RELAZIONE TECNICA

SOMMARIO

1. PREMESSA 2

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO 2

3. DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE AL PROGETTO PROPOSTO 4

4 CONCLUSIONI 16

RELAZIONE TECNICA

1. PREMESSA

A seguito dell'incontro tenutosi via zoom il 16/07/2024
presenti Dott.ssa Paola Carnevale e Dott.ssa Elisa Furfaro (Regione Liguria, Settore Valutazione Impatto Ambientale e sviluppo sostenibile), Dott. Matteo Zanelli (Regione Liguria, Settore Valutazione Impatto Ambientale e sviluppo sostenibile), ing. Delbuono Matteo e arch. D'Angelo (Regione Liguria Settore difesa del Suolo Provincia di Savona), ing. Giorgio Franzoni (ingegnere idraulico incaricato da Punta dell'Olmo), arch. Vera Scaccabarozzi e arch. Lorenzo Rebediani (paesaggisti incaricati da Punta dell'Olmo), arch. Francesca Torzo (architetto e coordinatore di progetto incaricato da Punta dell'Olmo), dott. Giorgio Sacchi (rappresentate Punta dell'Olmo)

inviamo documentazione integrativa a documentare le verifiche tecnico-progettuali sviluppate e le modifiche proposte al progetto ai fini di ottemperare alla condizione ambientale ante operam alla lettera c).

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il tratto del corso d'acqua Rio Finale preso in esame, della lunghezza di circa 500 m, comprende l'ultimo tratto montano del rio ed il tratto vallivo, fino allo sfocio nel Mar Ligure presso la spiaggetta posta a valle del rilevato ANAS.

Ancora nei pressi di sezione 11 l'alveo non è ben definito; infatti, non si individua facilmente una sezione incisa. Dalla sezione 11 verso valle la morfologia delle aree perifluviali muta, in quanto queste divengono aree pianeggianti, sulle quali erano stati realizzati campi per il gioco del calcio e altro, utilizzati dalla Colonie.

Erano presenti alcuni muretti paralleli al corso d'acqua e, in sezione 12, un piccolo ponticello di attraversamento, realizzato durante l'utilizzo dell'area come colonia estiva.

Nel tratto tra la sezione 16 e la sezione 18 il rio denota una prima artificializzazione, in quanto è evidente che il suo percorso è stato deviato per la realizzazione della vecchia linea ferroviaria Genova Ventimiglia (dismessa negli anni '70 del '900): in tale tratto il rio piega in direzione sud, avendo come argine sinistro proprio il rilevato ferroviario.

Tra la sezione 18 e la sezione 22 è presente un manufatto di attraversamento della vecchia linea ferroviaria, costituito da un ponte a volta che costringe il tracciato del corso d'acqua a due bruschi cambi di direzione.

A valle della sezione 22 il corso d'acqua riprende il suo tracciato originario, con direzione sud-est, fino al rilevato della strada statale n. 1 Aurelia, di proprietà ANAS, ed al relativo ponte, costituito da un voltino di larghezza pari a circa 2 m.

La situazione della pericolosità idraulica stimata è quella calcolata e descritta nella relazione "ID-Z1 Relazione stima pericolosità idraulica" consegnata quale integrazione documentale in data 14/06/2024, di seguito si riporta la mappatura della pericolosità

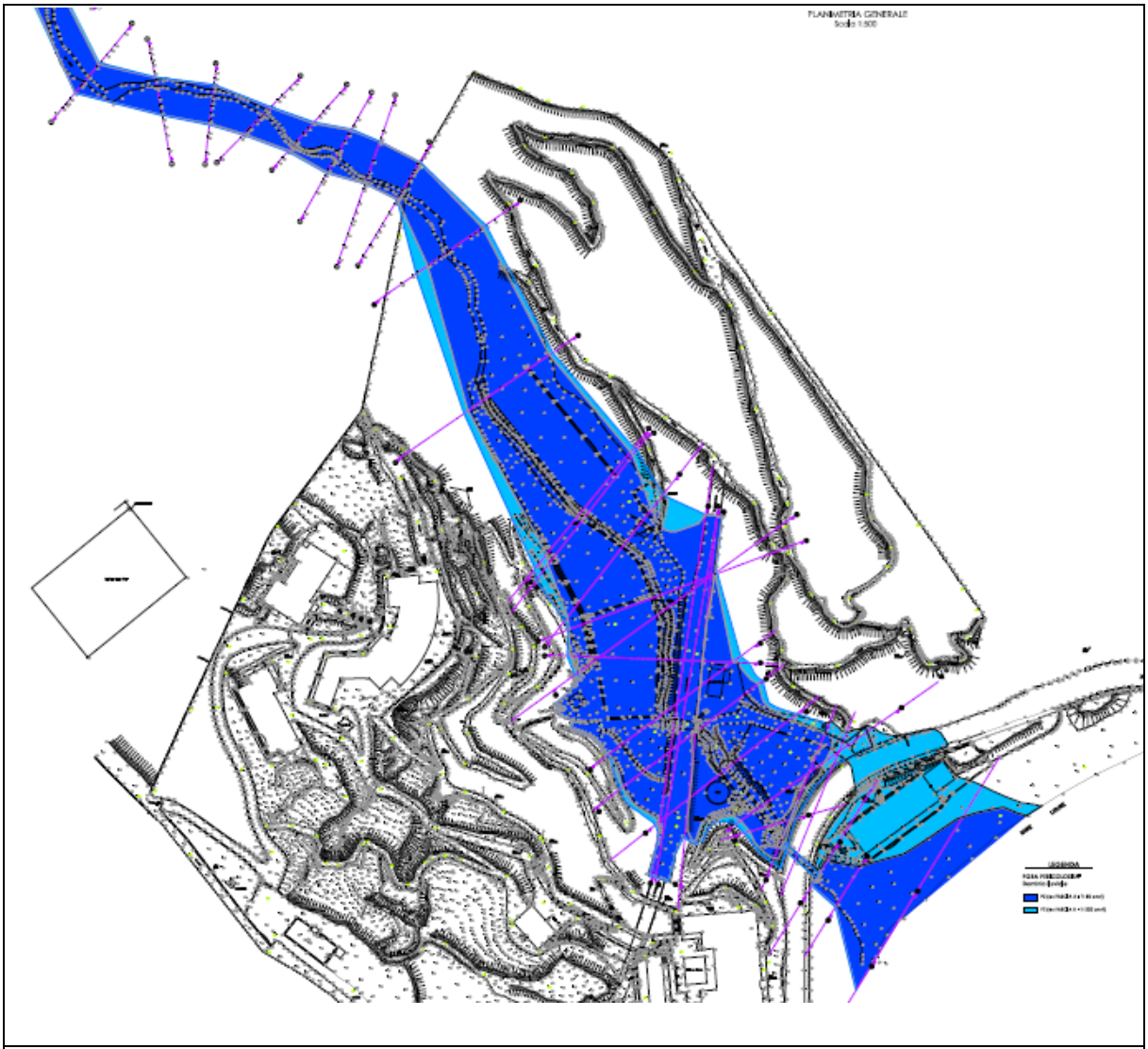


Fig. 1 – mappatura della pericolosità idraulica

3. DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE AL PROGETTO PROPOSTO

Il tratto del corso d'acqua Rio Finale, preso in esame, ha una lunghezza di circa 500 m e comprende il tratto vallivo, fino allo sfocio nel Mar Ligure presso la spiaggia posta a valle del rilevato ANAS (SS1 Aurelia).
Nei pressi di sezione 9, ha inizio la proprietà di Punta dell'Olmo s.p.a. e, pertanto, da tale sezione hanno inizio le opere di sistemazione. Il tratto oggetto di sistemazione ha una lunghezza di circa 340 m.

3.1 Progetto proposto

La sezione tipica del progetto proposto, nel tratto compreso tra la sezione 9 ed il primo attraversamento (la ex sede ferroviaria, che diverrà passeggiata e pista ciclo-pedonale) ubicato nei pressi di sezioni 20-21, ha forma trapezia, con fondo alveo di larghezza pari a 4.0 m e sponde inclinate di altezza 3 m, con pendenza 1/1.
Il progetto già presentato prevede le nuove sponde realizzate tramite scogliera di massi naturali calcarei senza cemento.
La scelta progettuale aveva (ed ha tutt'ora) lo scopo di realizzare una sezione stabile, soprattutto sotto l'aspetto dell'erosione.
.
Infatti, i criteri della progettazione delle sistemazioni sono stati i seguenti:

1) Mantenere, per quanto possibile, il tracciato originario del corso d'acqua.
2) Mantenere, per quanto possibile, le pendenze originarie del corso d'acqua
3) Mantenere, per quanto possibile, all'interno delle nuove sponde, il tracciato demaniale come risulta dalla mappa catastale, che riporta il tracciato come venne rilevato in sede di planimetria catastale di impianto, nei primi anni del secolo scorso.

L'alveo è stato allargato, ad una larghezza complessiva di circa 10 m, al fine di ottenere un compromesso tra contenimento dei tiranti idraulici (rispetto al piano di campagna) e delle velocità, nel rispetto della morfologia naturale del corso d'acqua.
Di seguito si riporta una sezione tipologica del progetto proposto originariamente.

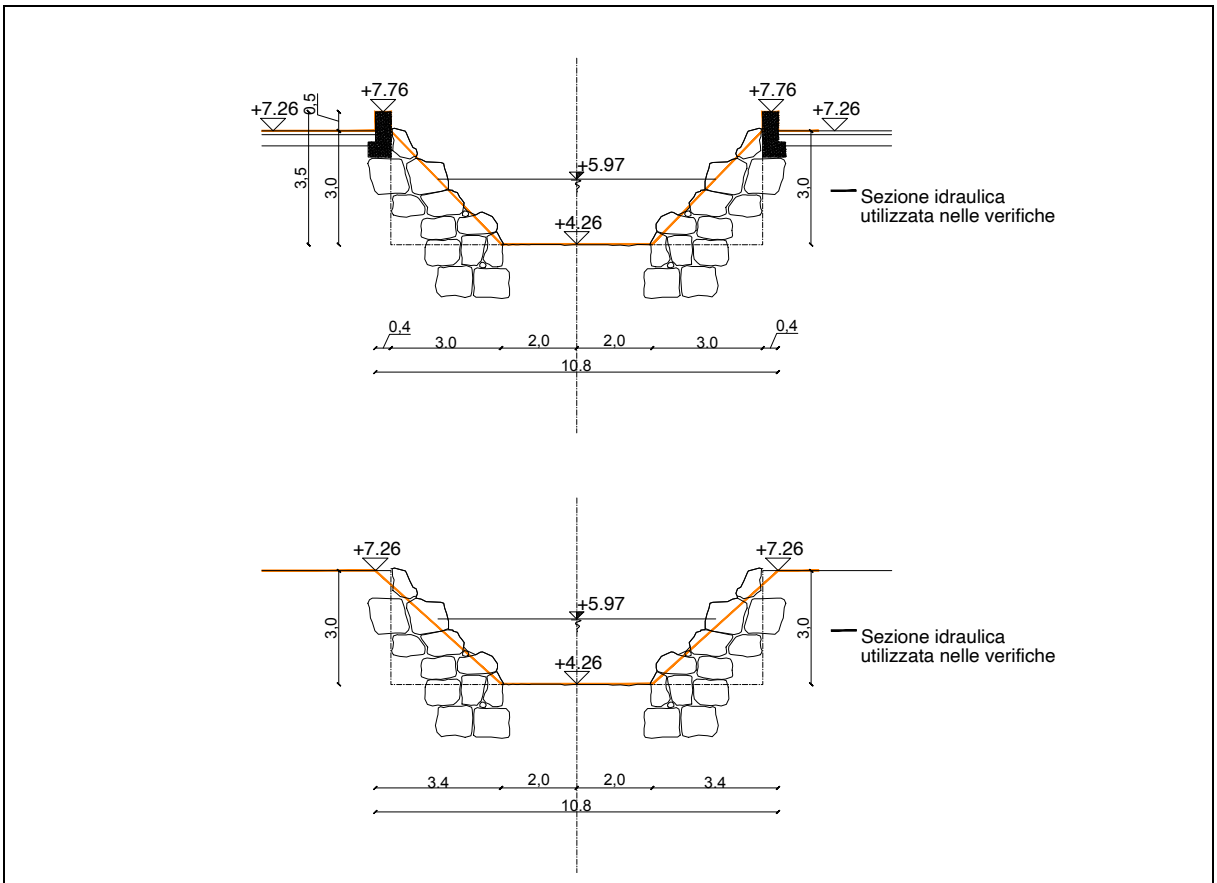


Fig. 2 – SOPRA Sezione tipologica di progetto originario SOTTO Sezione tipologica di progetto alternativa senza muretti

3.2 Valutazione delle alternative con ampliamento della sezione del rio

Al fine di ottemperare alla richiesta rispetto alla condizione ambientale ante operam alla lettera c), ovvero

"*deve essere considerato, per la sistemazione delle sponde, l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica (ad esempio palificate vive, terre rinforzate) in luogo dei massi di cava e dei muri in calcestruzzo*" sono state effettuate diverse valutazioni, soprattutto in termini di velocità della corrente.

Infatti, l'utilizzo di terre rinforzate, ovvero di tecnologie che prevedono l'utilizzo, per la realizzazione degli argini, di terre vegetali racchiuse entro supporti che ne impediscono lo schiacciamento, nell'ambito delle sistemazioni idrauliche, deve essere attentamente valutato.

Tali tecnologie, sono nate per la realizzazione di opere di sostegno di terrapieni, scarpate ecc. ed in tali situazioni si sono imposte, effettivamente, come validissime alternative ad opere molto più impattanti quali muri in cls, gabbionate ecc.

Il loro utilizzo per la sistemazione dei corsi d'acqua è invece limitato dal fatto che il materiale che viene utilizzato per la loro realizzazione, ovvero terra, è vulnerabile all'erosione delle portate di piena del corso d'acqua.

L'azione erosiva della corrente è in grado, infatti, di mettere in movimento i granuli di diametro inferiore ad un certo valore critico (dell'ordine della decina di centimetri), provocando uno svuotamento delle armature che rivestono le terre armate causandone, in taluni casi, il collasso.

È evidente che tale evenienza sia da scongiurare, in quanto il collasso anche di un breve tratto della sponda del corso d'acqua, provocherebbe da un lato una fallanza arginale e dall'altro un ingombro in alveo che provocherebbe un ulteriore effetto negativo sulla corrente.

Posto che le terre armate, così come altre tecnologie basate sull'utilizzo dei materiali terrosi "armati", possono trovare applicazione in corsi d'acqua con velocità della corrente inferiore a 1.5 m/s (quindi sponde di laghi, canali di irrigazione o navigabili), è assodato che per velocità superiori ai 4 m/s è sconsigliato il loro utilizzo.

Si veda ad esempio l'articolo *"SISTEMI-MATERIALI MANUFATTIANTIEROSIVI / TECNICHE ANTIEROSIONE SU SCARPATE IN BAGNATO"*, a cura di Prati armati srl (di cui si allegano due estratti) che propone, per velocità superiori a 4 m/s, proprio una sezione in massi con inserimento di talee, come quella proposta.

velocità fino a 8 m/sec. In caso di pendenze più elevate, è invece possibile ipotizzare una soluzione come quella illustrata nello schema a fianco, relativa alla massicciata realizzata con massi ciclopici (con diametro almeno 1 m). E' possibile in questo modo realizzare scarpate molto ripide, che sopportino velocità anche superiori ai 4-5 m/sec e flussi turbolenti. Tra un masso e l'altro viene posto del terreno che consentirà la crescita delle piante anche negli intersizi, con penetrazione delle radici e ulteriore rafforzamento della struttura. In questo senso l'armatura vegetale realizzata con la tecnologia qui descritta, fornisce un contributo essenziale alla funzionalità e all'integrità della struttura nel tempo in quanto in assenza di vegetazione il terreno tra i massi viene eroso dalla forza dell'acqua e alla lunga si può avere l'asportazione e il trascinamento dei massi.

Fig. 3 – Estratto testo da pag. 10 da articolo

"Sistemi-materiali manufatti antierosivi / tecniche antierosione su scarpate in bagnato"

Velocita' elevate (oltre 4 m/sec): sistemi-materiali-manufatti-antierosivitecniche-antierosione su scarpate in bagnato: armatura vegetale del terreno di sponde e argini con piante erbacee a radicazione profonda.

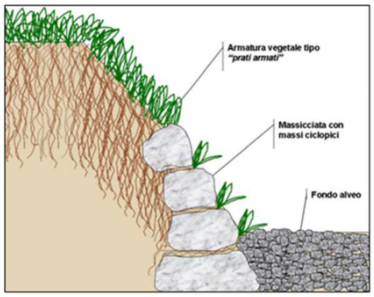


Fig. 4 – Illustrazione una sezione in massi con inserimento di talee, come quella proposta, da articolo "SISTEMI-MATERIALI MANUFATTIANTIEROSIVI/ TECNICHE ANTIEROSIONE SU SCARPATE IN BAGNATO"

Poiché nel caso in esame le velocità della corrente per la portata avente periodo di ritorno pari a 200 anni, sono superiori a tale valore (con punte superiori a 5 m/s), non si ritiene consigliabile l'utilizzo di terre rinforzate, in quanto è alto il rischio che l'erosione della base ne provochi l'erosione.

L'asserzione può essere facilmente dimostrata dalla semplice valutazione della stabilità secondo il metodo di Shields, che individua, dati i parametri idraulici della corrente, se un granulo lapideo, caratterizzato dal suo diametro, è stabile oppure no.

Applicando tale formulazione al tratto in oggetto, ad esempio, si ottengono i seguenti risultati:

	TRASPORTO SOLIDO					
			V=	4.9	m/s	
	SHIELDS		Q=	41.0	mc/s	
			q=	57467.9	N/m/s	
			tau cr	242.9	N/mq	
			tau	244.4	N/mq	**INSTABILE**
tirante idrico	h=	1.2	qs/q	0.0	N/s/m	
pendenza fondo	i=	0.020765	qs	2.9	N/s/m	
diametro sedimento	d=	0.25	Qs	20.6	N/s	
	gamma	9810	Q eq	0.0	mc/s	
	gamma s	26000				
	ks	30				

Dalla tabella si evince che il granulo di diametro 0.25 m (25 cm) risulta instabile. Ciò significa che i granuli di diametro minore sono anch'essi instabili e, di conseguenza, i diametri che costituiscono le terre che si utilizzano per le terre rinforzate sono instabili, ovvero suscettibili di essere trascinati.

Si è quindi tentato di ridurre la velocità del corso d'acqua allargando le sezioni, aumentandone la superficie idraulica

In altre parole, si è provato ad allargare la sezione di progetto di 2 m, portandola da una larghezza di circa 10 m ad una larghezza di circa 12 m.

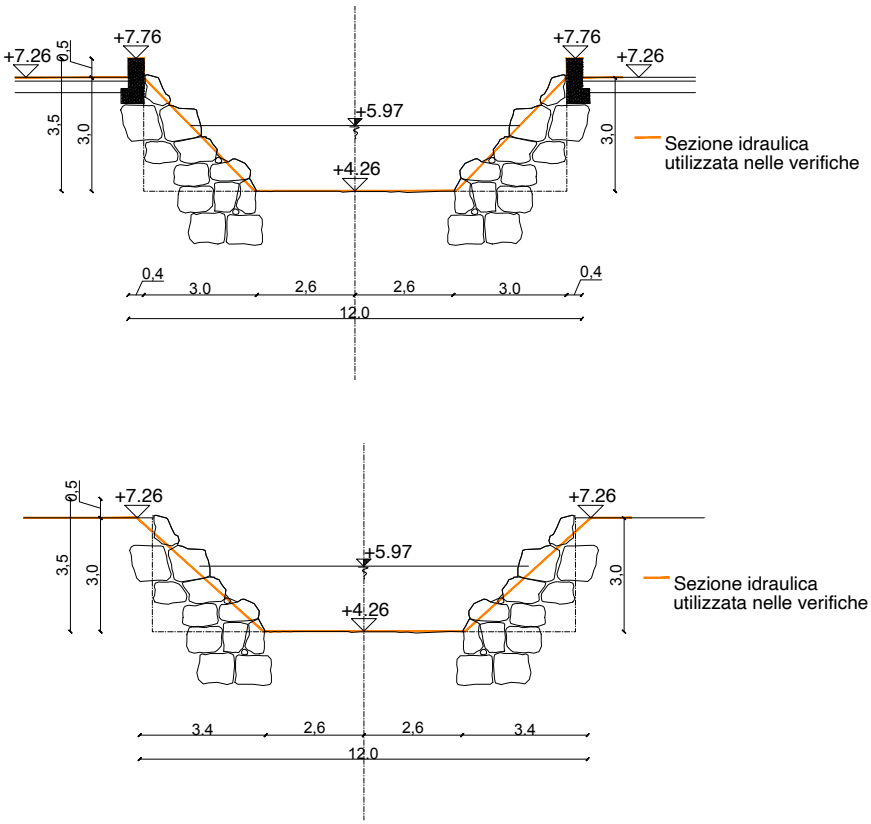


Fig. 5 - SOPRA Sezione tipologica "allargata" a 12 m SOTTO Sezione tipologica tipologica "allargata" a 12 m senza muretti

Le verifiche idrauliche condotte hanno portato i seguenti risultati:

Sez.	Q tot (mc/s)	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	Quota arg. sx (m)	Quota arg. dx (m)	Vel. (m/s)	Note
1	41.00	501.19	9.59	11.60	11.60	12.38	10.20	10.38	4.28	
2	41.00	468.98	9.16	10.07	10.52	11.71	9.80	9.36	5.83	
3	41.00	441.37	8.59	9.54	9.81	10.43	10.77	8.98	4.31	
4	41.00	420.37	7.68	9.18	9.36	9.94	8.85	8.29	4.18	
5	41.00	400.37	7.37	8.72	8.95	9.54	8.13	8.16	4.03	
6	41.00	384.87	7.01	8.94	8.94	9.36	7.84	8.08	3.34	
7	41.00	368.87	6.86	8.37	8.60	9.15	7.95	7.81	4.37	
8	41.00	355.07	6.66	8.53	8.53	8.95	7.71	8.97	3.18	
9	41.00	341.57	6.23	7.37	7.77	8.67	9.23	9.23	5.05	Inizio proprietà Punta dell'Olmo
10	41.00	313.57	5.81	7.22	7.35	8.00	8.81	8.81	3.91	
11	41.00	257.58	5.00	6.36	6.54	7.22	8.00	8.00	4.11	
12	41.00	203.90	4.26	5.68	5.80	6.45	7.26	7.26	3.89	
13	41.00	201.70	4.22	5.62	5.76	6.42	7.22	7.22	3.97	
14	41.00	184.20	3.97	5.35	5.51	6.18	6.97	6.97	4.03	
15	41.00	162.20	3.66	5.04	5.20	5.87	6.66	6.66	4.03	
16	41.00	156.40	3.58	5.04	5.12	5.76	6.58	6.58	3.78	
17	41.00	138.10	3.20	4.48	4.74	5.47	6.60	6.60	4.42	
18	41.00	118.40	2.62	3.79	4.16	5.03	6.72	6.02	4.92	
19	41.00	112.89	2.53	4.61	3.63	4.77	6.50	6.50	1.73	ponte ex ferrovia
	Bridge									
20	41.00	105.00	2.46	4.57	3.56	4.72	5.72	6.16	1.70	ponte ex ferrovia
	41.00	104.99	2.46	4.59	3.52	4.71	5.72	6.16	1.51	
20 bis	41.00	102.99	2.44	4.53	3.63	4.70	5.70	5.66	1.81	ponte ex ferrovia
21	41.00	85.39	2.24	3.87	3.85	4.59	5.65	5.66	3.75	
22	41.00	67.00	2.03	3.72	3.64	4.38	5.63	5.43	3.60	
23	41.00	59.00	1.94	3.86	3.42	4.24	5.44	5.34	2.76	
24	41.00	51.99	1.86	3.56	3.38	4.17	6.60	1.86	3.45	
25	41.00	34.00	1.54	3.06	3.06	3.82	3.66	6.60	3.86	
26	41.00	33.99	1.54	2.82	3.03	3.80	3.38	8.77	4.37	Monte ponte Aurelia
	41.00	22.00	1.54	2.41	2.66	3.25	3.38	10.32	4.06	Ponte Auelia
27	41.00		0.00	2.00	0.90	2.02	1.06	0.34	0.60	Valle ponte Aurelia

Tabella 2: verifica con T=200 anni – sezioni allargate

Nella tabella seguente si riporta il confronto tra le velocità della corrente, per il periodo di ritorno di 200 anni, nella configurazione con sezione di circa 10 m (la configurazione proposta) e la sezione di larghezza circa 12 m.

È immediato rilevare che l'aumento della larghezza della sezione, da 10 m a 12 m, non restituisce significativi risultati in termini di abbattimento delle velocità della corrente.

Sez.	Q tot (mc/s)	Dist (m)	Quota fondo (m)	SEZIONE 10 M			SEZIONE 12 M			Note
				q. P.L. (m)	H. (m)	Vel (m/s)	q. P.L. (m)	H (m)	Vel (m/s)	
9	41.00	341.57	6.23	8.10	8.81	3.73	7.37	8.00	5.05	nizio proprietà Punta dell'Olmo
10	41.00	313.57	5.81	7.47	8.44	4.36	7.22	7.22	3.91	
11	41.00	257.58	5.00	6.72	7.61	4.16	6.36	6.45	4.11	
12	41.00	203.90	4.26	5.97	6.87	4.19	5.68	6.42	3.89	
13	41.00	201.70	4.22	5.91	6.83	4.25	5.62	6.18	3.97	
14	41.00	184.20	3.97	5.67	6.58	4.23	5.35	5.87	4.03	
15	41.00	162.20	3.66	5.37	6.27	4.20	5.04	5.76	4.03	
16	41.00	156.40	3.58	5.29	6.19	4.21	5.04	5.47	3.78	
17	41.00	138.10	3.20	4.78	5.88	4.63	4.48	5.03	4.42	
18	41.00	118.40	2.62	4.10	5.44	5.14	3.79	4.77	4.92	
19	41.00	112.89	2.53	4.62	4.77	1.72	4.61	8.00	1.73	ponte ex ferrovia

Tabella: confronto velocità tra sezioni L=10 e L=12 m

A fronte del non produrre miglioramenti apprezzabili, in termini di abbattimento delle velocità, l'ampliamento della sezione del rio produce nuove criticità rispetto ai progetti già approvati dal Comune di Celle Ligure (sottoscritti in Convenzione urbanistica REP. 3267 del 30/05/2024) e dal Comune di Varazze, come evidenziato nella planimetria "240723_n24_BO_Progetto 12m_criticita_FT" a seguito illustrata.

Nello specifico in Comune di Celle Ligure parti del progetto di impianti sportivi e piscina scoperta di fondo valle utilizzabili dall'utenza esterna e parte della centrale tecnologica a servizio del progetto Villa di Plinio, e in Comune di Varazze parti dello stagno didattico e, con maggiore severità, l'ampliamento del ponte esistente della ex-ferrovia, verrebbero a insistere in area di inedificabilità assoluta.

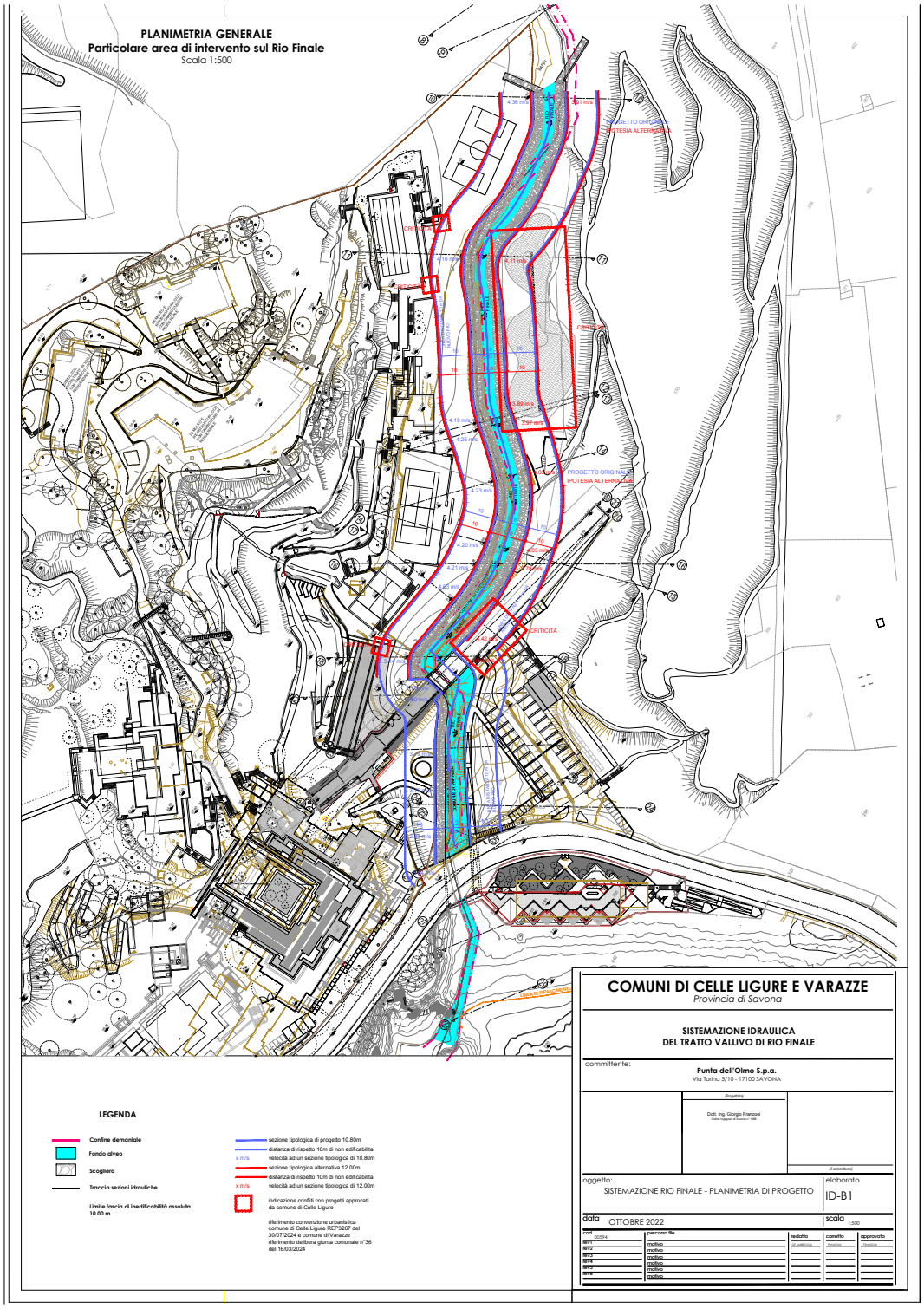


Fig. 6 – Planimetria illustrativa delle criticità conseguenti ad ampliamento sezione tipo a 12 m

3.3 Valutazione delle alternative con introduzione di terre rinforzate ove possibile

Onde evitare di andare in conflitto con progetti già approvati dalle municipalità di Celle Ligure e Varazze e, quindi, scartata l'opzione di realizzare un ulteriore allargamento della sezione a fronte di una assenza di effettivi miglioramenti in termini di riduzione delle velocità, si è analizzata la possibilità di realizzare le sponde, al di fuori della parte di alveo in cui si prevede il transito della portata di piena duecentennale, tramite "terre rinforzate", ossia prato armato con specie erbacee con elevato sviluppo radicale – a prevenire il dilavamento delle terre, senza telo. In pratica si è cercato di realizzare una sezione come quella indicata dalla manualistica e riportata in fig. 4, ovvero con una parte in massi (la parte più bassa, soggetta al transito delle portate), e la parte sommitale con sistemazione a verde.

A tal fine si sono valutate, per ogni sezione, le cosiddette "quote franche" ovvero le quote del tirante idraulico per il periodo di ritorno pari a 200 anni (TR 200), aumentato della massima altezza fra le seguenti due: il franco geometrico pari a 50 cm su sponde a cielo aperto e 100 cm in corrispondenza dei ponti oppure, se maggiore il carico cinetico. Ciò in esecuzione del punto 5) dell'Allegato 3 "Indirizzi tecnici per la redazione di studi idraulici" delle norme di attuazione del piano di bacino del T. Sanda.

Sono state quindi individuate 3 casistiche:

i) Sezioni in cui la fascia "franca" ha ampiezza inferiore a 20 cm
ii) Sezioni in cui la fascia "franca" ha ampiezza compresa tra 20 cm e 40 cm
iii) Sezioni in cui la fascia "franca" ha ampiezza superiore a 40 cm

Nel caso i) a monte del ponte della ex ferrovia (da sezione 9 a sezione 17), la quota di sponda e la quota "franca" sono pressoché equivalenti; dunque, si propone una mitigazione della fascia sommitale della sponda attraverso la scelta delle specie erbacee da piantumare come da dettaglio prodotto dai paesaggisti;

Nel caso ii) a monte del ponte della ex ferrovia (da sezione 9 a sezione 17), la differenza tra la quota di sponda e la quota "franca" definisce una fascia sommitale della sponda tale da non poter installare un modulo di "terre armate", ma consente la messa in opera di "terre rinforzate", che si propone nel dettaglio del paragrafo relativo all'assetto vegetazionale.

Nel caso iii) a monte del ponte della ex ferrovia (da sezione 9 a sezione 17), le aree spondali sono fortemente vincolate dal ponte della ex ferrovia e dal ponte di ampliamento; quindi, non vi è letteralmente spazio per introdurre "terre rinforzate.

A valle del ponte della ex-ferrovia (da sezione 17 a sezione 29) non si prevede la introduzione di terre rin forzate per i vincoli di spazio a disposizione.

Sostanzialmente si propone una alternativa al progetto originario, introducendo da sezione 9 a sezione 17, ossia là dove possibile, la messa in opera di terre armate, eliminando muretti di contenimento.

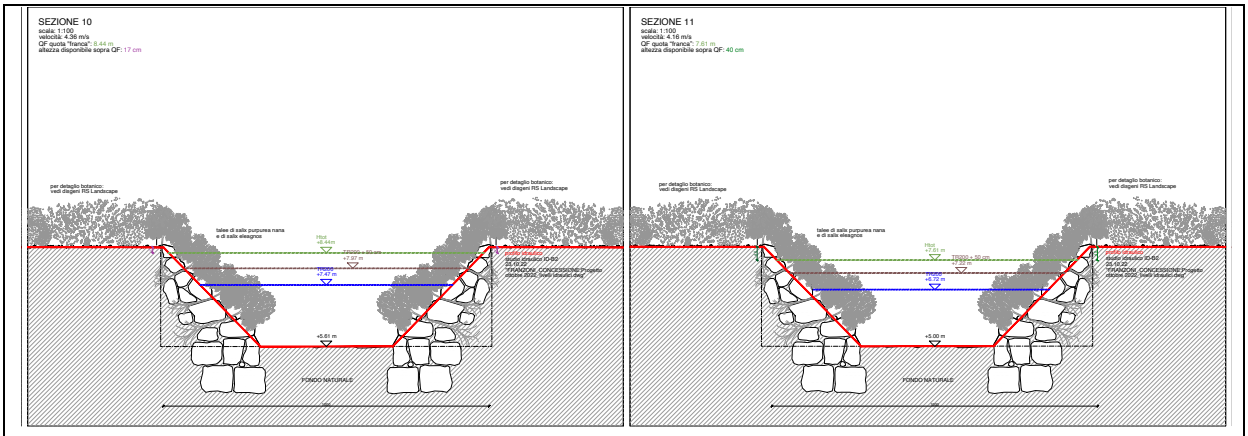


Fig. 7 – Sezione 10 e 11 con indicata altezza di sponda esterna alla portata duecentennale con franco idraulico

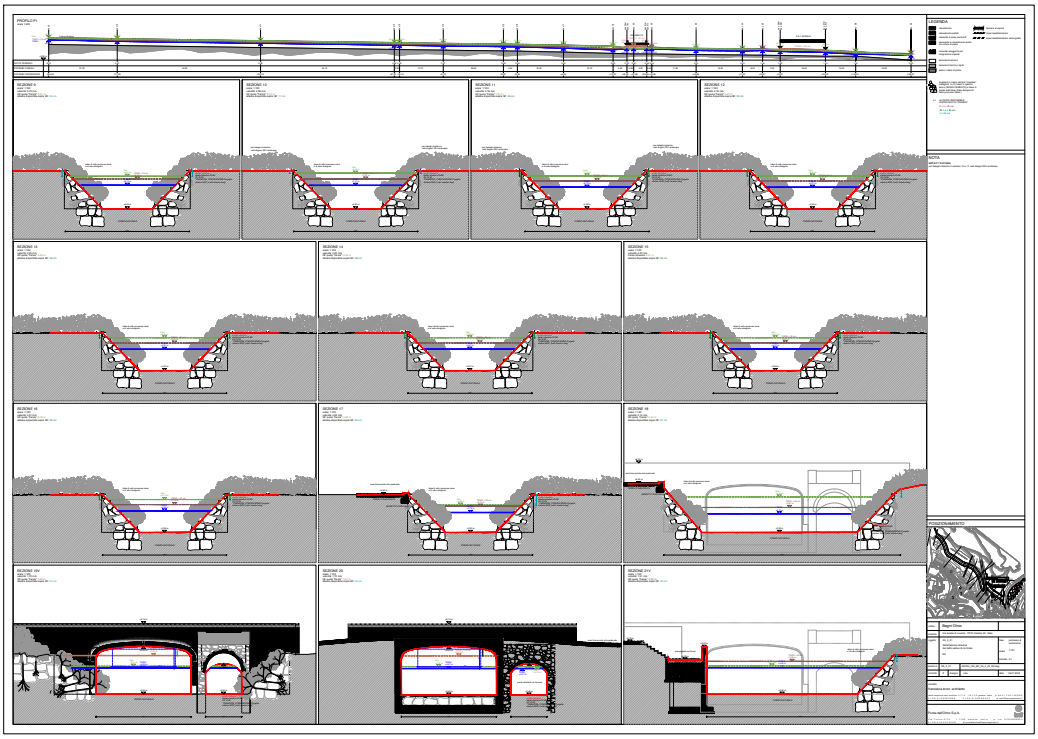


Fig. 8 – Analisi quota “franca” da Sezione 9 a Sezione 21 con Profilo P1

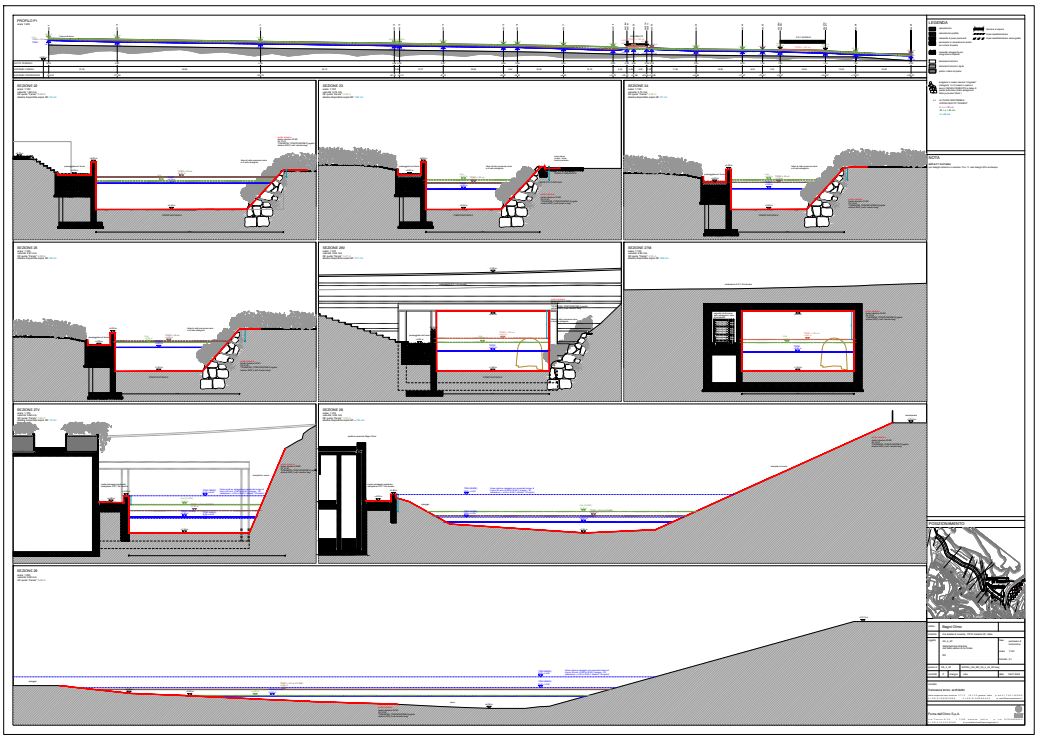


Fig. 9 – Analisi quota “franca” da Sezione 21 a Sezione 29 con Profilo P1

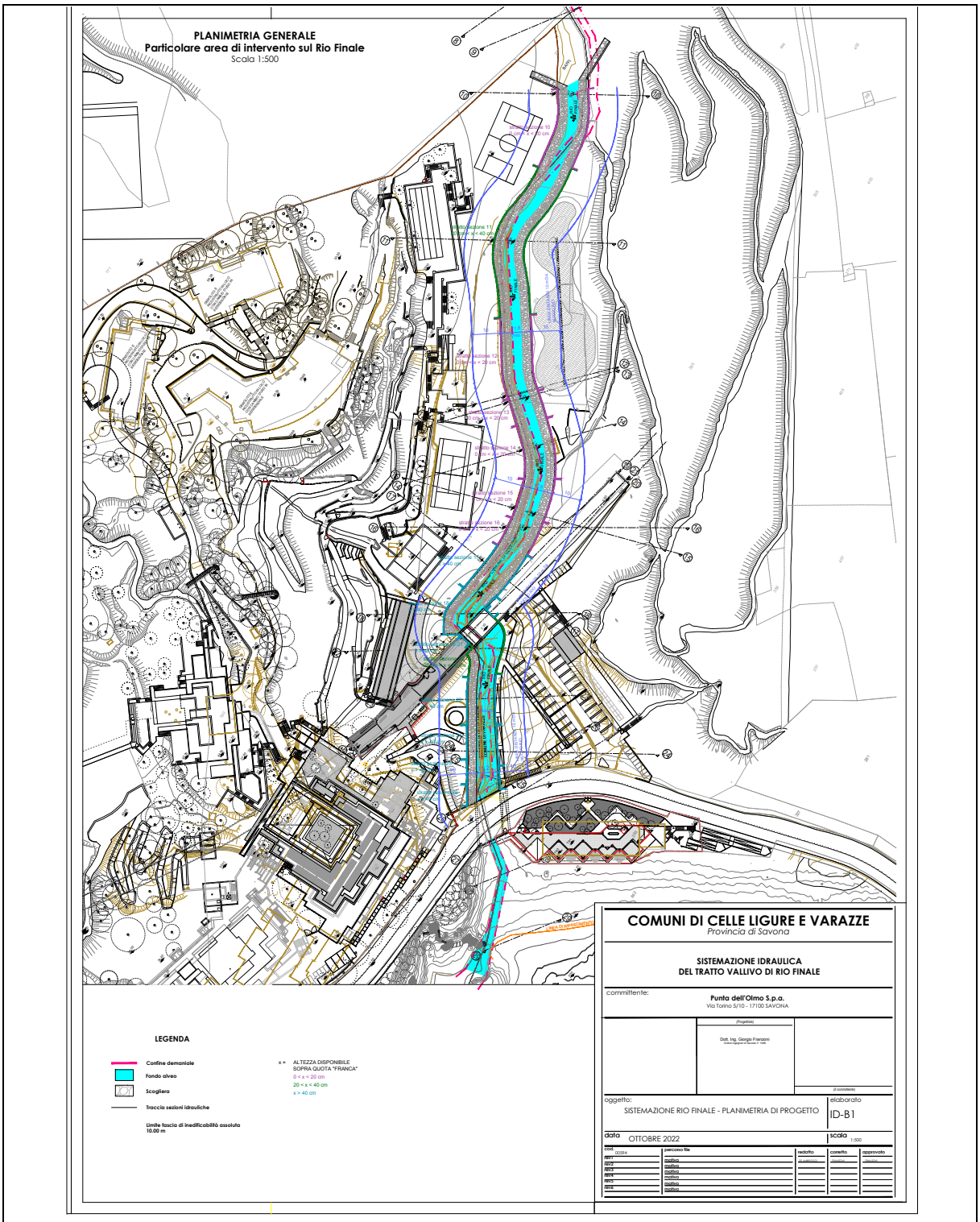


Fig. 10 – Planimetria illustrativa della altezza di sponda esterna alla portata duecentennale con franco idraulico

3.4 ASSETTO VEGETAZIONALE REALTIVO ALLA SITEMAZIONE IDRAULICA DI RIO FINALE

Il progetto di messa in sicurezza del fiume a carattere torrentizio 'Rio Finale' prevede un intervento di realizzazione di scogliere in massi con inserimento di talee di salice - *Salix eleagnos, Salix purpurea* - secondo tecniche consolidate di ingegneria naturalistica. Il fondo dell'alveo del Rio viene mantenuto naturale, consentendo la colonizzazione di un grande numero di specie erbacee sia della fase asciutta, che di quella bagnata e di transizione. Le sponde a monte della scogliera sono interessate da un intervento di rinaturalizzazione che accentua il valore di corridoio ecologico del sistema, allo stato attuale fortemente indebolito anche per via della presenza di specie erbacee alloctone e nitrofile generiche come *Arundo donax*. L'habitat ligure di riferimento è quello dei corsi d'acqua stagionali a regime intermittente.

Il progetto prevede l'utilizzo di salici arbustivi dall'esteso e profondo apparato radicale dal potere consolidante (*Salix purpurea* e *Salix elagnos*) che hanno notevole tolleranza alle fasi asciutte, anche per lunghi periodi, e sopportano al contempo gli eventi alluvionali.
Queste specie appartengono all'associazione vegetale del *Saponario-Salicetum purpureae*, tipica delle fasce spondali e riparie dei fiumi mediterranei a carattere intermittente e permanente.

In continuità ecologica con le specie arbustive di questo tratto dell'intervento prevediamo la colonizzazione, sul letto del fiume, di specie erbacee appartenenti all'habitat della "fase asciutta" con vegetazione pioniera terofitica igro-nitrofila dei greti parzialmente asciutti in estate di corsi d'acqua intermittenti, riferibile ai *Bidentetalia tripartitae* (*Bidentetea tripartitae*). La vegetazione estiva dei greti alluvionali di corsi d'acqua mediterranei è riferibile al *Bidention tripartitae* ed al *Paspalo distichi-Agrostion verticillatae*.
Durante le fasi bagnate l'alveo sarà anche habitat di transizione tra la fase bagnata e asciutta, con aggregazioni dei corsi d'acqua intermittenti con vegetazione ad *Agrostis stolonifera*.

Nei tratti di sponda al di sopra della possibile piena, la scogliera in massi prosegue con terreno rinforzato in cui l'azione dell'apparato radicale di specie erbacee perenni scelte svolge azione di consolidamento, prevenendo il dilavamento (in ogni caso causato dalla sola azione delle piogge, poiché i tratti spondali interessati sono al di sopra del livello della piena duecentennale). Le specie selezionate hanno il vantaggio di essere molto resistenti alla siccità e all'aridità ed includono specie erbacee azotofissatrici a radicazione profonda, non rendendo necessaria alcuna concimazione. La sponda risulta protetta dalle precipitazioni anche quando la coltre vegetale risulta disseccata, non rendendo necessari sfalci periodici. Trattandosi di specie erbacee perenni, le piante ingialliscono nei periodi sfavorevoli entrando in stasi vegetativa e rivegetando quando le condizioni tornano favorevoli.

Le specie verranno selezionate in base alle caratteristiche vegetazionali e pedoclimatiche del sito e appartengono soprattutto alle famiglie botaniche delle graminacee e delle leguminose.

Non è prevista, nell'ottica della massima riduzione dell'artificialità dell'intervento, applicazione di teli o reti su questi tratti spondali.

Il transetto di paesaggio ripristinato prosegue al di sopra di questo tratto con una fascia riservata alla colonizzazione di associazioni erbacee tipiche della fase asciutta di torrenti mediterranei a flusso intermittente (erbacee della fase asciutta del *Saponario-Salicetum purpureae*, e del *Paspalo distichi-Agrostion semiverticillatae*, come ad esempio *Galega officinalis*, *Lycopus europaeus*, *Lythrum salicaria* e *Saponaria officinalis*) e con formazioni arbustive di salici che ricompongono un'alta complessità della morfologia spondale e, quindi, concorrono al ripristino di un'alta valenza del Rio Finale quale corridoio ecologico.
Un ulteriore grado di complessità è dato dalla messa a dimora di alberi di piccola e media grandezza frequenti nei popolamenti a prevalenza di salici arbustivi del saliceto arbustivo ripario: la bassa frequenza dei fenomeni alluvionali di forte intensità favorisce lo sviluppo di queste cenosi verso forma alto-arbustive o arboree verso i saliceti a salice bianco (*Salix alba*) o gli alneti (*Alnus glutinosa*).

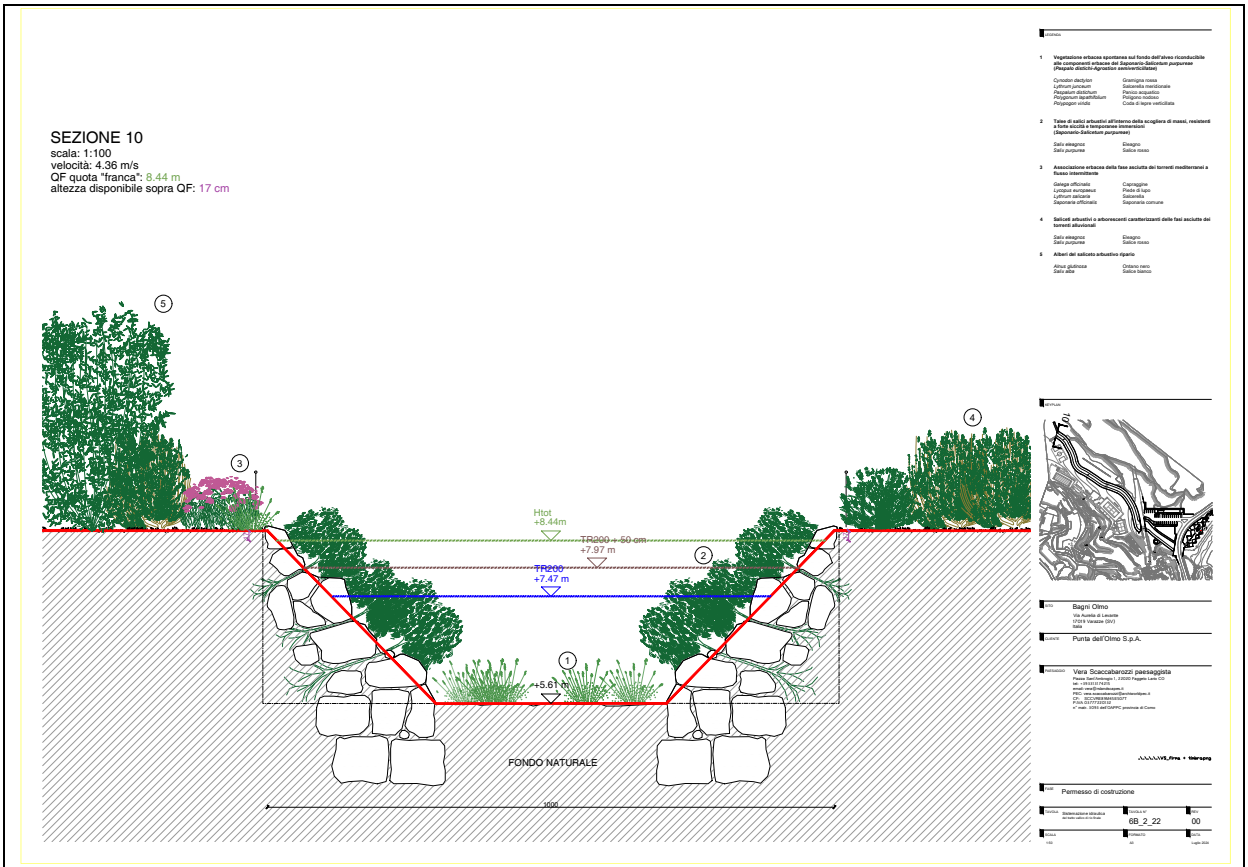


Fig. 11 – Descrizione dell'assetto vegetazionale di progetto con sezione con quota "franca" inferiore a 20 cm

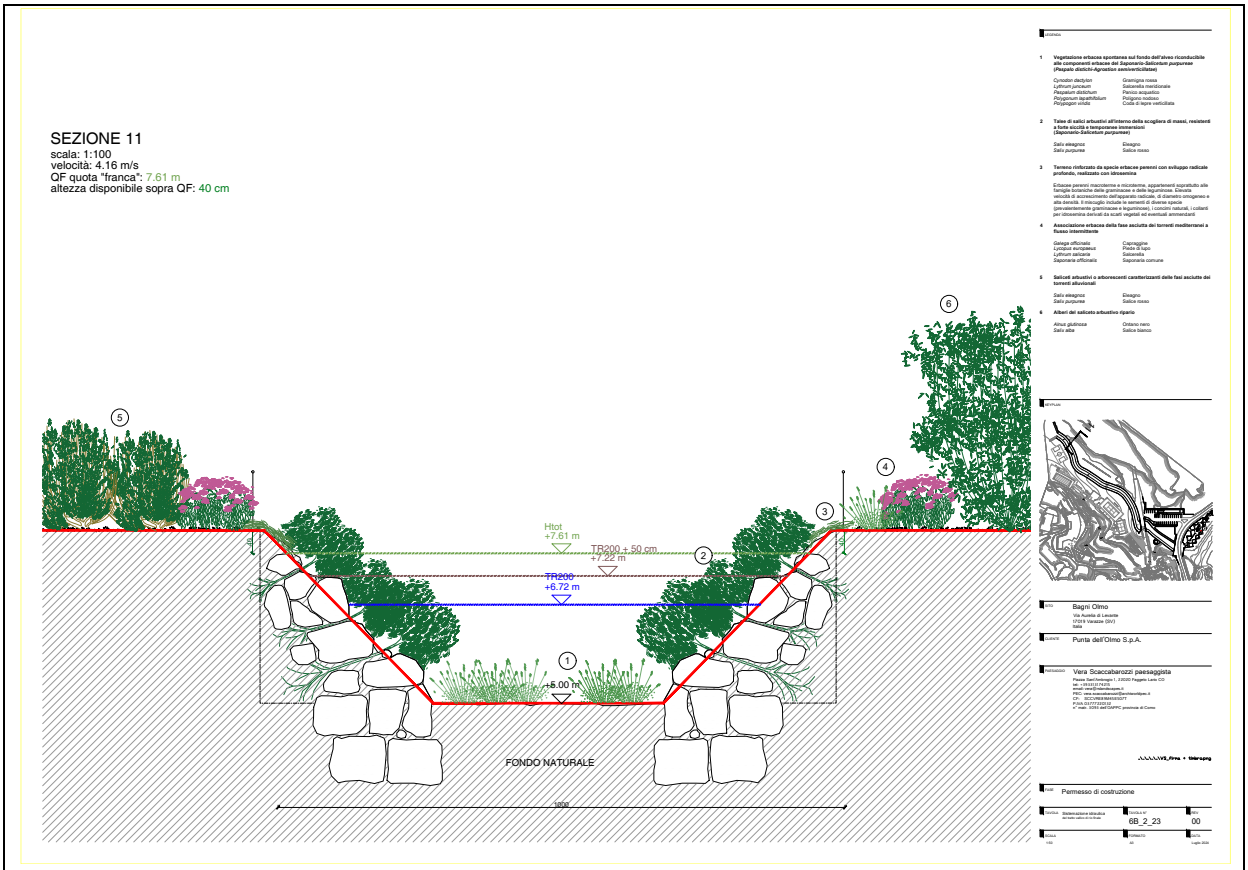


Fig. 12 – Descrizione dell'assetto vegetazionale di progetto con sezione con quota "franca" inferiore-uguale a 40 cm

4 CONCLUSIONI

In ottemperanza alla richiesta di valutare tecniche alternative di difesa spondale con tecniche di ingegneria naturalistica, nei tratti che lo consentano:

- Si è dimostrato che con velocità superiori ai 4m/s l'impiego di "terre armate" o "terre rinforzate" non è consigliabile per motivi di erosione causata dalla corrente;
- Si è provato ad abbassare le velocità delle acque del rio, ampliando la sezione dell'alveo a 12m ma si è dimostrato che non solo non si ottengono benefici in termini di riduzione significativa delle velocità, ma si creano nuove criticità in relazione alle convenzioni urbanistiche in essere;
- È stata eseguita una analisi di tutte le sponde ai fini della definizione della fascia "franca", ossia la fascia di sommità spondale al di fuori della parte di alveo in cui si prevede il transito della portata di piena duecentennale;

- da detta analisi è emerso che nel tratto di rio a monte del ponte della ex ferrovia (da sezione 9 a sezione 17) è possibile impiegare "terre rinforzate", ma non è possibile impiegare "terre armate" non essendovi altezza sufficiente per l'installazione di un modulo;
- si è miglioraata la strategia di assetto vegetazionale con attenzione ad una combinazione di specie autoctone tipica delle fasce spondali e riparie dei fiumi mediterranei a carattere intermittente e permanente e familairi all'habotat ligure.

A conclusione della valutazione delle alternative, come richiesto dalla condizione ambientale ante operam alla lettera c) ed in ottemeperanza a questa, il progetto proposto prevede:

1) il mantenimento il tracciato del progetto agosto 2022 per tutelare per quanto possibile il tracciato originario del rio e non alterare il tracciato demaniale da mappa catastale;
2) il mantenimento della ampiezza della sezione dell'alveo del rio del progetto agosto 2022, in quanto l'ipotesi di ampliamento verificata non porta benefici ai fini di un significativo abbattimento delle velocità e crea criticità rispetto a progetti approvati dai Comuni;
3) la modifica della sezione dell'alveo nel tratto a monte del ponte della ex-ferrovia ferrovia (da sezione 9 a sezione 17) eliminando i muretti inizialmente proposti lungo la sommità spondale;
4) la modifica della fascia "franca" nel tratto a monte del ponte della ex-ferrovia ferrovia (da sezione 9 a sezione 17) proponendo la messa in opera di "terre rinforzate" ossia, prati con specie erbacee con forte apparato radicale come descritto nel paragrafo relativo all'assetto vegetazionale.

Speriamo che la documentazione prodotta e le modifiche introdotte siano prova della ottemperanza alla condizione ambientale ante operam alla lettera c.

Genova, 24 luglio 2024

Ing. Giorgio Franzoni
Arch. Francesca Torzo
Arch. Vera Scaccabarozzi
Arch. Lorenzo Rebediani

ALLEGATI:

Articolo a cura di Prati armati srl
SISTEMI-MATERIALI MANUFATTIANTIEROSIVI / TECNICHE ANTIEROSIONE SU SCARPATE IN BAGNATO

Planimetrie
2240723_n24_BO_Progetto 12m_criticita_FT.pdf
240723_n24_BO_Progetto 12m_quota franca_FT.pdf

Elaborati di analisi della quota “franca” e dettaglio Sezioni da 9 a 29
240724_n24_BO_0A_4_41_R0.pdf
240724_n24_BO_0A_4_42_R0.pdf

Elaborati di assetto vegetazionale di progetto
6B_2_22 - Sezione 10.pdf
6B_2_23 - Sezione 11.pdf