

Variante alla S.S. 45 "Val di Trebbia"
Comuni di Torriglia e Montebruno
dal Km 31+500 (Costafontana) al Km 35+600 (Montebruno)
2° stralcio funzionale

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

Ing. Giuseppe Danilo Malgeri
Ordine Ing. di Roma n. A34610

Ing. Angelo Dandini
Ordine Ing. di Frosinone n. A918

Geol. Maurizio Martino
Ordine Geologi del Lazio n. 457

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Roberto Roggi

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO

DATA

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00ID00IDRRE01B

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPGE03 D 1701

CODICE ELAB. T00 ID00 IDR RE01

B

-

D

C

B

Revisione a seguito di Richiesta Integrazioni prot. CTVA 7867

Gen. 2023

A

Emissione

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

IDROLOGIA E IDRAULICA
RELAZIONE IDROLOGICA

INDICE

1	PREMESSE	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
2.1	PIANIFICAZIONE ASSETTO IDROGEOLOGICO	4
2.2	QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO	4
2.3	PRIMO PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI	6
2.4	VARIANTE BACINI PADANI AL PTCP DI GENOVA - VBP	7
2.5	DRG 357/2008	9
3	ELABORATI DI RIFERIMENTO	10
4	CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEI BACINI E DEI CORSI D'ACQUA	12
5	PORTATE AL COLMO DI PIENA	18
5.1	CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO: METODO RAZIONALE	18
5.1.1	TEMPO DI CORRIVAZIONE	18
5.1.2	ALTEZZA DI PIOGGIA LORDA	19
5.1.3	ALTEZZA DI PIOGGIA NETTA	22
5.1.4	PORTATA AL COLMO	23
5.2	CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO: METODO DELLA PORTATA INDICE	25
5.2.1	BACINO DEL TORRENTE TREBBIA	25
5.2.2	BACINI MINORI	26

1 PREMESSE

La presente relazione riferisce lo studio eseguito per la definizione dei caratteri idrologici dei bacini idrografici sottesi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie dell'asse stradale in progetto per la realizzazione della Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia" - Comuni di Torriglia e Montebruno.

Oggetto dello studio è la definizione di valori di colmo delle massime portate di piena da porre a base dello studio idraulico necessario sia al corretto dimensionamento delle opere di attraversamento stradale dei corsi d'acqua, sia alla verifica della compatibilità idraulica delle opere proposte con l'assetto idrogeologico delle aste fluviali, così come definito nell'ambito delle vigenti norme, direttive e strumenti di pianificazione di bacino.

Nella presente relazione viene fornita una prima caratterizzazione idrologica-idraulica dell'area di interesse e vengono individuate le principali problematiche legate all'interazione tra l'infrastruttura e il sistema delle acque superficiali.

In particolare vengono affrontati i seguenti punti:

- inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento;
- caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico e idraulico;
- individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con le opere di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- acquisizione delle curve di possibilità pluviometrica aventi pertinenza sulla zona in esame, necessarie per la stima, note le caratteristiche dei bacini idrografici scolanti, delle portate massime da utilizzare nello studio idraulico;
- studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti principali e secondari.

Lo studio idrologico è propedeutico alle analisi di compatibilità idraulica delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua e al corretto dimensionamento e verifica delle opere medesime e degli elementi necessari al drenaggio della piattaforma stradale. Tali temi sono trattati nella Relazione Idraulica.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 PIANIFICAZIONE ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, con deliberazione 1/1999 in data 11/5/99, ha adottato il progetto di piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) contenente la Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B".

Premesso che gli interventi in progetto non rientrano nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali a norma della succitata Direttiva, ci si limita a verificare che non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante.

Lo studio idraulico viene condotto a servizio della progettazione stradale e non col fine ultimo di procedere ad interventi di sistemazione fluviale. Tale premessa è fondamentale per comprendere le scelte effettuate nella costruzione dei modelli di simulazione dei deflussi. L'obiettivo principale, infatti, è quello di garantire l'efficienza e la sicurezza della nuova viabilità in progetto in concomitanza di eventi di piena ad elevato tempo di ritorno.

Di seguito viene fornito un quadro della normativa vigente in merito alla pianificazione territoriale in merito al rischio idrogeologico.

2.2 QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO

Competenza specifica dell'Autorità di bacino, in attuazione della legge 18 maggio 1989, n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", è la realizzazione del Piano di bacino, inteso come unico atto di pianificazione di settore, per le componenti attinenti alla risorsa idrica. I contenuti propri del Piano di Bacino sono definiti dalla stessa legge all'art. 17, comma 3.

L'Autorità di Bacino, nel rispetto di tale impostazione, ha sviluppato le prime indicazioni metodologiche nello Schema Previsionale e Programmatico dell'ottobre 1990. Successivamente ha formulato il documento di impostazione strategica de Piano e il conseguente programma di lavoro per la sua redazione, adottandoli formalmente nel corso del 1991. Sulla base di questi primi indirizzi è stato predisposto lo Schema di Progetto di Piano (dicembre 1994).

Già in sede di Schema di Progetto di Piano l'Autorità di Bacino ha espresso la scelta di procedere alla realizzazione del Piano di Bacino attraverso stralci funzionali e territoriali, ai sensi dell'art. 17, comma 6-ter della legge 18 maggio 1989, n. 183.

La redazione del Piano di bacino per stralci è risultata l'unica realisticamente percorribile in relazione all'oggettiva complessità e vastità delle analisi da realizzare e problematiche da affrontare, unitamente alla necessità di anticipare, di volta in volta, la sua operatività per alcuni settori funzionali e ambiti territoriali critici. Il programma di redazione del Piano di bacino per stralci è stato definito dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 19 del novembre 1995 "Delibera quadro ai sensi della legge 18 maggio 1989, n. 183, articolo 17. Progetto di Piano di bacino e Piani stralcio: criteri, metodi e tempi per l'adozione per stralci

funzionali". In ragione dell'esigenza di anticipare l'operatività del Piano di bacino per il settore della difesa idrogeologica e della rete idrografica, è stata programmata la redazione immediata del primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e il suo successivo completamento, così come la redazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico relativo agli interventi strutturali sulla rete idrografica e sui versanti.

Il programma definito dalla Delibera quadro, per il settore della difesa idrogeologica, è stato già in parte attuato con l'approvazione del Primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali – PSFF (vigente dal novembre 1998) e sarà completato con l'adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Il "Secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali", parte integrante del progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI, completa la delimitazione delle fasce fluviali del sistema idrografico principale di pianura e dei fondovalle montani del bacino, avviata con il primo PSFF.

Per quanto attiene l'assetto idrogeologico il Piano risponde alle disposizioni del D.L. 11 giugno 1998, n. 180 convertito in legge 3 agosto 1998, n. 267 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi". Questo nuovo disposto legislativo prescrive, tra l'altro, per i Piani di bacino, l'individuazione, la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e l'adozione delle misure di salvaguardia con i contenuti di cui all'art. 6-bis della legge 18 maggio 1989, n. 183.

Le prescrizioni tecniche di attuazione della legge sono definite con il D.P.R. 29 settembre 1998 citato al quale il presente Piano fa altresì riferimento. In relazione alle esigenze di migliore gestione e riqualificazione delle aree del demanio fluviale il Piano fa riferimento alla legge 5 gennaio 1994, n. 37 "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche" che introduce importanti innovazioni: trasferimento dal regime di proprietà privata al demanio dei nuovi terreni e degli alvei abbandonati dalle acque correnti, regolamentazione del rilascio di concessioni, affermazione del diritto di prelazione per gli interventi pubblici di recupero e di valorizzazione ambientale.

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.

Il 17 febbraio 2017 è entrato in vigore il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare n. 294 del 25 ottobre 2016, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017, in materia di Autorità di bacino distrettuali, che disciplina le modalità e i criteri per il passaggio di competenze dalle vecchie Autorità di bacino (di cui alla legge 183/1989) alle nuove Autorità distrettuali. In particolare per il territorio ligure risultano soppresse:

- L'Autorità di Bacino regionale di cui alla L.R. 15/2015 (artt. 16-28) e l'Autorità di Bacino del Fiume Magra, confluite nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- L'Autorità di Bacino nazionale del fiume Po, confluita nell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

I Piani di bacino vigenti, ed analoghi strumenti di pianificazione, continuano in ogni caso ad essere pienamente applicabili nei territori di riferimento, fino all'emanazione di corrispondenti atti adottati a livello distrettuale o a diverse disposizioni. Analogamente restano validi ed efficaci anche tutti gli altri provvedimenti e gli atti emanati in attuazione delle disposizioni di legge abrogate.

2.3 PRIMO PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI

Il primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è stato definitivamente approvato nel luglio 1998, a conclusione dell'istruttoria prevista dalla legge 18 maggio 1989, n.183 così articolata: I. il Progetto di Piano è stato adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale del 5 febbraio 1996.

Il Piano, a seguito delle osservazioni e dei pareri regionali nonché delle modifiche relative, è adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale del 11 dicembre 1997, n. 26, (ai sensi dell'art 18, comma 10 della legge 18 maggio 1989, n. 183); G.U.R.I del 26 febbraio 1998, Supplemento ordinario n. 33; III. il Piano, a seguito del parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, è approvato con D.P.C.M. il 24 luglio 1998 (ai sensi dell'art 4, comma 1, lettera c) della legge 18 maggio 1989, n.183); G.U.R.I del 9 novembre 1998, Serie generale n. 262. Con l'approvazione del primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali sono stati definiti:

1. il metodo di individuazione e delimitazione delle tre fasce fluviali:
 - Fascia A di deflusso della piena,
 - Fascia B di esondazione,
 - Fascia C di inondazione per piene catastrofiche;
2. le norme che dettano criteri e prescrizioni per l'uso del suolo e la realizzazione di interventi nei territori compresi nelle fasce, nonché definiscono gli effetti del Piano sugli strumenti di pianificazione territoriale di scala regionale, provinciale e comunale.

Per le considerazioni progettuali dell'intervento in oggetto sono state osservate le seguenti norme in vigore:

- Regolamento regionale 14/07/2011 n. 3: "Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua";
- Regolamento regionale 10/07/2009 n. 4: "Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (Legge regionale 28 ottobre 2008, n. 39)";
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI – Norme di Attuazione "*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*" – deliberazione n.18 del 26 aprile 2001 - Autorità di bacino del fiume Po – Parma;

-
- Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B"- deliberazione n. 2/99, in data 11.05.1999, del Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po – Parma;

2.4 VARIANTE BACINI PADANI AL PTCp DI GENOVA - VBP

Alla Conferenza del 23 marzo 2011 è stato siglato l'Accordo di Pianificazione tra l'Autorità di bacino del fiume Po, la Regione Liguria e la Provincia di Genova, comportante l'approvazione della Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (PTCp) "Variante al P.T.C. - Bacini Padani", di seguito denominata "VBP" (Variante Bacini Padani), con Pubblicazione sul BURL n. 14 del 6 aprile 2011.

L'Accordo ha valore di Intesa ai sensi dell'art. 57, comma 1 del D. Lgs. 31 marzo 1998, n.112, per la definizione delle disposizioni del PTCp della Provincia di Genova relative all'attuazione del "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po" (PAI), riguardante cioè la parte del territorio provinciale compresa nel bacino del fiume Po. Dunque, il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, nell'assumere il valore e gli effetti del Piano di bacino del fiume Po, è in parte modificato e integrato, come esplicitato con la VBP, per la parte del territorio provinciale compresa nell'ambito territoriale del bacino padano.

Sono infatti interessati dalla VBP i territori dei Comuni di: Busalla, Campoligure, Casella, Crocefieschi, Isola del Cantone, Fascia, Favale di Malvaro, Fontanigorda, Gorreto, Lorsica, Masone, Mignanego, Moconesi, Montebruno, Montoggio, Neirone, Propata, Rezzoaglio, Ronco Scrivia, Rondanina, Rovegno, Rossiglione, S. Stefano d'Aveto, Savignone, Tiglieto, Torriglia, Valbrenna e Vobbia. Tali Comuni risultano, appunto, ricompresi nell'ambito territoriale di riferimento della VBP, che è costituito dai bacini dei torrenti: Orba, Stura, Scrivia, Aveto e Trebbia compresi nel territorio della Provincia di Genova.

La VBP persegue l'obiettivo di integrare la pianificazione generale del territorio attribuita al livello provinciale con la pianificazione territoriale di settore propria del piano di bacino, a riguardo degli aspetti connessi alle criticità conseguenti all'elevato rischio idrogeologico al quale è particolarmente esposto il territorio regionale. Con la VBP il PTC provinciale attua il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po, specificandone ed articolandone i contenuti: definisce gli approfondimenti di natura idraulica e geomorfologica relativi alle problematiche di sicurezza idraulica e di stabilità dei versanti trattate dal PAI, coordina i temi dell'assetto naturalistico e morfologico delle fasce fluviali con gli aspetti ambientali e paesistici propri del PTCp, realizzando un sistema di tutela sul territorio non inferiore a quello del PAI, basato su analisi territoriali non meno aggiornate e non meno di dettaglio. Per quanto non diversamente esplicitato e disciplinato nella VBP, continuano ad applicarsi le prescrizioni e le norme del PAI, e devono essere osservate le direttive dell'Autorità di bacino. Il fine della VBP è pertanto quello di conformare le funzioni insediative, infrastrutturali e di fruizione, come definite dalla pianificazione territoriale per l'ambito territoriale di riferimento, con le caratteristiche idrauliche e idrogeologiche, intese

come fattori strutturali del territorio, secondo livelli di sicurezza adeguati, rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il riassetto degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate.

In merito ai bacini interessati dalla variante VBP al PTCp di Genova va fatto riferimento agli elaborati di analisi di seguito elencati:

- R1 – Relazione;
- N1 – Norme di attuazione;
- T1 – Ambito di applicazione della VBP (Tavola e Tabella Comuni, scala 1:100.000);
- T2 – Carta dei dissesti (n.22 Tavole, scala 1:10.000);
- T3 – Corografia con i sottobacini idrografici (n.4 Tavole, scala 1:25.000);
- T4 – Carta dei tratti indagati e tracce sezioni idrauliche (n.29 Tavole, scala 1:5.000);
- V1 – Allegato “Verifiche idrauliche per l’individuazione delle aree inondabili dei bacini Scrivia, Trebbia e Aveto e Orba”.

Altri elaborati contenuti nella VBP sono invece specifici per il bacino del T. Stura.

Tra la documentazione relativa ai bacini idrografici interessati dalla VBP che coinvolgono l’area in esame nel presente studio, le N1 – Norme di attuazione disciplinano in particolare:

- la definizione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico in relazione alle dinamiche individuate ed ai fenomeni di dissesto considerati;
- la costituzione di vincoli e limitazioni alle attività di trasformazione e di destinazione d’uso del suolo in relazione al diverso grado di rischio ed alle diverse richieste di protezione;
- l’adeguamento della strumentazione territoriale provinciale e urbanistica comunale, individuando e migliorando la compatibilità degli assetti esistenti e previsti;
- i valori delle portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di riferimento, ai fini sia della mappatura delle aree inondabili, sia della progettazione di interventi di sistemazione idraulica, e gli strumenti di calcolo;
- la rete idrografica e la classificazione dei corsi d’acqua in materia di significatività, con le relative definizioni delle distanze dai corsi d’acqua, prescrizioni sulle opere ammesse sulla rete idrografica significativa e calcolo dei franchi idraulici di sicurezza.

Laddove necessario le norme di attuazione della VBP rimandano ad altri riferimenti normativi o linee di indirizzo di maggiore dettaglio.

2.5 DRG 357/2008

Il CTR-AdB, nella seduta del 19 marzo 2008, ha approvato gli elaborati prodotti nell'ambito della convenzione con il Politecnico di Milano, finalizzata alla definizione di criteri e/o linee guida di tipo tecnico relative alla metodologia di riferimento per studi idrologici di "maggior dettaglio" rispetto a quanto disposto nella vigente pianificazione di bacino.

Sono stati pertanto assunti con DGR 357/2008 della Giunta Regionale i "Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri", quali linee guida di riferimento obbligatorio a cui attenersi nella elaborazione di studi idrologici di dettaglio, nei casi in cui è richiesta la verifica ed eventuale modifica dei valori assunti dal piano di bacino vigente per le portate di massima piena e per i relativi idrogrammi.

Gli elaborati sono così articolati:

- Linee guida, nelle quali sono descritti i criteri e le procedure utili alla verifica e valutazione della portata al colmo di piena e degli idrogrammi di riferimento. In particolare viene individuato il percorso metodologico da seguire per la valutazione di dette grandezze in sede di studi di dettaglio, con riferimento a possibili diverse tipologie di casi in relazione ai dati disponibili;
- Allegato Tecnico, dove le metodologie sopra introdotte sono descritte in maggior dettaglio, con una trattazione più estesa di alcuni aspetti, quali l'applicazione dei metodi a livello regionale e a livello locale, la valutazione dell'incertezza delle stime di piena, la valutazione dell'idrogramma di piena, nonché alcune osservazioni ed approfondimenti per temi specifici;
- Schede di Valutazione, nella quali i diversi passi della procedura sono illustrati da esemplificazioni, tradotti in schede di calcolo operativo per l'applicazione dei criteri presentati.

3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

T00ID00IDRCO01A Corografia del bacino del fiume Trebbia

T00ID00IDRCO02B Corografia dei bacini idrografici minori

V

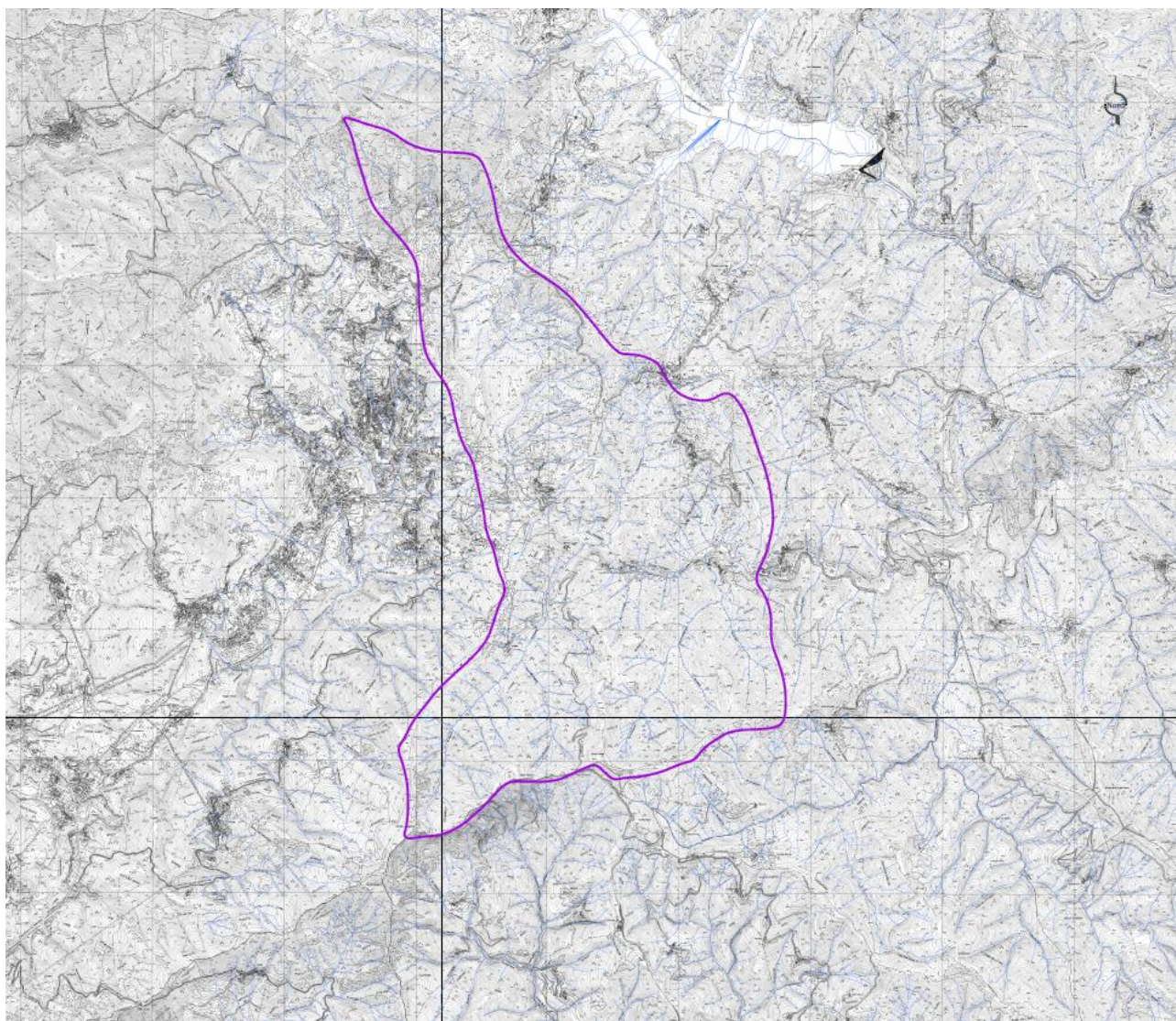


Figura 1 – Bacino idrografico del fiume Trebbia.

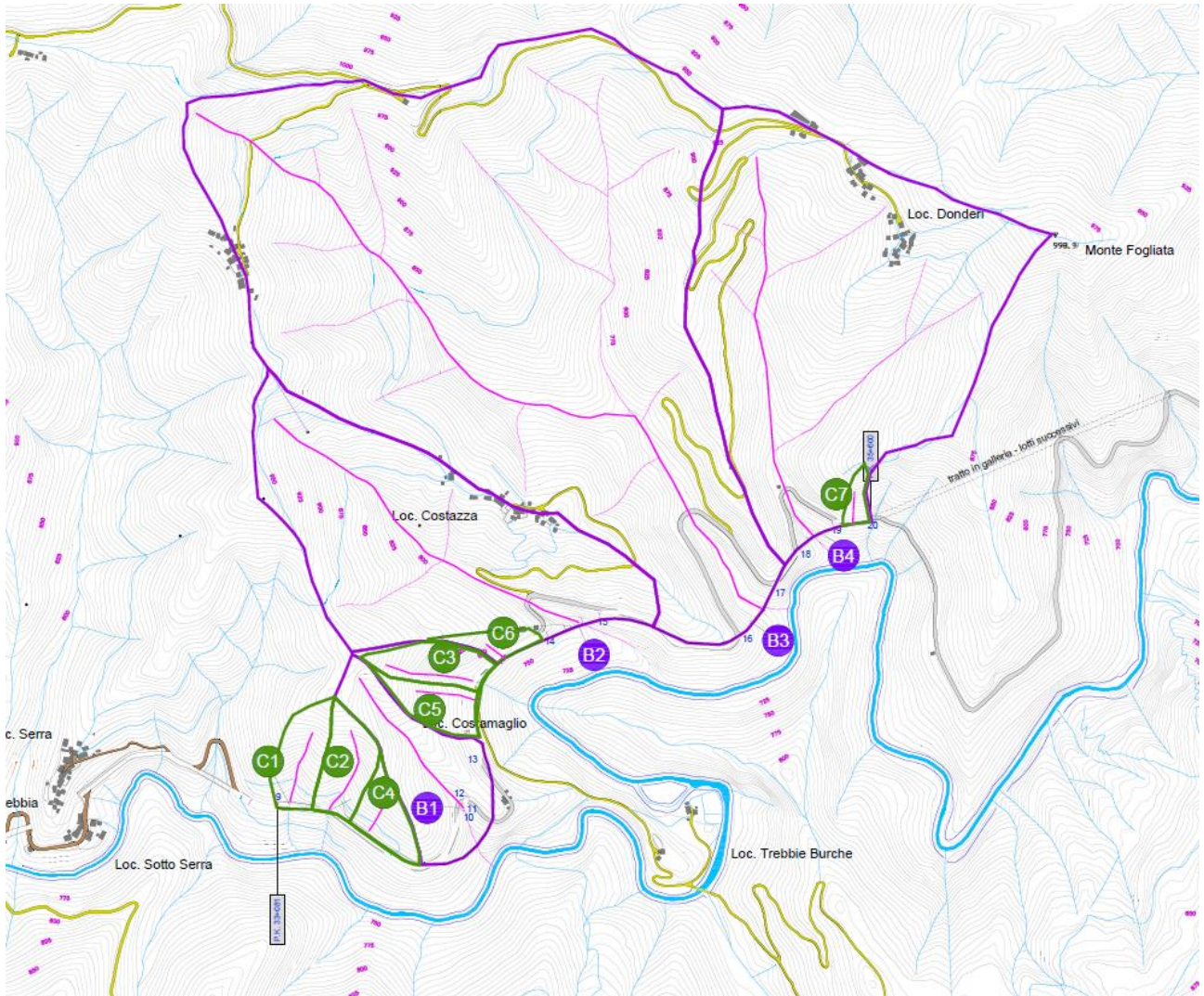


Figura 2 – bacini idrografici minori.

4 CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEI BACINI E DEI CORSI D'ACQUA

Il Fiume Trebbia ha origine alle pendici Sud-Est del Monte Prelà, a quota 1135 m s.l.m..

La lunghezza del tratto di corso d'acqua che ricade nel territorio regionale ligure corrisponde a circa 30 km; il fiume entra nel territorio della provincia di Piacenza a quota 509 m s.l.m. dopo la località Gorreto. La superficie del bacino idrografico nel territorio della regione Liguria è di 175 km² e interessa un'area prevalentemente montuosa con crinali piuttosto elevati. Il bacino del F. Trebbia confina a Sud con il bacino idrografico del F. Entella, ad Est e Sud-Est con il bacino del T. Aveto, ad Ovest con il T. Scrivia ed infine a Nord e Nord-Ovest è delimitato dai confini con la regione Piemonte e l'Emilia Romagna.

A partire dal monte Prelà lo spartiacque tra il bacino del Trebbia e quello dello Scrivia, andando in direzione Sud-Nord, comprende i Monti Duso e Cremado, il Monte Antola (1597 m), il Monte delle tre Croci e raggiunge il Monte Carmo al confine tra le Regioni Liguria, Emilia e Piemonte. Il crinale che separa la Val Trebbia dalla Val d'Aveto comprende il Monte Laghicciola, il M. Gifarco, il M. Roccabruna, il M. Montarlone e il M. Orama e prosegue al di fuori del territorio regionale Ligure fino alla confluenza dei due corsi d'acqua.

I principali affluenti del F. Trebbia in destra idrografica sono: R. Bagordo, Fosso Costafontana, T. Cavagnaro, T. Cascinetta, T. Solve, T. Craveghie, T. Sermigliasca e T. Pesca. In sinistra idrografica troviamo: T. Brugneto, T. Terenzone, T. Cassingheno e T. Tagliana.

Come tutti i bacini liguri presenta una diversa esposizione alle perturbazioni meteorologiche, ancora a causa della particolare orografia del territorio, caratterizzato dalla presenza di rilievi appenninici e alpini nelle immediate vicinanze della costa. Ciò comporta un'ampia variabilità spaziale del regime pluviometrico, che spazia tra i circa 800 mm annui medi che si registrano nelle zone più occidentali della regione fino ai circa 2000 mm annui medi relativi alla porzione di levante.

Ciò nonostante l'intero territorio è considerato caratterizzato da un regime pluviometrico prevalente, ovvero quello sublitoraneo, che determina una distribuzione degli afflussi meteorici nell'anno caratterizzata da due massimi, uno primaverile e uno autunnale, e da due minimi, uno estivo e uno invernale. I bacini appartenenti al versante padano sono solitamente caratterizzati da un regime meno "regolare" e da precipitazioni più intense.

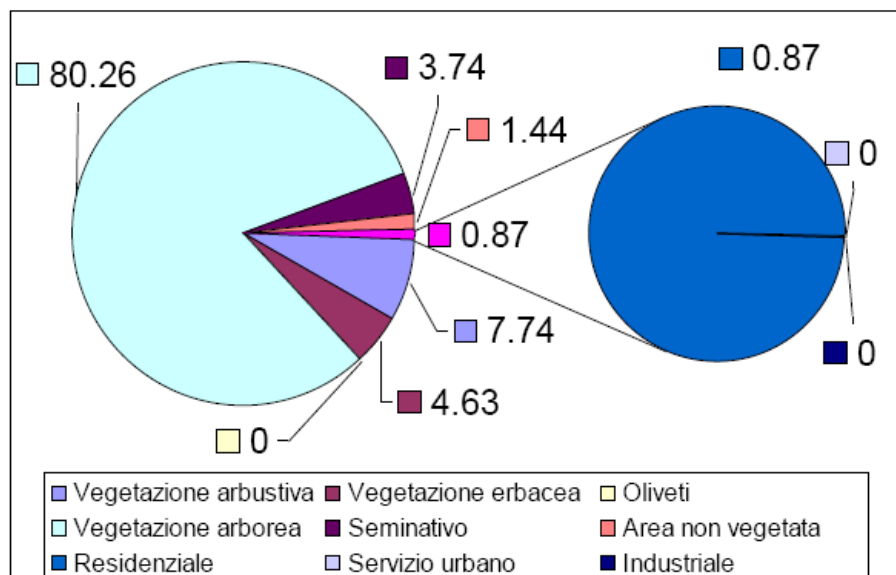
Le perturbazioni autunnali, in particolare, sono in generale responsabili delle piogge più intense e degli eventi critici per molti corsi d'acqua. In particolare, considerando il bacino idrografico del Fiume Trebbia, si ritrova un afflusso piovoso medio di quasi 1900 mm/anno.

Nella parte alta del bacino idrografico l'ambiente risulta poco antropizzato, con zone boschive e versanti abbastanza acclivi. Alcuni insediamenti artigianali di piccole o medie

dimensioni si rilevano dopo l'abitato di Montebruno. Le attività produttive legate a coltivazioni di tipo ortofrutticolo e allevamento di bovini sono realizzate in aziende a carattere familiare.

L'area del bacino idrografico risulta interessata in prevalenza da formazioni boschive. Alle quote più elevate risultano prevalenti le faggete, mentre al di sotto degli 800 m le zone boschive sono in gran parte costituite da castagneti e da bosco misto con carpino nero, orniello.

Nel territorio della Val Trebbia vi sono poi zone in cui è stato effettuato il rimboschimento con conifere come il pino nero e il pino silvestre. Sono inoltre presenti formazioni con robinie in prevalenza nella zona bassa della Val Trebbia, ad esempio nella zona di Gorreto. Alle quote inferiori nelle aree pianeggianti o in aree terrazzate sono presenti prati a sfalcio. Nel grafico seguente si schematizza l'uso del suolo del bacino in questione, riportando le classi individuate dal Piano di Tutela delle Acque (PTA).



Uso del suolo del Bacino del Trebbia

I reticoli sotesi, come da classificazione ex art. 3 del R.R. Liguria 14/7/2011 n. 3 "Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua", delle opere che interessano il progetto sono:

Dai dati reperiti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po risultano disponibili dati idrometrici riferiti a sezioni molto distanti dalla strada in progetto, nelle zone di confluenza del Po (progressive da oltre 94 km e superfici di bacino oltre 930 km²), come risulta dalle seguenti tabelle:

Tabella 66: profilo di piena per il fiume Trebbia

Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni	
		Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)
030	94.684	139.30	3020	020	102.637	108.39		010	111.407	68.81	
029	95.193	137.63		019	103.285	104.83		009	112.433	65.14	
028	95.719	135.66		018	104.186	99.97		008	113.288	62.76	
027	95.988	134.49		017	105.158	95.05		007	114.548	61.06	
026	96.712	131.02		016	105.936	91.68		006	115.387	60.08	
025	97.853	125.63		015	106.699	88.27		005	115.430	59.57	
024	98.551	123.61		014	107.687	83.36		004	116.412	54.41	
023	100.176	118.92		013	108.827	78.27		003	117.060	52.83	3050
022	101.206	115.50		012	109.686	74.57		002	118.129	49.87	
021	101.951	112.45		011	110.292	72.37		001	118.498	49.66	

Tabella 22: portate di piena per il fiume Trebbia

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie km ²	Q20 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Idrometro Denominazione
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.						
Trebbia	Trebbia	94.684	30	Rivergaro	931	2190	2770	3020	3350	
Trebbia	Trebbia	117.060	3	Confluenza in Po	982	2200	2800	3050	3400	

La porzione di bacino sottesa dalla sezione di interesse per il presente studio è molto ridotta, rispetto all'estensione complessiva (circa 1%).

Risulta quindi opportuno, conformemente alle indicazioni della Direttiva AdB Po per i bacini di piccole dimensioni di valutare le portate di piena mediante l'impiego di curve di possibilità pluviometrica per il calcolo della intensità di pioggia.

I dati caratteristici dei bacini elementari sono i seguenti:

Tabella 1: Dati caratteristici dei bacini elementari.

Bacino	Area	L	H max	H min	DH	i media
	W1					
	[km ²]					
A1 Bacino del Trebbia	9.94	4646	1250	740	510	0.11
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22
B2 Costanza	0.214	716	945	745	200	0.28
B1 Costamaglio	0.053	321	893	786	107	0.33
C1 attraversamento	0.017	152	896	780	116	0.76
C2 attraversamento	0.017	170	902	779	123	0.72
C3 attraversamento	0.015	172	913	786	127	0.74
C4 attraversamento	0.012	100	878	788	90	0.90
C5 attraversamento	0.013	122	890	786	104	0.85
C6 attraversamento	0.007	80	852	783	69	0.86
C7 attraversamento	0.004	80	835	753	82	1.03

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di pioggia alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Con altezza di precipitazione (misurata in mm) si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

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

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

Sono utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

I valori delle curve di probabilità pluviometrica sono riportati in Tabella 1, la stazione più vicina agli interventi è Loco Carchelli cod. 1691, con distanza dal comune di Montebruno pari a 9 km, come riportato nella planimetria sottostante.

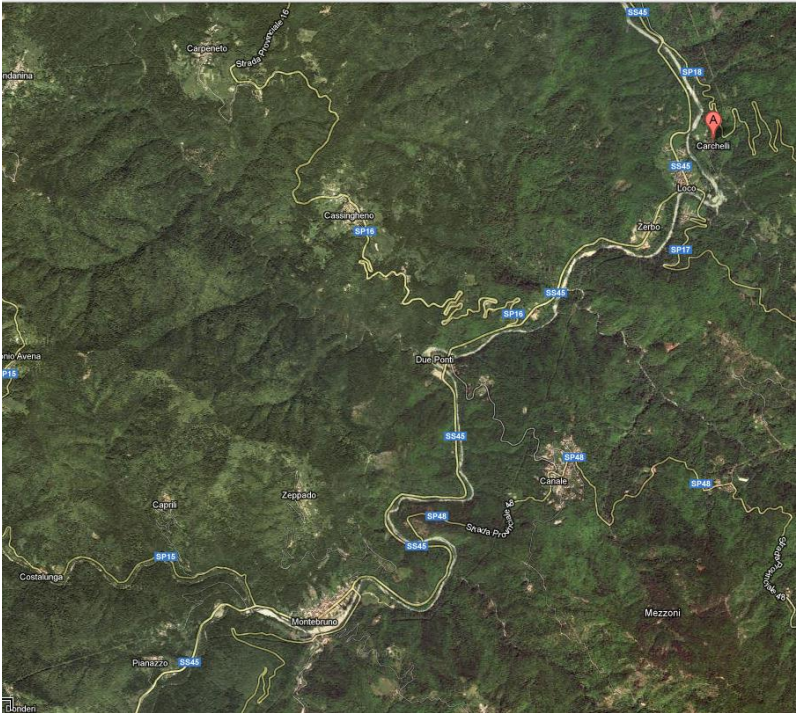


Tabella 2: Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica.

Stazione di misura		T = 20 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
Cod.	Denominazione	a	n	a	n	a	n	a	n
1570	Millesimo	42.96	0.416	55.44	0.411	60.77	0.409	67.80	0.408
1571	Cengio	47.57	0.452	61.38	0.457	67.29	0.459	75.05	0.460
1578	Cairo Montenotte	52.30	0.412	67.59	0.406	74.29	0.402	83.06	0.399
1584	Spigno Monferrato	43.68	0.419	57.87	0.419	63.94	0.418	71.93	0.418
1588	Piancastagna	62.03	0.409	82.12	0.407	90.69	0.407	101.99	0.406
1590	Acqui Terme	42.09	0.417	55.61	0.415	61.37	0.414	68.98	0.414
1593	Piampaluto	53.85	0.516	66.87	0.529	72.44	0.533	79.78	0.538
1594	Urbe	55.34	0.546	68.51	0.558	74.13	0.562	81.56	0.566
1596	Ortiglieto	69.27	0.464	91.28	0.469	100.61	0.470	112.90	0.471
1599	Masone	68.60	0.446	87.61	0.446	95.71	0.446	106.40	0.447
1602	Lavezzo-Lago	65.55	0.453	83.96	0.454	91.81	0.454	102.18	0.454
1604	LAVAGNINA C.Le	55.45	0.486	70.04	0.498	76.20	0.502	84.41	0.506
1605	Gavi C.Le	63.48	0.401	85.67	0.397	95.13	0.396	107.64	0.394
1617	Val Noci Diga	62.83	0.408	78.31	0.415	84.89	0.417	93.63	0.420
1621	Scoffera	76.64	0.341	98.50	0.326	107.84	0.321	120.15	0.316
1629	Isola Del Cantone	52.05	0.391	67.84	0.384	74.56	0.382	83.46	0.380
1642	Tortona	50.52	0.272	65.55	0.272	71.96	0.272	80.42	0.272
1649	Montemarzino	37.53	0.331	49.20	0.331	54.18	0.331	60.74	0.331
1655	Varzi	42.57	0.284	54.50	0.281	59.58	0.280	66.31	0.278
1661	Voghera	44.91	0.231	58.87	0.217	64.83	0.213	72.45	0.211
1676	Sarmato	34.06	0.306	43.50	0.301	47.52	0.299	52.83	0.298
1691	Loco Carohelli C.Le	77.94	0.340	103.48	0.326	114.40	0.322	128.81	0.317
1698	Losso C.Le	47.06	0.348	61.17	0.333	67.22	0.329	75.16	0.324
1702	Cabanne	55.97	0.469	70.73	0.463	77.02	0.462	85.37	0.460
1707	Boschi D'aveto Diga	54.29	0.371	70.80	0.364	77.81	0.362	87.09	0.360
1713	Bobbio	41.77	0.318	53.31	0.313	58.19	0.312	64.67	0.311
1723	Ferriere	44.90	0.297	57.40	0.288	62.73	0.284	69.76	0.281
1730	Cassano	49.77	0.446	64.12	0.450	70.34	0.452	78.55	0.453
1739	Mignano Diga	47.25	0.332	60.43	0.329	66.06	0.327	73.48	0.326
1744	Fiorenzuola D'arida	48.19	0.259	62.40	0.250	68.46	0.247	76.45	0.243
1748	S.Maria Del Taro	65.92	0.413	83.21	0.403	90.57	0.400	100.30	0.397

5 PORTATE AL COLMO DI PIENA

Le portate al colmo di piena per il presente studio sono state calcolate secondo due procedure, che seguono due differenti approcci: nel primo caso si utilizza la formula dedotta dal Metodo razionale, nel secondo viene adottato il Metodo della portata indice.

5.1 CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO: METODO RAZIONALE

La stima delle portate al colmo è stata effettuata attraverso i seguenti passi:

- calcolo del tempo di corrivazione
- calcolo dell'altezza di pioggia lorda
- calcolo dell'altezza di pioggia netta
- calcolo della portata al colmo

5.1.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il calcolo del tempo di corrivazione t_c si rende necessario in quanto con esso si determina la durata dell'evento di precipitazione critico per il bacino.

In questo caso si impiega la seguente formula:

Puglisi

Tale formula, adatta per bacini aventi estensione inferiore a 50 km², è una delle più conservative tra quelle presenti in letteratura.

$$t_c = 6L^{2/3} (h_{\max} - h_{\min})^{-1/3}$$

dove:

t_c è il tempo di corrivazione [h]

h_{\max} è la quota massima del bacino [m]

h_{\min} è la quota della sezione di chiusura [m]

L è la lunghezza dell'asta principale [km]

Il tempo di corrivazione deve sempre essere maggiore o uguale del tempo necessario alla formazione di deflussi ossia 10 minuti ($t_c > 0.17$ h).

5.1.2 ALTEZZA DI PIOGGIA LORDA

Per l'individuazione della curva di possibilità climatica da prendere a riferimento per la caratterizzazione pluviometrica dell'area in esame sono stati confrontati i risultati delle analisi statistiche effettuate con lo Studio di Regionalizzazione delle piogge intense effettuato nell'ambito del PAI della AdB Po.

Lo studio fornisce per tutta l'area bacino del fiume Po, suddiviso secondo un reticolo a maglia quadrata di 2 km, l'espressione delle curve di possibilità pluviometrica.

Si evidenziano, per l'area interessata dagli interventi, con riferimento all'espressione monomia i valori dei parametri a ed n relativi alle curve di possibilità climatica riportati in funzione del tempo di ritorno, nella seguente tabella.

Per la determinazione dei parametri relativi ad un Tr di 25 anni, necessario per la stima delle portate dimensionanti i collettori stradali e per un Tr di 5 anni necessario per la stima delle portate dimensionanti per le opere provvisionali, si sono interpolati i risultati tra il tempo di ritorno di 20 anni e quello relativo ai 50 anni.

Tabella 3: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica superiori all'ora.

Tempo di ritorno	a	n
anni	[mm/h]	[adim.]
5	54.96	0.36
10	64.46	0.36
20	74.39	0.36
25	77.42	0.36
50	87.23	0.35
100	96.85	0.35
200	106.45	0.34
500	119.12	0.34

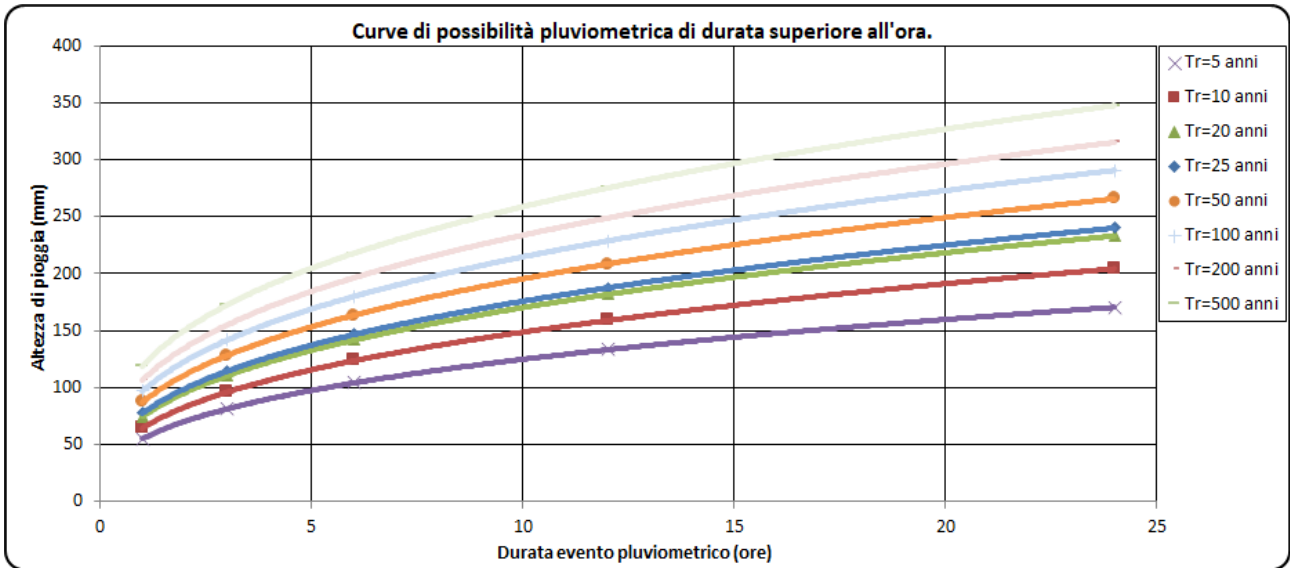


Figura 3: Curve di possibilità pluviometrica per piogge di durata superiore all'ora.

Le stazioni pluviometriche analizzate non consentono un'analisi statistica significativa delle misure di pioggia di durata inferiore all'ora in quanto i campioni disponibili negli "Annali Idrologici" risultano scarsamente numerosi.

Si è deciso pertanto di ricavare le massime altezze di pioggia di durata inferiore all'ora a partire dal dato disponibile delle altezze massime di durata oraria, prendendo a riferimento studi effettuati in altre località italiane. È noto infatti da letterature che i rapporti r_δ tra le altezze di durata d molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località.

A partire dalla massima pioggia di durata oraria, si ricavano le corrispondenti altezze di pioggia di durata pari a frazioni d'ora mediante l'impiego di un coefficiente correttivo, denominato r_δ .

Questo coefficiente può essere dedotto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con differenti caratteristiche: i pluviografi di Milano Monviso e Roma Macao.

Tabella 4: Coefficienti riduttivi pluviografo di Milano Monviso.

Durata (minuti)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
r_δ	0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913

Tabella 5: Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao.

Durata (minuti)	5	10	15	20	25	30
r_δ	0.278	0.435	0.537	0.632	0.7	0.758

Nel presente studio sono stati utilizzati coefficienti riduttivi ottenuti come la media dei precedenti. Da tali parametri sono stati ricavati i valori a ed n delle curve di possibilità pluviometrica inferiori all'ora.

Tabella 6: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica inferiori all'ora.

Tempo di ritorno	a	n
anni	[mm/h]	[adim.]
5	60.08	0.52
10	70.46	0.52
20	81.32	0.52
25	84.63	0.52
50	95.35	0.52
100	105.87	0.52
200	116.36	0.52
500	130.21	0.52

Determinati i parametri a ed n, l'altezza di pioggia lorda viene calcolata attraverso la curva di possibilità pluviometrica espressa dalla relazione:

$$h_c = a \cdot t_c^n$$

dove:

t_c è la durata dell'evento critico pari al tempo di corrivazione [h]

n è l'esponente della curva di possibilità pluviometrica

a è coefficiente della curva di possibilità pluviometrica.

Tabella 7: Valori di intensità di pioggia per vari tempi di ritorno.

BACINO	AREA	L	H max	H min	DH	i media	h media	tc	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
	[km2]	[m]	[m]	[m]	[m]		[h]	[h]	5 anni	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni	5 anni	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13	1058	1.40	71.57	100.34	113.58	126.11	138.61	155.11	51.12	71.67	81.13	90.08	99.01	110.79
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	894	0.81	53.84	75.49	85.45	94.88	104.28	116.70	66.47	93.20	105.50	117.14	128.75	144.07
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	804	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28	845	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
B1 Costamaglio	0.0527	321	893	786	107	0.33	840	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55	826	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50	815	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48	821	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43

5.1.3 ALTEZZA DI PIOGGIA NETTA

Il calcolo della pioggia netta, viene effettuato in base al metodo del "Curve Number", formulato dal SCS. Tale metodo mette in relazione l'altezza di pioggia affluita con l'altezza di pioggia h_n defluita in rete attraverso la seguente formula:

$$h_{netta}(T, \pi) = \frac{[H(T, \pi) - I]^2}{H(T, \pi) - I + S}$$

dove:

h_n è la pioggia netta [m]

H_t è la pioggia lorda [m]

S è l'altezza d'acqua massima immagazzinabile nel terreno a saturazione

I è l'assorbimento iniziale che viene assunto usualmente pari a $0.2 S$

Dove S rappresenta la massima ritenzione del bacino ed è funzione della tipologia di terreno del suo grado di saturazione e dell'uso del suolo e viene espresso sotto la forma:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Per determinare CN occorre stabilire prima di tutto la classe di appartenenza del suolo, il tipo di copertura, quale sia la destinazione d'uso del suolo e le sue condizioni idrauliche.

Il valore del CN varia a seconda dell'utilizzo e della gestione del suolo, poiché ciascun tipo di terreno può essere caratterizzato da un diverso grado di sfruttamento: basso, medio, alto.

Inoltre, a seconda delle condizioni idrauliche del terreno, si può avere un suolo asciutto (condizione I), un suolo medio (o AMC II) ed infine un suolo completamente saturo (condizione AMC III).

I valori del CN per ogni singola categoria sono quelli desumibili dalla seguente tabella:

Tabella 8: Valori del CN (AMCII) in funzione del tipo di suolo.

Uso del Suolo		Tipo di Suolo SCS			
Codice	Descrizione	A	B	C	D
1	Urbanizzato	77	81	85	90
2	Seminativo	67	76	76	83
3	Seminativo arborato	50	61	71	82
4	Prati, pascoli ,incolti	54	62	70	80
5	Bosco rado	45	56	66	77
6	Bosco misto	35	48	60	73
7	Aree scoperte	84	86	89	91

Si è scelto di utilizzare il valore di CN pari a 73 corrispondente ad una condizione di bosco misto e SCS classe D.

Tale valore del "Curve Number", riferito a condizioni di saturazione intermedie (AMC II) è stato applicato per ciascun bacino e sottobacino, considerando per ognuno di questi, medesime condizioni geomorfologiche ed ambientali.

I valori del CN relativi alle altre due condizioni di saturazione sono.

$$CN_{AMCI} = \frac{4.2CN}{10 - 0.058CN} \qquad CN_{AMCIII} = \frac{23CN}{10 + 0.13CN}$$

5.1.4 PORTATA AL COLMO

La portata al colmo $Q(T_r)$ funzione del tempo di ritorno T è calcolata con la formula dedotta dal metodo razionale:

$$Q(T_r)_c = \frac{h_n * S}{3,6 * \tau_c}$$

dove:

T_r è il tempo di ritorno dell'evento [anni]

S è l'area del bacino [km²]

τ_c è il tempo di corrivazione [h]

Le altezze di pioggia netta riportate sono state determinate facendo riferimento alle condizioni peggiori del terreno (AMC III).

Le altezze ed intensità di pioggia lorda sono:

Tabella 9: Valori di pioggia lorda per vari tempi di ritorno - AMC III.

BACINO	AREA [km2]	L [m]	H max [m]	H min [m]	DH [m]	i media	tc [h]	Puglisi [h]	tc	h pioggia lorda [mm]						intensità di pioggia [mm/h]					
										Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
										5 anni	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni	5 anni	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13	1.976	1.98		85.62	120.04	135.88	150.88	165.83	185.56	43.32	60.74	68.76	76.34	83.91	93.89
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	1.125	1.13		63.88	89.56	101.39	112.57	123.73	138.45	56.77	79.59	90.10	100.04	109.95	123.04
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	0.900	0.90		56.88	79.75	90.28	100.24	110.17	123.28	63.19	88.59	100.29	111.35	122.38	136.95
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28	0.821	0.82		54.23	76.03	86.06	95.56	105.03	117.53	66.04	92.59	104.81	116.37	127.90	143.13
B1 Costamaglio	0.0527	321	893	786	107	0.33	0.593	0.59		45.76	64.16	72.63	80.64	88.63	99.18	77.24	108.29	122.58	136.11	149.59	167.40
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55	0.382	0.38		36.43	51.07	57.81	64.19	70.55	78.95	95.35	133.67	151.32	168.02	184.66	206.64
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50	0.360	0.36		35.32	49.52	56.05	62.24	68.40	76.55	98.11	137.54	155.70	172.88	190.01	212.63
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48	0.377	0.38		36.19	50.73	57.43	63.77	70.08	78.42	95.94	134.50	152.26	169.05	185.80	207.92

Le portate di piena nelle sezioni di chiusura sono:

Tabella 10: Valori di portata al colmo per vari tempi di ritorno - AMC III.

BACINO	AREA [km2]	L [m]	H max [m]	H min [m]	DH [m]	i media	tc [h]	Puglisi [h]	tc	h pioggia netta [mm]						Portata al colmo [m3/s]					
										Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Q	Q	Q	Q	Q	Q
										5 anni	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni	Tr 5	Tr 25	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13	1.976	1.98		50.71	81.95	96.77	110.95	125.21	144.19	68.78	111.15	131.25	150.49	169.83	195.57
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	1.125	1.13		32.15	54.20	64.82	75.04	85.38	99.19	6.03	10.17	12.16	14.08	16.02	18.61
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	0.900	0.90		26.50	45.57	54.83	63.77	72.83	84.96	2.91	5.01	6.02	7.01	8.00	9.33
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28	0.821	0.82		24.41	42.36	51.10	59.55	68.13	79.62	1.77	3.07	3.70	4.31	4.93	5.76
B1 Costamaglio	0.0527	321	893	786	107	0.33	0.593	0.59		18.02	32.37	39.46	46.35	53.37	62.82	0.45	0.80	0.97	1.15	1.32	1.55
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55	0.382	0.38		11.56	21.98	27.24	32.40	37.70	44.88	0.13	0.26	0.32	0.38	0.44	0.52
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50	0.360	0.36		10.84	20.80	25.84	30.80	35.89	42.81	0.25	0.48	0.60	0.71	0.83	0.99
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48	0.377	0.38		11.40	21.72	26.93	32.05	37.30	44.43	0.25	0.48	0.59	0.71	0.82	0.98

5.2 CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO: METODO DELLA PORTATA INDICE

La stima delle portate al colmo per il T. Trebbia e per i rivi interessati dalle opere è stata eseguita in accordo alle N1 – Norme di attuazione della “Variante Bacini Padani al PTC della provincia di Genova con valore ed effetti del piano di bacino per la parte del territorio provinciale compresa nel bacino del fiume Po”, nel seguito “VBP”. In particolare, all’Art. 8 si stabilisce quale valore della portata di piena da assumere nella progettazione relativa ad opere strutturali o di riassetto idraulico, quello con tempo di ritorno duecentennale (T = 200 anni).

I valori di portata per i principali sottobacini nell’area d’interesse sono indicati nella tavola T3 “Corografia con i sottobacini idrografici (Trebbia)” in allegato alla VBP. Per i tratti dei corsi d’acqua non indagati nella VBP viene prescritto di determinare i valori di portata assumendo a riferimento i “Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri” di cui alla DGR 357/2008.

5.2.1 BACINO DEL TORRENTE TREBBIA

Pertanto, per ciò che riguarda il bacino del Trebbia A1 nell’area in esame, si è adottato il valore di portata pari a 270 m³/s, indicato al punto di chiusura del sottobacino Trebbia 1 (TREB1) sull’elaborato “T3 - Corografia con i sottobacini idrografici” di cui si riporta uno stralcio in Figura 4.

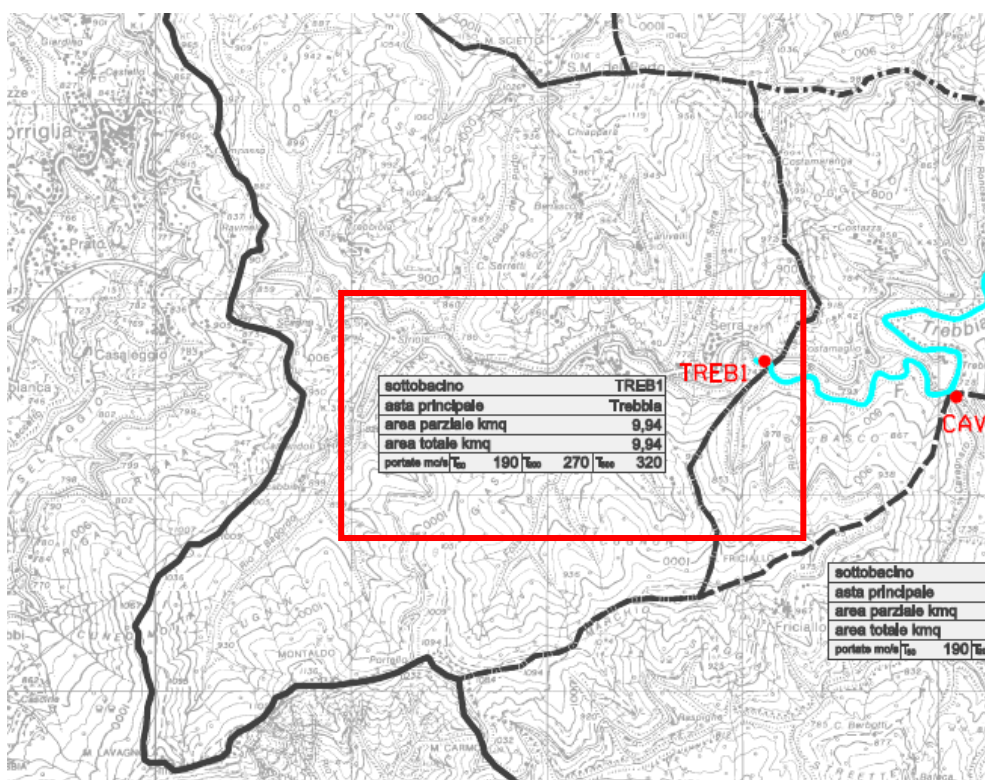


Figura 4: Stralcio sottobacino TREB1 - Tavola T3 Corografia con i sottobacini idrografici VBP.

5.2.2 BACINI MINORI

Per quanto concerne invece i bacini elementari B1, B2, B3, B4 e C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 i rispettivi valori di portata al colmo sono stati calcolati secondo la procedura di valutazione indicata nelle Linee Guida della DGR 357/2008, trattandosi di limitate porzioni di bacini delle quali la VBP non riporta specifici dettagli.

Tale procedura si basa sul metodo della portata indice, che integra l'informazione idrometrica a scala regionale, attraverso la regionalizzazione statistica dei dati, con l'analisi idrologica di dettaglio dell'assetto del bacino idrografico sotteso dalla sezione fluviale di interesse. Ciò permette di impiegare l'insieme delle osservazioni idrometriche di una regione omogenea (serie AFS, ossia valori osservati massimi annuali di portata al colmo) per esplorare un campo di frequenze osservate di gran lunga superiore a quello coperto da una singola serie di osservazioni.

Nell' specifico, il valore della massima portata al colmo q_T che può venire superato con periodo di ritorno T , espresso in anni, è dato dal prodotto di due fattori:

$$q_T = q_{indice} x_T$$

dove x_T è il *fattore di crescita*, la cui dipendenza dal prefissato periodo di ritorno T viene fissata da una legge valida a scala regionale, e q_{indice} è la *portata indice*, che rappresenta un valore indice della portata al colmo di massima annuale, valutata a scala di bacino per lo specifico sito fluviale preso in esame.

Il fattore di crescita x_T viene determinato in base all'applicazione a scala regionale del modello probabilistico generalizzato del valore estremo, ossia la distribuzione GEV della variabile aleatoria $X = Q/q_{indice}$, dove Q indica il massimo annuale della portata al colmo e la portata indice per il generico sito fluviale corrisponde al valore atteso dei massimi annuali di portata al colmo nel sito stesso. In questo caso, la relazione tra x e T , detta anche *curva di crescita*, risulta espressa dalla relazione:

$$x_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky_T})$$

dove y_T indica la variabile ridotta di Gumbel, funzione del periodo di ritorno T , secondo la:

$$y_T = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right)$$

mentre i parametri k , α ed ε rappresentano, rispettivamente, il parametro di forma, il parametro di scala e il parametro di posizione della distribuzione.

Tra le regioni omogenee di piena di interesse ligure definite alla Tabella A.2.1 della DGR 357/2008, a loro volta ricomprese entro il confine della ripartizione relativa all'Italia Nord Occidentale, l'area di studio ricade all'interno della Regione C, come mostrato in Figura 5.

Tabella A.2.1. - Regioni omogenee di piena dell'Italia Nord Occidentale di interesse per il territorio della Regione Liguria e loro campo di validità in funzione dell'area A del bacino idrografico sotteso.

Regione	Area idrografica	A, km ²
B Alpi e Prealpi Occidentali	Bacini padani dalla Dora Baltea al torrente Grana	40÷1900
C Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici	Bacini liguri con foce al litorale tirrenico e bacini padani dallo Scrivia al Taro	15÷1500
ZT2 Zona disomogenea delle Alpi Marittime: transizione tra Regione B e Regione C	Bacino del Tanaro e suoi affluenti	50÷1500

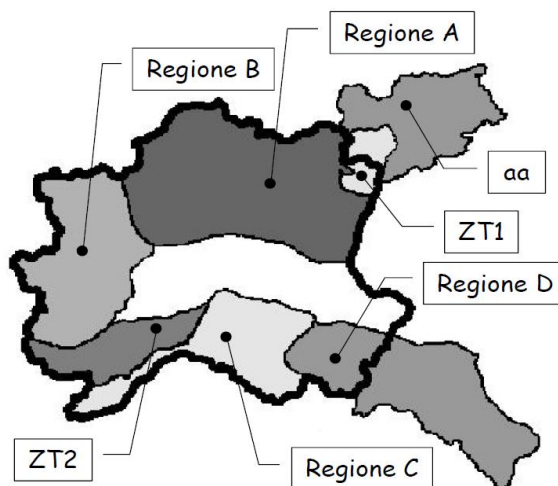


Figura 5: Regioni omogenee di piena dell'Italia Nord Occidentale – DGR 357/2008.

Pertanto, per i periodi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni, possono adottarsi i valori del fattore di crescita x_T forniti dalla norma in Tabella A.2.3 relativi alla Regione C (Figura 6).

Tabella A.2.3 – Valori del fattore di crescita x_T per alcuni valori salienti del periodo di ritorno T .

Regione	Periodo di Ritorno, anni (Variabile ridotta, y_T)					
	10 (2.250)	20 (2.970)	50 (3.902)	100 (4.600)	200 (5.296)	500 (6.214)
B Alpi e Prealpi Occidentali	1.80	2.38	3.37	4.33	5.52	7.57
C Appennino NO & B. Tirrenici	1.82	2.38	3.29	4.14	5.17	6.87

Figura 6: Valori del fattore di crescita x_T per vari tempi di ritorno - DGR 357/2008.

Per valutare in modo quantitativo la portata indice q_{indice} per un generico sito fluviale di interesse si possono applicare diverse metodologie, tra metodi diretti e indiretti, in dipendenza dei dati in ingresso a disposizione.

Nel caso specifico, si è ritenuto opportuno utilizzare il metodo indiretto delle Formule empiriche, per via della carenza di osservazioni dirette, viste anche le ridotte dimensioni delle porzioni di bacino sottese alle sezioni di interesse per il presente studio rispetto all'estensione complessiva.

Con tale metodo il valore della portata indice q_{indice} viene derivato da grandezze esogene, attraverso la seguente formula:

$$q_{indice} = c_0 \times W_1^{c_1} \times W_2^{c_2} \times W_3^{c_3} \times W_4^{c_4} \times W_5^{c_5} \times W_6^{c_6}$$

Le variabili esogene considerate sono:

- W_1 : A, l'area del bacino imbrifero sottesa dalla sezione di interesse, in km²;
- W_2 : a_1 , il coefficiente pluviale orario, $a_1 = E[H(1)]$, dove $E[H(1)]$ indica il valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per una durata unitaria di un'ora, in mm;
- W_3 : v , l'esponente della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica scalainvariante, adimensionale;
- W_4 : H_{mb} , la quota media del bacino sotteso rispetto alla sezione di chiusura, in km;
- W_5 : SIII/100, il massimo volume specifico di ritenzione potenziale del terreno parametrizzato tramite il metodo CN-SCS (Soil Conservation Service, 1986) per condizioni di elevato imbibimento, ossia per AMC tipo III, espresso in mm;
- W_6 : A/L_{ap}^2 , fattore di forma dove L_{ap} indica la lunghezza dell'asta principale, in km.

I valori del coefficiente c_0 e degli esponenti c_1 , c_2 , c_3 , c_4 , c_5 e c_6 sono riportati alla Tabella 3.1 dell'Allegato Tecnico alla DGR 357/2008 (Figura 7).

Tabella 3.1. – Parametri della formula empirica per la stima della portata indice (in m³/s) nella forma $q_{indice} = c_0 \times W_1^{c_1} \times W_2^{c_2} \times W_3^{c_3} \times W_4^{c_4} \times W_5^{c_5} \times W_6^{c_6}$. Ogni riga riporta i valori dei parametri (coefficiente ed esponenti) propri delle variabili esplicative indicate in colonna.

Regione	Esponente della Variabile Esplicativa							R^2_{Log}	SE_{Log}	R^2	Bias
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6				
	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6					
		Area del bacino sotteso, A	Coefficiente pluviiale orario**, a_1	Esponente di invarianza di scala pluviiale, ν	Quota media del bacino sotteso	Parametro di ritenzione, $S_{in}/100$	Fattore di forma del bacino, A/L_{ap}^2				
	[-]	[km ²]	[mm]	[-]	[km]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
B	0.5	0.901						0.76	0.561	0.29	10
B	7.3×10^{-3}	0.920	1.523					0.89	0.374	0.75	7.6
B	1.6×10^{-2}	0.800	1.408		1.170			0.91	0.336	0.82	6.2
B	7.8×10^{-3}	0.839	1.736		1.042		0.349	0.93	0.305	0.86	4.9
C	5.2	0.750						0.75	0.442	0.63	12
C	2.62	0.807			-0.626			0.87	0.336	0.65	5.6
C	2.51	0.874			-0.717		0.265	0.88	0.320	0.71	5.2
C	0.21	0.897	0.678		-0.686		0.285	0.89	0.307	0.78	4.6

* dove $W_6 = L_{ap}$ è la lunghezza dell'asta principale in km (da Brath et al., 1999).
 ** $E[H(1)]$: valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per una durata unitaria (1 ora).

Figura 7: Valori dei coefficienti c_i del metodo delle Formule empiriche - DGR 357/2008.

Di seguito si riportano i valori delle variabili esogene W_i per i bacini di interesse che vengono coinvolte nel metodo delle formule empiriche:

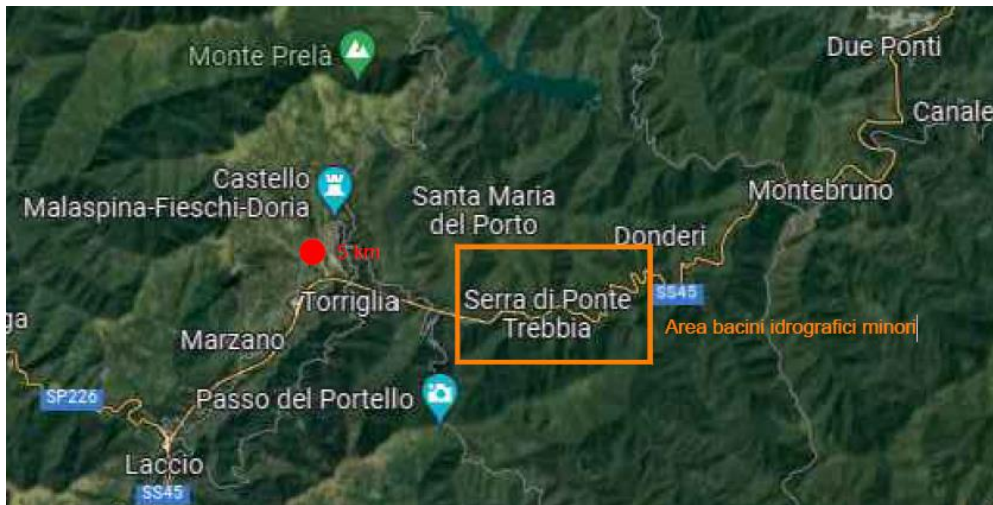
Tabella 11: Variabili esogene bacini di interesse.

Bacino	Area	L	H max	H min	DH	i media	a1	v	Hmb	CN	CN AMCIII	SIII/100	A/Lap2
	W1						W2	W3	W4			W5	W6
	[km ²]						[mm]	[adim]	[km]			[mm]	[adim]
A1 Bacino del Trebbia	9.94	4646	1250	740	510	0.11	44.8	0.445	0.255	73	86.147	0.408	0.460
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	44.8	0.445	0.1765				0.326
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	44.8	0.445	0.0835				0.631
B2 Costanza	0.214	716	945	745	200	0.28	44.8	0.445	0.1				0.417
B1 Costamaglio	0.053	321	893	786	107	0.33	44.8	0.445	0.0535				0.514
C1 attraversamento	0.017	152	896	780	116	0.76	44.8	0.445	0.058				0.730
C2 attraversamento	0.017	170	902	779	123	0.72	44.8	0.445	0.0615				0.605
C3 attraversamento	0.015	172	913	786	127	0.74	44.8	0.445	0.0635				0.513
C4 attraversamento	0.012	100	878	788	90	0.90	44.8	0.445	0.045				1.170
C5 attraversamento	0.013	122	890	786	104	0.85	44.8	0.445	0.052				0.874
C6 attraversamento	0.007	80	852	783	69	0.86	44.8	0.445	0.0345				1.082
C7 attraversamento	0.004	80	835	753	82	1.03	44.8	0.445	0.041				0.584

Per quanto riguarda il valore dei parametri W_2 (a_1 =coefficiente pluviiale orario) e W_3 (v =esponente invariante di scala pluviiale), è stato preso come riferimento il documento "T1.6.11. Rapporto sull'aggiornamento della climatologia degli estremi" della regione Liguria (ARPAL), sviluppato nell'ambito dell'attività A6 "Climatologia degli estremi" del progetto PROTERINA-3Évolution e aggiornato all'anno 2020.

In tale studio, in particolare, vengono riportati i parametri delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica per le durate orarie e superiori per 103 stazioni strumentate.

Ai fini della presente relazione, è stata considerata la stazione strumentata più vicina all'area di interesse (in un raggio di circa 5 km), che risulta essere la stazione di Torriglia, come mostrato in Figura 8.



Stazione	Quota [m slm]	Long	Lat	N	n [-]	a_1 [mm/h ⁿ]	K [-]	α [-]	ε [-]
Toriglia	769	9.15453	44.51485	38	0.445	44.8	-0.170	0.271	0.789

Figura 8: Parametri LSPP - Stazione strumentata di Torriglia.

Per quanto riguarda il parametro W_5 (SIII=parametro di ritenzione) è stato dapprima determinato il coefficiente CN, dal metodo del "Curve Number" formulato dal SCS, stabilendo la classe di appartenenza del suolo, il tipo di copertura, quale sia la destinazione d'uso del suolo e le sue condizioni idrauliche. Il valore del CN varia a seconda dell'utilizzo e della gestione del suolo, poiché ciascun tipo di terreno può essere caratterizzato da un diverso grado di sfruttamento: basso, medio, alto. Inoltre, a seconda delle condizioni idrauliche del terreno, si può avere un suolo asciutto (condizione AMC I), un suolo medio (condizione AMC II) ed infine un suolo completamente saturo (condizione AMC III).

I valori del CN (AMC II) per ogni singola categoria sono quelli desumibili dalla seguente tabella:

Uso del Suolo		Tipo di Suolo SCS			
Codice	Descrizione	A	B	C	D
1	Urbanizzato	77	81	85	90
2	Seminativo	67	76	76	83
3	Seminativo arborato	50	61	71	82
4	Prati, pascoli ,incolti	54	62	70	80
5	Bosco rado	45	56	66	77
6	Bosco misto	35	48	60	73
7	Aree scoperte	84	86	89	91

Tabella 12: Valori del CN (AMCII) in funzione del tipo di suolo.

Si è scelto di utilizzare il valore di CN (AMC II) pari a 73 corrispondente ad una condizione di bosco misto e tipo di suolo SCS in classe D.

Il valore del CN (AMCIII) e conseguente S, che esprime l'altezza d'acqua massima immagazzinabile nel terreno a saturazione, sono ricavabili dalle formule:

$$CN_{AMCIII} = \frac{23CN}{10 + 0.13CN} \qquad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Il parametro S ottenuto, dunque rappresenta la massima ritenzione del bacino ed è funzione della tipologia di terreno del suo grado di saturazione e dell'uso del suolo relativi alle condizioni di elevato imbibimento (AMC III), cioè in riferimento alle condizioni del terreno più sfavorevoli.

Con i parametri della Tabella 11 e i coefficienti indicati in Tabella 3.1 del DGR 357/2008 (Figura 7) è stato quindi applicato il metodo delle formule empiriche ed è stata calcolata la portata indice (q_{indice}) per ogni bacino elementare di interesse, per poi calcolare la portata al colmo q_T per diversi tempi di ritorno tramite la formula:

$$q_T = q_{indice}^{x_T}$$

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 13: Portata indice e portate al colmo dei bacini elementari per vari tempi di ritorno.

Bacino	Q (m ³ /s)					
	Tr 10 anni	Tr 20 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni
A1 Bacino del Trebbia	80.84	105.72	146.14	183.90	229.65	305.16
B3 Donderi	9.40	12.29	16.99	21.38	26.70	35.48
B4 Montebruno	9.60	12.55	17.35	21.84	27.27	36.24
B2 Costanza	4.78	6.25	8.63	10.87	13.57	18.03
B1 Costamaglio	2.23	2.91	4.02	5.06	6.32	8.40
C1 attraversamento	0.83	1.09	1.51	1.90	2.37	3.15
C2 attraversamento	0.78	1.03	1.42	1.78	2.23	2.96
C3 attraversamento	0.64	0.84	1.17	1.47	1.83	2.43
C4 attraversamento	0.82	1.07	1.48	1.86	2.32	3.08
C5 attraversamento	0.75	0.98	1.35	1.70	2.13	2.83
C6 attraversamento	0.60	0.78	1.08	1.36	1.70	2.26
C7 attraversamento	0.26	0.34	0.46	0.58	0.73	0.97

Come validazione del metodo utilizzato è stata calcolata la portata al colmo q_T anche per il bacino del Trebbia, pervenendo al risultato di 229,65 m³/s per un periodo di ritorno T=200 anni. Tale risultato può ritenersi in linea con il valore di 270 m³/s indicato nella tavola T3 "Corografia con i sottobacini idrografici", da prendere come riferimento in base all'Art. 8 delle N1 - Norme di attuazione della VBP, come precedentemente specificato.

In conclusione, considerando che quest'ultimo metodo illustrato fornisce dei valori di portata al colmo più elevati, ai fini sia della mappatura delle aree inondabili, sia della progettazione di interventi di sistemazione idraulica, si ritiene opportuno fare riferimento a tali portate, con lo scopo di operare in favore di sicurezza.

Nella tabella seguente si riportano i valori di portata assunti per le verifiche di compatibilità idraulica:

Bacino	Q (m ³ /s)					
	Tr 10 anni	Tr 20 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni
A1 Bacino del Trebbia	80.84	105.72	146.14	183.90	270.00	305.16
B3 Donderi	9.40	12.29	16.99	21.38	26.70	35.48
B4 Montebruno	9.60	12.55	17.35	21.84	27.27	36.24
B2 Costanza	4.78	6.25	8.63	10.87	13.57	18.03
B1 Costamaglio	2.23	2.91	4.02	5.06	6.32	8.40
C1 attraversamento	0.83	1.09	1.51	1.90	2.37	3.15
C2 attraversamento	0.78	1.03	1.42	1.78	2.23	2.96
C3 attraversamento	0.64	0.84	1.17	1.47	1.83	2.43
C4 attraversamento	0.82	1.07	1.48	1.86	2.32	3.08
C5 attraversamento	0.75	0.98	1.35	1.70	2.13	2.83
C6 attraversamento	0.60	0.78	1.08	1.36	1.70	2.26
C7 attraversamento	0.26	0.34	0.46	0.58	0.73	0.97