

S.S. 45bis - Gardesana Occidentale

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. MI92

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Serena Majetta
Ordine Geol. di Roma n. 928*

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

*Dott. Ing. Laura Troiani
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Quondam

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giancarlo Luongo

PROTOCOLLO

DATA

02 - STUDI E INDAGINI
02.03 - Idrologia e Idraulica
Relazione Idrologica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00ID00IDRRE01A.pdf

REVISIONE

SCALA

PROGETTO

LIV. PROG.

D P M I 0 0 9 2 **D** **1 8**

CODICE
ELAB.

T 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 1

A

D

C

B

A

EMISSIONE

Gen 2020

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	4
2.1	Interferenze della Variante S.S.45 bis con il reticolo idrografico esistente.....	4
2.1.1	Interferenza Idraulica con Fosso “Valle della Torre”.....	4
3	PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	8
3.1	Il Piano di Gestione Rischi Alluvioni (PGRA).....	8
3.2	Rapporti tra PGRA e previgente pianificazione di bacino del fiume Po	10
3.3	Progetti di Variante al PAI ed al PAI Delta adottati con Deliberazione C. I. n. 5 del 17 dicembre 2015	12
3.4	Chiarimenti in ordine alla disciplina applicabile alle aree allagabili di nuova perimetrazione 13	
3.5	Mappatura della Pericolosità	14
3.6	Mappatura del Rischio	17
3.7	Interferenza tracciato con Piani di Bacino –vincoli di piano esistenti.....	19
3.7.1	Inquadramento generale	19
4	CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL TERRITORIO	25
4.1	Morfologia dei bacini.....	25
4.2	Analisi statistica delle precipitazioni intense.....	26
4.2.1	Stima delle curve di possibilità pluviometrica secondo la direttiva PGRA	27
4.2.2	Stima delle curve di possibilità pluviometrica ARPA Lombardia	28
4.2.3	Parametri della curva di possibilità pluviometrica di progetto.....	29
4.3	Precipitazioni intense di durata inferiore all’ora.....	29
4.4	Determinazione delle massime precipitazioni di progetto.....	30

4.4.1	Stima del tempo di corrivazione.....	30
4.4.2	Precipitazioni massime.....	31
4.5	Modelli di trasformazione Afflussi/Deflussi	32
4.5.1	Metodo della corrivazione – formula razionale.....	32
4.5.2	Pioggia netta	33
4.5.3	Stima delle portate di massima piena	38
4.5.4	Trasporto solido.....	38

1 PREMESSA

Il presente studio Idrologico si inserisce nell’ambito del progetto definitivo inerente il progetto di Variante alla S.S.45 bis “Gardesana occidentale” tra il km 86+567 ed il km 88+800, opera che rappresenta una delle due più importanti vie di comunicazione tra la provincia di Brescia e la provincia di Trento assieme alla ex S.S. 237 “del Caffaro”.

Il tracciato di progetto interferisce nei tratti scoperti in sede ordinaria con il reticolo idrografico esistente e vie di scorrimento superficiali, e pertanto si pone la necessità di individuare interventi atti a garantire all’infrastruttura la massima sicurezza e funzionalità.

Il presente studio è articolato pertanto nelle seguenti fasi:

- Definizione delle interferenze del tracciato con il reticolo idrografico esistente;
- Inquadramento normativo dal punto di vista del Piano di Assetto Idrogeologico ed analisi dei vincoli;
- Caratterizzazione idrologica del territorio.

L’elaborato tratta dunque dello studio idrologico per la quantificazione dei deflussi interferenti con l’infrastruttura in progetto, finalizzata alle verifiche necessarie ad un corretto dimensionamento delle opere idrauliche.

2 DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO

2.1 Interferenze della Variante S.S.45 bis con il reticolo idrografico esistente

2.1.1 Interferenza Idraulica con Fosso “Valle della Torre”

Il tracciato in progetto determina un'interferenza idraulica alla pr. 1+830 del nuovo tracciato (tratto scoperto in sede ordinaria) con un vallone denominato “Valle della Torre”, il quale attualmente sottoattraversa la viabilità esistente al km 86+705 circa mediante un ponticello ad arco avente larghezza di base 10.0 m ed altezza circa 6 m (in mezzeria).

Attualmente, a monte del ponticello esistente, il fosso risulta tombato per un tratto di circa 17m mediante n. 2 tombini in cls DN 1000 mm, posti uno sopra l'altro (Figura 2-1, Figura 2-2). Al di sopra del tombamento risiede un'area di proprietà ANAS SpA attualmente in disuso (Figura 2-3).



Figura 2-1 – imbocco tombamento esistente del Fosso Valle della Torre



Figura 2-2 – sbocco tombamento esistente del Fosso Valle della Torre



Figura 2-3 – accesso al sedime di proprietà ANAS SpA dall'attuale SS45 bis

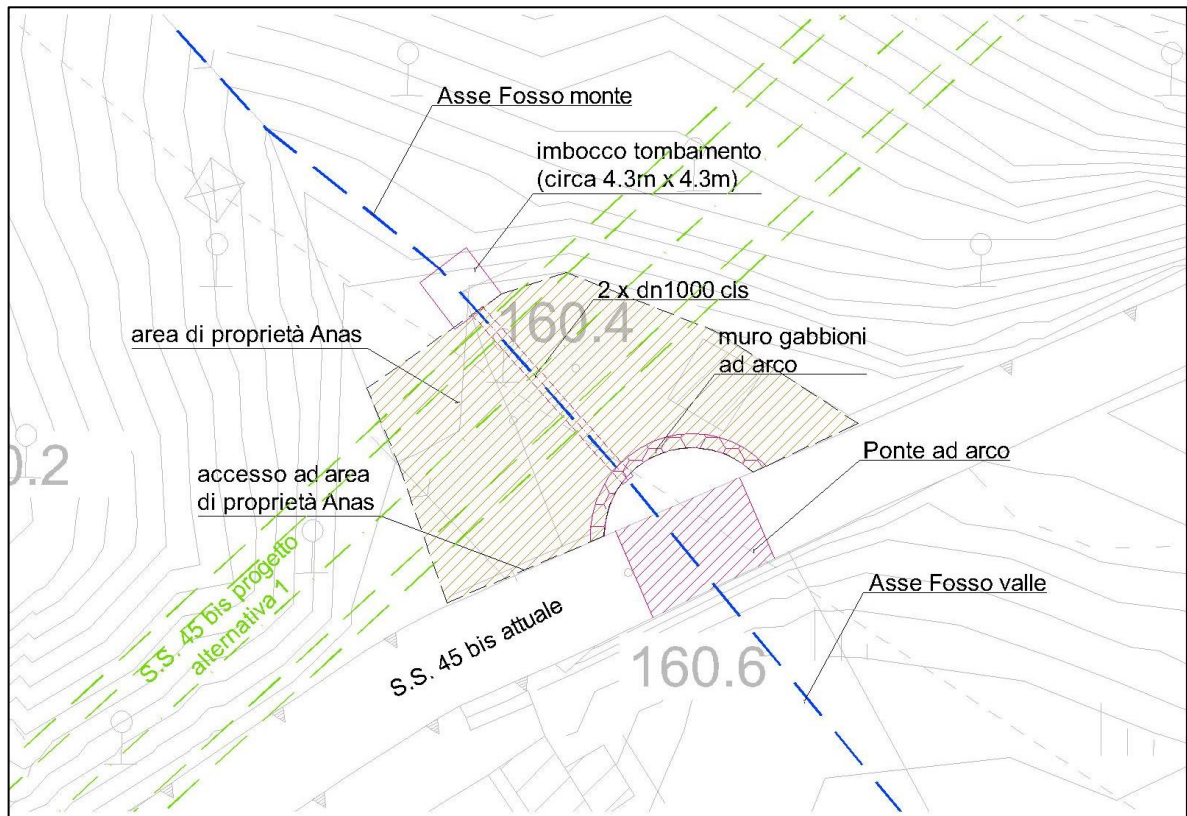


Figura 2-4 – Ricostruzione attraversamento attuale sotto la SS45 bis - pianta

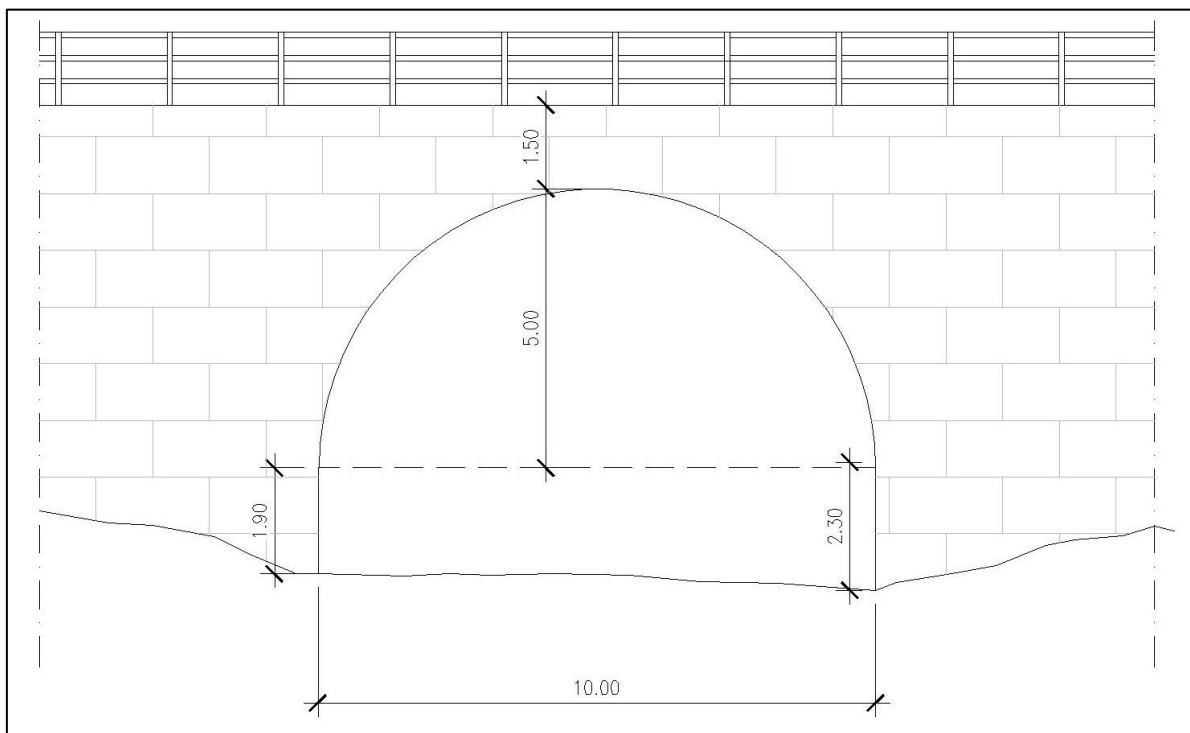


Figura 2-5 – Ricostruzione attraversamento attuale sotto la SS45 bis – sezione ponte lato valle

Per la realizzazione della variante alla SS45 bis si dovrà pertanto procedere alla demolizione del tombamento esistente precedentemente descritto ed alla realizzazione di un nuovo attraversamento idraulico con sezione scatolare di luce pari a 4 m, altezza variabile da 2 a 4.5 m e lunghezza di 22 m circa.

A monte dell'opera è prevista un'opera di imbocco con gradonatura di dissipazione, stante la forte pendenza longitudinale del corso d'acqua.

3 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrografico le opere sono ubicate ad est del perimetro lacuale del Lago di Garda, ed interessano il sistema di corsi d'acqua minori caratterizzati da “valli” che scendono dai versanti montuosi e si immettono nel lago stesso. L'intera area è in ogni caso disciplinata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po mediante il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) approvato con deliberazione n.2/2016 nella seduta di Comitato istituzionale del 3 marzo 2016 e con DPCM del 27/10/2016, e mediante il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e, introdotto dalla Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter.

3.1 Il Piano di Gestione Rischi Alluvioni (PGRA)

Nel corso della seduta del 3 marzo 2016, con propria Deliberazione n. 2/2016, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del Fiume Po ha approvato il *Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni nel Distretto del Po (PGRA)*, in conformità agli artt. 7 e 8 della Direttiva 2007/60/CE, dell'art. 7 del D. lgs. n. 49/2010 nonché dell'art. 4 del D. lgs. n. 219/2010.

Il suddetto Piano è stato trasmesso agli organismi comunitari il 22 marzo del 2016.

Il PGRA è stato elaborato sulla base della diagnosi di criticità derivante dalle *Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni* (che sono state a suo tempo elaborate, approvate e pubblicate in coerenza con quanto previsto dall'art. 6 del medesimo D. lgs. n. 49/2010 e che costituiscono specifici elaborati di Piano).

La suddetta mappatura è stata redatta utilizzando tutte le conoscenze e gli studi idraulici disponibili presso l'Autorità di Bacino, le Regioni del Distretto idrografico padano ed i Comuni che al momento di avvio dell'attività di mappatura (dicembre 2010) avevano già proceduto alla predisposizione degli Studi idrologici e idraulici per l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai previgenti strumenti della pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico (in particolare, si tratta del Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po – **PAI** – e del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Delta del fiume Po – **PAI Delta**).

Detta mappatura, in particolare, ha tenuto conto di una ricognizione di dettaglio realizzata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) con la predisposizione di un modello digitale del terreno e delle sue quote di elevata precisione che ha consentito di definire

con maggior sicurezza i limiti delle aree allagabili per i diversi tempi di ritorno, nonché delle mappe degli allagamenti conseguenti a recenti eventi alluvionali.

Il PGRA (la cui redazione è stata avviata a seguito della Deliberazione C. I. n. 3 del 23 dicembre 2013) definisce, in linea generale per l'intero bacino del fiume Po, la strategia per la riduzione del rischio di alluvioni, la tutela della vita umana e del patrimonio economico, culturale ed ambientale esposto a tale rischio incardinandola su 5 obiettivi operativi, fra i quali sono compresi il miglioramento delle conoscenze riguardanti la pericolosità ed il rischio di alluvioni e la riduzione dell'esposizione al rischio che si dovrà raggiungere anche con azioni volte ad assicurare maggior spazio ai fiumi.

Particolare rilievo assumono gli obiettivi che tale Piano mira a conseguire in ordine all'importante tematica della *gestione del rischio di alluvioni* nell'ambito del Distretto idrografico padano, più volte interessato, anche in tempi recenti, da eventi alluvionali dalle conseguenze gravi e non di rado drammatiche, che hanno purtroppo comportato (oltre ai gravi danni alle persone ed a beni giuridicamente tutelati) anche la perdita di molte vite umane.

Il PGRA individua poi per le Aree a Rischio Significativo (ARS) raggruppate nei tre distinti livelli di gestione (distrettuale, regionale e locale) le azioni prioritarie per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Per il perseguimento dei propri obiettivi il Piano prevede una serie di azioni di carattere sia strutturale che non strutturale.

Nel complesso, comunque, tutte le suddette azioni di Piano sono rivolte a far sì che nelle aree a pericolosità idraulica il rischio non venga incrementato.

All'uopo, il PGRA prevede che in alcune aree a rischio elevato o molto elevato venga promosso l'avvio di azioni di delocalizzazione degli immobili presenti qualora gli stessi non possano più essere ritenuti compatibili con le condizioni di rischio connesse al deflusso ed all'espansione delle piene.

Anche per gli immobili difesi in conformità con le disposizioni del TU 523/1904 il PGRA prevede che siano predisposti tutti gli accertamenti necessari a valutare la vulnerabilità residuale degli edifici e siano definite tutte le misure strutturali e di tipologia costruttiva volte a ridurla.

3.2 Rapporti tra PGRA e previgente pianificazione di bacino del fiume Po

L'art. 11 del citato D. lgs. n. 49/2010 precisa espressamente che le Autorità di bacino, nello svolgimento delle attività di elaborazione delle Mappe e del PGRA, facessero salvi, in ogni caso, gli strumenti di pianificazione in materia già predisposti ai sensi della normativa previgente (PAI e PAI Delta).

L'Autorità di bacino nell'ambito delle proprie competenze ha pertanto avviato una attività di verifica della congruità degli elaborati della vigente pianificazione di bacino rispetto al PGRA, concludendo che l'intero ambito del bacino del Po era oggetto di un sistema di pianificazione territoriale di settore espressamente ed efficacemente finalizzato a garantire un livello di sicurezza adeguato rispetto ai rischi derivanti da fenomeni alluvionali.

Si può quindi affermare che il PGRA agisce in un'ottica di efficace coordinamento con il PAI e la Pianificazione di emergenza della Protezione civile creando un sistema coordinato di piani per la gestione di tutte le fasi del ciclo del rischio: previsione, prevenzione, protezione e, infine, la gestione delle emergenze ed il ritorno alla normalità.

Al tempo stesso, tuttavia, è stato rilevato che la cartografia e gli ulteriori elaborati della pianificazione di bacino del Po sopra richiamati non risultano perfettamente adeguati con quanto stabilito dalle disposizioni del D. lgs. n. 49/2010.

In particolare, la perimetrazione delle aree allagabili individuate negli elaborati cartografici del PGRA (le già citate Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni) non risulta perfettamente sovrapponibile alle aree allagabili rappresentate nel PAI (fasce Fluviali ed aree in dissesto per fenomeni fluvio - torrentizi).

Nell'ambito del PGRA, inoltre, è stato necessario predisporre la perimetrazione delle aree allagabili lungo le coste lacuali e marine e lungo i reticoli irrigui e di bonifica per espressa disposizione della Direttiva di riferimento (Direttiva 2007/60/CE) e delle norme nazionali di recepimento (D. lgs. n. 49/2010). Si tratta di aree che non erano state comprese nell'ambito della pianificazione previgente.

Ciò ha dunque comportato una diversità di tutela e salvaguardia fra le aree allagabili comprese negli elaborati cartografici del PAI e del PAI Delta e le aree allagabili rappresentate nelle Mappe di cui al D. lgs. n. 49/2010.

Di tale situazione tutti i Comuni appartenenti al bacino del Fiume Po sono stati tempestivamente informati con nota prot. n.5896 del 12 agosto 2014, a seguito dell'adozione del Decreto del Segretario Generale n. 122 del 20 giugno 2014, relativo a «*Articolo 10 del D. lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 (recante “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”): pubblicazione delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni e dello schema di Progetto di Piano di Gestione del rischio di alluvioni ai fini dell’informazione e consultazione del pubblico ed indirizzi per l’utilizzo delle Mappe, nelle more del completamento della procedura di pianificazione della gestione dei rischi di alluvione per il Distretto idrografico Padano*».

Con la suddetta nota prot. n. 5896/2014 l'Autorità ha chiarito che le Mappe, in attesa del completamento del processo di pianificazione previsto dal D. lgs. n. 49/2010 e fatti comunque salvi gli strumenti della pianificazione di bacino per l’assetto idrogeologico attualmente vigenti, assolvono ad una funzione di carattere ricognitivo dei fenomeni naturali ivi evidenziati e della conseguente esposizione ad essi di determinate parti del territorio e della popolazione ivi residente e forniscono, inoltre, indicazioni dirette circa l’estensione delle aree allagabili. Nell'ambito di tale nota si è raccomandato che tutti i soggetti interessati dalle aree e situazioni di rischio risultanti dalle Mappe medesime ne tenessero debitamente conto, secondo le comuni regole di prudenza, cautela e prevenzione ed indipendentemente dai contenuti della pianificazione urbanistica vigente, anche in attuazione del principio di precauzione di cui all’art. 301, commi 1 e 2 del D. lgs. n. 152/2006, dei dati messi a disposizione.

Le suddette raccomandazioni sono state fornite nella prospettiva di dare avvio ad una ricognizione degli strumenti urbanistici comunali in relazione ai contenuti delle Mappe pubblicate e, sulla scorta di tale ricognizione, fornire ai soggetti attuatori delle previsioni di detti strumenti urbanistici, adeguate informazioni circa le situazioni di pericolosità e rischio rappresentate nelle Mappe, ma non comprese nei vigenti strumenti della pianificazione di bacino per l’assetto.

Dei contenuti delle Mappe si sarebbe dovuto, in ogni caso, tener conto al fine della predisposizione, integrazione ed aggiornamento degli strumenti relativi alle attività volte alla previsione, prevenzione e gestione dei rischi, previsti dalle norme vigenti, con particolare riguardo a quelle in materia di Urbanistica e di Protezione Civile.

3.3 Progetti di Variante al PAI ed al PAI Delta adottati con Deliberazione C. I. n. 5 del 17 dicembre 2015

Alla luce della situazione illustrata al punto precedente è **quindi emersa la necessità di** procedere ad una verifica della congruità degli elaborati della vigente pianificazione di bacino per l’assetto relativi alla gestione dei rischi di alluvioni rispetto alle previsioni di cui al suddetto Decreto legislativo e, sulla scorta di tale verifica, di **avviare l’elaborazione di alcune varianti al PAI** per l’aggiornamento della cartografia e di ulteriori elaborati fra i quali le Norme di Attuazione dei due Piani suddetti.

Sono stati quindi predisposti gli schemi di un “*Progetto di Variante al PAI Integrazione all’Elaborato 7 (Norme di attuazione)*” e di un “*Progetto di Variante al PAI Delta-Integrazione all’Elaborato 5 (Norme di attuazione)*” pubblicati su sito istituzionale dell’Autorità di bacino a partire dal 19 giugno 2015 al fine di promuovere la più ampia partecipazione attiva di tutte la parti interessate in vista della predisposizione ed adozione dei Progetti di Variante.

All’esito di tale attività, i Progetti sono stati adottati dal Comitato Istituzionale nella seduta del 17 Dicembre 2015, con la Deliberazione n. 5/2015.

Scopo precipuo delle Varianti in esame è quello di garantire la piena corrispondenza tra i contenuti conoscitivi risultanti dall’elaborazione del PGRA e la rappresentazione delle aree a diverso grado di pericolosità e rischio contenuta nel PAI e nel PAI Delta ed associare a queste aree le specifiche disposizioni previste dal medesimo piano.

Le disposizioni delle Varianti normative sopra citate, infatti, sono espressamente finalizzate:

- alla riduzione delle potenziali conseguenze negative delle alluvioni per la vita e la salute umana e per i beni esposti attraverso l’aggiornamento dei quadri conoscitivi del PAI e del PAI Delta sulla base dei contenuti delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni;
- all’aggiornamento degli indirizzi per la verifica di coerenza e l’adeguamento degli strumenti di pianificazione urbanistica e di protezione civile al PAI ed al PAI Delta coordinati con il PGRA;
- all’aggiornamento degli indirizzi alla pianificazione urbanistica e di protezione civile.

In coerenza con le disposizioni degli artt. 66 e 68 del d. lgs. n. 152/2006 i Progetti di Variante adottati con la Deliberazione C. I. n. 5/2015 sono stati sottoposti ad un periodo di partecipazione attiva degli interessati, comprendente la presentazione di eventuali osservazioni, che dovrebbe essersi conclusa il 16 maggio 2016.

Successivamente, in adempimento a quanto previsto dall'art. 68, comma 3 del D. lgs. n. 152/2006 e s. m. i., le Regioni dovrebbero aver convocato le Conferenze Programmatiche per acquisire il parere dei Comuni in relazione alla coerenza tra pianificazione di bacino, così come aggiornata dal PGRA, e pianificazione urbanistica e territoriale vigente e formulato un proprio parere a questa Autorità, al fine dell'adozione definitiva delle Varianti da parte del Comitato Istituzionale.

3.4 Chiarimenti in ordine alla disciplina applicabile alle aree allagabili di nuova perimetrazione

Nelle more dell'adozione definitiva e della successiva approvazione delle citate Varianti ai PAI ed al PAI Delta, è opportuno che i Comuni completino gli adempimenti di verifica già richiesti da questa Autorità con la nota prot. n. 5896/2014 e valutino, sulla base degli esiti di una accurata analisi dell'esposizione al rischio, di applicare fin da ora, alle aree allagabili non delimitate nella cartografia delle fasce fluviali o del dissesto del PAI vigente, quelle norme adatte a tutelare la pubblica incolumità e a non incrementare l'esposizione al rischio pur nel rispetto dei criteri di non aggravamento e proporzionalità dell'azione amministrativa e sulla base dei principi di cautela e prevenzione.

Va infatti rammentato che, in ordine all'importante tematica della gestione del rischio di alluvioni una risposta soddisfacente alle richieste di sicurezza sempre più elevate del territorio e della popolazione residente può essere assicurata solo attraverso una efficace politica di prevenzione dei rischi incentrata su:

- consapevolezza e informazione,
- regolamentazione urbanistica dell'uso del territorio,
- predisposizione di piani di prevenzione e protezione.

Premesso comunque che la competenza in materia urbanistica resta in capo alla Regione (alla quale spetta regolamentare le attività consentite, i limiti ed i divieti validi per l'intero territorio Regionale), nell'ambito della attività da svolgere nelle more dell'approvazione definitiva delle Varianti **i Comuni potranno quindi procedere ad estendere alle aree allagabili di nuova**

individuazione le norme già vigenti per le Fasce fluviali o per le aree in dissesto secondo le modalità analiticamente descritte all’art 58 della Parte I (PAI) o all’art. 22 della Parte II (PAI Delta) dell’allegato alla Deliberazione C. I. n. 5 del 17 dicembre 2015.

Per quanto concerne in particolare l'ambito interno ai centri edificati (così come definiti nell'ambito di leggi regionali in materia, purché coerenti con le definizioni del PAI), nell'ambito di tale fase transitoria i Comuni, in attuazione di quanto già stabilito dal PAI, possono anche procedere ad adeguare i loro strumenti urbanistici coordinandoli con i Piani di emergenza di Protezione civile, al fine di minimizzare le condizioni di rischio esistenti, anche attraverso una valutazione più dettagliata e condotta a livello locale. Naturalmente, le eventuali iniziative in campo urbanistico e pianificatorio dovranno essere coordinate con le azioni messe in atto dalla Protezione Civile comunale.

Si deve in ogni caso raccomandare ai Comuni di pubblicare e divulgare anche sui propri siti istituzionali una chiara e semplice rappresentazione delle aree a diversa pericolosità, utile a divulgare la conoscenza delle condizioni di pericolosità e rischio del territorio comunale e ad agevolarne la migliore comprensione da parte di tutti gli interessati.

3.5 Mappatura della Pericolosità

La mappatura della pericolosità è avvenuta a cura dei diversi soggetti attuatori indicati nella seguente tabella:

AMBITO TERRITORIALE	SOGGETTO ATTUATORE	Lunghezza del reticolo (Km)
Reticolo idrografico principale (RP)	Autorità di bacino del fiume Po	6.753
Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)	Regioni	32.313
Reticolo secondario di pianura (RSP)	Regioni con il supporto di URBIM e dei Consorzi di bonifica	16.745
Aree costiere lacuali (ACL)	Regioni con il supporto di ARPA e dei Consorzi di regolazione dei laghi	900
Aree costiere marine (ACM)	Regioni	130

Questa ripartizione delle attività deriva dal modello organizzativo istituito per la predisposizione del PAI e per la sua attuazione. Infatti in ragione della rilevante estensione dei reticoli secondari naturali e artificiali e della peculiarità dei fenomeni di alluvione si è reso necessario agire

secondo il principio di sussidiarietà coinvolgendo nella mappatura gli enti proprietari e gestori di tali reticoli. In linea generale si sono individuati in via preliminare, condivisi ed illustrati nel Progetto esecutivo delle attività, i metodi proposti per la più efficace utilizzazione delle conoscenze disponibili e l'avvio di più approfondite indagini in casi specifici.

In sintesi si può affermare che **sono stati applicati due metodi di analisi: un metodo di analisi completo per i corsi d'acqua principali** per i quali erano disponibili modelli di simulazione idraulica di asta **e un metodo di analisi semplificato a sua volta diversificato per il reticolo secondario collinare e montano, per il reticolo artificiale di pianura e per le aree costiere lacuali e marine.**

Solo il metodo di analisi completo prevede la realizzazione di una mappatura continua della pericolosità da alluvioni per l'intera asta del corso d'acqua, basata su modellazioni idrauliche monodimensionali con eventuali approfondimenti bidimensionali sviluppati localmente o su tratti di asta fluviale e accompagnata da analisi geomorfologiche.

Il metodo semplificato prevede invece l'utilizzo degli elementi conoscitivi, risultanti generalmente dagli studi di adeguamento al PAI degli strumenti di pianificazione locale (PRG, PTCP) derivanti da analisi di tipo geomorfologico e storico-inventariale e solo localmente di tipo idrologico ed idraulico.

In particolare per le aree costiere lacuali e marine le aree allagabili sono state delimitate utilizzando un modello di analisi di dati geografici che ha tenuto conto delle caratteristiche morfologiche del tratto di costa considerato.

Le diverse altezze critiche, corrispondenti agli scenari di scarsa, media ed elevata probabilità di accadimento, sono state comparate con dati morfologici di dettaglio (rilievi lidar), tenendo conto dello smorzamento e, per quanto possibile, dei percorsi preferenziali seguiti dall'acqua.

Nelle mappe di pericolosità è raffigurata l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari di probabilità di accadimento dell'evento alluvionale (alluvioni rare – Low probability L; alluvioni poco frequenti – Medium probability M; alluvioni frequenti – High probability H).

Nel data base associato alle mappe sono riportate per ogni area di pericolosità alcune informazioni sugli elementi esposti al rischio di alluvione (numero di abitanti, tipologia delle attività economiche, ecc...).

Direttiva Alluvioni		Pericolosità
Scenario	Tempo di ritorno	
Aree allagabili – scenario frequente Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 anni (frequente)	P3 elevata
Aree allagabili – scenario poco frequente Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 anni (poco frequente)	P2 media
Aree allagabili – scenario raro Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	500 anni o massimo storico registrato	P1 bassa

Figura 3-1 –Pericolosità da alluvione nel distretto padano suddivisa per ambiti

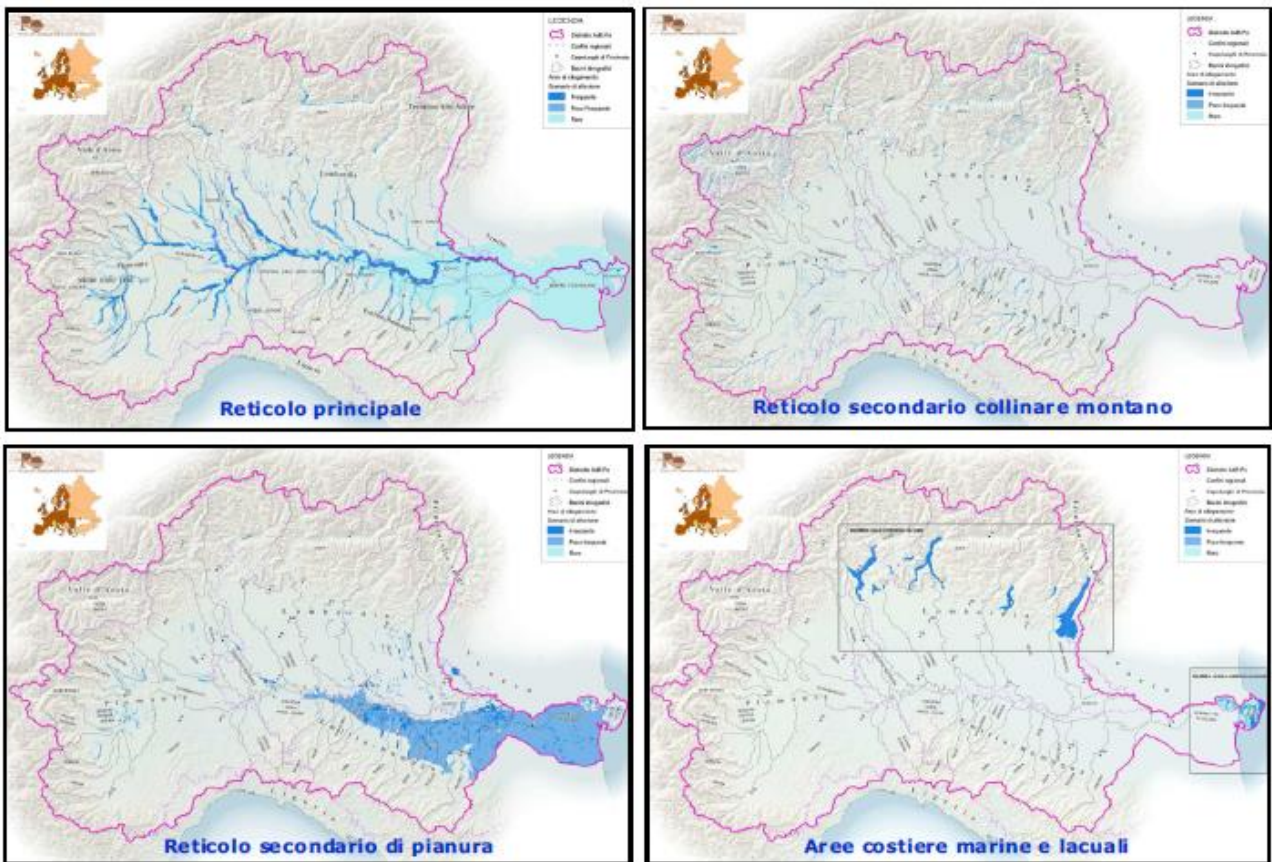














Figura 3-2 - Pericolosità da alluvione nel distretto padano complessiva

3.6 Mappatura del Rischio

Anche la mappatura degli elementi esposti e del rischio da alluvione è stata sviluppata sulla base del Progetto esecutivo tenendo conto degli Indirizzi operativi emanati dal MATTM per l'attuazione della direttiva 2007/60/CE.

Le mappe del rischio segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente grado di rischio, distinto in 4 classi rappresentate mediante colori: giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

Classi di Rischio			
puntuali	lineari	areali	
			R1
			R2
			R3
			R4

Le mappe del rischio sono il risultato finale dell'incrocio fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità prodotti e gli elementi esposti censiti raggruppati in classi di danno potenziale omogenee.

I dati sugli elementi esposti derivano principalmente dalle carte di uso del suolo regionali e il dettaglio delle informazioni è adeguato ad una rappresentazione cartografica ad una scala compresa tra 1:10.000 e 1:25.000.

Le mappe rappresentano una sintesi delle informazioni derivate anche dalle banche dati regionali, che tuttavia sono significativamente eterogenee fra loro, principalmente per asincronia del momento di rilevamenti dei dati, ma anche per il diverso dettaglio con il quale i dati sono stati rilevati.

E' stato necessario quindi conservare la struttura e l'organizzazione dei dati così come disponibili nelle banche dati regionali per non perdere la qualità ed il dettaglio delle informazioni originali.

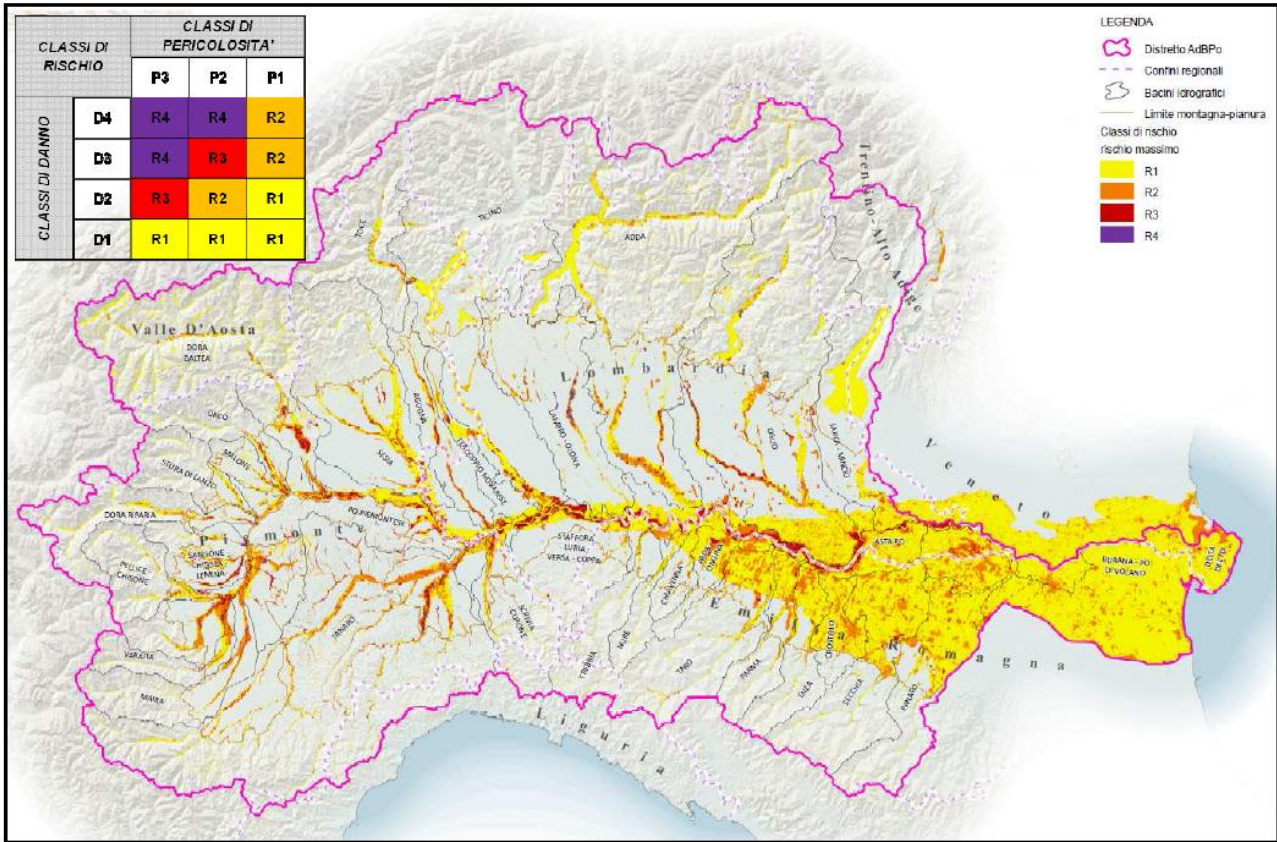


Figura 3-3 - Elementi esposti a rischio di alluvione nel distretto padano

3.7 Interferenza tracciato con Piani di Bacino –vincoli di piano esistenti

3.7.1 Inquadramento generale

Nell’ambito del presente studio, dalla sovrapposizione tra il progetto in esame e le mappe prodotte nell’ambito del PGRA precedentemente descritto si è rilevata la presenza, in corrispondenza dell’attuale attraversamento sotto la SS 45 bis del fosso Valle della Torre (vedi par. 2.2.1) di aree a diverso livello di pericolosità idraulica e rischio idraulico.

Si riportano di seguito le mappe della pericolosità e del rischio idraulico (fonte Geoportale Regione Lombardia – ambito PGRA AdB Po):



Figura 3-4 - stralcio mappatura Pericolosità Idraulica del Valle della Torre (imbocco sud) su ortofoto



Figura 3-5 - stralcio mappatura Pericolosità Idraulica del Valle della Torre (imbocco sud) su carta tecnica regionale



Figura 3-6 - Legenda Pericolosità Idraulica

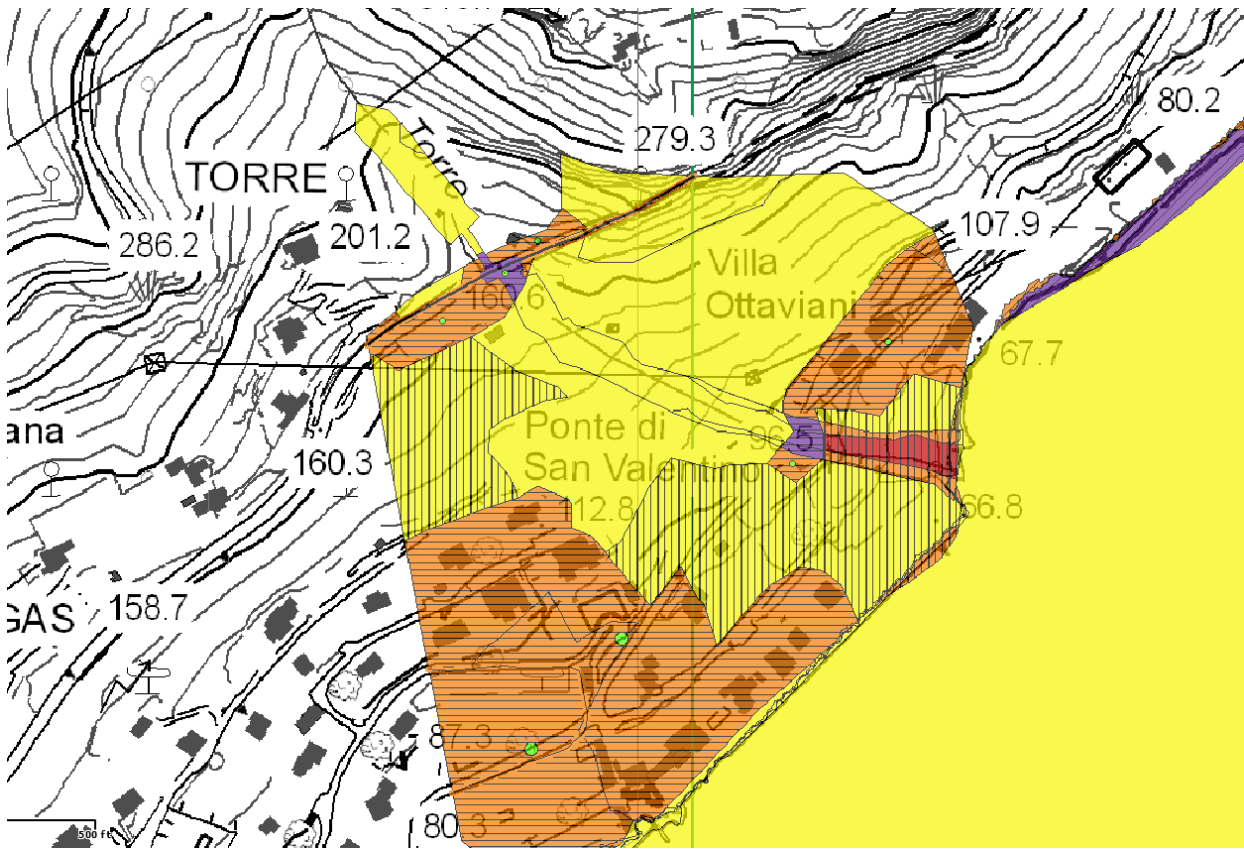


Figura 3-7 - stralci mappatura Rischio Idraulico del Valle della Torre (imbocco sud) su carta tecnica regionale

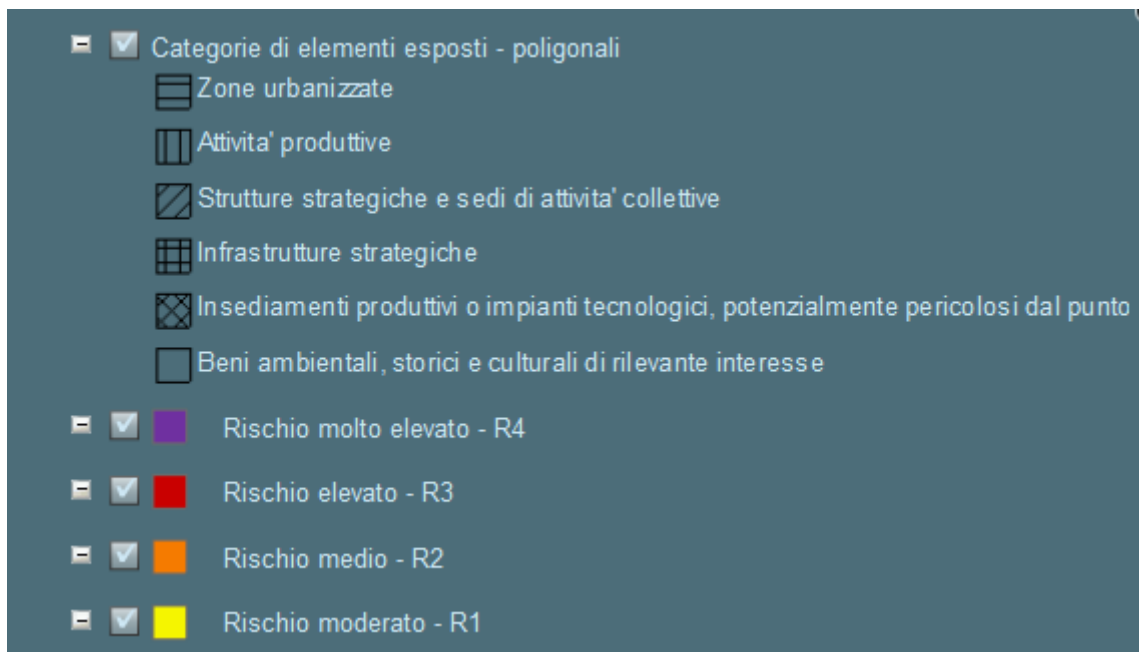


Figura 3-8 - Legenda Rischio Idraulico

Come precedentemente descritto nel par. 3.3, per il reticolo secondario collinare e montano e per le aree costiere lacuali è stato adottato un metodo di analisi semplificato, che prevede l’utilizzo degli elementi conoscitivi, risultanti generalmente dagli studi di adeguamento al PAI degli strumenti di pianificazione locale (PRG, PTCP) derivanti da analisi di tipo geomorfologico e storico-inventariale e solo localmente di tipo idrologico ed idraulico.

Nel caso specifico la perimetrazione della pericolosità è evidentemente stata effettuata con criterio di tipo geomorfologico, come si evince dalla seguente carta dei vincoli redatta nell’ambito dello Studio Geologico del Piano di Governo del Territorio del Comune di Gargnano:

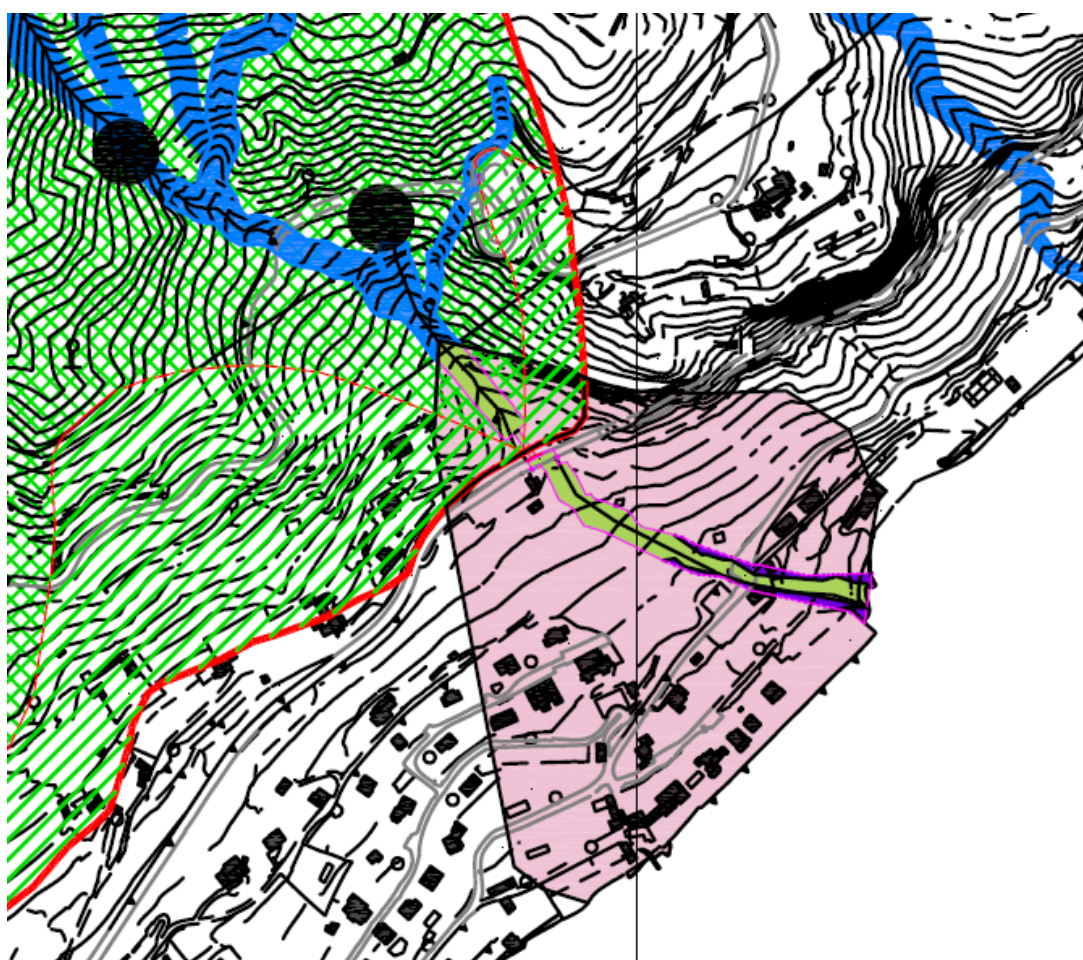


Figura 3-9 - stralcio Carta dei Vincoli Esistenti – (Studio Geologico per il PGT del Comune di Gargnano)



Figura 3-10 - Legenda Carta dei Vincoli Esistenti (Studio Geologico per il PGT del Comune di Gragnano)

Occorre considerare che le perimetrazioni indicate sono riferite allo stato attuale, secondo cui l'attraversamento esistente sotto la SS45 bis "Gardesana", meglio descritto nel par. 2.2.1, presenta a monte un tombamento che evidentemente determina un ostacolo al libero deflusso delle acque nel Vallone, creando una sorta di diga a monte dello stesso.

La realizzazione della nuova infrastruttura determinerebbe la demolizione dell'attuale tombamento, e costruzione di una nuova opera scatolare che andrebbe a ridurre le problematiche connesse a possibili rigurgiti verso monte, o tracimazioni del sedime stradale attuale.

4 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL TERRITORIO

4.1 Morfologia dei bacini

Come anticipato nel precedente cap. 2, il tracciato in variante interferisce con il reticolo idrografico esclusivamente in corrispondenza del Vallone “Valle della Torre” alla pr. 1+835.5

Il suddetto vallone, molto inciso e con pendenze longitudinali elevate, si immettono entrambi nel Lago di Garda in corrispondenza della sponda ovest.

Nello specifico del caso in esame, i bacini idrografici sottesi sono stati individuati considerando la sezione di chiusura in corrispondenza della S.S.45 bis.

La perimetrazione dei bacini idrografici è stata individuata su apposita carta tecnica regionale e riportata nella corografia allegata alla presente (elab. T00ID000IDRCO01A), di cui si riporta il seguente stralcio:

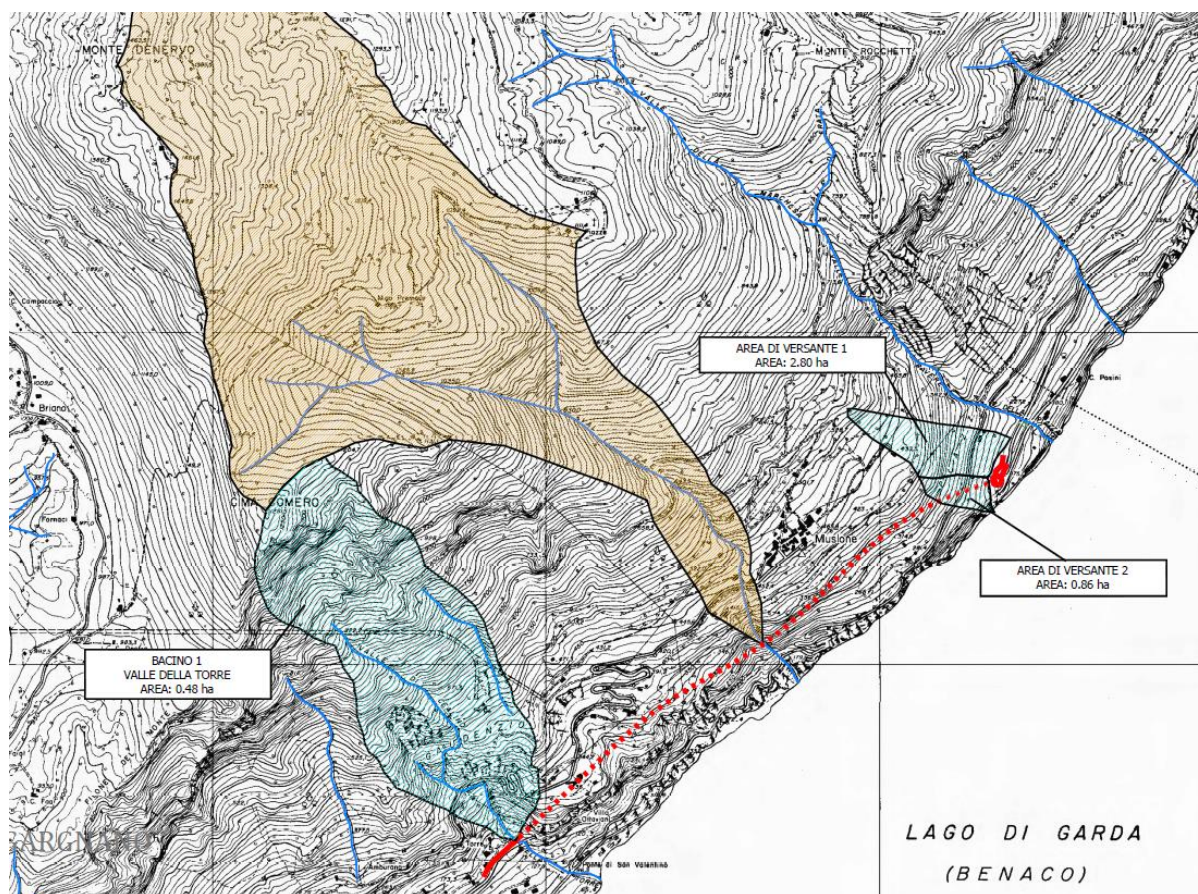


Figura 4-1 – Stralcio Corografia dei Bacini

Le grandezze morfometriche nelle sezioni di chiusura sopra menzionate sono le seguenti:

Bacino Valle della Torre:

Superficie (A)	0.48 km ²
Altitudine massima bacino	1282.5 m s.l.m.
Altitudine massima asta (H _{max})	900 m s.l.m.
Altitudine minima (H _{min})	160 m s.l.m.
Altitudine media (H _{med})	500 m s.l.m.
Lunghezza idraulica più lunga (L1)	1.28 km
Lunghezza asta torrentizia (L2)	0.90 km

4.2 Analisi statistica delle precipitazioni intense

La successione cronologica degli eventi pluviometrici, benché costituisca il punto di partenza di ogni elaborazione, non sempre è adeguata a sistematiche ricerche data la irregolarità con la quale generalmente tali eventi si presentano. Si ricorre, pertanto, a rappresentazioni cartesiane, ottenute attraverso un'analisi statistica dei dati disponibili, dove in ascissa sono riportati i tempi ed in ordinata le intensità di precipitazione o le altezze totali di precipitazione per assegnati tempi di ritorno.

Le curve che si ottengono, e delle quali si possono determinare le espressioni algebriche, si definiscono curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Queste curve sono costruite in modo tale da mettere in evidenza l'andamento critico della pioggia, ovvero i valori massimi di altezza di pioggia che la medesima può assumere in funzione della durata dell'evento di precipitazione e di un assegnato tempo di ritorno.

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

$$h_{(t,T_r)} = a \cdot t^n$$

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

Nel presente lavoro sono stati presi come riferimento sia i parametri indicati nella Direttiva 2 del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell’Autorità di Bacino del Fiume Po che quelli forniti dall’ARPA Lombardia.

Le curve di possibilità pluviometrica stimate sia nel PGRA che dall’ARPA Lombardia derivano da regressioni statistiche condotte su serie storiche di eventi di durata superiore all’ora.

Il loro utilizzo per durate sub-orarie può portare ad una errata valutazione delle altezze di pioggia considerate come riferimento. Per il presente studio si è fatto riferimento ad una metodologia di stima derivante da osservazioni sperimentali esposta nel paragrafo 4.3.

L’indagine idraulica per lo studio ed il dimensionamento delle opere atte a risolvere le interferenze con il reticolo idrografico superficiale verrà condotta sulla base dei risultati esposti nei paragrafi seguenti utilizzando, cautelativamente, come parametri di progetto quelli maggiori.

4.2.1 Stima delle curve di possibilità pluviometrica secondo la direttiva PGRA

Nell’ambito delle norme di attuazione del P.A.I. del Fiume Po, in particolare nella “*Direttiva 2 sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*” (ai sensi dell’art. 10 delle norme stesse), sono forniti i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d’acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell’ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d’acqua, il profilo della piena di progetto.

Nel caso in esame è stata individuata la distribuzione spaziale delle precipitazioni intense: al fine di fornire uno strumento per l’analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata condotta un’interpolazione spaziale, nell’ambito della stesura della direttiva indicata, con il metodo di Kriging, dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

L’area in esame ricade, come indicato nella **Figura 4-2**, nel riquadro FJ 69 (Est 631000 Nord 5063000 coordinate UTM):

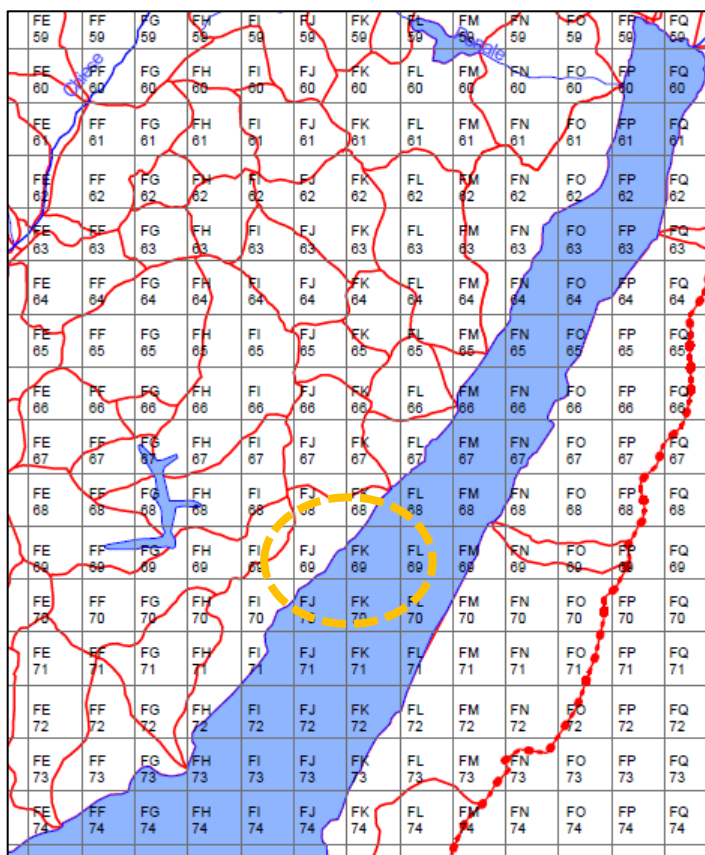


Figura 4-2 – distribuzione spaziale delle precipitazioni intense

del quale si riportano i valori dei parametri delle curve di massima pioggia nel prospetto seguente:

Punto reticolo	Tr (anni)							
	20		100		200		500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
FJ69	51.38	0.323	53.18	0.315	58.22	0.313	64.90	0.310

Area di interesse – Parametri delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

4.2.2 Stima delle curve di possibilità pluviometrica ARPA Lombardia

Per l’analisi dei dati relativi alle piogge con durata superiore all’ora si è fatto riferimento anche ai valori dei parametri messi a disposizione, per la zona ove insistono le opere in progetto, da ARPA Lombardia tramite il proprio Portale Idrologico Geografico e alla seguente formulazione analitica:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$W_T = \varepsilon + \alpha / k (1 - (\ln(T / (T-1)))^k)$$

Dove:

- a_1 = coefficiente pluviometrico orario = 27,21;
- n = coefficiente di scala = 0,3165;
- GEV – parametro $\alpha = 0.2922$;
- GEV – parametro $k = 0.0038$;
- GEV – parametro $\varepsilon = 0.8323$.

Si ottiene dunque:

<i>Tr (anni)</i>	2	5	10	20	25	50	100	200	500
<i>wT</i>	0.937	1.258	1.473	1.682	1.749	1.955	2.162	2.371	2.648

Che fornisce, per l’area in esame, i valori del parametro a delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica riportati nella sottostante tabella.

<i>Tr (anni)</i>	2	5	10	20	25	50	100	200	500
<i>a</i>	24.97	33.52	39.25	44.81	46.58	52.09	57.60	63.15	70.55

4.2.3 Parametri della curva di possibilità pluviometrica di progetto

Per i diversi tempi di ritorno sono stati scelti come parametri delle curve di massima pioggia quelli maggiori, riportati nella tabella sottostante.

<i>Tr (anni)</i>									
25		50		100		200		500	
<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
46.58	0.287	52.09	0.287	57.60	0.287	63.15	0.287	70.55	0.287

Parametri delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica di progetto per durate $d \geq 1$ ora

4.3 Precipitazioni intense di durata inferiore all’ora

Per piogge intense di durata inferiore ad un’ora, le massime altezze di pioggia sono state ricavate a partire dalle altezze massime di durata oraria, prendendo a riferimento studi effettuati in altre località italiane. E’ noto infatti da letteratura [Bell, 1969] che i rapporti r tra le altezze di durata d molto breve e l’altezza oraria sono poco dipendenti dalla località. A partire dalla massima pioggia

di durata oraria, si ricavano le corrispondenti altezze di pioggia di durata pari a frazioni di ora mediante l'utilizzo di un opportuno coefficiente correttivo, denominato nel seguito r . Tale coefficiente può essere assunto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare i pluviografi di Milano Monviso e Roma Macao.

Applicando il fattore correttivo r alla pioggia oraria si ricavano i valori di $h(t)$ per durate inferiori. Effettuando poi una regressione lineare (con il metodo dei minimi quadrati) si determinano i valori della curva interpolante e pertanto i coefficienti a ed n per durate inferiori all'ora.

Nelle figure in basso sono riportati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica ottenuti utilizzando i coefficienti correttivi ottenuti dall'elaborazione dei dati del pluviometro di Milano Monviso (Piga et al., 1990) e di Roma Macao (Calenda et al., 1993)

	<i>Tr (anni)</i>									
	25		50		100		200		500	
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
<i>t < 1 h</i> (Milano Monviso)	48.81	0.465	54.58	0.465	60.36	0.465	66.17	0.465	73.93	0.465
<i>t < 1 h</i> (Roma Macao)	48.47	0.498	54.19	0.50	59.93	0.498	65.70	0.498	73.40	0.498
<i>t < 1 h</i>	48.81	0.465	54.58	0.465	60.36	0.465	66.17	0.465	73.93	0.465

Parametri delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate $d \leq 1$ ora (in grassetto quelli scelti come parametri di progetto)

4.4 Determinazione delle massime precipitazioni di progetto

4.4.1 Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, inteso quale tempo intercorrente fra l'inizio della pioggia efficace (cioè che dà luogo ai deflussi superficiali) ed il colmo della piena, ritenuto uguale al tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino pervenga alla sezione di chiusura, costituisce un parametro del modello indipendente dalla portata e dal tempo.

Tale parametro risulta di difficile determinazione; nella letteratura tecnica vengono riportate numerose formulazioni empiriche, tutte legate alle caratteristiche morfologiche e fisiografiche del bacino, ma comunque valide per lo specifico campo di applicabilità. Tra le formule più comunemente usate si sono adottate quelle di *Giandotti, Ventura, Pasini, Kirpich e della velocità*.

Di seguito vengono riportate le diverse formulazioni:

$$\text{Giandotti} \quad tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_m}} \quad (\text{ore})$$

$$\text{Ventura} \quad tc = 7,63 \times \sqrt{\frac{A}{I_m}} \quad (\text{min})$$

$$\text{Pasini} \quad tc = \frac{0,08 \times (A \times L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{I_m}} \quad (\text{ore})$$

$$\text{Velocità} \quad tc = \frac{L}{V} \quad (\text{sec})$$

$$\text{Kirpich} \quad tc = \frac{0,0662 \times L^{0,77}}{I_m^{0,385}} \quad (\text{ore})$$

Dove:

- A è l'area del bacino (km^2)
- L è la lunghezza dell'asta principale (km)
- H_m è l'altitudine media del bacino (m)
- I_m è la pendenza media dell'asta
- V è la velocità media di scorrimento dell'acqua nel percorso relativo sia ai versanti che alla rete idrografica (compresa fra 1 e 1,5 m/s).

Nel presente progetto, date le limitate estensioni dei bacini, è stata utilizzata la formula di Kirpich.

Il valore ottenuto è pari a 0.08 ore (5 minuti). Essendo tale valore abbastanza ridotto, nei calcoli successivi si è scelto di adottare un tc minimo di 10 minuti.

4.4.2 Precipitazioni massime

Una volta determinata la durata della pioggia critica sul bacino in esame, assunta pari al tempo di corrivazione, si può procedere alla stima delle altezze massime di precipitazione sul bacino in funzione dei diversi tempi di ritorno, adottando i parametri a ed n individuati nel par. 4.3.

In base a quanto sopra, risulta:

<i>Bacino</i>	<i>T_c</i> (<i>ore</i>)	<i>h</i> (<i>T_r</i> =50anni) (<i>mm</i>)	<i>h</i> (<i>T_r</i> =100anni) (<i>mm</i>)	<i>h</i> (<i>T_r</i> =200anni) (<i>mm</i>)	<i>h</i> (<i>T_r</i> =500anni) (<i>mm</i>)
Valle della Torre	0.167	23.7	26.2	28.7	32.1

4.5 Modelli di trasformazione Afflussi/Deflussi

4.5.1 Metodo della corrivazione – formula razionale

Il metodo razionale costituisce una schematizzazione del fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino; di seguito si riassumono sinteticamente le principali ipotesi su cui fonda.

Si ipotizza che il bacino fornisca una risposta di tipo lineare tra le piogge in ingresso e la portata defluente dalla sezione di chiusura.

La pioggia di progetto viene assunta costante nel tempo e uniformemente distribuita sull'intero bacino.

Come accennato in precedenza il metodo adottato introduce l'ipotesi semplificativa secondo cui la precipitazione critica abbia una durata pari al tempo di corrivazione e sia distribuita in maniera uniforme sull'intero bacino.

Il pluviogramma risulta pertanto di forma rettangolare, caratterizzato da un'intensità di pioggia costante, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica adottata in corrispondenza del tempo di corrivazione del bacino.

L'altezza di pioggia introdotta nei calcoli è quella “efficace”, cioè quella che da luogo a scorrimento superficiale e quindi al deflusso; la pioggia reale viene quindi depurata della quota di pioggia caduta tra il momento d'inizio della precipitazione e quello di inizio dello scorrimento superficiale. Tali perdite sono funzione, oltrechè, delle caratteristiche genericamente permanenti del terreno e della copertura vegetale, anche del grado di saturazione iniziale del bacino e dell'intensità di precipitazione.

L'assunzione di un tempo di esaurimento pari al tempo di corrivazione, equivalente all'adozione di un idrogramma di forma triangolare, si traduce nell'ipotesi cautelativa di una rete di drenaggio a rapido svuotamento.

Il metodo è articolato nelle seguenti fasi:

- Determinazione dell'istogramma di progetto;
- Determinazione della pioggia netta.

Le portate di massima piena sono state valutate nell'ipotesi di piogge critiche con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

La massima portata al colmo di piena, in funzione dei parametri morfometrici del bacino e della pioggia che genera la piena, si ottiene mediante la seguente espressione, che costituisce una semplice forma di bilancio idrologico:

$$Q_c = P_n \cdot A / 3,6 \cdot t_c$$

dove:

- Q_c è il valore della massima portata al colmo (m^3/s);
- t_c è il tempo di corrivazione (ore) (vedi paragrafo 4.3.1);
- $P_n(t_c, T_r)$ è l'altezza di pioggia netta (mm), corrispondente alla durata pari al tempo di corrivazione (t_c), dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica di tempo di ritorno assegnato (T_r);
- A è l'area del bacino (km^2).

4.5.2 Pioggia netta

Il calcolo della pioggia netta, ovvero del volume della piena, viene effettuato in base al metodo del Curve Number, formulato dal Soil Conservation Service nel 1972, nel seguito brevemente descritto.

Tale metodo mette in relazione l'altezza h_a di pioggia areale affluita con l'altezza di pioggia P_n defluita in rete attraverso la seguente formula:

$$P_n = (h_a - I_a)^2 / (h_a - I_a + S)$$

Dove:

- S rappresenta la massima ritenzione del bacino, espressa in mm, ed è funzione del tipo di terreno, del suo grado di saturazione e dell'uso del suolo:

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

- I_a rappresenta le perdite iniziali, espresse in mm:

$$I_a = 0.05 \cdot S$$

CN o “Runoff Number” è quel coefficiente sperimentale che tiene conto delle caratteristiche del bacino che sono state classificate dallo U.S. Soil Conservation Service.

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

Il metodo SCS è basato su un sistema di classificazione del suolo in quattro classi di permeabilità individuate dalle lettere A, B, C, D, (vedi tabella seguente).

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).

Nel caso di terreni variegati possono essere identificate le categorie fondamentali per definire un cosiddetto coefficiente CN pesato.

Tipo di copertura (uso del suolo):	Tipi di suolo			
	A	B	C	D
<i>Terreno coltivato</i>				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
<i>Terreno da pascolo</i>				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
<i>Praterie</i>				
buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83

Tipo di copertura (uso del suolo):	Tipi di suolo			
	A	B	C	D
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
<i>Spazi aperti, prati rasati, parchi</i>				
buone condizioni con almeno il 75% con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
<i>Aree commerciali</i> (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
<i>Distretti industriali</i> (impermeabilità. 72%)	81	88	91	93
<i>Aree residenziali</i>				
Impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Impermeabilità media 20%	51	68	79	84
<i>Parcheggi impermeabilizzati, tetti</i>	98	98	98	98
<i>Strade</i>				
Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

L'indice CN (Curve Number) per vari tipi di suolo

I valori del CN su riportati sono suggeriti per aree con copertura erbosa, a seconda delle caratteristiche di permeabilità del suolo, seguendo la classica suddivisione del **Soil Conservation Service (SCS)** sotto riportata:

Gruppo	Descrizione
A	<i>Scarsa potenzialità di deflusso.</i> Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde molto permeabili.

Gruppo	Descrizione
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma 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. dei suoli
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 vicinanza dalla superficie.

Per tener conto di condizioni di umidità precedenti all'inizio dell'evento diverse da quelle di tipo standard (*Antecedent moisture condition AMC*) tipo II a cui fa riferimento la tabella precedente; per condizioni antecedenti all'evento molto umide (AMC tipo III) o molto asciutte (AMC tipo I) viene consigliata dallo stesso SCS la seguente tabella di conversione:

Classe AMC			Classe AMC		
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
87	95	98	35	55	74
78	90	96	31	50	70
70	85	94	22	40	60
63	80	91	15	30	50
57	75	88	9	20	37
51	70	85	4	10	22
45	65	82	0	0	0

Metodo del Curve Number: Tabella di conversione per diverse condizioni di saturazione

Nel caso in esame dovendo stimare le portate di piena al colmo si farà riferimento alle sole condizioni di saturazione massime (AMC III) che forniscono valori di CN più elevati e quindi più cautelativi. La conversione è stata eseguita mediante l'espressione interpolare:

$$CN(III) = \frac{23 \times CN(II)}{10 + 0,13 \times CN(II)}$$

Dalla sovrapposizione tra la Carta di Uso del Suolo (fonte Regione Lombardia) e la Carta Geomorfologica (fonte PGT Comune di Gargnano) riportante le caratteristiche di permeabilità dei terreni, per il bacino relativo al Vallone Valle della Torre sono state individuate le aree caratterizzate da diversi valori di CN(II). Il valore finale adottato è stato determinato con il criterio della media pesata, i cui pesi sono costituiti dalle superfici; tale valore è stato successivamente convertito in CN(III) mediante la relazione di conversione precedente.

Nella tabella seguente si riportano i valori stimati.

<i>NOME BACINO</i>	<i>CN II</i>	<i>CN III</i>
Valle della Torre	68.8	83.5

Coefficienti CN dei bacini interferiti

Da cui un valore di S pari a 50.2 mm.

<i>NOME BACINO</i>	<i>Tempo di corrivazione</i> <i>Tc</i> <i>(ore)</i>	<i>Altezza pioggia netta</i> <i>h(Tr=50anni)</i> <i>(mm)</i>	<i>Altezza pioggia netta</i> <i>h(Tr=100anni)</i> <i>(mm)</i>	<i>Altezza pioggia netta</i> <i>h(Tr=200anni)</i> <i>(mm)</i>	<i>Altezza pioggia netta</i> <i>h(Tr=500)</i> <i>(mm)</i>
Valle della Torre	0.17	6.3	7.6	9.0	11.0

4.5.3 Stima delle portate di massima piena

Utilizzando i valori dei diversi parametri precedentemente stimati si sono determinate le portate di piena al colmo per il bacino del fosso Valle della Torre per i tempi di ritorno prefissati. I valori vengono riportati nella tabella seguente:

NOME BACINO	Tempo di corrivazione T_c (ore)	Portata al Colmo Q ($Tr=50$anni) (m^3/s)	Portata al Colmo Q ($Tr=100$anni) (m^3/s)	Portata al Colmo Q ($Tr=200$anni) (m^3/s)	Portata al Colmo Q ($Tr=500$anni) (m^3/s)
Valle della Torre	0.17	5.04	6.09	7.21	8.79

Nella tabella sottostante sono riportati, per i diversi tempi di ritorno, i valori della portata per unità di superficie.

NOME BACINO	Coefficiente Udometrico U ($Tr=50$anni) ($m^3/s/Km^2$)	Coefficiente Udometrico U ($Tr=100$anni) ($m^3/s/Km^2$)	Coefficiente Udometrico U ($Tr=200$anni) ($m^3/s/Km^2$)	Coefficiente Udometrico U ($Tr=500$anni) ($m^3/s/Km^2$)
Valle della Torre	10.5	12.7	15.0	18.3

4.5.4 Trasporto solido

Stante la conformazione del bacino, caratterizzato da pendenza elevate, si ritiene necessaria la presa in conto del contributo dovuto al trasporto solido nell'ambito delle verifiche idrauliche svolte in relazione T00ID00IDRRE02A. Considerando che la stima della portata solida si presenta affetta da numerosi fattori di incertezza, a causa dell'assenza di dati storici e delle curve granulometriche eseguite per diverse zone significative dell'asta incisa, si è ritenuto di operare una scelta cautelativa effettuando le verifiche idrauliche anche con una portata liquida maggiorata del 50%.