COMUNE DI CAMPOROSSO

Provincia di Imperia

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE ATTO A INCANALARE CORRETTAMENTE LE ACQUE METEORICHE PROVENIENTI DA UN RIO PROSPICIENTE VIA TURISTICA NELLA ZONA DELLE BRAIE

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo Tavola	**Relazione tecnica illustrativa**

Il tecnico	Il R.U.P.
Ing. Giampiero Nobile	Ing. Daniele D'Adamo

G	Generali	A	Architettonici	S	Strutturali	I	Impiantistici	Id	Idraulici

Spazio riservato al comune

Revisione	Oggetto revisione:	Data:
0	PRIMA EMISSIONE	OTTOBRE 2022

Nome file: CCR01-D-G201R001_0.pdf		Tavola n°	Tipologia elaborato: G — Numero elaborato: R001
Doc. N° G201R			
Formato: A4	Cod. CCR01	Scala: -	

Informazioni Cliente/Progetto						
CLIENTE	**COMUNE DI CAMPOROSSO**					
DOCUMENTO	**PROGETTO DEFINITIVO** **LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE ATTO A INCANALARE CORRETTAMENTE LE ACQUE METEORICHE PROVENIENTI DA UN RIO PROSPICIENTE VIA TURISTICA NELLA ZONA DELLE BRAIE** **RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**					
	CUP	G36B17000050004				
	CIG	8720788DE8				
STATO	**DIMENSIONI**	**TIPO DOCUMENTO**	**NUMERO IDENTIFICAZIONE**			
	A4	-	**G201R001**			
	SCALA	**STATO DOCUMENTO**	**LINGUA**	**REVISIONE**	**DATA**	**PAGINE**
	NESSUNA	-	IT	0	31/10/2022	41

REVISIONE	DATA	NOTE	CREATO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	31/10/2022	Prima Emissione	Nobile	Nobile	Nobile

Via Sottoripa 1A, 16124 GENOVA (Italy) - Tel. (+39) 010 8698603 – Fax (+39) 010 8698604
P.IVA (VAT) 01861820999 - email: info@oacingegneria.com – www.oacingegneria.com

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE 3

1.1. NORMATIVA E LINEE GUIDA 4

1.2. DOCUMENTAZIONE 5

1.3. DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE 6

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO 7

2.1. CLASSIFICAZIONE E PREVISIONE SECONDO IL PIANO DI BACINO 15
2.1.1. RETICOLO IDROGRAFICO 15
2.1.2. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE 16

2.2. INFORMAZIONI GEOLOGICHE 19

3. SOLUZIONE PROGETTUALE 21

3.1. OPERE PROPEDEUTICHE 21
3.1.1. VASCA DI SEDIMENTAZIONE 22
3.1.2. CANALE DISSIPATORE 25

3.2. CRITICITÀ RILEVATE E DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE 27

4. SOTTOSERVIZI 36

5. CONSIDERAZIONI RELATIVE AL TRASPORTO SOLIDO 37

6. INDICE DELLE FIGURE 40

7. INDICE DELLE TABELLE 41

1. INTRODUZIONE

Il Comune di Camporosso (IM), in data 21/4/2021, ha incaricato il Sottoscritto, in qualità di legale rappresentante dello Studio Associato OAC INGEGNERIA, dell'esecuzione del servizio relativo alla Progettazione Definitiva per i *"LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE ATTO A INCANALARE CORRETTAMENTE LE ACQUE METEORICHE PROVENIENTI DA UN RIO PROSPICIENTE VIA TURISTICA NELLA ZONA DELLE BRAIE"*.

L'incarico al Sottoscritto è stato amministrativamente definito con Determinazione n.223/467(RG) e codice CIG 8720788DE8.

La presente Relazione Illustrativa ha lo scopo di descrivere le principali caratteristiche della Progettazione in oggetto, evidenziando le maggiori criticità incontrate e le conseguenti soluzioni approntate.

1.1. NORMATIVA E LINEE GUIDA

Le analisi sono state svolte sulla base delle seguenti Normative, Linee Guida ed Articoli.

DOCUMENTO		***RIFERIMENTO***
Manuale di Morfodinamica Fluviale	*DICAT - Relazione n°34/2008 – REGIONE LIGURIA*	[1]
Ruolo della morfodinamica fluviale nei problemi di pianificazione di bacino e di progettazione idraulica	*DICAT - Relazione n°15/2008 – REGIONE LIGURIA*	[2]
Determinazione delle scale di deflusso in corrispondenza di stazioni di misura idrometrica ed effetti della morfodinamica	*DICAT - 03/2008 – REGIONE LIGURIA*	[3]
Manuale Tecnico-Operativo per la valutazione e il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua	*IDRAIM - 03/2011 - ISPRA*	[4]
SEDIMENT TRANSPORT MORPHODYNAMICS	*11/2004 – Gary Parker*	[5]
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	*DGR357/2008*	[6]
Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, SEC.4, HYDROLOGY, Rev. Ed. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A., 1986		[7]
Rodriguez-Iturbe I., The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response, Water Resour. Res., 15(6), 1409-1420, 1979		[8]
Rodriguez-Iturbe I., A geomorphoclimatic Theory of the Instantaneous Unit Hydrograph, Water Resour. Res., 18(4), 877-886, 1982		[9]
Rosso R., Nash model relation to Horton order ratios, Water Resour. Res., 20(7), 914-920, 1984		[10]
Rosso R., Rulli M.C., Tabella di associazione uso del suolo, 2006		[11]
Milanesi, Pilotti, Clerici, Gavrilovic – Application of an improved version of the erosion potential method in alpine areas, IJEGE 2015		[12]
Dragicevic, Karleusa, Ozanic – A review of the Gavrilovic method application, JCE 2016		[13]
Longoni, Ivanonv, Brambilla, Radice, Papini – Analysis of the temporal and spatial scales of soil erosion and transportation in a mountain basin, IJEGE 2016		[14]
Gavrilovic Z. – Use of an empirical method (Erosion Potential Method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential stream, ICRR 1988		[15]
Panagos P. – The new assessment of soil loss by water erosion in Europe (2015)		[16]
Ciccacci et al. – Contributo dell'analisi geomorfica quantitative alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali (1980)		[17]
DGR226/2009 – Criteri e direttive in materia di asportazione di materiali litoidi dai corsi d'acqua dei bacini idrografici regionali		[18]
Siviglia, Nobile e Colombini - Quasi Conservative Formulation of the One-Dimensional Saint-Venant-Exner Model, 10.1061/(ASCE)0733-9429(2008)134:10(1521)		[19]
Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17/01/2018 Circolare Esplicativa 21/01/2019 – n°7/C.S.LL.PP	*NTC2018*	[400]
Eurocodici	*EN*	[401]

1.2. DOCUMENTAZIONE

Le analisi sono state realizzate sulla base dei seguenti documenti di riferimento, reperibili in via digitale sul sito dell'Amministrazione Regionale, recuperati presso gli Uffici delle Amministrazioni competenti e/o eseguiti da Consulenti Specializzati.

DOCUMENTO		***RIFERIMENTO***
Piano di Bacino Nervia Atto di Approvazione DGP 90 del 18/02/2004	*Ambiente in Liguria – Regione Liguria*	[20]
Rilievo topografico di dettaglio Ortofoto di dettaglio da volo drone	*OAC INGEGNERIA*	[101]
Progetto Definitivo relativo ai "*LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE ATTO A INCANALARE CORRETTAMENTE LE ACQUE METEORICHE PROVENIENTI DA UN RIO PROSPICIENTE VIA TURISTICA NELLA ZONA DELLE BRAIE*"	*OAC INGEGNERIA*	[200]

1.3. DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE

La presente Relazione Illustrativa fa diretto e specifico riferimento ai documenti parte integrante del Progetto Definitivo [200].

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area oggetto di intervento è posizionata nel Comune di Camporosso in provincia di Imperia e si sviluppa, essenzialmente, nei pressi delle zone commerciali sulla sponda sinistra del torrente Nervia, lungo via Turistica per un tratto ortogonale al corso d'acqua in prossimità del ponte dell'Amicizia, in località Braie, come riportato in Figura 1 e in Figura 2.

Lo scopo dell'intervento è quello di realizzare un canale atto a convogliare e smaltire le acque di piena del cosiddetto "rio Braie", la cui traccia sul territorio, attualmente, risulta appena visibile nella parte superiore del bacino scolante sino a perdersi completamente nel tratto vallivo, molto probabilmente a causa del processo di veloce urbanizzazione a cui l'intera area è stata sottoposta in tempi passati. Oggigiorno, il colatore ha caratteristiche più simili a quelle relative ad una fognatura bianca, unitamente al fatto che, nella parte montana, gran parte dell'iniziale reticolo è stato progressivamente sostituito da strade e vie di collegamento o interrotto da fasce, muri a secco, serre e civili abitazioni.



Figura 1 – Area di intervento



Figura 2 – Area di intervento - Dettaglio

In particolare, il rio doveva scorrere sul sedime di quella che oggi è la parte terminale di un tratto di via Turistica, come evidenziato in Figura 3. Attualmente, il corso d'acqua risulta appena visibile nel colatore a monte della curva, assimilabile ad una traccia di sezione pressoché trapezia e larghezza pari all'incirca a b=1.0[m]÷1.5[m]. Dopodiché, il rio si perde lungo la ripida discesa di via Turistica. In Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7 sono riportate alcune immagini dell'area riprese durante i diversi sopralluoghi in sito.

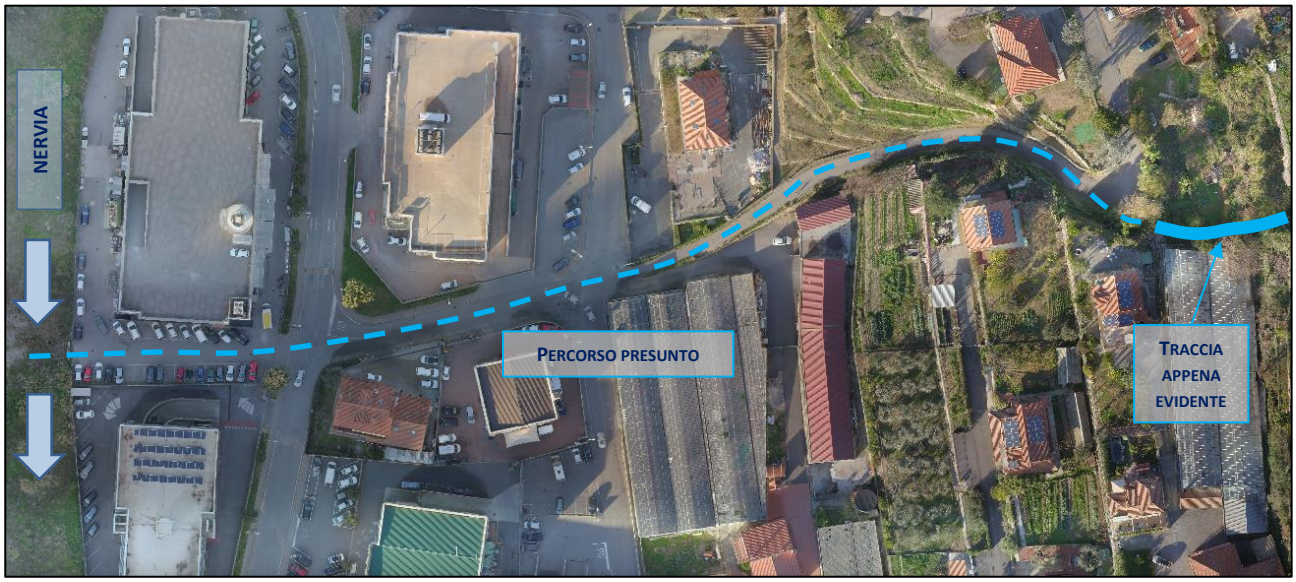


Figura 3 – Probabile percorso del rio



Figura 4 – Traccia appena visibile del rio Braie a monte della curva in cima alla ripida salita di via Turistica

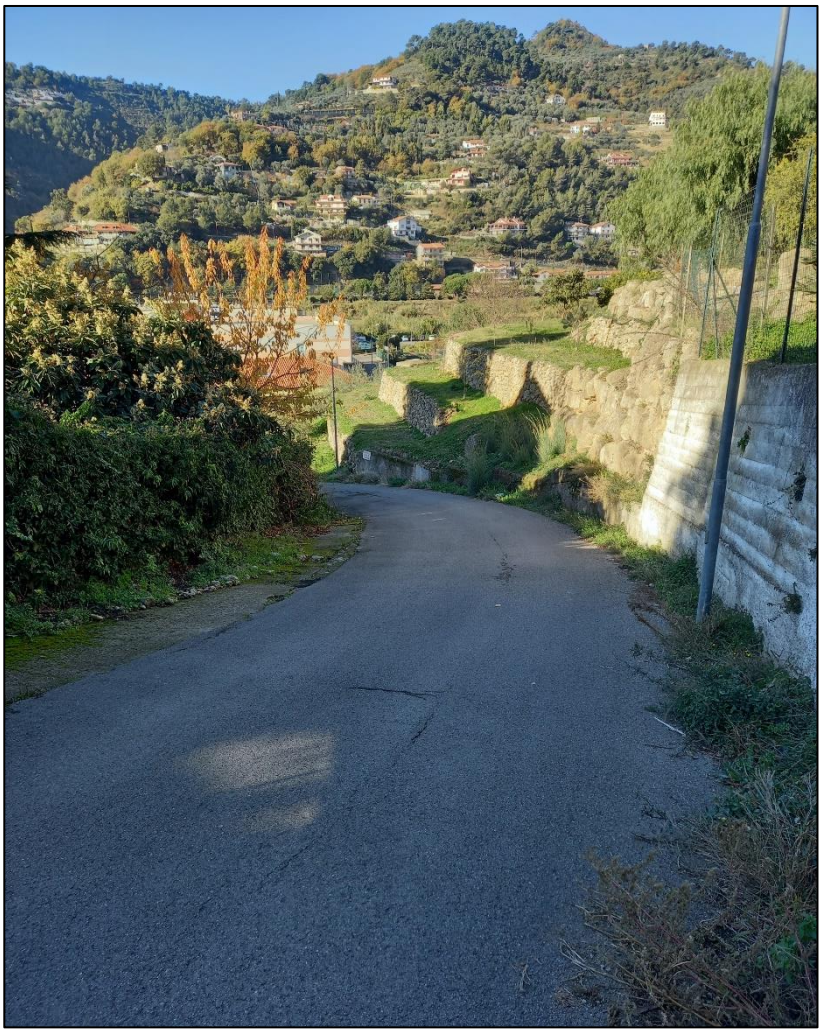


Figura 5 – Ripida discesa di via Turistica, a valle del tratto in cui si perde evidenza della traccia del rio Braie



Figura 6 – Termine della ripida discesa e inizio del tratto pianeggiante di via Turistica ortogonale al corso del torrente Nervia



Figura 7 – Tratto pressocché orizzontale di via Turistica sino al parcheggio del centro commerciale

Tutto ciò premesso, appare evidente come durante gli eventi pluviometrici intensi le acque raccolte dalla parte sommitale del rio Braie vengano ad oggi riversate su via Turistica e scorrano quindi indisturbate lungo la discesa, acquisendo velocità e capacità erosiva.

Dopodiché, giunto nella parte terminale dell'area, il getto d'acqua si spande nella piana, causando allagamenti, invadendo le proprietà pubbliche e private, interferendo con la circolazione stradale e depositando i sedimenti accumulati durante il transito.

Tale fenomeno, dato il ridotto tempo di corrivazione del rio, stimato all'incirca in $t_c \approx 12$[min] si ripete piuttosto frequentemente causando ingenti danni e serie problematiche di gestione.

Nasce pertanto, per l'Amministrazione Comunale, l'esigenza di allestire una soluzione tecnica adeguata in grado di risolvere la situazione, mettere in sicurezza idraulica il rio Braie e mitigare il rischio di esondazione e di danni per l'area oggetto di intervento.

Al fine di reperire le informazioni necessarie ed una base di dati coerente e sufficientemente precisa per impostare le successive operazioni di progettazione, il Team di lavoro ha eseguito numerosi sopralluoghi in sito per valutare e supervisionare le aree interessate dalle opere.

Ulteriormente, nel dicembre 2021 è stato commissionato un rilievo planimetro della zona[101] integrato da un volo drone per completare la base di dati raccolta.

In Figura 8 e in Figura 9 è riportata l'area coperta da mappatura.

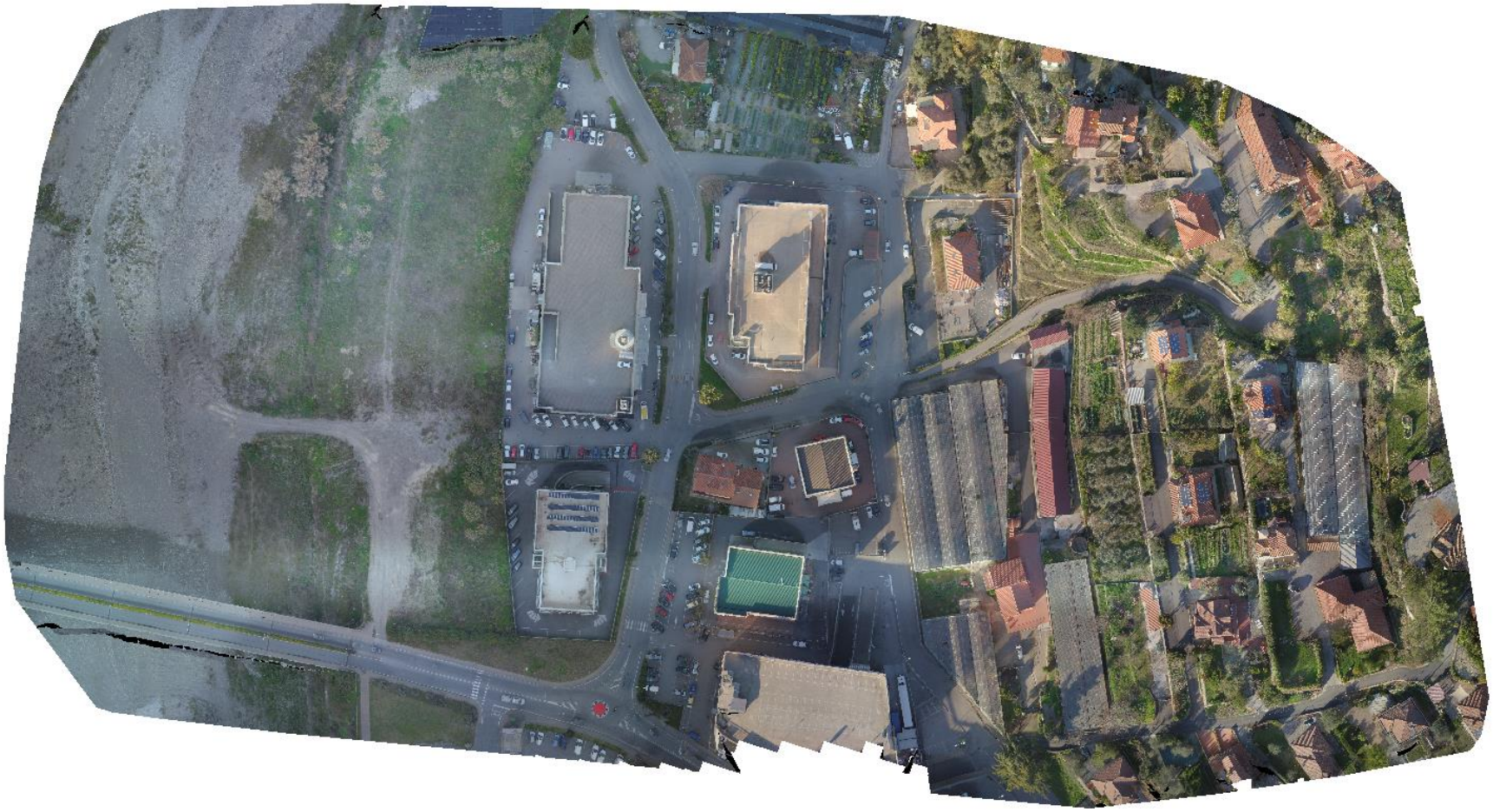


Figura 8 – Ortofoto ad alta definizione derivante da volo drone eseguito per appoggio al rilievo planimetrico

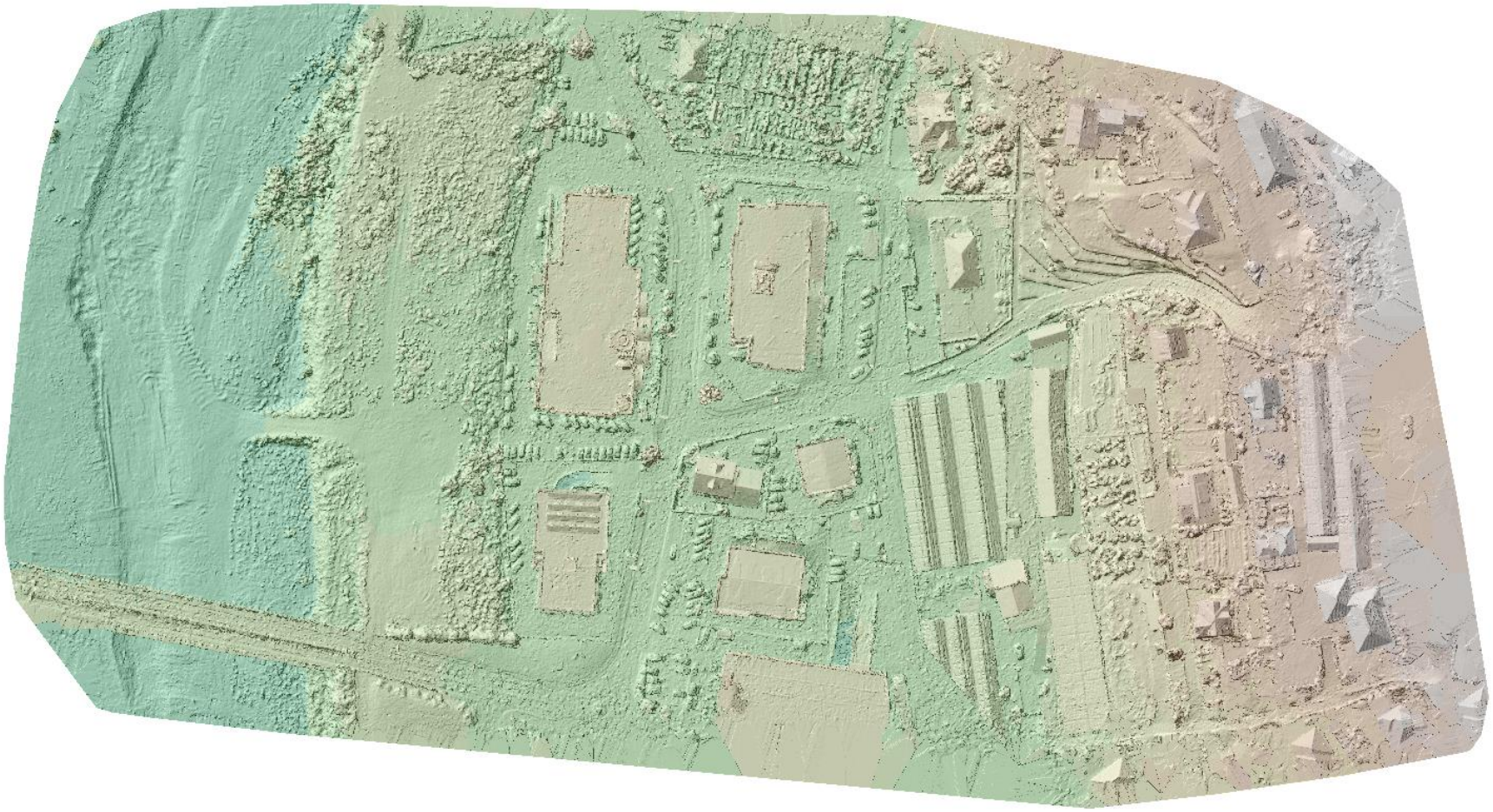


Figura 9 – Modello Digitale delle Superfici (DSM) ad alta definizione derivante da volo drone eseguito per appoggio al rilievo planimetrico

2.1. CLASSIFICAZIONE E PREVISIONE SECONDO IL PIANO DI BACINO

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PdB) del torrente Nervia[20] che comprende il bacino del rio Braie è stato approvato con D.G.P. n°90 del 18/02/2004.

2.1.1. RETICOLO IDROGRAFICO

Il rio Braie, seppur di fatto inesistente nella sua parte terminale, è riportato nell'attuale Carta del Reticolo Idrografico, come da estratto riportato in Figura 10. È interessante notare come il rio venga classificato solo dopo la revisione della rete a seguito del DGR507/2019. Nella versione precedente, relativa all'anno 2012, il corso d'acqua non era classificato come significativo.

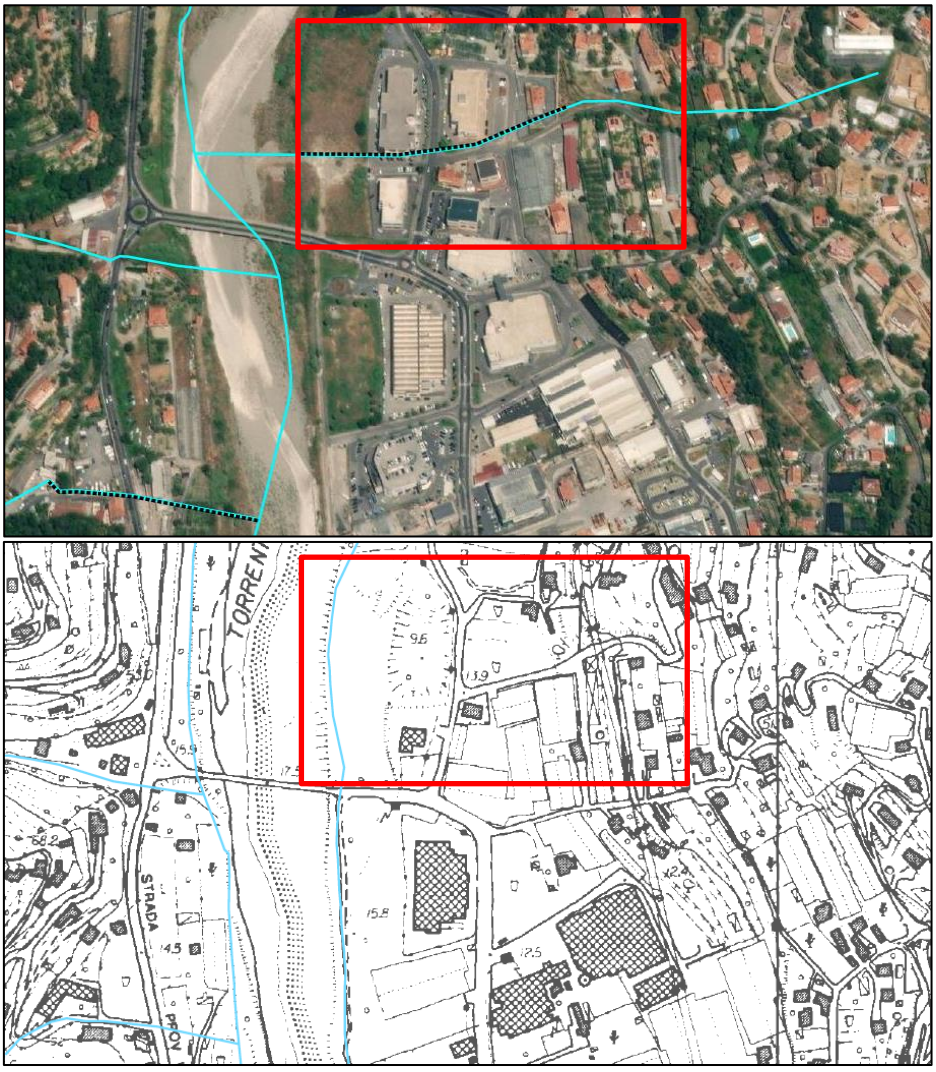


Figura 10 – Reticolo Idrografico significativo (DGR507/2019)

2.1.2. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Il bacino del rio Braie è stato ricavato dal modello digitale 3D del terreno (DEM) a maglia 5.0[m]x5.0[m] reperibile sul sito della Regione Liguria e di definizione ampiamente sufficiente a delineare con correttezza e precisione il perimetro del colatore. In Figura 11 è riportato un estratto del modello approntato.

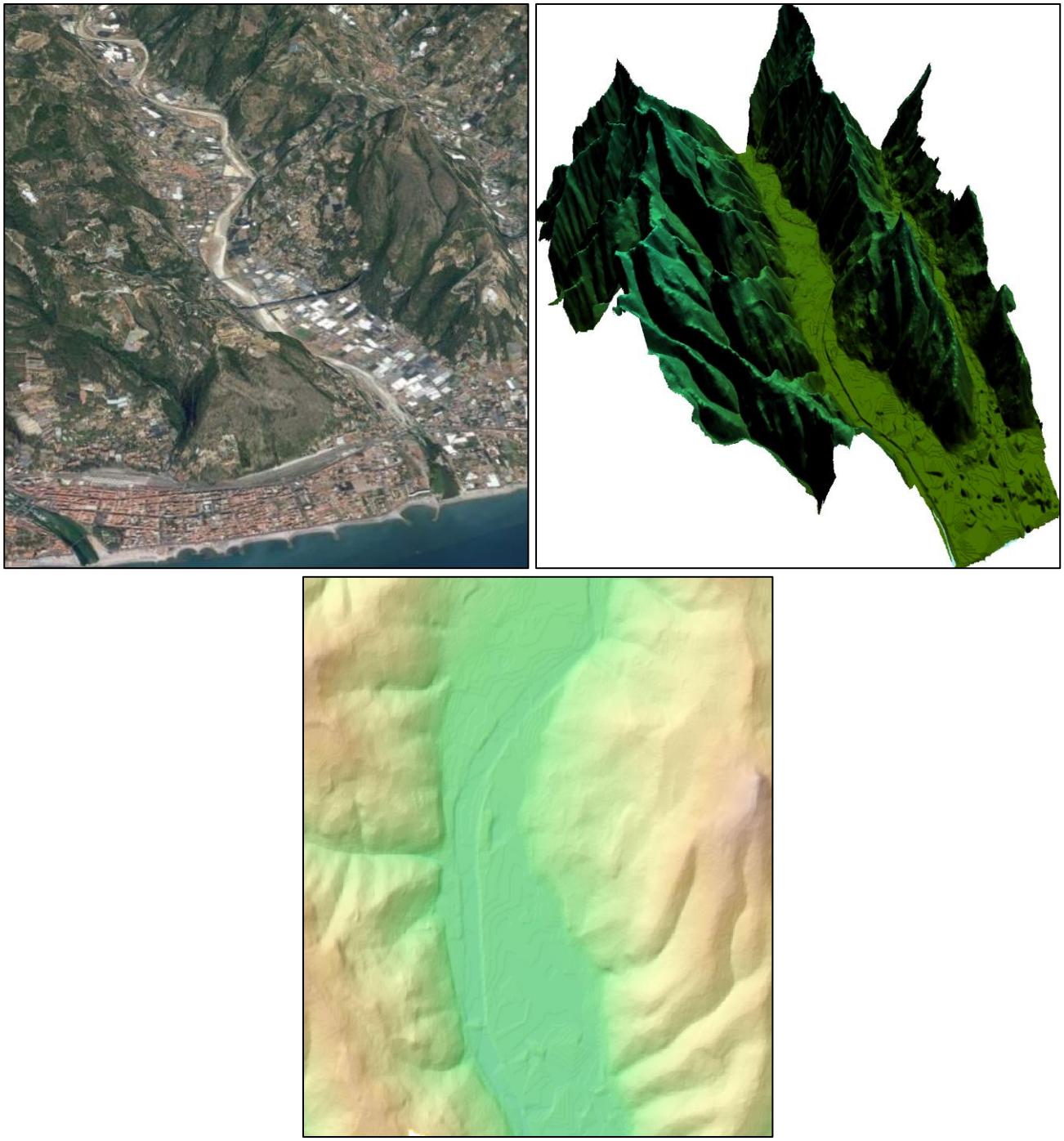


Figura 11 – Modello digitale3D del terreno (DTM) a maglia 5.0[m]x5.0[m] approntato per le analisi a scala di bacino

Attraverso le analisi eseguite sul modello digitale 3D è stato possibile ricavare il bacino del rio Braie, nonché ricostruire completamente il reticolo idrografico. Quest'ultimo, in particolare, è risultato pressocché coincidente nel ramo principale con quello indicato nella carta fornita dal Piano di Bacino[20].

Un estratto delle elaborazioni è fornito in Figura 12.

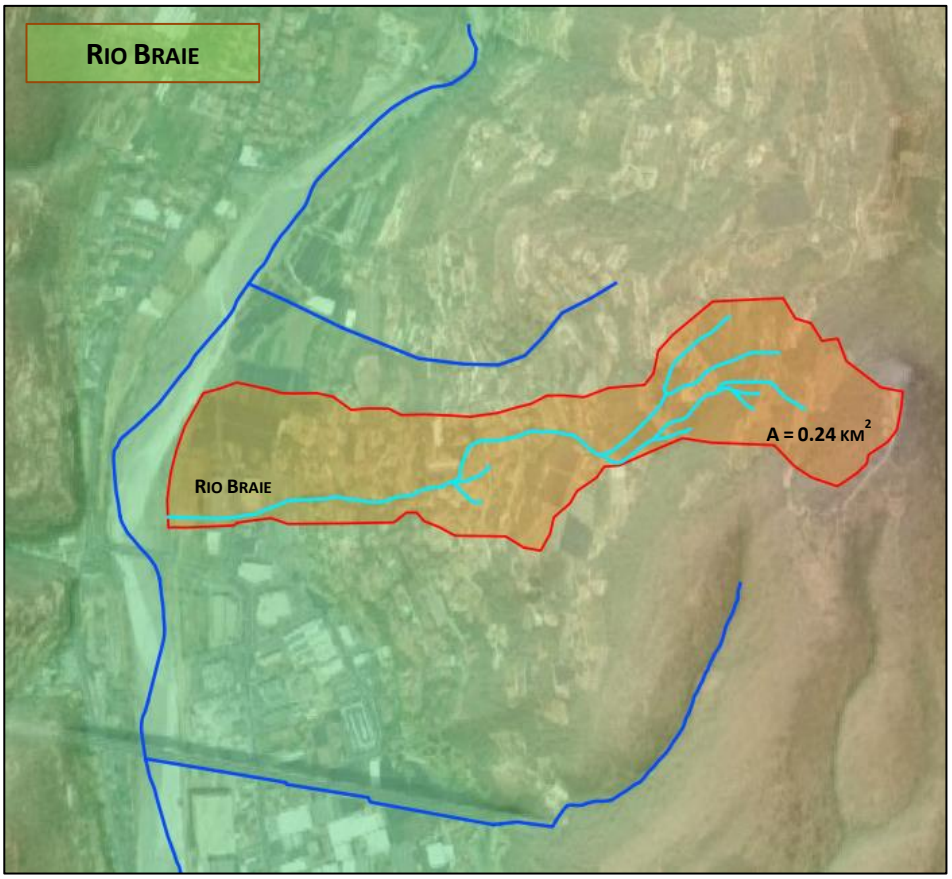


Figura 12 – Bacino di captazione e reticolo relativo al rio Braie

L'area totale del bacino è pari all'incirca ad A=0.24[km^2] e pertanto, seguendo le indicazioni del PdB[20], il rio Braie può essere classificato come corso d'acqua di terzo livello. I valori della portata di piena Q (riferiti alla sezione di chiusura allo sbocco nel Nervia) e i corrispondenti valori del periodo di ritorno T assunti ai fini delle verifiche idrauliche, dedotti dai contenuti del PdB[20] per bacino di estensione inferiore a 2.0[km^2], sono riassunti nella tabella seguente, facendo riferimento ad un contributo unitario di 40[m^3/(s km)].

T [anni]	50	**200**	500
Q [m^3/s]	*6.4*	***9.6 ≈ 10.0***	*13.3*

Come già accennato in precedenza, date le caratteristiche fortemente antropizzate della parte montana del colatore che, oggigiorno, lo assimilano più ad una fognatura bianca che ad un rio, è possibile osservare come le predette portate costituiscano, con ogni probabilità, un'approssimazione per significativo eccesso di quelle che verosimilmente potranno interessare il bacino.

I franchi stabiliti dal vigente PdB[20] per corsi d'acqua di terzo livello sono riassunti nella tabella seguente.

In particolare, nella valutazione del carico totale, è permesso l'utilizzo del 50% del carico cinetico.

		FRANCO IDRAULICO [cm]	
		RETICOLO PRINCIPALE E SECONDARIO	RETICOLO DI TERZO LIVELLO O MINORE
(a)	Tutte le tipologie	$U^2/2g$	$0.5U^2/2g$
(b)	Argini e difese spondali	50/100	50
	Ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di 12[m]	100/150	75
	Coperture o tombinature, ponti e strutture di attraversamento di estensione longitudinale oltre 12[m]	150/200	100

- $U^2/2g$ rappresenta il carico cinetico della corrente con velocità media U
- I valori estremi per il reticolo principale e secondario corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido e a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena

2.2. INFORMAZIONI GEOLOGICHE

Al fine di fornire un dettagliato inquadramento geologico per l'area oggetto di intervento, il Comune di Camporosso ha incaricato il Dott. Geol. Massimo Spano di eseguire indagini in situ e redigere una relazione completa inerente alle attività in progetto.

Di seguito, in Figura 13, si allega la sezione geologica longitudinale tracciata sul presunto percorso naturale del rio.

Come si evince dalla schematizzazione, l'intera piana è caratterizzata dal deposito alluvionale originato dal torrente Nervia e dall'accumulo proveniente dalle pendici dei versanti limitrofi.

Il substrato roccioso, in generale, è posizionato molto in profondità ad eccezione del versante sul quale si inerpica la salita di via Turistica. Le caratteristiche medie dei materiali sono riportate in Tabella 1.

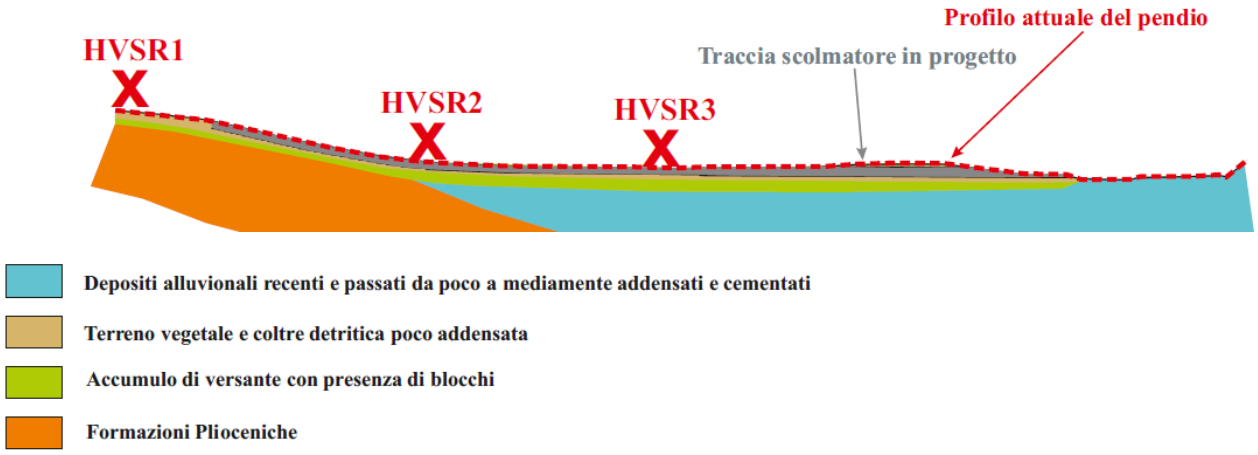


Figura 13 – Sezione geologica longitudinale

			Deposito Alluvionale	Coltre	Accumulo	Substrato
Peso di volume secco	γ_{DRY}	[t/m³]	1.65	1.70	1.80	2.20 ÷ 2.30
Peso di volume saturo	γ_{SAT}	[t/m³]	1.80	1.90	2.00	-
Angolo di attrito	ϕ	[°]	28 ÷ 30	30	32	33 ÷ 38
Coesione	c	[kg/cm²]	-	0.00 ÷ 0.01	0.01 ÷ 0.05	0.05 ÷ 3.00

Tabella 1 – Parametri geotecnici dei terreni rilevati

In Figura 14 sono riportate alcune sezioni geologiche trasversali relative alla planimetria riportata in [200].

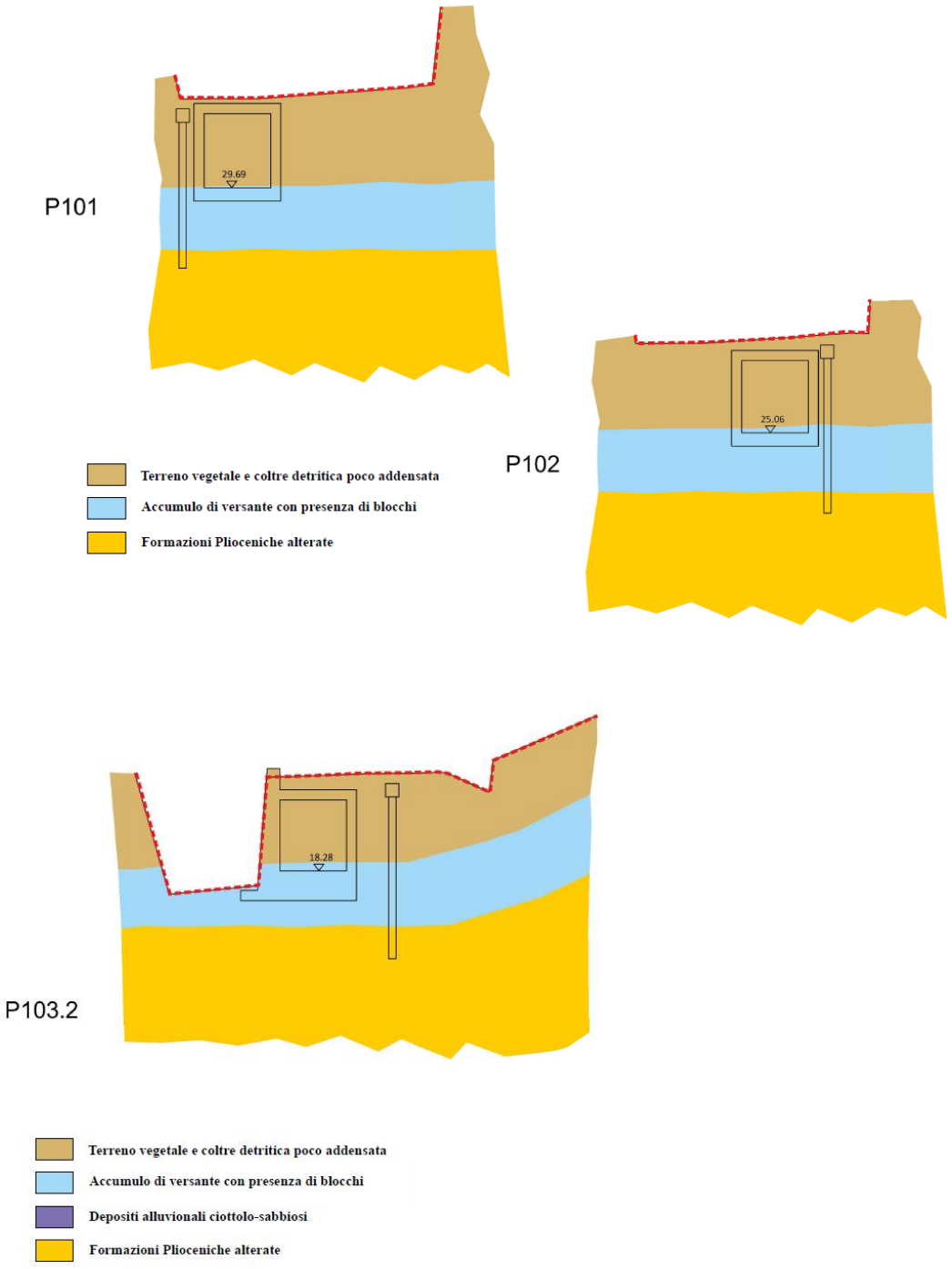


Figura 14 – Sezioni geologiche trasversali

3. SOLUZIONE PROGETTUALE

La soluzione progettuale prescelta, sviluppata nel presente Progetto Definitivo, è risultata essere quella preferibile sotto numerosi aspetti, sia dal punto di vista strettamente economico, sia dai punti di vista gestionale, manutentivo e, soprattutto, idraulico in relazione alla maggiore facilità di controllo e ispezione dei tratti potenzialmente soggetti a deposito dei sedimenti. Di seguito, si descrivono i differenti elementi costitutivi dell'intervento progettuale.

3.1. OPERE PROPEDEUTICHE

Attualmente, dato che il corso d'acqua, come riportato nei precedenti paragrafi, scompare a monte della curva in cima alla ripida salita di via Turistica, è anzitutto necessario procedere alla prima captazione delle acque. Il primo intervento, pertanto, è costituito essenzialmente da un canale coperto sotto strada avente il duplice scopo di convogliare le acque a valle del tratto e mantenere a lungo termine la viabilità necessaria per raggiungere in sicurezza le abitazioni residenziali che si distribuiscono sul fianco della collina.

La necessità di realizzare un canale tombinato richiede, secondo le direttive del PdB[20], la contestuale realizzazione di una vasca di sedimentazione la quale, per ragioni di sicurezza, abbia lo scopo di intercettare la maggior parte dei sedimenti e dei flottanti a monte dell'innesto al tratto coperto. Uno schema delle opere è riportato nella seguente Figura 15.



Figura 15 – Soluzione progettuale – Vasca di sedimentazione e primo canale coperto

3.1.1. VASCA DI SEDIMENTAZIONE

La vasca ha lo scopo primario di intercettare le acque provenienti dal rio Braie prima che si disperdano lungo la viabilità. La zona di realizzazione, pertanto, risulta essere piuttosto determinata e si posiziona a monte della curva al termine della salita di via di Turistica, come riportato schematicamente in Figura 16 e in Figura 17.



Figura 16 – Area interessata dalla realizzazione della vasca di sedimentazione – Vista dal basso



Figura 17 – Area interessata dalla realizzazione della vasca di sedimentazione – Vista di lato

Attualmente nell'area sono presenti un muro di contenimento in pietra, in sinistra orografica a sostegno di una civile abitazione, ed alcune fasce private sul versante destro.

Come riportato schematicamente nella seguente Figura 18, la vasca risulta essere parzialmente interrata rispetto al piano di campagna, per una profondità media di circa 3.0[m] e presenta un'altezza variabile tra i 4.0[m] e i 6.0[m]. Le acque provenienti dal rio Braie verranno collettate e indirizzate alla camera di sedimentazione, quest'ultima divisa in due sezioni separate e posizionate a quote diverse per ottimizzare il volume degli scavi. Il massimo volume invasabile è pari all'incirca a $V_{S\,MA}$=100[m^3], corrispondente al previsto volume medio annuo prodotto dal bacino del corso d'acqua e valutato, separatamente, sia con il metodo dell'Erosione Potenziale di Gavrilovic, sia con l'approccio RUSLE. Le camere di sedimentazione sono dotate di una briglia a fessura in modo da facilitare un eventuale svuotamento parziale della vasca durante le fasi di morbida e sono in grado di intercettare il 75% del volume solido in arrivo durante un evento duecentennale, corrispondente all'incirca a $V_{S\,T200}$=33[m^3].

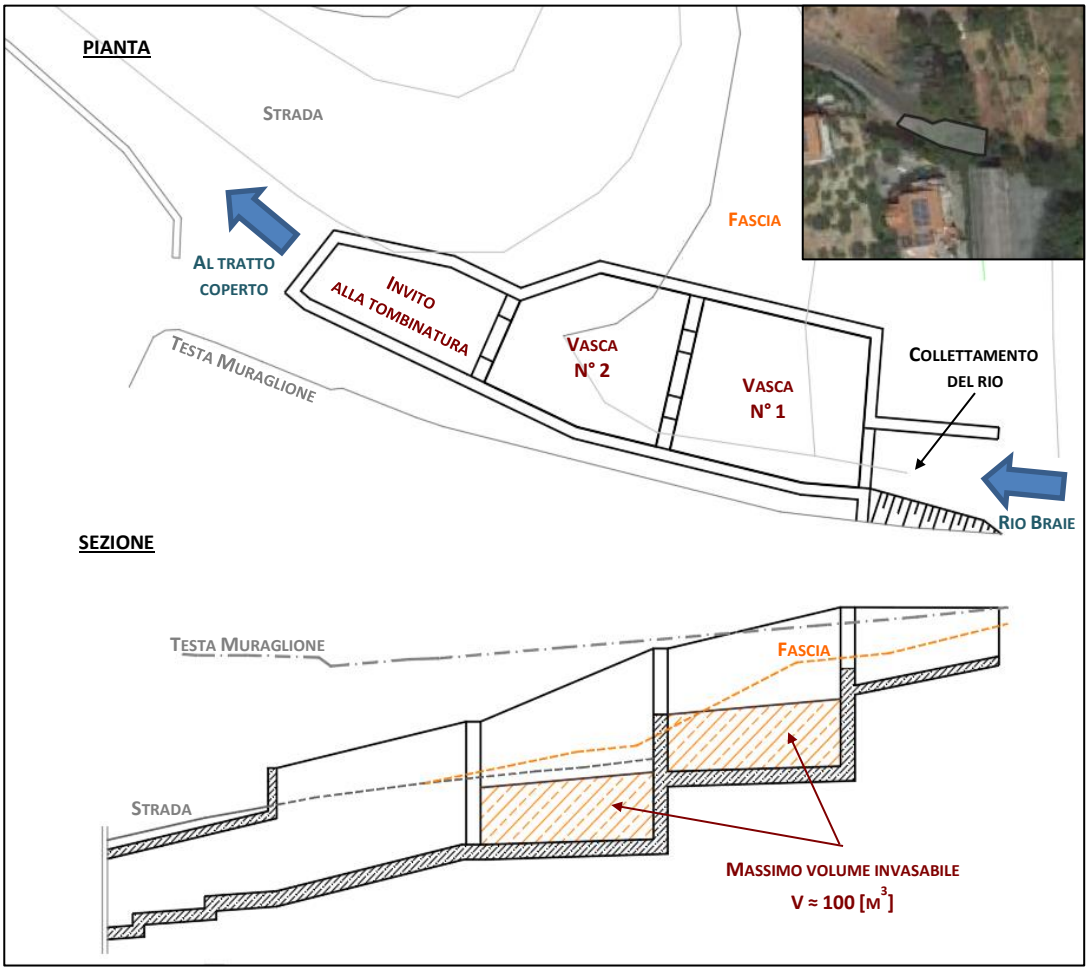


Figura 18 – Rappresentazione schematica della vasca di raccolta e sedimentazione

Come per indicazioni derivanti dalle Normative Regionali[20], la vasca di sedimentazione a monte della tombinatura dovrà essere manutenuta almeno due volte l'anno e, comunque, dopo ogni evento di una certa entità al fine di garantire la funzionalità delle opere. La pulizia è prevista con un mezzo meccanico, tipo pala a lungo braccio, operante dall'esterno e da posizionarsi su pista di avvicinamento creata allo scopo.

In Figura 19 è schematizzata la posizione della vasca sovrapposta al volo drone eseguito durante le operazioni di rilievo planimetrico dell'area.



Figura 19 – Posizionamento schematico della vasca sull'ortofoto derivante da volo drone

La verifica idraulica della vasca, necessaria anche per la definizione dell'altezza delle pareti, è stata implementa nelle condizioni più gravose relative all'evento con tempo di ritorno duecentennale, sia in condizioni di camere prive di sedimenti, sia in configurazione di massimo interramento o prevista chiusura della briglia a fessura per esigenze di manutenzione.

3.1.2. CANALE DISSIPATORE

Le acque raccolte nella vasca di sedimentazione sono convogliate nel canale tombinato posizionato al di sotto della discesa di via Turistica.

La struttura di sezione scatolare ha una larghezza pari a b=2.0[m] e un'altezza fissata in h≥2.0[m], per esigenze di manutenzione. Il canale è realizzato mediante una serie di salti di fondo di potenza pari a Δh=40[cm] e ampiezza variabile al fine di dissipare parte dell'energia e limitare il più possibile la velocità della corrente.

La pendenza delle rampe è fissata in un valore pari all'incirca a i_F=0.07[-] al fine di poter garantire il franco di 1.0[m] (reticolo di 3° livello) rispetto al pelo libero e limitare la sedimentazione del materiale eventualmente rilasciato in modo graduale dalla vasca di raccolta. Il minimo franco relativo al pelo libero, nelle condizioni di progetto più gravose, è comunque pari a f=+109[cm], superiore al minimo imposto dalla vigente Normativa[20].

L'energia totale, valutata utilizzando un valore pari al 50% del carico cinetico (reticolo di 3° livello), non può essere contenuta nell'intradosso del canale, data l'elevata pendenza del dislivello da vincere e la contestuale esigenza di limitare gli scavi durante la realizzazione. Nelle condizioni più gravose, il carico totale equivalente supera l'intradosso di circa +29[cm], ma resta comunque ampiamente compreso al di sotto del piano stradale e dovrà essere oggetto di richiesta di deroga alle Autorità competenti in materia.

Uno schema del canale è riportato in Figura 20.

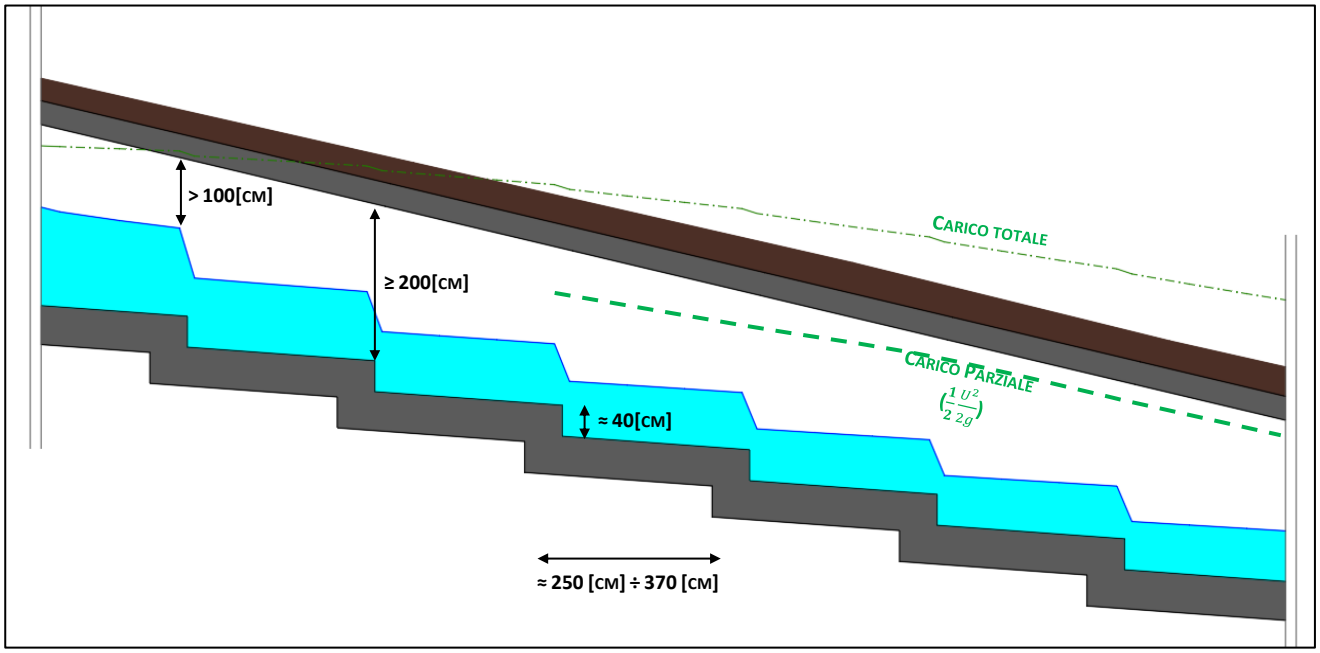


Figura 20 – Rappresentazione schematica del canale dissipatore

Nella successiva Figura 21 è riportata una vista della ripida discesa di via Turistica, la quale raggiunge pendenze dell'ordine del 26% per la quasi totalità del tratto, all'incirca 125[m].



Figura 21 – Tratto di via Turistica in forte pendenza longitudinale

3.2. CRITICITÀ RILEVATE E DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE

La conformazione altamente urbanizzata dell'area oggetto di intervento presenta alcune significative criticità generate, in primo luogo, dalla conformazione della piana alluvionale, dalla viabilità consolidata e della presenza di numerosi accessi a livello strada, sia per quanto concerne le numerose attività commerciali, sia per quanto riguarda le unità residenziali.

In Figura 22 è rappresentato il tracciato naturale del rio Braie che viene riproposto come soluzione progettuale, in quanto costituisce la soluzione idraulica più efficiente in termini di brevità del tratto e mantenimento di una non troppo scarsa pendenza motrice. In figura sono stati indicati i vincoli altimetrici di maggior interesse.

È possibile notare, in primo luogo, come al termine della ripida discesa (1-2), via Turistica presenti un tratto pressocché orizzontale (2-3) sino all'argine (3-5) e allo sbocco naturale nel recettore principale (5).

Tale configurazione è altresì rappresentativa dello stato dei luoghi, poiché si ripete identica in molti altri colatori minori i quali, dalle pendici delle alture limitrofe, procedendo con declività longitudinali piuttosto elevate, si trovano a dover scaricare nella piana alluvionale generata dal torrente Nervia e caratterizzata da pendenze pressocché nulle.

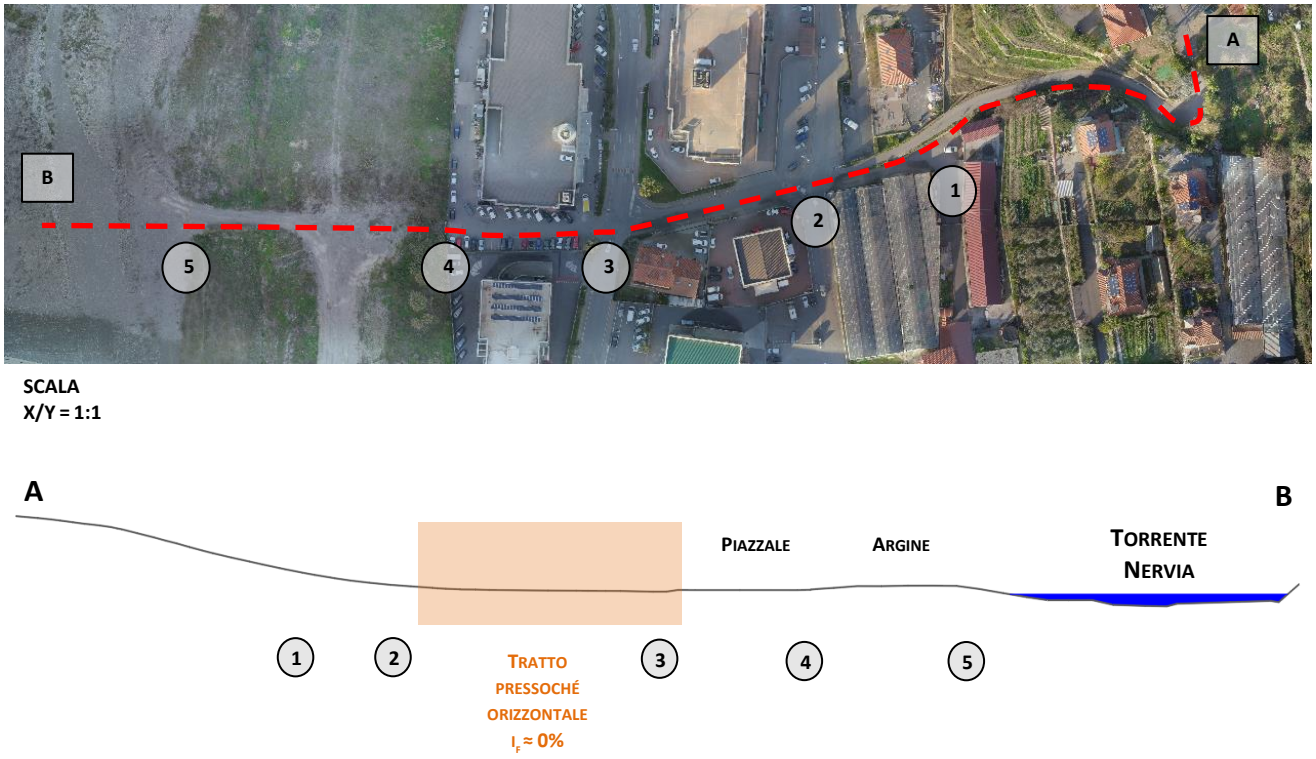


Figura 22 – Traccia naturale del rio Braie – Vincoli altimetrici

Nella successiva Figura 23, parte della sezione longitudinale A-B indicata nella planimetria precedente è rappresentata in scala deformata, al fine di rendere maggiormente evidenti i due principali vincoli altimetrici che hanno influenzato la scelta progettuale.

Data la presenza di una viabilità consolidata e altresì caratterizzata dall'elevato transito di mezzi pesanti, a causa dell'intensa attività commerciale intessuta nell'area, il canale del rio Braie deve necessariamente poter mantenere il traffico veicolare e non interrompere il flusso viario.

La scelta di una sezione interrata e tombinata sembra essere pertanto l'unica perseguibile.

Il vincolo altimetrico più significativo è rappresentato dalla sezione "3", nell'incrocio tra i due tratti ortogonali di via Turistica, nei pressi del piazzale commerciale Brico/Unieuro in cui si evidenzia la minore quota altimetrica della strada. Parimenti, utilizzando le informazioni ricavate dal vigente Piano di Bacino[20], a seguito di una validazione geometrica e altimetrica, è agevole valutare la quota del pelo libero del torrente Nervia, per l'evento di progetto con tempo di ritorno duecentennale, nell'ipotizzata sezione di sbocco.

Sempre dalla Figura 23, quindi, è possibile osservare come, **anche <u>in totale assenza di pendenza motrice per il rio Braie</u>, il rigurgito di corrente lenta proveniente dal torrente Nervia** (SEZ.48-PdB[20]) **si posizionerebbe 35[cm] al di sopra della quota strada nella predetta sezione "3" di controllo**.

Appare evidente, pertanto, l'impossibilità nelle predette condizioni di evitare che il canale in progetto assuma un funzionamento in pressione durante le piene del torrente Nervia, recettore finale.

Ulteriormente è possibile osservare come l'allagamento della piana alluvionale risulti, ad oggi, impedito unicamente dalla presenza del rilevato arginale, di chiara natura artificiale, essendo quest'ultimo sopraelevato di circa +1.80[m] rispetto al livello del piano di campagna.

Per garantire un funzionamento a pelo libero e l'adeguato franco da Normativa[20], infatti, si può desumere come la sopraelevazione richiesta per via Turistica dovrebbe risultare all'incirca pari a +175[cm] (pendenza motrice, franco idraulico, spessore strutturale e adeguato ricoprimento carrabile), valore assolutamente incompatibile con gli accessi presenti, con la viabilità, nonché con la generata interferenza nei confronti dell'attuale definizione delle fasce fluviali.

La complessa situazione, pertanto, ha portato alla scelta di una soluzione progettuale che prevedesse il mantenimento del naturale punto di sbocco e la definizione di una sezione tombinata in grado di garantire i franchi da Normativa[20] per eventi più che duecentennali, per quanto concerne il rio Braie, e che permettesse un sicuro e previsto funzionamento in pressione durante gli scenari calamitosi del torrente Nervia. **La tombinatura, pertanto, è stata dimensionata strutturalmente per resistere alle sottopressioni generate dal ricettore primario, nonché dotata degli accorgimenti idraulici per evitare filtrazioni o rigurgiti** (sigillatura dei giunti, tombini e valvole anti riflusso, ecc.).

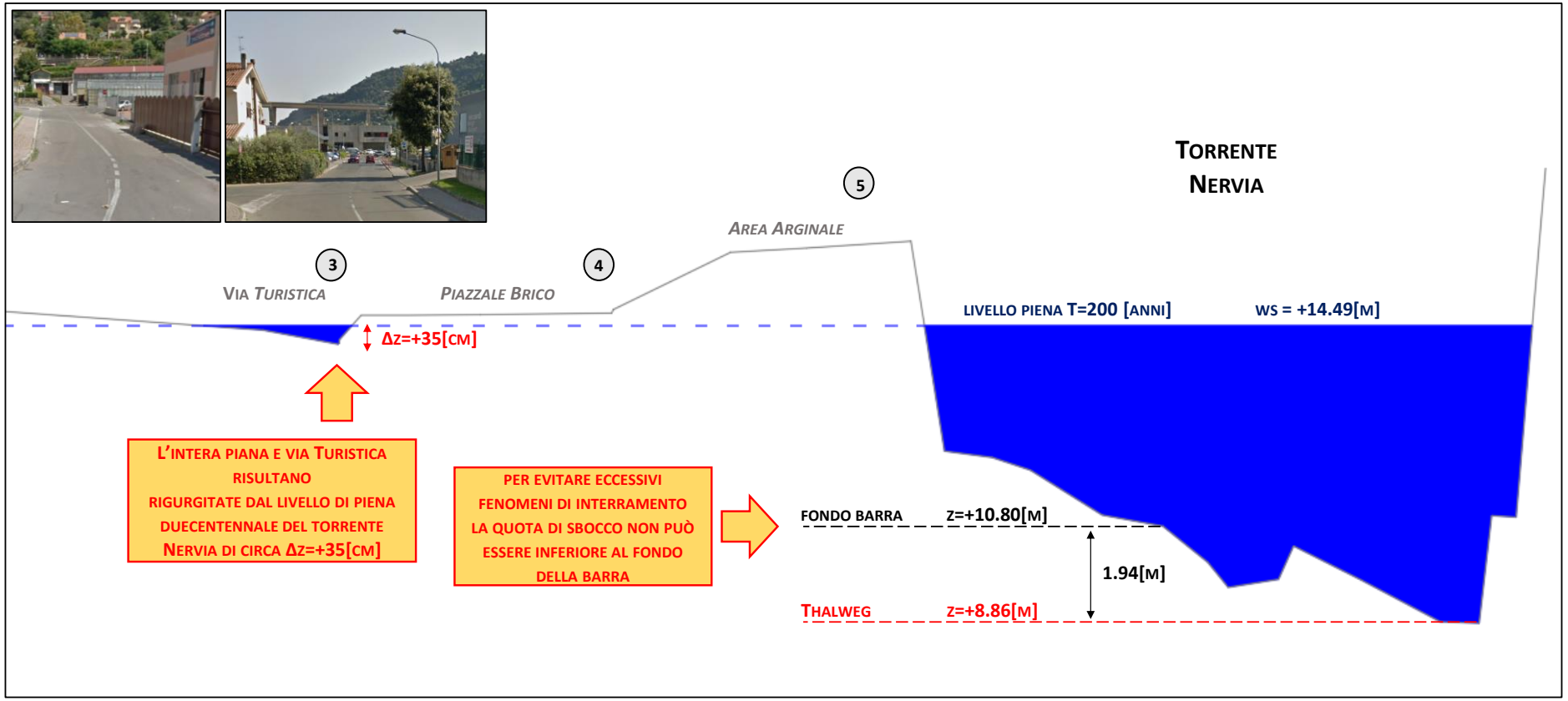


Figura 23 – Principali vincoli altimetrici che condizionano la soluzione progettuale

Oltre a ciò, occorre considerare come la presenza della vasca di sedimentazione a monte del tratto renda certamente poco plausibile la presenza di flottanti o di elevato trasporto solido.

Una schematizzazione planimetrica della soluzione progettuale è rappresentata in Figura 24.

Procedendo da monte, in primo luogo, si incontra la vasca di sedimentazione descritta al precedente paragrafo §3.1.1 e, successivamente, il canale dissipatore tombinato a sezione rettangolare pari a b=2.0[m] x h≥2.0[m] e pendenza i_f=0.07[-] descritto al capitolo §3.1.2. In prossimità del termine della ripida discesa, infine, il canale assume una pendenza i_f=0.04[-] e si allarga sino ad un valore b=2.5[m].

La lunghezza totale di questo primo tratto tombinato è pari all'incirca a 125[m].

Da questo punto in poi, sino al parcheggio dell'area commerciale, per una lunghezza di estensione pari a circa 100[m], il canale mantiene una sezione scatolare pari a b=2.5[m] x h=2.5[m] e una pendenza pari a i_f=0.01[-]. Le quote di via Turistica sono rimaste pressoché invariate, salvaguardando la circolazione e gli accessi.

All'interno del piazzale dell'area commerciale, per una lunghezza di circa 35[m], il canale assume una nuova sezione scatolare pari a b=2.5[m] x h=3.0[m], mantenendo invariata la pendenza longitudinale pari a i_f=0.01[-].

Infine, appena al di fuori dell'area adibita a parcheggio, nel tratto intersecante il rilevato lungo la sponda del torrente Nervia e sino allo sbocco, è stata utilizzata una sezione in terra a cielo aperto, di forma pressoché trapezia molto ampia, al fine di preservare le caratteristiche naturali e ambientali del recettore primario, nel quale il rio Braie sfociava in passato.

Sul fondo della sezione naturale, in prossimità dello scatolare, al fine di fissare il più possibile la quota di sbocco imposta a progetto, sono state inserite due file di massi per creare un vincolo altimetrico nei confronti di una eventuale erosione e facilitare le operazioni di manutenzione e pulizia che dovranno necessariamente essere eseguite sul torrente Nervia per mantenere una configurazione operativa ed evitare un'ostruzione dello sbocco.

Considerando il vincolo altimetrico imposto dalla quota di fondo del torrente Nervia nella sezione di sbocco, sempre per ridurre la possibilità di ostruzione a causa del materiale trasportato del recettore primario, l'immissione del Braie è stata impostata pari alla base dell'attuale sponda in barra, ad una quota circa +1.94[m] superiore al thalweg.

Una schematizzazione della sezione longitudinale è indicata in Figura 25.

La lunghezza totale del canale nella soluzione progettuale descritta, dalla vasca sino alla confluenza, è pari all'incirca a 290[m].

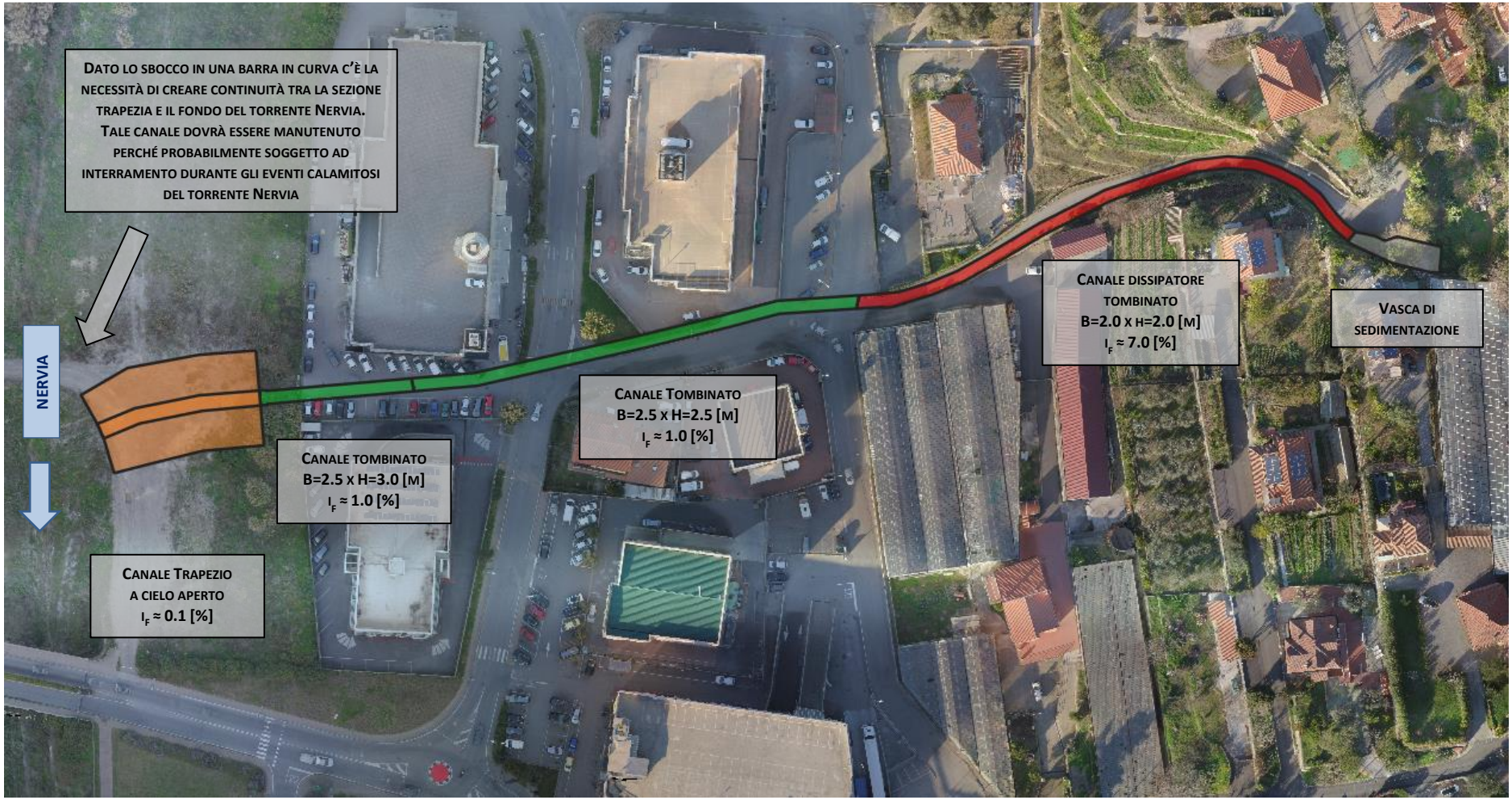


Figura 24 – Rappresentazione planimetrica schematica della SOLUZIONE PROGETTUALE

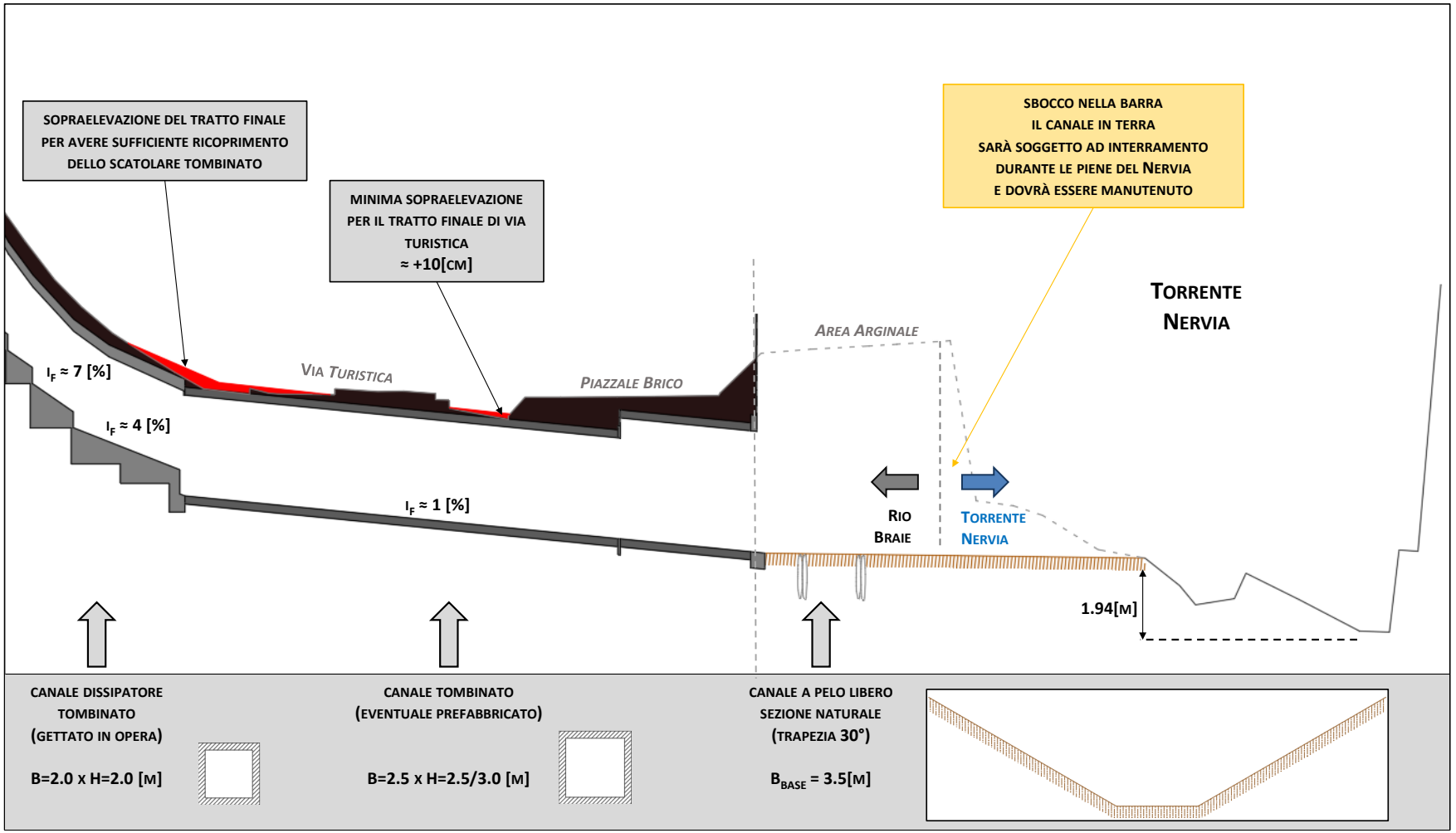


Figura 25 – Rappresentazione longitudinale schematica della SOLUZIONE PROGETTUALE

La soluzione progettuale è stata verificata attraverso l'implementazione di due differenti scenari calamitosi:

a. Rio Braie in piena con tempo di ritorno T=200[anni] e torrente Nervia in condizioni non influenti (T≤3[anni]), tali da non innescare rigurgiti di corrente lenta all'interno del canale;

b. Rio Braie in piena con tempo di ritorno T=200[anni] e torrente Nervia in piena con tempo di ritorno T=200[anni];

Lo scenario (a) è stato utilizzato per la verifica idraulica del rio Braie e per la definizione di una configurazione progettuale che eliminasse completamente il rischio proveniente dal colatore oggetto di intervento.

Lo scenario (b) è stato utilizzato per definire il rischio idraulico derivante dal torrente Nervia che, come già indicato in precedenza, a causa delle ridotte quote relative alla piana alluviale, esiste indipendentemente dal rio Braie e sul quale non è possibile operare in modo alcuno, dipendendo quest'ultimo unicamente dalle caratteristiche idrauliche del recettore finale.

In Figura 26 è possibile notare come lo scenario (a), relativo al solo rio Braie in piena, sia caratterizzato da una verifica idraulica ampiamente soddisfatta.

All'interno del canale tombinato, nelle sezioni più critiche posizionate al di sotto della piana alluvionale, il franco idraulico è pari a +117[cm] e, nel tratto finale del canale, esso aumenta notevolmente, raggiungendo valori di circa +169[cm], ampiamente superiori al limite imposto da Normativa[20].

La perdita del franco idraulico, come dettagliatamente descritto all'interno della Relazione Idraulica Specialistica[200] e schematizzato in Figura 27, avviene per una portata corrispondente ad un tempo di ritorno di circa T=335[anni].

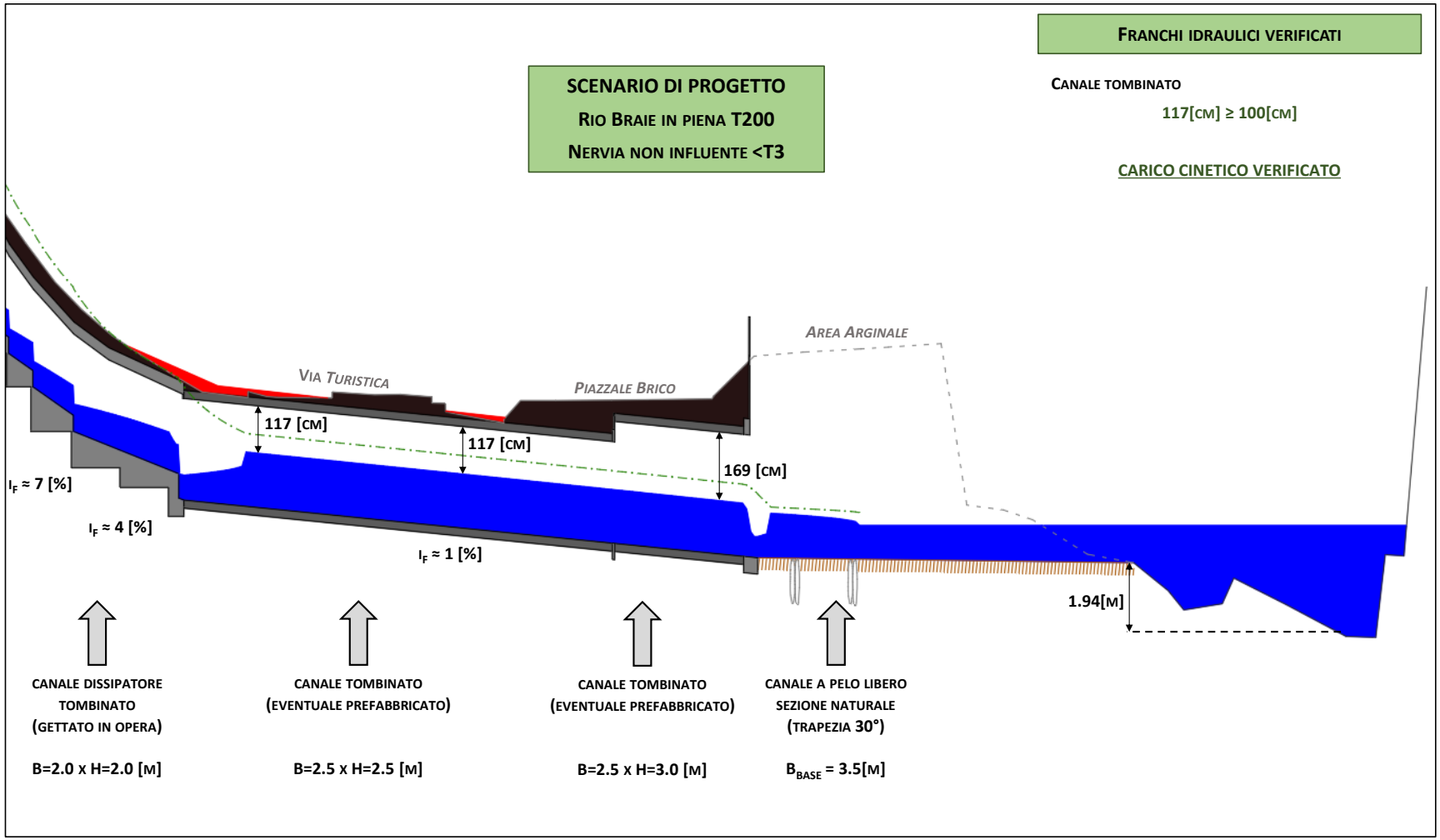


Figura 26 – SOLUZIONE PROGETTUALE – Rio Braie in piena (T200) e torrente Nervia in condizioni non influenti

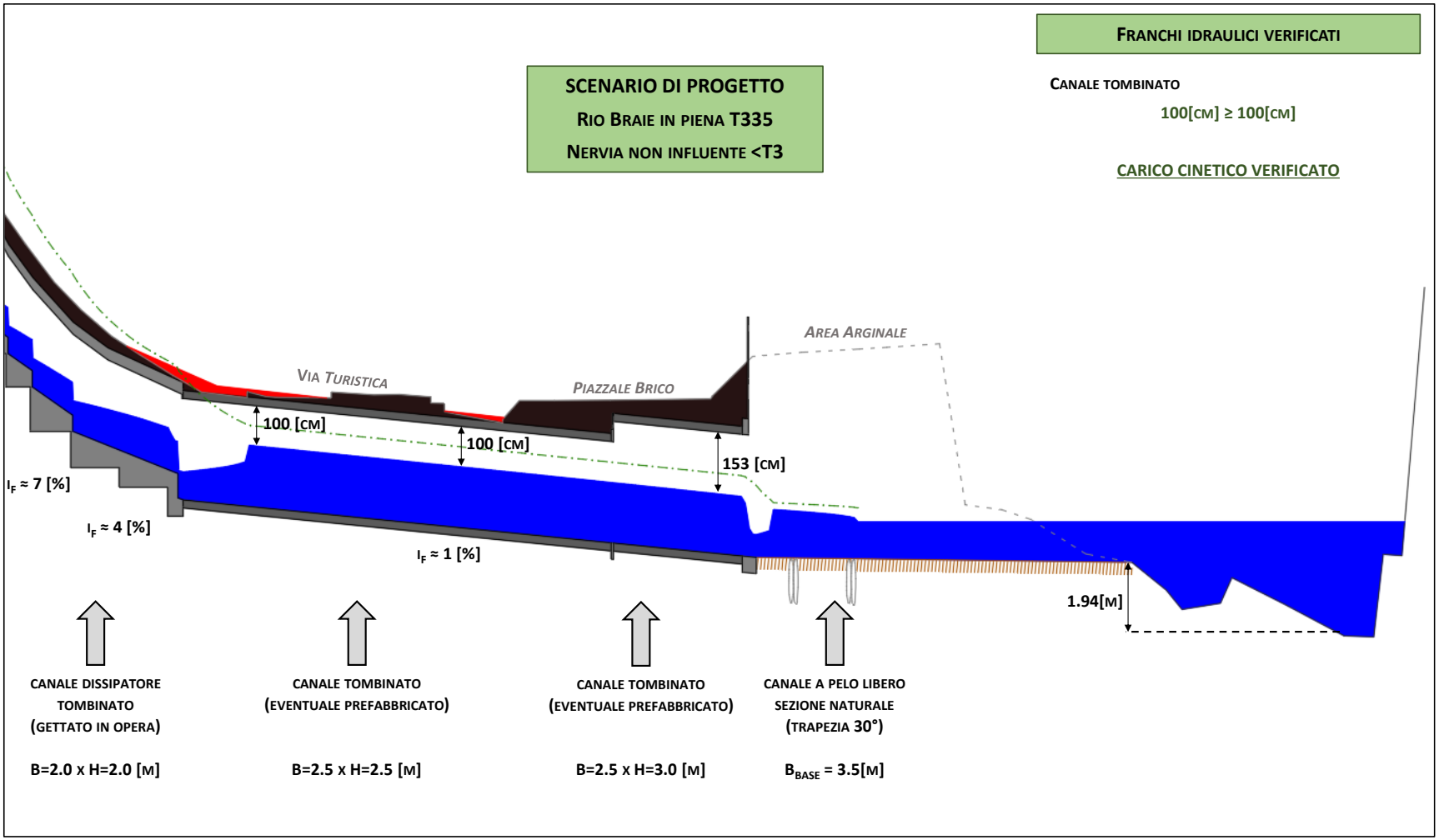


Figura 27 – SOLUZIONE PROGETTUALE – Rio Braie – Perdita del franco idraulico per un evento con tempo di ritorno pari a T=335[anni]

4. SOTTOSERVIZI

Lungo il tratto di via Turistica parallelo al torrente Nervia scorrono entrambe le reti di smaltimento delle acque bianche meteoriche e della fognatura nera, come indicato in Figura 28.

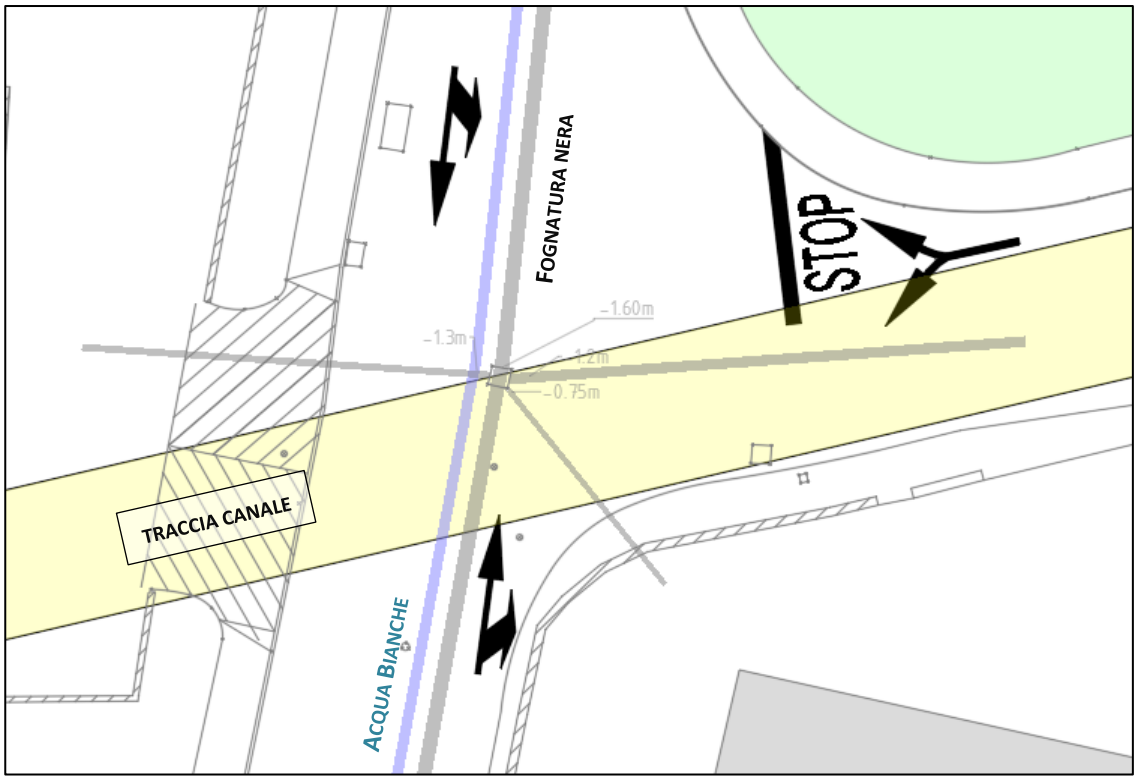


Figura 28 – Sottoservizi presenti

Il canale in progetto taglia necessariamente via Turistica per raggiungere il recettore principale e le quote imposte dai numerosi vincoli altimetrici fanno sì che esso interferisca con il percorso dei sottoservizi. Le acque bianche meteoriche possono essere direttamente riversate nel canale tuttavia, al contrario, la rete di fognatura a gravità non potrà in alcun modo superare l'ostacolo imposto dalla struttura e dovrà essere reindirizzata in pressione mediante una stazione di sollevamento da collocarsi, come da indicazione dell'Amministrazione comunale, nella vicina aiuola ai margini dell'incrocio.

5. CONSIDERAZIONI RELATIVE AL TRASPORTO SOLIDO

Come descritto in dettaglio nei paragrafi precedenti, la definizione dell'alveo del rio Braie risulta particolarmente difficoltosa in alcune parti del bacino, allorquando non perseguibile nelle restanti, a causa della completa scomparsa del colatore per probabile effetto dell'urbanizzazione avvenuta in epoche passate.

Non risulta possibile, pertanto, nelle condizioni attuali, procedere alla valutazione standard dei profili di equilibrio morfodinamico al fine di stimare le condizioni formative del corso d'acqua e valutare più congruamente il rapporto esistente tra le portate liquide e le relative portate solide prodotte dal bacino.

Tutto ciò premesso, le uniche considerazioni plausibili relative al trasporto solido potranno essere unicamente di natura qualitativa e basate su valutazioni morfodinamiche preliminari che necessiteranno di monitoraggio dopo la realizzazione del canale. In primo luogo, è possibile osservare come la necessaria diminuzione longitudinale della pendenza del rio, imposta dai vincoli urbanistici e morfologici della piana, procedendo verso valle, non possa che favorire la tendenza al deposito dell'eventuale trasporto solido. Considerando questo presupposto, pertanto, risulta preferibile condizionare, a livello progettuale, la predisposizione al deposito in tratti ben determinati del rio, al fine di ottimizzare le operazioni di manutenzione e rimozione dei sedimenti.

La prima area predisposta al deposito è, ovviamente, la vasca di captazione e sedimentazione a monte dell'intero tratto.

Come descritto dettagliatamente all'interno della Relazione Idraulica Specialistica[200], le camere di deposito sono state dimensionate per un volume totale pari all'incirca a 100[m^3], corrispondente alla prevista produzione annua di sedimenti per l'intero bacino, valutata attraverso la consolidata metodologia di Gavrilovic.

Le vasche sono state altresì dotate di pareti trasversali divisorie munite di apposita fessura (eventualmente sigillabile in un secondo tempo a seguito delle risultanze ottenute dal piano di monitoraggio) al fine di facilitare un naturale svuotamento delle camere di deposito.

Le considerazioni morfodinamiche non stazionarie che seguono sono state effettuate, preliminarmente, utilizzando la legge di trasporto al fondo di Wong&Parker, frutto della reinterpretazione dei dati all'origine della classica formulazione di Meyer-Peter&Muller, e ampiamente validata nel campo dei sedimenti a frazione grossolana. Il diametro medio dei sedimenti d_{50} è stato assunto pari a 80[mm] e valutato da sopralluoghi in sito come indicato in Figura 29.



Figura 29 – Sedimenti grossolani provenienti dal rio Braie

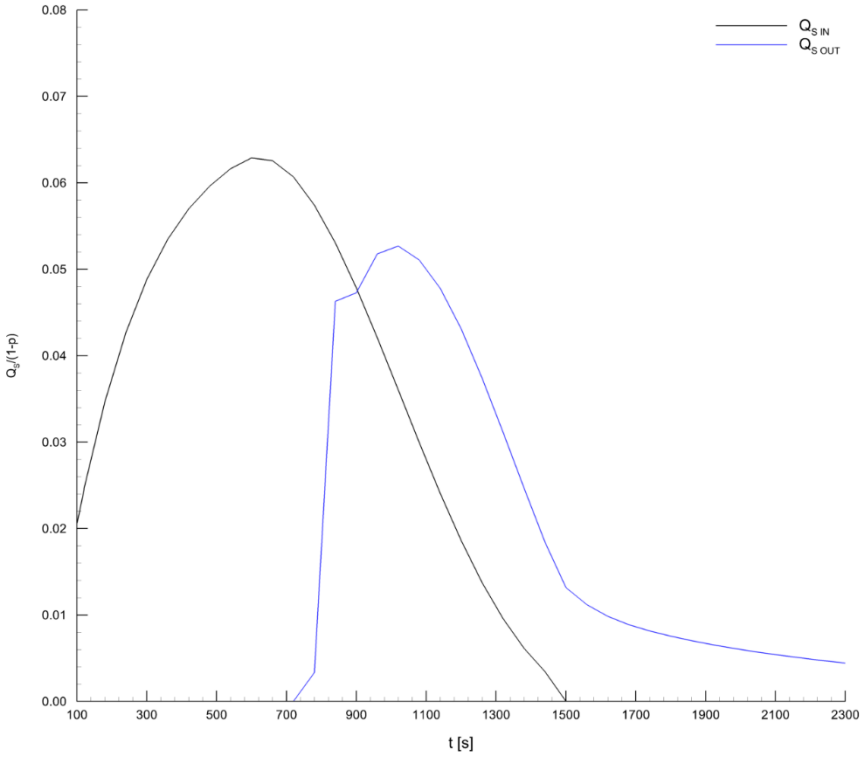


Figura 30 – Flussi solidi in ingresso (linea nera) e in uscita (linea blu) dalla cassa di sedimentazione

L'evento duecentennale stimato è in grado di trasportare, sotto le ipotesi precedenti, un volume totale pari a 33[m^3], intercettato al 40% dalla cassa di sedimentazione anche in condizione di semi-interramento, come riportato nella Figura 30, in cui sono riportati i flussi solidi in ingresso e in uscita.

Dal grafico appare evidente come sino al picco dell'idrogramma, anche con la prima vasca intasata, la camera funzionante trattenga la totalità del materiale, per poi rilasciarlo gradualmente durante la coda dell'evento.

Sulla base delle ipotesi assunte il materiale in uscita dalla cassa viene trasportato a valle lungo il canale dissipatore a causa dell'elevata pendenza delle rampe e tende ad accumularsi alla fine della discesa, nel tratto relativo al canale scatolare, dal quale potrà essere rimosso con migliore facilità.

Ulteriormente, nel caso si volesse optare per il solo utilizzo delle casse di sedimentazione come unico luogo di accumulo, sarà possibile sigillare la fessura della briglia in modo da fermare completamente tutti i sedimenti in arrivo da monte e impedire il trasferimento del materiale nei tratti vallivi. Le vasche, infatti, sono state verificate anche in condizioni di completo interramento o chiusura.

Le operazioni di manutenzione, comunque, come da indicato dalle Linee Guida regionali[20], dovranno essere effettuate al bisogno almeno due volte l'anno e, comunque, dopo ogni evento ritenuto significativo.

Lo Scrivente

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA
DOTT. ING. Nobile Giampiero
Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
N° 10393A

Ing. Giampiero NOBILE

6. INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 – AREA DI INTERVENTO 7
FIGURA 2 – AREA DI INTERVENTO - DETTAGLIO 8
FIGURA 3 – PROBABILE PERCORSO DEL RIO 8
FIGURA 4 – TRACCIA APPENA VISIBILE DEL RIO BRAIE A MONTE DELLA CURVA IN CIMA ALLA RIPIDA SALITA DI VIA TURISTICA 9
FIGURA 5 – RIPIDA DISCESA DI VIA TURISTICA, A VALLE DEL TRATTO IN CUI SI PERDE EVIDENZA DELLA TRACCIA DEL RIO BRAIE 10
FIGURA 6 – TERMINE DELLA RIPIDA DISCESA E INIZIO DEL TRATTO PIANEGGIANTE DI VIA TURISTICA ORTOGONALE AL CORSO DEL TORRENTE NERVIA 10
FIGURA 7 – TRATTO PRESSOCCHÉ ORIZZONTALE DI VIA TURISTICA SINO AL PARCHEGGIO DEL CENTRO COMMERCIALE 11
FIGURA 8 – ORTOFOTO AD ALTA DEFINIZIONE DERIVANTE DA VOLO DRONE ESEGUITO PER APPOGGIO AL RILIEVO PLANIMETRICO 13
FIGURA 9 – MODELLO DIGITALE DELLE SUPERFICI (DSM) AD ALTA DEFINIZIONE DERIVANTE DA VOLO DRONE ESEGUITO PER APPOGGIO AL RILIEVO PLANIMETRICO 14
FIGURA 10 – RETICOLO IDROGRAFICO SIGNIFICATIVO (DGR507/2019) 15
FIGURA 11 – MODELLO DIGITALE3D DEL TERRENO (DTM) A MAGLIA 5.0[M]X5.0[M] APPRONTATO PER LE ANALISI A SCALA DI BACINO 16
FIGURA 12 – BACINO DI CAPTAZIONE E RETICOLO RELATIVO AL RIO BRAIE 17
FIGURA 13 – SEZIONE GEOLOGICA LONGITUDINALE 19
FIGURA 14 – SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI 20
FIGURA 15 – SOLUZIONE PROGETTUALE – VASCA DI SEDIMENTAZIONE E PRIMO CANALE COPERTO 21
FIGURA 16 – AREA INTERESSATA DALLA REALIZZAZIONE DELLA VASCA DI SEDIMENTAZIONE – VISTA DAL BASSO 22
FIGURA 17 – AREA INTERESSATA DALLA REALIZZAZIONE DELLA VASCA DI SEDIMENTAZIONE – VISTA DI LATO 22
FIGURA 18 – RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLA VASCA DI RACCOLTA E SEDIMENTAZIONE 23
FIGURA 19 – POSIZIONAMENTO SCHEMATICO DELLA VASCA SULL'ORTOFOTO DERIVANTE DA VOLO DRONE 24
FIGURA 20 – RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL CANALE DISSIPATORE 25
FIGURA 21 – TRATTO DI VIA TURISTICA IN FORTE PENDENZA LONGITUDINALE 26
FIGURA 22 – TRACCIA NATURALE DEL RIO BRAIE – VINCOLI ALTIMETRICI 27
FIGURA 23 – PRINCIPALI VINCOLI ALTIMETRICI CHE CONDIZIONANO LA SOLUZIONE PROGETTUALE 29
FIGURA 24 – RAPPRESENTAZIONE PLANIMETRICA SCHEMATICA DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE 31
FIGURA 25 – RAPPRESENTAZIONE LONGITUDINALE SCHEMATICA DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE 32
FIGURA 26 – SOLUZIONE PROGETTUALE – RIO BRAIE IN PIENA (T200) E TORRENTE NERVIA IN CONDIZIONI NON INFLUENTI 34
FIGURA 27 – SOLUZIONE PROGETTUALE – RIO BRAIE – PERDITA DEL FRANCO IDRAULICO PER UN EVENTO CON TEMPO DI RITORNO PARI A T=335[ANNI] 35
FIGURA 28 – SOTTOSERVIZI PRESENTI 36
FIGURA 29 – SEDIMENTI GROSSOLANI PROVENIENTI DAL RIO BRAIE 38
FIGURA 30 – FLUSSI SOLIDI IN INGRESSO (LINEA NERA) E IN USCITA (LINEA BLU) DALLA CASSA DI SEDIMENTAZIONE 38

7. INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 – PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI RILEVATI 19