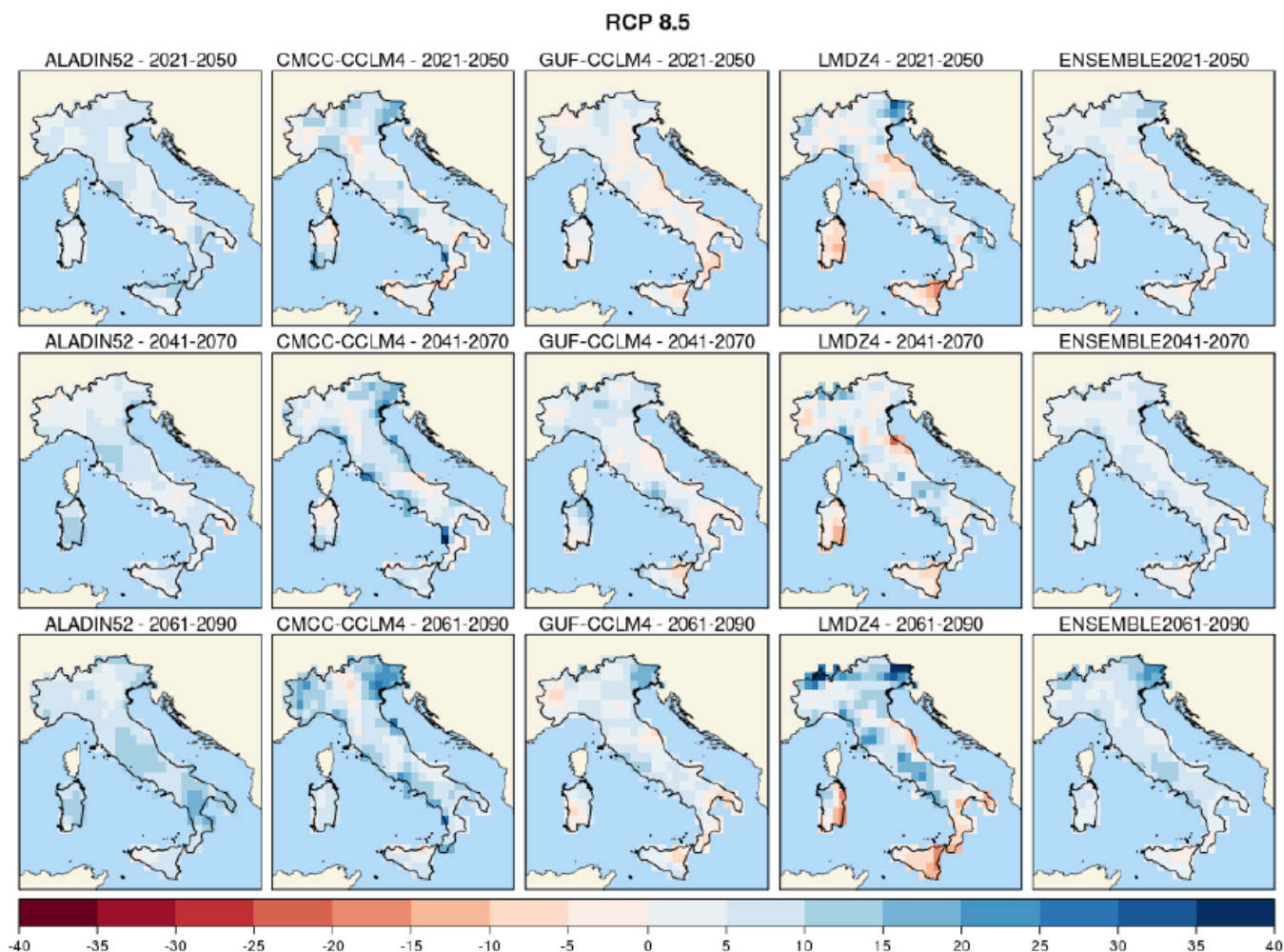


Figura 36– Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

Nella tabella seguente, si riportano i valori di variazione “media di insieme” (*ENSEMBLE MEAN*) di precipitazione massima giornaliera (h24) (rispetto al valore medio nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), previsti nell’area di intervento, per i tre orizzonti temporali 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, con riferimento alla scenario “massimo” di emissione RCP8.5, dedotti dalle mappe sopra descritte.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

Periodo	2021-2050	2041-2070	2061-2090
Variazione media (Ensemble mean) h_{24} (RCP8.5)	+0÷5 mm	+5÷10 mm	+5÷10 mm

Tabella 28– Valori medi previsti (Ensemble mean, RCP 8.5) di variazione di precipitazione massima giornaliera nell'area di intervento (fonte: ISPRA, 2015).

Con riferimento alle analisi idrologiche sviluppate nel presente studio, ed in particolare ai dati di pioggia registrati presso le stazioni di misura di riferimento, con osservazioni nel periodo climatologico 1971-2000, nella tabella seguente si riportano i valori medi di precipitazione massima giornaliera (h_{24} , nel periodo 1971-2000), per ognuna delle stazioni pluviometriche considerate.

Stazione	h_{24} (mm) - valore medio 1971-2000
<i>Alassio</i>	80.09
<i>Albenga</i>	77.36
<i>Bestagno</i>	78.55
<i>Calice Ligure</i>	96.86
<i>Castelvecchio</i>	91.84
<i>Cenesi</i>	107.75
<i>Manie</i>	82.67
<i>Pogli d'Ortovero</i>	108.77
<i>Verzi Loano</i>	95.63

Tabella 29– Stazioni pluviometriche di riferimento per l'area di studio: valori medi di precipitazione massima giornaliera.

Il valore medio assoluto (media dei valori medi) di precipitazione massima giornaliera (h_{24} , nel periodo 1971-2000) si attesta a **91.1 mm**.

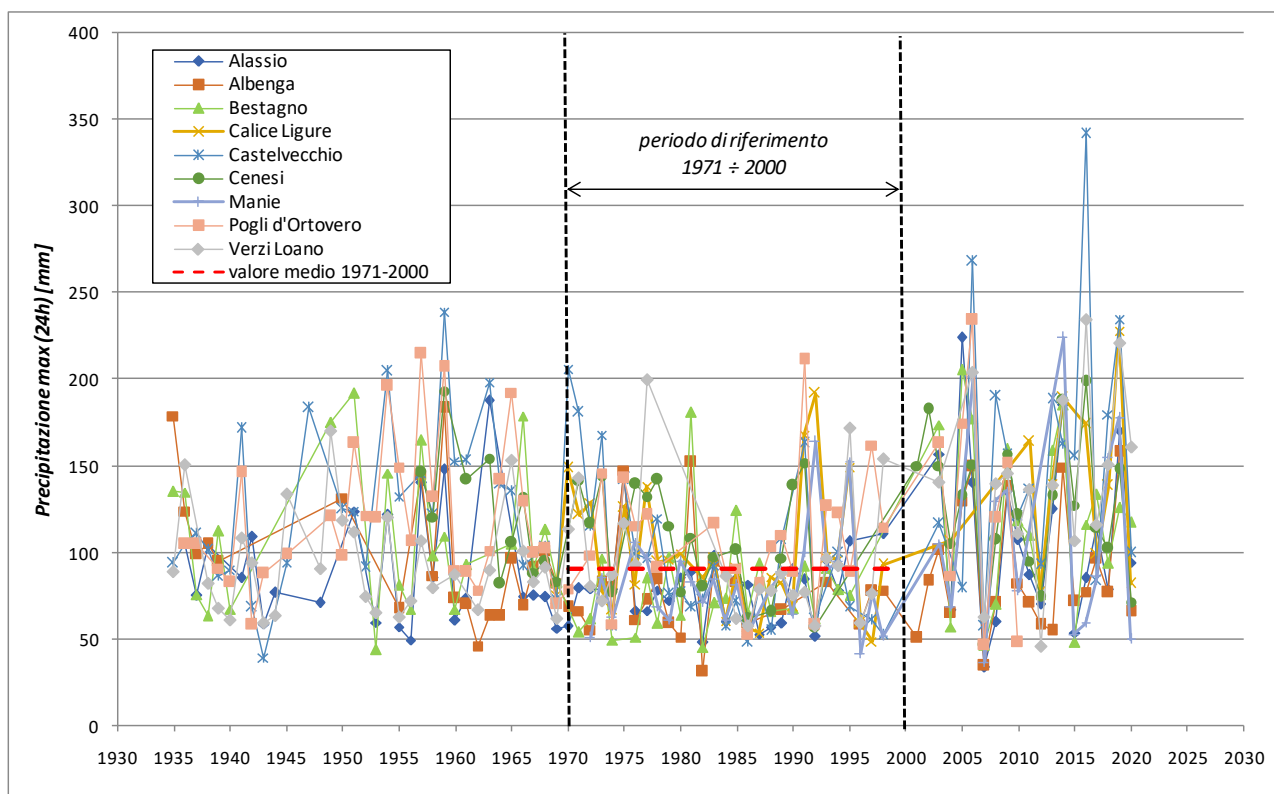


Figura 37 – Stazioni pluviometriche di riferimento per l'area di studio: serie storiche di dati di altezza di pioggia con durata pari a 24 ore.

Prendendo i valori medi riportati nella tabella precedente come riferimento, la variazione massima prevista, ossia +5-10 mm nel trentennio 2061-2090 secondo la "media di insieme" (ENSEMBLE MEAN) dei risultati dei quattro modelli meteo-climatici adottati, corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera compreso tra il 9,2% e il 12,9%.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C

Stazione	Incremento % di h24 al 2061-2090
<i>Alassio</i>	12.5
<i>Albenga</i>	12.9
<i>Bestagno</i>	12.7
<i>Calice Ligure</i>	10.3
<i>Castelvecchio</i>	10.9
<i>Cenesi</i>	9.3
<i>Manie</i>	12.1
<i>Pogli d'Ortovero</i>	9.2
<i>Verzi Loano</i>	10.5

Tabella 30 – Stazioni pluviometriche di riferimento per l'area di studio: incremento (%) di precipitazione massima giornaliera previsto al 2061-2090.

Applicando (impropriamente) tali incrementi alle altezze di pioggia di progetto, riferite a specifiche durate (i.e. tempi di corrivazione dei singoli bacini), ne deriva un contestuale aumento delle portate al colmo di riferimento, della medesima entità.

Le considerazioni sopra esposte sono prese come riferimento nelle analisi idrauliche a corredo del presente progetto per lo sviluppo di ulteriori verifiche di compatibilità sia delle opere di attraversamento (ponti/viadotti e soprattutto opere d'arte minori o tombini) sia dei sistemi di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria, nei confronti quindi anche di eventuali variazioni (nello specifico, incrementi) delle precipitazioni per effetto dei cambiamenti climatici.

In particolare, sulla base delle portate incrementate per effetto dei cambiamenti climatici, si è proceduto a verificare se le opere di attraversamento fluviale previste in progetto consentano il transito delle portate di riferimento (a pelo libero, senza specifico franco minimo) nell'ipotesi di incremento delle precipitazioni, dedotto dalle proiezioni più cautelative (massimo scenario di emissione, massimo orizzonte temporale) ad oggi disponibili.

In mancanza di una specifica normativa o linea guida di riferimento (a livello nazionale e/o locale) sul tema, si ritiene che tale criterio di verifica sia ragionevole e conforme alle indicazioni riportate nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (MATTM, 2015).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGGIO C	FOGGIO 90 di 115

10.1.2. Livello medio del mare

Il livello del mare lungo le coste italiane sembra destinato a salire nei prossimi anni. Le proiezioni attualmente disponibili, che considerano scenari differenti di emissione dei gas serra, evidenziano che in qualsiasi scenario ci sarà comunque un innalzamento del livello del mare.

Si è ritenuto pertanto opportuno considerare nella definizione delle condizioni al contorno di valle nei modelli numerici bidimensionali dei corsi d'acqua oggetto di studio estesi fino al mare/alla foce, le proiezioni di variazione/incremento del livello medio del mare riportate nei principali studi ad oggi disponibili, di seguito elencati ed analizzati con riferimento all'area di intervento.

- **ISPRA.** La Rete Mareografica Nazionale (*RMN*) fornisce, per 26 stazioni di misura sulle coste italiane e con un passo temporale di 10 minuti, i valori del livello del mare in metri rispetto allo *Zero IGM*. Sono stati quindi acquisiti i valori del livello del mare presso la stazione di misura di Imperia, rappresentativa per l'area di studio, registrati nel periodo 1986-2020. Seguendo la metodologia riportata nel documento "*Manuale di Mareografia e Linea Guida per i processi di validazione dei dati mareografici – ISPRA 2012*", la serie temporale considerata è stata analizzata al fine di individuare la presenza di trend di lungo termine del livello del mare. L'analisi è stata eseguita effettuando una regressione lineare di *best fit* ai minimi quadrati della serie storica.

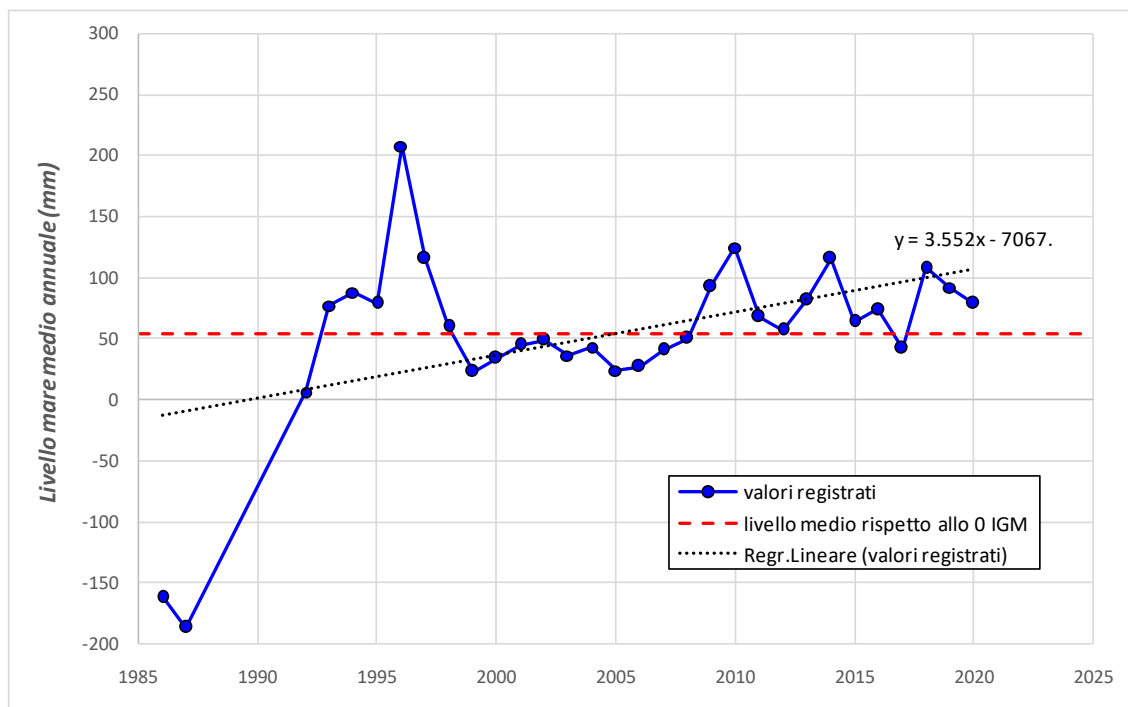


Figura 38– Stazione di misura di Imperia: valori medi annuali di livello del mare, rispetto allo 0 IGM (periodo 1986-2020).

In particolare, il valore medio (rispetto allo 0 IGM) del livello del mare nel periodo di osservazione 1986-2020 si attesta a **+53.5 mm**. Il trend di variazione del livello del mare, valutato rispetto all'anno 2100, è pari circa **+34 cm/secolo**, allo stato attuale di emissioni di gas serra.

- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)**. Si prevede che l'aumento del livello medio del mare globale (GMSL), causato dall'espansione termica, dallo scioglimento dei ghiacciai e delle calotte glaciali e dai cambiamenti di stoccaggio dell'acqua terrestre, dipenderà fortemente dagli scenari di emissione di gas serra RCP (*Representative Concentration Pathway*) considerati (rif. Oppenheimer et al. 2019). In particolare, si prevede che l'innalzamento del livello medio globale del mare al 2100 sarà probabilmente pari a 0.435 m (o comunque compreso nell'intervallo 0.285÷0.589 m) per lo scenario RCP 2.6 (*scenario di mitigazione*), a 0.549 m (0.385÷0.724 m) per lo scenario

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. FOGGIO C	FOGGIO 92 di 115

RCP 4.5 (*scenario di stabilizzazione*) ed a 0.842 m (0.609÷1.105 m) per lo scenario RCP 8.5 (*scenario ad alte emissioni*).

Con riferimento alla mappa interattiva all'URL <https://ss2.climatecentral.org/> (costruita sulla base dei risultati degli studi IPCC, e.g. Kopp et al. 2014; Kopp et al. 2017; De Conto & Pollard 2016) che, per ogni località del mondo, fornisce le coppie di valori “*incremento del livello del mare*” – “*anno in cui è atteso tale incremento*”, per tre possibili scenari di emissioni di gas serra: “*unchecked pollution*” (che corrisponde allo scenario IPCC RCP 8.5), “*moderate carbon cuts*” (RCP 4.5) e “*extreme carbon cuts*” (RCP 2.6), per l'area di studio (a Imperia) si prevedono i seguenti incrementi del livello del mare, rispetto al valore medio di riferimento (assunto pari a **+53.5 mm** sopra determinato).

Scenario	Variazione livello del mare (m) al 2100
“unchecked pollution”, RCP 8.5	+2.0
“moderate carbon cuts”, RCP 4.5	+1.0
“extreme carbon cuts”, RCP 2.6	+0.5

Tabella 31– Variazione (in m) del livello del mare al 2100, per vari scenari di emissione.

- **ENEA.** L'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile ha recentemente aggiornato i risultati, in termini di innalzamento del livello medio del mare, ottenuti negli studi condotti dall'IPPC (2007) e dal climatologo tedesco Rahmstorf (2007), rivalutando, per varie zone costiere italiane, l'innalzamento atteso aggiungendo il contributo legato ai fenomeni di isostasia e ai movimenti tettonici verticali che caratterizzano la nostra penisola (rif. Lambeck et al., 2010), come mostrato nella figura seguente.

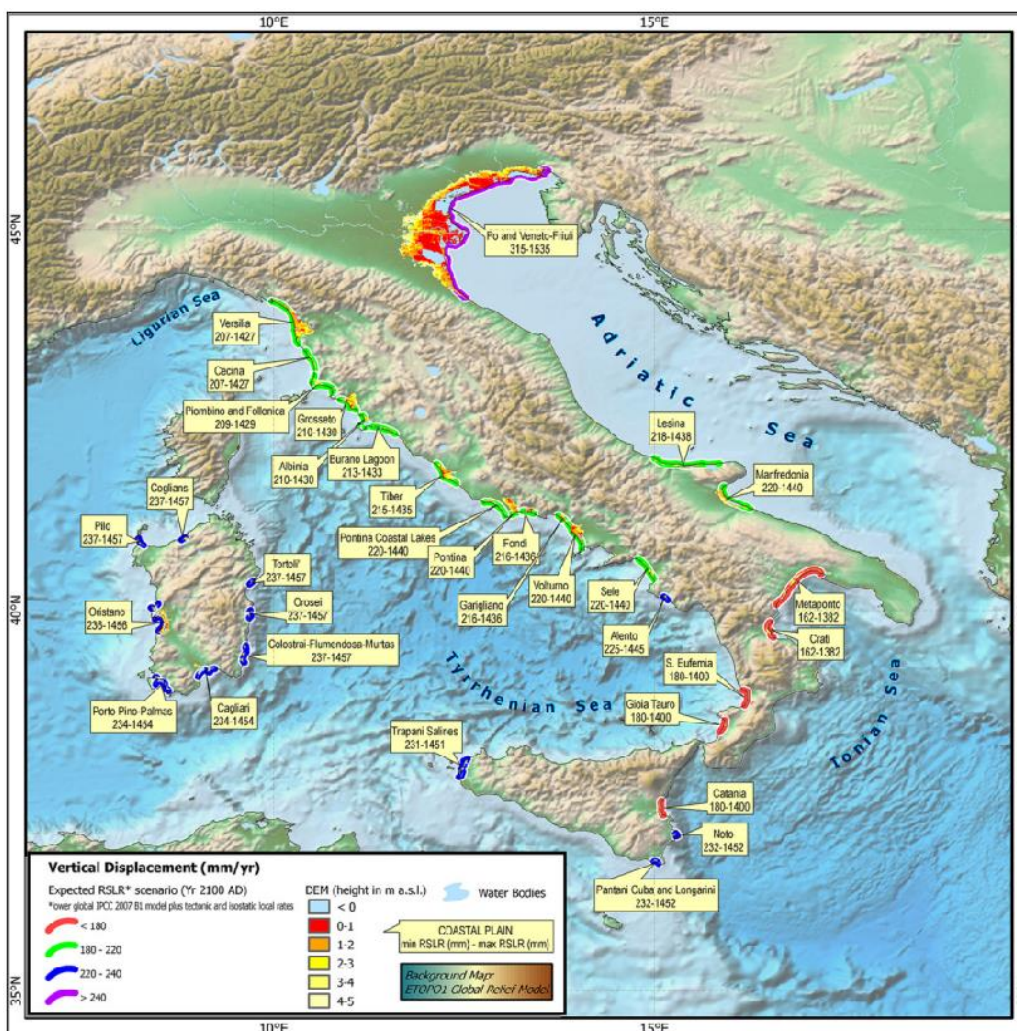


Figura 39– ENEA: previsioni sull'innalzamento del livello medio del mare, per varie zone costiere della penisola italiana.

Inoltre, secondo gli studi condotti dall'ENEA è necessario considerare un ulteriore aspetto, ossia l'effetto dello *storm surge*, i.e. la coesistenza di bassa pressione, onde e vento, variabile da zona a zona, che in particolari condizioni determina un aumento del livello del mare, rispetto al litorale, di circa 1 metro. Nello specifico, l'ENEA fornisce i valori medi di innalzamento del livello del mare previsti al 2100, in assenza o presenza del fenomeno dello *storm surge*, nei principali porti italiani.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA				
PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica Generale	COMMESSA LOTTO IV01 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. C	FOGLIO 94 di 115

Per i porti di Genova e Imperia, sono forniti i seguenti valori:

- *sollevamento del livello del mare al 2100*: +0.922 m
- *sollevamento del livello del mare al 2100 + storm surge*: +1.922 m

In definitiva, dall'analisi degli studi sopra descritti, nei modelli numerici bidimensionali (2D) sviluppati (con estensione fino alla foce) è stato adottato il valore **+2.0 m slm** come condizione al contorno di valle (= livello del mare).

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 95 di 115

11.ALLEGATO:SERIE STORICA DEI MASSIMI DI PRECIPITAZIONE PER LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE DI RIFERIMENTO PER 1, 3, 6, 12, 24 ORE

Tabella 32: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Alassio

Alassio					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1936	33.6	51.4	71.4	88.4	105.4
1937	18.6	30.4	39.4	60	75.1
1938	37.4	40.4	42.4	66.8	104
1941	36	42	47.6	76	85.5
1942	54.8	70	94.2	105.2	109.3
1943	18	27	32.6	50	58.8
1944	39.6	48	57.6	65.4	77
1948	45	60.4	67	67.8	71.2
1951	52	59.6	73.4	95	123.8
1953	15.6	31	33.4	38.8	59.6
1954	21.8	58	75.6	82	121.6
1955	14.4	26	36.8	39.2	57.2
1956	14.8	29.8	32	38.4	49.6
1957	24	56.8	72.8	111.8	140.6
1958	28	31.6	48.2	51.6	86
1959	21	59	84.2	121.6	147.8
1960	18.2	26	43	47.4	60.8
1961	24	43	61	68	73.8
1963	40	116	184.2	185.4	187.8
1966	30	65	66	68.6	75
1967	17.4	27.6	37.4	62.8	75.4
1968	19.8	32.6	42.8	61.8	74.6
1969	15	26.6	32.6	47	56.2
1970	20	33	37.4	53.8	57.8
1971	37.8	52.8	58	64	79.6
1972	33.2	33.2	40.6	56	79
1974	50	59	59.4	78.2	78.8
1975	74	122.4	123.2	131	146.6
1976	10	20	34	41.7	66
1977	17.8	28.6	36	40	66.4
1978	17.6	39.6	56.2	78.2	78.2
1979	15	27.8	38.8	54	72.4

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 96 di 115

Alassio						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
1980	21.4	34.4	60.4	85.8	85.8	
1981	17.2	39	56	89.4	89.4	
1982	16.2	21.4	28.6	42.2	48.4	
1983	12.8	25.2	43.6	66.8	98.2	
1984	26.8	58.4	58.8	58.8	60.2	
1985	19	36	55	78	84.4	
1986	23.8	48.8	69.6	69.6	81.6	
1987	25.8	32.4	32.4	33.4	53	
1988	19.8	28.4	33.4	44.2	57.2	
1989	22	36	52	59	59	
1990	46	82.4	84.8	86.6	90.4	
1991	35.4	58	58.4	70.6	84.6	
1992	28.4	39.4	40	41	51.8	
1993	27.2	44.2	52.6	72	95.6	
1994	39	40.6	40.6	67	78.2	
1995	57	91	101.2	106.2	106.6	
1998	84.4	87	100	110.2	110.8	
2003	33.8	57.8	84.4	121.4	157	
2004	16.4	26.2	37.4	43.2	67	
2005	42.8	93	147	204.8	224	
2006	35.8	64.6	87.8	123.2	140.2	
2007	14	18.2	28.8	34	34	
2008	27.6	28	36.8	50.4	60	
2009	21.4	39	66.6	83.8	135.2	
2010	34.8	45.8	65.2	71.6	107.2	
2011	25	33.8	53.2	84.6	87.2	
2012	20	26.2	44.8	50.2	70.4	
2013	30	33.6	53.6	87.8	125.2	
2014	54.4	92.6	129	172.4	185.8	
2015	18	24.2	39.8	43	53.8	
2016	23.4	29.8	37.6	63.8	85.4	
2017	27.2	30.6	44.8	81	114.4	
2018	33	41.6	41.6	59.8	79.2	
2019	30.4	45.4	65.2	103.6	170.4	
2020	31	46.2	66.4	90.6	94.2	
2021	20	34	48,4	63,4	71,2	
2022	38	44,8	45,6	48,6	53	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 97 di 115

Alassio					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2023	20,6	36,4	56	63,4	63,4

Tabella 33: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Albenga – Molino Branca

Albenga - Molino Branca					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1935	23	46	79	140	178.8
1936	27.4	55.6	101.8	122.8	124
1937	29	54.6	75.2	88.6	99
1938	31.6	45.4	60	72.6	104.8
1939	40	47.2	47.2	52.8	94.6
1950	22	48.2	68	115.4	131.6
1955	17.8	24	36.8	40	67.8
1957	27.8	40.6	76.6	116	145
1958	17	30	51.6	56.4	86.6
1959	31.4	75.4	105	157	183.8
1960	18	28.4	37.4	47	73.8
1961	16.2	29	55	65.4	70
1962	11.6	20.2	25	34	46.2
1963	23	40.6	55.2	55.2	63.4
1964	57	59	59.8	63.4	63.4
1965	21	31	36	67.2	96.6
1966	20.6	45	57.4	67.2	69.4
1967	19.6	34	50	78.8	91.4
1968	25	42	58.4	81.8	100.6
1969	16	32	48.8	72.8	82.4
1970	16	23.8	29	36.6	68.6
1971	23	30.6	50	57	66.4
1972	18.4	24	33	47.6	55.4
1973	29	42.2	58	75	83
1974	25	36.6	51	59	79.8
1975	29.6	56.4	91	130	147.6
1976	20	30	40	51.5	61.3
1977	17.4	17.4	31.2	47	72.8
1978	13.6	31.8	46.2	69.4	84.4
1979	16.6	23	26.4	38.6	59.4

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 98 di 115

Albenga - Molino Branca						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
1980	19.2	32	43.2	51.2	51.2	
1981	45.4	73	113	152.4	152.4	
1982	10.6	23.8	31.6	31.6	31.6	
1983	11.6	30.6	49	74.2	94.6	
1985	25.4	38.8	49.4	79.2	83.2	
1986	17	35	46.6	56.4	59.6	
1989	16	33	44.4	59.2	66.6	
1993	23.6	41	54	66	83.3	
1996	25.8	26.4	31.6	58.8	58.8	
1997	22.2	23	34.2	46.6	77.6	
1998	22	44.2	65	77.8	78.2	
2001	8.6	18.4	29	35	50.8	
2002	26.2	40	52.6	66	83.6	
2003	20.8	38.8	53.6	77.8	101.4	
2004	19.4	32.4	55.2	62.8	65	
2005	22.8	48.8	79.2	115.8	129.8	
2006	35	74	95.2	129.2	149.8	
2007	25.6	29.8	29.8	29.8	34.8	
2008	33.4	33.4	44.8	57.6	70.8	
2009	32	38.6	56.6	92.4	138	
2010	42	52.4	79.8	82.2	82.4	
2011	20.2	25.8	39.8	67.8	71.2	
2012	13.6	25	43.4	49.4	58.2	
2013	24	24.2	35.6	46.2	54.8	
2014	35.6	63	100.6	135.2	149.4	
2015	23.4	29.4	40	48.6	72	
2016	19.6	33.4	40.6	64.6	77.4	
2017	17.6	21.4	34	63.8	96.6	
2018	20.6	31.6	37.4	46.2	77.2	
2019	41.4	52.6	78.6	94.4	158.4	
2020	22.2	30.4	47.6	63.8	65.8	
2021	23,8	44,8	45,4	56	64,2	
2022	46,8	58,2	60,4	60,4	60,4	
2023	22,6	28,2	36,8	41,8	47,6	

Tabella 34: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Bestagno

Bestagno						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
1935	22	35.6	63	102	135.2	
1936	34.6	68.6	89.8	102.6	134.8	
1937	35.4	57.8	68.2	69.6	75.6	
1938	16.6	23.2	28.6	38.8	63.6	
1939	24.6	34	56.6	90	112.8	
1940	30.2	33.6	45.2	58.4	67.4	
1949	24.8	44.8	57	102	175	
1951	40.4	59	109.4	138.4	192	
1953	25.8	33	35	38.2	44	
1954	25.4	52	71	98.4	145.8	
1955	22	27	42.8	45.8	81.4	
1956	24.2	28	38	56	67.2	
1957	22.4	53	83	122.6	165	
1958	28.4	28.6	35.2	52	98.4	
1959	21.6	34	56.4	88	109.6	
1960	22.4	30.6	42.4	47.4	67.2	
1961	26	55	77.6	84.6	92.8	
1965	28	31.4	41.4	69.4	105	
1966	57	88.6	175	177	178.8	
1967	24	36.8	53	83.8	90.8	
1968	32.4	35.6	64.8	82.4	113.2	
1969	28.8	43.6	44.2	53.8	83	
1971	16	37	49.4	54.4	54.4	
1972	25.2	25.8	32.6	44.4	61.8	
1973	22	37	59.8	86.4	96.8	
1974	18.4	26.2	26.4	31.8	49.6	
1976	20	20	30	47.6	51.2	
1977	14	30.8	38.6	44.8	85.6	
1978	14.2	29.4	38	56.4	59	
1979	16.6	27.6	35	55.8	97.2	
1980	16.8	33.8	57.2	64	64	
1981	52.2	111.4	158.6	180.8	180.8	
1982	31.4	45.2	45.2	45.2	45.2	
1983	18.8	20	34	48.2	70.8	
1984	26.4	40.2	70.4	73.8	73.8	
1985	35	50	75.4	113.4	124.2	

Bestagno						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
1986	11.4	18.8	26.6	37.6	65.6	
1987	15.4	29.8	53.8	75	93.8	
1988	12.4	21.6	33.2	60	66	
1990	24	35	38.2	57	67.8	
1991	20.6	39	50.4	68.4	92	
1992	27	40.8	41.8	56	62	
1993	17	26	42	69	91	
1994	20	37.2	51	71	78.8	
1995	24	55.6	72	74.4	75.2	
2003	28.8	65.4	95.8	134.2	173.8	
2004	19.8	20.6	27.2	37	57	
2005	59	90	115.4	186.6	205.6	
2006	50.2	101	119	149.6	177.2	
2007	24	42.8	43.2	43.4	46.6	
2008	14.6	24	32.8	42.4	70	
2009	27.8	50.6	80.6	105.4	160	
2010	24.2	51.6	55.4	75	118.6	
2011	18.8	42.6	67.6	105.2	110	
2012	26.6	37.2	56	62.6	75.6	
2013	21	36.4	61.4	103.6	159	
2014	28.6	56.2	92.6	136.6	185	
2015	21	37.6	44	44.2	48.2	
2016	20.6	31.8	49.4	78.2	116.2	
2017	24.2	27.6	49	93.6	133.6	
2018	24.8	36.8	55.6	82	93.8	
2019	28.2	63.4	91.8	114.4	126	
2020	56.8	72.2	74.8	111.8	117.6	
2021	16,6	32,8	41,2	54	57,6	
2022	14,4	35,6	52	55,2	60,8	
2023	33,6	36,2	51	60,8	63	

Tabella 35: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Calice Ligure – Ca Rosse

Calice Ligure – Ca Rosse					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1969	21	43.6	49.6	58	75.6

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 101 di 115

Calice Ligure – Ca Rosse					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1970	40	81.4	87.2	116.4	149
1971	37	50.2	68	94	121.6
1972	22	44	57.6	59	129
1973	35	46	58.8	78.8	78.8
1974	41.6	47.6	50	66.6	66.8
1975	32	73	110.4	116	126.2
1976	24.2	34.8	64.2	81.7	81.7
1977	73.6	117.8	118.6	138.2	138.4
1978	21	47.2	63.2	78.2	94.8
1979	32.2	43	47.4	76	96
1980	42	60.6	67	99.4	99.4
1982	36.2	57.2	72.6	79.2	85.4
1983	21.2	27.8	40	66.6	96.6
1984	18.8	27.2	38.6	45.2	60.6
1985	28.2	47.2	57.8	80.2	90.4
1986	21	31.2	34.8	44	56.8
1987	17	32.4	42.6	53.6	53.6
1988	29.6	39.2	52.2	78.6	86
1989	19	37	55	64.2	82.2
1990	32	52	55	68.4	68.4
1991	35.2	61	81.4	112.2	168
1992	62	118	124	172	192
1993	18	36.4	44.6	63	96.6
1994	46	68.4	96	96	96
1995	39.8	96	139.8	149	149.2
1996	18.8	25	42.4	52	59
1997	26	40.2	46.4	46.4	48.6
1998	27	41.4	55.8	75.4	93
2004	34.6	34.8	55	70	106.8
2011	76.6	143.4	153.0	162	164.4
2012	22.4	33.0	58.8	75.8	78.2
2013	31.6	48.2	71.2	114	140.0
2014	55.2	66.4	111.2	161.4	189.6
2016	44.8	93.6	116.6	147.4	174.4
2017	18.2	37.4	44.4	62	99.0
2018	39.4	51.4	69.0	110	138.6
2019	35	58.4	78.6	130.2	228.0

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 102 di 115

Calice Ligure – Ca Rosse					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2020	44,4	66,2	77,0	81,8	82,2
2021	31,4	56,4	74,4	90	94,4
2022	30	30,4	30,4	35,2	35,4
2023	37,8	55,4	63	63	63

Tabella 36: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Castellari

Castellari					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2001	19.6	26.2	43.8	49	60.2
2002	23.6	41	64.2	83.2	88.4
2003	22.8	41.8	49.4	78.2	104.4
2004	21.4	33.4	52	65.8	85.4
2005	15.2	31.6	58.6	95.2	111.4
2006	34.4	63.6	83.4	132	161.2
2007	23.4	40	40.4	40.4	44
2008	32	59.8	99.8	118.8	164.2
2009	21.8	43.4	67	102	155.6
2010	34.6	59.8	62.8	67.4	110.2
2011	20.8	29.6	47.4	78.4	88.4
2012	39.4	39.4	47.8	53.4	71
2013	38.8	54.4	72.6	107.2	125.4
2014	40.6	78	129.8	182.6	210.2
2015	51.4	53.6	61.2	63.2	81.2
2016	37.2	81.8	97	124.2	140.4
2017	31.4	40.4	52.6	60	96
2018	39.6	45.8	60	76.6	102
2019	35.2	48.8	70.2	102.8	194.4
2020	40.8	44.6	53.6	63.6	68.2
2021	26,6	56,8	76,2	93,8	98,8
2022	34,8	38,6	39,6	39,6	47,6
2023	32	50,2	57,8	57,8	57,8

Tabella 37: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Castelvechio di Rocca Barbena

Castelvechio di Rocca Barbena					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1935	29	44	54.4	70	94
1936	37.4	37.4	56.4	84	105.2
1937	57.2	89.8	90.6	99	111
1938	19.8	33.2	41	69	101.8
1939	23.2	29	45.4	68.8	86.4
1940	33	49	60	84.6	90.2
1941	48	79.8	87.4	139	172
1942	36.2	49.2	58.2	67.4	68.8
1943	26	31.4	31.6	37	39.4
1945	19.4	37.4	40.6	54.8	94.4
1947	38	78	100	151.2	183.6
1950	27.4	54	71.4	108	125
1951	22.2	40	76	100.2	124
1952	29	29.6	36.8	68	91.6
1954	43	102	171.6	187	205
1955	29.6	33.4	53.2	79	132.4
1957	34.4	62	84.2	110.2	145.8
1958	23	49	78	100.4	121.8
1959	42.6	99.8	123	203	239
1960	25.8	53	94	136	152.6
1961	50	102	122	130.6	153.4
1963	20	49.4	90.4	135	198.4
1964	39	49	63.8	81.4	140
1965	27	62	95	118.6	135.2
1966	31	39.4	60	79.4	92
1968	36	48	54	74	103
1969	19.4	41	67.2	73	73
1970	23	46	75	136	206
1971	23	57	85	120.4	181
1972	33.4	59	70.6	73.4	115.6
1973	20	43.8	61	98	168
1974	39.8	53	55	55.2	57.4
1975	20	56	90	128.6	142.6
1976	12.3	31	51	70	99.5
1977	40	71.2	90	95.6	96.4

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 104 di 115

Castelvecchio di Rocca Barbena						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
1978	19.6	34.2	64.8	87.4	119.8	
1979	20.4	37.6	48.6	64.2	76.4	
1980	16.4	40	52.8	76.8	76.8	
1981	16.4	37.2	45.2	59.6	68.8	
1982	22.4	30.8	47	65.6	72.6	
1983	13.8	20.8	35.6	64.6	92.6	
1984	18.6	29.8	45.6	49	58	
1985	15.2	23.8	35.8	47.8	72.2	
1986	14	15.6	24.6	34.2	48.2	
1987	18	39.8	62.2	74.8	80.6	
1988	19	36.4	43.2	52.6	55	
1989	19.6	39.4	67	87	107.6	
1991	20	59	93	114	163.4	
1992	15	23	36.8	38.8	61.6	
1994	27.6	50.4	62	82	100	
1995	27	32.6	55.6	60.2	68.8	
1997	19	23.6	39.8	53.8	60.8	
1998	16.8	36	36	36	52.4	
2003	26.4	36.6	44.6	60	117	
2005	26.2	46.4	64.8	69	79.8	
2006	60.4	130	189	225.8	268.4	
2007	23.6	31.2	35.4	45.8	57.8	
2008	32.8	61.8	102	136.2	190.6	
2009	42.4	58.8	68.8	107.2	156.6	
2010	31	39.6	49.8	86.6	121.2	
2011	25.6	40.4	49.4	91.6	137.4	
2012	18.2	46.8	66.2	90	92.8	
2013	24.2	47.8	79	133.4	188.4	
2014	31.6	67	88.2	136.8	162.4	
2015	36.4	80.8	108.2	116.4	155.8	
2016	51	114.8	159.6	264.6	342	
2017	17.8	36.6	45.2	71.8	83.6	
2018	52.6	76	112.8	152.8	179.8	
2019	33.2	56	102.2	165.4	234.8	
2020	36.8	46.8	67.2	73.8	100	
2021	17,6	35,4	53,4	62,6	65,4	
2022	28,6	47,8	59,8	60	60,2	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 105 di 115

Castelvecchio di Rocca Barbena					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2023	30,6	39,2	47,6	72,8	93,2

Tabella 38: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Cenesi (a Cisano sul Neva)

Cenesi (a Cisano sul Neva)					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1957	22	51	76.4	120.2	146.2
1958	28	48.6	74.6	96.4	120.6
1959	17.4	61	106	163.6	193.2
1961	61	98	122	132.8	142
1963	20	50	64	116	154.4
1964	13.6	25.6	42.6	54.2	82.2
1965	12.4	32	46	71	105.6
1966	43	100	130.6	132.4	132.4
1967	28.2	35	61	84	88.4
1968	20	22.4	47	63.4	95
1969	18.8	31	49	58.9	83.2
1971	20	48	82	119	141.8
1972	26	26	43	68	116.6
1973	31.8	65	67.2	73.6	144
1974	32.2	44	46.4	64	77
1976	30	50	70	106.6	139.6
1977	30.4	49.4	59.4	80	132.4
1978	17.6	45.8	72	96.8	142.4
1979	19.4	42.2	51.2	82.6	115.6
1980	32.4	55.2	66.8	77	77.4
1981	37.2	59	71.6	103	108.6
1982	17.6	29.4	39.4	58.4	80.4
1983	15.4	36.8	54.8	72	97.8
1985	17.4	35.6	58.8	92.4	101.6
1986	20.4	31.6	39.6	60	61.8
1988	13.2	26.6	37.4	52.4	66.2
1989	29.6	33	71	79.4	97
1990	17	38	61	86	138.6
1991	31	54	63.6	92	151.8
1992	25.8	30.8	41	53.6	56.6

Cenesi (a Cisano sul Neva)						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
2001	34.2	49.8	73.2	126.8	150.2	
2002	37.8	57.6	79.4	118.6	182.8	
2003	20.8	49.2	74	116.6	150.2	
2004	17.4	28.2	49.2	63.4	105.2	
2005	19.8	50.4	81.8	120.4	132.8	
2006	32.8	46	78.6	122	151	
2007	23.8	32.2	38	46.4	46.6	
2008	42.4	72.2	80	97.6	107.2	
2009	35.4	58.2	73.6	106.6	156.8	
2010	24.4	44.2	57	93.8	121.8	
2011	34	48.6	65.2	77.2	95.2	
2012	12.8	30.4	42	47	74.2	
2013	21.2	32.8	56.8	97.8	132.6	
2014	32.8	70.2	115.4	171.6	188	
2015	36.8	47	84.8	88.4	127.4	
2016	50.8	84.2	135	162.8	198.6	
2017	18	36	52	88.6	114.6	
2018	25.8	39.2	56.2	61.8	102.2	
2019	37.2	46.4	75.6	96	147.8	
2020	27.4	38.8	54.2	71.4	71.6	
2021	20,2	27,4	35,8	46,4	49,6	
2022	26,6	41,2	45	45	45	
2023	15,6	26,8	28,4	39,6	52,6	

Tabella 39: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Mallare

Mallare						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
2002	20	20.2	20.2	25.2	33	
2003	5	8	11.6	18.4	30.2	
2004	14.6	14.6	15.2	16.2	21	
2005	52.2	64.2	90.4	95.8	98.2	
2006	35.4	80.8	111.4	171.2	276	
2007	29.6	43.4	55.6	60.8	69.4	
2008	30	38.6	52	89.6	124.2	
2009	32	42	67.8	94.6	149.6	

Mallare					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2010	37.6	82.6	118.6	128.4	173.6
2011	39	92.2	117	119.2	181.6
2012	22.8	33.6	49.2	87.4	122.4
2013	84.2	95.4	98.2	148.8	206.6
2014	29.4	36.2	60.2	108.6	145.4
2015	69.6	133.6	148.8	150	195.6
2016	43	95.6	143	238	306.4
2017	25	43.6	57	65.6	75.8
2018	42.6	83.8	121	188.4	208.6
2019	41.6	70.2	93	166.4	262.2
2020	40.2	65.2	79.8	94.6	119.6
2021	97,4	198,8	251,8	287,2	327,6
2022	47,6	68,4	71,6	71,8	73,4
2023	43	79,8	106	128,4	138,8

Tabella 40: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Manie

Manie					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1972	30.6	35	35	35	51
1973	30	42	73	81.6	85.8
1974	23	45	55.2	58.8	62.6
1976	40.1	50	69.9	84	106.1
1977	40	60	80	94.6	96.6
1978	31.4	44	47.2	66	68.4
1979	16.4	31.6	38.8	47.2	60.8
1980	18.2	44.2	65.6	94	95
1981	22.4	36.4	51	83.4	83.4
1982	32.8	45	49.6	52.4	71.4
1983	15	27.4	49.8	69.2	84.6
1984	18.8	38.2	51.8	57.4	61
1985	18.2	46	53.2	71.4	81.4
1986	18	25.8	30.8	36.4	53.6
1988	21.2	32	51.4	73.2	79
1989	15.2	29	54	62.8	88.8
1990	24	41	42.2	43.2	64.4

Manie					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1991	36	40.4	42	66	100
1992	27	57.6	91	128.6	164.2
1993	36.8	40	52	58.6	90.6
1994	22.6	35	39.4	70	94.6
1995	60	94	139.6	152.2	152.8
1996	17	26	41.2	41.4	42
1997	55.4	57	60.6	77	77
1998	38	51.6	51.6	51.6	51.6
2003	13	26.6	47.8	62	105.2
2004	30.2	34.4	44.8	57	68.6
2006	56.8	107	137.6	183.4	201.4
2007	16	36.8	36.8	36.8	36.8
2008	32.8	61.4	68.6	104	130
2009	21.6	27	53.4	71.4	135.8
2010	23.6	47.4	55.2	56.2	77.6
2014	44.6	89.4	152.2	203.4	224.2
2015	20	26	30.2	33	52.8
2016	20.8	24.2	33.6	43.4	59.2
2017	28	52.4	68.2	79.8	86.4
2018	62.6	71.6	87.8	103.2	155.2
2019	28.6	55.6	88.2	126.6	177.8
2020	42	43.2	43.2	44.4	50
2021	28,4	58	73	89,2	98
2022	53,6	59,6	60,4	60,6	60,6
2023	59,8	65,2	65,2	65,2	65,4

Tabella 41: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Montalto Ligure

Montalto Ligure					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2004	11	22.2	40.8	48.2	57.4
2005	40.4	74.6	118.8	169.6	181.8
2006	73	153	211.8	232.6	255
2007	12	13	18.2	25.4	34.6
2008	26	43.4	76.6	98.8	120.6
2009	26.6	62.8	95	117.4	165.4

Montalto Ligure					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2010	42.8	64.6	66.8	87.6	124.8
2011	74.8	93	94	121.4	158.6
2012	22.2	50	56.4	62	97.6
2013	35.2	75	101.4	141.4	234.4
2014	45.2	66	112.4	196	302
2015	27.8	46	59	68.2	92.6
2016	32	62.2	92.8	121.4	231.8
2017	24.4	59.8	106	172.4	229
2018	25.2	39.2	56.6	81.4	101.8
2019	48	128.8	199.8	268.6	293
2020	58	83	107.8	114.4	158.8
2021	22,2	31	58,6	74	77
2022	43,2	48,4	49,2	54,2	70,6
2023	22,6	37,4	44,2	60,4	87,6

Tabella 42: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Monte Settepani

Monte Settepani					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2004	3.4	5.8	7	11.6	19.2
2005	75.8	145.4	173	210	218.8
2006	34.4	92.4	131	185.4	267.8
2007	14.4	24.2	33.6	49	53.4
2008	25	44	66.4	102.4	105.8
2009	21	43	62.4	90.2	131.8
2010	38.6	105	139.2	151.2	208.4
2011	31	56.4	87.4	126.2	192.4
2012	20.4	26.8	29.8	44.6	75.4
2013	20	53.4	85.6	135.6	185
2014	46.4	56.6	90.8	114	143.4
2015	64.8	126.8	158.2	160.2	217.4
2016	21.8	45.4	68	102.8	115.2
2017	20.4	44	60.4	86	111
2018	58.8	130.4	185.4	259.2	282.6
2019	58.8	137.4	211	238.8	288.6
2020	44.4	72.6	95	112.2	123.6

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 110 di 115

Monte Settepani					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2021	74,4	107,4	114	135,8	143,2
2022	38,4	39,8	40,8	43,2	44,4
2023	20,9	40,3	61	83,6	100,6

Tabella 43: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Pogli di Ortovero

Pogli d'Ortovero					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1936	18.8	28.8	41.2	74	105
1937	26.8	47.2	63.8	91	105
1939	22	22.8	34	55.2	91
1940	16.2	27.2	32.4	52.8	83
1941	36	61.6	73	126.4	146.2
1942	31.6	32.2	32.6	52.4	58.6
1943	16.6	29	42	66	88.2
1945	20	47.2	63.6	70.8	99
1949	22.8	42.2	61.6	84.4	121.2
1950	26.8	39.2	53.6	81.4	98.2
1951	46.8	54.8	83	115	163
1952	34.4	35	45	84	121.4
1953	28.4	35.6	49.6	82	120
1954	36	75	97.6	140	196.2
1955	39	43.2	53.4	92	149.4
1956	28	34.2	47.8	87.8	106.8
1957	40	71	113	162.8	214.8
1958	21.2	49	66.8	83.4	132
1959	33	70	125	177	207.4
1960	27	66.4	74.8	74.8	90.2
1961	52	60.2	75	87.2	88.8
1962	35.6	41.4	43.2	58.6	78.2
1963	23.8	37	53	71	101
1964	30.4	44.6	50	94	142
1965	28.2	49	73	108.6	192.4
1966	31	53.4	71	94	129.4
1967	21	38.6	60	95.6	100
1968	16.6	32	44.8	73	102.2

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 111 di 115

Pogli d'Ortovero					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1969	41.4	41.4	42.4	46.4	70.4
1970	13	33	44	58.2	79
1972	14.4	30	47	62.4	98.6
1973	29	47	85	110	146
1974	14.4	21.2	30	39.2	58.8
1975	32	63	91	130.6	142.8
1976	24.8	30.2	60	99.8	115.6
1977	18.4	37.6	50	72	121.8
1978	15.8	35.8	53.2	73.6	91.4
1983	14	30.6	47.6	87.8	116.6
1984	25.8	59.8	86.8	88.4	88.4
1985	19.8	37.4	53.4	71.2	91
1986	27.2	31.4	35.6	42	52.2
1987	16.6	38.2	62.8	79	82
1988	30	48.4	69.4	101.4	103.2
1989	16	36	68	81.6	110.4
1990	16.4	22	39	59	89.4
1991	23.2	45.4	76	125.2	211.6
1992	17	31	39	48	58.4
1993	36	38.4	52	83	126.8
1994	45.6	48.6	72	109	122.4
1995	20	35	69.2	86	89
1997	62.6	71.4	71.4	92.6	162
1998	42	56	82.2	101.4	114.6
2003	31.4	55.8	90.4	139.6	163
2004	15	18	35.2	59.4	86.8
2005	46.2	75.8	113	162.4	174.8
2006	43.8	105.8	156.4	195.4	234.6
2007	29.4	37	37.4	40.2	46.4
2008	21.2	34.4	58.4	79.8	120.2
2009	28.2	56.6	71.2	106	151.6
2010	9.2	23.4	37	47.8	48.2

Tabella 44: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Pornassio

Pornassio						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
2004	10.6	25.6	48	61.2	66.8	
2005	24.6	45.6	84.4	127.8	143.4	
2006	26.2	61.8	86	129.6	142.8	
2007	27	42.6	45.8	46	66.8	
2008	21.2	49.8	84.6	138.4	181	
2009	37.4	44	66.2	94.6	139.4	
2010	44	56.8	66	116.2	151.8	
2011	18.6	43.4	77.4	114	180.8	
2012	30.2	42	59.6	70	98.8	
2013	42	44.4	53.4	79.4	132.4	
2014	30.6	72.6	112.2	145.2	262	
2015	41	73.8	80.4	87.2	92.6	
2016	33.4	69.8	115	182	327	
2017	23.4	38.8	59.6	104.4	157.6	
2018	35.2	58.6	106	164	172.6	
2019	34.2	53.4	79.4	112	153	
2020	43	92	106	128.4	204.6	
2021	30,8	36,6	41,2	41,4	43,6	
2022	33,4	39,4	40	47,8	54,6	
2023	33,8	41,6	59,8	90,2	109	

Tabella 45: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Ranzo

Ranzo						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
2004	11.8	28.8	48.8	59.8	70.2	
2005	26.8	63.2	105.8	161.4	175.4	
2006	27.2	46.6	80.8	112.6	152.6	
2007	33	40.8	45	55.8	58	
2008	16.8	39.6	65.2	87.2	119	
2009	36.4	38.2	59.8	86	128.2	
2010	76.6	105.8	112.2	117	182.8	
2011	36.4	39.4	68.8	112	143.2	
2012	27	35.2	48	64.2	99	
2013	34.8	48.6	73.6	126.2	186.4	

Ranzo						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
2014	30	56.8	91.8	147.4	216	
2015	31	56.4	62.6	70.2	105.6	
2016	24.2	48.2	81.2	136.6	192.8	
2017	15.8	24	37.2	64.4	95.6	
2018	52.4	87.8	133.8	214.8	243	
2019	41.6	75.8	125	157.6	209.8	
2020	45.8	58.6	73.2	89.6	150.6	
2021	47,2	51,6	53	59,4	61,6	
2022	17,4	25,6	36	45	52,2	
2023	45,8	54	56,6	70,8	100	

Tabella 46: Serie storica dei massimi di precipitazione per la stazione pluviometrica di Verzi Loano

Verzi Loano						
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)					
	1h	3h	6h	12h	24h	
1935	54	61	62.5	70.2	89	
1936	34.2	77.2	98.6	134.4	150.6	
1938	19.6	43	54.2	72.2	82.2	
1939	14.2	20	31.4	45	68	
1940	24.6	32.2	41.2	55.2	61.4	
1941	70	88.2	102.4	104	108.4	
1942	36.4	49.6	54.2	92.4	93.8	
1943	37.8	40	41.4	53.4	59.6	
1944	20.8	30.4	47.2	51.6	64	
1945	35.2	41	72.4	87.2	133.4	
1948	50	79.4	80	84	90.4	
1949	28	53	86.8	128.2	170.2	
1950	26	48	75	104.6	119	
1951	21	41	62	89	111.4	
1952	33	42.4	44.6	62.4	74.8	
1953	24	35.4	57.8	65.2	65.4	
1954	36	60	86.6	89	120	
1955	28	30.6	33.2	40.8	62.6	
1956	16.4	23.2	35.8	46.2	72	
1957	16.4	29	52.4	85	106.6	
1958	18.4	28	42.4	47.6	80	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 114 di 115

Verzi Loano					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1960	47.8	61	62.6	72	87.4
1962	37.8	43.8	50	54.4	67.2
1963	34.4	41.6	49.8	80.8	89.8
1965	27.4	60	78	109	153.2
1966	45.4	81	98.8	100.4	100.6
1967	16.8	30.6	40.4	73.4	83.4
1968	28.6	63	83.6	85.2	91.2
1969	36.2	45	59	60.4	61.6
1970	36	53.6	58.6	82.6	113.6
1971	27	51	79	112	143
1972	17	30.4	48.4	55.2	80.2
1973	43	59	65.6	66.8	72.2
1974	37.6	74.2	74.2	87.2	87.2
1975	21	52.6	67	106	116.6
1976	20	39	50	70.9	93.3
1977	70	143.6	163.6	163.6	199.8
1984	33.4	65.8	81.8	86.2	86.2
1985	23.6	36.4	43.8	44.2	61.6
1986	15	25	38.6	43.6	57.6
1987	28.2	51.4	60.8	79	79
1988	16.8	41.2	50.8	73	78.4
1989	16	29	60	70.8	88.4
1990	25.4	40.4	40.6	40.6	75.8
1991	37	44	55	66.6	77.2
1992	42	42	53	57.4	57.4
1993	21	33	42	70	97
1994	37	78.6	85.4	85.4	92
1995	44	73	117	167.4	171.6
1996	32	33.6	44.4	53.6	59.2
1997	35	62.2	67.6	70	76.2
1998	40.4	71	108.2	130.2	154
2003	29.8	55	74.8	98	140.4
2006	76.2	94.4	118.8	165.4	204.2
2007	37	44	51.2	57	62.6
2008	36.6	62.2	96.8	115	139.4
2009	22.6	30.4	57	86.2	145.6
2010	40	58.8	64.4	67	111.2

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione Idrologica Generale

IV01 00 D 09 RI ID0000 001 C 115 di 115

Verzi Loano					
Anno	Altezze massime di pioggia (mm)				
	1h	3h	6h	12h	24h
2011	63	82.6	130.8	135.8	136
2012	20.8	28	34.4	37.6	46
2013	20	40.4	58.6	103.8	138.6
2014	48	60.2	103	146.8	187.8
2015	55	57.8	76	85.4	106.4
2016	51.2	106.8	145.2	199.2	234.4
2017	21.8	35.8	39.8	68	116.2
2018	33	49	77.6	119.4	150.6
2019	39	63.2	91	135.6	220.8
2020	91.6	134	147.6	160.4	161.2
2021	26	60,2	84,2	98,6	102,4
2022	20,4	26,2	34,4	41,8	44
2023	31,4	33,8	39,2	57,6	73