Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Committente:

Regione Liguria
COMUNE DI SANT'OLCESE
CITTA METROPOLITANA DI GENOVA

Oggetto:

Lavori di risagomatura del Torrente Sardorella in loc. Vallombrosa a monte della briglia selettiva e consolidamento spondale di alcuni tratti di argine

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GENERALE E DESCRITTIVA DEL I LOTTO
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SCALA:

DATA: maggio 2020

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	
IDDE1258-1	I	D	D	E	1258		1

Dati Progettisti:

Studio ANSELMO Associati
Via Vittorio Emanuele n° 14
10023 CHIERI (TO)
tel./fax 011 9415835
e-mail: info@anselmoassociati.it

Dott. Ing. Virgilio Anselmo
Dott. For. Fulvio Anselmo
Collaboratori:
Dott. For. Davide Spada
Dott. Ing. Donato Vittore

Rev.	Redatto	Controllato	Approvato	Data	Timbri e Firme
0	Ing. D. Vittore	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	05/20	

ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA
Dott. Ing. VIRGILIO ANSELMO n. 3365 Y

Il Responsabile del procedimento:	FIRMA

File : 1258IDDE-1.doc

Indice

1 PREMESSA 1
2 VINCOLI 7
3 LO STATO DEI LUOGHI 8
4 ANALISI IDROLOGICA 9
4.1 Calcolo della portata con modello afflussi-deflussi 13
4.1.1 Le precipitazioni di riferimento 14
4.1.2 Caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino 15
4.1.3 Risultati 18
4.2 Calcolo della portata con metodo probabilistico 19
4.3 Valori di portata impiegati 20
4.4 Capacità di convogliamento dei manufatti esistenti 20
5 GLI INTERVENTI PROPOSTI 22
5.1 Osservazione preliminare relativa all'accessibilità dell'area 22
5.2 Decespugliamento e gestione della vegetazione d'alto fusto 22
5.3 Rimozione con trasporto, ricollocazione del materiale litoide e consolidamento delle sponde 23
5.3.1 Realizzazione di protezione contro erosione puntuale (attuale lotto funzionale) 23
5.3.2 Realizzazione di protezione della sponda destra (attuale lotto funzionale) 24
5.3.3 sopraelevazione dei muri di sponda esistenti (ulteriore finanziamento) 24
5.3.4 Asportazione del materiale a tergo della briglia (ulteriore finanziamento) 25
5.3.5 Ricollocazione del materiale asportato (ulteriore finanziamento) 25
5.3.6 Incanalamento scarico dalla ferrovia (ulteriore finanziamento) 26
5.3.7 Realizzazione di briglia a fessura a monte della ferrovia (ulteriore finanziamento) 26
6 QUADRO ECONOMICO 27
7 PRIMO LOTTO FUNZIONALE 29
8 RIFERIMENTI 30
9 ELENCO ELABORATI 31
APPENDICE - A . Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico Hec-1, dei criteri di elaborazione delle precipitazioni e ietogrammi di progetto 33
APPENDICE - B - Documentazione fotografica 39

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

1 PREMESSA

Il Torrente Sardorella è uno dei due corsi d'acqua che, confluendo in corrispondenza del concentrico di Piccarello, determinano condizioni di pericolosità per il centro abitato. In particolare, il Torrente Sardorella attraversa la S.P. e riceve, in corrispondenza di una svolta a 70° verso Ovest, un tronco d'alveo originato dalla confluenza del Rio Ciubeca, Fosso Gazu, Rio Gazzo. La sommatoria dei contributi risulta in grado di inondare il nucleo abitato, tra cui gli edifici comunali.

La situazione è chiaramente riassunta nella cartografia del rischio idraulico evidenziato nella corografia tratta dal Piano di bacino del Polcevera

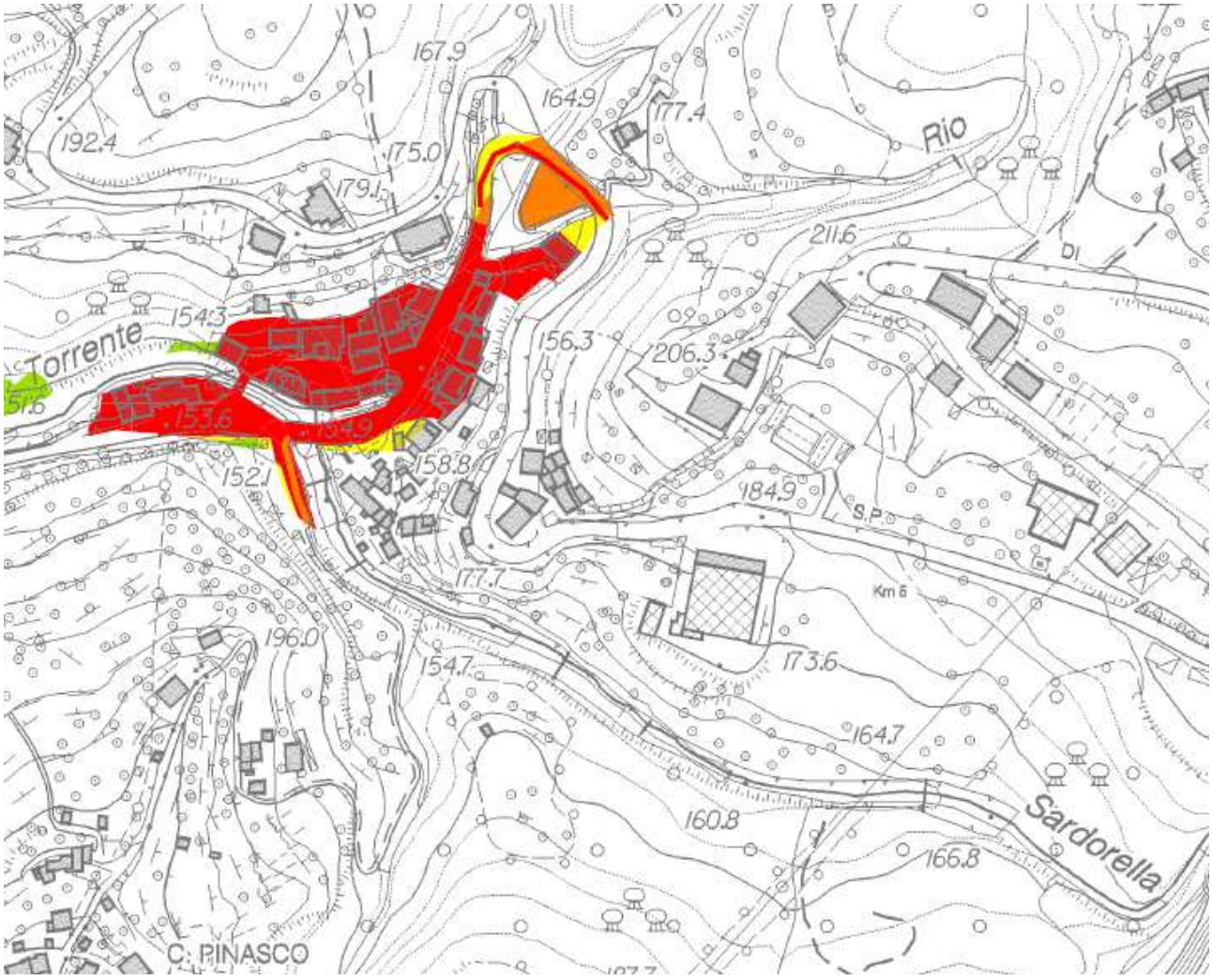


Figura 1-1 – Corografia di Piccarello con il tronco di Rio Sardorella in uscita dalla media valle (dal Piano di Bacino del Torrente Polcevera, Tavola 5 - Carta del rischio idraulico).

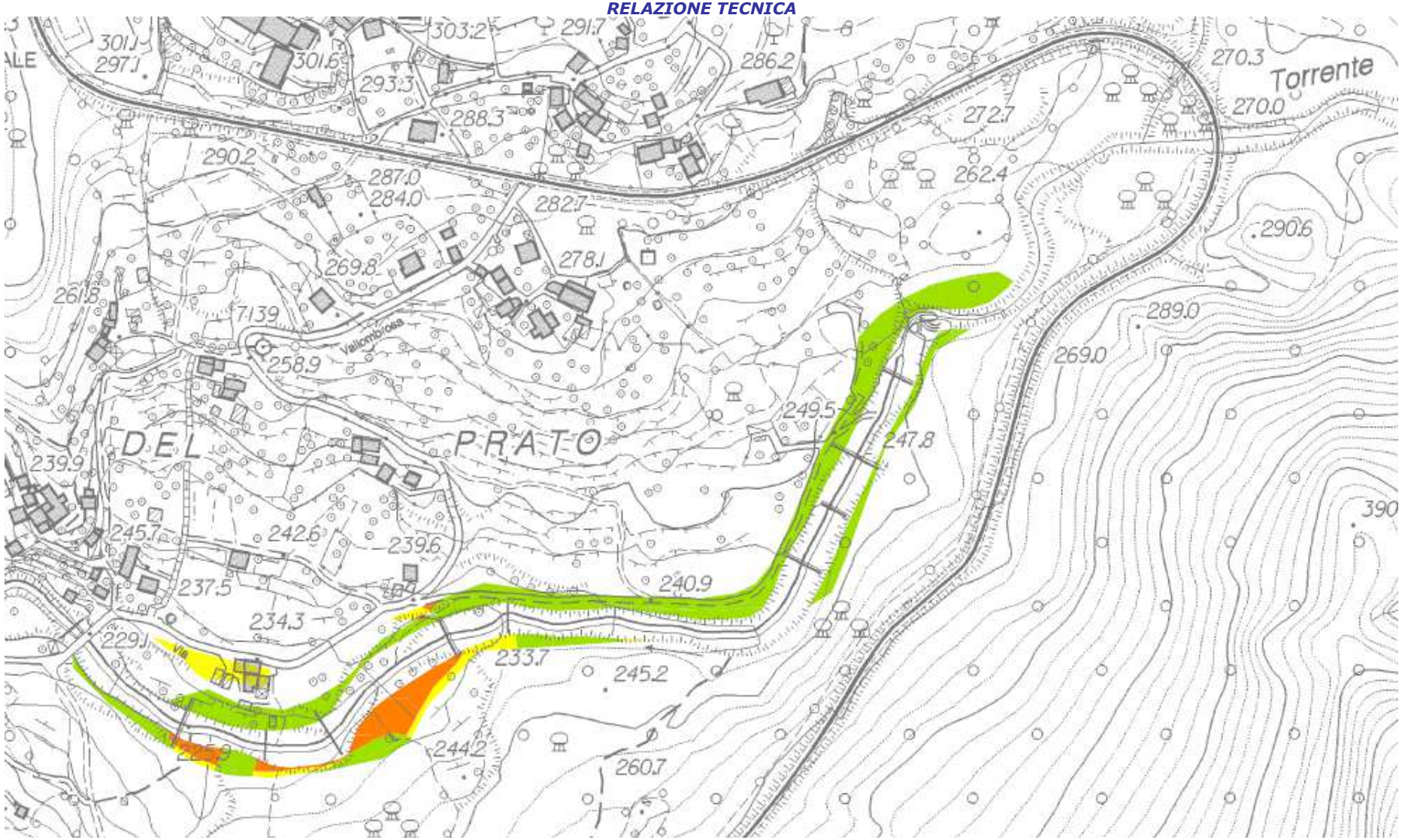


Figura 1-2 – Porzione mediana del bacino del Torrente Sardorella oggetto dell'intervento di risagomatura e consolidamento dal Piano di Bacino del Torrente Polcevera, Tavola 5 - Carta del rischio idraulico).

di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

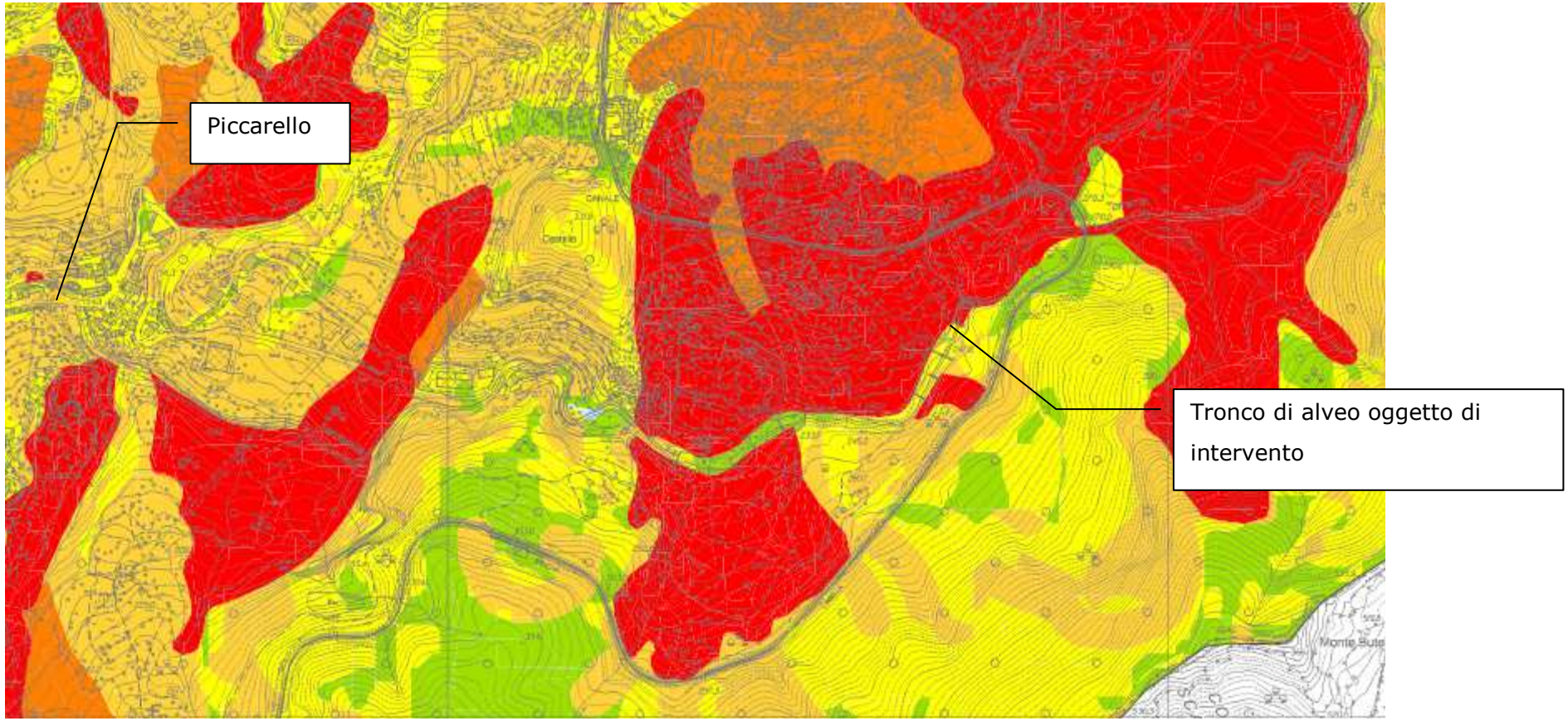


Figura 1-3 - Cartografia della suscettività al dissesto che appare molto elevata su tutto il tronco di interesse. Si faccia riferimento alla ferrovia e alla posizione di Piccarello, all'estrema sinistra della figura (dal Piano di bacino del Torrente Polcevera Tavola 213120)

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

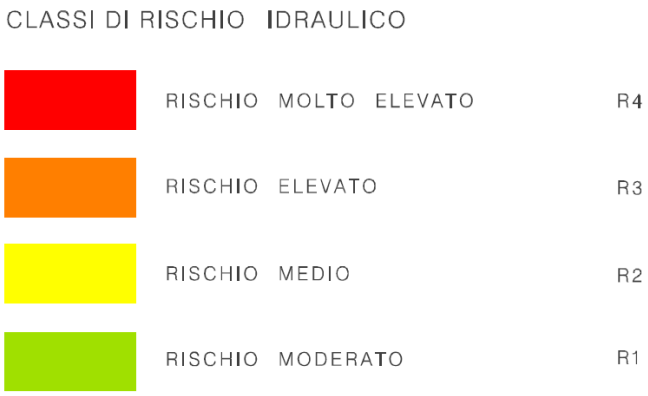


Figura 1-4 – Legenda della Carta del rischio idraulico

Nello stesso elaborato del Piano di bacino, il medio bacino del Sardorella, sede dell'intervento in oggetto, viene cartografato come soggetto a rischio moderato con settori a rischio medio e elevato, come indicato nella Figura 1-2.

Il Rio Sardorella drena un bacino idrografico caratterizzato da una elevata suscettività al dissesto, come indicato nella Figura 1-3 che, di fatto, condiziona gli interventi e li limita ad un ruolo passivo. Scopo del progetto è pertanto assicurare, stabilizzando le sponde, la disponibilità di volumi adeguati ad accogliere i materiali litoidi immessi in alveo dai dissesti in atto sui versanti. I dissesti in parola sono imponenti, mobilizzano materiali prevalentemente fini, ma il volume è pressoché incalcolabile.

L'acquisizione speditiva di informazioni è ostacolata dalla assenza di viabilità, anche solo sentieristica, che permetta di accedere al versante e pertanto l'approfondimento è necessariamente demandato ad una indagine conoscitiva dedicata allo scopo.

Il Rio Sardorella è stato oggetto di un importante intervento da parte del settore regionale delle opere pubbliche che, in sostanza, ha stabilizzato il fondo dell'alveo con una serie di soglie di fondo a valle di una briglia la cui funzione selettiva è ormai esaurita, che tuttavia, riducendo la pendenza del tronco a monte, ha permesso la sedimentazione di importanti volumi di materiale. Soprattutto lungo la sponda sinistra, sono presenti muri di collegamento fra le briglie. La situazione è chiaramente visibile nella ripresa LiDAR.

Marita segnalare che, in base alla cartografia disponibile, l'intervento ha imposto significative variazioni di assetto dell'alveo che non sono state trasferite nel catasto terreni.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 1-5 – Vista verso valle di una sezione dell'alveo in cui la corrente si insinua fra i fronti dei franamenti originati sui versanti opposti (foto 2358-DSC03082 in data 29.11.2018)



Figura 1-6 – Versante sinistro con evidenti tracce del movimento che coinvolge la vegetazione (foto 2358-DSC03081 del 29.11.2018)

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

L'ulteriore aspetto rilevante del settore di bacino percorso dal tronco di Rio Sardorella in oggetto è il totale abbandono dal punto di vista dell'attività agricola, eccetto che in una isolata porzione in sponda destra, presso la briglia selettiva. La vegetazione ha invaso il fondovalle adiacente al corso d'acqua dove sono individuabili resti di terreni a frutteto e forse pascolo.
Al quadro di abbandono, si aggiunge lo scarico delle acque raccolte in un impluvio che attraversa la ferrovia a cui si aggiungono anche acque intercettate dal rilevato ferroviario stesso. Le acque in parola, dopo un iniziale salto in roccia, scendono in un alveo non individuato perché praticamente impercorribile, di cui è però stato individuato lo sbocco nel Sardorella a ridosso della spalla sinistra di una briglia.
La proposta di intervento prevede la realizzazione di muri di sponda aventi il duplice scopo di:

a. delimitare l'alveo fra le briglie evitando fenomeni di erosione del piede delle sponde mediante la realizzazione di protezioni spondali in gabbioni;
b. risagomare l'alveo con l'asportazione dei materiali litoidi necessari per la realizzazione delle gabbionate;
c. ritombare con materiali provenienti dalla risagomatura dell'alveo il volume a tergo delle gabbionate realizzate lungo la sponda destra.

La progettazione dell'intervento finanziato ha reso indispensabile una indagine generale sul tronco di bacino di interesse in quanto il finanziamento disponibile non consente di attuare l'obiettivo dell'amministrazione, contenuto nel titolo del progetto, che vorrebbe pervenire ad una ragionevole riduzione del volume immagazzinato a tergo della briglia di trattenuta con la conseguente risagomatura utile per fare spazio agli apporti degli eventi futuri. Preso atto dell'impossibilità di trasportare fuori bacino il materiale asportato per le caratteristiche di tracciato e dimensioni della viabilità esistente, l'indagine generale sopra citata ha individuato come procurare spazio per collocare circa dieci mila metri cubi di materiale nell'ambito del completamento dell'attuale progetto di consolidamento delle sponde. Pertanto, la citata indagine ha assunto il ruolo di progetto di fattibilità tecnico-economica che ha portato alla formulazione di un quadro economico di cui il progetto attualmente finanziato costituisce un primo lotto funzionale. In questo primo lotto, si consolida, in particolare, la sponda destra dove, fra le briglie esistenti, si stanno verificando erosioni; contestualmente si ottiene la ricalibratura dell'alveo a valle della briglia di trattenuta. La risagomatura a monte della briglia, che compare nel titolo del progetto, non può essere realizzata se non con una integrazione di finanziamento, che però trova già, nella citata indagine, le indicazioni delle opere da eseguire. Le intenzioni dell'amministrazione e le conclusioni della citata indagine acquistano significato a fronte dell'evoluzione dei processi idraulici nel bacino, dove gli eventi del novembre 2019 hanno portato all'esaurimento della capacità della briglia, che da "selettiva" è ormai diventata di "trattenuta". L'accumulo a monte è stato rimaneggiato con incisione del deposito esistente e

trasporto dei materiali a ridosso della briglia con sovralluvionamento e intasamento a raso del coronamento.



Figura 1-7 – Aggiornamento della situazione dell'accumulo a tergo della briglia e particolare del suo coronamento (foto del 7 maggio 2020)





Figura 1-8 – Innalzamento del livello dell'accumulo a monte della briglia valutato con riferimento al muro cellulare realizzato a sostegno della pista di accesso che nel novembre 2018 emergeva per circa un metro, mentre ora è quasi sepolto

2 VINCOLI

I vincoli presenti nel bacino di interesse sono contenuti nell'elaborato tratto dal Piano di bacino del Torrente Polcevera.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

L'intera porzione di territorio di interesse è compresa nel vincolo idrogeologico. Inoltre, all'esterno dell'alveo oggetto dell'intervento proposto ma includendo la sponda destra, si trova l'area oggetto di attenzione perché classificata come "abitati da consolidare".

Per quanto accertato, non esistono vincoli ambientali (SIC o ZPS). Resta la necessità di ottemperare a quanto disposto dal R.D. 523/1904 e l'assoggettamento alla richiesta di autorizzazione paesaggistica.

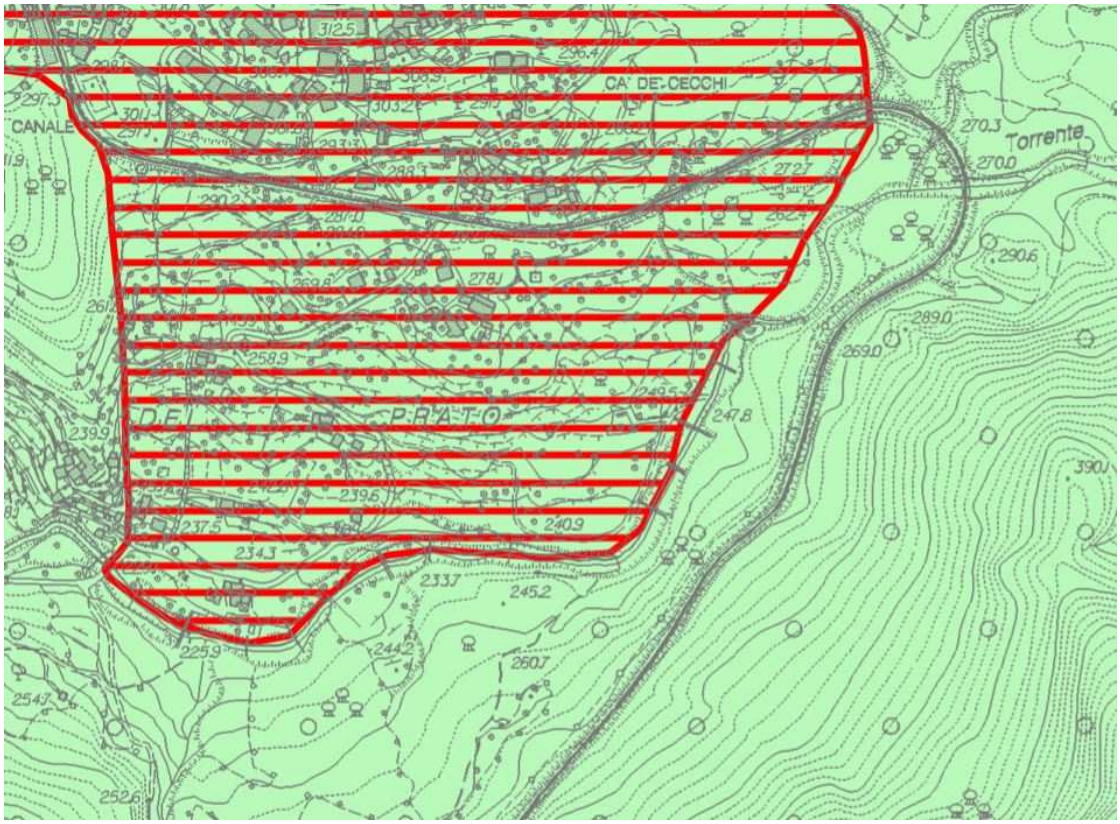


Figura 2-1 – Vincoli presenti nel settore di bacino oggetto dell'intervento proposto (da Piano di bacino del Torrente Polcevera).

3 LO STATO DEI LUOGHI

Lo stato dei luoghi è documentato dal rilievo LiDAR effettuato per conto delle Regione Liguria. Il rilievo immesso in Global Mapper permette di individuare le caratteristiche metriche essenziali per la progettazione degli interventi. Lo stato dei luoghi è tale per cui il rilievo a terra

dei particolari è stato rinviato alla conclusione dell'intervento di decespugliamento, in modo da poter accedere al terreno.

Al fine della proposta di intervento si deve tener presente quanto segue:

1) Il materiale accumulato a tergo della briglia, con totale sommersione dei terreni privati originariamente adiacenti all'alveo, è facilmente raggiungibile e rimovibile dalla pista di accesso che scavalca la spalla destra della briglia. Il materiale è eterogeneo e se ne può prevedere la rimozione della sola frazione ciottolosa abbandonando al trasporto naturale la porzione fine;
2) L'alveo, correttamente sistemato a soglie, presenta accumuli di materiale ciottoloso la cui rimozione ha dato senso alla proposta di realizzare il consolidamento delle sponde mediante gabbionate il cui riempimento sarà realizzabile proprio ricavando, previa vagliatura, il detto materiale dall'alveo. Anche in questo caso, la porzione fine verrebbe abbandonata in alveo o utilizzata per integrare i materiali utilizzati per il riempimento a tergo della linea di sponda;
3) I terreni a lato dell'alveo sono totalmente abbandonati da anni e sede di vegetazione invasiva. La sistemazione proposta permette di ottenerne l'utilizzazione eventualmente da parte di soggetti terzi interessati. Non si esclude la possibilità che i privati procedano all'accorpamento di terreni in sede di frazionamento;
4) L'intervento proposto potrà essere realizzato secondo lotti funzionali a partire da monte, una volta realizzate le difese spondali di consolidamento.

4 ANALISI IDROLOGICA

Lo strumento conoscitivo in merito all'idrologia di piena del T. Sardorella è rappresentato dal "*Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico nel bacino del torrente Polcevera*" (Regione Liguria 2003, ultima modifica 2017).

La portata di piena da assumere nella progettazione relativa ad opere strutturali è quella con tempo di ritorno duecentennale (Tr = 200 anni), indicata nella Relazione Generale del Piano (art. 7 NdA).

Nell'ambito del Piano citato, vengono assegnati i valori di portata al colmo in sezioni di chiusura di interesse calcolati sulla base di un modello di trasformazione afflussi-deflussi (Allegato 2 alle Norme di Attuazione del Piano e "*Carta dei sottobacini e di ubicazione delle sezioni di chiusura*").

Il valore di portata puntuale indicato nel Piano, nella posizione più vicina all'area di interesse, è riferito alla sezione di chiusura posta in prossimità del ponte di Vicomorasso (identificativo SAR1, riferimenti in Figura 4-1 e Tabella 4-1).

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

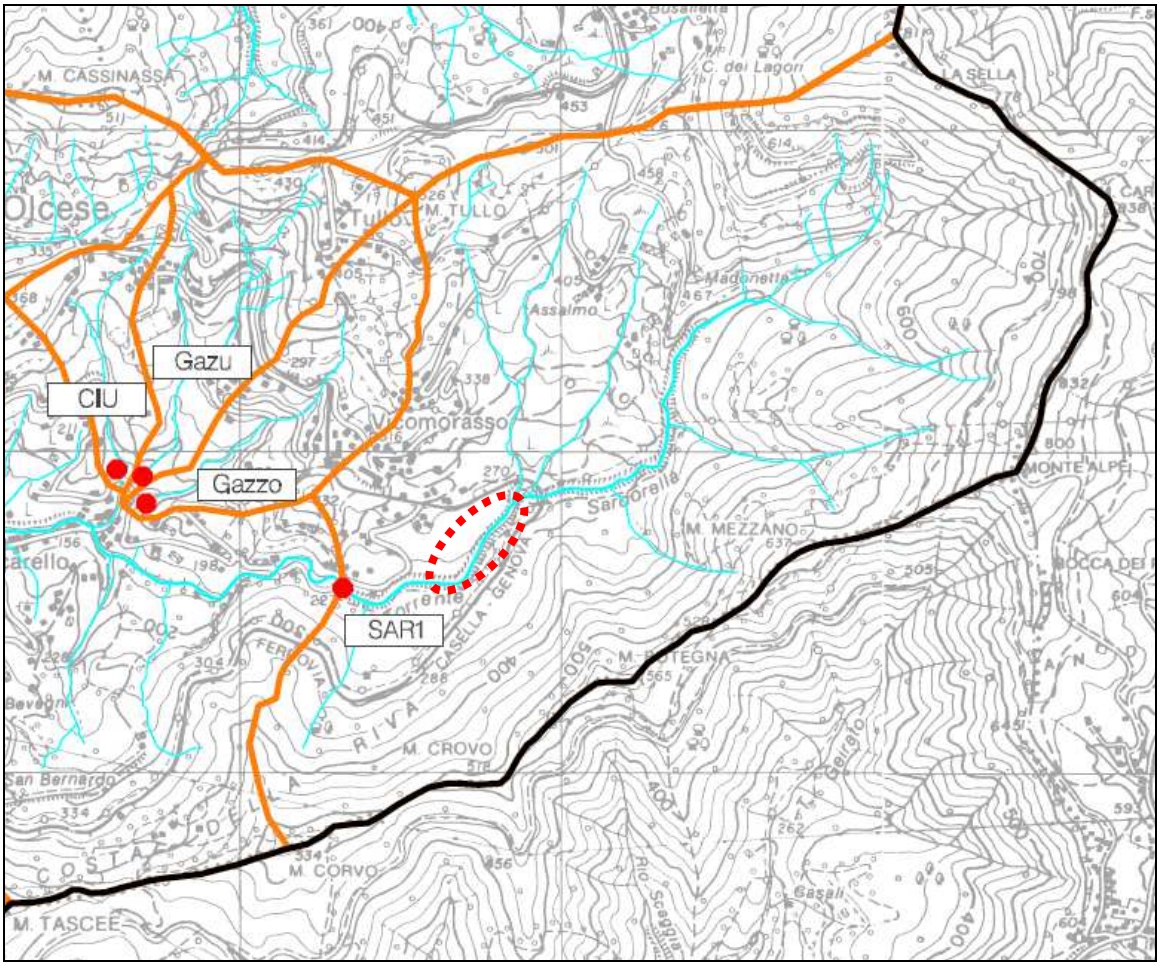


Figura 4-1. Bacini idrografici a monte di Piccarello (tratto da "*Carta dei sottobacini e di ubicazione delle sezioni di chiusura*"). La linea rossa a tratti indica il tronco di alveo oggetto di intervento.

Tabella 4-1. Indicazione dei valori di portata di piena al colmo per le sezioni di chiusura poste sul T. Sardorella (tratto da Piano di Bacino Torrente Polcevera).

Sezione di chiusura	Sottobacino	Superficie sottesa alla sez. di chiusura (Km²)	Portate di piena al colmo (m³/s)		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
SAR4	Sardorella	13,7	245	290	325
SAR3	Sardorella	9,57	197	245	280
SAR2	Sardorella	6,48	115	140	160
SAR1	Sardorella	3,59	70	90	100

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Ai fini del presente studio, il valore della portata di riferimento nella sezione di chiusura di interesse, verrà calcolato sulla base di quanto riportato nelle NdA, che riferiscono i criteri da impiegare per il calcolo della portata nelle sezioni dei corsi d'acqua ove il Piano non ne indica il valore.

La procedura impiegata fa riferimento alle indicazioni della DGR 359/2008 "*Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri*".

Nel caso in esame si prevede quanto segue:

1) Calcolo della portata con modello afflussi-deflussi (riferimenti al par. 4.1).
2) Calcolo della portata con metodo probabilistico (riferimenti al par. 4.1.1).

Operativamente la portata di piena viene valutata alle seguenti sezioni di chiusura (riferimenti in Figura 4-2):

- Sezione di chiusura 1: posta sul primo tributario di destra immediatamente a monte della confluenza con il T. Sardorella;
- Sezione di chiusura 2: posta sul secondo tributario di destra immediatamente a monte della confluenza con il T. Sardorella;
- Sezione di chiusura 3: posta sul T. Sardorella immediatamente a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria.
- Sezione di chiusura 4: posta sul T. Sardorella a valle dell'attraversamento della ferrovia. Il bacino idrografico sotteso tiene conto dei tributari laterali sottesi alle sezioni 1 e 2.

La delimitazione dei bacini idrografici è avvenuta secondo la seguente procedura:

1) Esame della morfologia con riferimento al DTM - Modello Digitale del Terreno da CTR 1:5000 dal 2007 II ed. 3D/DB Topografico passo 5 m della Regione Liguria.
2) Esame delle direzioni di flusso elaborate in ambiente WMS® mediante il codice Topaz in riferimento al DTM.

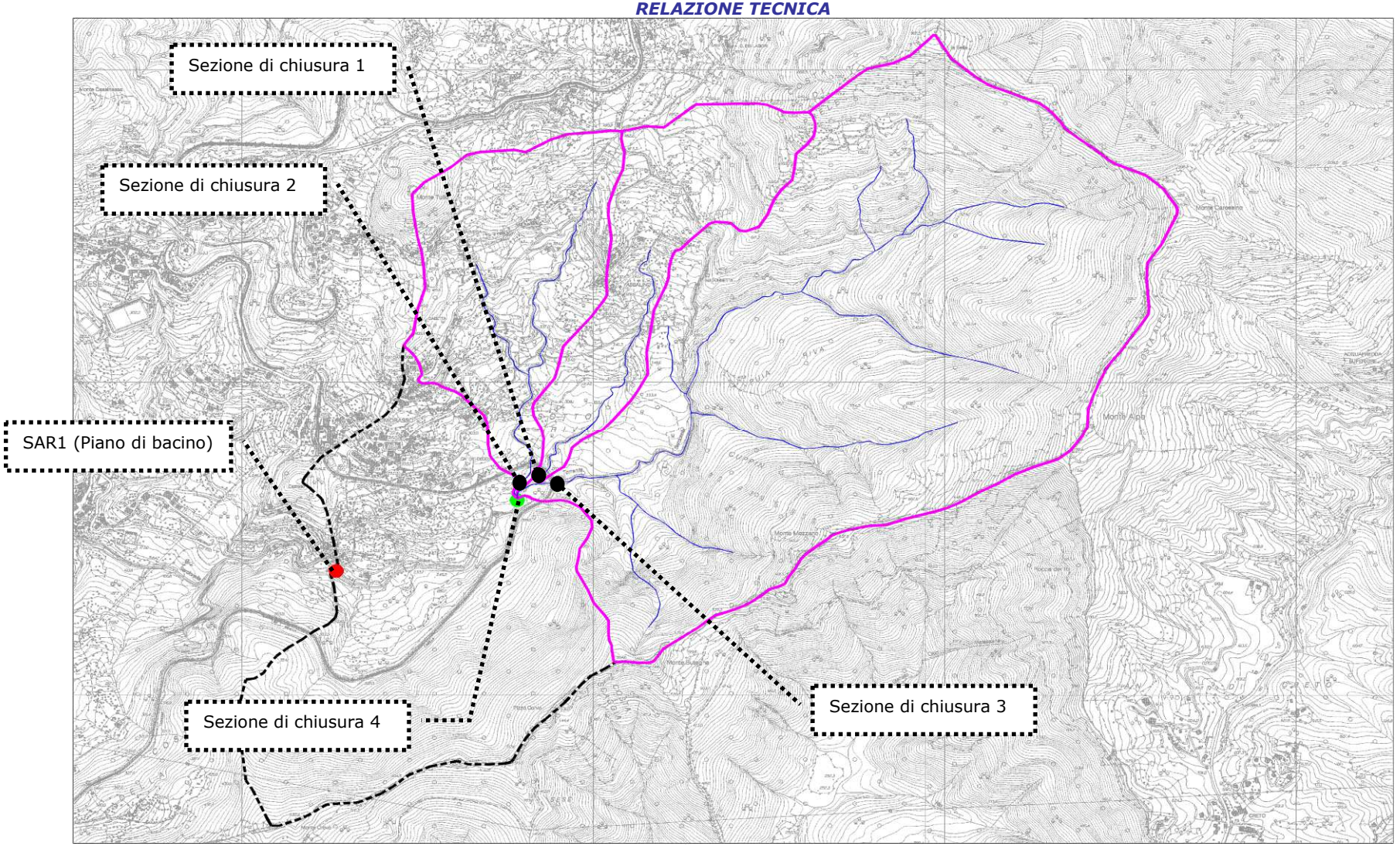


Figura 4-2. Rappresentazione del bacino idrografico oggetto di studio e della suddivisione in sottobacini: in magenta lo spartiacque, in blu la rete idrografica, in rosso la sezione di chiusura individuata nel Piano di Bacino (Codice SAR1) in verde la sezione di chiusura 4.

di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

I parametri morfometrici dei bacini idrografici esaminati sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Unità di misura	Sezione di chiusura 1	Sezione di chiusura 2	Sezione di chiusura 3	Sezione di chiusura 4
Area sottesa	km^2	0.33	0.43	1.89	2.65
Lunghezza dell'asta principale	km	1.14	0.98	2.09	2.15
Altitudine media	m s.l.m.	434.6	392.3	545.5	5.05.3
Pendenza media dei versanti	m/m	0.3386	0.3256	0.5822	0.5102
Pendenza media dell'asta	m/m	0.172	0.1372	0.1716	0.1676

4.1 Calcolo della portata con modello afflussi-deflussi

Il calcolo delle portate di piena con modellazione afflussi-deflussi è stato effettuato mediante la predisposizione di un modello numerico (codice di calcolo Hec-1) attivato secondo i criteri del metodo SCS.

Il modello è alimentato con uno ietogramma di durata crescente fino a trovare la condizione che produce il valore massimo della portata al colmo.

La descrizione dello schema della formazione del deflusso e del modello numerico sopra citato è riportata in APPENDICE - A.

In sintesi la procedura con cui HEC-1 schematizza il processo di formazione del deflusso, prevede che per ogni sottobacino vengano forniti i parametri morfometrici di interesse (area, pendenza media dei versanti, lunghezza dell'asta, etc.). Il contributo di ogni sottobacino viene sommato in corrispondenza delle confluenze per calcolare, alla fine del tratto considerato, l'idrogramma in uscita. Il programma richiede la precipitazione ragguagliata dell'evento in esame o l'assegnazione di uno ietogramma di progetto. Il software provvede, per ogni sottobacino, al calcolo del "tempo di ritardo" (TL), in base alla formula di Mockus. Il tronco d'alveo, che collega due sezioni di chiusura di sottobacini successivi ed in cui sono possibili fenomeni di invaso e quindi di laminazione, viene trattato con le relazioni tipiche della propagazione (per esempio, metodo Muskingam-Cunge) una volta inseriti i caratteristici (lunghezza, pendenza media, forma della sezione e scabrezza. Nello schema si immagina che l'interbacino, ossia il versante che contribuisce ad un tronco d'alveo, contribuisca per intero confluendo alla sezione di chiusura del sottobacino immediatamente a valle ove si sommano così gli idrogrammi (quello proveniente da monte laminato lungo il tronco d'alveo, quello dell'interbacino, e quello del sottobacino confluente nel tronco).

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Si precisa che, per completezza di indagine, le portate di piena sono state definite per tr 50, 200 e 500 anni. I risultati del calcolo sono riferiti nel par. 4.3.

4.1.1 LE PRECIPITAZIONI DI RIFERIMENTO

Ai fini del calcolo è stato impiegato il regime pluviometrico locale definito nell'ambito della DGR 359/2008 (riferimenti in Parte I. Linee guida - Appendice II della citata Direttiva).
La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto viene effettuata tramite la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.
Le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP), che caratterizzano il regime pluviometrico delle piogge puntuali di forte intensità e breve durata, sono espresse nella forma seguente:

$$h = \alpha_1 \, \omega_T \, d^v$$

in cui:
h = altezza di pioggia (in mm);
α_1 = coefficiente di scala (pioggia indice – coefficiente pluviometrico orario);
ω_T = fattore di crescita di frequenza (coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno);
d^v = durata (in h) ed parametro di scala temporale.

Il fattore di crescita di frequenza (ω_T), per la distribuzione GEV utilizzata, assume la forma seguente:

$$\omega_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\{1 - \left[ln\left(\frac{T}{(T-1)}\right)\right]^k\right\}$$

in cui:
ε = parametro di posizione;
α = parametro di scala;
k = parametro di forma della distribuzione.

Nel caso in esame sono stati assunti i parametri pluviometrici ricavati dalle osservazioni della stazione pluviometrica di Crocetta d'Orero (che dista circa 3.5 km dal baricentro del bacino di interesse) descritti nella seguente tabella:

Tabella 4-2. Parametri pluviometrici per la stazione di Crocetta d'Orero impiegati per la definizione delle precipitazioni di progetto (tratto da *"Criteri di verifica e valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena nei bacini idrografici liguri. Parte I Linee guida"*. Appendice II Tabella A1).

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

ID. Stazione	Nome Stazione	Parametro di posizione ε (-) (-)	Parametro di scala α (-)	Parametro di forma k (-)	Pioggia indice a_1 (mm/h^v)	Esponente di scala v (-)
2092	Crocetta D'orero	0.804	0.313	-0.049	40.3	0.387

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Nella successiva Tabella 4-3 sono riportate le altezze di pioggia di durata crescente impiegate per alimentare il modello afflussi-deflussi fino a trovare la condizione che produce il valore massimo della portata al colmo.

Tabella 4-3. Altezze di pioggia impiegate per il calcolo delle portate di piena.

Durata	Altezza di pioggia (mm)		
(h)	Tr 50	Tr 200	Tr 500
1	86.5	108.6	123.9
2	113.3	142.1	162.2
3	132.5	166.2	189.7
4	148.2	185.8	212.1
5	161.5	202.6	231.2

4.1.2 CARATTERISTICHE GEOPEDOLOGICHE E VEGETAZIONALI DEL BACINO

Viene impiegato il metodo SCS (Soil Conservation Service) che sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN (Curve Number). Il CN, che definisce la relazione precipitazione-volume di deflusso, rappresenta dunque l'attitudine di una porzione di territorio di produrre deflusso viene calcolato in modo indiretto sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

La determinazione del CN è avvenuta considerando uno stato di imbibizione elevato (AMC-III) in cui l'evento pluviometrico si sviluppa con il terreno pressoché saturo ([1]).

L'assegnazione del valore di CN è avvenuta mediante l'incrocio fra l'informazione relativa alla copertura ed uso del suolo e quella relativa al tipo idrologico di suolo. Tale operazione è effettuata in ambiente GIS una volta resi disponibili la delimitazione del bacino, la carta del tipo idrologico del suolo e la carta dell'uso del suolo.

I dati richiesti sono stati ottenuti dalle seguenti fonti:

([1]) Riferimenti nel par. 2.7.2.1 della Relazione del Piano di Bacino del Torrente Polcevera.

1) I dati riferiti alla copertura ed all'uso del suolo sono stati ricavati dalla cartografia tematica (Uso del suolo 1:10000 ed. 2018) distribuita dalla Regione Liguria in formato shapefile ([2]). Riferimenti in Figura 4-3.
2) Il comportamento idrologico del suolo (determinato dal tipo idrologico), in assenza di cartografia specifica, è stato ricavato mediante l'incrocio fra informazioni derivanti da carte geologiche e litologiche (scala 1:50 000 edizione 2017). A ciascuna classe litologica è stata attribuita l'appartenenza ad un tipo idrologico di suolo secondo quanto riportato in Tabella 4-4. Le elaborazioni delle informazioni sono state effettuate in ambiente GIS (vedi Figura 4-4) e, prevalentemente, identificano il suolo come tipo C (bassa infiltrabilità se saturo).

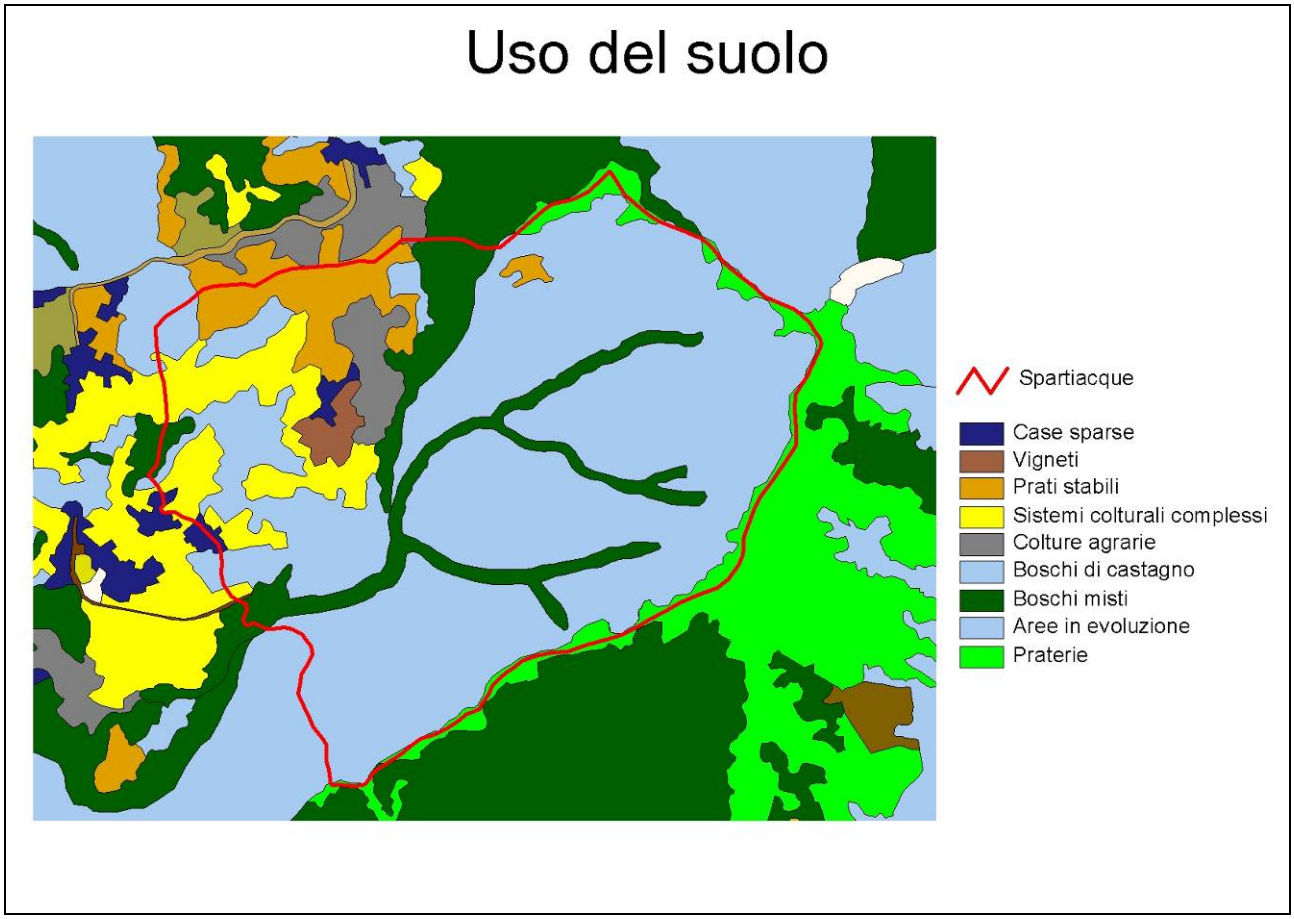


Figura 4-3. Uso del suolo per il bacino idrografico di interesse.

([2]) La cartografia è stata redatta mediante fotoanalisi e fotointerpretazione di immagini digitali aeree AGEA 2016 e satellitari ad alta risoluzione Google Earth e Bing Maps 2018.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Tabella 4-4. Attribuzione del tipo idrologico di suolo (secondo SCS) alle classi litologiche.

Classe Litologica - Descrizione	Tipo idrologico	Velocità di infiltrazione (mm/h)
Depositi alluvionali	A	11.4/7.6
Coperture sciolte	A	11.4/7.6
Flysch argillitici	C	3.8/1.3
Flysch calcareo-marnosi	C	3.8/1.3

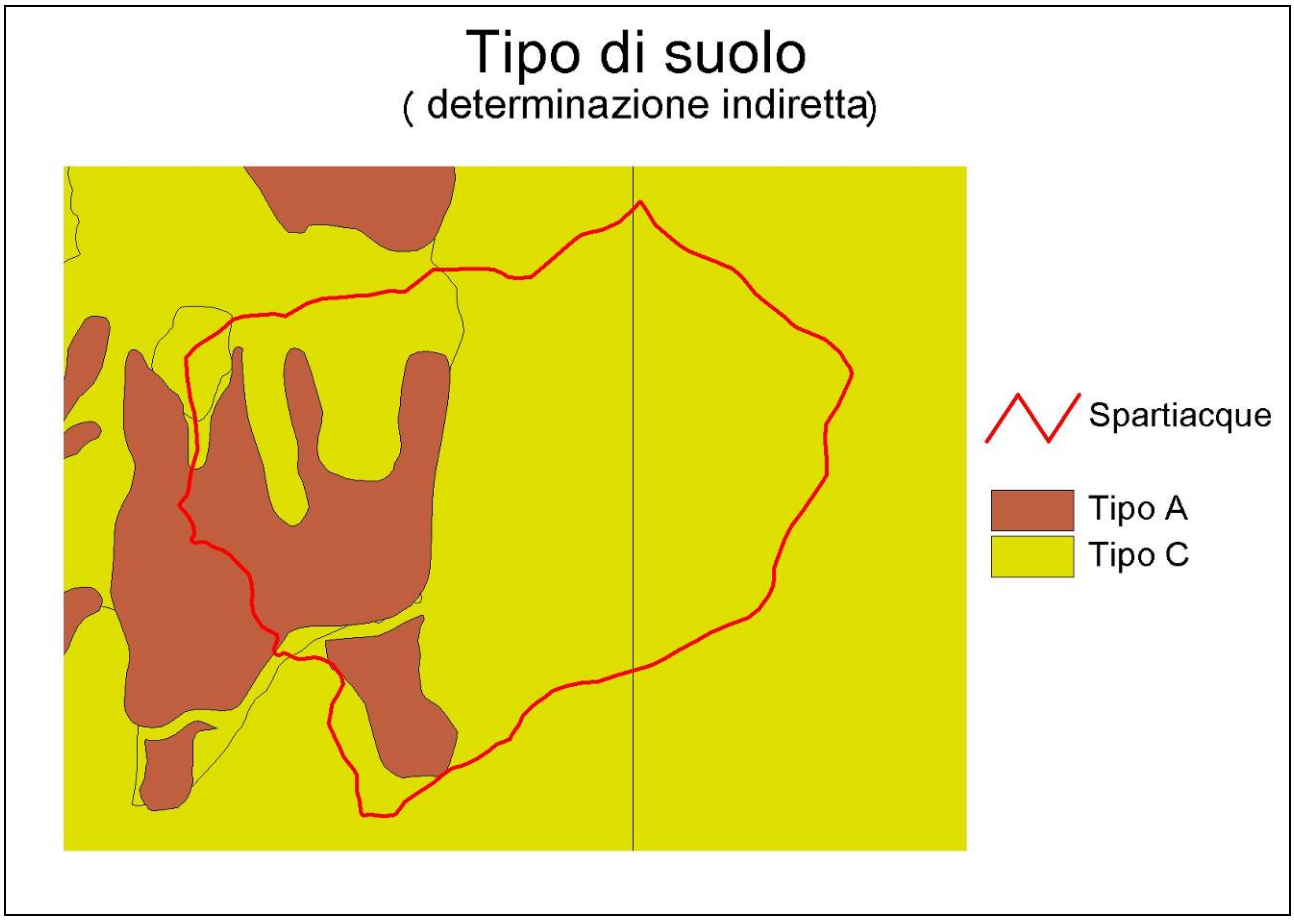


Figura 4-4. Tipo idrologico di suolo per il bacino idrografico di interesse.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

4.1.3 RISULTATI

Il calcolo delle portate di riferimento per il T. Sardorella, effettuato mediante modellazione afflussi-deflussi, ha fornito i risultati riassunti in Tabella 4-5 e Figura 4-5. La durata critica di pioggia, determinata alimentando il modello con ietogrammi di durata crescente, è pari a 2h.

Tabella 4-5. Valori di portata al colmo calcolati per il T. Sardorella per precipitazioni con tempo di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni (durata di pioggia critica pari a 2 h).

Sezione di chiusura	Identificativo del codice di calcolo Hec-1	Area	Portata al colmo		
			Tr 50	Tr 200	Tr 500
[ID]	[ID]	[km^2]	(m^3/s)		
1 (tributario 1)	5B	0.33	8.8	11.7	13.8
2 (tributario 2)	10R	0.43	11.1	15.1	17.9
3 (T. Sardorella monte)	4R	1.89	51.3	68.5	80.4
4 (T. Sardorella valle)	3R	2.65	66.6	90.0	106.1

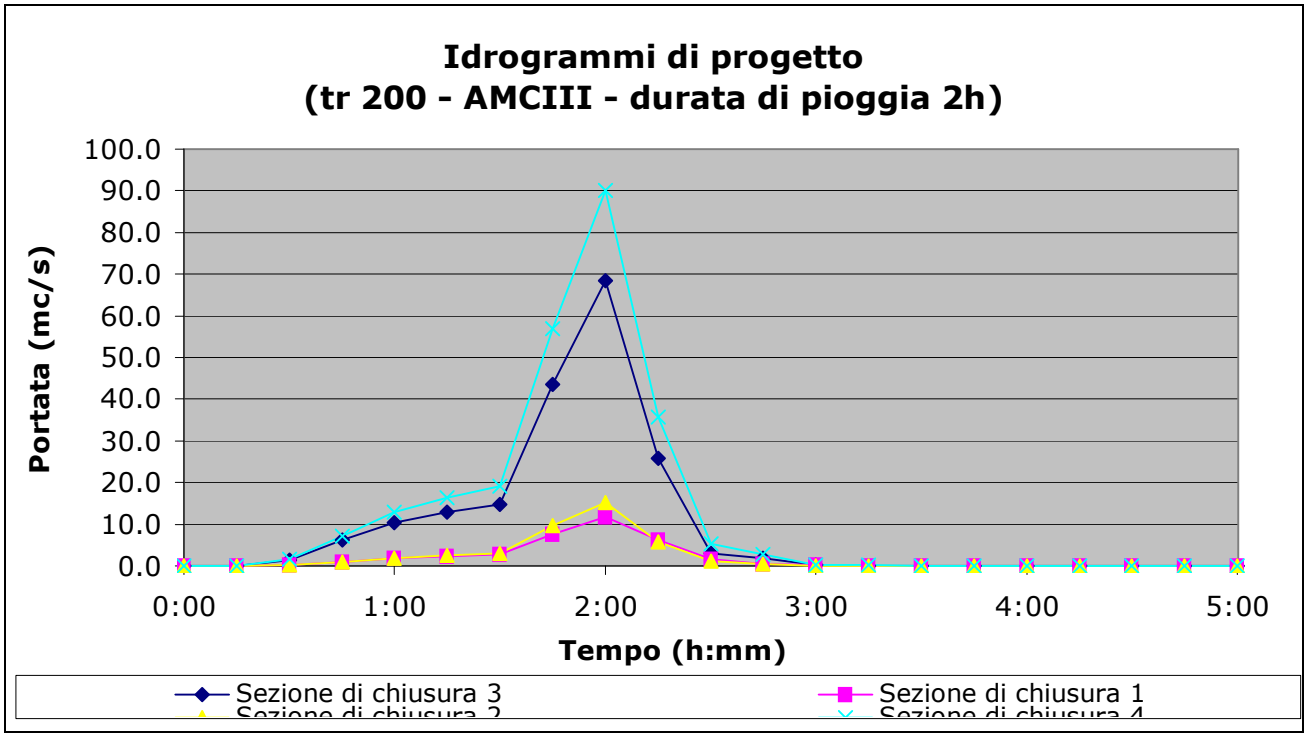


Figura 4-5. Idrogrammi con tr 200 anni del T. Sardorella riferiti alle sezioni di chiusura di interesse.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

4.2 Calcolo della portata con metodo probabilistico

Sulla base delle indicazioni della DGR 359/2008, la definizione della portata al colmo di piena per sezioni di corsi d'acqua che sottendono bacini imbriferi di ridotta dimensione areale (indicativamente compresa tra 2 e 10 km^2), viene condotta seguendo la procedura descritta nello studio "*Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri*" (CIMA 1999).

Nel caso di bacini aventi area con superficie compresa tra 2 e 10 km^2, l'applicazione del metodo prevede la definizione della portata secondo la seguente procedura (tabelle e formule citate fanno riferimento al Cap. 6 dello Studio):

1) Definizione del tipo di bacino sulla base del della capacità del suolo ad assorbire la precipitazione (tabella 6.6). Il bacino di interesse ricade nella tipologia D:

Tipo	Descrizione	CN
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

2) Definizione del coefficiente di portata C_Q in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica (tabella 6.7). Il baricentro del bacino di interesse si trova alle seguenti coordinate: 44°29'11.3384'' - 8°59'27.1361'':

Longitudine		Bacino Tipo			
gradi	primi	A	B	C	D
8	57,5	7,68	6,41	4,90	4,31
9	0	7,67	6,40	4,90	4,30

3) Definizione della portata ($Q_{2.9}$) indice sulla base della seguente formula:

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot A \cdot \left(0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2}\right)^{-0.48} \qquad [m^3 s^{-1}];$$

in cui:

A = area (km^2);

C_Q = coefficiente di portata (definito al punto 2).

Essendo l'area del bacino di interesse pari a 2.65 (sezione di chiusura 4, pag. 13) la portata indice $Q_{2.9}$ risulta pari a 13.65 m^3/s.

4) Definizione della portata per i diversi tempi di ritorno (Q_T) sulla base della seguente formula:

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

con K_T – fattore di frequenza delle portate – fornito dalla Tabella 6.1.

Tempo di ritorno (anni)	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1.29	1.79	2.9	3.47	4.25	5.02	6.04

5) I risultati del calcolo sono riportati nella tabella successiva:

Tr	**Q_T**
5	17.6
10	24.4
30	39.6
50	47.4
100	58.0
200	68.5
500	82.5

4.3 Valori di portata impiegati

L'esame dei risultati dell'indagine idrologica, mostra che i valori di portata al colmo di piena definiti con il metodo afflussi-deflussi risultano maggiormente cautelativi.
I valori impiegati sono sintetizzati nella tabella seguente:

Sezione di chiusura	Portata al colmo		
	Tr 50	Tr 200	Tr 500
[ID]	(m^3/s)		
1 (tributario 1)	8.8	11.7	13.8
2 (tributario 2)	11.1	15.1	17.9
3 (T. Sardorella monte)	51.3	68.5	80.4
4 (T. Sardorella valle)	66.6	90.0	106.1

4.4 Capacità di convogliamento dei manufatti esistenti

La verifica della capacità di convogliamento della briglia esistente è utile per comprendere il funzionamento a fronte delle portate di progetto sopra determinate.
La gàveta presenta una larghezza di circa L = 10.0 m e una profondità di h = 2.50 m. Lo stramazzo rettangolare, a contrazione soppressa, si presenta con una sagoma ad ogiva il cui coefficiente di efflusso è dato, nella manualistica anglossassone, secondo la relazione

$$Q = C_0 \cdot L \cdot H_0^{1.5}$$

con $C_0 = \mu\,(2g)^{1.5}$ secondo la simbologia classica.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Vale il diagramma fornito nella Figura 4-6 in cui il coefficiente è dato in funzione del rapporto $P/H_{0,}$ i cui membri H_0 e P nel caso in argomento valgono rispettivamente 2.50 m e 0.50 m e collocano il rapporto (pari a 0.2) nella porzione bassa del diagramma che fornisce C_0 = 3.55 corrispondente ad un valore di μ = 0.80 ([3]).

Di conseguenza

$Q = 3.55 \cdot 10.0 \cdot 2.5^{1.5} = 140\ m^3/s$

Il manufatto è quindi adeguato al convogliamento delle portate di progetto sopra calcolate

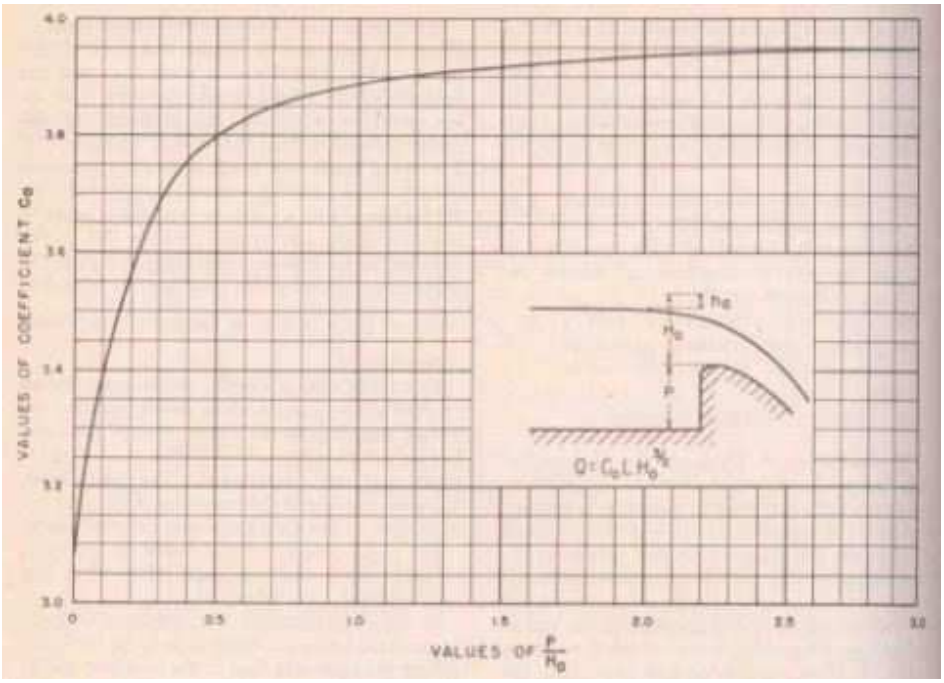


Figura 4-6 – Variazione del coefficiente di efflusso in funzione del carico e della geometria di uno stramazzo ad ogiva (da U.S. BUREAU OF RECLAMATION,1960; pag. 276)

[3]) La manualistica prende in considerazione anche la variabilità del coefficiente di efflusso al variare della portata rispetto al carico di progetto per cui è dimensionata la sagoma. Tale ambito di variabilità è dell'ordine di $0.80 \cdot C_0$ per portate basse a $1.1 \cdot C_\theta$ per portate maggiori della portata di progetto.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

5 GLI INTERVENTI PROPOSTI

Preso atto della situazione dell'alveo, delle aree di fondovalle adiacenti nonché dei versanti con particolare riferimento al versante sinistro lungo il quale corre il tracciato della ferrovia Genova-Casella, gli interventi proponibili sono di seguito esposti.

Si sottolinea l'opportunità di disporre di volume a monte della briglia esistente per ottenere effetto di laminazione della piena di progetto. In base all'analisi idrologica, la capacità di convogliamento dell'alveo attuale, a cominciare dalla briglia esistente, è insufficiente per il transito delle portate gravi (200 e 500 anni di tempo medio di ritorno). Pertanto, oltre al soddisfacimento della necessità di contenere ulteriori materiali provenienti da monte, si propone di prendere in considerazione la realizzazione di una seconda briglia a monte del ponte ferroviario proprio per aumentare l'effetto di laminazione.

5.1 Osservazione preliminare relativa all'accessibilità dell'area

L'area è servita da una pista realizzata in occasione dell'intervento di sistemazione fino alla briglia con rampa di accesso all'area di accumulo a monte. L'accesso alla pista è controllato da una sbarra gestita dai proprietari dei terreni e, di fatto, la percorribilità della pista è mantenuta dagli stessi (in particolare, dalla proprietà di lotti ubicati nei pressi della spalla destra della briglia). La percorribilità della pista è fondamentale.

L'accesso dei mezzi d'opera è limitato dalle dimensioni e dalle caratteristiche del ponte che attraversa il Rio Sardorella per dare accesso alla località Vallombrosa. Pertanto, non è possibile il trasporto con carrello, ma l'escavatore deve arrivare sul posto autonomamente.

La movimentazione dei materiali dovrà necessariamente essere effettuata con motocarriole o con veicoli tipo Unimog.

In prospettiva, si potrà prendere in considerazione il ricorso alla ferrovia per il trasporto di materiali dalla stazione di Vicomorasso al ponte dal momento che in questo tratto l'armamento risulta in condizioni ottimali.

5.2 Decespugliamento e gestione della vegetazione d'alto fusto

Il completo abbandono anche dei terreni a ridosso del corso d'acqua, con eccezione di alcuni mappali in sponda destra nei pressi della briglia, ha permesso alla vegetazione di invadere lo spazio rendendo l'area inaccessibile.

L'operazione di decespugliamento deve comprendere la cippatura sul posto. Il materiale di risulta deve essere accumulato per essere successivamente utilizzato come ammendante nell'operazione di ripristino del cotico.

Per quanto riguarda l'abbattimento degli alberi di alto fusto, si prevede la preventiva segnalazione al proprietario con richiesta di esprimersi in merito all'eventuale rinuncia allo

stesso. In tal caso, l'Impresa potrà disporre in merito alle modalità di allontanamento del materiale legnoso con valore commerciale.

In particolare, il materiale legnoso idoneo potrà essere utilizzato per la realizzazione delle palificate doppie di sostegno previste nel progetto lungo il coronamento dei muri esistenti per creare volume a tergo disponibile per l'accumulo dei materiali.

Subito dopo il decespugliamento, si provvederà all'asportazione ed all'accantonamento del cotico da riutilizzare nella fase finale delle lavorazioni. Contestualmente, si provvederà alla regolarizzazione della superficie destinata a diventare la base del riempimento di seguito illustrato.

5.3 Rimozione con trasporto, ricollocazione del materiale litoide e consolidamento delle sponde

Scopo del progetto sono la risagomatura ed il consolidamento.

La risagomatura avviene asportando il materiale litoide presente in eccesso in alveo e a tergo della briglia; il consolidamento viene proposto realizzando muri di sponda in gabbioni ritombati a tergo con il materiale proveniente dalla risagomatura. I gabbioni sono realizzati con materiale prelevato in alveo e selezionato mediante vagliatura avendo dotato l'escavatore di benna vaglio. Il materiale a rifiuto della vagliatura, quindi con granulometria inferiore a 0.15 m, viene utilizzato per il ritombamento a tergo delle nuove difese o lasciato in alveo a disposizione del trasporto verso valle.

Il prelievo di materiale a tergo della briglia avverrà nell'ambito di un ulteriore finanziamento che permetterà di realizzare le opere di consolidamento in sponda sinistra, la loro sopraelevazione in grado di creare a tergo il volume necessario per l'accumulo dei materiali provenienti da tergo della briglia.

Pertanto, si presume di poter procedere secondo lo schema seguente.

5.3.1 REALIZZAZIONE DI PROTEZIONE CONTRO EROSIONE PUNTUALE (ATTUALE LOTTO FUNZIONALE)

Pochi metri dopo la sbarra di accesso alla pista è presente una marcata erosione della sponda destra con pericolo per la sede stradale in caso di ulteriore arretramento (Documentazione fotografica -Figura 9-13).

La protezione viene assicurata con dodici metri di gabbionata immorsata nella sponda e realizzata secondo la tipologia che prevede l'inserimento di elementi ortogonali a lavorare come rostri al piede. Il ricorso ai rostri deriva dalla necessità di proteggere il piede della gabbionata contro lo scalzamento al piede derivante dalla corrosione a seguito della inevitabile divagazione del filone della corrente.

Si conclude l'intervento con il ritombamento a tergo del manufatto.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

5.3.2 REALIZZAZIONE DI PROTEZIONE DELLA SPONDA DESTRA (ATTUALE LOTTO FUNZIONALE)

Nei tronchi compresi fra briglia e briglia, si prevede di realizzare una protezione spondale in gabbioni con materiali prelevati dai depositi in alveo. La protezione si sviluppa per poco oltre due metri sopra l'alveo nella configurazione finale. A tergo saranno collocati i materiali più grossolani insieme con la porzione fine presente in alveo.

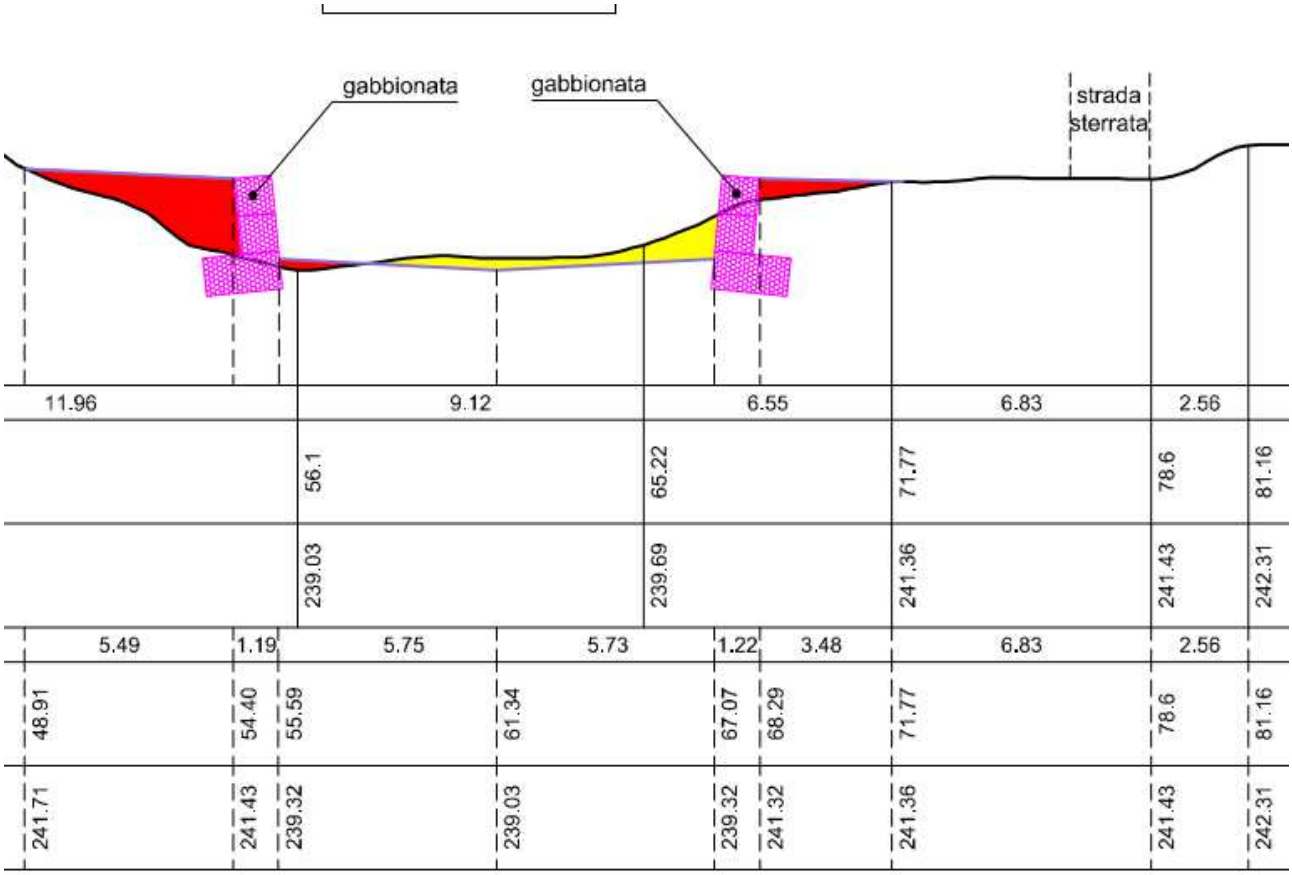


Figura 5-1 – Schema dell'intervento per la protezione delle sponde, di cui solo la parte in sponda destra verrà realizzata nell'ambito dell'attuale lotto funzionale.

Nell'ambito del lotto funzionale attualmente finanziato, si procederà alla realizzazione della sola porzione in sponda destra.

5.3.3 SOPRAELEVAZIONE DEI MURI DI SPONDA ESISTENTI (ULTERIORE FINANZIAMENTO)

Allo scopo di creare spazio per i materiali di cui si prevede la rimozione a tergo della briglia e dare modo di livellare il terreno a tergo contribuendo ad un nuovo assetto funzionale dei terreni interessati attualmente del tutto abbandonati, si propone di realizzare una palificata doppia di sostegno lungo il coronamento delle difese esistenti. Si prevede un manufatto alto 1.50 m, riempito di ciottoli e terreno agrario con posa di talee di salice prelevate dai dintorni

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

secondo le indicazioni della manualistica di settore meglio specificate nel capitolato d'appalto. I materiali legnosi possono derivare dal legname ricavato dagli abbattimenti delle piante non reclamate dai privati proprietari dei terreni, purché di diametro compreso fra 0.12 e 0.250, una volta scortecciati per lo scopo.

5.3.4 ASPORTAZIONE DEL MATERIALE A TERGO DELLA BRIGLIA (ULTERIORE FINANZIAMENTO)

Il materiale sarà asportato intervenendo con un abbassamento dell'ordine di un metro esteso a tutta la superficie attualmente interessata dal deposito a lato dell'alveo attualmente inciso.
L'abbassamento generalizzato sembra essere la soluzione più semplice da attuare lasciando poi al corso d'acqua la libertà di ricostituire i depositi in funzione degli apporti e degli eventi idrometrici. Essendo la superficie attuale del deposito di circa 1 ha, l'abbassamento generalizzato porta ad un volume dell'ordine di grandezza dei 10 mila metri cubi introdotti nel computo.
In merito alla superficie del deposito, merita segnalare la necessità di procedere all'acquisizione dei terreni ormai interriti ed inutilizzabili ai fini agricoli. L'area da acquisire corrisponde al segno figurante in planimetria delimitato dal luogo dei punti corrispondente al piede del versante.
L'asportazione del materiale avviene con una o più escavatori di dimensioni tali da poter superare i punti critici della strada di avvicinamento alla località Vallombrosa.
Il trasporto deve necessariamente avvenire con mezzi di piccole dimensioni tipo Mercedes-Unimog™ che presenta una lunghezza di circa 5.50 m e ha una capacità di carico dell'ordine di 5 m^3. Il mezzo deve essere dotato di trazione integrale e quindi può raggiungere il luogo di deposito, dove sarà presente un escavatore per la collocazione del materiale, il livellamento ed il riporto dello scotico. L'operazione deve essere eseguita in successione.

5.3.5 RICOLLOCAZIONE DEL MATERIALE ASPORTATO (ULTERIORE FINANZIAMENTO)

A tergo della sopraelevazione in parola, che riguarda in particolare il settore di monte dove già si trovano i manufatti di sponda, verrà depositato il materiale asportato a tergo della briglia a costituire un accumulo con superficie inclinata verso l'alveo in ragione di una pendenza del 5%. Alla distanza di 25-30 m dalla palificata sul coronamento, si propone di realizzare una seconda palificata che dà modo di aumentare il volume di accumulo fin contro la parete del versante. Non si esclude la possibilità di realizzare un'ulteriore palificata tra le sezioni 21 e 24 aumentando così anche la massa di materiale al piede della scarpata lungo cui corre la ferrovia a tutto vantaggio della stabilità della stessa. L'intervento deve essere concordato con i proprietari che potranno disporre dei terreni così ricostituiti destinandoli, per esempio, a frutteto.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

La movimentazione del materiale deve necessariamente avvenire con mezzi di modeste dimensioni utilizzando la pista esistente ed il guado che sarà mantenuto per l'accesso ai terreni. Un secondo guado risulta già esistente nel tronco iniziale della pista.
Il materiale viene posato e livellato con una pendenza verso l'alveo del 5% e. allo scopo di impedirne l'erosione soprattutto nel periodo immediatamente successivo alla lavorazione, si prevede la realizzazione di un fosso di guardia al piede del versante che raccolga le acque scolanti e le convogli insieme con le acque di ruscellamento dai terreni sistemati. Il fosso è realizzato con una canaletta prefabbrica in c.a. che permette un'agevole manutenzione per l'asportazione degli inevitabili sedimenti.
La traccia della canaletta è riportata in planimetria, ma può essere modificata anche sentite le necessità dei proprietari.
A conclusione dell'operazione di scarico del materiale asportato e del suo livellamento, verrà eseguito il riporto dello scotico preventivamente prelevato.

5.3.6 INCANALAMENTO SCARICO DALLA FERROVIA (ULTERIORE FINANZIAMENTO)

In corrispondenza di un tombino sottopassante il rilevato ferroviario avviene lo scarico delle acque provenienti da un impluvio naturale nonché delle acque che si raccolgono nel fosso di guardia di monte.
Uscite dal condotto, le acque saltano di alcuni metri in corrispondenza di un affioramento roccioso, quindi si incanalano in un percorso non completamente accertato a causa della vegetazione. Il fossato prosegue fin contro la spalla sinistra di una briglia e lì confluisce in alveo. Si propone di incanalare le acque in una sezione rettangolare costituita da sponde in gabbioni appoggiati su un fondo in materassi tipo Reno con rivestimento superficiale in magrone con rete elettrosaldata.
Tento conto delle modeste portate circolanti, in alternativa, si può proporre, se si verifica la disponibilità di materiale legnoso, una sistemazione del fondo a salti di fondo realizzati con tronchi e fondo realizzato con ciottoloni.

5.3.7 REALIZZAZIONE DI BRIGLIA A FESSURA A MONTE DELLA FERROVIA (ULTERIORE FINANZIAMENTO)

A monte della ferrovia, si prende in esame la proposta di realizzare un manufatto di trattenuta dei materiali solidi e di controllo della portata. Si prevede una struttura collocata circa a venti metri dal ponte della ferrovia, in una sezione larga circa 20 m. Il manufatto di controllo sarà realizzato con una larghezza di 10 m, pari alla larghezza del ponte ferroviario, e compreso fra due ali realizzate in gabbioni. Il principale vincolo nella realizzazione è costituito dalla impossibilità di accedere con mezzi adeguati; pertanto, si propone di prendere in esame una struttura metallica, realizzabile con elementi di modeste dimensioni trasportabili con la ferrovia dalla vicina stazione di Vicomorasso e assemblabile sul posto.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Strutture di tal genere sono state recentemente studiate in Giappone e possono essere adattate anche a realizzare una tipologia a fessura utile per ridurre la portata. Una struttura alta 5 m sul fondo influenza l'alveo a monte per uno sviluppo di oltre 70 m e consente di aggiungere volume disponibile per l'accumulo di materiali prevalentemente fini provenienti dalle due frane che coinvolgono entrambi i versanti (Figura 1-3 e Figura 1-6).

La struttura pertanto è indicata nella planimetria, ma non figura ancora tra i particolari costruttivi; se ne tiene però conto nella stima sommaria dei lavori e quindi nel quadro economico.

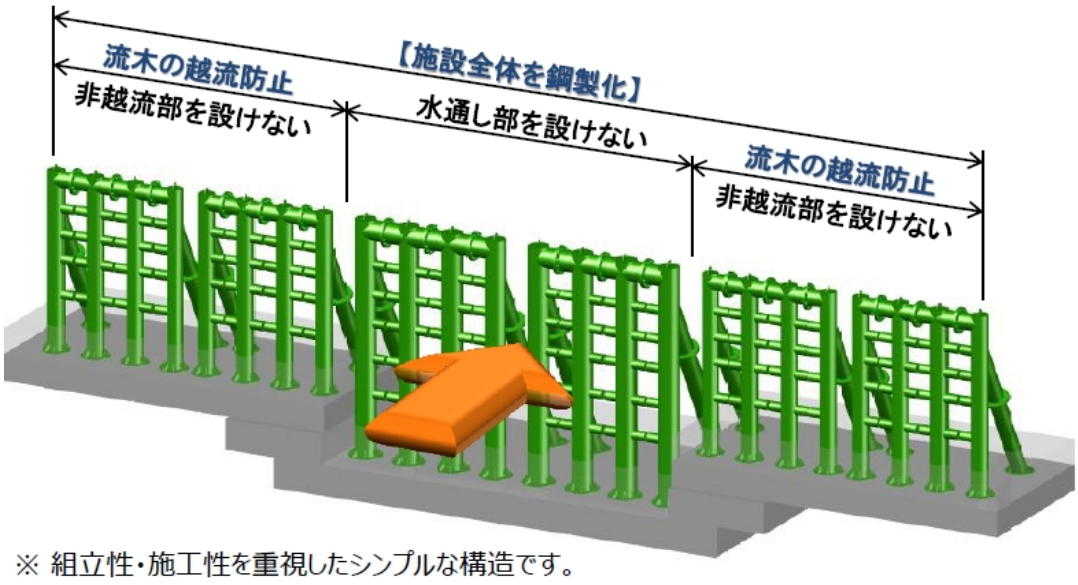


Figura 5-2 – Tipologia di briglia in elementi metallici decomponibili in pezzi di peso modesto e facilmente trasportabili (fonte Toshi Horiguchi, comunicazione personale)

6 QUADRO ECONOMICO

Il quadro economico si limita a segnalare l'importo dei lavori che risulta dal computo metrico pari a 1.000.000,00 €, di cui le voci significative sono le gabbionate di delimitazione dell'alveo (22.2 %), la movimentazione del materiale (20.5 %) e la struttura di contenimento (35.8 %).

L'importo finale dovrebbe comprendere anche le spese del frazionamento, non realizzato al momento dei lavori, dei lotti interessati dalla sistemazione e le spese per l'acquisizione dei terreni non più utilizzabili perché interessati dalla sedimentazione a monte della briglia.

Il quadro economico si limita a segnalare l'importo dei lavori che risulta dal computo metrico pari a 1.000.000,00 €, di cui le voci significative sono le gabbionate di delimitazione dell'alveo (22.2 %), la movimentazione del materiale (20.5 %) e la struttura di contenimento (35.8 %).

L'importo finale comprende pertanto:

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

a) le spese per l'eventuale spostamento di servizi e per eventuali lavori in economia talora utili a fine cantiere soprattutto per le eventuali rifiniture e lavori integrativi nella sistemazione finale dei materiali di riporto nonché l'eventuale messa a dimora di siepi;
b) le spese per gli inevitabili ripristini della viabilità comunale e privata percorsa dai mezzi d'opera;
c) le spese del frazionamento, non ancora realizzato, dei lotti interessati dalla sistemazione sia vecchia che nuova (14 mappali)
d) le spese per l'acquisizione dei terreni non più utilizzabili perché interessati dalla sedimentazione a monte della briglia da frazionare in previsione che una porzione possa restare di proprietà perché emergente rispetto ai sedimenti (8 mappali);
e) la procedura di frazionamento dei mappali interessati dalla pista di accesso al cantiere che ha un aspetto stabile per l'accesso ai terreni ed anche una funzione fondamentale per l'espletamento di qualsivoglia attività di manutenzione delle opere

Si propone quindi il seguente quadro economico di massima.

Quadro economico

A	***Lavori a base d'asta***				
A1	Importo dei lavori				€ 998 000.00
A2	Oneri sicurezza				€ 2 000.00
A4	Importo lavori soggetti a ribasso				€ 998 000.00
A3	Importo dell'appalto				€ 1000 000.00
B	***Somme a disposizione***				
B1	Spese tecniche progettazione definitiva, esecutiva, relazione specialistica idraulica, relazione specialistica paesaggistica, comprensivo di spese e oneri accessori (D.M. 2016)				€ 69 456.00
B2	Spese tecniche Piano Sic.(D.Lgs. 81/2008), comprensivo di spese e oneri accessori				€ 14 530.00
B3	Spese tecniche progettazione (B1+B2)				€ 83 986.00
B4	Spese tecniche frazionamento				€ 15 000.00
B5	Contributi cassa Ordine prof. su B3	4.00%	su	€ 83 986.00	€ 3 359.44
B6	Contributi cassa Ordine prof. frazionamento	4.00%	su	€ 15 000.00	€ 600.00
B7	Oneri fiscali, IVA su spese tecniche (B3+B5)	22.00%	su	€ 87 345.44	€ 19 216.00
B8	Oneri fiscali, IVA su spese tecniche (B4+B6)	22.00%	su	€ 15 600.00	€ 3 432.00
B9	Oneri fiscali, IVA sui lavori (A3)	22.00%	su	€ 1000 000.00	€ 220 000.00
B10	Incentivo art. 92 D.lgs 163/2006	1.00%	su	€ 1000 000.00	€ 10 000.00
B11	Spostamento di servizi e lavori in economia				€ 40 000.00
B12	Indennizzi e ripristini				€ 35 000.00
B13	Espropri e occupazioni temporanee				€ 30 000.00
B14	Arrotondamento				€ 406.56
		Costo complessivo intervento			**€ 1461 000.00**

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

7 PRIMO LOTTO FUNZIONALE

A fronte della disponibilità di 167000.00 €, si propone di avviare la realizzazione di un primo lotto funzionale costituito dal consolidamento di sponda preliminare alla sistemazione generale ed alla risagomatura a monte della briglia selettiva, come da oggetto del progetto.

Al momento, risulta possibile intervenire a valle della briglia e limitatamente alla sponda destra. I lavori previsti consentono però di attuale la ricalibratura dell'alveo a valle della briglia. L'importo delle opere realizzabili deriva dal quadro economico così concepito:

Primo lotto - Quadro economico					
A	***Lavori a base d'asta***				
A1	Importo dei lavori				€ 128 658.82
A2	Oneri sicurezza				€ 1 000.00
A4	Importo lavori soggetti a ribasso				€ 128 658.82
A3	Importo dell'appalto				€ 129 658.82
B	***Somme a disposizione***				
B1	Spese tecniche progettazione definitiva, esecutiva, sicurezza e contabilità				€ 8 242.78
B2	Contributi cassa Ordine prof. su B1	2.98%	su	€ 8 242.78	€ 245.63
B3	Oneri fiscali, IVA su spese tecniche (B1+B2)	22.00%	su	€ 8 488.41	€ 1 867.45
B4	Oneri fiscali, IVA sui lavori (A3)	22.00%	su	€ 129 658.82	€ 28 524.94
B5	Incentivo art. 92 D.lgs 163/2006	1.00%	su	€ 129 658.82	€ 1 296.59
B6	Indennizzi e ripristini				€ 5 000.00
B7	Arrotondamento				€ 406.56
		Costo complessivo intervento			**€ 167 000.00**

L'ubicazione degli interventi proposti è indicata con segno grafico apposito nell'Elaborato 2 e comprende:

1) Decespugliamento preliminare lungo i tratti interessati dall'intervento in sponda destra;
2) Realizzazione di gabbionata in sponda destra poco oltre la sbarra di accesso alla pista. Si tratta dell'intervento descritto al punto 5.3.1 (Figura 9-13);
3) Realizzazione di palificata di sostegno sul coronamento del muro in sponda destra a valle della briglia e ritombamento a tergo per consolidare il piede della rampa della pista di accesso. La realizzazione permette di utilizzare il legname ricavato da tagli preliminari della vegetazione nell'area destinata al decespugliamento generale;
4) Realizzazione di circa 180 m di gabbionata di sostegno (sui 290 m circa previsti) principalmente in sponda destra. La realizzazione proposta permette, con il prelievo dei ciottoli per il riempimento dei gabbioni, di ottenere la risagomatura del primo tratto di alveo, ovvero il tratto dove l'opposta sponda sinistra è già protetta dai muri in calcestruzzo. L'intervento proposto permette anche il consolidamento del piede della

scarpata lungo la quale corre la pista la cui funzionalità è fondamentale per l'esecuzione dei lavori successivi

Si può infine ritenere che, con l'eventuale ribasso d'asta e con eventuali ulteriori economie sia possibile effettuare il frazionamento dei terreni dando un assetto definitivo al tronco d'alveo in attesa di completarne la sistemazione.

8 RIFERIMENTI

BIXIO V. E MONAI M. (1997): *Statistical analysis of the spatial distribution of rainfall starting from the center of the shower with the aid of weather radar measurements,* Weateher Radar Technology for Water Resources Management (B.Braga jr. e O. Massambani eds.), 344-355.

CHOW V.T., MAIDMENT D.R., MAYS L.W (1988) : *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.

CIMA (1999): *Caratterizzazione delle piogge intense e delle portate di piena per i bacini liguri*, Savona.

DODSON INC. (1995): *ProHEC1 Plus,* Program Documentation, 4-16.

FERRARI S. (1994): *Osservazioni empiriche per la costruzione di un nubifragio di progetto*, Idrotecnica, 2, 51-57.

HAWKINS R.H, WARD T.J., WOODWARD D.E. & VAN MULLEM J.A. (2009). *Curve Number Hydrology – State of the Practice,* ASCE.

PEZZOLI G. (1970): *Schemi e modelli matematici in idrologia*, Torino.

PEZZOLI G. (1981): *Modelli fisici in idrologia*, CNR IRPI – Perugia, Pubblicazione n. 60.

PONCE V. M., HAWKINS R.H. (1996): *Runoff Curve Number: has it reached maturity ?, ASCE, Journal of Hydrologic Engineering,* 1, 11-19.

RANZI R. & ROSSO R. (1994). *FLEA - Manuale d'uso.*

REGIONE LIGURIA (AGGIORNAMENTO 2017): *Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico nel bacino del torrente Polcevera*.

REGIONE LIGURIA (2008): *DGR 359/2008 "Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri".*

SINGH, VIJAY P. (1992). *Elementary Hydrology,* Prentice-Hall.

TONINI D. (1966): *Elementi di Idrografia ed Idrologia*, vol. II, Libreria Universitaria, Venezia

U.S. BUREAU OF RECLAMATION (960): *Design of Small Dams*, Washington

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

9 ELENCO ELABORATI

Elaborato 1: Relazione generale e descrittiva del I lotto – Documentazione fotografica
Elaborato 2: I lotto funzionale – Planimetria e corografia
Elaborato 3: Profilo longitudinale Torrente Sardorella
Elaborato 4: Sezioni (1 di 2)
Elaborato 5: Sezioni (2 di 2)
Elaborato 6: Profilo longitudinale fosso laterale (non compreso nel I lotto)
Elaborato 7: Particolari costruttivi
Elaborato 8: Piano particellare: relazione
Elaborato 9: Piano particellare: planimetria
Elaborato 10: Elenco prezzi unitari ed eventuale analisi
Elaborato 11: Computo metrico estimativo e quadro economico
Elaborato 12: Censimento e progetto di risoluzione delle interferenze
Elaborato 13: Prime indicazioni e disposizioni per la stesura del piano di sicurezza
Elaborato 14: Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici
Elaborato 15: Verifica di assoggettabilità alla VIA
Elaborato 16: Relazione geotecnica

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

APPENDICE - A. DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-1, DEI CRITERI DI ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI E IETOGRAMMI DI PROGETTO.

Lo sviluppo dei calcoli del codice Hec-1 è avvenuto utilizzando il codice ingegnerizzato dalla Dodson & associati di Houston, che, sotto il nome di ProHec-1, mette a disposizione un pacchetto contenente una gestione avanzata dei dati e delle uscite.

In bacini privi di misure derivate da osservazioni dirette, la *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica* prevede il ricorso ad alcune metodologie di calcolo, tra le quali compare il metodo SCS (Soil Conservation Service) largamente usato anche negli Stati Uniti ed utilizzato dalle routines di calcolo del modello citato. Tale metodo sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN (Curve Number) che definisce la relazione precipitazione-volume di deflusso. Il CN rappresenta dunque l'attitudine di una porzione di terreno a produrre deflusso e può essere calcolato in modo indiretto sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

SCHEMA DI FORMAZIONE DEL DEFLUSSO

Il metodo ([4]) assume che, nel corso di un evento di piena, il deflusso superficiale, *V*, sia proporzionale a quello precipitato *I*, depurato dell'assorbimento iniziale *Ia* in ragione del rapporto fra volume infiltrato *F* e un volume *S* che caratterizza la *massima ritenzione potenziale*.

$$\frac{F}{S} = \frac{V}{I - I_a}$$

nella quale le grandezze, espresse in mm, rappresentano:

V	volume di deflusso superficiale
S	contenuto idrico massimo del suolo
F	volume infiltrato
I	precipitazione
Ia	assorbimento iniziale

Da una semplice equazione di bilancio, il volume infiltrato risulta pari alla precipitazione lorda ridotta dell'assorbimento iniziale e del volume ruscellato

$$F = I - I_a - V$$

e si determina la relazione

$$V = \frac{(I - Ia)^2}{I - I_a + S}$$

([4]) Si segue la descrizione fornita da RANZI & ROSSO (1995).

che rappresenta la stima del volume di ruscellamento in funzione del volume della precipitazione e di due parametri caratteristici del bacino; la capacità di assorbimento iniziale *Ia* e la massima ritenzione potenziale *S*.

La massima ritenzione potenziale dipende, per un certo stato iniziale di imbibizione del bacino, dalla combinazione di due fattori: la natura del terreno e l'uso del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori è rappresentato dal parametro *CN* il quale è legato ad S dalla relazione

$$S = S_0\left(\frac{100}{CN} - 1\right)$$

dove $0 < CN < 100$ ed S_0 è una costante di scala dipendente dalla unità di misura (254 se le grandezze sono misurate in mm).

Come già accennato in precedenza, il parametro CN rappresenta l'attitudine di un bacino a produrre deflusso e può essere ricavato a partire dalle caratteristiche pedologiche dei suoli. Si assume anche che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibizione al momento dell'evento pluviometrico, noto come AMC.

L'imbibizione viene espressa, in modo qualitativo, in funzione delle precipitazione dei 5 giorni antecedenti (API_5). A seconda del valore di API_5 si individuano le tre classi AMC I, II e III (AMC Antecedent Moisture Condition) le quali rappresentano rispettivamente:

AMC I : terreno inizialmente asciutto

AMC II : terreno mediamente imbibito

AMC III: terreno fortemente imbibito

Nella seguente si riportano gli stati di imbibizione del suolo considerati:

Classe	Pioggia totale nei 5 giorni antecedenti l'evento	
AMC	Riposo vegetativo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 ÷ 28 mm	36 ÷ 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

Noto il valore di CN per la classe AMC II (ossia CN_{II}) si possono valutare rispettivamente:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.403 + 0.0057CN_{II}}$$

Per una data condizione AMC, il valore di *CN* dipende dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità. Inoltre, per un dato tipo idrologico di suolo, il valore di *CN* varia notevolmente a seconda dell'uso del suolo. I valori numerici sono indicati nelle tabelle che seguono con riferimento alla condizione AMC II.

Per identificare il tipo idrologico di suolo bisogna analizzare le caratteristiche geopedologiche ed a questo punto si incontrano decise difficoltà a causa della mancanza di

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

indicazioni in merito ai suoli. Recenti contributi in merito suggeriscono l'uso di tabelle per assegnare valori numerici alla tessitura e struttura del suolo (Π_1) ed alla permeabilità del suolo (Π_2) ricavando così il punteggio $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2$ in base al quale attribuire il suolo ad uno dei quattro tipi. Il valore CN si ottiene per incrocio delle caratteristiche idrologiche del suolo (quattro tipi idrologici A, B, C, D) a permeabilità decrescente e delle caratteristiche di uso prevalente.

Seguendo la procedura con cui HEC-1 schematizza il processo di formazione del deflusso, ogni bacino viene suddiviso in sottobacini per ognuno dei quali vengono forniti i parametri morfometrici di interesse (area, pendenza media dei versanti, lunghezza dell'asta, etc.). Il contributo di ogni sottobacino viene sommato in corrispondenza delle confluenze per calcolare, alla fine del tratto considerato, l'idrogramma in uscita. Il programma richiede la precipitazione ragguagliata dell'evento in esame o l'assegnazione di uno ietogramma di progetto. Le portate dipendono fortemente dalla distribuzione temporale delle precipitazioni e dalla capacità di assorbimento del terreno. Per ogni sottobacino deve essere calcolato il "tempo di ritardo" (TL), corrispondente all'intervallo tra il baricentro del pluviogramma ed il picco dell'idrogramma. In base alla formula di Mockus:

$$TL = 0.342 \cdot Y^{-0.5} \cdot L^{0.8} \cdot (1000/CN - 9)^{0.7}$$

dove:

CN coefficiente che definisce la relazione tra precipitazione e volume di deflusso del bacino;

Y pendenza media del bacino espressa in %

L lunghezza del collettore principale prolungato fino allo spartiacque, espressa in km.

Si osservi che la formula di Mockus rende il tempo di ritardo indirettamente proporzionale al valore del CN, ossia bacini impermeabili presentano tempi di concentrazione più brevi di corrispondenti bacini permeabili.

Il modello prevede pertanto l'impiego di tre componenti:

- il sottobacino, caratterizzato da una sezione di chiusura e descritto dai parametri morfometrici e dal CN;
- il tronco d'alveo, che collega due sezioni di chiusura di sottobacini successivi, caratterizzato da lunghezza, pendenza media, forma della sezione e scabrezza. Lungo un tronco d'alveo sono possibili fenomeni di invaso e quindi di laminazione, pertanto il tronco viene trattato con le relazioni tipiche della propagazione (per esempio, metodo Muskingam-Cunge);
- l'inter-bacino, ossia il versante che contribuisce ad un tronco d'alveo. Nello schema si immagina che l'interbacino contribuisca per intero confluendo alla sezione di chiusura del sottobacino immediatamente a valle ove si sommano così tre idrogrammi: l'idrogramma, opportunamente laminato lungo il tronco d'alveo, proveniente da monte, l'idrogramma dell'interbacino, l'idrogramma del sottobacino confluente nel tronco.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

ELABORAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle precipitazioni, è stato assegnato un *coefficiente di riduzione* o *di abbattimento* della precipitazione in funzione dell'area del bacino.

Coefficienti validi per estensioni fino a 150 Km^2, sono stati riscontrati nell'analisi di numerosi eventi pluviometrici registrati nella pianura veneta fra Adige e Po dal radar di Teolo (BIXIO e MONAI, 1997).

La relazione proposta ha la forma:

$C = S^{-k}$

essendo:

S l'area interessata (km^2);

k espresso in funzione di una relazione logaritmica della durata della pioggia data da:

$k = a \ln t + a'$

ove

t durata in ore;

a = 0.0716 F – 0.0775;

$a' = -1.0072 F^3 + 2.2314 F^2 – 1.9141 F + 0.7529;$

con F probabilità cumulata dell'evento collegabile al tempo medio di ritorno in base alla relazione Tr=1/(1-F).

Nell'ambito dei dati disponibili, gli autori segnalano che la massima correlazione si è osservata per valori di F compresi fra 0.95 e 0.30 ossia per eventi con probabilità molto alta (tempo medio di ritorno compreso fra 20 e 3 anni). Nel caso in esame, si è deciso di estrapolare anche a valori di F superiori (F=0.995 per tempo di ritorno di 200 anni).

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale della pioggia media, il modello Hec-1 opera come descritto in seguito. Si suppone che la portata sia determinata, in ogni sezione, in base alla somma degli idrogrammi confluenti e il valore del colmo è scalato per tener conto della riduzione della pioggia media con l'area. In altre parole, è noto che (CLABORN, DODSON & BARRETT, 1995) l'altezza media della precipitazione su un bacino diminuisce all'aumentare dell'area. Pertanto è necessario ricalcolare la portata di ciascun bacino a mano a mano che l'area scolante aumenta. Hec-1 opera determinando un certo numero di idrogrammi calcolati a partire da un numero di altezze di pioggia espresse in funzione dell'area, per esempio in base ad un'assegnata legge di abbattimento della pioggia puntuale. Tali idrogrammi sono denominati idrogrammi-indice. In ciascuna confluenza, l'idrogramma appropriato deve corrispondere all'estensione dell'area scolante sottesa dalla confluenza ed è derivato per interpolazione fra gli idrogrammi-indice relativi a valori di area scolante che stanno a cavallo dell'area del bacino in oggetto. In pratica si assegnano, per noto tempo medio di ritorno e durata, le altezze di pioggia H associate ad aree crescenti H_5, H_{10}, H_{20}, H_{50} etc. essendo il pedice il valore dell'area. Considerando la confluenza fra due sottobacini A e B (per esempio di 8 e 15 km^2, quindi con somma X = 23 km^2) l'idrogramma alla confluenza A + B non può derivare dalla pura somma dei due idrogrammi A e B in quanto non sarebbe rappresentativo dell'area totale. Si determina allora l'idrogramma interpolato fra la somma degli idrogrammi $A_{102.6}+B_{102.6}$ e $A_{101.5}+B_{101.5}$ calcolati separatamente come conseguenza delle precipitazioni rispettivamente pari, per esempio, a 102.6 e 101.5 mm sui due bacini A e B. La formula di interpolazione segue i due principi che:

- la trasformazione afflussi-deflussi sia lineare;
- l'altezza di pioggia vari approssimativamente in ragione del logaritmo dell'area indice;

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

Si ottiene che:

$$Q_X = Q_1 \cdot \left(\frac{\log \frac{A_X}{A_2}}{\log \frac{A_2}{A_1}} \right) + Q_2 \cdot \left(\frac{\log \frac{A_X}{A_1}}{\log \frac{A_2}{A_1}} \right)$$

essendo

A_X l'area alla confluenza

A_1 l'area indice inferiore

A_2 l'area indice superiore

Q le portate corrispondenti all'indice

Tale concetto è semplificato nella Figura A - 1.

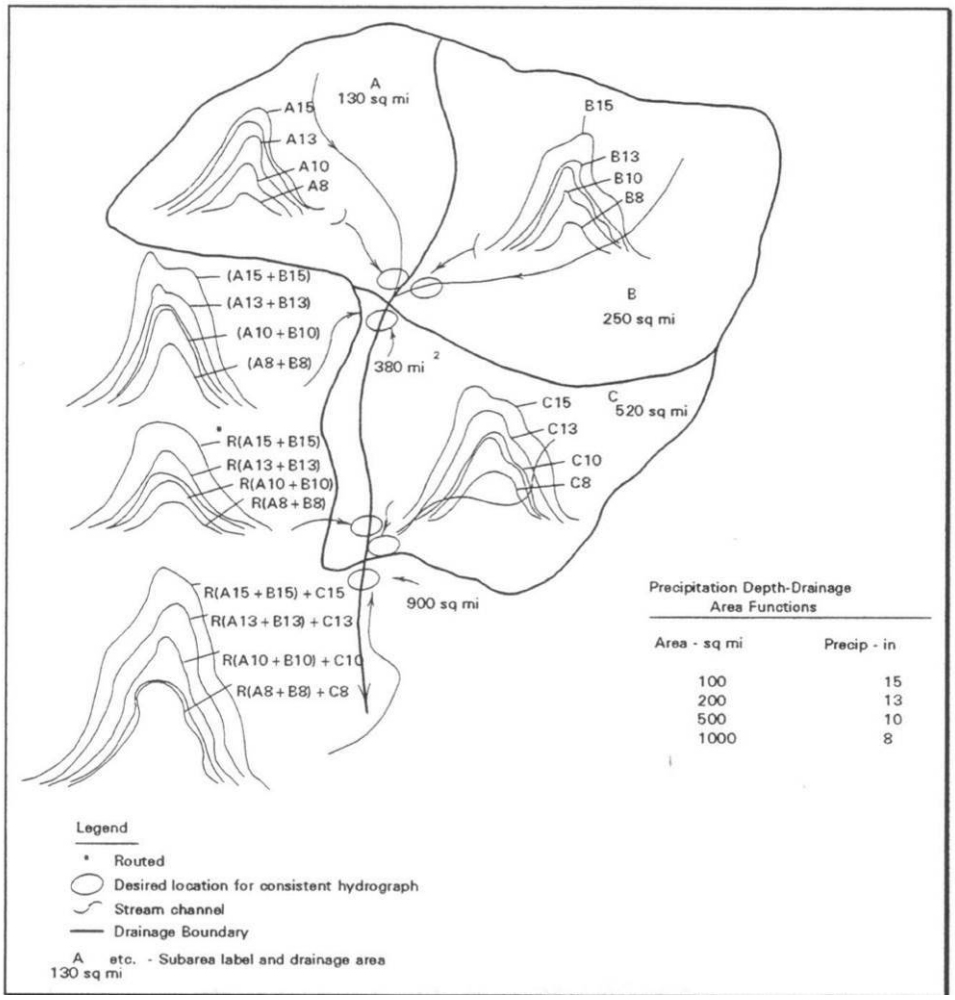


Figura A - 1. Schematizzazione dello schema di interpolazione utilizzato dal codice di calcolo HEC-1 (tratto da ProHEC1 Plus, Program Documentation, pag 4-16).

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

La distribuzione temporale è stata ipotizzata considerando precipitazioni di diversa durata, al fine di determinare la durata di pioggia critica. Nella determinazione dell'altezza della precipitazione totale si è utilizzata la relazione esposta in precedenza mentre, per quanto riguarda la distribuzione temporale, si è pensato di distribuire la precipitazione considerando l'effetto di uno scroscio, in base al quale si assume che l'intensità di precipitazione aumenti nell'ultimo quarto dell'evento. Il criterio deriva da un' indagine effettuata su un campione di oltre 16 mila ietogrammi dei quali è stato studiato l'andamento temporale dell'intensità (FERRARI, 1994). Tale procedura prevede una ripartizione percentuale della precipitazione totale in due distinti periodi costituiti da: un primo periodo di durata pari ai tre quarti della durata totale dell'evento e da un secondo periodo di durata pari al restante quarto della durata totale. La ripartizione del totale di pioggia nei due periodi varia con la durata della pioggia. In tale modo, soprattutto nel caso di precipitazioni prolungate, si ottiene un periodo di maggior precipitazione dopo diverse ore dall'inizio dell'evento.

Tale situazione risulta peggiorativa, a parità di altezza totale di pioggia, e ricorrente in numerosi eventi gravi che hanno interessato le regioni alpine.

Lo ietogramma utilizzato pertanto segue le seguenti regole:

- suddivisione della durata della pioggia in due periodi pari rispettivamente a tre quarti ed un quarto della durata totale;
- ripartizione della altezza di pioggia in ciascun periodo in funzione della durata dell'evento;
- intervallo di riferimento per l'implementazione del modello numerico pari a 15 minuti;

Pertanto, posta pari all'unità l'altezza totale della pioggia, la distribuzione rispetto all'altezza totale in ciascun intervallo di 15 minuti presenta i valori riportati nella Tabella A 1.

Tabella A 1. Ripartizione temporale della precipitazione nel corso di un evento in funzione della durata della pioggia.

	Valore rispetto al totale attribuito a ciascun intervallo di 15 minuti in cui è suddiviso il periodo di pioggia							
Durata di pioggia [h]	4	5	6	8	12	24	30	36
Numero intervalli totale	16	20	24	32	48	96	120	144
Valore percentuale della precipitazione nel primo periodo	0.042	0.033	0.028	0.025	0.017	0.009	0.007	0.006
Valore percentuale della precipitazione nel secondo periodo	0.125	0.1	0.083	0.050	0.033	0.015	0.013	0.011
N.B. La ripartizione assume che, nel primo periodo, cada la % indicata								
	40%	del totale per durate < 1 ora						
	45%	del totale per durate > 1 ora e < 3 ore comprese						
	50%	del totale per durate > 3 ore e < 6 ore comprese						
	60%	del totale per durate > 6 ore e < 12 ore comprese						
	65%	del totale per durate > 12 ore						

La durata di pioggia critica, determinata alimentando il modello afflussi-deflussi con ietogrammi di durata crescente fino ad individuare il massimo valore di portata al colmo, è pari a 2h.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4

APPENDICE - B - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 9-1– Rio Sardorella all'attraversamento della strada di fronte agli edifici di Piccarello. Il masso in alveo rende idea delle caratteristiche della corrente, tenuto conto del fatto che lo stesso è stato rimosso nel corso dell'anno successivo.

La documentazione fotografica illustra i caratteri dell'alveo nel tronco oggetto dell'intervento procedendo da monte verso valle.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 9-2 – Alveo del Rio Sardorella a monte della linea ferroviaria Genova-Casella (vista verso monte in corrispondenza delle frane che coinvolgono entrambi i versanti) (foto 2538-DSC03077)



Figura 9-3 – Tributario di destra del Rio Sardorella. Sullo sfondo, il ponte della ferrovia – Vista verso monte (foto 2538- DSC03077)

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 9-4 – Ponte della ferrovia Genova-Casella all'attraversamento del ramo principale del Rio Sardorella – Vista verso monte (foto 2538- DSC03077)



Figura 9-5 – Vista verso monte del deposito a tergo della briglia rimaneggiato dalla corrente nel corso degli eventi di piena. Situazione del 29.11.2018 (foto 2538- DSC03075)

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 9-6 – Situazione a monte della briglia. A destra della foto si trova l'accesso sostenuto da un muro cellulare in c.a.; a sinistra, il piede del versante è protetto dalla scogliera (foto 2514-DSC02812)



Figura 9-7 – Briglia – Vista da valle (foto: 2514- DSC02811).

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 9-8 – Spalla destra della briglia vista dalla prima soglia in alveo. Muro di delimitazione dell'alveo sopraelevabile con palificata doppia di sostegno per creare volume di accumulo a tergo consolidando la scarpata. (foto 2538-DSC03073)



Figura 9-9 – In corrispondenza del guado esistente, stato dall'alveo e, sullo sfonda, la briglia di contenimento (foto 2538-DSC03069)

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 9-10 – Vista verso valle del tronco di alveo con i materiali utilizzabili per il riempimento dei gabbioni la cui estrazione consente di ottenere anche la ricalibratura della sezione (foto 2538- DSC03066)



Figura 9-11 – Muro di sponda sinistra nel tronco compreso fra la seconda e la terza soglia da monte (foto 2514-DSC02816)

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0006698 del 01-07-2020 partenza Cat. 10 Cl. 4



Figura 9-12 – Vista verso monte della sistemazione a soglie di fondo estesa a tutto il tratto fino alla confluenza realizzata dall'allora Ufficio del Genio Civile (foto 2538- DSC03063)



Figura 9-13 - Ciglio dell'erosione della sponda destra ai piedi della pista (foto 2680-DSC00062)