

S.S. 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore

PROGETTO ESECUTIVO

COD. VE 14

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Paolo Cucino
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 2216

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

SWS Engineering Spa



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
Paolo Cucino
Dott. Ing. PAOLO CUCINO
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea Oss
Ord. Geologi Trentino / Alto Adige n° 300

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Paolo Cucino
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 2216

MANDANTE:

Coding Srl



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De la Grennelais

IDROLOGIA ED IDRAULICA Idraulica territoriale Relazione Idrologica ed Idraulica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. ANNO N. PROG.

MSVE14 E 2101

NOME FILE

T00_ID00_IDR_RE01_B

CODICE ELAB.

T00 ID00 IDR RE01

REVISIONE

SCALA:

B

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	Revisione istruttoria	10.2021	CLAUSER	NAVE	CUCINO
A	Emissione	07.2021	CLAUSER	NAVE	CUCINO

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	GENERALITA'	3
1.2	OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO	4
2	RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE	6
2.1	PROGETTO PD ANAS 2020	6
2.2	PRESCRIZIONI DEGLI ENTI	6
2.2.1	PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI	6
2.2.2	PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.	7
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
3.1	NORMATIVE NAZIONALI	8
3.2	LINEE GUIDA ANAS	8
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
4.1	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	9
4.2	PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	9
4.3	IL PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO P.A.T.	13
4.4	INTERFERENZE IDRAULICHE	14
5	IDROLOGIA	16
5.1	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA E REGIME PLUVIOMETRICO	16
5.2	RICOSTRUZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	18

5.3	METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	20
5.4	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	25
5.5	MODELLO NUMERICO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	27
5.6	RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI/DEFLUSSI	30
6	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA E DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE	32
6.1	STATO DI FATTO	32
6.2	RACCOLTA E DRENAGGIO DELLE ACQUE DI VERSANTE	32
6.3	RECAPITO FINALE DELLE ACQUE METEORICHE	35

1 INTRODUZIONE

1.1 GENERALITA'

Il presente documento intende illustrare le principali scelte progettuali condotte per quanto riguarda il progetto del tracciato stradale, nell'ambito dell'infrastruttura "**SS 51 "di Alemagna" Attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore**" con codice ANAS VE014, con riferimento alla fase di Progettazione Esecutiva.

L'infrastruttura in oggetto sarà costituita da un asse stradale tipo C2, in variante all'attuale SS 51 "di Alemagna" che consentirà di by-passare un tratto particolarmente critico dell'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore (BL), per una lunghezza complessiva di circa 800 m.

Il progetto di attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore si inserisce nel contesto del Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021.

In particolare, l'intervento si propone di realizzare una galleria e relativi raccordi di estremità per il superamento un nodo critico lungo l'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore, oggi di fatto regolato da senso unico alternato per effetto della sezione ristretta e della prossimità di fabbricati vincolati alla sede stradale.

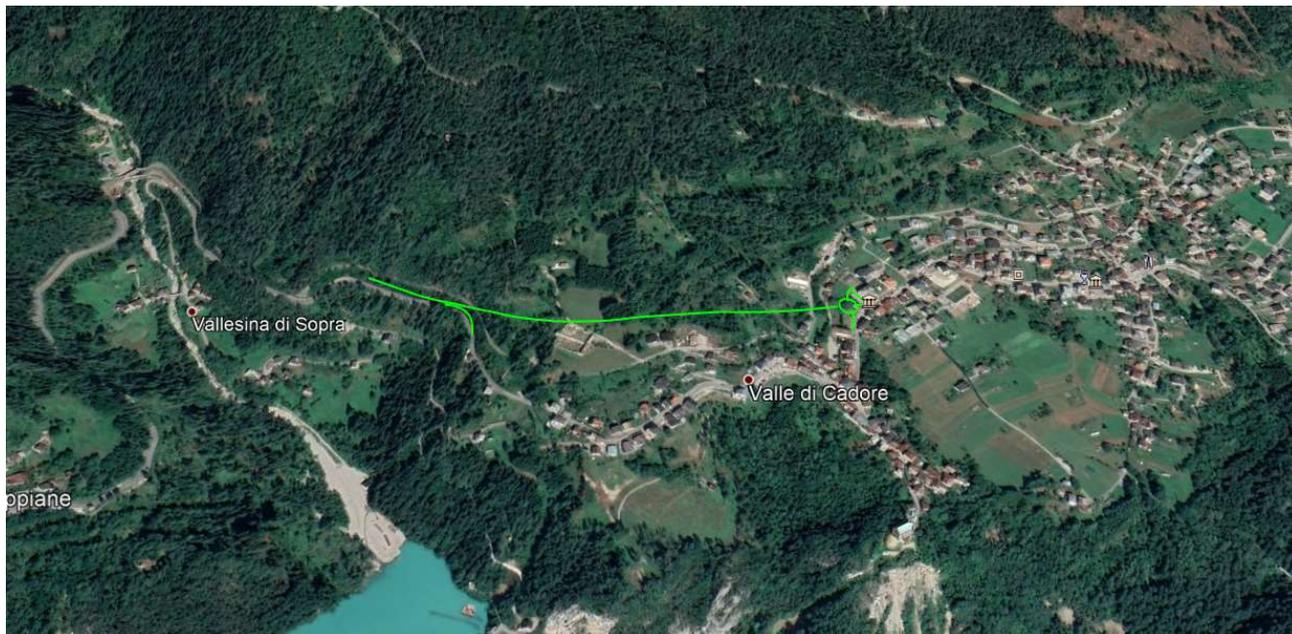


Figura 1 – Ubicazione del tracciato di progetto su vista Google Earth

Il progetto di variante all'abitato non interessa nodi rilevanti di viabilità extraurbana; in tratto sotteso interessa in sostanza alcune intersezioni a raso con viabilità comunale urbana che rimane utilmente collegata al tratto declassato che diventerà, ad opere ultimate, parte integrante della rete urbana comunale di Valle di Cadore.

L'itinerario in esame non è compreso nel sistema delle reti transeuropee dei trasporti (TEN).

Il nuovo tracciato stradale è caratterizzato per una parte considerevole da opere in sotterraneo, ed in particolare da una Galleria Naturale di lunghezza circa 620 m, comprendendo anche i tratti di imbocchi in artificiale.

In direzione Ovest, lato Cortina, la nuova infrastruttura sarà connessa all'attuale SS 51, con un'intersezione che consentirà l'uscita a raso dalla direttrice principale verso l'attuale tracciato della strada statale, prima dell'imbocco della galleria.

L'infrastruttura di progetto è completata da un innesto lato Belluno (direzione Est) costituito da una rotonda di innesto sulla SS.51 di collegamento con l'attuale tratto della stessa SS 51 in direzione Cortina, e con una viabilità locale, situata appena in uscita al tratto in galleria naturale.

Oltre alla galleria artificiale e relativi brevi tratti in artificiale, sono previste alcune opere in corrispondenza dei due svincoli / imbocchi:

- Paratia di sostegno definitiva lato monte e opera in terre rinforzate a valle, in corrispondenza dell'innesto lato Cortina;
- Paratia di sostegno definitiva lato monte e fabbricato tecnologico a servizio della galleria, in corrispondenza dell'innesto lato Belluno.

L'opera sarà completata dalle dotazioni impiantistiche ed idrauliche a supporto del tracciato stradale.

1.2 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO

Nella presente Relazione vengono trattati gli aspetti idrologici e idraulici relativi al progetto esecutivo dell'attraversamento di Valle di Cadore, compreso tra gli interventi per il Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021.

In particolare, viene fornita la 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. Vengono determinati, inoltre, i valori di colmo delle massime portate di piena dei bacini interferiti.

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 l'opera di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- delineazione dello studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti principali;
- analisi dell'interferenza tra la viabilità di progetto e l'idrografia superficiale.

Nella sezione idrologica della presente relazione viene descritta l'attività di acquisizione ed elaborazione dei dati di pioggia esistenti.

Lo studio e le elaborazioni dei dati raccolti consentiranno di associare, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, una corretta valutazione dell'evento meteorico generatore della portata di dimensionamento.

Vengono determinate, quindi, le 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.

2 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE

2.1 PROGETTO PD ANAS 2020

Punto di partenza del presente Progetto Esecutivo, è il Progetto Definitivo sviluppato da ANAS nel 2020, con l'assistenza alla progettazione di professionisti esterni.

Rispetto al Progetto Definitivo ANAS sono state operate alcune modifiche locali al tracciato planimetrico, nel seguito brevemente descritte:

- Leggero spostamento lato monte (direzione Nord) dell'asse del tracciato, fino ad un massimo di 7 m circa, per motivazioni di tipo geotecnico e di miglior collocazione della rotatoria di innesto lato Belluno;
- Adeguamento delle dimensioni della rotatoria di innesto lato Belluno, con leggero aumento del raggio interno ed esterno e collocazione spostata in direzione Nord;
- Ricollocazione e ridimensionamento del Fabbricato Tecnologico di imbocco in corrispondenza della rotatoria;
- Adeguamento delle dimensioni e della geometria del tratto di scambio e della corsia di decelerazione sull'innesto lato Cortina.

Dal punto di vista del progetto geotecnico, sono state modificate ottimizzandole, le sezioni di scavo della galleria naturale, le sezioni delle paratie in corrispondenza degli imbocchi e dell'opera di sostegno di valle dell'imbocco lato Cortina.

2.2 PRESCRIZIONI DEGLI ENTI

2.2.1 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, si sono espressi con pareri **favorevoli con prescrizioni pendenti sulla corrente fase di Progetto Esecutivo**, i seguenti enti competenti:

- *BIM Belluno Infrastrutture (Gestione Servizi Pubblici SpA)*: prescrizioni su Interferenze
- *Provincia di Belluno – Settore Urbanistica e mobilità*: Compatibilità Ambientale dell'Opera; Compatibilità Urbanistica dell'opera; Trasporto Pubblico Locale Extraurbano;
- *MIBACT Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo*: Prescrizioni di carattere ambientale e archeologico;
- *Regione Veneto - Unità Organizzativa Genio Civile Belluno - Unità Organizzativa Forestale Belluno*;

- *Regione Veneto – Deliberazione della Giunta Provinciale: Aspetti Progettuali vari.*
- *Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali – Sede di Venezia: Prescrizione su aspetti geologici e idraulici.*

Hanno espresso parere favorevole senza prescrizione altri enti, che non hanno rilevato interferenze di quanto in propria gestione con la nuova infrastruttura.

2.2.2 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, la procedura di Valutazione Impatto Ambientale ha prodotto i seguenti pareri con prescrizioni, espressi dalla Commissione Tecnica di V.I.A.

- Aspetti Progettuali – da recepire in Fase di Progettazione Esecutiva: Aspetti infrastrutturali e Idraulici;
- Aspetti Gestionali – da recepire nella fase precedente la Cantierizzazione: Aspetti Ambientali (fauna, flora, ecosistemi, monitoraggi, mitigazioni);
- Mitigazioni – da recepire in Fase di Progettazione Esecutiva e in Fase di Cantiere;
- Aspetti Ambientali – fase di Esercizio: rumore, vibrazioni, monitoraggio.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1 **NORMATIVE NAZIONALI**

- Legge 109/94, La nuova legge quadro in materia di lavori pubblici - Legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modifiche ed integrazioni.
- D.P.R. 34 - 25/01/00 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 145 - 19/04/00 Regolamento recante il Capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- DM 17-01-2018 - Norme Tecniche Costruzioni (NTC)
- Nuovo Codice della Strada – DL 30 Aprile 1992 e successive modifiche e integrazioni;
- Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada – DPR 16 Dicembre 1992 e successive modifiche e integrazioni;
- Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade – DM 5 Novembre 2001 e successive modifiche e integrazioni (D.M. 22/04/2004).
- Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali – D.M. 19 aprile 2006;
- Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane – Norme Tecniche CNR 15 Aprile 1983 N. 90;
- Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali (bozza 2001) – a cura della Commissione di studio per le Norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade del CNR.

3.2 **LINEE GUIDA ANAS**

- Linee Guida per la progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente (ANAS 2009).
- Caratteristiche Geometriche Funzionali delle Gallerie.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato di progetto ha un percorso complessivo di circa 0.8 km, quasi interamente in galleria. Il tracciato inizia a ovest di Valle, con la diversione della SS51 e l'imbocco in una galleria naturale (L= 589,5 m, unica opera d'arte presente nel progetto) e termina al centro del paese con una rotatoria di innesto sulla SS51 Alemagna.



Figura 2 – Planimetria di progetto del tracciato stradale

4.2 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Relativamente agli aspetti connessi alla difesa del suolo, l'area interessata dalle opere in progetto ricade nell'ambito territoriale di competenza del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.

La normativa di riferimento in materia di valutazione e gestione del rischio di alluvioni è la Direttiva europea 2007/60/CE conosciuta anche come "Direttiva Alluvioni".

La Direttiva, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispose la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

Il recepimento della normativa europea da parte della legislazione nazionale ha portato alla definizione dei Distretti idrografici, soggetti competenti per gli adempimenti previsti dalla Normativa, tra i quali fondamentale importanza ha la redazione delle mappe di pericolosità idraulica e rischio idraulico. In Italia, sono stati individuati 8 Distretti Idrografici. Il territorio dei Distretti è stato a sua volta suddiviso in Unit of Management (UoM) ovvero unità territoriali omogenee di riferimento per la gestione del rischio di alluvione corrispondenti ai principali bacini idrografici, ognuna delle quali fa riferimento alla relativa Autorità Competente o Competent Authority (CA).

L'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali opera sui bacini idrografici nelle regioni Friuli Venezia Giulia e Veneto e marginalmente in Lombardia, nelle Province Autonome di Trento e di Bolzano, nonché su alcuni bacini transfrontalieri al confine con Svizzera, Austria e Slovenia.

L'ambito territoriale copre circa 40.000 km², in cui vivono circa 7,1 milioni di abitanti.

Al Distretto delle Alpi orientali appartengono 14 bacini idrografici:

- il bacino idrografico dell'Adige, già bacino nazionale
- i bacini idrografici dell'Isonzo, del Tagliamento, del Livenza, del Piave e del Brenta - Bacchiglione, già bacino nazionale;
- i bacini idrografici del Lemene e del Fissero – Tartaro - Canalbianco, già bacini interregionali
- il bacino dello Slizza (ricadente nel bacino del Danubio), del Levante, quello dei tributari della Laguna di Marano-Grado, quello della pianura tra Piave e Livenza, quello del Sile e quello scolante della Laguna di Venezia, già bacini regionali.

Strumento fondamentale dell'Autorità di Distretto è il Piano di Bacino idrografico, definito come "lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono individuate e programmate le azioni finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque".

L'attività di pianificazione in tema di difesa del suolo e gestione delle risorse idriche nel distretto idrografico si concretizza perciò nel Piano di Bacino, realizzato attraverso "piani stralcio", in particolare il Piano di Gestione delle Acque ed il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA.

Il Comitato istituzionale (con delibera n. 1 del 17.12.2015) ha stabilito che il PGRA non costituisce automatica variante dei PAI dei bacini componenti il distretto idrografico delle Alpi Orientali, che continuano a costituire riferimento per gli strumenti urbanistici di pianificazione e gestione del territorio, nonché per la pianificazione di settore che consideri l'assetto idrogeologico del territorio. Pertanto, ai fini della verifica della rispondenza del progetto agli strumenti di pianificazione territoriale, si fa riferimento al piano redatto dalla Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (Autorità di

Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico), competente sull'area in esame precedentemente all'entrata in vigore della Direttiva Alluvioni.

Questa Autorità ha redatto ed adottato con delibera del Comitato istituzionale del 3/03/2004 un Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), previsto dalle Leggi 267/'98 e 365/'00, configurato come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica ed idrogeologica del Piano generale di bacino previsto dalla L. 183/'89.

Tale Piano ha recepito quanto già prodotto dall'Autorità di Bacino riguardo ai bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione e Livenza.

Il Piano è costituito fondamentalmente dalle fasi conoscitiva, propositiva, programmatica, contenute in una relazione generale, e dalla cartografia con la perimetrazione delle aree pericolose ed a rischio.

Si ritiene opportuno sottolineare che nella prima redazione del piano non sono state perimetrare, in considerazione delle conoscenze disponibili, tutte le aree pericolose presenti sul territorio. Pertanto, le cartografie allegare al Piano devono considerarsi un documento preliminare, e non esaustivo, delle reali e potenziali pericolosità idrauliche e geologiche presenti nei bacini idrografici. In particolare, questa casistica si presenta per i territori sottesi dalla rete idrografica montana, che interessa il territorio in cui ricade il tracciato di progetto, dove gli studi di settore sono in corso di elaborazione. In attesa di tali approfondimenti, il piano individua precisi criteri da utilizzare da parte del pianificatore in assenza di specifiche perimetrazioni.

Per le finalità generali dei Piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (art. 3 della L. 183/89 e dall'art. 1, comma 1 della L. 267/98), il PAI costituisce lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino.

Il Progetto di Piano stralcio per la sicurezza idraulica del medio e basso corso, che è indubbiamente strettamente connesso con il Piano per l'assetto idrogeologico, ha come fine quello di assicurare al territorio afferente al bacino idrografico del fiume Piave, con particolare riferimento al medio e basso corso dell'asta principale, un livello di sicurezza compatibile con l'utilizzo antropico del territorio e rispettoso del principio di precauzione.

Il progetto individua un sistema integrato di interventi strutturali e non strutturali da realizzare nel breve, medio e lungo periodo. Gli interventi proposti nel progetto di Piano rappresentano un sistema integrato ed organizzato di interventi che permette di verificare in progress gli effetti dei vari interventi sull'idrosistema garantendo comunque l'esecuzione di parti finite e funzionali di opere. La priorità degli interventi strutturali e non strutturali è finalizzata pertanto a massimizzare il rapporto efficacia-costi allo scopo di ottenere subito i maggiori risultati in termini di sicurezza acquisibile in un'ottica di conservazione del "territorio fluviale", mantenendo comunque la possibilità di limitare eventualmente le opere programmate nel medio e lungo

periodo in relazione alle nuove ed ulteriori informazioni acquisite attraverso l'attuazione delle azioni programmate nel breve periodo.

Il Piano si prefigge l'obiettivo di garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geologico, attraverso il ripristino degli equilibri idraulici, geologici ed ambientali, il recupero 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 Piano persegue finalità prioritarie di protezione di abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di pregio paesaggistico e ambientale interessati da fenomeni di pericolosità, nonché di riqualificazione e tutela delle caratteristiche e delle risorse del territorio.

Dall'analisi delle planimetrie del rischio idraulico allegate al PGRA, nell'area di Valle non sono segnalate aree aventi Rischio Idraulico, pertanto il progetto è pienamente compatibile con il PGRA. Analogamente, non si segnalano interferenze del tracciato con aree aventi pericolosità idraulica secondo le perimetrazioni del PAI dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione.

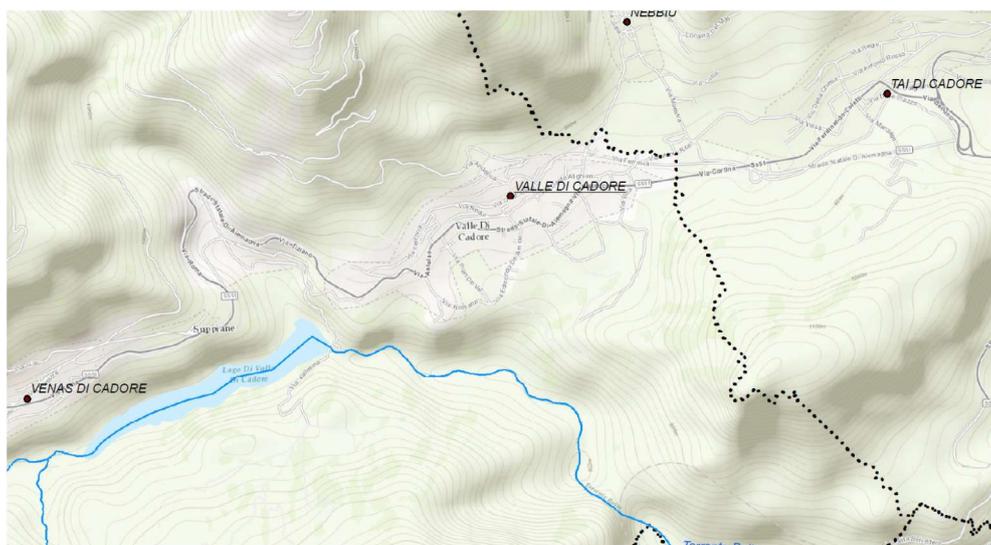


Figura 3: Planimetria dell'area con Rischio Idraulico del PGRA

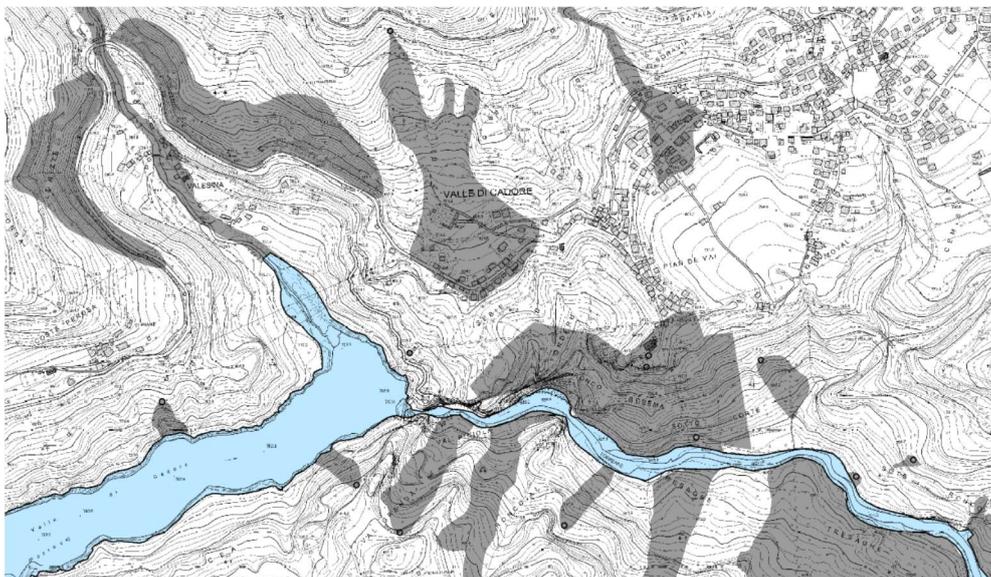


Figura 4: aree con Pericolosità Idraulica secondo il PAI

4.3 IL PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO P.A.T.

Il Piano di Assetto del Territorio (PAT), come definito dall'articolo 13 della legge regionale 11 del 2004, fissa gli obiettivi e le condizioni di sostenibilità degli interventi e delle trasformazioni ammissibili ed è redatto, dai Comuni, sulla base di previsioni decennali. Il P.A.T. (che sostituisce il Piano Regolatore Generale) determina le scelte strategiche di assetto e di sviluppo del territorio comunale

All'interno del P.A.T. è contenuta la Valutazione di Compatibilità Idraulica (VCI), documento che contiene le valutazioni sulle situazioni di dissesto del territorio ed evidenzia la relativa compatibilità con le previsioni urbanistiche nelle "Zone di attenzione idraulica", definite nell'art. 5 NTA del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici dei fiumi dell'Alto Adriatico (adottato con delibera n.3 CI 09/11/2012).

Dalla sovrapposizione del tracciato con la "Carta di compatibilità idraulica" allegata alla VCI si evince come il tracciato non vada ad interferire con zone perimetrate come Aree con Pericolosità Idraulica a seguito delle modellazioni eseguite nell'ambito della VCI.

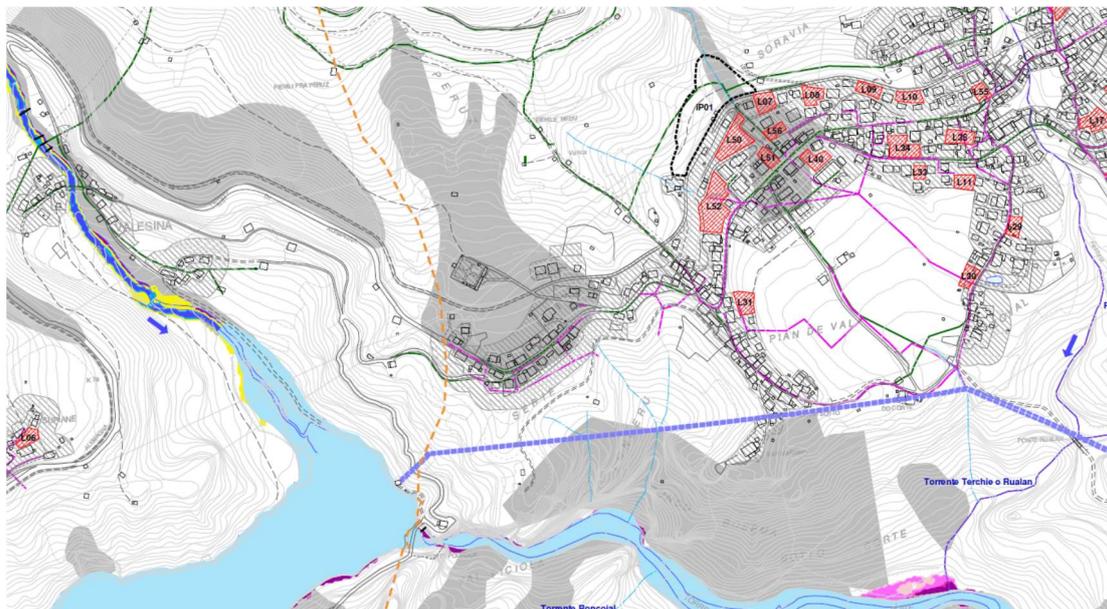


Figura 5: tracciato su Carta di Compatibilità Idraulica del P.A.T. di Valle di Cadore

La VCI presentata per il P.A.T. di Valle di Cadore contiene analisi idrologiche di dettaglio, i cui risultati saranno assunti come riferimento nel prosieguo del presente studio.

4.4 INTERFERENZE IDRAULICHE

Essendo il tracciato di progetto in larga parte in galleria, non sussistono interferenze idrauliche con corpi idrici di rilievo. Presso gli imbocchi si determina interferenza con le acque provenienti dal versante.

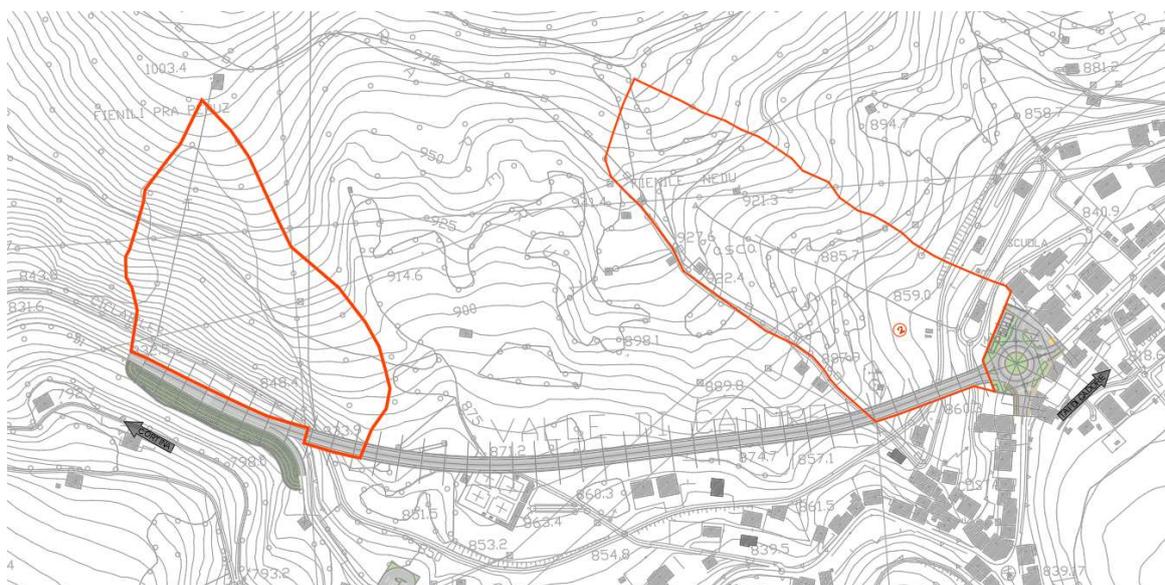


Figura 6: bacini interferiti dal tracciato di progetto

I bacini in esame presentano estensioni limitate, solamente quello sull'imbocco est è dotato di una asta torrentizia definita. I bacini interferiti dal tracciato e le relative caratteristiche morfologiche sono elencati nella tabella seguente,

Corso d'acqua	Bacino						
	Codice	A	H _{max}	H _{med}	H _{min}	L	i
		<i>Kmq</i>	<i>m s.m.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>km</i>	<i>m/m</i>
1	0.039	1000	860	830	0.26	0.65	
2	0.048	975	900	845	0.38	0.34	

Tabella 1: caratteristiche morfologiche dei bacini interferiti

in cui

- A* l'area del bacino idrografico;
- H_{max}* la quota massima del bacino dell'asta fluviale principale;
- H_{min}* la quota minima del bacino, coincidente con la quota minima dell'asta fluviale principale alla sezione di chiusura;
- H_{med}* la quota media del bacino idrografico rispetto alla sezione di chiusa;
- L* la lunghezza dell'asta principale, considerata come quella a maggior sviluppo planimetrico del reticolo idrografico sotteso alla sezione di chiusura;
- i* pendenza media dell'asta principale

Nell'elaborato T00ID00IDRCO01A è riportata la perimetrazione dei bacini interferiti e i sistemi di drenaggio.

- il bacino n.1 viene drenato dalla canalizzazione esistente in fregio al muro di controripa presente sulla SS51 Alemagna, con attraversamento del tracciato e scarico sulla sponda a Sud.
- il bacino n.2 viene drenato dall'opera esistente sotto la viabilità comunale e sottopassante il tracciato di progetto.

5 IDROLOGIA

Lo studio idrologico è volto alla determinazione delle portate di progetto da considerare per il corretto dimensionamento delle opere di attraversamento dei corpi idrici esistenti e del sistema di drenaggio di piattaforma.

La valutazione delle portate di progetto deriva da una analisi statistica dei dati disponibili, in modo da stabilire una relazione fra le portate ed il corrispondente tempo di ritorno TR. Esistono diversi metodi per la valutazione delle portate di progetto, a seconda dei dati di partenza:

- analisi statistica delle misure idrometriche, per i corpi idrici dotati di stazioni di misura. Questo metodo è applicabile laddove le stazioni di misura esistano e siano sufficientemente prossime alla sezione di chiusura del bacino considerata
- metodi di regionalizzazione delle portate: possono essere utilizzati su vasti bacini strumentati, laddove, con tecniche di regressione statistica, l'intera informazione idrometrica può essere utilizzata per correlare la portata nella sezione fluviale considerata con le caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino
- metodi di trasformazione afflussi/deflussi: in caso di bacini non strumentati, le portate di progetto possono essere valutate a partire da una analisi statistica dei dati di precipitazione atmosferica, da trasformarsi in portate per mezzo di modelli di trasformazione afflussi/deflussi.

Il Ru Sec e le altre incisioni minori attraversate dal tracciato di progetto non sono dotate di stazioni di misura dei livelli/portate e pertanto per la valutazione delle portate di progetto si farà ricorso ai metodi di trasformazione afflussi/deflussi.

5.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA E REGIME PLUVIOMETRICO

L'area oggetto del presente studio ricade all'interno del bacino del Piave.

Tutto il bacino del Piave appartiene alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi. La zona presenta una definizione delle stagioni abbastanza marcata, con inverni freddi e asciutti ed estati calde e spesso umide (specialmente in pianura).

Con riferimento al regime pluviometrico, il bacino del Piave può essere suddiviso in quattro zone climatiche: la fascia costiera e di bassa pianura, la fascia dell'alta pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina. L'area oggetto dello studio ricade all'interno della fascia alpina. Questa zona coincide di fatto con la parte

settentrionale della provincia di Belluno. La precipitazione media annua diminuisce gradualmente spostandosi verso nord-ovest, e si mantiene relativamente elevata solo verso il confine con il Friuli.

I valori medi annui di precipitazione vanno dai 1500 mm, delle zone meridionali, ai 1100 mm delle dolomiti attorno a Cortina. Gli anni meno piovosi portano 800-1100 mm, quelli più piovosi 1400-2000 mm. Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 50-80 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno e novembre, con 100-160 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 40-50 mm.



Figura 7: Carta delle precipitazioni medie annue

a) Analisi statistico-probabilistica delle precipitazioni intense

Mancando del tutto, per il bacino in esame, dati specifici circa le misure di portata ed i rilievi dell'andamento delle piene, sono state elaborati i dati disponibili nelle stazioni pluviometriche all'interno del bacino di studio

o ad esse simili per caratteristiche. Per tale motivo è stato necessario implementare un modello afflussi/deflussi per la determinazione delle portate di progetto per le aree in esame.

L'esame pluviometrico si è basato sui dati rilevati alla stazione di Valle di Cadore, considerate le caratteristiche dei bacini per il caso in esame e le caratteristiche della stazione per la quale sono disponibili serie storiche di 24 anni registrate dal S.M.I.. Le caratteristiche della stazione considerata per lo studio sono le seguenti:

- Valle di Cadore (24 anni di dati in periodo d'osservazione dal 1997 al 2020) quota 794 m s.l.m.;

La stazione pluviometrica di Valle di Cadore si presta bene ad essere utilizzata per il presente studio per caratteristiche del territorio e quantità di dati disponibili. La stima degli afflussi/deflussi, per i bacini in oggetto, è stata realizzata utilizzando come procedura di calcolo il metodo Curve Number elaborato dal Soil Conservation Service (USA). Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento. L'analisi è stata fatta imponendo come tempi di ritorno piogge di 20, 50, 100 e 200 anni, ed in funzione di questo e del coefficiente di deflusso, dipendente dal tipo di permeabilità e uso del terreno, si sono determinati i valori massimi della portata istantanea al colmo. Lo studio idrologico ha previsto inizialmente l'indagine sul regime delle piogge con durata di 0.25, 0.50, 1, 3, 6, 12 e 24 ore, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica. Successivamente, al fine di correlare gli eventi di pioggia alle portate, si sono trasformati gli afflussi in deflussi. Lo studio è stato suddiviso in tre fasi successive:

1. Ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica e scelta e definizione degli ietogrammi di sollecitazione;
2. Valutazione delle perdite idrologiche, impiegando il metodo Curve Number del Soil Conservation Service degli Stati Uniti;
3. Calcolo delle portate generate dai bacini scolanti tramite modello afflussi/deflussi SWMM (Storm Water Management Model), in funzione del tempo di ritorno.

5.2 RICOSTRUZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR) è stata investigata la legge probabilistica, fra quelle di Gumbel e log-normale, che meglio si adatta al campione di dati utilizzato. Lo studio ha rilevato il buon adattamento della legge di Gumbel stimandone i parametri $a(T)$ e $n(T)$ al fine di ottenere le curve segnalatrici nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

Per la definizione della curva di possibilità pluviometrica sono state utilizzate serie storiche di valori delle piogge intense massime annuali, in questo caso, alla stazione pluviografica di Valle di Cadore da cui si sono ottenute le curve di possibilità climatica per differenti tempi di ritorno; il periodo d'osservazione va dal 1997 fino al 2020 (dati desunti dagli Annali Idrologici), in quanto prossima al bacino studiato ed avente serie storica di dati pluviometrici sufficientemente lunga.

La legge probabilistica adottata è stata quella di Gumbel e sono stati analizzati i massimi valori annuali di precipitazione della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

$$h = u - \frac{\ln \cdot \left(-\ln \cdot \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{\alpha}$$

dove:

TR = tempo di ritorno

$$u = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y$$

$$\alpha = S_N / S_Y$$

\bar{Y}_N = media ridotta

S_N = deviazione standard ridotta

Y = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

Sy = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Dalle elaborazioni dei dati di relativi alle piogge si sono ricavate le curve segnalatrici di possibilità climatica per i diversi tempi di ritorno TR assegnati, come illustrato nella figura seguente.

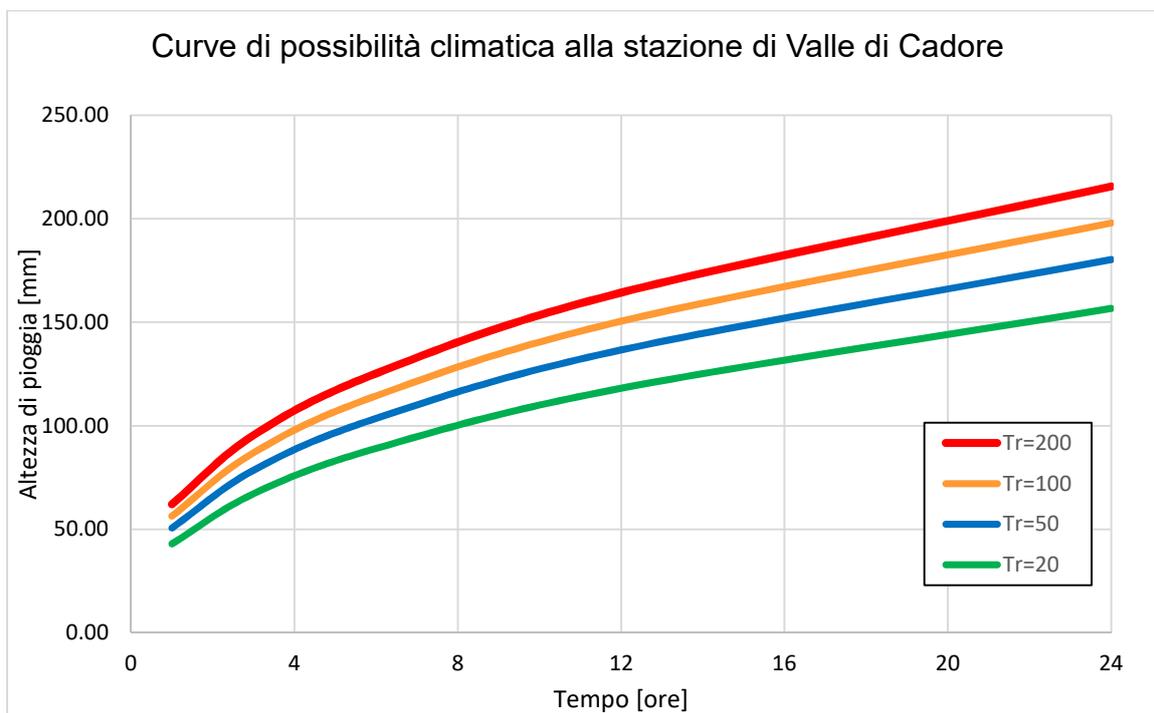


Figura 8 – Curve di possibilità pluviometrica alla stazione di Valle di Cadore

Per la determinazione del tempo di corrivazione (t_c) sono state analizzate le diverse formule che propone la letteratura per bacini simili a quelli in esame, elencate nelle pagine seguenti.

L'uso del suolo, e la conseguente analisi afflussi/deflussi, del bacino idrografico è stato definito attraverso l'applicazione del metodo *Curve Number* elaborato dal *Soil Conservation Service* (USA).

5.3 METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

La trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi di piena deve tener conto delle perdite idrologiche, ovvero della frazione dell'altezza di pioggia che contribuisce al deflusso superficiale.

A tale scopo si è implementato un metodo di calcolo afflussi/deflussi per la determinazione delle portate di progetto per la verifica idraulica del tratto in esame. Nell'ambito del presente studio idrologico, una volta focalizzata l'indagine sul regime delle piogge di forte intensità, per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica sopra esposte, si è proceduto alla trasformazione degli afflussi in deflussi al fine di correlare gli eventi di pioggia alle portate di piena. Tale trasformazione A/D è impostata sulla valutazione delle perdite idrologiche e stima delle portate con il metodo *Curve Number* dell'*U.S. Soil Conservation Service*.

L'applicazione del metodo è basata sulla conoscenza delle principali caratteristiche morfometriche del bacino considerato, ricavate principalmente dall'analisi delle carte C.T.R. e ortofoto. Una volta delimitata la porzione di bacino sottesa alla sezione di chiusura di interesse se ne determina la superficie (S), la lunghezza dell'asta fluviale principale (L), l'altitudine massima (H_{max}), l'altitudine minima (H_{min}) e l'altitudine media (H_m).

Per tale motivo sia la determinazione del tempo di corrivazione (t_c) che del coefficiente di deflusso (δ) richiedono la conoscenza del reticolo idrografico afferente alla sezione di chiusura che delle caratteristiche fisiche del bacino ad esso sotteso.

Le formule riportate forniscono il valore di Q_{max} in m^3/s , con i seguenti significati per i simboli utilizzati:

S = superficie del bacino in km^2 ;

T_r = tempo di ritorno in anni;

T_c = tempo di corrivazione del bacino in ore;

h = altezza della precipitazione espressa in mm;

Per la determinazione del coefficiente di deflusso δ si è fatto riferimento al metodo C.N. (Curve Number) sviluppato dal Soil Conservation Service, USA., in quanto in casi analoghi ha dimostrato particolare validità. Con questo metodo nel bilancio complessivo dei volumi medi/mensili transitanti è necessario tenere presente che il volume di origine naturale in realtà deriva dalla risposta del bacino sollecitato dagli afflussi meteorici e di cui si è scorporata l'aliquota persa per infiltrazione ed evapotraspirazione.

L'utilizzo di questo metodo impone l'applicazione di coefficienti che dipendono dal tipo di acclività dei versanti e dal tipo di copertura e natura del terreno. I bacini in esame, così come per i bacini che presentano le analoghe caratteristiche di estensione ed acclività, riporta i maggiori deflussi in occasione di piogge intense e di breve durata. Per la determinazione del T_c , calcolato impiegando formule differenti, si è imposto che abbia valore costante indipendentemente dal valore della portata al colmo.

Dopo aver determinato l'uso del suolo del bacino sono state ricavate le altezze di pioggia netta e i coefficienti di deflusso per il calcolo delle portate massime ottenendo i seguenti risultati. Le principali cause di perdite idrologiche sono, come noto, evapotraspirazione, infiltrazione, immagazzinamento nelle depressioni superficiali. Per la valutazione dell'entità quantitativa di tali grandezze è stato adottato il metodo *Curve Number* elaborato dal *Soil Conservation Service* (USA).

Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento (terreno umido o asciutto). Sebbene originariamente non sia stato sviluppato per l'interpretazione della dinamica temporale

delle perdite idrologiche, è ampiamente diffuso, soprattutto per la notevole mole di dati reperibili in letteratura per la sua applicazione. Per la determinazione della portata di piena al colmo, sono stati simulati eventi pluviometrici critici di varia durata (15 minuti, 30 minuti, 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore) e si è preso come riferimento quello generante le condizioni più gravose in termini di portate al colmo dell'onda di piena. In particolare, le condizioni più gravose sono associate all'evento pluviometrico avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico.

Come sopra ricordato, per la stima del coefficiente di deflusso è stato applicato il metodo CN (Curve Number) che consente in fase successiva di determinare la distribuzione nel tempo del deflusso e la sua portata massima al colmo. Il coefficiente CN attribuisce a ogni singola porzione di superficie del bacino idrografico, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura. La seguente riporta i valori proposti dal S.C.S.; questi presuppongono una condizione "media" dello stato di umidità e saturazione del suolo anteriormente all'evento pluviometrico.

Tipo di copertura (uso del suolo):	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie:				
buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati:				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali (impermeabilità media %):				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	75	83	87
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabili, tetti	98	98	98	98
Strade:				
Pavimentate con cordoli - fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 2: valori di CN per diverse tipologie di uso del suolo

I valori di CN mostrati in tabella fanno riferimento a differenti tipologie idrologiche di suolo, dipendenti dalla permeabilità del terreno. La classificazione proposta dal SCS è la seguente:

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

Tabella 3: tipologie idrologiche di suolo (classificazione SCS)

Le condizioni di umidità del suolo nel bacino prima che inizi il ruscellamento costituiscono un ulteriore importante fattore che può condizionare il valore finale del CN. Nel metodo del CN, la condizione iniziale di umidità è classificata in 3 classi di AMC - Antecedent Moisture Condition:

1. **AMC I:** i suoli costituenti il bacino sono pressoché asciutti
2. **AMC II:** condizioni di umidità media
3. **AMC III:** I suoli costituenti il bacino sono pressoché saturi in conseguenza di precedenti eventi meteorici

Per tenere in considerazione anche le condizioni di umidità iniziale del terreno (i valori di CN della precedente tabella si riferiscono alla classe AMC II), il SCS suggerisce la seguente tabella di conversione:

AMC Classes			AMC Classes		
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

Tabella 4: tabella di conversione dei valori di CN in differenti classi AMC

Il calcolo della portata di progetto deve essere eseguito nelle condizioni più gravose di saturazione del terreno, vale a dire nella condizione AMCIII. La conversione fra CN(II) e CN(III) si può ottenere analiticamente per mezzo della seguente relazione che ben riproduce i valori della Tabella 4:

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

Nel caso di terreni variegati possono essere identificate le categorie fondamentali per definire un cosiddetto coefficiente CN pesato. Se, in particolare, si chiamano $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ le percentuali della superficie totale A, aventi rispettivamente valori del coefficiente $CN_1, CN_2, CN_3, \dots, CN_n$. Il valore del CN da assumere per il bacino è ricavabile col criterio "pesato" attraverso la relazione:

$$CN = p_1 CN_1 + p_2 CN_2 + p_3 CN_3 + \dots + p_n CN_n$$

La classe di suolo individuata per l'area in esame è la tipo B. Le tipologie di uso del suolo caratterizzanti i bacini di interesse sono riportati nella seguente tabella, assieme al relativo valore del CN(II):

Uso del Suolo		Tipo di Suolo SCS
Codice	Descrizione	B
1	Urbanizzato	85
2	Bosco	55

Tabella 5: tabella del valore CN relativo ai differenti usi del suolo per i bacini in esame

I valori di CN(II) e CN(III) dei bacini considerati sono riportati nella seguente tabella:

Corso d'acqua	Bacino	% copertura suolo			
Codice	A	Aree residenziali impermeabili 65%	Boscoso, copertura fitta	CN(II)	CN(III)
	Kmq	85	55	(-)	(-)
1	0.039	1%	99%	55.3	74.0
2	0.048	10%	90%	58.0	76.1

Tabella 6: Caratteristiche idrologiche calcolate per i bacini in esame

5.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione è stato quindi calcolato impiegando formule differenti, i risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

Tempo di corrivazione			Codice bacino	
			1	2
Kirpick	Tc	ore	0.05	0.07
Pasini	Tc	ore	0.03	0.05
Pezzoli	Tc	ore	0.02	0.04
Giandotti	Tc	ore	0.27	0.24
Ventura	Tc	ore	0.03	0.05
Turazza	Tc	ore	0.37	0.39
Viparelli	Tc	ore	0.05	0.07
Puglisi	Tc	ore	0.44	0.62
MEDIA	Tc	ore	0.16	0.19

Tabella 7 – Calcolo del tempo di corrivazione (TC) attraverso formule differenti.

Essendo i bacini di estensione molto ridotta, si ottengono dei valori di tc molto bassi con poco significato fisico e che non rispecchiano le dinamiche idrologiche per le caratteristiche delle aree in esame, queste sono infatti caratterizzate da forte pendenza ma, anche, da copertura di vegetazione ad alta capacità di ritenzione ed evapotraspirazione, perciò per esse, risulta plausibile stimare un valore di tempo di corrivazione non inferiore ai 15 minuti, pari a 0,25 ore.

Dopo aver determinato l'uso del suolo del bacino, grazie al metodo Curve Number (CN), sono state ricavate le altezze di pioggia netta e i coefficienti di deflusso per la stima delle portate massime scritta l'equazione di continuità nella forma:

$$Q = P - S'$$

Dove:

C.N. = Curve Number (dipende dalle caratteristiche del terreno)

S (mm) = $25400/CN - 254$ = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione

I (mm) = $0,2 \times S$ = volume massimo invasabile nelle depressioni e infiltrato

Pl = pioggia lorda critica affluita per $T_c = T_p$

Pn = Pioggia netta (mm) = $(P-I)^2 / (P-I+S)$

coeff. deflusso = Pioggia netta/pioggia lorda

da cui risulta che:

$$Q = (P-I)^2 / (P-I-S)$$

dove:

I = quota parte dell'afflusso che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali ($=0,2 \cdot S$).

Per la determinazione delle piene di progetto, stante l'assenza di misure dirette di portata, si è preferito orientarsi verso una metodologia tradizionale che ben si adatta per impluvi analoghi a quello studiato. Più in particolare è stata utilizzata la formula "razionale":

$$Q = \frac{A \cdot \delta \cdot h_c}{3,6 \cdot T_c}$$

dove:

- Q (m³/sec) = portata al colmo con tempo di ritorno di progetto
- δ = coefficiente di deflusso calcolato con il metodo C.N.
- A (km²) = superficie del bacino
- h_p (mm) = pioggia critica
- T_c (ore) = tempo di corrivazione

5.5 MODELLO NUMERICO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

La simulazione idraulica per la determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura delle aree scolanti, ovvero nella rete destinata a riceverle è stata effettuata, a partire dall'analisi precedentemente svolta attraverso il metodo Curve Number (CN), con l'utilizzo del modello idrologico-idraulico SWMM (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A.. I parametri stimati preliminarmente mediante il metodo descritto nei paragrafi precedenti sono stati funzionali alla corretta calibrazione del modello numerico impiegato.

Il modello descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sull'area di un bacino imbrifero e quindi in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori, consentendo di definire le portate nella configurazione attuale e di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti la rete drenante. Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso successive formule, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi. Le condizioni iniziali nel reticolo sono, invece, calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni tratto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente.

La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro-avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia.

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione è

modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione siano potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso è ovviamente nullo. E' presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si dispone di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste un'importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra. Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, è ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente portata lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete idrografica. Nel caso in esame, si sono esaminati tempi di pioggia con durate differenti, dai 15 minuti fino alle sei ore, e fissato l'intervallo temporale di calcolo della simulazione complessivamente in 24 ore, con ietogramma di ingresso di tipo triangolare. I parametri che occorrono fissare per la simulazione idrologica e quindi per la determinazione delle portate generate sono i seguenti:

- Caratteristiche fisiche e morfologiche dell'area sottesa (superfici impermeabili, aree verdi, strade ecc), che consentono di stimare le perdite e i coefficienti di deflusso, attraverso il metodo CN (caratteristiche del tipo di suolo);
- Ietogrammi di ingresso;
- Il metodo di analisi afflussi/deflussi (metodo SCS Curve Number).

Come anticipato, per la determinazione delle principali perdite idrologiche come evapotraspirazione, infiltrazione ed immagazzinamento nelle depressioni superficiali, è stato utilizzato il metodo CN. Il tempo di corrivazione o concentrazione, caratteristico del bacino, è il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura. Il coefficiente CN attribuisce ad ogni singola porzione di superficie, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura al fine di stimare il coefficiente di deflusso medio. Il metodo consiste essenzialmente di due parti: nella prima si stima il volume del deflusso risultante da una pioggia, nella seconda si determina la distribuzione nel tempo del deflusso e la portata al colmo. Rinviando ai testi d'idrologia (es. Ven Te Chow) l'illustrazione del metodo, nel seguito ci si limita a riportare gli elementi necessari alla sua applicazione.

Scritta l'equazione di continuità:

$$Q = P - S'$$

dove:

Q (mm) = volume defluito fino all'istante generico t;

P (mm) = volume affluito al medesimo istante;

S' (mm) = volume complessivamente perso = S*Q/P;

S (mm) = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione = 25.400/CN – 254.

La valutazione del coefficiente CN e la stima del coefficiente di deflusso (δ), per piogge con diverso tempo di ritorno TR, ha portato ai seguenti valori:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I - S)}$$

dove:

I = quota parte dell'afflusso che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali (=0,2*S).

Il tempo di corrivazione o concentrazione, caratteristico del bacino, è il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura. Per i bacini urbani il tempo di corrivazione t_c è descritto dalla somma di due termini:

$$t_c = t_r + t_p$$

- t_r rappresenta il tempo di ruscellamento ovvero il tempo che la particella d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del sottobacino di riferimento;
- t_p rappresenta il tempo di percorrenza ed è quello impiegato dalla particella per raggiungere, dal punto in ingresso alla rete, la sezione di controllo.

Le valutazioni e i calcoli descritti hanno consentito di stimare, per ciascun sottobacino, i valori del CN che insieme alle caratteristiche di permeabilità dell'area e alla stima del t_c hanno permesso di calibrare e simulare il modello idrologico e idraulico del bacino, per determinare gli idrogrammi e le portate di deflusso alle sezioni di interesse in moto vario.

Per la determinazione della portata generata dal bacino si è utilizzato il modello idrologico-idraulico **SWMM** (Storm Water Management Model) e per la calibrazione del modello si sono adottati i seguenti parametri:

- I valori di CN sono stati determinati per ciascun sottobacino come descritto nei paragrafi precedenti;
- lama d'acqua di detenzione superficiale su suolo impermeabile: 2,5 mm;
- lama d'acqua di detenzione superficiale su suolo permeabile: 5,0 mm;
- coefficiente di scabrezza secondo Manning su suolo impermeabile: 0,011 m^{-0,33} s;
- coefficiente di scabrezza secondo Manning su suolo permeabile: 0,26 m^{-0,33} s;

Il metodo di calcolo utilizzato, per l'implementazione del modello, è il Dynamic Wave, ossia definizione dei parametri idraulici del reticolo in moto vario e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione che delle

condizioni di monte e valle dinamiche per ogni nodo. I sottobacini scolanti sono stati caratterizzati da un valore di permeabilità, pendenza media, larghezza caratteristica della superficie di scolo e da un nodo di recapito. Nelle pagine seguenti si riportano i risultati delle simulazioni effettuate.

5.6 RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI/DEFLUSSI

Seguendo le metodologie sopra esposte, sono stati stimati gli idrogrammi defluenti da ciascun sottobacino per tutti gli eventi pluviometrici assegnati (al variare della durata di pioggia e del TR) e quindi la portata in transito istante per istante ed il carico piezometrico lungo il reticolo. Il metodo di calcolo utilizzato per l'implementazione del modello è il Dynamic Wave, ossia definizione dei parametri idraulici della rete in moto vario e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione del reticolo che delle condizioni di monte e valle dinamiche in ogni nodo.

Nelle pagine seguenti, suddivisi per durata di pioggia e tempo di ritorno, si riportano i risultati ottenuti e si riportano in particolare, per l'evento di pioggia di durata critica e tempo di ritorno TR 50 anni, lo ietogramma di ingresso e l'idrogramma delle portate alla sezione di chiusura. Si riportano in particolare i risultati per piogge di durata pari a 15 minuti e tempo di ritorno pari a 50 anni.

- **TR50 ANNI: DURATA DI PIOGGIA 15 MINUTI**

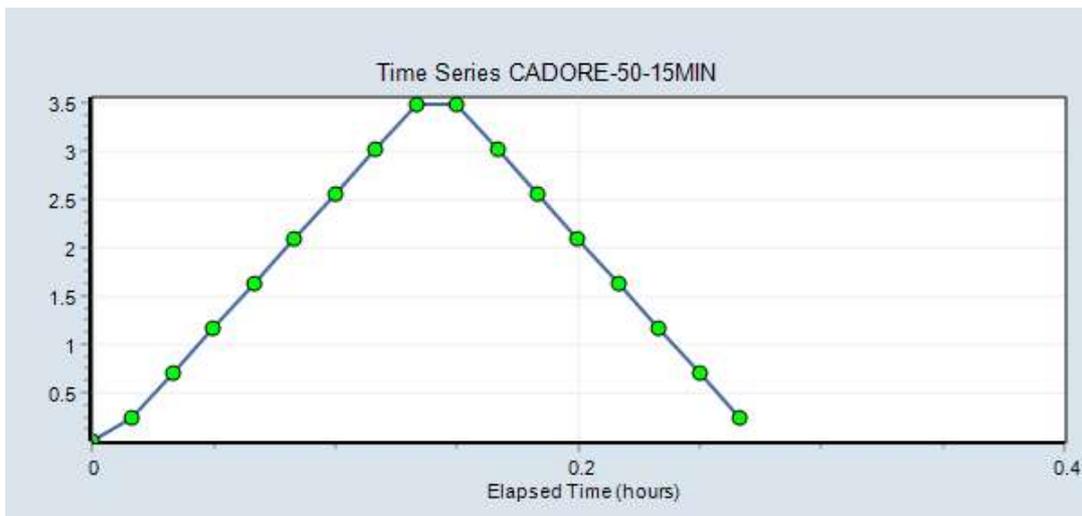


Figura 9 – Ietogramma per la stazione di Valle di Cadore, durata di 15 minuti e TR 50 anni

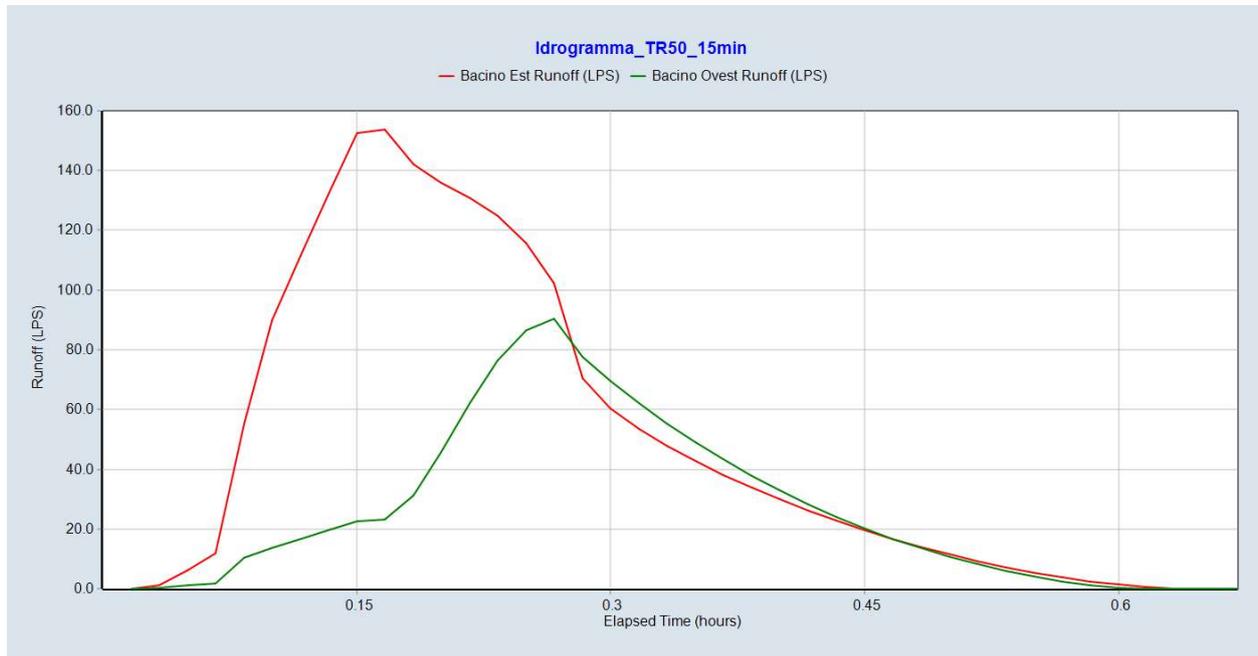


Figura 10 – Idrogramma di deflusso dei bacini in esame, pioggia di 15 minuti, TR 50 anni

	TR20	TR50	TR100	TR200
Durata 15 Minuti	Qmax (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)
BACINO OVEST	0.04	0.09	0.14	0.21
BACINO EST	0.13	0.15	0.22	0.27

Tabella 8 - Portate di punta per piogge critiche di durata 15 minuti e TR=20, 50, 100 e 200 anni

6 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA E DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

6.1 STATO DI FATTO

Allo stato di fatto le acque meteoriche afferenti ai bacini precedentemente individuati sono drenate mediante sistemi differenti. Per quanto riguarda il bacino a Ovest rispetto alla galleria di attraversamento (Bacino 1) le acque ruscellano verso valle mediante scorrimento superficiale, mentre il Bacino a Est rispetto alla galleria (Bacino 2) è caratterizzato da pendenze che convogliano le acque di pioggia verso un'asta torrentizia naturale di dimensioni ridotte. Questa è attualmente intubata a monte del tracciato stradale mediante condotta scatolare di dimensioni 0,6x0,7 m e sviluppo pari a circa 30 m con scarico nella rete fognaria mista esistente costituita da condotta circolare di diametro DN400 che attraversa la SS51. Tale condotta circolare ha uno sviluppo pari a circa 70 m e si innesta poi in una condotta a U di dimensioni pari a circa 0,3x0,25 m. Questa riceve anche le acque provenienti da una seconda condotta mista minore, di diametro DN200, che proviene dal tracciato stradale Sud della SS51.

6.2 RACCOLTA E DRENAGGIO DELLE ACQUE DI VERSANTE

Le portate di pioggia generate dai bacini individuati, calcolate nei paragrafi precedenti come descritto, allo stato di progetto saranno raccolte e drenate mediante canalette in calcestruzzo posizionate in sommità dei muri di sostegno. In particolare, la canaletta posta ad Est viene scaricata all'interno della nuova condotta DN600 in progetto che intercetta anche la condotta scatolare esistente. Le canalette previste saranno a sezione rettangolare di larghezza pari a 0,60 m e altezza pari a 0,60 m. Per quanto riguarda il bacino Ovest (Bacino 1) le acque di pioggia così raccolte saranno scaricate direttamente a valle della galleria in progetto verso cui saranno convogliate tramite sistemi di caditoie e collettori fino agli scoli disperdenti posti al piede della sponda in terra armata; si ritiene tale soluzione la più opportuna per l'imbocco Ovest in quanto, oltre a non essere presenti né raggiungibili reti di raccolta naturali e artificiali esistenti, consente di mantenere la continuità naturale delle dinamiche di ruscellamento verso valle, così come allo stato di fatto. Per quanto riguarda il bacino Est (Bacino 2), le acque di pioggia raccolte dalla canaletta sopra descritta, unitamente a quelle transitanti nella condotta scatolare esistente che sarà intercettata, saranno scaricate in una nuova condotta circolare DN600 in progetto, che aggirerà la piattaforma stradale riallacciandosi alla rete esistente poco più a valle, in corrispondenza dei parcheggi, ricongiungendosi alla condotta circolare di diametro DN400 della fognatura comunale mista esistente. Tale soluzione per l'imbocco Est permette, così, il collettamento e l'allontanamento delle portate meteoriche con minimo impatto e interferenza sui tracciati di progetto e sottoservizi esistenti, mantenendo il recapito finale attuale. I sistemi di raccolta e drenaggio di progetto sono illustrati in planimetria nella figura seguente.

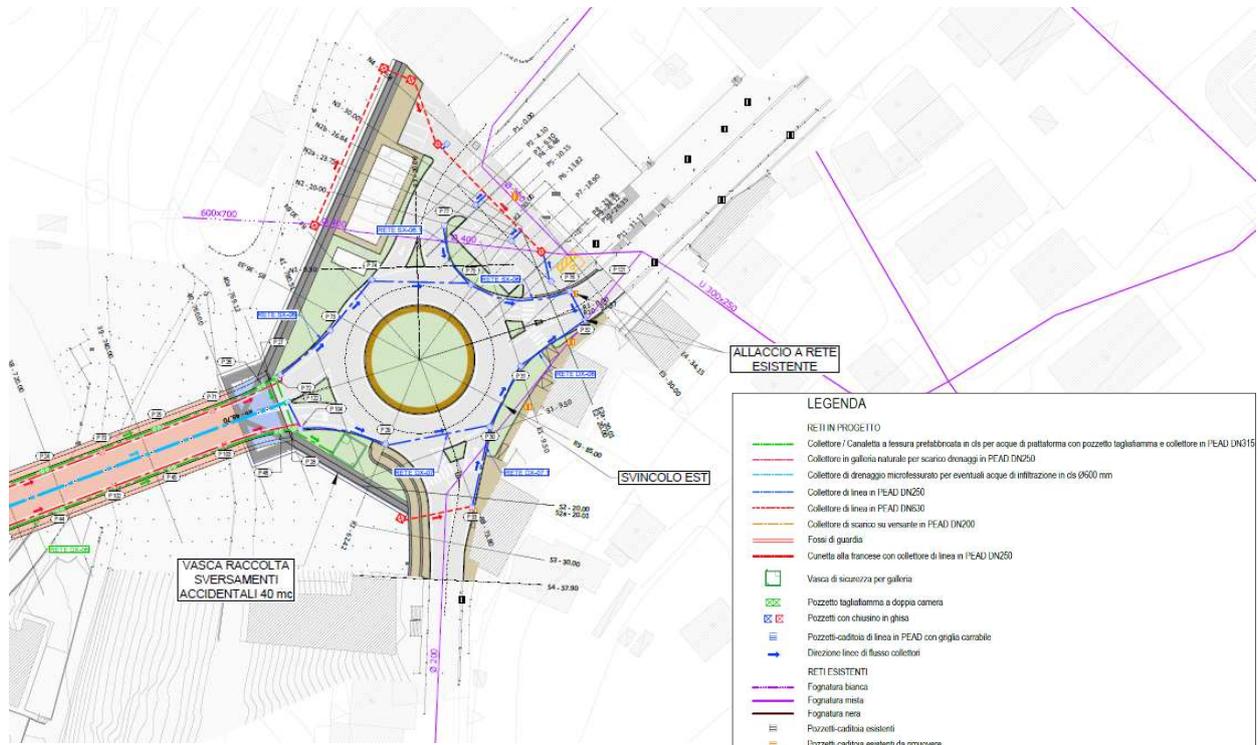


Figura 11 – Schema di progetto del sistema di raccolta delle acque meteoriche - Imbocco Est

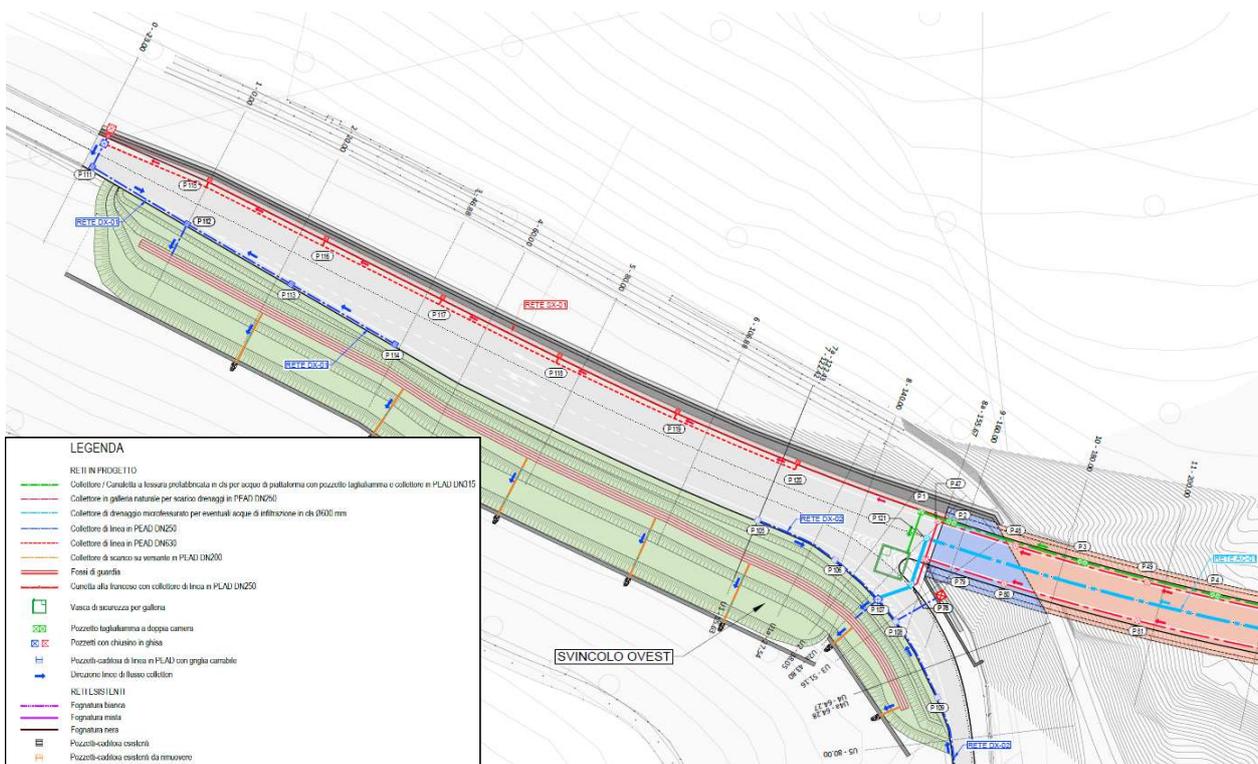


Figura 12 – Schema di progetto del sistema di raccolta delle acque meteoriche - Imbocco Ovest

Per semplicità ed economicità di realizzazione è stata adottata, dove possibile, una pendenza pari a quella delle superfici di progetto; le canalette e le tubazioni circolari previste presentano una pendenza media pari a circa 1% garantendo il drenaggio di tutte le portate di progetto anche con tempo di ritorno fino a 200 anni. La verifica delle condotte viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme. Fissati il coefficiente di scabrezza K_s , la pendenza longitudinale i si è in grado di determinare la sezione che permette il deflusso di una portata Q pari a quella massima di progetto precedentemente calcolata. La formula impiegata è la seguente:

$$Q = A K_s R_H^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- Q = portata;
- A = sezione liquida;
- K_s = coefficiente di Strickler;
- R_H = raggio idraulico;
- i = pendenza longitudinale.

I valori assunti del coefficiente di scabrezza secondo Strickler sono:

- $K_s=35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le canalette in conglomerato cementizio (cautelativo per canali in uso corrente)
- $K_s=80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le tubazioni in PeAD (tubazioni in uso corrente)

Si ottiene quindi una portata massima transitabile pari a:

- $Q_{\max} = 430 \text{ l/s}$ per le canalette di progetto in conglomerato cementizio
- $Q_{\max} = 520 \text{ l/s}$ per la nuova condotta di progetto in PeAD DN630
- $Q_{\max} = 340 \text{ l/s}$ per la condotta esistente in HDPE DN400 (pendenza media 4,5%)

Si riportano nella tabella seguente le verifiche idrauliche degli elementi che permettono il collettamento e lo scarico dei deflussi di versate:

Condotta	DN (mm)	i (%)	Q_{200} (l/s)	V (m/s)	Riempimento (%)
DEFLUSSI DI VERSANTE OVEST					
CANALETTA RETT.	0.6x0.6	1,00	210	1,03	57
SCARICO DN315	315	1,00	410	5,45	100
DEFLUSSI DI VERSANTE EST					
CANALETTA RETT.	0.6x0.6	1,00	270	1,10	70
CONDOTTA PeAD	630	1,00	270	2,17	52
CONDOTTA ESISTENTE	400	4,50	270	3,76	69

Tabella 9 – Verifica delle condizioni di deflusso dei collettori delle acque di versante, TR 200 anni

6.3 RECAPITO FINALE DELLE ACQUE METEORICHE

Le acque di versante raccolte e drenate mediante le canalette di progetto verranno convogliate ai rispettivi recapiti all'imbocco Est e all'imbocco Ovest, unendosi alle portate raccolte attraverso la rete di smaltimento delle acque di piattaforma. Tutte le acque meteoriche raccolte saranno quindi scaricate:

- **Imbocco Ovest:** attraverso gli scoli disperdenti posti lungo le terre armate del versante di valle;
- **Imbocco Est:** verso la rete fognaria comunale esistente.

Nella tabella seguente sono riportate sinteticamente le portate raccolte e i rispettivi recapiti di progetto

Bacino	Recapito finale	Portate drenate	TR20	TR50	TR100	TR200
			Qmax (m ³ /s)			
IMBOCCO OVEST	Scoli disperdenti su terre armate	Q versante	0.04	0.09	0.14	0.21
		Q piattaforma	0.06	0.10	0.14	0.20
IMBOCCO EST	Fognatura comunale	Q versante	0.13	0.15	0.22	0.27
		Q piattaforma	0.09	0.12	0.18	0.23

Tabella 10 - Portate di versante e di piattaforma ai rispettivi recapiti, TR=20, 50, 100 e 200 anni

La portata complessivamente scaricata dalla rete di raccolta Ovest per eventi di pioggia critici con tempo di ritorno TR200 anni è pari a 410 l/s, il fosso di raccolta su terre armate provvede all'invaso temporaneo delle portate ed è provvisto di 7 condotte di scarico verso la base del versante, mediante tubazioni DN200 in PEAD SN8 ancorate, con pendenza pari a circa 19%.

Come per le verifiche precedenti, si ottiene quindi, per ciascuna condotta di scarico:

Condotta	DN (mm)	L (m)	i (%)	Qmax (l/s)	Vmax (m/s)
SCARICO SU TERRE ARMATE					
SCARICO DN200	250	7,60	19,00	129,14	5,10

Tabella 11 – Verifica delle condizioni di deflusso degli scarichi in progetto, TR=200 anni

I sette collettori consentono quindi lo scarico di una portata massima pari a circa $7 \times 129,14 = 905$ l/s, valore superiore alla massima portata in ingresso anche per eventi di pioggia con TR200 anni.