Comune di Genova

SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.lgs. n. 36 / 2023)



STUDI E INDAGINI
IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione idraulica

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	IDR	COM	R	002	00	C

SYSTRA SOTECNI SYSTRA SYSTRA SWS ITALFERR architecna LAND

PAOLO MARCHETTI ORDINE INGEGNERI ROMA 18616
Firmato digitalmente da: MARCHETTI PAOLO
C: IT

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	N. Gilardi	10/10/2023
		Verificato	D. Cerlini	10/10/2023
		Approvato	D. Nave	10/10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/10/2023
B	Aggiornamento a seguito dei commenti ricevuti nel corso della CdS	Redatto	N. Gilardi F. Manganotti	07/12/2023
		Verificato	D. Cerlini	07/12/2023
		Approvato	D. Nave	07/12/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	07/12/2023
C	Aggiornamento a seguito dei commenti ricevuti nel corso della CdS	Redatto	N. Gilardi F. Manganotti	01/02/2024
		Verificato	D. Cerlini	01/02/2024
		Approvato	D. Nave	01/02/2024
		Autorizzato	P. Marchetti	01/02/2024
D				

Comune di Genova

INDICE

1.	**PREMESSA**	**5**
2.	**NORMATIVA**	**6**
2.1	**PREMESSA**	**6**
2.2	**ELEMENTI SALIENTI**	**7**
2.3	**PROCEDURE ED AUTORIZZAZIONI**	**9**
3.	**STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE DI SETTORE**	**11**
3.1	**PREMESSA**	**11**
3.2	**PIANO DI BACINO DEL BISAGNO**	**11**
3.2.1	ALLAGAMENTI FASCIE FLUVIALI	11
3.2.2	PIANO DEGLI INTERVENTI	14
3.2.3	MESSA IN SICUREZZA DEL BISAGNO	15
3.2.4	AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI BACINO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI REALIZZATI	24
3.2.5	PERIMETRAZIONE PREVENTIVA A SEGUITO DEGLI INTERVENTI IN CORSO	25
3.3	**PIANO DI BACINO DEL BISAGNO (RIO MERMI)**	**26**
3.3.1	ALLAGAMENTI E FASCIE FLUVIALI	27
4.	**INTERVENTI IN CORSO SUL RETICOLO ESISTENTE**	**28**
4.1	**PREMESSA**	**28**
4.2	**SCOLMATORE DEL BISAGNO**	**29**
4.3	**SCOLMATORE DEL FEREGGIANO, ROVARE E DEL NOCE**	**30**
4.4	**ALTRI RIVI MINORI**	**31**
5.	**CARATTERIZZAZIONE DELL'OPERA IN PROGETTO**	**34**
5.1	**PREMESSA**	**34**
5.2	**CORSI D'ACQUA, OPERE DI DIFESA, AREE D'ALLAGAMENTO ED OPERE IN PROGETTO**	**35**
5.2.1	PILE	35
5.2.2	ATTRAVERSAMENTO DEL T. BISAGNO	37
5.2.3	STAZIONI E LOCALI TECNICI	40
6.	**DRENAGGIO PIATTAFORMA ED EDIFICI**	**56**
6.1	**PREMESSA**	**56**
6.2	**CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA**	**56**
6.3	**PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA**	**58**
6.4	**DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO**	**58**
6.4.1	METODO RAZIONALE	58
6.4.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	59

6.4.3 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DRENAGGIO 60

7. FASI ESECUTIVE E RISCHIO IDRAULICO 91

1. PREMESSA

La presente relazione analizza gli aspetti idraulici nell'ambito della progettazione di fattibilità tecnico economica connessi al progetto Skymetro.

La tratta in progetto costituisce il prolungamento della linea metropolitana di Genova esistente. La nuova tratta comprende sei nuove stazioni ed è lunga circa 6,9 km.

La diramazione dall'esistente avviene ad est della stazione di Brignole, all'inizio dell'attuale tronchino di inversione dei treni. Qui è previsto l'inserimento dei due deviatoi che si distaccano dalla linea attuale, che è previsto proseguirà verso la stazione di Martinez attualmente in corso di realizzazione. La linea si porta quindi lungo la Val Bisagno portandosi per un brevissimo tratto in sponda sinistra e passare poi con un'opera di scavalco del Torrente alla sponda destra. Qui proseguirà fino alla stazione Romagnosi, per poi portarsi di nuovo in sponda sinistra attraversando di nuovo il Torrente in corrispondenza della copertura esistente del Bisagno, sfruttando l'ingombro delle strutture già realizzate. Da qui in poi la linea si tiene in sponda sinistra dove è prevista l'ubicazione delle stazioni Romagnosi, Parenzo, Staglieno, Guglielmetti, San Gottardo e Molassana.

Le stazioni hanno una distanza media fra di loro di circa 1 km e al termine della linea è previsto un tronchino per inversione dei treni, ma anche per far sostare i rotabili durante la notte.

In relazione agli aspetti idrologici connessi alla realizzazione del progetto, si evidenzia come la nuova infrastruttura si collocherà nell'ambito delle aree afferenti al bacino e sottobacini del T. Bisagno.

Si rimanda agli altri elaborati del presente progetto per la descrizione delle opere previste.

Nell'ambito del presente documento, dopo aver presentato la normativa regionale relativa alla movimentazione di terreno e scavi, si analizzeranno gli strumenti di pianificazione del settore inquadrati nell'ambito del piano di Bacino del T. Bisagno e gli interventi in corso di realizzazione nell'area di studi, quali lo scolmatore del Bisagno e quello del Rovare e del Noce. Seguirà un approfondimento delle interferenze dell'infrastruttura, viadotto e stazioni, con i corsi d'acqua e le zone di allagamento; ed infine una trattazione sulle tipologie di drenaggio per l'evacuazione delle acque meteoriche del viadotto e delle stazioni.

2. NORMATIVA

2.1 PREMESSA

La principale normativa di settore a cui si fa riferimento è costituita da:

- Regio Decreto 25 Luglio 1904, n.523 recante “Testo unico sulle opere idrauliche” che ha classificato le opere idrauliche e rappresenta il riferimento nazionale riguardo i lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese.

- Regolamento regionale n. 3/2011 recante “Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua” che ha fissato la disciplina delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua ed ha fornito indicazioni omogenee in merito all’esercizio dell’attività di polizia idraulica nell'applicazione della disciplina dell'uso del suolo nelle aree limitrofe ai corsi d'acqua sul territorio regionale ligure. Nel 2011 la materia di polizia idraulica era di competenza delle amministrazioni provinciali e la L.R. 15/2015 ha trasferito le relative competenze alla Regione.

- Deliberazione della Giunta Regionale 1205/2019 recante “Indirizzi applicativi in materia di polizia idraulica” nel rilascio di autorizzazioni e/o nulla-osta idraulici e pareri relativi sia ad interventi relativi ai corsi d'acqua con connesso eventuale rilascio di concessioni per utilizzo e occupazione di beni demaniali, sia ad opere nelle fasce di inedificabilità dei corsi d'acqua. La suddetta Delibera ha quindi l’obiettivo di dare chiarezza e di fornire indirizzi interpretativi omogenie a scala regionale.

- Piano di Bacino del T. Bisagno approvato con DCP n.62 del 04/12/2001 e la cui ultima variante approvata è stata DDG n. 6056 dell'11/10/2019 entrata in vigore il 30/10/2019. Il Piano di Bacino rappresenta uno strumento che permette di pianificare e programmate le azioni e le norme d’uso per la difesa idrogeologica del territorio:

- Riperimetrazione delle fasce di inondabilità del tratto terminale del T. Bisagno e del rio Fereggiano (D.D.G. n.5576 del 20/09/2021).

- Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 33 del 19/04/2023. Approvazione della riperimetrazione preventiva delle fasce di inondabilità del torrente Bisagno. EFFICACIA SOSPESA condizionata alla completa realizzazione, collaudo e verifica degli interventi idraulici previsti (scolmatore). Adozione con D.S.G. n. 108 del 14/12/2022

L. R. 02/08/2023, N. 17 art 32:

(Misure urgenti in materia di infrastrutture pubbliche)

- Sono ammissibili infrastrutture lineari strategiche di trasporto pubblico, situate in grandi centri urbani e **finalizzate al miglioramento della mobilità urbana con contestuale riduzione del trasporto privato e delle emissioni, non altrimenti localizzabili**, anche qualora ricadenti nelle fasce di tutela dei corsi d’acqua o interessanti aree del demanio idrico, **previo accertamento che le aree interessate non risultino necessarie al ripristino del corretto deflusso del corso d’acqua**, nel rispetto della pianificazione di bacino e delle condizioni di sicurezza idraulica per la piena di riferimento con adeguati franchi idraulici.

- Sono, altresì, ammissibili volumi tecnici funzionali alle infrastrutture indicate nel comma 1, qualora ricadenti nelle stesse aree.

2.2 ELEMENTI SALIENTI

Rimandando al testo integrale dei suddetti dispositivi di legge, in questa sede vengono evidenziati alcuni elementi essenziali riguardanti il progetto in epigrafe.

Il R.R. 3/2011 precisa all'art. 3 la differenza tra scavo e movimentazione del terreno:

- Per scavo si intende un'escavazione aperta permanentemente;

- Per movimentazione de terreno si intende invece uno scavo temporaneo che viene successivamente colmato.

In merito alle fasce di rispetto, secondo l'art. 4 comma 2 del R.R. 3/2011, il limite delle fasce di tutela si misura dal limite più esterno tra il ciglio di sponda, il ciglio o il piede delle opere di protezione presenti e il limite demaniale (lettera a)) oppure, secondo la lettera b), dal piede esterno delle arginature, prescindendo dal limite demaniale, laddove siano presenti in tratti messi in sicurezza idraulica, sufficienti al deflusso della piena duecentennale con adeguato franco, che rendono eventuali aree demaniali esterne avulse dall'alveo.

La normativa prevede due fasce di rispetto:

1. Una prima fascia di rispetto di 3 metri in cui sono vietate movimentazioni di terreno in loco che possano incidere sulla stabilità strutturale delle opere di protezione, sempreché eccedano i 50 cm (art. 4, c.8, R.R. 3/2011 e punto 4.3 del DGR 1205/2019);

2. Per il T. Bisagno, corso d'acqua che ricade nel reticolo idrografico di primo livello[1], la normativa[2] definisce una fascia di inedificabilità assoluta pari a 10 metri.

1 L'Art.3, c.1, lettera a) definisce reticolo idrografico di primo livello la porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso con superficie maggiore di 1 km2.

2 L'art. 4, c.3 del R.R. 3/2011 è stato sostituito dall'art. 1, c.1, lettera a) del R.R. 1/2016.

Secondo l'art.5, c.1 del R.R. 3/2011, in suddetta fascia non sono ammessi interventi di nuova edificazione. Sono fatti salvi, secondo l'art.5, c.2, previa autorizzazione della Provincia, gli interventi di realizzazione **di strade di interesse pubblico**, purché non interferenti con la sicurezza delle opere di protezione presenti e con la possibilità di attività di manutenzione degli alvei e delle opere stesse, né pregiudichino l'eventuale sistemazione definitiva del corso d'acqua.

L'art.5, c.5 precisa che la disciplina delle fasce di inedificabilità assoluta va applicata, nei territori di competenza delle Autorità di Bacino operanti sul territorio ligure, in termini integrati e complementari alla disciplina relativa alle aree connesse alla pericolosità idraulica ed idrogeologica definite dai piani di bacino, con prevalenza, caso per caso, della norma più restrittiva.

Nella fascia di tutela di 10 metri sono altresì vietati gli scavi (art. 4, c.7, R.R. 3/2011).

Le movimentazioni del terreno non sono invece vietate laddove necessarie per eseguire le opere ammesse dalla normativa, ferma restando la necessità di valutazione, nell'ambito del rilascio del nulla osta tecnico, della non compromissione della sicurezza delle opere di protezione e della possibile diversa ubicabilità (punto 4.3 della Deliberazione regionale 1205/2019).

Il Piano di Bacino ("Norme di attuazione") individua diverse fasce di inondabilità. Il tracciato della nuova metro, come definito alla data di redazione della presente relazione, rientra nei tratti di fascia B e C (comprensiva anche delle aree ex inondabili) e degli Ambiti BB e B0.

- Nella fascia A, secondo l'art.15 comma 2, non sono consentiti:

• Alla lettera a):

interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78 ricadenti negli ambiti di tessuto urbano consolidato o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile previste nel Piano stesso e nei piani comunali di protezione civile; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità, fermo restando il rispetto delle condizioni previste per procedere ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui sopra;

• Alla lettera c):

non è consentita la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, fatti salvi gli interventi […] relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole dell'Ufficio regionale competente, purché progettate sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, non aumentino le condizioni di rischio, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.

- Nella fascia B, secondo l'art.15 comma 3, non sono consentiti:

• Alla lettera a):

gli interventi di nuova edificazione nonché di ristrutturazione urbanistica, come definita dalla lett. e), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, salvi i casi in cui gli stessi siano corredati da parere favorevole dell'Ufficio regionale competente, ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, e interessino aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità

di scorrimento, e purché prevedano le opportune misure od accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile;

- Alla lettera c):

non sono consentiti gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, che non aumentino le condizioni di rischio, e in relazione ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.

- Negli ambiti BB, secondo l'art.15, c.3 bis, si applica la norma relativa alle fasce B ad esclusione della lettera a) in quanto gli interventi di nuova edificazione e ristrutturazione urbanistica non sono ammessi.

- Negli ambiti B0, si applica la norma relativa alle fasce B, incluso il disposto della lettera a)

qualificandosi tali ambiti come aree a minor pericolosità relativa; in conformità ai criteri ex DGR 91/2013 non sono in ogni caso ammessi interventi interrati o seminterrati nelle porzioni di aree in cui il tirante idrico duecentennale previsto sia superiore a 30 cm.

- Nella fascia C, secondo l'art.15, c.4, è consentito ogni tipo di intervento purché realizzato con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e, quindi, del rischio per la pubblica incolumità, e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dal presente Piano e dai piani di protezione civile comunali.

2.3 PROCEDURE ED AUTORIZZAZIONI

Secondo il punto 3 della DGR 1205/2019, l'autorizzazione idraulica o nulla osta tecnico è un atto di assenso da parte della competente autorità, ad eseguire opere e interventi o a svolgere attività negli alvei, in corrispondenza degli argini o sponde dei corsi d'acqua del reticolo idrografico, nonché, laddove previsto, nelle aree demaniali e nelle fasce di inedificabilità dai limiti dei corsi d'acqua. […]

Il principio generale, pertanto, è che tutti gli interventi, comprendenti pertanto sia opere sia attività interferenti con i corsi d'acqua, in grado di poter influire sul buon regime degli stessi sono soggetti ad autorizzazione idraulica o a nulla osta tecnico.

Secondo quanto sintetizzato ed evidenziato ai paragrafi precedenti le opere di cui al presente progetto sono pertanto autorizzabili in quanto perfettamente in linea con l'art. 32 della L.R. 02/2023, N. 17. In particolare:

- la contestuale riduzione del trasporto privato e delle emissioni;
- l'opera non sia altrimenti localizzabile;

- le aree interessate non risultino necessarie al ripristino del corretto deflusso del corso d'acqua, nel rispetto della pianificazione di bacino e delle condizioni di sicurezza idraulica per la piena di riferimento con adeguati franchi idraulici.

Per quanto attiene l'ottemperanza ai primi due punti di cui sopra si rimanda agli altri elaborati del progetto e/o elaborati dell'Amministrazione mentre nel seguito della presente relazione verrà illustrata l'ottemperanza al terzo punto.

3. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE DI SETTORE

3.1 PREMESSA

Per la redazione della presente relazione e della relazione Idrologica si è consultato principalmente il Piano di bacino del Torrente Bisagno che ha fornito informazioni indispensabili per l'identificazione dei rii principali, delle problematiche di carattere idraulico e idrogeologico e dell'ambito normativo di riferimento.

3.2 PIANO DI BACINO DEL BISAGNO

Il piano di Bacino del torrente Bisagno è stato approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.62 del 04/12/2001 aggiornato con varianti successive.

In particolare, analizzando gli ultimi anni:

1. Decreto del Direttore Generale n. 2204 del 07/04/2020 **ad efficacia sospesa** a seguito della realizzazione degli interventi di rifacimento della copertura nel tratto terminale del Bisagno e scolmatore del Fereggiano;
2. Decreto del Direttore Generale n. 5575 del 20/09/2021: *Efficacia della riperimetrazione delle fasce di inondabilità del tratto terminale del torrente Bisagno e rio Fereggiano a seguito della realizzazione degli interventi idraulici previsti [rifacimento della copertura nel tratto terminale del Bisagno e scolmatore del Fereggiano].*
3. Decreto del Direttore Generale n. 33 del 19.04.2023 **ad efficacia sospesa** a seguito della realizzazione dello Scolmatore del Bisagno.

3.2.1 ALLAGAMENTI FASCIE FLUVIALI

All'Art. 12 c.2 delle Norme di Attuazione sono descritte le caratteristiche delle Fasce di Inondabilità individuate dalla cartografia di bacino di riferimento. Tali fasce sono identificate da un codice alfabetico e sono state ampiamente descritte nel Paragrafo § 2.2 della Relazione Idrologica MGE1PFLVIDRCOMR002-00_C.

Come già evidenziato al paragrafo precedente relativo alle Norme di Attuazione del Piano di bacino il tracciato rientra nei tratti di fascia A, B, C (comprensiva anche delle aree ex inondabili) e degli Ambiti BB e B0. Relativamente alla tematica di determinazione e gestione della fascia B vale la pena ricordare alcune puntualizzazioni di seguito.

- DETERMINAZIONE DEGLI AMBITI NORMATIVI DI FASCIA B

Come già anticipato in precedenza, all'interno della fascia B possono essere individuate, sulla base delle caratteristiche dell'inondazione a T=200 anni, come già previsto dai criteri ex DGR 250/2005, aree a "minor pericolosità relativa", B0, nelle quali sia consentito procedere ad interventi di nuova

edificazione e di ristrutturazione urbanistica con la messa in opera di accorgimenti tecnico-costruttivi efficaci per il non aumento del rischio accompagnati dalle adeguate misure di protezione civile. Sulle restanti aree, BB, rimane appropriata la normativa generale di fascia B.

Condizioni essenziali per l'ammissibilità di nuove edificazioni nell'ambito B0 sono l'adozione di misure ed accorgimenti tecnico costruttivi per la protezione passiva dagli allagamenti e la riduzione della vulnerabilità dei fabbricati, ed il parere positivo dell'ufficio regionale competente.

Resta fermo che, in ogni caso, **la quota del piano abitabile e/o agibile delle nuove edificazioni deve essere posta ad un livello almeno 0,5 m superiore a quello del tirante idrico associato alla piena duecentennale.** Le eventuali strutture interrate, che possono essere realizzate solo in aree con tiranti idrici massimi non superiori a 30 cm, devono prevedere accessi posti ad una quota superiore al tirante anzidetto maggiorato di almeno 0.50 metri ed essere completamente stagne e non collegate direttamente con le reti di smaltimento bianche e nere.

Laddove non si proceda alla individuazione degli ambiti normativi BB e B0, la disciplina di fascia B, prevede in ogni caso per le c.d. "aree a minor pericolosità" la possibilità di nuova edificazione e ristrutturazione urbanistica in tessuto urbano consolidato o da completare, previo parere dell'ufficio regionale competente da esprimere caso per caso.

Fermi restando gli interventi comunque ammessi nella fascia B, indipendentemente dall'entità di tiranti e velocità, tenuto conto che studi locali o limitati a ristrette aree interessate dalla previsione di nuove edificazioni non possono dare garanzie di affidabilità pari a quello di uno studio complessivo (per cui si ricadrebbe nella fattispecie del punto 1.) per la definizione di aree a minor pericolosità si fa riferimento alla **soglia massima di 30 cm** per il massimo tirante idrico, purché sia comunque verificato, anche con stime speditive, che l'entità delle velocità massime sia inferiore ai 2 m/s.

In continuità con quanto previsto nei criteri ex DGR 250/2005, le aree B0 sono individuate con il criterio di cui alla figura e tabella seguenti.

Figura 1. : Ambiti normativi di fascia B

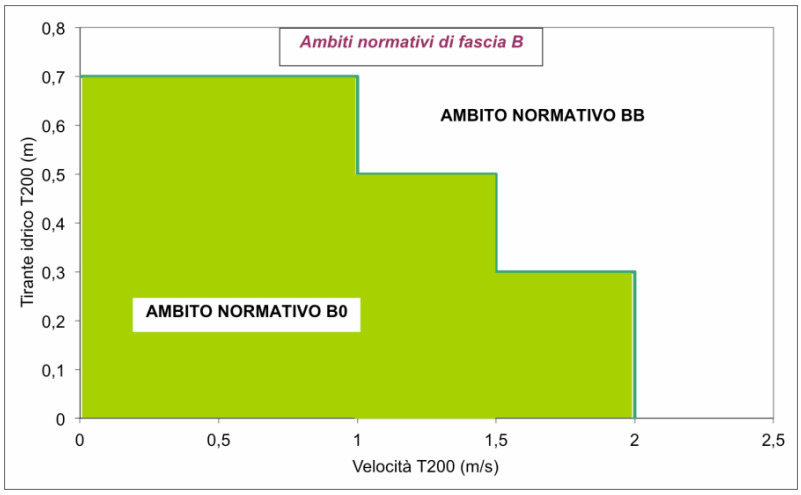


Tabella 1. Soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico locale h200 condizionato alla velocità locale della corrente v200 ai fini della definizione degli ambiti normativi in fascia B

Condizioni di velocità di scorrimento	Condizioni di tirante idrico
0 m/s < v < 1 m/s	h ≤ 0,70 m
1 m/s < v < 1,5 m/s	h ≤ 0,50 m
1,5 m/s < v < 2 m/s	h ≤ 0,30 m

L'applicazione della metodologia di individuazione cartografica degli ambiti normativi qui delineata deve, in ogni caso, basarsi su risultati di studi idraulici di dettaglio, che permettano di determinare affidabilmente, oltre alla perimetrazione delle aree inondabili, le entità dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento che vi si realizzano. A tale proposito si richiama, tra l'altro, il disposto dell'allegato 2 alla DGR 16/2007. Tali studi dovranno prendere in considerazione l'intero corso d'acqua, o, in caso di bacini di rilevanti dimensioni, tratti significativi di corso d'acqua e/o l'area inondabile interessata nella sua interezza.

- AREE A MONTE DELLO SCOLMATORE DEL BISAGNO

Con riferimento agli elaborati grafici allegati facenti parte del presente PFTE, il tracciato a monte si inserisce in corrispondenza di Via Adamoli, in zona Molassana, a monte dello scolmatore previsto nel piano stesso, in una fascia fluviale di tipo B. Nella Figura 2 si riporta un estratto delle carte di inondabilità.

Il Piano di Bacino - Relazione Generale, Analisi delle criticità - riporta come l'alveo del T. Bisagno nel tratto tra il ponte Feritore e il T. Geirato "sia in grado di smaltire la portata di piena due centennale senza dare luogo a esondazioni".

Rispetto alla portata 200-ennale, il Piano segnala una leggera criticità (franchi minimi) nella zona compresa fra ponte Gallo (BIS86) e la passerella pedonale più a monte (BIS90) in sponda destra.

Relativamente alle opere di attraversamento presenti in tale tratto, viene in particolare rilevato Ponte Gallo, critico con franchi nulli o molto contenuti (minori di un metro) rispetto alla quota del pelo libero della portata 200-ennale.

Nel tratto a monte del T. Geirato fino al limite dell'area interessata dalla realizzazione della nuova infrastruttura i risultati delle verifiche condotte nell'ambito del Piano "confermano la scarsa criticità del tronco d'alveo: i manufatti di attraversamento risultano infatti sufficienti al deflusso della portata duecentennale con quote di pelo libero nella sezione rigurgitata di monte inferiori di oltre 1 m rispetto a quelle dell'intradosso".

Per il tratto più a monte la classificazione in fascia B risulta quindi correlata ad uno studio di dettaglio, presentato alla Provincia, sulla cava Montanasco, che ricostruisce le cause che hanno portato

all’allagamento dell’area; nello studio si evidenzia, altresì, un rischio residuo collegato, da un lato, alla ancora attuale criticità della discarica del rio Brumà, causa primaria dell’allagamento del 2011, e, dall’altro, dalla insufficienza idraulica di alcuni rii, ubicati a monte dell’area

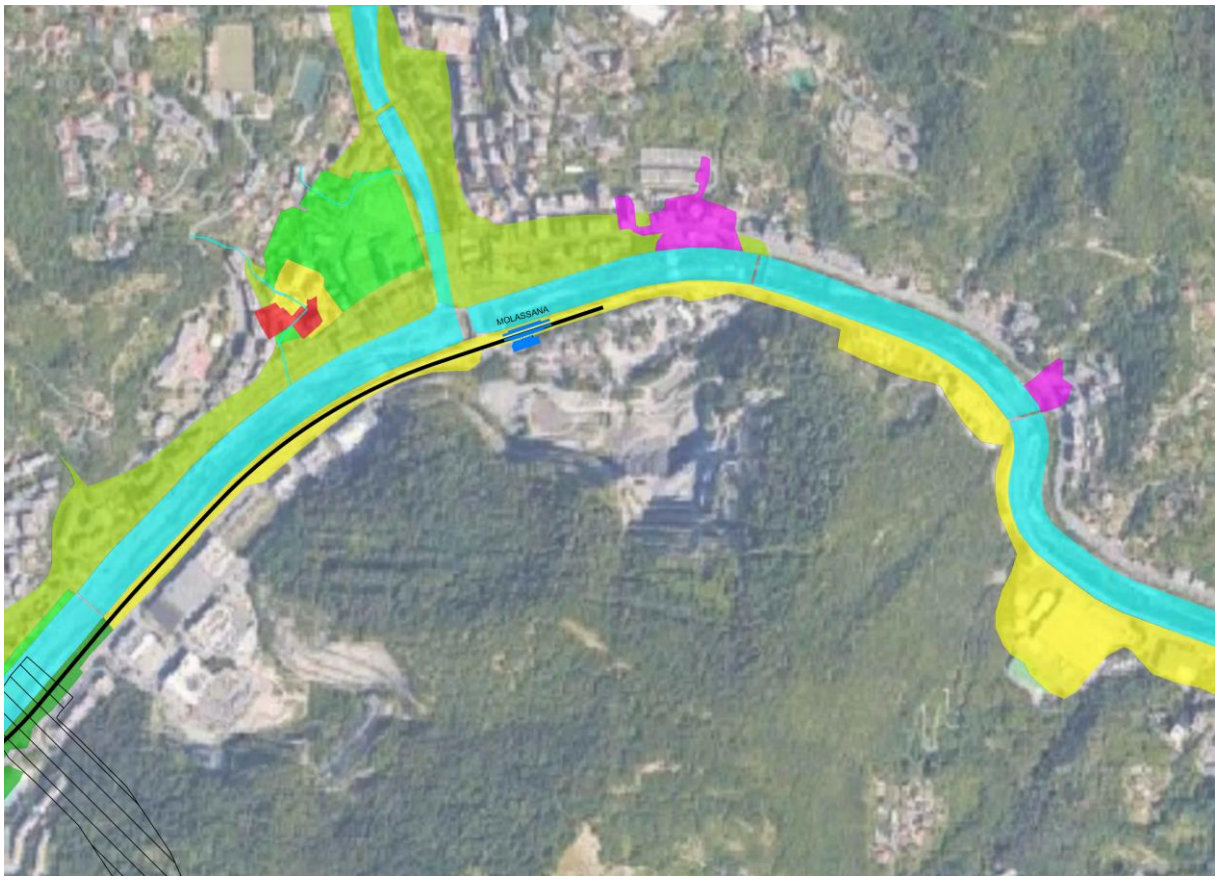


Figura 2. Stralcio cartografico delle fasce di inondabilità del Piano di bacino vigente del torrente Bisagno per l’area a monte dello scolmatore Bisagno

3.2.2 PIANO DEGLI INTERVENTI

Il Piano di bacino, nelle linee generali di intervento, affronta il problema della riduzione del rischio proponendo una serie di interventi riportati nell’omonima relazione e all’interno di supporti cartografici. La “Carta degli interventi” individua in modo puntuale i principali interventi di attuazione a seguito delle problematiche emerse dalle analisi del Piano di bacino, sia a livello geomorfologico che idraulico. Gli interventi di sistemazione idraulica del tratto terminale del corso d’acqua sono in primo luogo rappresentati da due interventi fra loro complementari, che nel loro insieme consentiranno di ricondurre il rischio a livello inferiore per la portata corrispondente ad un tempo di ritorno pari a duecento anni. Si tratta in particolare di:

- •realizzazione del canale scolmatore del torrente Bisagno, che deve tenere in conto anche della necessità di risolvere contestualmente le criticità idrauliche del tratto terminale del torrente Fereggiano nonché dei rivi Noce, Rovare;

- •recupero funzionale della copertura del torrente e ampliamento delle sezioni e miglioramento delle condizioni di deflusso al di sotto della stessa nel tratto terminale compreso tra Via Canevari e la Foce.

Lo scolmatore del Fereggiano è ormai ultimato mentre lo scolmatore di Bisagno, Rovare e Noce sono in corso di realizzazione. Anche il recupero funzionale della copertura è completato.

A questi si aggiungono interventi di stimazione dei principali affluenti del Bisagno, tra questi gli interventi che coinvolgono l'area di studio sono quelli previsti per il rio Castagna ed il Rio Torre Tagliate descritti successivamente con maggior dettaglio.

3.2.3 MESSA IN SICUREZZA DEL BISAGNO

Come si può osservare dall'esame della cartografia di Piano ad efficacia sospesa, anche dopo la realizzazione dello scolmatore del Bisagno permangono piccoli allagamenti sul piano campagna tali da mantenere in alcune zone fasce B.

Si pone pertanto la problematica di valutare la fattibilità degli ulteriori interventi necessari per il raggiungimento della sicurezza idraulica; in tal senso occorre evidenziare che il raggiungimento della completa messa in sicurezza del tratto di Bisagno prospiciente le opere cui al presente progetto, come evidenziato nella relazione del Piano ad efficacia sospesa, non necessita di allargamento delle sezioni trasversali del Bisagno quanto piuttosto attraverso l'adeguamento di alcuni manufatti di attraversamento insufficienti o con franco ridotto (es. Ponte Guglielmetti, Carrega, Campanella, Passerella Firpo e Ponte Castelfidardo) ovvero locale modifica del profilo di fondo dell'alveo qualora, per ragioni vincolo monumentale/paesaggistico, il manufatto risulti non modificabile (è il caso, ad esempio, del ponte Carrega che potrebbe essere mitigato arretrando verso monte il salto di fondo presente sotto al ponte).

Al fine di cogliere i potenziali rischi idraulici causati dalla presenza di tali ponti, si sono analizzati i diversi scenari idraulici sviluppati da HYDRODATA nella *Relazione tecnico - idraulica – Studio idraulico relativo all'aggiornamento delle fasce di inondabilità a seguito della realizzazione del canale scolmatore delle piene – 03/2022*, - documento base per la definizione delle fasce ad efficacia sospesa - i quali mostrano la potenziale insufficienza di alcuni attraversamenti del Torrente Bisagno con conseguenti allagamenti delle zone limitrofe.

L'analisi di tali scenari fa riferimento ad una piena con tempo di ritorno pari a duecento anni, nella situazione in cui è **presente ed attivo lo scolmatore del Bisagno**. Nello specifico, di seguito si sono analizzati per ciascuno scenario i manufatti di attraversamento insufficienti al passaggio della piena che risultano essere: Ponte Guglielmetti, Carrega, Campanella, Passerella Firpo e Ponte Castelfidardo.

Gli scenari utilizzati dalla modellazione idrologica e riportati nella suddetta *Relazione tecnico - idraulica – Studio idraulico relativo all'aggiornamento delle fasce di inondabilità a seguito della realizzazione del canale scolmatore delle piene – 03/2022,* sono i seguenti:

- **SIM2A**: Considera la geometria effettiva dell'alveo e delle strutture interferenti (ponti, coperture) considerate senza alcuna ostruzione delle luci di deflusso. A questa configurazione geometrica si sovrappone la presenza dello scolmatore, attraverso il quale si osserva una cospicua riduzione dei colmi di piena in ingresso;

- **SIM2B**: Scenario integrativo che considera l'aumento della scabrezza dell'alveo;
- **SIM2C**: Scenario integrativo che considera l'ostruzione di una campata del ponte Campanella, portando ad una riduzione complessiva della sezione utile parti al 20% circa;
- **SIM2D**: Scenario integrativo che considera l'ostruzione delle due campate più prossime alla sponda sinistra del Ponte Carrega, con un effetto di riduzione di circa il 20% dell'area totale di deflusso dell'attraversamento;
- **SIM2E**: Scenario integrativo di annullamento del franco idraulico. Tale condizione è stata rappresentata nel modello mediante un'ostruzione parziale della passerella Firpo (circa il 30% di una campata), tale da produrre per l'evento di piena duecentennale un innalzamento della quota massima della superficie libera a monte della passerella pari a 0,50 m.

Successivamente vengono riportate e commentate delle tabelle che sintetizzano le caratteristiche geometriche dell'alveo, dei manufatti di attraversamento di interesse e i risultati salienti della simulazione. Nel dettaglio vengono riportati:

- Nome ponte con relativa progressiva della sezione di monte e valle dell'impalcato;
- Quota di fondo alveo nella sezione a monte e valle dell'impalcato (*QF*);
- Quota spondale in destra e sinistra idraulica, nelle sezioni di monte e valle dell'impalcato (*Qsx*, *Qds*);
- Tipologia di impalcato (arcuato o piano) con riportato il numero pile presenti in alveo e il numero e la tipologia delle campate;
- Quota di intradosso (*I*) ed estradosso (*E*) dell'impalcato;
- Quota idrica relativa ad un evento di piena con tempo di ritorno pari a duecento anni (*P.L.*) nelle sezioni di monte e valle;
- Il franco rispetto all'intradosso del ponte;
- Il franco spondale in destra e sinistra idraulica, nelle sezioni di monte e valle dell'impalcato (in verde quando supera 1 m, in arancione se inferiore ad 1 metro, in rosso diventa negativo);
- La distanza utile tra il pelo libero di valle (sostanzialmente equivalente a quello di monte una volta rimosso l'ostacolo creato dal ponte e relative pile) ed il piano carrabile attuale.

SCENARIO SIM2A: Geometria effettiva dell'alveo e delle strutture interferenti senza alcuna ostruzione, con la presenza dello scolmatore del Bisagno

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE					CARATTERISTICHE IDRAULICHE				
Nome	Progressiva	Quota fondo [m s.l.m.] **QF**	Quota sponda sx [m s.l.m.] **Qsx**	Quota sponda ds [m s.l.m.] **Qds**	**Tipologia impalcato**	**Pile in alveo**	**N° Campate**	Intradosso [m s.l.m.] **I**	Estradosso [m s.l.m.] **E**	Sollecitazione idraulica **P.L. (T200 anni)** [m s.l.m.]	**Franco intradosso** [m]	**Qsx-P.L.** [m]	**Qds-P.L.** [m]	Altezza a disposizione per nuovo ponte (struttura+franco) [m] **E-P.L. valle**
P. Guglelmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	34,94	0,22	2,54	1,62	2,92
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46						34,51		2,87	1,95	
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	33,37	0,35	1,03	1,1	5,88
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37						31,16		3,14	3,21	
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	19,81	-0,3	1,19	1,19	2,92
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95						18,08		2,87	2,87	
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	10,4	1,22	0,92	0,97	2,77
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37						10,33		0,99	1,04	
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	8,61	0,29	2,19	2,21	2,31
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82						8,19		2,61	2,63	

Tabella 2.SCENARIO SIM2A

SCENARIO INTEGRATIVO SIM2B: Incremento della scabrezza dell'alveo

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE					CARATTERISTICHE IDRAULICHE				
Nome	**Progressiva**	Quota fondo [m s.l.m.] **QF**	Quota sponda sx [m s.l.m.] **Qsx**	Quota sponda ds [m s.l.m.] **Qds**	**Tipologia impalcato**	**Pile in alveo**	**N° Campate**	Intradosso [m s.l.m.] **I**	Estradosso [m s.l.m.] **E**	Sollecitazione idraulica **P.L. (T200 anni)** [m s.l.m.]	**Franco intradosso** [m]	**Qsx-P.L.** [m]	**Qds-P.L.** [m]	Altezza a disposizione per nuovo ponte (struttura+franco) [m] **E-P.L. valle**
P. Guglielmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	35,46	-0,3	2,02	1,1	2,24
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46						35,19		2,19	1,27	
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	34,17	-0,45	0,23	0,3	5,42
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37						31,62		2,68	2,75	
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	20,65	-1,14	0,35	0,35	2,22
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95						18,78		2,17	2,17	
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	11,26	0,36	0,06	0,11	1,92
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37						11,18		0,14	0,19	
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	9,25	-0,35	1,55	1,57	1,33
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82						9,17		1,63	1,65	

Tabella 3.SCENARIO SIM2B

SCENARIO INTEGRATIVO SIM2C: Ostruzione di una campata del ponte Campanella

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE					CARATTERISTICHE IDRAULICHE				
Nome	**Progressiva**	Quota fondo [m s.l.m.] **QF**	Quota sponda sx [m s.l.m.] **Qsx**	Quota sponda ds [m s.l.m.] **Qds**	**Tipologia impalcato**	**Pile in alveo**	**N° Campate**	Intradosso [m s.l.m.] **I**	Estradosso [m s.l.m.] **E**	Sollecitazione idraulica **P.L. (T200 anni)** [m s.l.m.]	**Franco intradosso** [m]	**Qsx-P.L.** [m]	**Qds-P.L.** [m]	Altezza a disposizione per nuovo ponte (struttura+franco) [m] **E-P.L. valle**
P. Guglielmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	35,46	-0,3	2,02	1,1	2,24
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46						35,19		2,19	1,27	
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	34,17	-0,45	0,23	0,3	5,42
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37						31,62		2,68	2,75	
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	21,47	-1,96	-0,47	-0,47	2,40
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95						18,6		2,35	2,35	
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	11,26	0,36	0,06	0,11	1,92
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37						11,18		0,14	0,19	
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	9,25	-0,35	1,55	1,57	1,33
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82						9,17		1,63	1,65	

Tabella 4.SCENARIO SIM2C

SCENARIO INTEGRATIVO SIM2D: Ostruzione di due campate prossime alla sponda sinistra del Ponte Carrega

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE					CARATTERISTICHE IDRAULICHE				
Nome	**Progressiva**	Quota fondo [m s.l.m.] **QF**	Quota sponda sx [m s.l.m.] **Qsx**	Quota sponda ds [m s.l.m.] **Qds**	**Tipologia impalcato**	**Pile in alveo**	**N° Campate**	Intradosso [m s.l.m.] **I**	Estradosso [m s.l.m.] **E**	Sollecitazione idraulica **P.L. (T200 anni)** [m s.l.m.]	**Franco intradosso** [m]	**Qsx-P.L.** [m]	**Qds-P.L.** [m]	Altezza a disposizione per nuovo ponte (struttura+franco) [m] **E-P.L. valle**
P. Guglielmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	35,46	-0,3	2,02	1,1	2,24
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46						35,19		2,19	1,27	
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	35,24	-1,52	-0,84	-0,77	5,66
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37						31,38		2,92	2,99	
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	20,65	-1,14	0,35	0,35	2,22
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95						18,78		2,17	2,17	
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	11,26	0,36	0,06	0,11	1,92
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37						11,18		0,14	0,19	
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	9,25	-0,35	1,55	1,57	1,33
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82						9,17		1,63	1,65	

Tabella 5.SCENARIO SIM2D

SCENARIO INTEGRATIVO SIM2E: Ostruzione parziale della passerella Firpo (30% di una campata)

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE					CARATTERISTICHE IDRAULICHE POST SCOLMATORE CON PONTE ESISTENTE				
Nome	**Progressiva**	Quota fondo [m s.l.m.] **QF**	Quota sponda sx [m s.l.m.] **Qsx**	Quota sponda ds [m s.l.m.] **Qds**	**Tipologia impalcato**	**Pile in alveo**	**N° Campate**	Intradosso [m s.l.m.] **I**	Estradosso [m s.l.m.] **E**	Sollecitazione idraulica **P.L. (T200 anni)** [m s.l.m.]	**Franco intradosso** [m]	**Qsx-P.L.** [m]	**Qds-P.L.** [m]	Altezza a disposizione per nuovo ponte (struttura+franco) [m] **E-P.L. valle**
P. Guglielmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	35,46	-0,3	2,02	1,1	2,24
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46						35,19		2,19	1,27	
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	34,17	-0,45	0,23	0,3	5,42
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37						31,62		2,68	2,75	
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	20,65	-1,14	0,35	0,35	2,22
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95						18,78		2,17	2,17	
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	11,50	0,12	-0,18	-0,13	2,25
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37						10,85		0,47	0,52	
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	9,25	-0,35	1,55	1,57	1,33
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82						9,17		1,63	1,65	

Tabella 6.SCENARIO SIM2E

Dalle tabelle soprastanti si evince che per gli scenari SIM2A (definito anche “di base”) e SIM2B il franco spondale sia in destra che in sinistra idraulica viene contenuto dalle sponde del torrente; viceversa, negli scenari SIM2C, SIM2D e SIM2E nei quali si sono considerate ostruite alcune campate rispettivamente dei ponti Campanella, Carrega e passerella Firpo, si può osservare che il franco spondale in corrispondenza diviene negativo.

Il franco rispetto all'intradosso dell'impalcato diviene negativo nei ponti Campanella (SIM2A e SIM2B), Guglielmetti (SIM2B), Carrega (SIM2B) e Castelfidardo (SIM2B), rendendo tali manufatti insufficienti al passaggio di una piena duecentennale.

L'esito di tale modellazione è coerente con i risultati del Piano di Bacino, i quali mostrano allagamenti sul piano campagna in corrispondenza di questi ultimi manufatti citati.

Dall'esame delle tabelle di sintesi sopra riportate, emerge chiaramente che le problematiche di allagamento perduranti dopo la realizzazione dello scolmatore del Bisagno sono risolvibile con l'adeguamento die manufatti di attraversamento sopra indicati, eventuale modesto sovralzo dei muri spondali in prossimità dei medesimi ponti e senza la necessità di allargamento del corso d'acqua.

Sulla base delle risultanze delle suddette tabelle, in particolare degli scenari evidenziati in giallo che sono quelli meno favorevoli alla realizzazione del nuovo manufatto di attraversamento, sono state sviluppate le seguenti 2 tabelle nelle quali sono state ipotizzate due diverse tipologie di nuovo manufatto dui attraversamento.

La prima immaginando un ponte cosiddetto a "a via superiore" nel quale appunto la viabilità viene realizzata al di sopra di un sistema di travi in acciaio connesse fra loro con sistemi reticolari. In tale condizione si può in via preliminare immaginare uno spessore complessivo dell'impalcato dell'ordine di 2 m.

La seconda ipotesi di lavoro prevede un ponte cosiddetto a "a via inferiore" nel quale la viabilità viene realizzata al di sotto (o a fianco) della struttura vera e propria. Trattasi, ad esempio, dei ponti ad arco superiore, a travata reticolare estradossata – es ponti FS, ponte strallato. In questa seconda ipotesi si può, in via preliminare, immaginare uno spessore complessivo dell'impalcato dell'ordine di 1 m.

Dall'esame delle tabelle successive, che riassumono gli elementi salienti e meno favorevoli di cui sopra, si può osservare quanto segue:

1. Il ponte Carrega non pone alcuna problematica esecutiva legata alle quote idriche e spessori degli impalcati;
2. Gli altri 4 manufatti hanno tutti necessità di innalzamento del piano viabile, quanto meno nella porzione dei 2/3 centrale del ponte, per garantire il sottostante franco di cui alle NTC2018 e lo spazio per la realizzazione dell'impalcato;
3. Nella soluzione "a via superiore", con struttura dell'ordine di 1 m, la realizzazione di una carreggiata arcuata al centro potrebbe essere sufficiente ad ottenere quanto necessario; solo per il ponte Castelfidardo potrebbe essere necessario alzare di qualche decimetro la viabilità di accesso al ponte;
4. Nella soluzione "a via inferiore", con struttura dell'ordine di 2 m, la realizzazione di una carreggiata arcuata al centro potrebbe non essere sufficiente ad ottenere quanto necessario e quindi potrebbe essere necessario alzare fino ad 1 m la viabilità di accesso al ponte;

5. In ogni caso, dall'esame delle sezioni trasversali 1, 3, 10 , 11, 22 e 23 dello SkyMetro si può osservare che dal punto di vista altimetrico la distanza tra l'intradosso della metro ed il piano viabile è sempre superiore a 7.70 m per cui qualsiasi innalzamento del piano viabile sottostante è tranquillamente realizzabile.

In sintesi quindi, le aree interessate dallo SkyMetro non risultano necessarie al ripristino del corretto deflusso del corso d'acqua, nel rispetto della pianificazione di bacino e delle condizioni di sicurezza idraulica per la piena di riferimento con adeguati franchi idraulici, interventi che quindi permangono pienamente realizzabili anche dopo la realizzazione dello Skymetro di cui al presente progetto.

A - IPOTESI PRELIMINARE DI ADEGUAMENTO DEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO A VIA SUPERIORE

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE ATTUALE					SCENARIO	CARATTERISTICHE IDRAULICHE POST SCOLMATORE			IPOTESI PONTE PROGETTO implacato 2 m				
Nome	Progressiva	Quota fondo [m s.l.m.] QF	Quota sponda sx [m s.l.m.] Qsx	Quota sponda ds [m s.l.m.] Qds	Tipologia impalcato	Pile in alveo	N° Campate	Intradosso [m s.l.m.] I	Estradosso [m s.l.m.] E		Sollecitazione idraulica Senza ponte P.L. (T200 anni) [m s.l.m.]	Intradosso di progetto su 2/3 della luce IP=P.L.+1,50 [m s.l.m.]	Sovralzo intradosso necessario IP-I [m]	Tipologia impalcato	Pile in alveo	N° Campate	Estradosso di progetto [m s.l.m.] EP=IP+2,00	Δ EP-E [m]
P. Guglelmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	SIM2B-SIM2C-SIM2D-SIM2E	*35,19	36,69	1,53	Arcuato	0	1	38,69	1,26
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46														
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	SIM2B-SIM2C-SIM2E	*31,62	33,12	-0,6	Piano	0	1	35,12	-1,92
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37														
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	SIM2B-SIM2D-SIM2E	*18,78	20,28	0,77	Arcuato	0	1	22,28	1,28
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95														
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	SIM2B-SIM2C-SIM2D	*11,18	12,68	1,06	Arcuato	0	1	14,68	1,58
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37														
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	SIM2B-SIM2C-SIM2D-SIM2E	*9,17	10,67	1,77	Arcuato	0	1	12,67	2,17
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82														

*Livello idrico presunto una volta rimosso il ponte attuale e quindi rimosso ogni ostacolo al deflusso

Tabella 7.Ipotesi preliminare di adeguamento dei manufatti di attraversamento, , con spessore impalcato di 2.00 metri

B - IPOTESI PRELIMINARE DI ADEGUAMENTO DEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO A VIA INFERIORE

ATTRAVERSAMENTI		GEOMETRIA ALVEO			GEOMETRIA PONTE ATTUALE					SCENARIO	CARATTERISTICHE IDRAULICHE POST SCOLMATORE			IPOTESI PONTE PROGETTO impalcato 1 m				
Nome	Progressiva	Quota fondo [m s.l.m.] QF	Quota sponda sx [m s.l.m.] Qsx	Quota sponda ds [m s.l.m.] Qds	Tipologia impalcato	Pile in alveo	N° Campate	Intradosso [m s.l.m.] I	Estradosso [m s.l.m.] E		Sollecitazione idraulica Senza ponte P.L. (T200 anni) [m s.l.m.]	Intradosso di progetto su 2/3 della luce IP=P.L.+1,50 [m s.l.m.]	Sovralzo intradosso necessario IP-I [m]	Tipologia impalcato	Pile in alveo	N° Campate	Estradosso di progetto [m s.l.m.] EP=IP+1,50	Δ EP-E [m]
P. Guglielmetti	monte (974.16)	31,56	37,48	36,56	Piano	5	6 orizzontali	35,16	37,43	SIM2B-SIM2C-SIM2D-SIM2E	*35,19	36,69	1,53	Arcuato	0	1	37,69	0,26
	valle(983.31)	31,46	37,38	36,46														
P. Carrega	monte(1352.76)	29,69	34,4	34,47	Arcuato	5	7 ad arco	33,72	37,04	SIM2B-SIM2C-SIM2E	*31,62	33,12	-0,6	Piano	0	1	34,12	-2,92
	valle(1356.81)	29,69	34,3	34,37														
P. Campanella	monte(3373.78)	14,08	21	21	Piano	4	5 ad arco	19,51	21	SIM2B-SIM2D-SIM2E	*18,78	20,28	0,77	Arcuato	0	1	21,28	0,28
	valle(3389.78)	14,08	20,95	20,95														
Passerella Firpo	monte(4857.63)	6,43	11,32	11,37	Arcuato	2	3 orizzontali	11,62	13,1	SIM2B-SIM2C-SIM2D	*11,18	12,68	1,06	Arcuato	0	1	13,68	0,58
	valle(4862.30)	6,43	11,32	11,37														
P. Castelfidardo	monte(5207.09)	4,41	10,8	10,82	Piano	3	4 orizzontali	8,9	10,5	SIM2B-SIM2C-SIM2D-SIM2E	*9,17	10,67	1,77	Arcuato	0	1	11,67	1,17
	valle(5225.24)	4,41	10,8	10,82														

*Livello idrico presunto una volta rimosso il ponte attuale e quindi rimosso ogni ostacolo al deflusso

Tabella 8.Ipotesi preliminare di adeguamento dei manufatti di attraversamento, con spessore impalcato di 1.50 metri

3.2.4 AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI BACINO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI REALIZZATI

Alla luce del fatto che sono ultimate importanti interventi di mitigazione del rischio idraulico nel bacino del torrente Bisagno, tra cui il Recupero funzionale della copertura del tratto terminale del torrente Bisagno, e la realizzazione della galleria scolmatrice del Torrente Fereggiano, con il Decreto del Direttore Generale sottoscritto in data 07/04/2020 si è proceduto alla riperimetrazione preventiva della fascia fluviale a monte della ferrovia in località Brignole tenendo appunto conto di tali interventi come se fossero completati.

In particolare, si può osservare come:

- L'area in fascia A sia identificata dall'ambito BB ("aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno T=200 anni a "maggior pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento");

- L'area che era in ambito BB passa all'ambito B0 ("aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno T=200 anni a "minor pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale").

Trattandosi di una "riperimetrazione preventiva", essa anticipa l'approvazione dello scenario di pericolosità residua conseguente alla realizzazione degli interventi previsti. La sua efficacia è diventata effettiva in relazione al completamento degli interventi con Decreto del Direttore Generale n. 5575 del 20/09/2021: *Efficacia della riperimetrazione delle fasce di inondabilità del tratto terminale del torrente Bisagno e rio Fereggiano a seguito della realizzazione degli interventi idraulici previsti.*

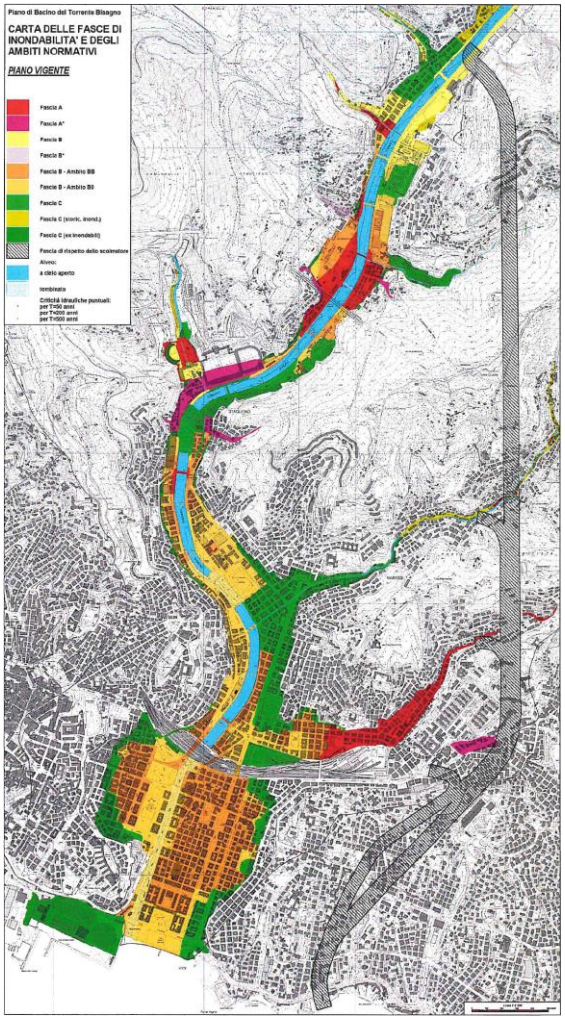


Figura 3. Estratto dalla Carta delle fasce di inondabilità vigente

3.2.5 PERIMETRAZIONE PREVENTIVA A SEGUITO DEGLI INTERVENTI IN CORSO

Alla luce del fatto che è in corso di realizzazione anche l'ultima opera importante prevista quale la galleria scolmatrice del Torrente Bisagno, a servizio del Bisagno stesso e dei torrenti Noce e Rovare, con il Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 33 del 19/04/2023*: Approvazione della riperimetrazione preventiva delle fasce di inondabilità del torrente Bisagno. EFFICACIA SOSPESA, condizionata alla completa realizzazione, collaudo e verifica degli interventi idraulici previsti (scolmatore),* Adozione con D.S.G. n. 108 del 14/12/2022 si è proceduto alla riperimetrazione preventiva della fascia fluviale a monte della ferrovia in località Brignole tenendo appunto conto di tali interventi come se fossero completati.

Trattandosi di una "riperimetrazione preventiva", essa anticipa l'approvazione dello scenario di pericolosità residua conseguente alla realizzazione degli interventi previsti. La sua efficacia è sospesa e i relativi elaborati costituiranno effettiva modifica al piano vigente solo all'atto della completa realizzazione, collaudo e verifica degli interventi idraulici previsti.

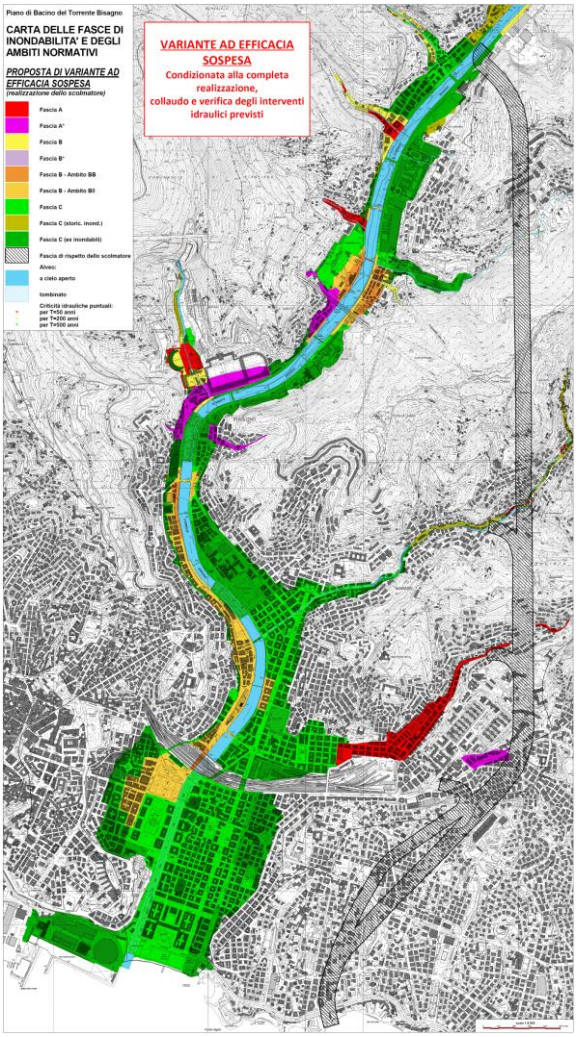


Figura 4. Estratto dalla Carta delle fasce di inondabilità ad Efficacia Sospesa

Come già detto, il raggiungimento della completa messa in sicurezza del tratto di Bisagno prospiciente le opere di cui al presente progetto potrà poi avvenire attraverso l'adeguamento di alcuni manufatti di attraversamento insufficienti o con franco ridotto ovvero locale modifica del profilo di fondo dell'alveo qualora, per ragioni di vincolo monumentale/paesaggistico, il manufatto risulti non modificabile (è il caso, ad esempio, del ponte Carrega che può essere mitigato arretrando verso monte il salto di fondo presente sotto al ponte.

3.3 PIANO DI BACINO DEL BISAGNO (RIO MERMI)

Il rio Mermi è uno dei principali affluenti del Torrente Bisagno nel tratto d'interesse per la presente progettazione. Il tratto di monte attraversa in tombino una zona recentemente urbanizzata; poi, dopo

un tratto in cui scorre in alveo naturale, ritorna nuovamente ad essere arginato e interessato da vari attraversamenti fino allo sbocco nel Bisagno. Quest'ultimo tratto è stato interessato da un progetto di riqualificazione che ha condotto alla sistemazione idraulica dell'intero tratto di corso d'acqua che ha consentito l'adeguamento del rio allo smaltimento della portata duecentennale nell'intero tratto. Il progetto complessivo ha previsto il consolidamento e l'adeguamento delle difese arginali presenti, l'adeguamento delle sezioni di deflusso e l'abbandono della tombinatura di monte con conseguente allargamento della sezione idraulica di un bypass attualmente presente e che assumerà la funzione di corso d'acqua, di cui al parere del Comitato Tecnico n. 1/2012.

3.3.1 ALLAGAMENTI E FASCIE FLUVIALI

A seguito degli interventi con la Delibera n. 11 del 11 Marzo 2015 del Consiglio Metropolitano per la Città metropolitana di Genova ha presentato una richiesta di riperimetrazione delle fasce di inondabilità permettendo il passaggio dell'area prossima al rio Mermi da Fascia B e parzialmente Fascia C, ad area solamente di Fascia C con sottocategoria "Area ex Inondabile". Essendo stata modificata l'area di appartenenza per le fasce di inondabilità, è stata anche aggiornata la cartografia del rischio idraulico tramite la quale l'area è stata identificata da un grado di rischio pari ad R2. La perimetrazione è divenuta parte integrante del piano di bacino del Bisagno. In Figura 5 è riportata la variante cartografica per il rio Mermi.

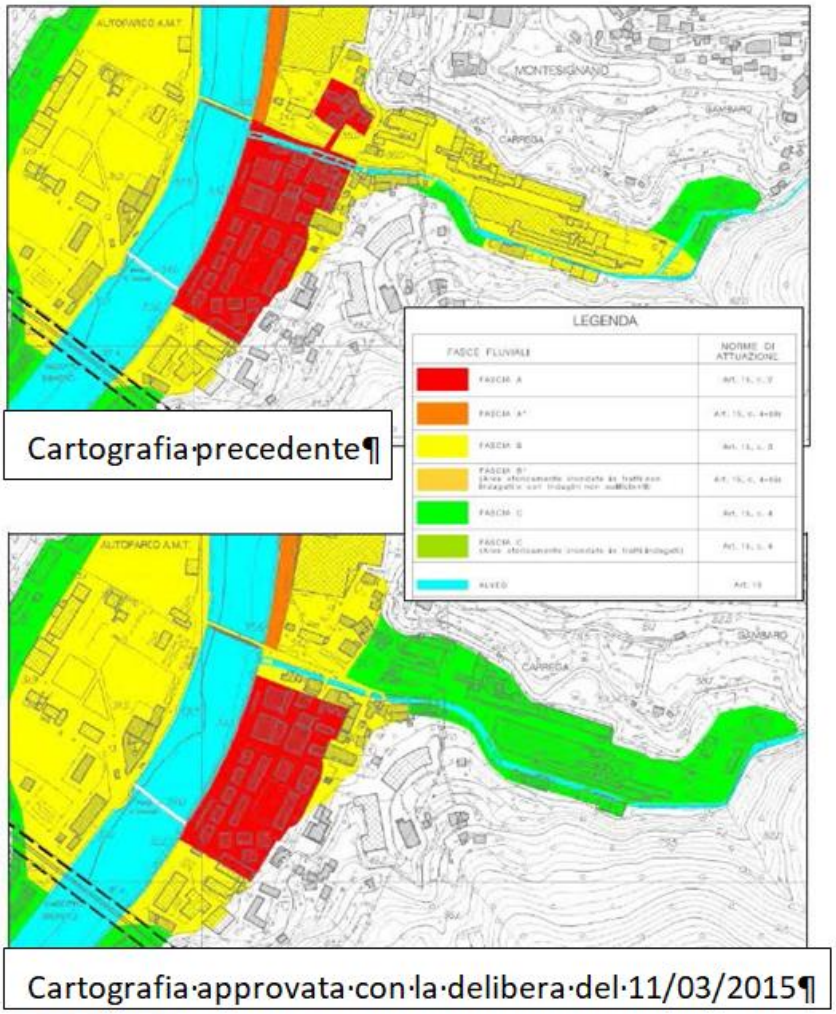


Figura 5. Estratto dalla Carta delle fasce di inondabilità presente nella variante approvata il 11/03/2015 per il rio Mermi

4. INTERVENTI IN CORSO SUL RETICOLO ESISTENTE

4.1 PREMESSA

Il Torrente Bisagno, insieme al Torrente Polcevera, è uno dei principali corsi d'acqua che scorrono attraverso il territorio della città metropolitana di Genova. Il torrente storicamente è stato capace di provocare allagamenti disastrosi in caso di piena, come nel 1970, negli anni Novanta, nel 2011, nel 2014. A cavallo tra gli anni Venti e Trenta del secolo scorso fu realizzata la copertura del torrente Bisagno a seguito di una portata di piena sottostimata e calcolata in 500 m^3/s. Tale intervento ha aggravato la fragilità del territorio del capoluogo ligure rendendolo più suscettibile alle esondazioni frequenti del Bisagno. Le condizioni dell'area di Val Bisagno erano spesso aggravate a causa del fenomeno di rigurgito che andava a coinvolgere anche i suoi affluenti. Nel 2005 hanno preso inizio una serie di interventi per il rifacimento della copertura del Bisagno ma, nonostante ciò, la portata smaltibile dal Bisagno risulta fino alla data di redazione di questo documento inferiore a quella stimata nel Piano di Bacino del Bisagno dell'anno 2001, pari a 1300 m^3/s.

Il Comune ha avviato pertanto la fase realizzativa di una parte importante degli interventi previsti nel Progetto Definitivo dello Scolmatore del Torrente Bisagno del 2007. La galleria intercetta lungo il suo cammino anche le portate del torrente Fereggiano e dei rii Rovare e Noce. In relazione alla disponibilità dei finanziamenti che si è messa in moto dopo le alluvioni del 2011 e successivamente del 2014, il suddetto progetto definitivo è stato modificato per renderlo appunto attuabile in lotti; il primo di questi riguardante lo scolmatore Fereggiano è ultimato e la sua funzionalità in caso di piena è già effettiva dal 2018; pertanto, nel seguito la sua descrizione verrà trascurata.

Alla stessa stregua non viene rappresentato in seguito il progetto di rifunzionalizzazione della copertura da Brignole ormai completa.

4.2 SCOLMATORE DEL BISAGNO

Tra gli interventi di mitigazione del rischio idraulico previsti dal Piano di Bacino per l'area del torrente si annovera il sistema dello "scolmatore del Bisagno" sopra citato. Il progetto prevede la realizzazione di opere di presa per captare le portate degli altri corsi d'acqua e di un tunnel idraulico finalizzato al convogliamento delle portate derivate verso il mare.

Il sistema delle opere prevede:

- l'opera di sbarramento e presa da realizzare sul torrente Bisagno circa 180 m a monte del ponte Ugo Gallo caratterizzata da una larghezza di 65 m ed è presidiata da tre paratoie a settore, uguali tra loro;

- una galleria di adduzione principale delle acque di piena lunga più di 6 km, in grado di allontanare dall'alveo naturale del torrente Bisagno una portata massima, in occasione di eventi di piena di 200 anni, di 417 m^3/sec. La galleria che nel progetto definitivo del 2007 intercettava lungo il suo cammino le portate del torrente Fereggiano e dei rii Rovare e Noce, innalzando la portata di altri 100 m^3/sec circa, nell'attuale configurazione del progetto appaltato si congiunge all'altra galleria di convogliamento delle acque dello scolmatore del Fereggiano, Rovare e Noce - ormai ultimata - pochi metri prima della foce a mare;

- opera di sbocco a mare (già realizzata nell'ambito dei lavori della galleria Fereggiano).

L'opera di sbarramento e presa sul torrente Bisagno si compone di alcuni provvedimenti in alveo, tra questi: un'opera di sbarramento con paratoie a settore, una briglia, in c.a. posta a 200 m circa dallo sbarramento, la risagomatura dell'alveo a sezione trapezia e una serie di soglie di fondo. A queste si aggiungono l'opera di presa in fregio alla sponda sinistra costituita da uno sfioratore laterale.

La collocazione dell'opera di presa è tale da rappresentare una possibile interferenza con gli elementi pile previsti dal tracciato di progetto. Di seguito in Figura 6 è rappresentata la planimetria di progetto dello scolmatore Bisagno.

A seguito della modifica progettuale intervenuta dopo il 2011 con la realizzazione ormai ultimate dello scolmatore del T. Fereggiano, la nuova galleria del Bisagno non riceverà più lungo il suo tracciato I contributi di Fereggiano Rovare e Noce che confluiscono in un unico manufatto di sbocco a mare solo alcuni metri prima della foce.

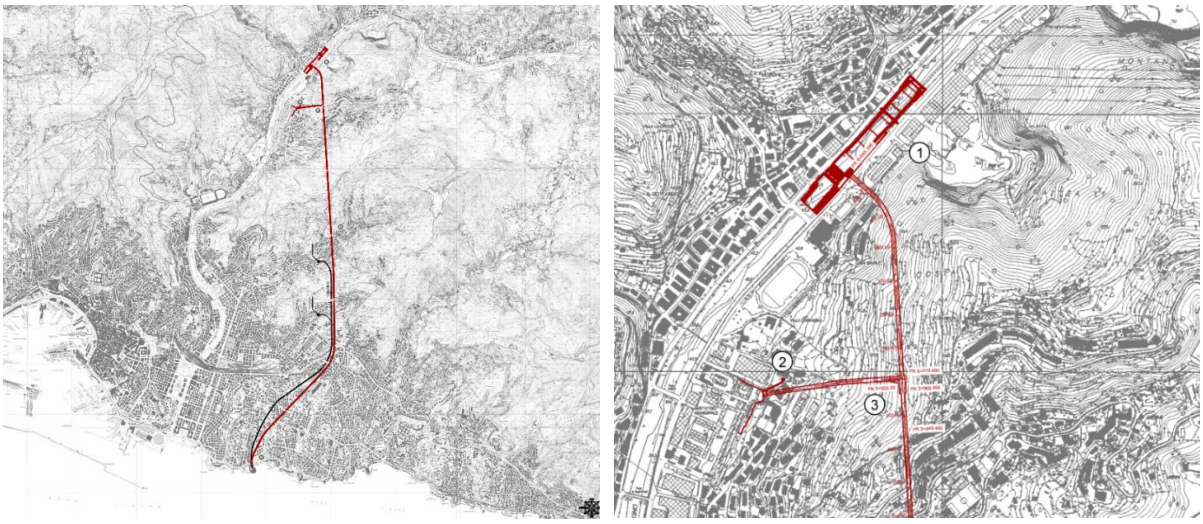


Figura 6. Planimetria di progetto per lo scolmatore del Bisagno (sx): 1- Opera di presa e sbarramento sul torrente Bisagno; 2- Opera di presa sul rio Sciorba; 3- Galleria di Servizio e Camerone

Sulla base di informazioni storiche bibliografiche il Comune ha avviato a suo tempo, avvalendosi di IRE S.p.A., il progetto preliminare di sistemazione del T. Bisagno tra ponte Feritore e ponte Monteverde, con adeguamento in destra. Tale progetto è stato più volte rivalutato da parte di Regione e Comune stesso in relazione agli interventi di sistemazione correlati alla realizzazione dello Scolmatore del Bisagno. Dalle verifiche effettuate in questa sede, il progetto citato, molto risalente, era basato su presupposti di assetti viari oggi superati. Tale progetto non risulta mai essere stato approvato e pertanto esso, al momento, non costituisce un vincolo per una nuova progettazione.

Tra gli interventi di minore estensione ed importo ma di rilevante impatto ai fini dell'eliminazione delle criticità correlate ai rivi minori si segnalano i lavori di adeguamento del rio Torre o Bisagnetto ed il Rio Castagna.

4.3 SCOLMATORE DEL FEREGGIANO, ROVARE E DEL NOCE

Come già detto a seguito dell'alluvione del 2011 si è reso disponibile un primo importante finanziamento con cui è stata realizzata l'opera di presa e la galleria del rio Fereggiano recuperando in buona parte la vecchia galleria già iniziata negli anni '90 al medesimo scopo. Tale intervento è già funzionale dal 2018 ed ora è anche ultimato. Nel medesimo appalto in corso relativo al Fereggiano sono già stati realizzati la galleria di collegamento del Rovare e parte della relativa opera di presa; tale intervento, insieme alla galleria e manufatto di presa del Noce, sarà di prossima realizzazione e completamento. L'opera idraulica agisce sui rii Rovare e Noce che sono esclusi dalla zona di studio, non interferendo con il nuovo tracciato metropolitano.

4.4 ALTRI RIVI MINORI

Sul **Rio Castagna** sono previsti interventi che hanno come scopo, l'adeguamento idraulico del tratto del corso d'acqua compreso tra la tombinatura di via Inferiore Fameiano e l'impianto sportivo Sciorba.

Il rio Villa Castagna, affluente in sponda sinistra, del torrente Bisagno scende da via inferiore Fameiano e prosegue al di sotto della pista di atletica per circa 150 m. Al di sotto di Via Adamoli è presente un tronco di tubazione in bianco avente diametro di circa 1000 mm che sfocia nel torrente Bisagno. Questa condotta ha una lunghezza di circa 21 metri ed è interrotta in corrispondenza dell'aiuola che separa Via Adamoli dal parcheggio pubblico a raso, come desumibile dalla planimetria (Figura 7) riportata nella *Relazione Generale del progetto esecutivo redatto in data Ottobre 2023 da ITEC – Engineerin, per conto del Comune di Genova*

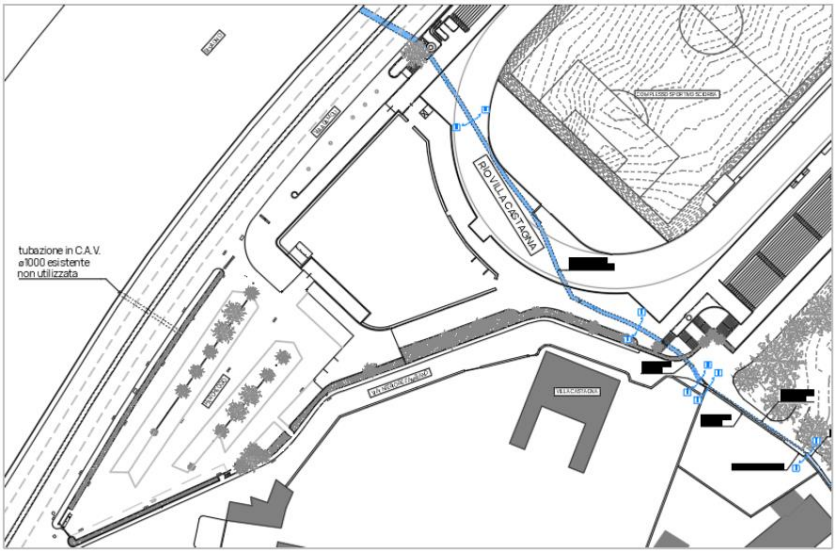


Figura 7. Planimetria area d'intervento in stato di fatto (Rel. Generale *ITEC – Engineerin, Comune di Genova 2023)*

L'intervento nel suo complesso consiste nella realizzazione di una vasca di sedimentazione e di partizione delle portate e di un canale scolmatore finalizzato allo smaltimento della portata residua rispetto a quella smaltibile dalla canalizzazione attuale in condizioni di sicurezza.

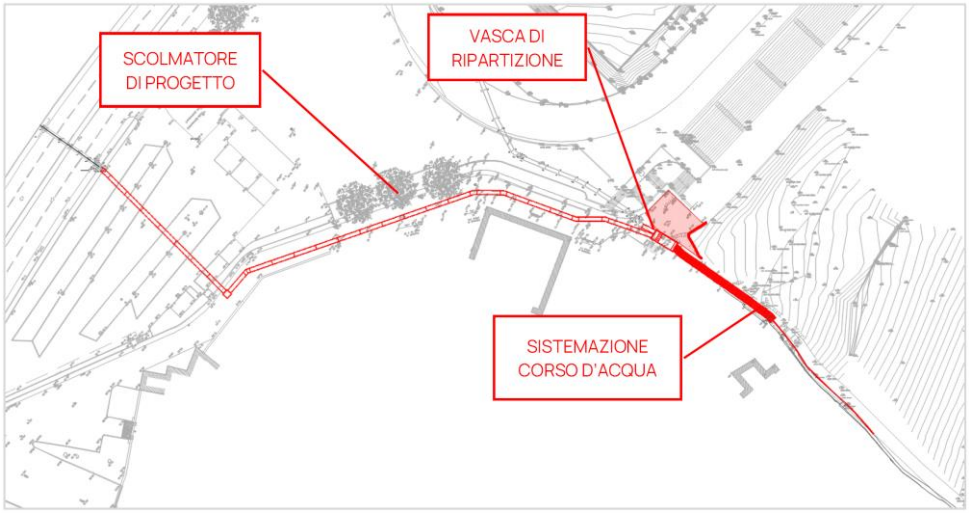


Figura 8. Planimetria area d'intervento progetto (Rel. Generale *ITEC – Engineerin, Comune di Genova 2023)*

Le acque provenienti da monte verranno convogliate all'interno della vasca mediante il canale grigliato che si sviluppa fino alla vasca di ripartizione. L'intervento è stato concepito con l'obiettivo di evitare modifiche al tratto esistente del corso d'acqua, che si trova a profondità elevate rispetto al piano campagna e al disotto dell'impianto sportivo. Modifiche a questo tratto richiederebbero la temporanea sospensione e chiusura della pista di atletica e del campo sportivo, causando inevitabilmente interruzioni nelle attività e disagi per i residenti. Inoltre, è già presente una tubazione Ø1000 che attraversa via Adamoli che può essere utilizzata per lo smaltimento delle portate nel torrente Bisagno.

Nello stato attuale il valore della portata 200-ennale è stato ricavato, in ottemperanza alle norme di attuazione del Piano di Bacino, considerando un contributo unitario di 40 $m^3/(s \cdot km^2)$. La portata 50-ennale è stata invece calcolata utilizzando il contributo unitario riportato nella metodologia del C.I.M.A. pari a 28 $m^3/(s \cdot km^2)$. In base a tali parametri risultano i seguenti valori delle portate di piena:

Sezione	Area [km^2]	T= 50 anni [m^3/s]	T= 200 anni [m^3/s]
Rio Villa Castagna	0.1	2.8	4.0

In data 06/10/2023 è stata ottenuta l'autorizzazione idraulica con Decreto Dirigenziale n.6590/2023 da parte della Regione Liguria ai fini dell'esecuzione dei lavori sistemazione del rio Villa Castagna e quindi a breve inizieranno i relativi lavori.

Sul **Rio Torre** è previsto un intervento (*progetto esecutivo redatto in data Ottobre 2023 da ITEC – Engineerin, per conto del Comune di Genova)* di adeguamento idraulico studiato al fine di garantire il corretto smaltimento della portata 200-ennale con franchi adeguati, nel rispetto dei vincoli di carattere urbanistico e viabilistico presenti. Esso si inquadra nei disposti dell'art. 14 del Norme di attuazione del Piano per quanto riguarda l'adeguamento di opere in concessione esistenti e dell'art. 7 (comma 1) per quanto riguarda gli interventi di sistemazione necessari ad ovviare a situazioni di pericolo e tutela della pubblica incolumità funzionali ad un corretto regime idraulico.

L'intervento nel suo complesso è costituito dal rifacimento del tratto terminale coperto al di sotto di Passo Ponte Carrega, per una lunghezza di circa 150 m e dall'adeguamento della vasca di imbocco circa 150 m a monte. Il nuovo tratto sarà costituito da uno scatolare in c.a. suddiviso in tre tratti distinti di seguito riportati da monte verso valle, con riferimento alle sezioni utilizzate nelle verifiche idrauliche:

- Tratto a monte della lunghezza di circa 47 m con sezione rettangolare 2.1x2.5 m e pendenza 10%;
- Tratto intermedio della lunghezza di circa 80 m con sezione rettangolare 2.1x2.5 m e pendenza 1.2%;
- Tratto terminale (da sez. 3.1 a sez. 1), della lunghezza di 20 m circa, con sezione circolare con D=2.5 m e pendenza 1.2%.

Gli interventi sono completati dalla ristrutturazione della vasca di sedimentazione ubicata ai piedi del salto di quota di monte. La vasca attuale, della larghezza di 1.8 m circa, sarà allungata sino a 6 m con

un'altezza dei muri di sponda di 4.6 m (che corrispondono ad un parapetto dell'altezza minima di 1.1 m rispetto al piano viabile circostante). Nella sezione terminale, situata 2 m a monte della sezione di imbocco della nuova tombinatura, è prevista la realizzazione di un dente di 1.0 m che ha la funzione di dissipare l'energia della corrente in arrivo generando un rigurgito in corrente lenta verso monte che favorisce il deposito di materiale all'interno della vasca. Il volume utile della vasca per la sedimentazione è di circa 11 m^3.

In base ai risultati delle verifiche idrauliche è stata effettuata la mappatura delle aree inondabili relative al solo rio Torre per gli eventi 50-ennale e 200-ennale nella configurazione di stato attuale e nella configurazione di progetto.

Stato attuale

Allo stato attuale il rio Torre presenta una forte criticità nel tratto terminale coperto, a causa della forte riduzione di pendenza (dall'8% del tratto a monte sino all'1% circa) e delle ridotte dimensioni della sezione di deflusso che non è in grado di smaltire la portata 50-ennale. La portata in eccesso fuoriesce dalle griglie presenti lungo Passo Ponte Carrega allagando le aree limitrofe sia lungo la sponda destra che sulla sponda sinistra. L'allagamento interessa in particolare l'area depressa di Piazzale Adriatico lungo la sponda sinistra, situata ad una quota di oltre 1 m inferiore rispetto al piano viabile di Passo Ponte Carrega. Per quanto riguarda le aree in sponda destra esse interessano le aree più depresse comprese tra il rio Mermi e Passo Ponte Carrega, con l'esclusione delle porzioni di area a quota più elevata, come gli edifici lungo via Bisagno Dalmazia. Quest'ultima risulta ad una quota superiore di oltre 1 m rispetto al punto più depresso di Passo Ponte Carega e quindi non risulta raggiungibile dall'eventuale esondazione. Il tratto tombinato di monte presenta una modesta criticità in caso di piena 200-ennale dovuta all'insufficienza del franco idraulico. In Allegato 1 è riportata la mappatura delle aree inondabili allo stato attuale sulla cartografia in scala 1:5000 della Regione Liguria.

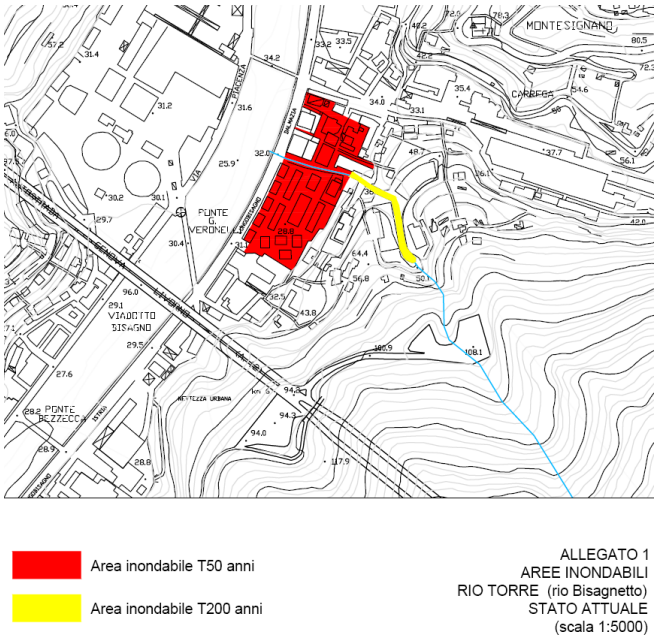


Figura 9. Mappa Aree inondabili – stato attuale (Rel. Idraulica *ITEC – Engineerin, Comune di Genova 2013)*

Stato di progetto

Per lo stato di progetto è stata effettuata la mappatura preventiva delle aree inondabili. Le criticità del tratto terminale sono completamente risolte dagli interventi di sistemazione idraulica previsti a progetto, mentre permane la criticità legata all'insufficienza del franco idraulico per il tratto tombinato di monte. In Allegato 2 è riportata la mappatura preventiva delle aree inondabili nella configurazione di progetto sulla cartografia in scala 1:5000 della Regione Liguria.

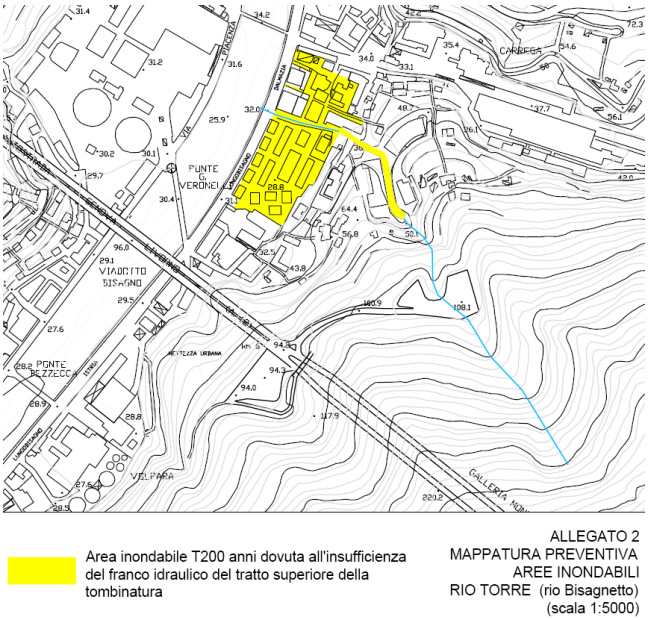


Figura 10. Planimetria area d'intervento progetto (Rel. Idraulica *ITEC – Engineerin, Comune di Genova 2013)*

Le opere di cui al presente progetto non ricadono nelle aree di allagamento sopra riportate.

5. CARATTERIZZAZIONE DELL'OPERA IN PROGETTO

5.1 PREMESSA

L'opera si compone di alcuni elementi strutturali fondamentali, elementi di sostegno con pile, elementi strutturali composti dalle stazioni nonché manufatti di attraversamento.

Tali elementi si inseriscono nel sistema idraulico esistente in maniera coerente con le norme di settore come di seguito analizzato. Tali valutazioni, anche in accordo con le autorità idrauliche competenti, vengono studiate ed analizzate sulla base degli studi e delle modellazioni idrauliche esistenti, peraltro in buona parte abbastanza dettagliate e recenti e messe a disposizione da Regione Liguria. Ciò anche in conseguenza del fatto che la scelta del progettista è stata quella di non interferire mai con le opere in progetto con il deflusso idrico negli alvei, ovvero di non collocare mai opere di progetto all'interno delle fasce di inedificabilità assoluta del reticolo minore.

5.2 CORSI D'ACQUA, OPERE DI DIFESA, AREE D'ALLAGAMENTO ED OPERE IN PROGETTO

Nei paragrafi seguenti verranno descritte le interazioni tra gli elementi strutturali e gli elementi idrografici presenti nell'area di studio.

5.2.1 PILE

La metropolitana prevista in questa sede ha uno sviluppo interamente in viadotto pertanto necessita di elementi di sostegno verticali composti da pile. In alcuni passaggi singolari l'impalcato richiede dei sostegni particolari. I punti singolari sopra citati sono l'attraversamento del Fiume Bisagno e alcune zone critiche (intersezioni stradali, interferenze), dove non era possibile realizzare la pila standard.

Le pile previste da progetto prevedono una sezione circolare e un plinto interrato, posto interamente al di sotto del talweg del Bisagno. Esse sono posizionate a filo del muro arginale esistente di difesa del Torrente Bisagno con lo scopo principale di interferire il meno possibile con la viabilità e mantenersi il più possibile distante dai fabbricati posti sul lato opposto della strada.

Le pile sono poste a un interasse massimo di 45 m e sormontate da un pulvino in c.a. Hanno sezione circolare, con diametro pari a 1.70 m dalla testa fino al piano strada lungo la linea e 2 m in corrispondenza delle stazioni. Dal piano strada fino al plinto di fondazione le pile sono composte da una sezione circolare e un setto posto lato torrente, come riportato nel dettaglio seguente. Tutte le pile realizzate non saranno mai sporgenti in alveo rispetto agli attuali fili dei muri arginali esistenti.

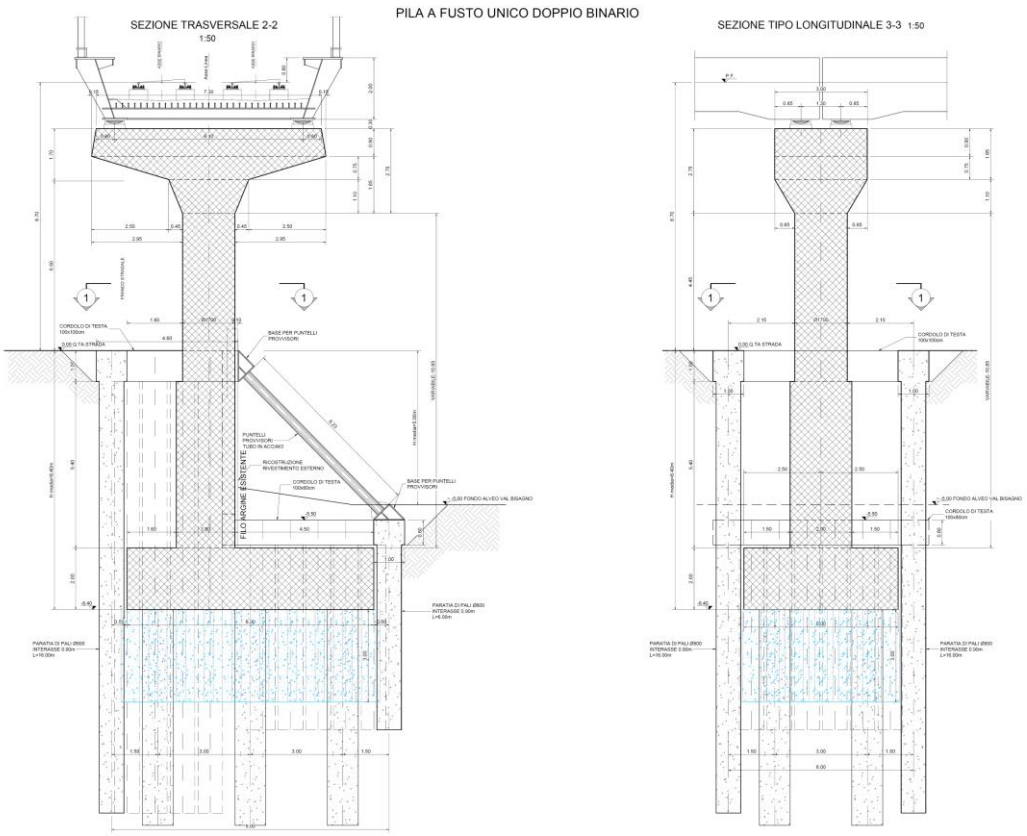


Figura 11. Sezioni tipo opere di sostegno: pila a fusto unico con doppio binario

In corrispondenza dello stadio Luigi Ferraris, zona Marassi, è presente una copertura del torrente predisposto a parcheggio. In questa zona le pile assumono una sezione diversa. Infatti, la parte sopra il piano strada ha forma pseudo rettangolare con i lati corti circolari, la parte interrata invece è costituita da un setto in c.a. di sezione pari a quello esistente (vedi capitolo seguente).

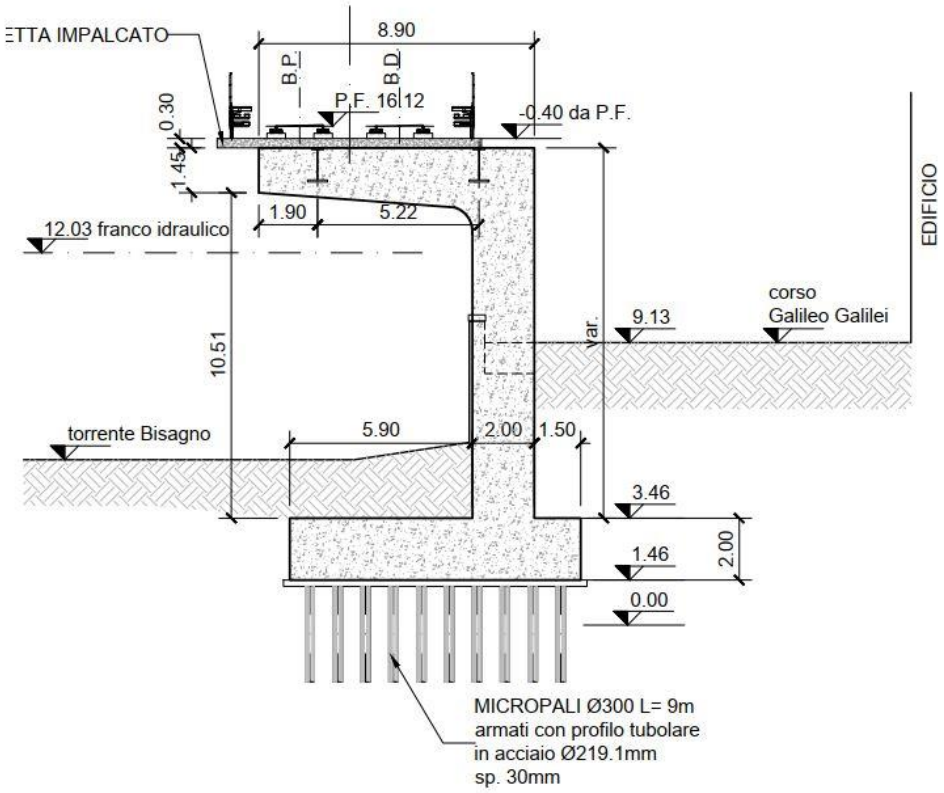
Partendo dalla cartografia ricavata dal Geoportale della Regione Liguria per i rii minori e il torrente Bisagno si è successivamente analizzato puntualmente tramite rilievo topografico di campagna la posizione del tratto terminale del rio in corrispondenza dello sbocco nel Bisagno, in corrispondenza, cioè, del potenziale punto di interferenza con l'opera in progetto. Per ciascuno rivo minore, compresi gli interventi previsti già approvati sul Castagna e Torre, sono state tracciate le aree di salvaguardia secondo le norme vigenti sopra citate e verificata l'eventuale interferenza con le opere id cui al presente progetto.

Si rimanda al successivo paragrafo 5.2 per l'analisi di dettaglio delle distanze tra le opere in progetto ed i rivi con relative aree di salvaguardia.

5.2.2 ATTRAVERSAMENTO DEL T. BISAGNO

Il Progetto prevede tre attraversamenti del T. Bisagno.

Procedendo da valle verso monte, il primo attraversamento del Bisagno, posto immediatamente a monte dell'attuale attraversamento di fasci di binari della stazione di Brignole, riguarda solamente le ultime due campate esistenti in sponda sinistra e verrà realizzato senza nuove pile in alveo ma utilizzando gli ingombri delle pile/rostri esistenti. Trattasi in pratica di un attraversamento parziale dell'alveo. Dal punto di vista altimetrico l'impalcato si pone sempre ampiamente al di sopra del livello idrico definito nel Piano di Bacino vigente (Relazione idraulica – ITEC - 04.02.2020: sezione 0.98 quota fondo alveo pari a 4.4 m slm, tirante 6.13m slm, livello idrico 10.53 m slm), cui aggiungendo il franco di 1.50 m definiti dalle NTC2018 si ottiene un livello del franco da superare di 12.03 m slm.



Il secondo attraversamento del Bisagno avviene immediatamente a monte del precedente, per portare la linea metropolitana in sponda destra attraverso un manufatto senza pile in alveo. Entrambi gli attraversamenti risponderanno a quanto richiesto alle vigenti NTC 2018 rispetto alle condizioni di piena nello stato attuale: *Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.*

Successivamente nella figura viene riportato il prospetto lato Est del secondo attraversamento con indicati i relativi livelli idrici pre e post scolmatore (vedasi elaborato MGE1PRLVSTRMPBT003-00).

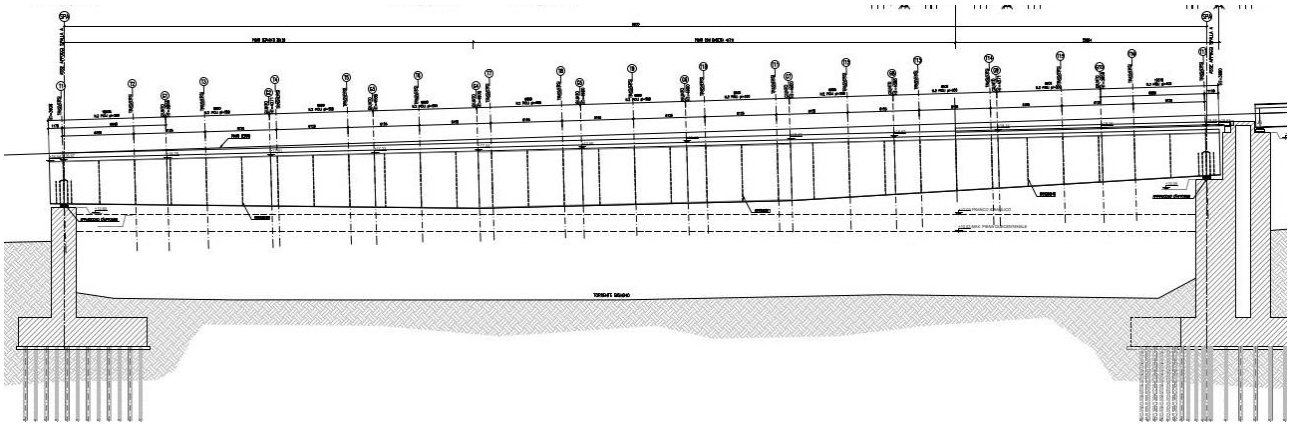
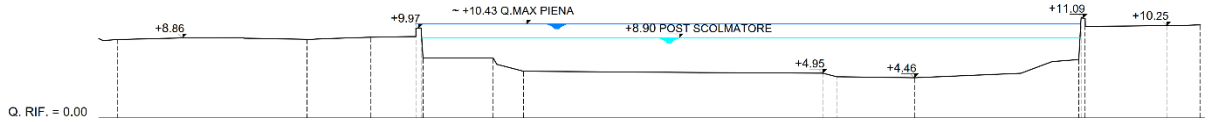


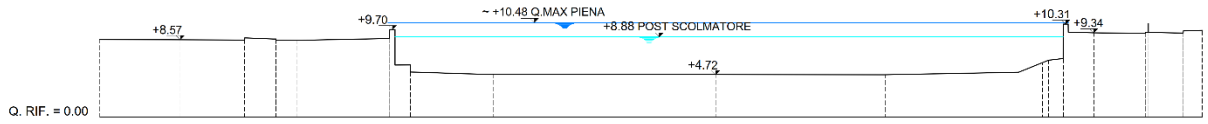
Figura 12. Prospetto secondo attraversamento lato Est.

Nella figura sopra riportata sono indicati i livelli idrici del Piano di Bacino vigente (Relazione idraulica – ITEC - 04.02.2020: quota fondo alveo pari a 5.11 m slm, tirante 5.32 m, livello idrico 10.43 m slm in sponda destra; quota fondo alveo pari a 4.71 m slm, tirante 5.77 m, livello idrico 10.48 m slm in sponda sinistra), cui aggiungendo il franco di 1.50 m definiti dalle NTC2018 si ottiene un livello del franco da superare di 11.98 m slm. Nella figura sono altresì indicati i livelli dello stato futuro (Relazione tecnico-idraulica – Hydrodata – mar.22) dopo la realizzazione dello scolmatore del Bisagno, che sono ovviamente inferiori a quelli di cui sopra.

SEZIONE MONTE



SEZIONE VALLE



Il terzo attraversamento del T. Bisagno avviene in corrispondenza dell'esistente copertura all'altezza di Marassi. Verrà realizzato attraverso l'introduzione di setti realizzati ex-novo in sostituzione di parti dei setti esistenti costituenti lo scatolare di attraversamento del fiume. Al fine di contenere i nuovi setti all'interno degli spessori esistenti, senza quindi modificare la sezione idraulica, si utilizzano telai con due elementi verticali.

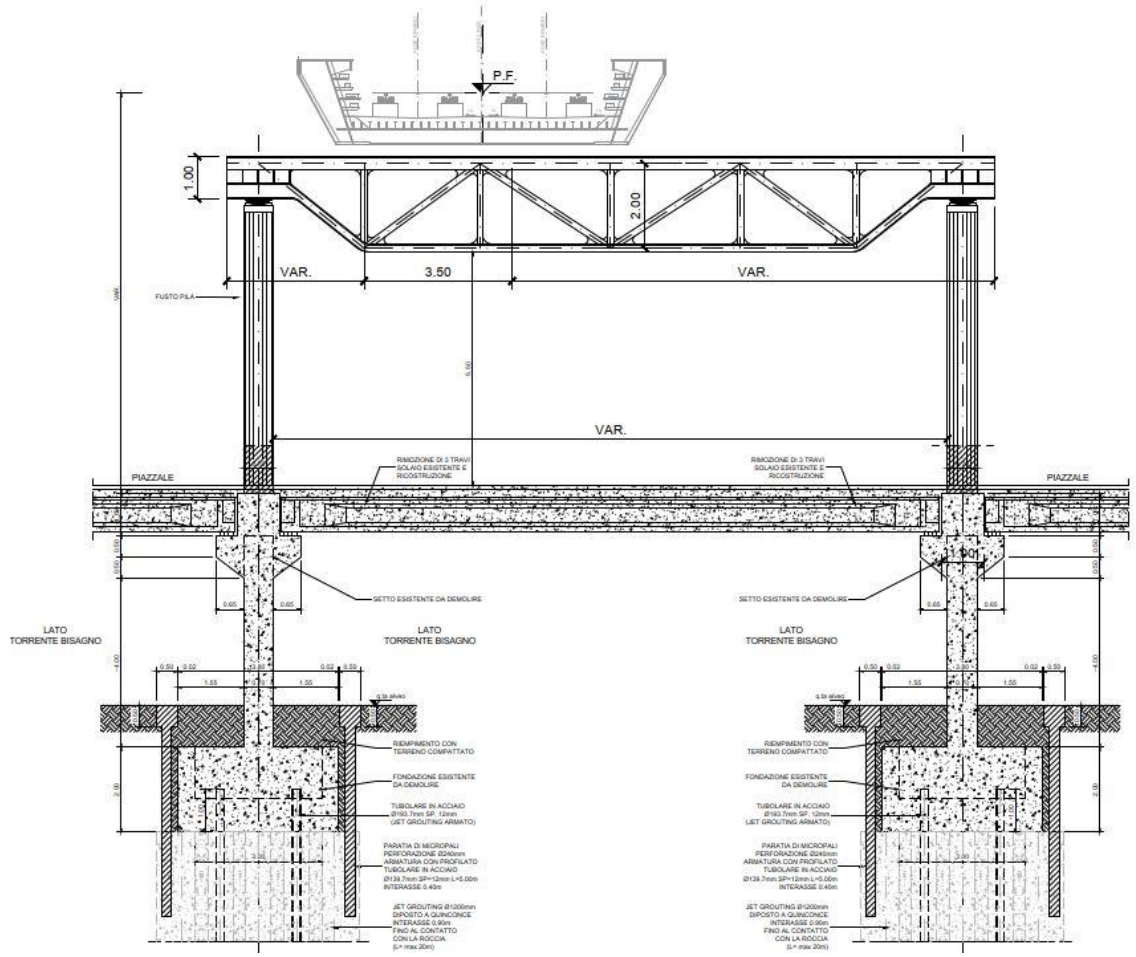


Figura 13. Telai zona Marassi

Si tratta, in sostanza, sulla base delle informazioni disponibili, certamente da verificare nella successiva fase progettuale, di rimuovere le travi esistenti costituenti la copertura dello scatolare, di operare un taglio nei setti esistenti prospicienti, tale da accogliere i nuovi setti con la relativa fondazione su micropali, di realizzare la nuova copertura con travi in c.a. equivalenti per sezione alle esistenti, di spiccare con due pile, a sezione allungata e semicerchi terminali, collegate in testa con una trave in acciaio.

Per quanto sopra illustrato, quindi, i manufatti di attraversamento proposti risultano tutti compatibili con le NTC 2018 e pertanto idraulicamente autorizzabili.

5.2.3 STAZIONI E LOCALI TECNICI

All'interno del progetto di fattibilità sono state previste 6 stazioni metropolitane sopraelevate rispetto al piano campagna oltre ovviamente a quella esistente di Brignole.

Tabella 9. Elenco stazioni previste dal progetto di fattibilità

N° Stazione	Nome	Posizione e descrizione	L parziale	L progressiva
0	Brignole	La stazione di Brignole è esistente costituita da due livelli e rialzata rispetto al piano strada, è inoltre direttamente collegata con la Linea 1 della Metropolitana e con l'omonima stazione ferroviaria. Nell'ambito delle strutture della stazione sono presenti anche i locali tecnici, che non verranno modificati, ma solo adeguati non dal punto di vista impiantistico.	0	0
1	Romagnosi	La stazione è posta sull'argine in sponda destra in corrispondenza del parcheggio a sud dello stadio Luigi Ferraris. Il locale è ubicato proprio nel parcheggio.	≈ 1'096 m	≈ 1'096 m
2	Parenzo	La Stazione è posta in Piazzale Parenzo. A cavallo del Ponte Campanella. Il locale tecnico è interrato sotto la strada all'interno del Piazzale Parenzo.	≈ 1'037 m	≈2'133m
3	Staglieno	La stazione è localizzata in corrispondenza del Cimitero Monumentale sulla sponda sinistra del Bisagno. Il locale tecnico è posto in un'area di esproprio adiacente alla stazione attualmente occupata da capannoni.	≈ 707 m	≈ 2'840 m
4	Guglielmetti	La stazione è posta tra il ponte Romeo Guglielmetti e il ponte Carrega. Il locale tecnico è ubicato ad un lato della rotatoria posta in corrispondenza di Ponte Carrega.	≈ 1'450 m	≈ 4'290 m
5	San Gottardo	La stazione è posta in corrispondenza dello stadio "Sciorba". Il locale tecnico andrà a sostituire parte della esistente tribuna ovest dell'impianto sportivo.	≈ 1'017 m	≈ 5'307 m
6	Molassana	La stazione è posta poco più a nord del Ponte Alexander Fleming. Il locale tecnico è ubicato all'interno del futuro nodo di scambio bus, che andrà ad occupare parte dell'area della cava.	≈ 1'397 m	≈ 6'704 m

Dal punto di vista tipologico le stazioni previste nel presente progetto sono composte da una parte sopraelevata in quota pari ai binari ed una parte con contatto a terra per l'accesso e lo sbarco dei

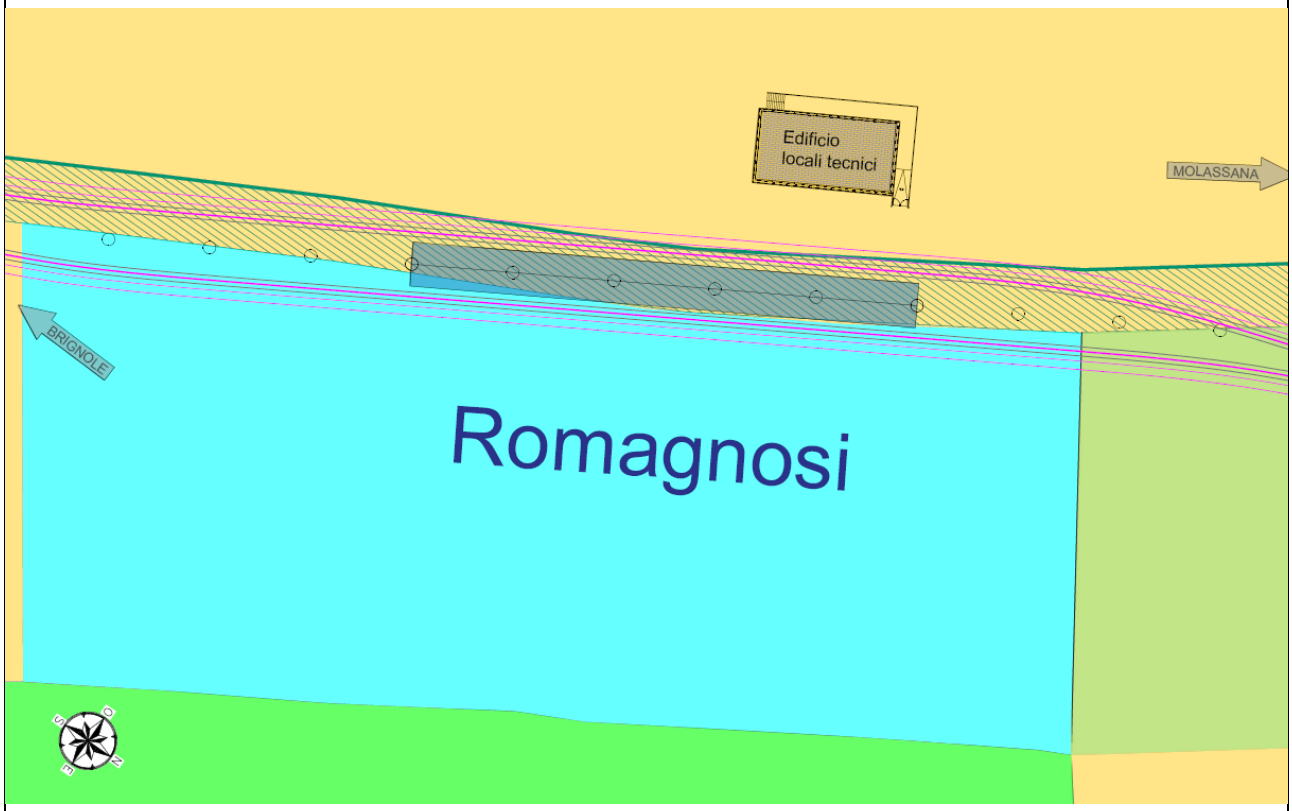
passeggeri; di fatto, più che una stazione si tratta in sostanza di una banchina o pensilina con fermata del mezzo con salita/discesa dell'utenza.

Come già detto, l'autorizzazione delle opere di cui al presente progetto avviene con riferimento all'art. 32 della L.R. 02/2023, N. 17; tuttavia, al fine di un completo inquadramento e rappresentazione di dettaglio delle opere in progetto di seguito è stata predisposta una scheda di dettaglio per ciascuna stazione prevista da progetto ponendo particolare attenzione alle informazioni presenti nella Relazione di Piano del Bisagno.

In particolare, nelle schede seguenti è riportata la sovrapposizione delle stazioni e locali tecnici di progetto con le fasce fluviali vigenti e quelle ad efficacia sospesa del Bisagno.

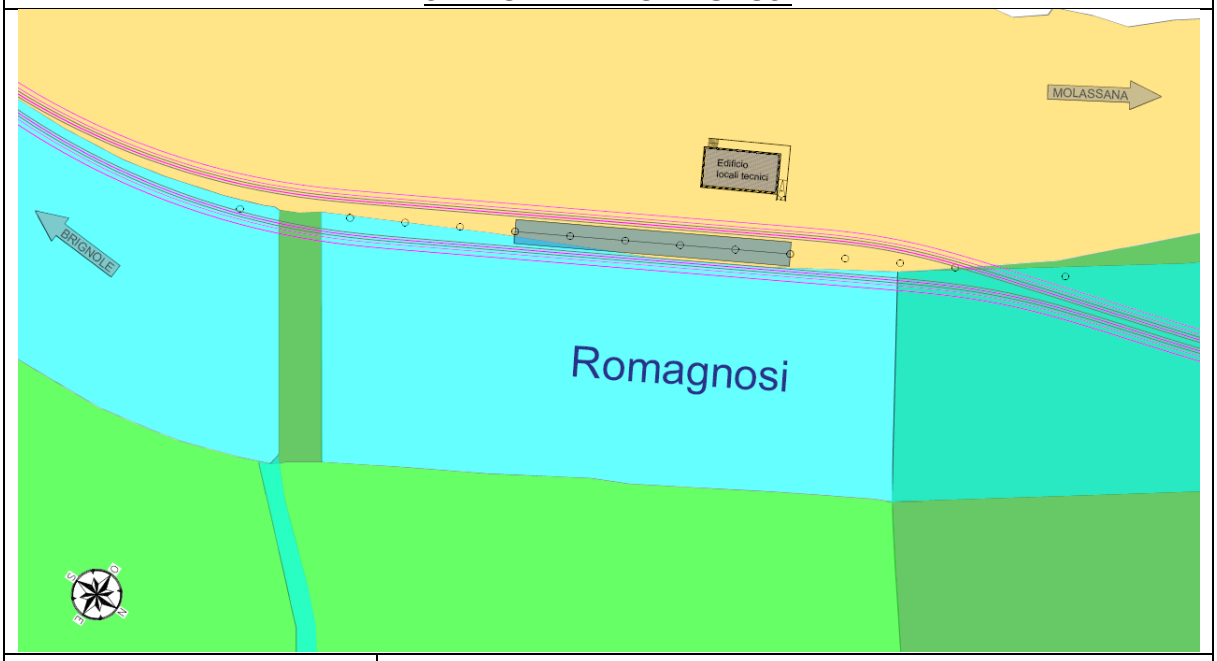


STAZIONE 1 – ROMAGNOSI



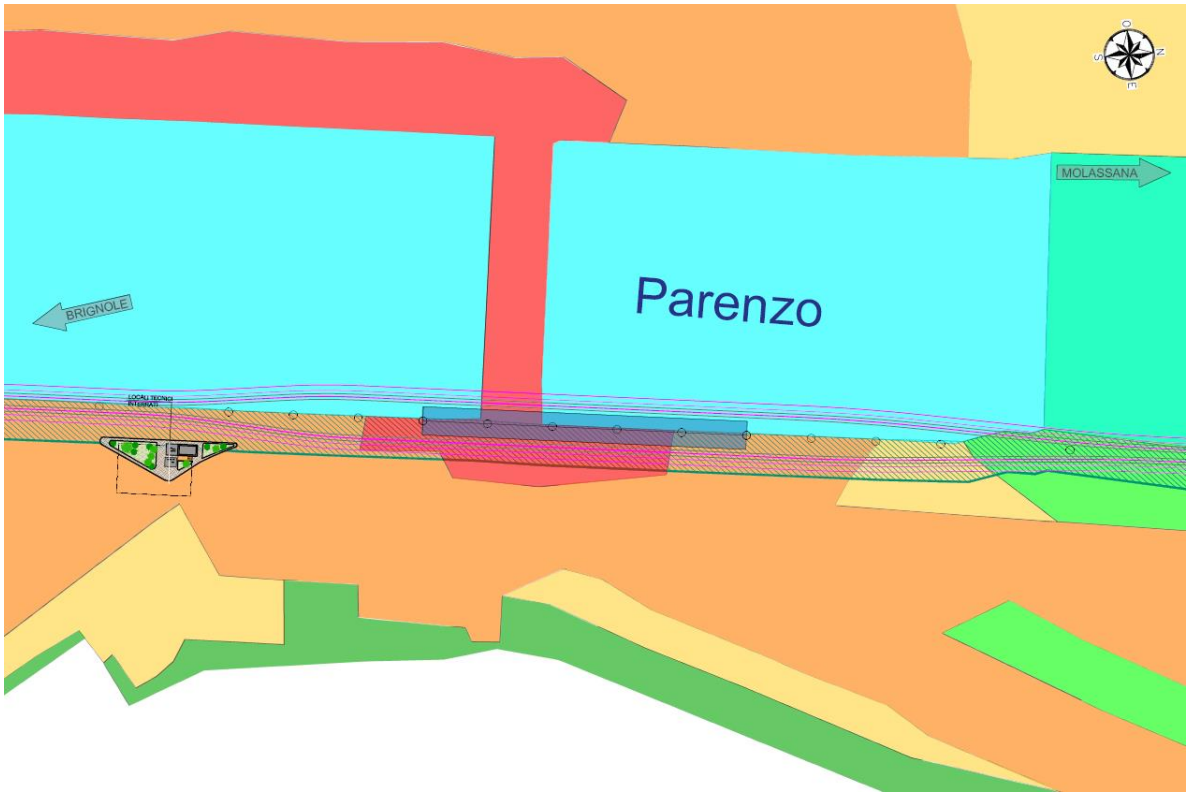
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Destra idraulica
Fascia di inondabilità (**Piano Vigente**)	B – ambito B0 (bassa pericolosità relativa – tirante max 30 cm)

STAZIONE 1 – ROMAGNOSI



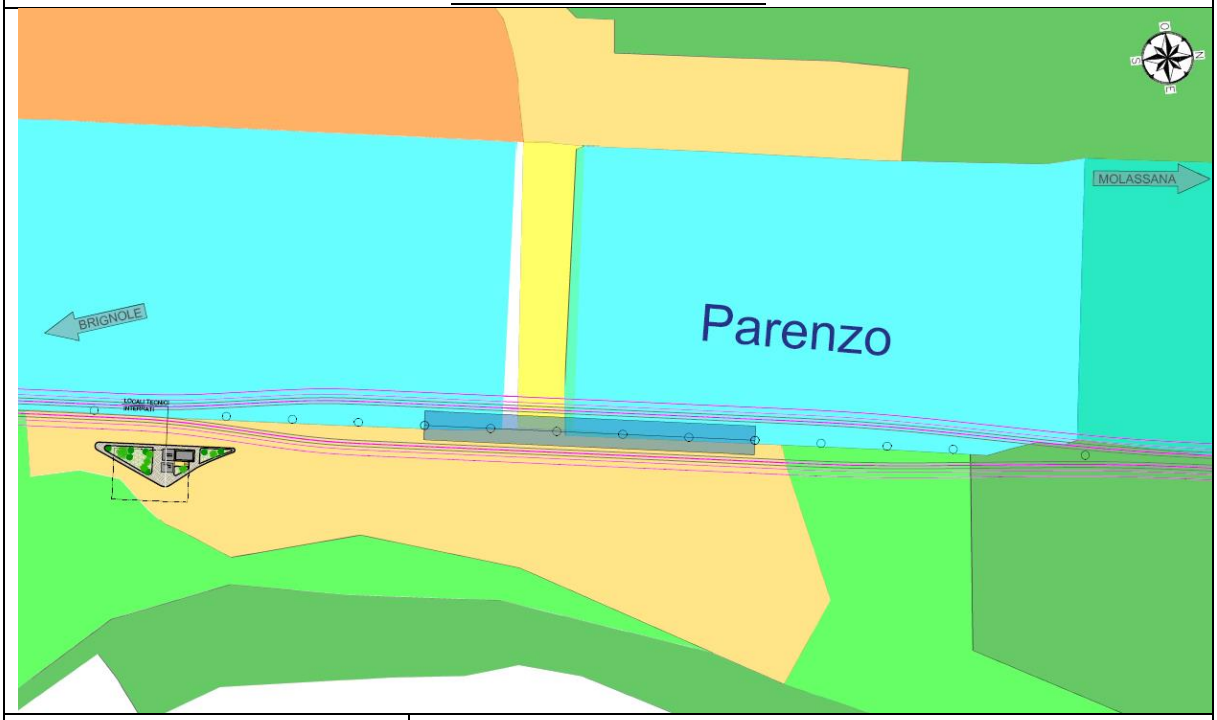
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Destra idraulica
Fascia di inondabilità relativa alla **Variante ad Efficacia Sospesa**	B – ambito B0 (bassa pericolosità relativa – tirante max 30 cm)

STAZIONE 2 - PARENZO



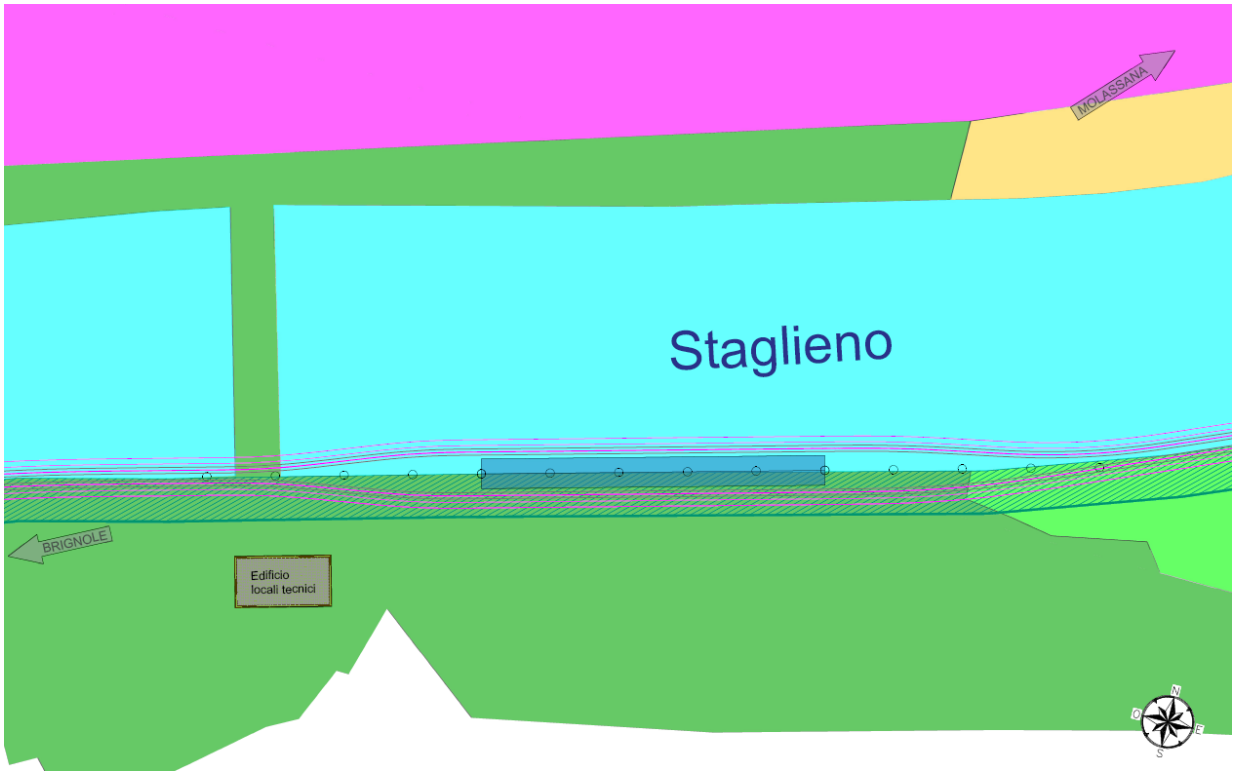
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità (**Piano Vigente**)	A (allagato per Tr=50anni)
	BB (allagato per Tr=200anni)
Problemi idraulci	"Maggior pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale. Dopo la realizzazione dello scolmatore del Bisagno la riperimetrazione consentirà riduzioni del rischio in tale area.

STAZIONE 2 – PARENZO



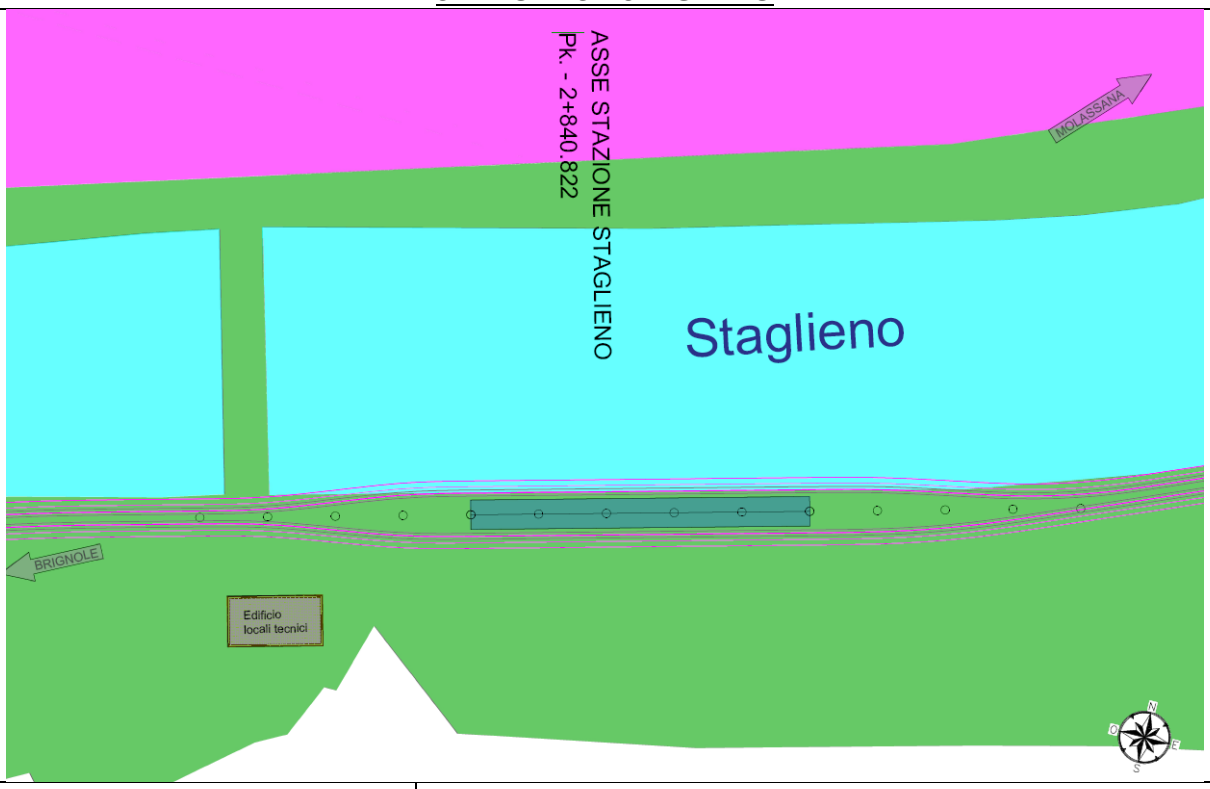
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità relativa alla **Variante a Efficacia Sospesa**	B – ambito B0 (bassa pericolosità relativa – tirante max 30 cm)

STAZIONE 3 - STAGLIENO



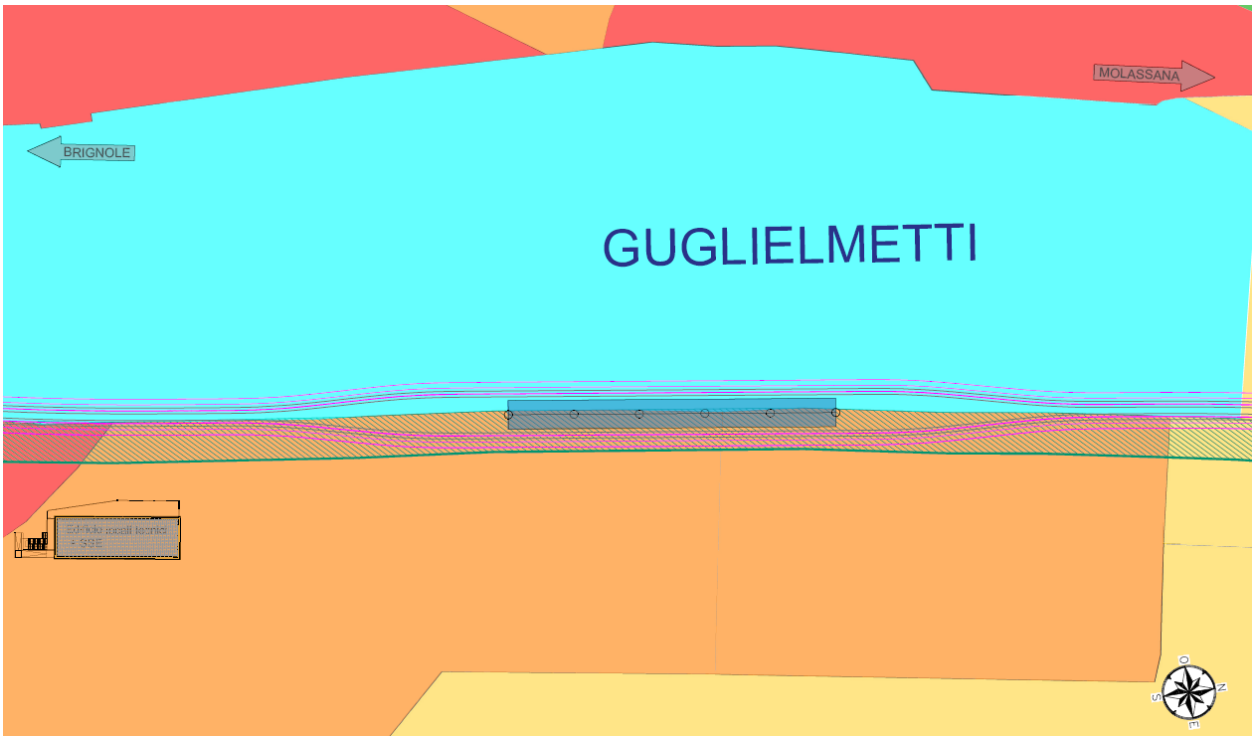
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità (**Piano Vigente**)	C (allagato per Tr=500anni)

STAZIONE 3 – STAGLIENO



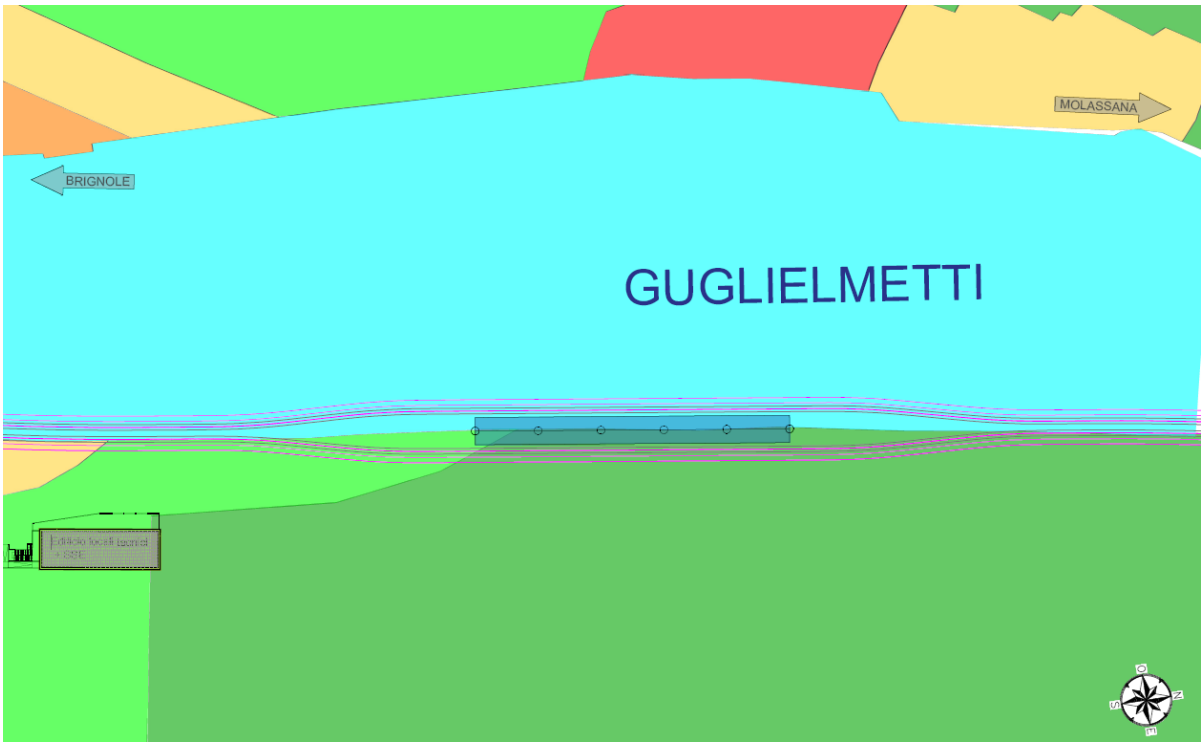
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità relativa alla **Variante a Efficacia Sospesa**	C

STAZIONE 4 - GUGLIELMETTI



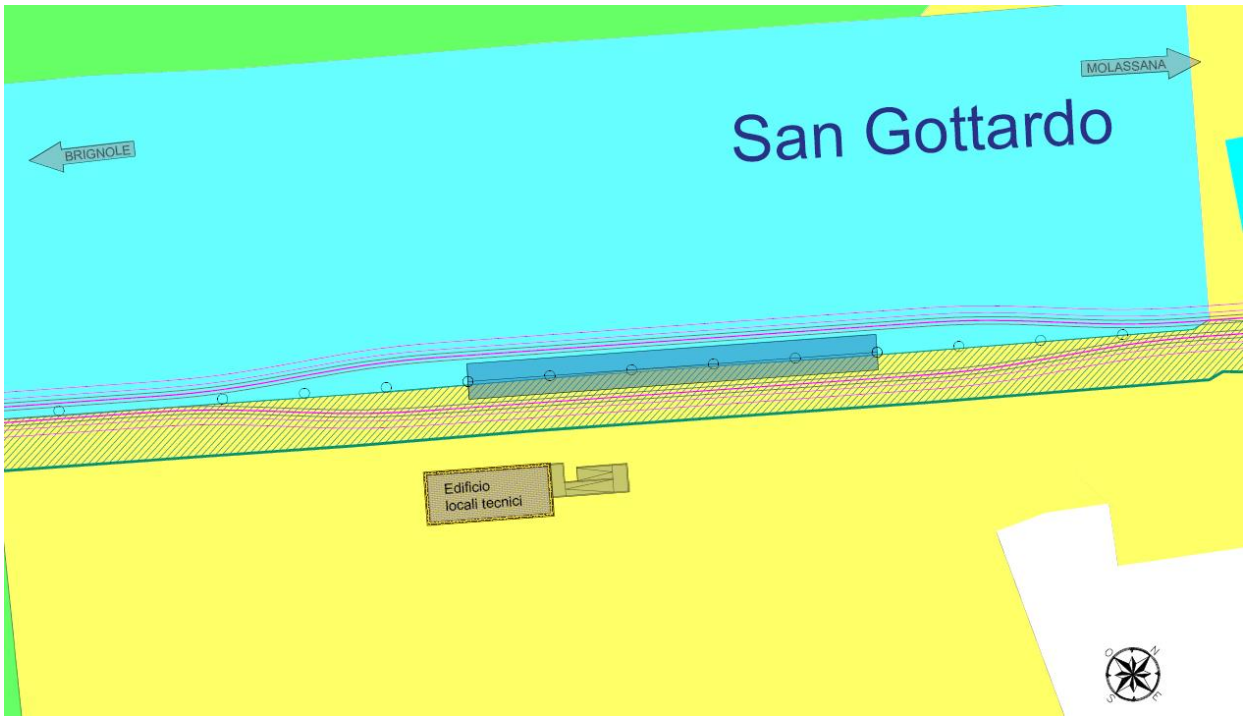
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità (**Piano Vigente**)	BB (allagato per Tr=200anni)

STAZIONE 4 - GUGLIELMETTI



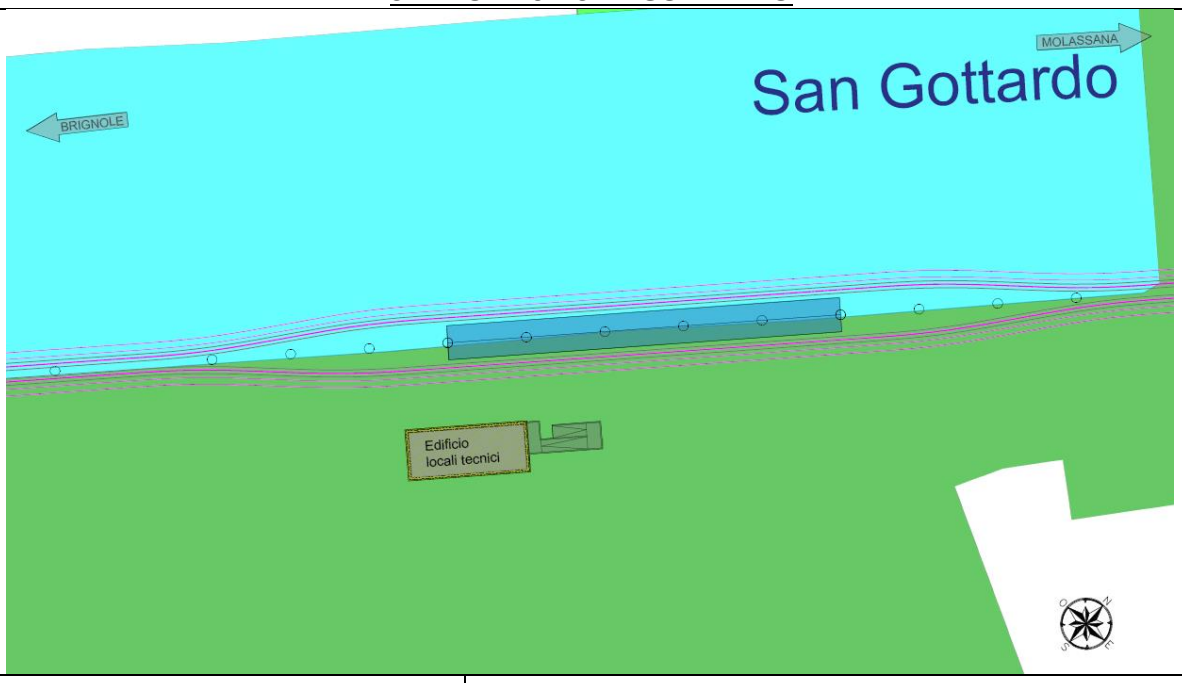
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità relativa alla **Variante a Efficacia Sospesa**	C

STAZIONE 6 – SAN GOTTARDO



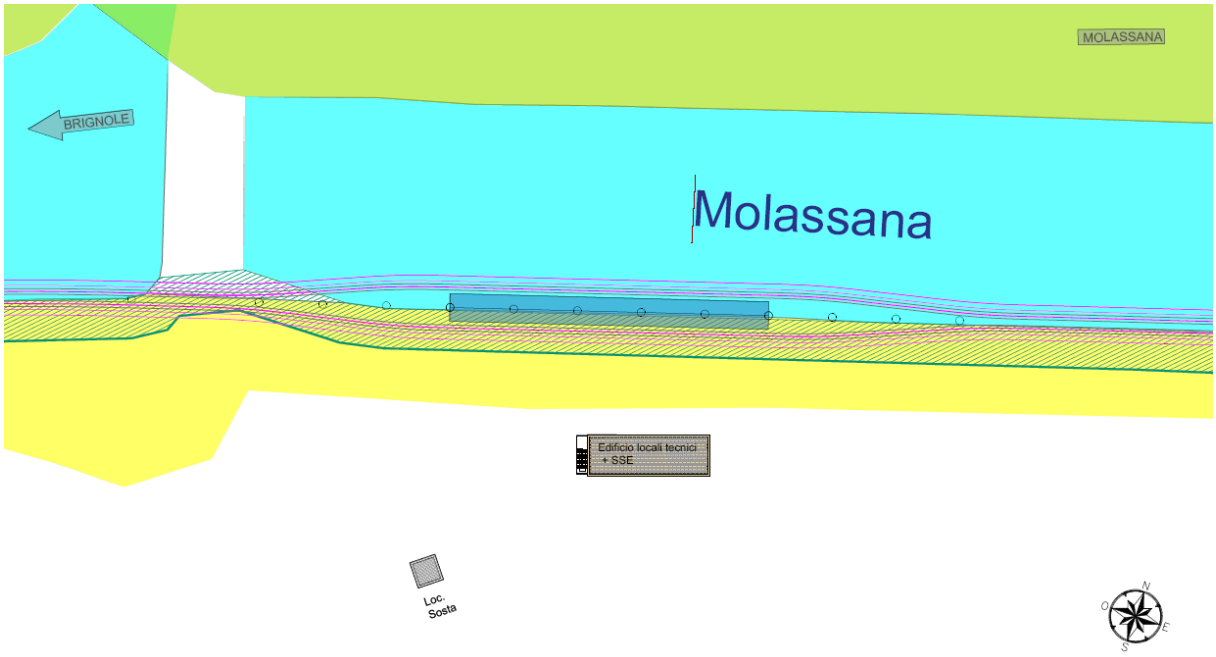
Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità (**Piano Vigente**)	B

STAZIONE 6 – SAN GOTTARDO



Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità relativa alla **Variante ad Efficacia Sospesa**	C

STAZIONE 7 – MOLASSANA



Corsi d'acqua interferenti	Nessuno
Sponda	Sinistra idraulica
Fascia di inondabilità (**Piano Vigente**, uguale a quella a **Efficacia Sospesa**)	B (allagato per Tr=200anni)
Problemi idraulici	La stazione si trova vicino alla cava attiva Montanasco in località Molassana, il cui bacino è idraulicamente indipendente dal T. Bisagno. Secondo il Piano di Bacino, all'interno della cava *"esistono locali volumi instabili dell'ammasso roccioso e fenomeni di erosione anche rilevanti delle coperture superficiali nella zona del fronte e nelle aree interessate dalle piste di servizio. Sussistono potenziali interferenze con la strada in sponda sinistra."* Secondo Piano di Bacino l'area è classificata in fascia B sulla base di eventi storici che pongono un rischio residuo collegato alla criticità della discarica della cava stessa e del reticolo minore circostante. Conferma di ciò la si può avere dall'esame dei profili di piena del Bisagno in cui la T200 transita nel tratto in questione con franchi dell'ordine di 3-4 m.

Nella successiva tabella si trova una sintesi di quanto sopra illustrato; nella tabella vengono poi anche anticipati alcuni elementi relativi ai tiranti idrici di cui si descriverà meglio nel seguito.

		PIANO VIGENTE		VARIANTE AD EFFICACIA SOSPESA BISAGNO		
Stazioni	**Tipologia**	**Fascia**	**Tiranti**	**Fascia**	**Tiranti (m)**	**Note**
Romagnosi	Stazione	B0	00-0.3	B0	0.3	
	Locali tecnici	B0	00-0.3	B0	0.3	
Parenzo	Stazione	BB/A	0.3-1	B0	0.1-0.3	
	Locali tecnici	BB/A	0.3-1	B0	0.1-0.3	
Staglieno	Stazione	C	-	C	-	
	Locali tecnici	C	-	C	-	
Guglielmetti	Stazione	BB	ND	C (Ex inondabile)	-	
	Locali tecnici	BB	ND	C (Ex inondabile)	-	
San Gottardo	Stazione	B	ND	C (Ex inondabile)	-	
	Locali tecnici	B	ND	C (Ex inondabile)	-	
Molassana	Stazione	B	ND	B	ND	*Problematica causata storicamente dai bacini retrostanti minori; la sezione del Bisagno è ampiamente sufficiente a contenere la T200*
	Locali tecnici	B		B		

Tabella 10. : Fasce fluviali per ciascuna stazione e relativi locali tecnici (ND= non disponibile)

Inoltre, sempre con riferimento alla interfaccia tra l'opera in progetto ed il Bisagno si rimanda all'elaborato MGE1PRLVGENCOMK001-00 nel quale sono rappresentate n. 36 sezioni trasversali della linea con riportato il livello idrico di piena con tempo di ritorno duecentennale pre e post scolmatore.

Infine, per quanto riguarda il reticolo minore, è stata redatta cartografia con riportate le fasce di tutela dei rivi (dette anche fasce di inedificabilità assoluta), comprese quelle relative ai progetti in corso o previsti (Castagna e Torre con relativi Elaborati: *Relazione Generale del progetto esecutivo redatto in data Ottobre 2023 da ITEC – Engineering, per conto del Comune di Genova; Relazione Generale del progetto esecutivo redatto in data Ottobre 2013 da ITEC – Engineering, per conto del Comune di Genova).*

Si ricorda che tali fasce sono state definite sulla base del rilievo topografico appositamente svolto per il presente progetto sul quale sono state riportate le distanze previste dal Regolamento Regione Liguria n.3 del 14 luglio 2011[(1)], articolo 4.

Tali fasce sono funzione a loro volta del livello di classificazione del reticolo idrografico come indicato all'articolo 3[(2)] del medesimo Regolamento Regionale.

[(1)]**Regolamento Regionale 14 luglio 2011, n. 3, Articolo 4**
A fini di tutela e miglioramento dell'ambiente naturale delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua e di contestuale garanzia di mantenimento di aree di libero accesso agli stessi per l'adeguato svolgimento delle funzioni di manutenzione degli alvei e delle opere idrauliche nonché delle attività di polizia idraulica e di protezione civile, sono stabilite fasce di tutela.

1. *Per i corsi d'acqua ricadenti nel reticolo idrografico di primo, secondo e terzo livello è stabilita una fascia di inedificabilità assoluta pari a 10 metri.*
2. *Per i corsi d'acqua ricadenti nel reticolo minuto è stabilita una fascia di inedificabilità assoluta dai limiti dell'alveo pari a 3 metri.*

[(2)]**Regolamento Regionale 14 luglio 2011, n. 3, Articolo 3**
Ai fini del presente regolamento valgono le seguenti definizioni:
Reticolo idrografico regionale: reticolo idrografico che comprende tutti i corsi d'acqua presenti sul territorio regionale, ovvero quelli già iscritti agli ex elenchi delle acque pubbliche e quelli per i quali la declaratoria di pubblicità è intervenuta con l'entrata in vigore del Sito esternoD.P.R. 18 febbraio 1999, n. 238 (Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della Sito esterno legge 5 gennaio 1994, n. 36 in materia di risorse idriche). Il reticolo idrografico è articolato nei seguenti livelli:

1. *reticolo idrografico di **primo livello**: porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso con superficie maggiore di 1 Km2;*
2. *reticolo idrografico di **secondo livello**: porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 1 e 0,25 Km2;*
3. *reticolo idrografico di **terzo livello**: porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 0,25 e 0,1 Km2;*
4. *reticolo idrografico **minuto**: porzione del reticolo idrografico regionale comprendente le aste fluviali non appartenenti alle articolazioni definite alle lettere precedenti. A fini applicativi della disciplina del presente regolamento, laddove relativa a tale articolazione, si fa riferimento alla gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo il criterio di Horton-Strahler, associando ad ogni tratto fluviale la normativa relativa all'area sottesa al primo nodo di confluenza a valle del tratto stesso.*

In Tabella 11 viene riportato per ciascun rivo (studiato nel Piano di Bacino e non) l'area del bacino sotteso, il livello di classificazione del retico (primo, secondo, terzo e minuto), la fascia di inedificabilità assoluta a cui è assoggettato.

	Rivi Minori	Area bacino sotteso (Km^2)	Livelli reticolo idrografico				Fasce di inedificabilità assoluta		Fasce riducibili a 3 m previa autorizzazione idraulica
			1°	2°	3°	Minuto	3 m	10 m	
Studiati nel PdB	RIO TAGLIATE	0,05				x	x		SI
	RIO SCIORBA	0,18			x			x	
	RIO MERMI	2	x					x	
	RIO TORRE	0,17			x			x	
	RIO CASTAGNA	0,095			x		x		
Non studiati nel PdB	RIO AQUILA	0,4		x				x	NO
	RIO LAIASSA	0,135			x			x	
	RIO VOLPARA	0,099				x	x		
	RIO 2	0,062				x	x		
	RIO DEL CANTO	0,4		x				x	
	RIO DEL MIRTO	0,18			x			x	

Tabella 11. Tabella riepilogativa dei livelli del reticolo idrografico e delle fasce di inedificabilità assoluta

Inoltre nella tabella, come indicato nell'ultima colonna, vengono indicate le fasce eventualmente riducibili a 3 metri previa autorizzazione idraulica. Tale deroga è attuabile solo per i rivi studiati nel Piano di Bacino.

Per gli stralci planimetrici per ciascun rivo minore attraversato dalla linea di progetto, si fa riferimento agli elaborati da MGE1PRLVIDRCOMT008-01 a MGE1PRLVIDRCOMT008-09.

Nella tabella seguente vengono inoltre riportate le distanze tra le stazioni (e relativi locali tecnici) e i rii minori che confluiscono in sponda sinistra nel Torrente Bisagno. Non tutte le stazioni presentano criticità, in particolare si sono esaminate solo quelle che distano meno di 200 m dai corsi d'acqua interferenti.

	Romagnosi		Parenzo		Staglieno		Guglielmetti		San Gottardo	
Rii minori	Stazione	Locali Tecnici	Stazione	Locali Tecnici	Stazione	Locali Tecnici	Stazione	Locali Tecnici	Stazione	Locali Tecnici
Rio Tagliate	-	-	-	-	-	-	-	-	≈ 5 m	≈ 66 m
Rio 1 (Rio Castagna)	-	-	-	-	-	-	-	-	≈ 135 m	≈ 120 m
Rio Mermi	-	-	-	-	-	-	≈ 165 m	≈ 65 m	-	-

Tabella 12. Distanze tra sezione di chiusura rii minori e stazioni/locali tecnici

6. DRENAGGIO PIATTAFORMA ED EDIFICI

6.1 PREMESSA

Per la determinazione della portata di progetto necessaria al dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di drenaggio (elementi di raccolta e convogliamento) il riferimento è costituito dal modello di trasformazione afflussi-deflussi di tipo cinematico che, partendo dal dato di pioggia, permette di calcolare la portata drenata dal singolo bacino scolante sulle varie porzioni delle aree di progetto:

- piattaforma ferroviaria;
- piazzale Staglieno;
- piazzale Molassana;
- aree di pertinenza dei locali tecnici.

Attraverso tale metodologia è stato in questo modo possibile valutare preliminarmente le portate complessive di drenaggio; in particolare si è effettuato un predimensionamento delle reti di drenaggio mediante una prima suddivisione delle superfici interessate dalla realizzazione delle opere, in differenti sottobacini scolanti, andando a determinane per ciascuno le caratteristiche geometriche: ampiezza della superficie, distanza dal recapito finale, direzione di scorrimento e pendenze longitudinale e trasversale delle superfici drenate.

6.2 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Nella definizione delle curve di possibilità pluviometrica si è fatto riferimento a quanto riportato nella Relazione idrologica del presente Studio di Fattibilità, nella quale sono state elaborate le serie storiche delle precipitazioni massime annue per durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate alle stazioni pluviometriche di Genova Università, Genova Servizio Idrografico e Genova Castellaccio più prossime all'area in esame. Sono quindi state ricavate le curve di possibilità pluviometrica nella consueta forma monomia $h = at^n$ in cui h rappresenta l'altezza di pioggia (mm), t la durata della precipitazione (ore), mentre a ed n sono i due parametri delle curve stimati attraverso l'elaborazione statistica dei dati di pioggia disponibili (0<n<1); i valori dei parametri a ed n stimati per i tempi di ritorno di interesse sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 13. Valori dei parametri delle LSPP per le stazioni di interesse – piogge orarie

Stazione	Valori di a [mm] per i seguenti tempi di ritorno T [anni]				n
	10	20	50	100	
GE Università	79.30	92.33	109.19	121.82	0.334
GE Servizio	71.50	82.74	97.30	108.20	0.344
GE Castellaccio	77.54	90.57	107.44	120.07	0.341
Media	*76.11*	*88.55*	*104.64*	*116.70*	*0.340*

Tuttavia, com'è noto, nella progettazione dei sistemi di drenaggio è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata: nel caso specifico essi sono commisurati al tempo di risposta relativamente breve (in genere largamente inferiore all'ora) dei bacini e sottobacini in cui la superficie drenata è stata suddivisa.

In assenza di dati di pioggia intensa di durata inferiore all'ora, nel seguito è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura (Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione, prof. S. Artina e altri 1997, ed. HOEPLI), estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti r_δ fra le altezze di pioggia di durata δ inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [*Bell 1969*]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni sono stati calcolati i rapporti r_δ dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_δ, rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria h_1,. Fissato un assegnato tempo di ritorno si è moltiplicata la precipitazione oraria della stazione di interesse per i coefficienti r_δ riportati in tabella:

$$h_\delta = r_\delta \cdot h_1 = r_\delta \cdot \left(a \cdot 1^n\right) \qquad (6.1)$$

sono state così ottenute le altezze di pioggia nelle stazioni di interesse di assegnato tempo di ritorno per durate comprese fra 1 e 45 minuti.

δ	[min]	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_\delta=h_\delta/h_1$		0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913

Tabella 14. Tabella del valore del coefficiente r_δ in funzione della durata di pioggia δ

Al fine di assegnare anche alle curve di possibilità pluviometrica ottenute per durate inferiori all'ora la consueta forma monomia $h = at^n$ si è successivamente proceduto a ricavare i due coefficienti *a'* e *n'* mediante la regressione ai minimi quadrati effettuata sulla carta logaritmica (in cui le ascisse sono il logaritmo naturale della durata di pioggia *t*, e le ordinate sono il logaritmo naturale dell'altezza di pioggia *h*) vincolando la curva valida per t < 1 ora a passare per il valore di altezza di pioggia ottenuto per una durata di pioggia pari ad un'ora. Il coefficiente R^2 che si ottiene dalla regressione lineare assume valori prossimi all'unità (indice di un buon adattamento ai dati) e comunque non inferiore a 0.98.

Ripetendo questo procedimento per i diversi tempi di ritorno di interesse sono stati ricavati i valori dei coefficienti *a'* e *n'* riportati nella tabella seguente:

Tabella 15. Valori dei parametri delle LSPP per le stazioni di interesse - scrosci

Stazione	Valori di a [mm] per i seguenti tempi di ritorno T [anni]				n
	10	20	50	100	
GE Università	79.30	92.33	109.19	121.82	0.48
GE Servizio Idrografico	71.50	82.74	97.30	108.20	0.48
GE Castellaccio	77.54	90.57	107.44	120.07	0.48
Media	*76.11*	*88.55*	*104.64*	*116.70*	*0.48*

6.3 PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA

Il principio di invarianza idraulica prevede che ad una modifica di destinazione dell'area, o di una sua parte, si debba prevedere che le portate scaricate non superino quelle che venivano scaricate prima dell'intervento, oppure che in generale non superino un valore prefissato. La normativa di riferimento in questo ambito è il Piano Urbanistico Comunale (PUC) della città di Genova. L'Art. 14 "*Norma di rilevanza ambientale*" del PUC al comma 3 suggerisce, a questo proposito, l'utilizzo di materiali che permettano la percolazione e la ritenzione temporanea del terreno in modo da minimizzare l'impermeabilizzazione dovuta dalla realizzazione di ogni tipo di intervento. Inoltre, secondo il medesimo articolo, "*qualora indispensabile, la vasca di laminazione deve essere dimensionata per contenere per 30 minuti una pioggia avente intensità pari a 60 mm in 30 minuti cui corrisponde un deflusso istantaneo pari a 333,33 l/sec per ettaro e deve essere dotata di scarico di fondo e scarico di troppo pieno. La portata dello scarico di fondo (tubo di controllo di flusso) concessa nel corpo ricettore (fognatura, corso d'acqua, infiltrazione nel terreno) è di 20 l/s per ettaro di superficie addotta alla vasca, la quale corrisponde al deflusso che si avrebbe se l'intera superficie recapitata alla vasca risultasse coperta a bosco naturale. Il dimensionamento dello scarico di fondo deve essere effettuato considerando che quando la vasca di laminazione è piena (situazione di massimo carico idrostatico) possa comunque defluire la portata concessa in base all'entità delle superfici addotte alla vasca*".

Nella presente fase progettuale si è proceduto ad un dimensionamento preliminare delle vasche di laminazione che dovranno essere previste in corrispondenza dei piazzali e delle aree in cui sono collocati gli edifici tecnici.

6.4 DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

6.4.1 METODO RAZIONALE

Una volta effettuata la stima dei parametri della curva di possibilità pluviometrica si è proceduto al calcolo della massima portata al colmo di piena utilizzando *il metodo razionale (o di corrivazione)* secondo cui la massima portata al colmo si verifica per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, ed assume la seguente espressione:

$$Q_c = \frac{1}{3600}\varphi \cdot S \cdot a \cdot t_c^{n-1} \qquad (6.2)$$

dove:

- Q_c: portata critica di dimensionamento delle opere (l/s),
- S: superficie complessiva del bacino (m^2),
- *a, n*: parametri della curva di possibilità pluviometrica per t<1 ora,
- φ: coefficiente di afflusso (≤1),
- t_c: tempo di corrivazione (ore), tempo che impiega la goccia d'acqua "idraulicamente" più lontana a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Il coefficiente di afflusso φ ha la funzione di stimare l'altezza di pioggia netta $h_n = h \cdot \varphi$, ovvero quella parte di pioggia che, una volta depurata dalle diverse perdite, defluisce superficialmente e deve quindi essere allontanata mediante la rete di drenaggio.

Nel caso in esame, poiché la parte preponderante dei bacini presi in considerazione risulta costituita dalla piattaforma è corretto fare riferimento, a favore di sicurezza, a φ=1 (superfici completamente impermeabili).

6.4.2 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

La durata di pioggia critica per il bacino (*o tempo di corrivazione*) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_a + t_r \qquad (6.3)$$

dove t_c è la durata critica di pioggia; t_a è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine t_r è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo.

Per la stima dei tempi di entrata alla rete di drenaggio, per quanto riguarda una superficie pavimentata, si è applicata la seguente formula proposta dalla *Federal Aviation Administration*:

$$t_a = 3.26 \cdot (1.1 - C) \frac{L_{eff}^{0.5}}{i^{1/3}} \qquad (6.4)$$

dove:

- *i*: pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali i_t e i_l;
- L_{eff}: lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni; L_{eff} può essere calcolato sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_c \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5} \qquad (6.5)$$

- *C*: coefficiente di deflusso.

Il tempo di traslazione t_r alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_{i=1}^{N} \frac{l_i}{v_i} \qquad (6.6)$$

dove:

- *N*: numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- l_i: lunghezza del tronco i-esimo;
- v_i: velocità del tronco i-esimo, assunta in questa sede pari a 1.5 m/s.

Si è comunque considerato un tempo di corrivazione minimo di 5 minuti.

6.4.3 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DRENAGGIO

Il dimensionamento della rete di drenaggio di viadotto, piazzale Staglieno e piazzale Molassana, è stato effettuato considerando un tempo di ritorno di 20 anni al quale sono associati i seguenti valori della curva di possibilità pluviometrica:

- a=88.55;
- n=0.48.

Viadotto

Le acque di piattaforma di cui al presente progetto insistono principalmente su suoli già impermeabilizzati da infrastrutture (strade, marciapiedi e parcheggi) o aree interessate dallo scorrere del torrente Bisagno. In tal senso, quindi, non avrà luogo alcun aumento delle portate defluenti ma solo una diversa captazione, raccolta, convogliamento e scarico delle acque stesse.

La proiezione del viadotto in progetto ricade per circa il 25-30% in area di pertinenza del torrente Bisagno, mentre il restante 70-75% su aree di pertinenza stradale attualmente dotate di sistema di drenaggio che, da primi rilievi eseguiti, pare scaricare direttamente nel torrente Bisagno; in fase successiva verranno effettuati degli approfondimenti in merito a tale aspetto. Nella presente fase progettuale si ipotizza pertanto di inviare le portate di dilavamento della piattaforma a recapito diretto nel torrente Bisagno.

Gli accertamenti che verranno eseguiti in fase successiva permetteranno di definire con certezza il recapito attuale della fognatura esistente e consentiranno di non aggravare i recapiti attuali aumentando il contributo di portata che viene scaricata negli stessi; tale considerazione vale sia per il torrente Bisagno che per la fognatura pubblica dal momento che le modalità di smaltimento andranno a ricalcare esattamente quelle attuali.

Considerando che ciascuna campata ha una lunghezza di 32 m e una larghezza di 8.70, la superficie da drenare è pari a circa 280 m^2. In corrispondenza di un evento di precipitazione di 20 anni la portata che insiste su tale area per un tempo di corrivazione di 2 minuti, è pari a 40 l/s; tale contributo verrà suddiviso equamente lungo i due punti di minimo della sezione (20+20 l/s).

Grazie alla base in calcestruzzo sarà possibile fornire una pendenza minima alla piattaforma dell'1%, al fine di favorire il deflusso delle acque di dilavamento.

Lungo i blocchetti di appoggio dei binari verranno previste delle interruzioni di circa 20 cm ogni 8 m al fine di consentire alle portate di defluire verso i punti di minimo.

La portata relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni verrà smaltita dalle due aree bagnate indicate in figura, con un tirante di circa 4 cm.

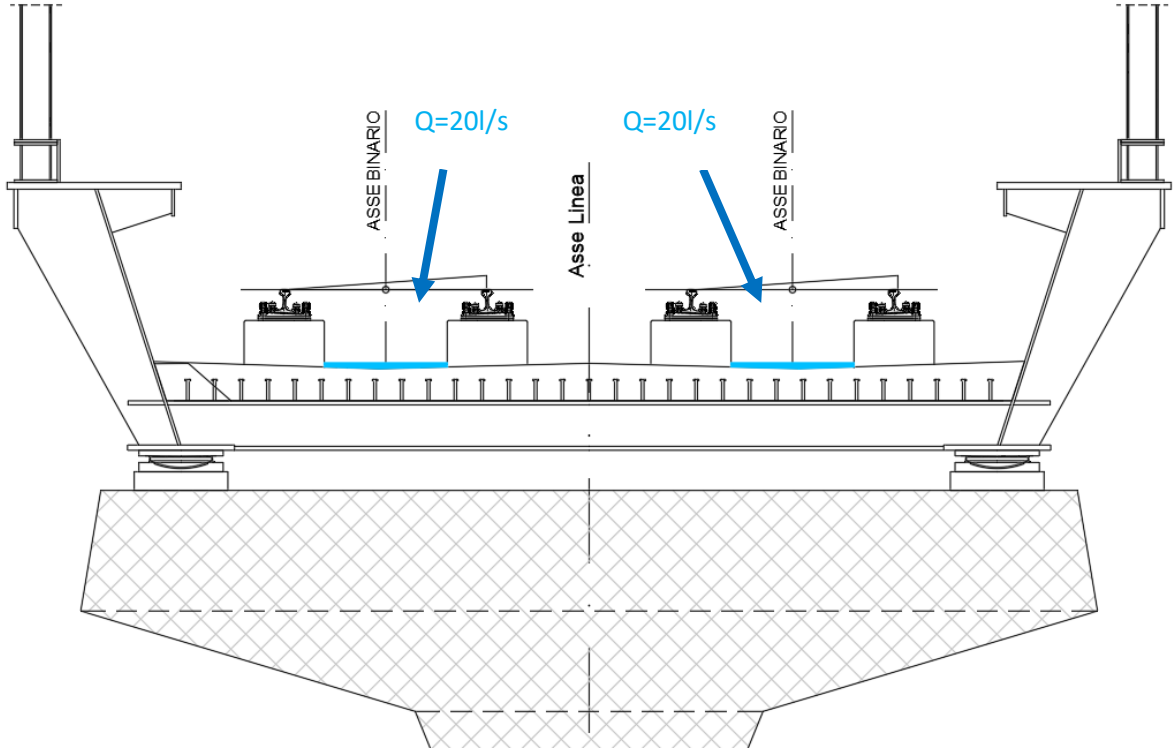


Figura 14. Particolare sezione viadotto – area di drenaggio

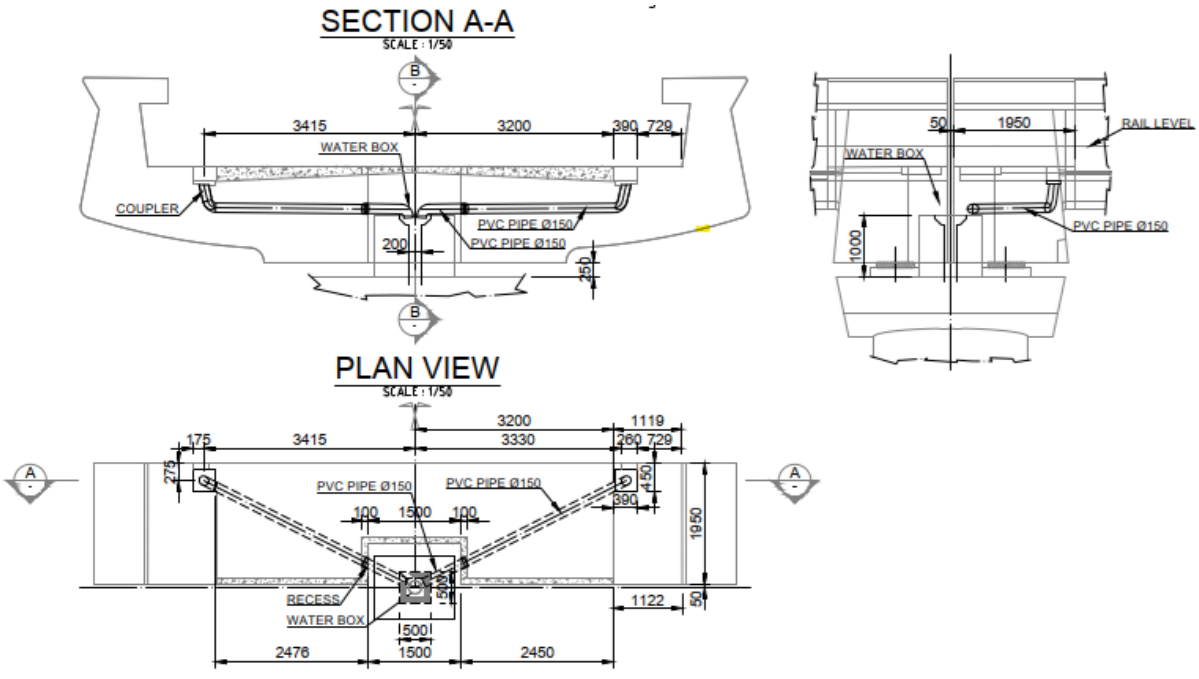


Figura 15. Schema tipologico drenaggio viadotto: punto di raccolta acque di dilavamento

Al termine della campata le acque verranno raccolte da due caditoie poste in corrispondenza dei due punti di minimo del viadotto e da qui, mediante pluviali di diametro D150, verranno allontanate verso un'unica tubazione di scarico D200 che scaricherà direttamente nel ricettore.

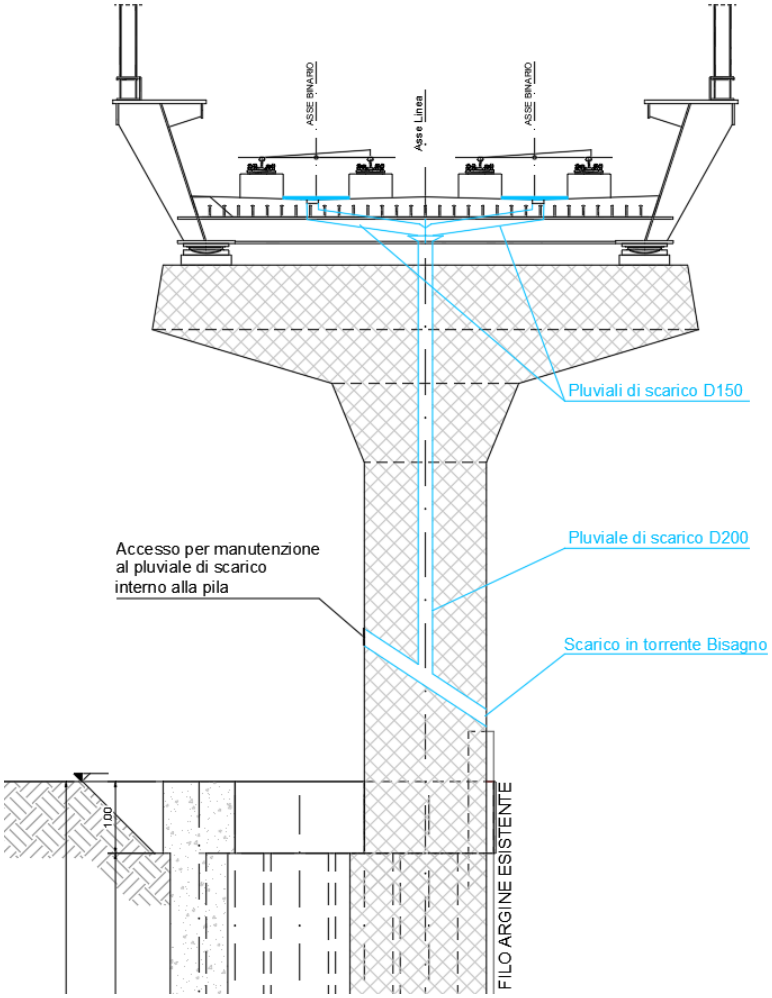


Figura 16. Schema tipologico drenaggio viadotto: punto di scarico acque di dilavamento

Gli ultimi 2 metri circa della campata avranno fondo in cls sagomato in modo da inviare le portate contropendenza verso le caditoie connesse ai relativi pluviali, ciò al fine di evitare che le acque proseguano verso la campata successiva e fuoriescano nella zona del giunto. Per maggior sicurezza si prevede di posizionare un lamierino di contenimento del flusso al termine della campata.

Diametro interno del pluviale	Capacità idraulica	
	riempimento 0.20	riempimento 0.33
[mm]	[l/s]	[l/s]
50	0.7	1.7
55	0.9	2.2
60	1.2	2.7
65	1.5	3.4
70	1.8	4.1
75	2.2	5.0
80	2.6	5.9
85	3.0	6.9
90	3.5	8.1
95	4.0	9.3
100	4.6	10.7
110	6.0	13.8
120	7.6	17.4
130	9.4	21.6
140	11.4	26.3
150	13.7	31.6
160	16.3	37.5
170	19.1	44.1
180	22.3	51.4
190	25.7	59.3
200	29.5	68.0
220	38.1	87.7
240	48.0	110.6
260	59.4	137.0
280	72.4	166.9
300	87.1	200.6
>300	$2.5 \cdot 10^{-4} \cdot k_0^{0.167} \cdot d_i^{2.667} \cdot f^{1.667}$ dove: k_0 è la scabrezza del pluviale, considerata 0.25 mm; d_i è il diametro interno del pluviale; f è il grado di riempimento.	

Pluviale singolo Q=20l/s

Pluviale unico Q=40l/s

Piazzale Staglieno

Il piazzale Staglieno verrà realizzato in corrispondenza di un'area già edificata e impermeabile che allo stato attuale raccoglie le portate e le invia alla rete fognaria comunale, pertanto, si manterrà invariato il recapito finale. All'interno del piazzale si prevedono:

- aree verdi;
- pavimentazione stradale ad alta capacità drenante;
- pavimentazione parcheggi drenante;
- pavimentazione pedonale drenante;
- superfici impermeabili.

Alle aree verdi è stato associato un coefficiente di deflusso pari a 0.45.

Per quanto riguarda la pavimentazione stradale si ipotizza di utilizzare un materiale tipo "i.idro DRAIN", caratterizzato da un coefficiente di deflusso molto elevato. A favore di sicurezza si è associato a tale materiale un valore di tale coefficiente pari a 0.35.

i.idro DRAIN è un calcestruzzo innovativo per pavimentazioni con un' altissima capacità drenante, oltre **200** lt/mq*min (mm/min).

La capacità drenante è garantita dall' accurata selezione degli aggregati che lo compongono e dalla specifica azione del legante cementizio utilizzato nella miscela.

L' adeguato rapporto cemento/aggregato permette di ottenere ottime performances fisico-meccaniche.



La capacità drenante di i.idro DRAIN varia in funzione della tipologia di aggregati e mix

25% **Percentuale di vuoti** guaranteeing high drainage rates	**200** **mm/minute** La capacità drenante

Figura 17. Caratteristiche del prodotto "i.idro DRAIN"

I parcheggi saranno realizzati con materiale di tipologia simile a quello proposto da Ferrari BK "V8". A tale materiale, a favore di sicurezza, si è associato un coefficiente di deflusso pari a 0.45.



ECOTRAFFIC®
SPIGOLO VIVO

CERT. N°IT-4530 CERT. N°97152 CERT. N°P051 ICMQ ECO 0029

CARATTERISTICHE GENERALI

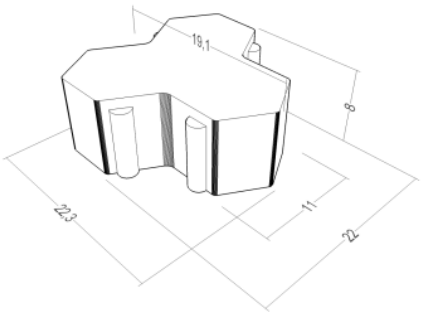
SPESSORE	8 cm
PESO PAVIMENTAZIONE	±160 kg/m²
GEOMETRIA	22x22,3 cm
FABBISOGNO	±31 pz/m²
DENSITA' IMPASTO	≥2200 kg/m³
FORATURA	12%
LARGHEZZA GIUNTI	1 cm (*)
CAPACITA' DRENANTE (Cdre)	100% (**)
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO (ψ)	0.00 (***)

(*) A norma barriere architettoniche: larghezza fughe <2cm (art. 8.2.2 del DM 236/89)
(**) Fonte: Manuale Assobeton Drenanti – Volume 3 - Linee guida per la determinazione della capacità drenante delle pavimentazioni modulari in calcestruzzo (Ed. Ottobre 2011)
(***) Per eventi di forte intensità (200mm/h durata 10'), media intensità (100mm/h durata 20') e debole intensità (20mm/h durata 24h accumulo 480mm/gg). La piovosità media nazionale è 50÷200mm/gg. (Rif. report RT003_16).

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1338)

TRAZIONE INDIRETTA PER TAGLIO	≥3.6 MPa
CARICO ROTTURA	≥250 N/mm
RESISTENZA SCIVOLAMENTO	USRV>60
RESISTENZA ABRASIONE	Li≤20mm (CLASSE 4 – MARCATURA I)
ASSORBIMENTO ACQUA	Wa≤6% (CLASSE 2 – MARCATURA B)
RESISTENZA GELO/DISGELO	L≤1kg/m² (CLASSE 3 – MARCATURA D)

VISTA ELEMENTI & POSA IN OPERA



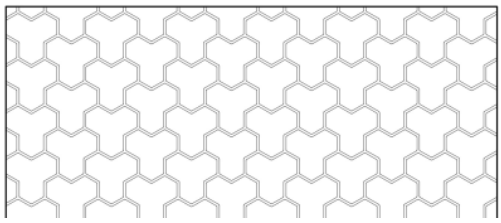


Figura 18. Caratteristiche del prodotto "Ecotraffic spigolo vivo"

Per la pavimentazione pedonale drenante si prevede l'utilizzo di un materiale simile per tipologia a quello di cui si riportano sotto le caratteristiche:



V8

CARATTERISTICHE GENERALI

SPESSORE	8.2 cm
PESO PAVIMENTAZIONE	±160 kg/m²
GEOMETRIA (cm)	13x19.5–19.5x19.5–26x19.5–32.5x19.5
FABBISOGNO (±pz/m²)	(13x19.5)=n°4 – (19.5x19.5)=n°6 (26x19.5)=n°5 – (32.5x19.5)=n°7
DENSITA' IMPASTO	≥2000 kg/m³
LARGHEZZA GIUNTI	3÷6mm (*)

(*) A norma barriere architettoniche. Larghezza fughe <2cm (art. 8.2.2 del DM 236/89).

CARATTERISTICHE TECNICHE

RESISTENZA TRAZIONE IND. PER TAGLIO	≥2.8 MPa
CARICO ROTTURA	≥250 N/mm
RESISTENZA A COMPRESSIONE	≥33 MPa (VALORE MEDIO) ≥28.5 MPa (VALORE CARATT.)
GELO/DISGELO RESISTENZA A COMPRESSIONE RESIDUA DOPO 56 CICLI DI PROVA [1]	≥32 MPa (VALORE MEDIO) ≥26.5 MPa (VALORE CARATT.)
RESISTENZA SCIVOLAMENTO B.C.R.A.	Attrito eccellente μ≥0.74 (**)

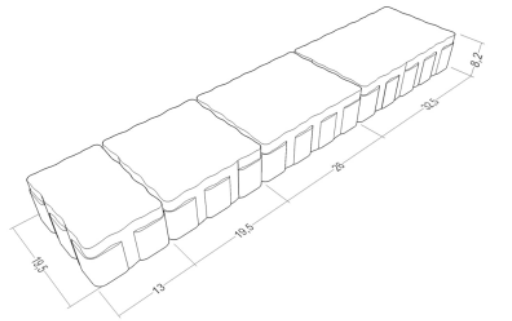
(**) A norma barriere architettoniche. Coefficiente di attrito >0.4 (art. 8.2.2 del DM 236/89).

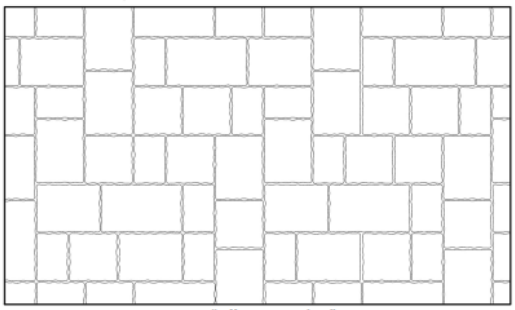
CARATTERISTICHE IDRAULICHE & AMBIENTALI

	Verticale	Orizzontale
PERMEABILITA' ALL'ACQUA (UNI EN 12697-19) [2]	Q_v≥378 l/min*m² k_v≥2.61*10⁻³ m/s	Q_h≥1063 l/min*m² k_h≥1.39*10⁻³ m/s
CONDUTTIVITA' IDRAULICA (UNI EN 12697-40) [3]	HC ≥ 2.0*10⁻²	
PERMEABILITA' MEDIA A CARICO COSTANTE (UNI CEN ISO/TS 17892-11) [4]	K_{10}≥5.45*10⁻⁶ m/s	
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO (ψ)	0.00 (***)	
POROSITA' IMPASTO [5]	≥10.5%	
CAPACITA' DRENANTE SPERIMENTALE [6]	Cdre=100%	
CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA DI METALLI PESANTI, CLORURI, FLUORURI, CIANURI, NITRATI, SOLFATI, AMIANTI [7]	< limiti normativa vigente (Allegato 3 DM 05/02/1988 e s.m.i.)	
EMISSIONI DI AMIANTO	NESSUN CONTENUTO	

(***) Per eventi di forte intensità (200mm/h - durata >24h). La piovosità media nazionale è 50÷200mm/gg. (Rif. report RT12_16).

VISTA ELEMENTI & POSA IN OPERA





Posa "Alla Romanica"

Posa casuale (attenzione al diverso fabbisogno pz/mq)



Figura 19. Caratteristiche del prodotto "V8"

A favore di sicurezza si è considerata un coefficiente di deflusso pari a 0.45.

Infine le superfici impermeabili sono rappresentate dalla copertura dell'edificio tecnico e dalle stesse vasche di laminazione che non consentono l'infiltrazione delle acque all'interno del terreno e sono caratterizzate da un coefficiente dui deflusso di 0.9.

Considerando un tempo di corrivazione pari a 5 minuti e la superfice del piazzale di circa 2.500 m², per un tempo di ritorno di 20 anni e un coefficiente medio di deflusso pari a 0.49 si ottiene una portata totale di 110 l/s. Si sono pertanto verificati i tre rami di tubazioni costituenti la linea di drenaggio considerando che quella più sollecitata consente il deflusso di circa la metà della portata totale pari a circa 55 l/s.

Q [l/s]	55
If [%]	0.5
D [m] (SN8)	0.315
Ks [$m^{1/3}/s$]	85
y [m]	0.18
φ	3.46
A [m^2]	0.05
C [m]	0.54
Rh [m]	0.09
V [m/s]	1.2
y/D [%]	58

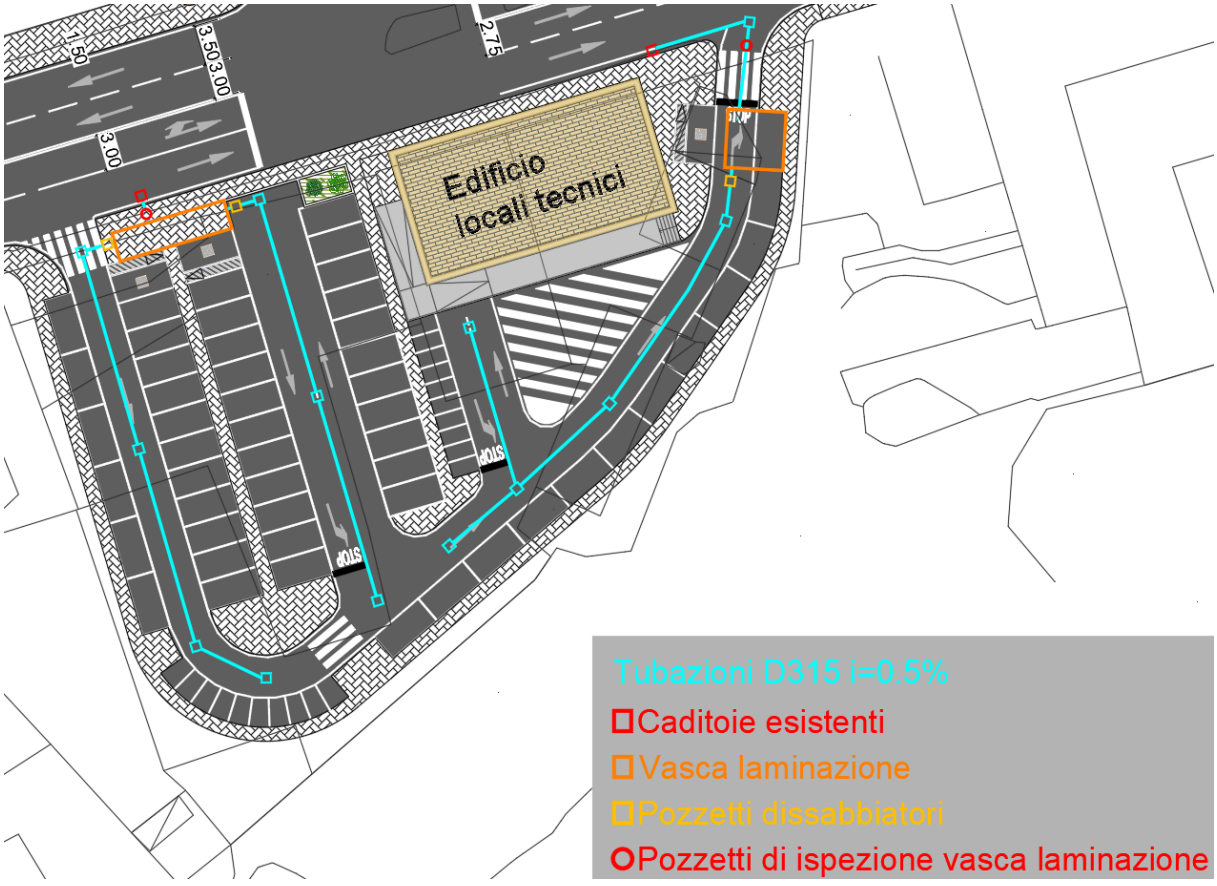


Figura 20. Planimetria drenaggio piazzale Staglieno

La rete di drenaggio (polilinee azzurre nella figura sopra riportata) sarà pertanto costituita da tubazioni D315 SN8 posate con una pendenza dello 0.5%. I pozzetti indicati in rosso in figura rappresentano caditoie esistenti. In fase successiva sarà necessario procedere al rilievo della fognatura esistente allo scopo di verificare la compatibilità delle quote di scarico della rete in progetto con quelle della fognatura esistente.

Si è quindi dimensionata la vasca di laminazione utilizzando il foglio di calcolo reso disponibile dal comune di Genova.

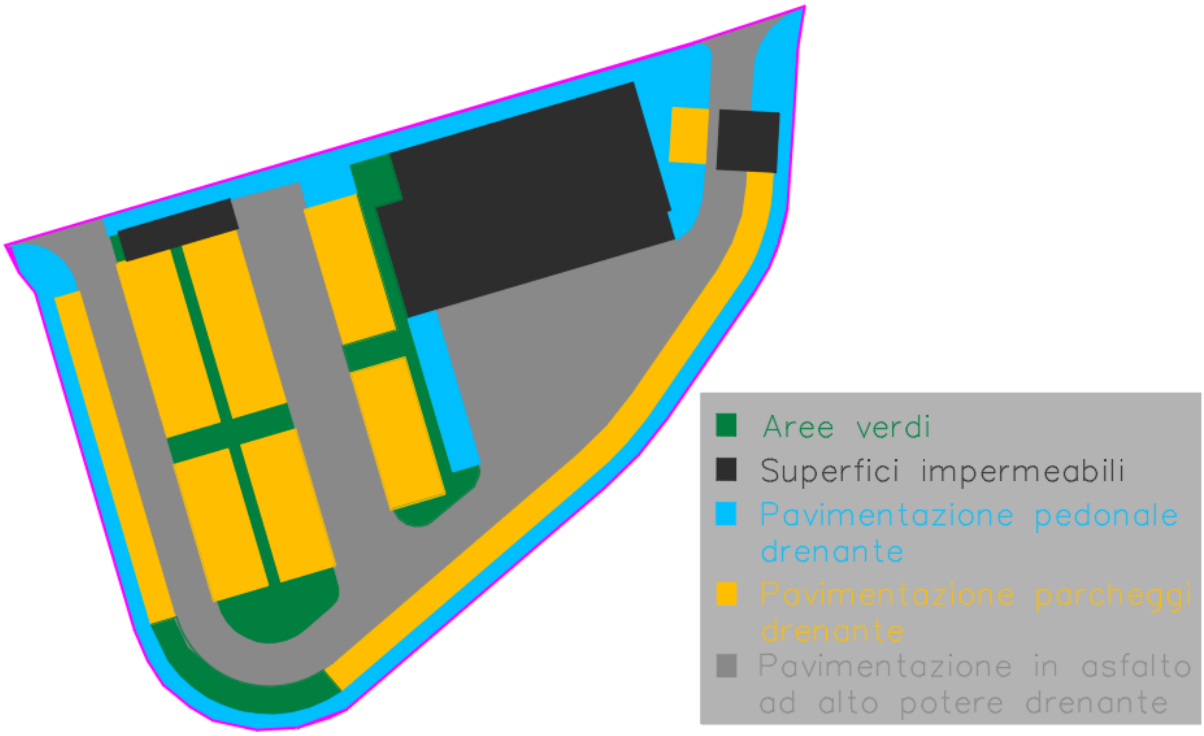


Figura 21. Suddivisione piazzale Staglieno in funzione della diversa permeabilità della copertura

- Aree verdi = 255 mq;
- Superfici impermeabili = 400 mq;
- Pavimentazione pedonale drenante = 360 mq;
- Pavimentazione parcheggi drenante = 630 mq;
- Pavimentazione in asfalto ad alto potere drenante = 855 mq.

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = **10%**

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		
Pavimento in asfalto o cls	2500.0	m^2	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe = 250.0	m^2
Pavimentazioni in ciottoli su sabbia		m^2	Ψ = 0.40	Ψ' =	Spe = 0.0	m^2
Superfici in ghiaia sciolta		m^2	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe = 0.0	m^2
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale con caratteristiche pienamente rispondenti alle suddette		m^2	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m^2
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m^2	Ψ = 0.80	Ψ' =	Spe = 0.0	m^2
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m^2	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m^2
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m^2	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m^2
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	**2500.0**	m^2			**TOTALE Spe**	**250.0**	m^2

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = 51% | Rp Equiv. x ritenzione 100%

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO) — **SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE**

			SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA		Cd RIF.	Cd CALC.			PORTATE ADDOTTE IN VASCA	
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	400.0	m²	400.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe = 40.0	m²	Q = 12.00	l/s
Pavimentazioni in macadam, strade, cortili, piazzali	855.0	m²	855.0	m²	Ψ = 0.35	Ψ' = 0.35	Spe = 555.8	m²	Q = 9.98	l/s
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio 8 < s < 15 cm con Inclinazione max 12° (Sistema a tre strati -UNI 11235/2007)	255.0	m²	255.0	m²	Ψ = 0.45	Ψ' = 0.45	Spe = 140.3	m²	Q = 3.83	l/s
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia	990.0	m²	990.0	m²	Ψ = 0.30	Ψ' = 0.45	Spe = 544.5	m²	Q = 14.85	l/s
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia		m²		m²	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile		m²		m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	2500.0	m²	2500.0	m²			**TOTALE Spe** 1280.5	m²	Qp = 40.65	l/s

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ---------- OK!

VERIFICHE STANDARD RICHIESTI : Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire 70% | VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO OK! | VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA SI

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica 60 mm
Durata pioggia critica 30 min.
Deflusso istantaneo per ettaro 333.33 l/s*ha

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico 5.00 l/s
Portata da laminare **35.65** l/s

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Ritardo da conseguire 30 min. | V vasca = 64170 litri | **64.2** m³

Il volume totale di 64 mc è stato suddiviso in due diverse vasche di laminazione ciascuna di volume pari a 32.5 mc la prima avente dimensioni 2.5x10x1.3($h_{acqua\ in\ vasca}$) e la seconda 5x5x1.3($h_{acqua\ in\ vasca}$)).

La tubazione dello scarico controllato è pari a 27 mm ed è stata dimensionata considerando le seguenti formule:

$$Asez.tubo = \frac{Q}{0{,}6 * \sqrt{(2 * 9{,}81 * h)}}$$

$$Diametro = 2 * \sqrt{(Asez.tubo/\pi)}$$

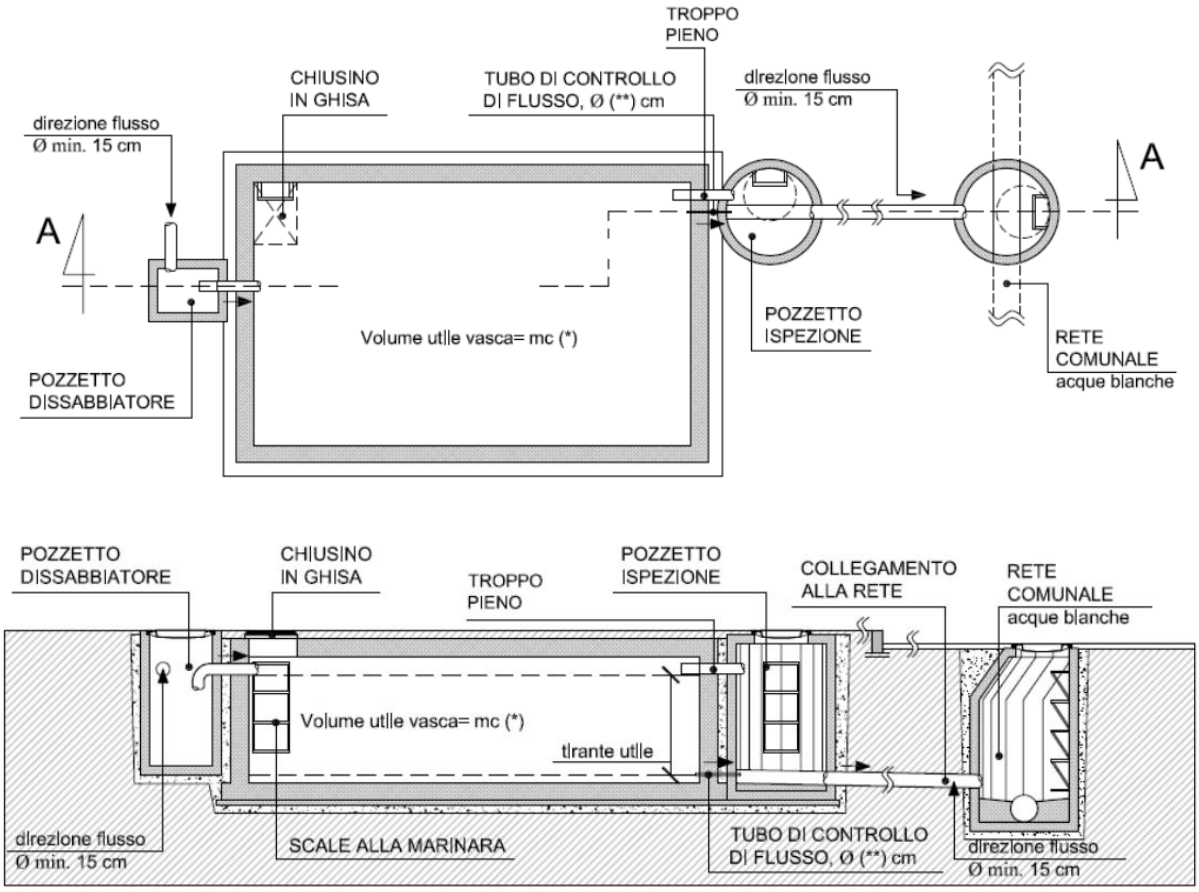


Figura 22. Particolari costruttivi vasca di laminazione

In funzione delle quote della fognatura esistente il recapito delle acque provenienti dalla vasca di laminazione avverrà a gravità verso la fognatura o a gravità verso il torrente Bisagno. In particolare, si è verificata la fattibilità di quest'ultima soluzione sulla base del tirante che si instaura nel Bisagno stesso con un tempo di ritorno di 200 anni. Al termine della condotta di scarico è previsto l'inserimento di una valvola clapet.

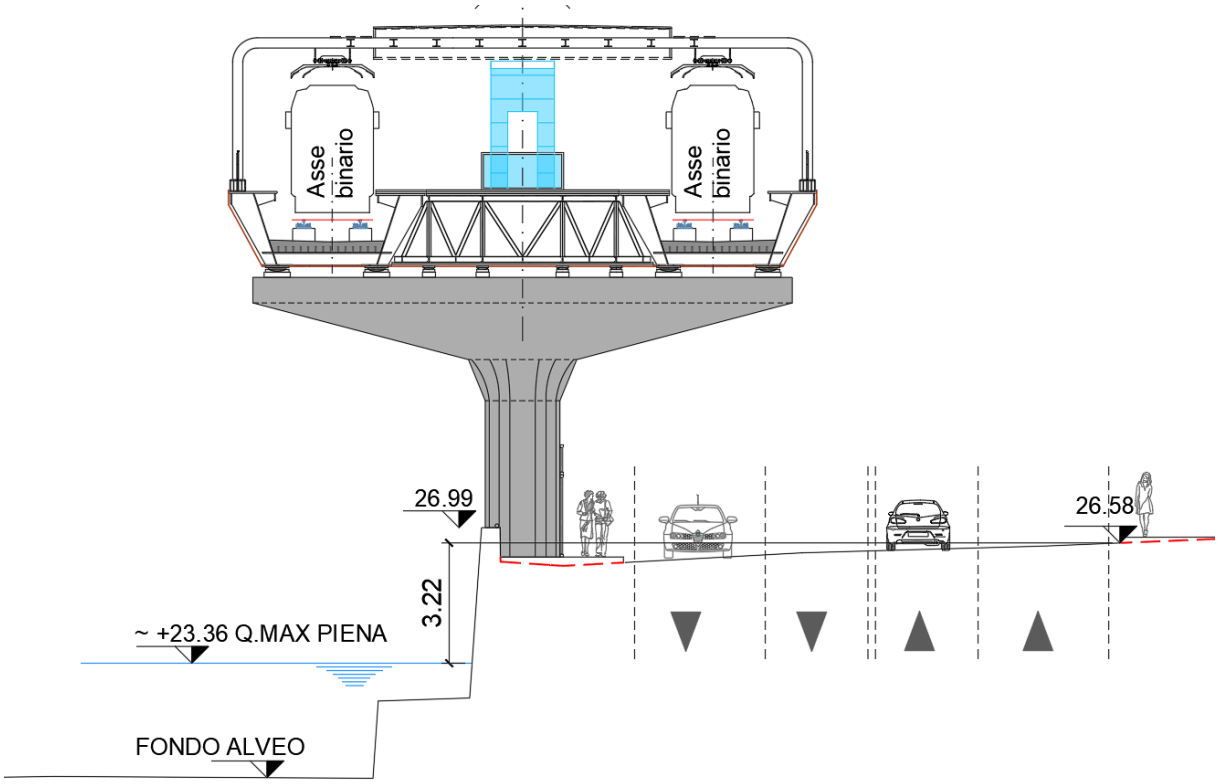


Figura 23. Sezione in corrispondenza del piazzale Staglieno

Piazzale Molassana

Il piazzale Molassana ricade in un'area attualmente adibita a cava e, ad oggi, solo in minima parte impermeabilizzata. Anche in questo caso sarà necessario prevedere la realizzazione di una vasca di laminazione al fine di garantire il principio di invarianza idraulica.

La superficie complessiva su cui si estende l'intervento è di circa 17.800 m^2, di cui circa 375 saranno costituiti da superfici impermeabilizzate (C=0.9), mentre le restanti aree saranno rinverdite o pavimentate con differenti tipologie di materiale drenante.

Le acque provenienti dal versante già attualmente vengono collettate mediante un fosso e allontanante verso una tombinatura che le invia verso il recapito finale; si provvederà quindi al ripristino di tale fosso.

Le superfici di progetto rinverdite saranno presidiate da fossi e pozzi drenanti che andranno ad infiltrare le acque direttamente all'interno del terreno.

Il contributo al deflusso è pertanto costituito dalle sole acque scolanti sulle superfici pavimentate, le quali verranno raccolte mediante caditoie grigliate e inviate tramite tubazioni alla vasca di laminazione. Le tubazioni sono state dimensionate considerando un tempo di ritorno di 20 anni.

	Area servita da tubazioni				
	Azzurre	**Blu**	**Verdi**	**Rosa**	**$Q_{vasca\ laminazione}$**
Tempo di Pioggia [min]:	5	7	7	9	10
Altezza di pioggia [mm]	26.86	31.57	31.57	35.62	37.47
Intensità di pioggia [mm/h]	322.38	270.63	270.63	237.48	224.82
Superficie totale [mq]	1.400	5.700	1.600	9.500	10.000
Coefficiente di deflusso [-]	0.9	0.9	0.90	0.9	0.9
Portata [l/s]	113	386	108	564	562

	Azzurre	**Blu**	**Verdi**	**Rosa**	**$Q_{vasca\ laminazione}$**
Q [l/s]	113	386	108	564	562
If [%]	1.5	5	0.5	0.8	0.8
D [m] (SN8)	0.300	0.376	0.596	0.800	0.800
Ks [$m^{1/3}/s$]	85	85	85	67	67
y [m]	0.21	0.27	0.19	0.42	0.42
φ	4.04	4.10	2.43	3.25	3.25
A [m^2]	0.05	0.09	0.08	0.27	0.27
C [m]	0.61	0.77	0.72	1.30	1.30
Rh [m]	0.09	0.11	0.11	0.21	0.21
V [m/s]	2.1	4.4	1.4	2.1	2.1
y/D [%]	72	73	33	53	53

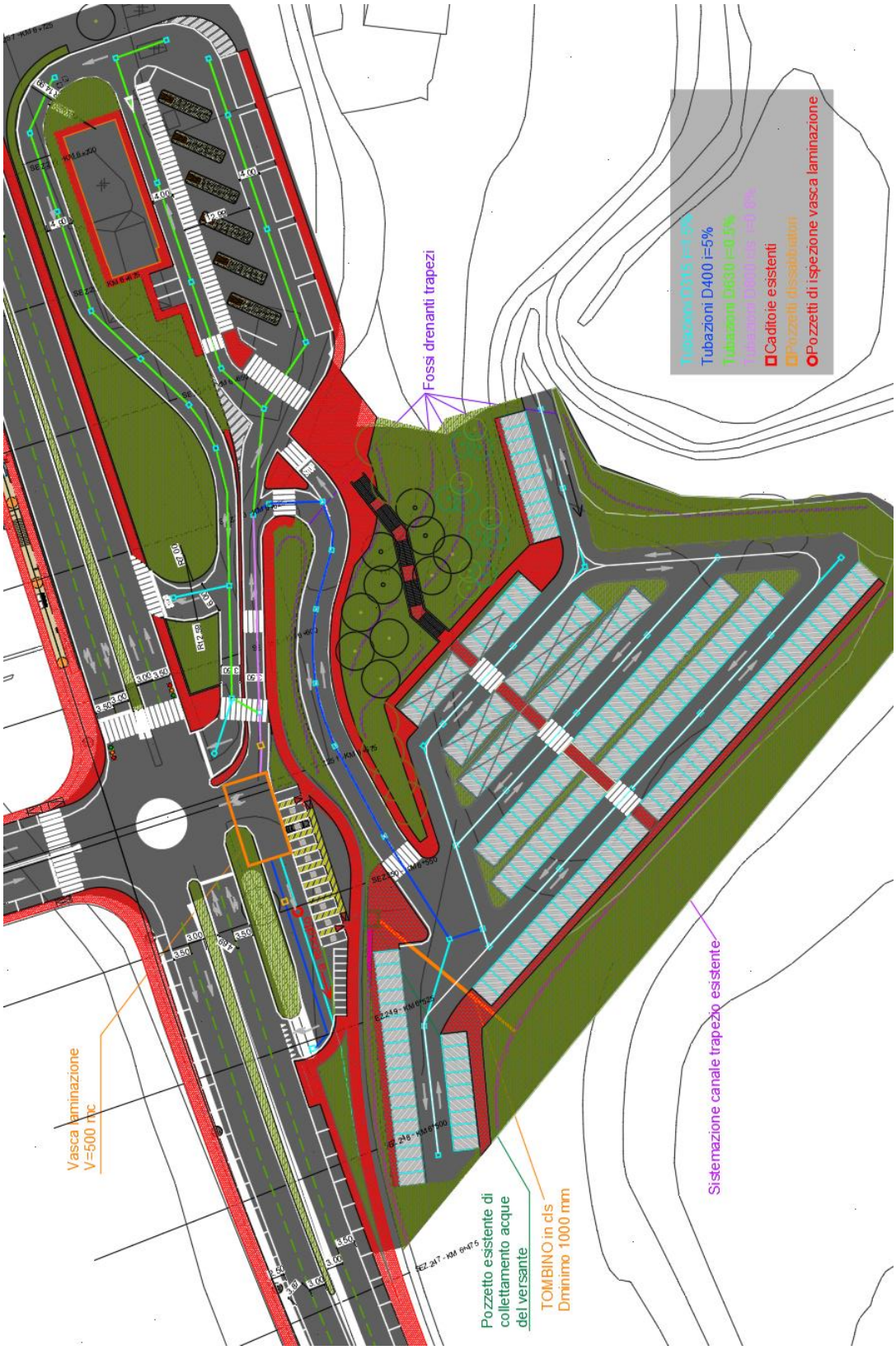


Figura 24. Planimetria drenaggio piazzale Molassana

La vasca di laminazione è stata dimensionata utilizzando il foglio di calcolo fornito dal Comune di Genova.

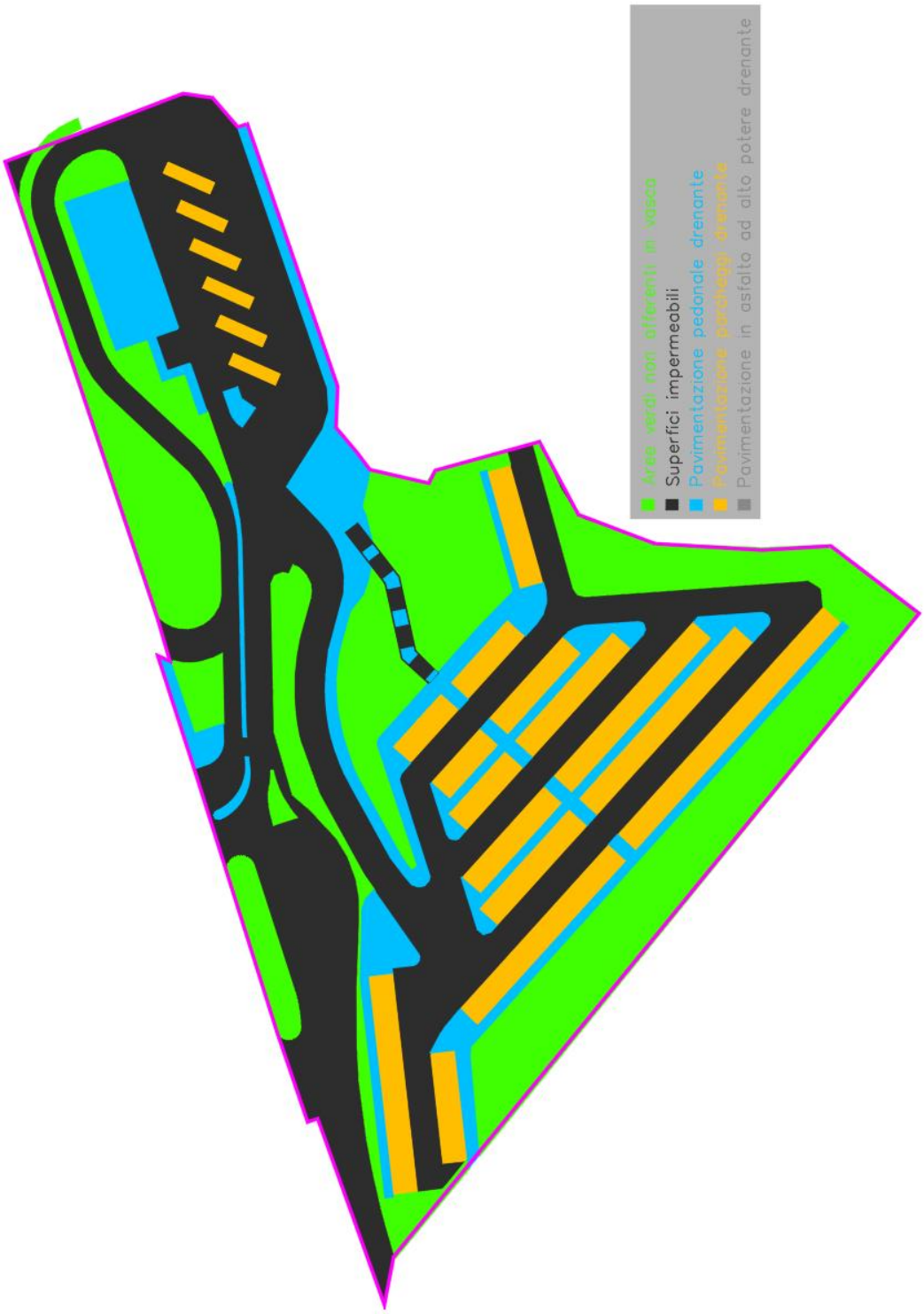


Figura 25. Suddivisione piazzale Molassana in funzione della diversa permeabilità della copertura

- Aree verdi non afferenti alla vasca di laminazione = 5445 mq;

- Superfici impermeabili = 375 mq;
- Pavimentazione pedonale drenante = 2270 mq;
- Pavimentazione parcheggi drenante = 2450 mq;
- Pavimentazione in asfalto ad alto potere drenante = 7260 mq.

Per la realizzazione delle pavimentazioni si farà ricorso ai materiali illustrati nel corso della descrizione dello stato di progetto del piazzale Staglieno.

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = 66%

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		
Pavimento in asfalto o cls	1200.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe = 120.0	m²	
Superfici in ghiaia sciolta	16600.0	m²	Ψ = 0.30	Ψ' = 0.30	Spe = 11620.0	m²	
Asfalto drenante		m²	Ψ = 0.85	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	
Altro		m²	Ψ = N/D	Ψ' =	Spe = Valore Cd'	m²	
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m²	Ψ = 0.80	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	17800.0	m²			TOTALE Spe	11740.0	m²

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = **67%** Rp Equiv. x ritenzione **97%**

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)			SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA		Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		PORTATE ADDOTTE IN VASCA	
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	375.0	m²	375.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe = 37.5	m²	Q = 11.25	l/s
Pavimentazioni in macadam, strade, cortili, piazzali	7260.0	m²	7260.0	m²	Ψ = 0.35	Ψ' = 0.35	Spe = 4719.0	m²	Q = 84.70	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	5445.0	m²	0.0	m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 4900.5	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in cubetti o pietre a fuga non sigillata su sabbia	2270.0	m²	2270.0	m²	Ψ = 0.70	Ψ' = 0.70	Spe = 681.0	m²	Q = 52.97	l/s
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia	2450.0	m²	2450.0	m²	Ψ = 0.30	Ψ' = 0.35	Spe = 1592.5	m²	Q = 28.58	l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile		m²		m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	**17800.0**	m²	**12355.0**	m²			**TOTALE Spe** **11930.5**	m²	Qp = **177.50**	l/s

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ----------> OK!

VERIFICHE STANDARD RICHIESTI : Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire **70%** — VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO **OK!** — VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA **SI**

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica: 60 mm — Deflusso istantaneo per ettaro: 333.33 l/s*ha

Durata pioggia critica: 30 min.

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico: 24.71 l/s

Portata da laminare: **152.79** l/s — Ritardo da conseguire 30 min.

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

V vasca = 275022 litri **275.0** m³

DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)

$$A_{sez.tubo} = \frac{Q}{0{,}6 * \sqrt{(2 * 9{,}81 * h)}}$$

0.6 parametro idraulico fisso (adimensionale)

h: - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5)
- oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5.ter)

Q: Qscarico calcolata al punto 6)

h = 1.80 m

Asez.tubo = 0.00693 m²

Diametro = 2 * √ (Asez.tubo/π) = **93.9** mm

VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA **SI**

Per il volume totale di 275 mc è stato considerato anche il contributo alla laminazione dato dalle tubazioni di drenaggio. In particolare, si è considerato il riempimento delle tubazioni in cls D800 per circa il 50% del loro volume e il riempimento delle tubazioni in PVC D630 per circa il 30% del loro volume disponibile. Aggiungendo le volumetrie disponibili in corrispondenza dei pozzetti si ottiene un volume di laminazione di circa 30 mc. Si è pertanto prevista una vasca avente un volume di 245 mc e dimensioni 16x8.5x1.8($h_{acqua\ in\ vasca}$), mentre la tubazione di scarico controllato che verrà posta sul fondo della vasca avrà un diametro di circa 10 cm.

Dalla sezione stradale estratta in corrispondenza dell'area in esame pare che nel caso specifico non risulti necessario prevedere un sistema di sollevamento per inviare le acque al torrente Bisagno. Si è verificata la fattibilità di questa soluzione sulla base del tirante che si instaura nel Bisagno stesso con un tempo di ritorno di 200 anni. Al termine della condotta di scarico è previsto l'inserimento di una valvola clapet.

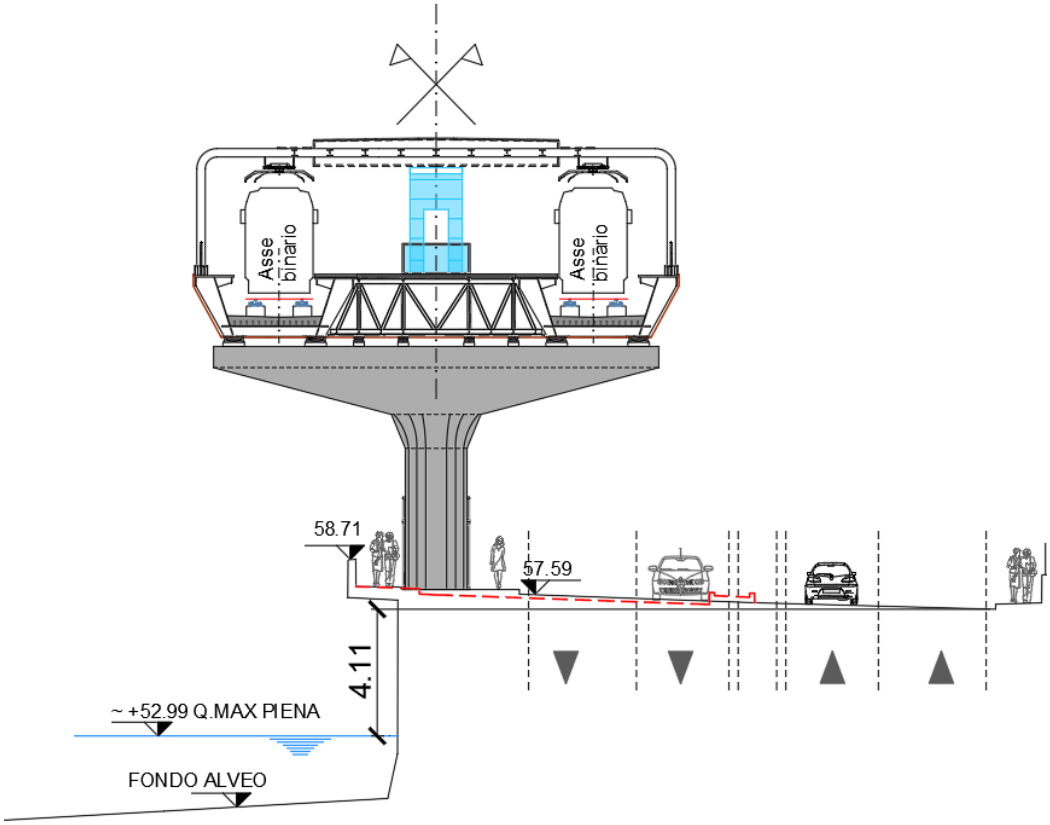


Figura 26. Sezione in corrispondenza del locale tecnico del piazzale Molassana

Aree dei locali tecnici

I locali tecnici previsti lungo il tracciato si collocano in corrispondenza delle stazioni previste:

- Romagnosi;
- Parenzo;
- Staglieno;
- Guglielmetti;
- San Gottardo;
- Molassana.

Il locale tecnico di Parenzo è interrato al di sotto della superfice stradale esistente e pertanto non è stato previsto un sistema di drenaggio in corrispondenza di questo edificio, mentre i locali di Staglieno e Molassana sono ubicati presso le aree dei piazzali stessi già analizzati in precedenza.

Si è pertanto proceduto alla progettazione idraulica delle reti di drenaggio di pertinenza dei locali delle fermate Romagnosi, Guglielmetti e San Gottardo. Si sono dimensionate apposite vasche di laminazione per la gestione delle acque provenienti dall'area dell'edificio, ossia dalla copertura e dalle rampe per l'accesso all'edificio stesso.

ROMAGNOSI

L'acqua della copertura dell'edificio verrà inviata a terra mediante pluviali, mentre a presidio delle rampe verrà prevista una canaletta rettangolare grigliata. Tale sistema di drenaggio conferirà quanto raccolto alla vasca di laminazione opportunamente dimensionata.

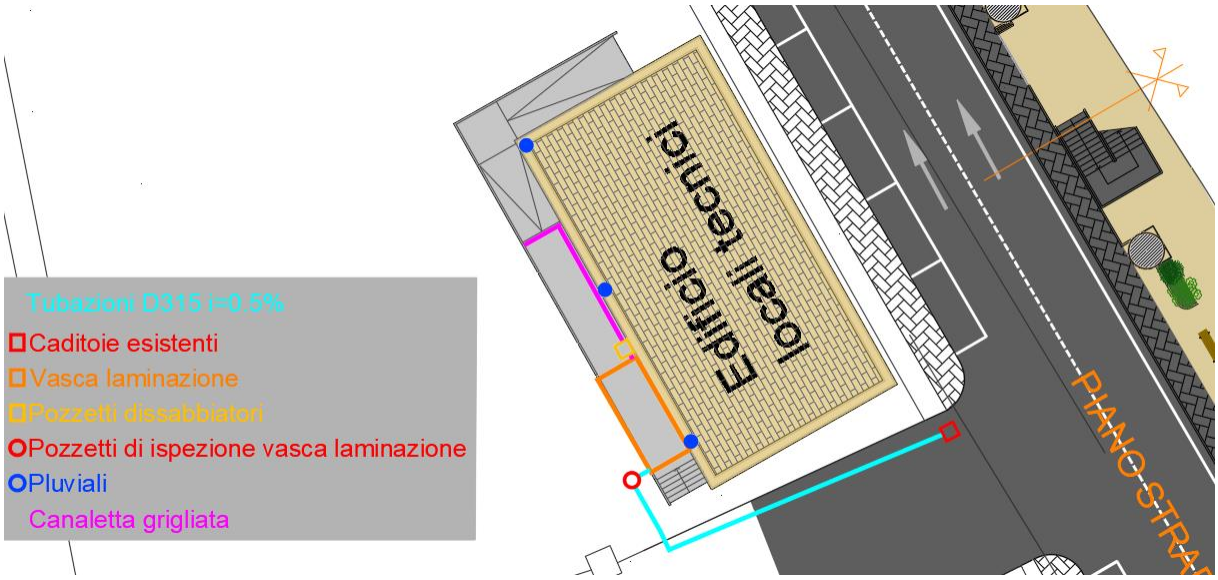


Figura 27. Planimetria di smaltimento area locale tecnico fermata Romagnosi

Il recapito in fognatura avverrà mediante un adeguato sistema di sollevamento dal momento che, come si può vedere dalla figura seguente, non è possibile procedere con uno smaltimento a gravità.

L'impianto di pompaggio è dimensionato per allontanare una portata costante di 0.7 l/s in fognatura esistente o, se lo si rendesse necessario, direttamente in Bisagno. In quest'ultimo caso si prevede di posizionare un clapet sulla tubazione di scarico.

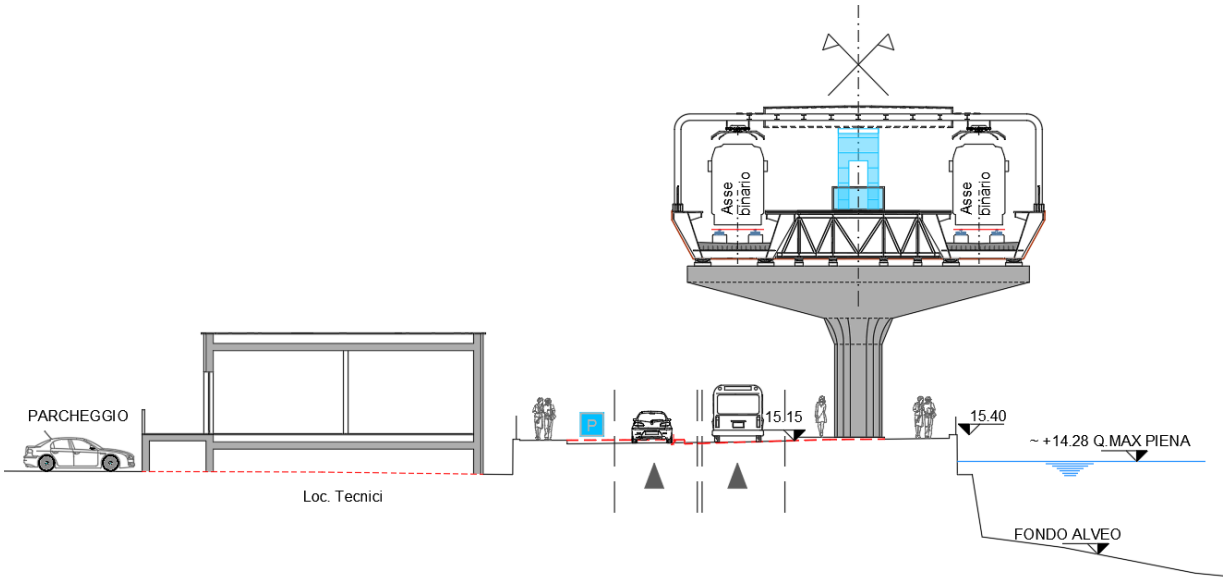


Figura 28. Sezione in corrispondenza del locale tecnico della fermata Romagnosi

Si riporta di seguito il dimensionamento della vasca di laminazione effettuato mediante il foglio di calcolo messo a disposizione dal Comune di Genova.

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = **10%**

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	350.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe =	35.0	m²
Pavimentazioni in ciottoli su sabbia		m²	Ψ = 0.40	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici in ghiaia sciolta		m²	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale con caratteristiche pienamente rispondenti alla suddetta		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m²	Ψ = 0.80	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	**350.0**	m²			**TOTALE Spe**	**35.0**	m²

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = **10%** Rp Equiv. x ritenzione **100%**

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)			SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA		Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE			PORTATE ADDOTTE IN VASCA	
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	350.0	m²	350.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe =	35.0	m²	Q = 10.50	l/s
Asfalto drenante		m²		m²	Ψ = 0.85	Ψ' = 0.85	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio 15 < s < 25 cm con Inclinazione max 12° (Sistema a tre strati - UNI 11235/2007)		m²		m²	Ψ = 0.35	Ψ' = 0.35	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in lastre a costa verticale a spacco (Smolleri)		m²		m²	Ψ = 0.70	Ψ' = 0.70	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia		m²		m²	Ψ = 0.30	Ψ' = 0.30	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile		m²		m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²	Q = 0.00	l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	**350.0**	m²	350.0	m²			**TOTALE Spe**	**35.0**	m²	Qp = **10.50**	l/s

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ---------- **OK!**
-->

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica	60	mm	Deflusso istantaneo per ettaro	333.33	l/s*ha
Durata pioggia critica	30	min.			

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico	0.70	l/s					
Portata da laminare	**9.80**	**l/s**	Ritardo da conseguire	30	min.	V vasca = 17640 litri	**17.6** **m³**

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)

$$A_{sez.tubo} = \frac{Q}{0{,}6 * \sqrt{(2 * 9{,}81 * h)}}$$

0.6 parametro idraulico fisso (adimensionale)

h { - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5)
- oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5.ter)

Q Qscarico calcolata al punto 6)

h =	1.20	m	
Asez.tubo =	0.00024	m^2	VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA **SI**
Diametro = 2 * √ (Asez.tubo/π) =	**17.5**	**mm**	

La vasca di laminazione avrà le seguenti dimensioni: 6x2.5x1.2($h_{utile\ acqua}$), mentre il diametro della tubazione da posizionare sul fondo della vasca per il rilascio della portata costante sarà pari a 18 mm.

GUGLIELMETTI

Anche in questo caso l'acqua della copertura dell'edificio verrà inviata a terra mediante pluviali, mentre a presidio della zona della terrazza verrà prevista una canaletta grigliata. Tale sistema di drenaggio conferirà quanto raccolto alla vasca di laminazione opportunamente dimensionata.

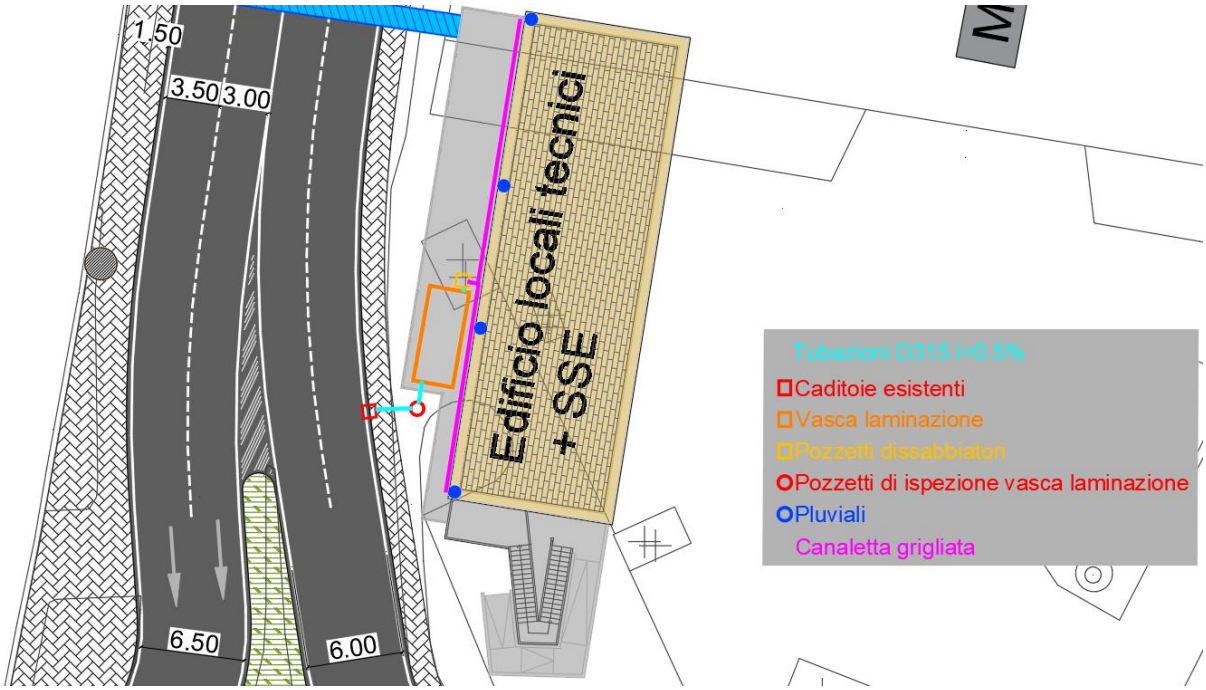


Figura 29. Planimetria di smaltimento area locale tecnico fermata San Gottardo

Il recapito in fognatura avverrà mediante un adeguato sistema di sollevamento dal momento che, come si può vedere dalla figura seguente, non è possibile procedere con uno smaltimento a gravità.

L'impianto di pompaggio è dimensionato per allontanare una portata costante di 1 l/s in fognatura esistente o, se lo si rendesse necessario, direttamente in Bisagno. In quest'ultimo caso si prevede di posizionare un clapet sulla tubazione di scarico.

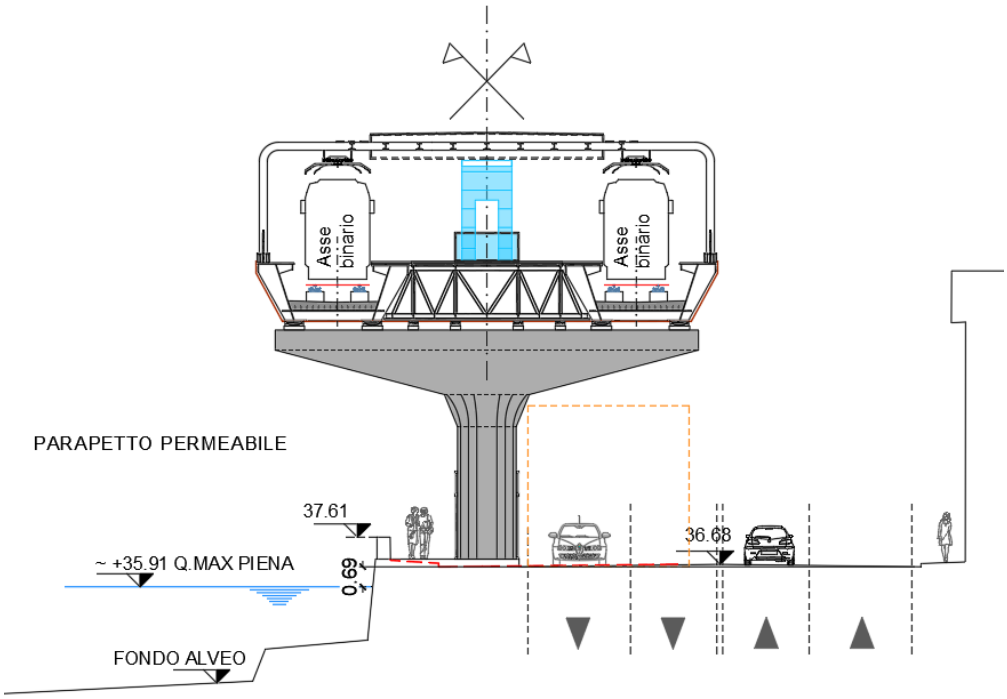


Figura 30. Sezione in corrispondenza del locale tecnico della fermata Guglielmetti

Si riporta di seguito il dimensionamento della vasca di laminazione effettuato mediante il foglio di calcolo messo a disposizione dal Comune di Genova.

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = **33%**

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		
Pavimento in asfalto o cls	270.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe =	27.0	m²
Pavimentazioni in ciottoli su sabbia	230.0	m²	Ψ = 0.40	Ψ' = 0.40	Spe =	138.0	m²
Superfici in ghiaia sciolta		m²	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m²	Ψ = 0.80	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	500.0	m²			TOTALE Spe	165.0	m²

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = **20%** | Rp Equiv. x ritenzione **100%**

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)			SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA		Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		PORTATE ADDOTTE IN VASCA	
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	405.0	m²	405.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe = 40.5	m²	Q = 12.15	l/s
Pavimentazioni in ciottoli su sabbia	95.0	m²	95.0	m²	Ψ = 0.40	Ψ' = 0.40	Spe = 57.0	m²	Q = 1.27	l/s
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio 15 < s < 25 cm con Inclinazione max 12° (Sistema a tre strati - UNI 11235/2007)		m²		m²	Ψ = 0.35	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in lastre a costa verticale a spacco (Smolleri)		m²		m²	Ψ = 0.70	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia		m²		m²	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile		m²		m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	**500.0**	m²	500.0	m²			**TOTALE Spe**	**97.5**	m²	Qp = **13.42** l/s

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ---------- **OK!**
-->

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica: 60 mm
Durata pioggia critica: 30 min.
Deflusso istantaneo per ettaro: 333.33 l/s*ha

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico: 1.00 l/s
Portata da laminare: **12.42** l/s

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Ritardo da conseguire: 30 min.
V vasca = 22350 litri: **22.4** m³

DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)

$$A_{sez.tubo} = \frac{Q}{0{,}6 * \sqrt{(2 * 9{,}81 * h)}}$$

0.6 parametro idraulico fisso (adimensionale)

h
- tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5)
- oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5.ter)

Q Qscarico calcolata al punto 6)

h = 1.50 m

Asez.tubo = 0.00031 m²

Diametro = 2 * √ (Asez.tubo/π) = **19.8** mm

VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA: **SI**

La vasca di laminazione avrà le seguenti dimensioni: 6x2.5x1.5($h_{utile\ acqua}$), mentre il diametro della tubazione da posizionare sul fondo della vasca per il rilascio della portata costante sarà pari a 20 mm.

SAN GOTTARDO

Anche in questo caso l'acqua della copertura dell'edificio verrà inviata a terra mediante pluviali, mentre a presidio della rampa di accesso al garage verrà prevista una canaletta grigliata che raccoglierà tutti i contributi del drenaggio e li conferirà alla vasca di laminazione opportunamente dimensionata.

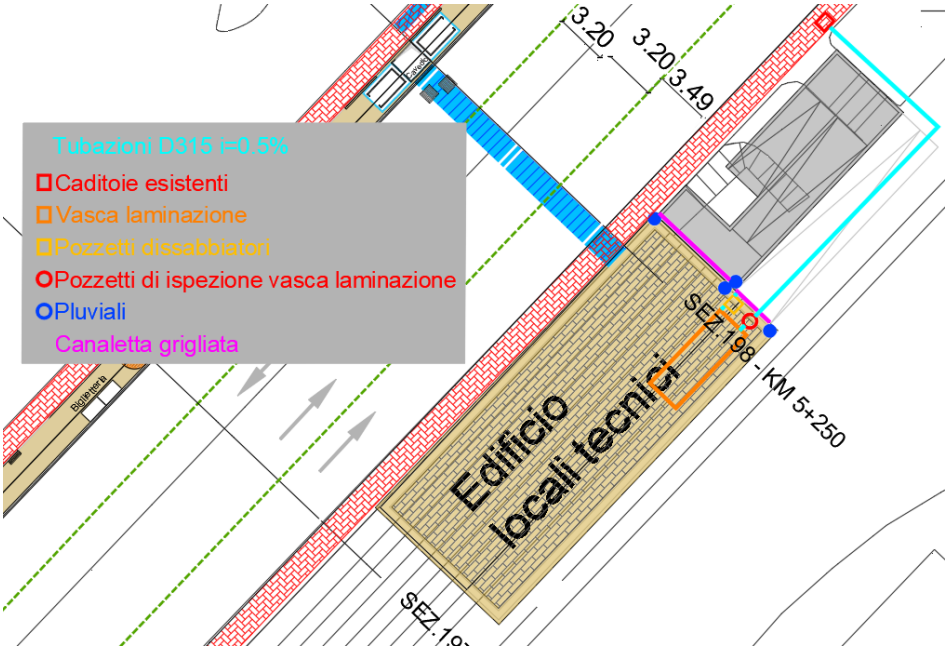


Figura 31. Planimetria di smaltimento area locale tecnico fermata San Gottardo

Il recapito in fognatura avverrà mediante un adeguato sistema di sollevamento dal momento che, come si può vedere dalla figura seguente, non è possibile procedere con uno smaltimento a gravità.

L'impianto di pompaggio è dimensionato per allontanare una portata costante di 0.8 l/s in fognatura esistente o, se lo si rendesse necessario, direttamente in Bisagno. In quest'ultimo caso si prevede di posizionare un clapet sulla tubazione di scarico.

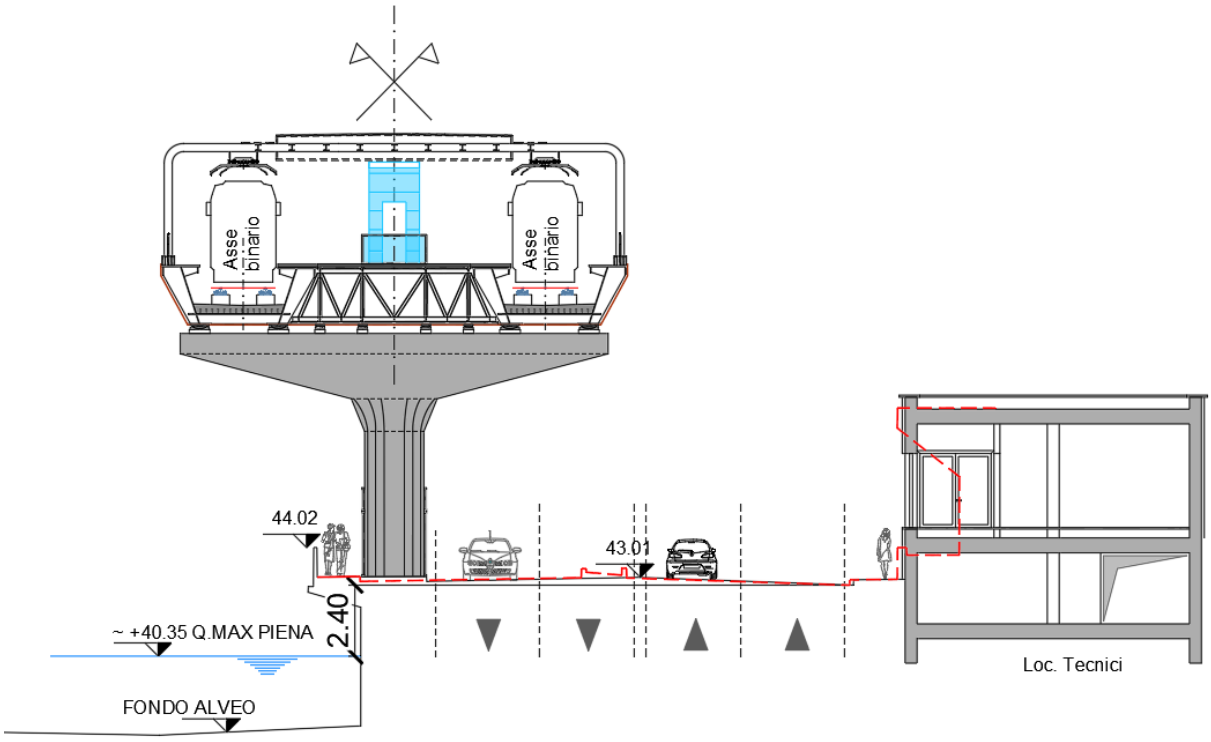


Figura 32. Sezione in corrispondenza del locale tecnico della fermata San Gottardo

Si riporta di seguito il dimensionamento della vasca di laminazione effettuato mediante il foglio di calcolo messo a disposizione dal Comune di Genova.

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = **31%**

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		
Pavimento in asfalto o cls	200.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe =	20.0	m²
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio 8 < s < 15 cm con Inclinazione max 12° (Sistema a tre strati -UNI 11235/2007)	180.0	m²	Ψ = 0.45	Ψ' = 0.45	Spe =	99.0	m²
Superfici in ghiaia sciolta		m²	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m²	Ψ = 0.80	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe =	0.0	m²
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	380.0	m²			TOTALE Spe	119.0	m²

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = **10%** Rp Equiv. x ritenzione **100%**

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)			SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA		Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		PORTATE ADDOTTE IN VASCA	
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	380.0	m²	380.0	m²	Ψ = 0.90	Ψ' = 0.90	Spe = 38.0	m²	Q = 11.40	l/s
Asfalto drenante		m²		m²	Ψ = 0.85	Ψ' = 0.85	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio 15 < s < 25 cm con Inclinazione max 12° (Sistema a tre strati - UNI 11235/2007)		m²		m²	Ψ = 0.35	Ψ' = 0.35	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in lastre a costa verticale a spacco (Smolleri)		m²		m²	Ψ = 0.70	Ψ' = 0.70	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia		m²		m²	Ψ = 0.30	Ψ' = 0.30	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile		m²		m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²	Q = 0.00	l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	**380.0**	m²	380.0	m²			**TOTALE Spe** **38.0**	m²	Qp = **11.40**	l/s

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ----------> OK!

VERIFICHE STANDARD RICHIESTI : Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire **70%** VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO **OK!** VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA **SI**

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica	60	mm	Deflusso istantaneo per ettaro	333.33	l/s*ha
Durata pioggia critica	30	min.			

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico	0.76	l/s
Portata da laminare	**10.64**	**l/s**

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Ritardo da conseguire 30 min. V vasca = 19152 litri **19.2** **m³**

DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)

$$Asez.tubo = \frac{Q}{0{,}6 * \sqrt{(2 * 9{,}81 * h)}}$$

0.6 parametro idraulico fisso (adimensionale)

h
- tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5)
- oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5.ter)

Q Qscarico calcolata al punto 6)

h = 1.30 m

Asez.tubo = 0.00025 m^2

VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA **SI**

Diametro = $2 * \sqrt{(Asez.tubo/\pi)}$ = **17.9** **mm**

La vasca di laminazione avrà le seguenti dimensioni: 6x2.5x1.3($h_{utile\ acqua}$), mentre il diametro della tubazione da posizionare sul fondo della vasca per il rilascio della portata costante sarà pari a 18 mm.

Per quanto riguarda la tipologia di pompe prevista in corrispondenza di queste tre stazioni si è ipotizzato al momento di utilizzare la NUOVA UP 300 M-A con le seguenti caratteristiche:

- Q= 1 l/s;
- H = 5.5 m.

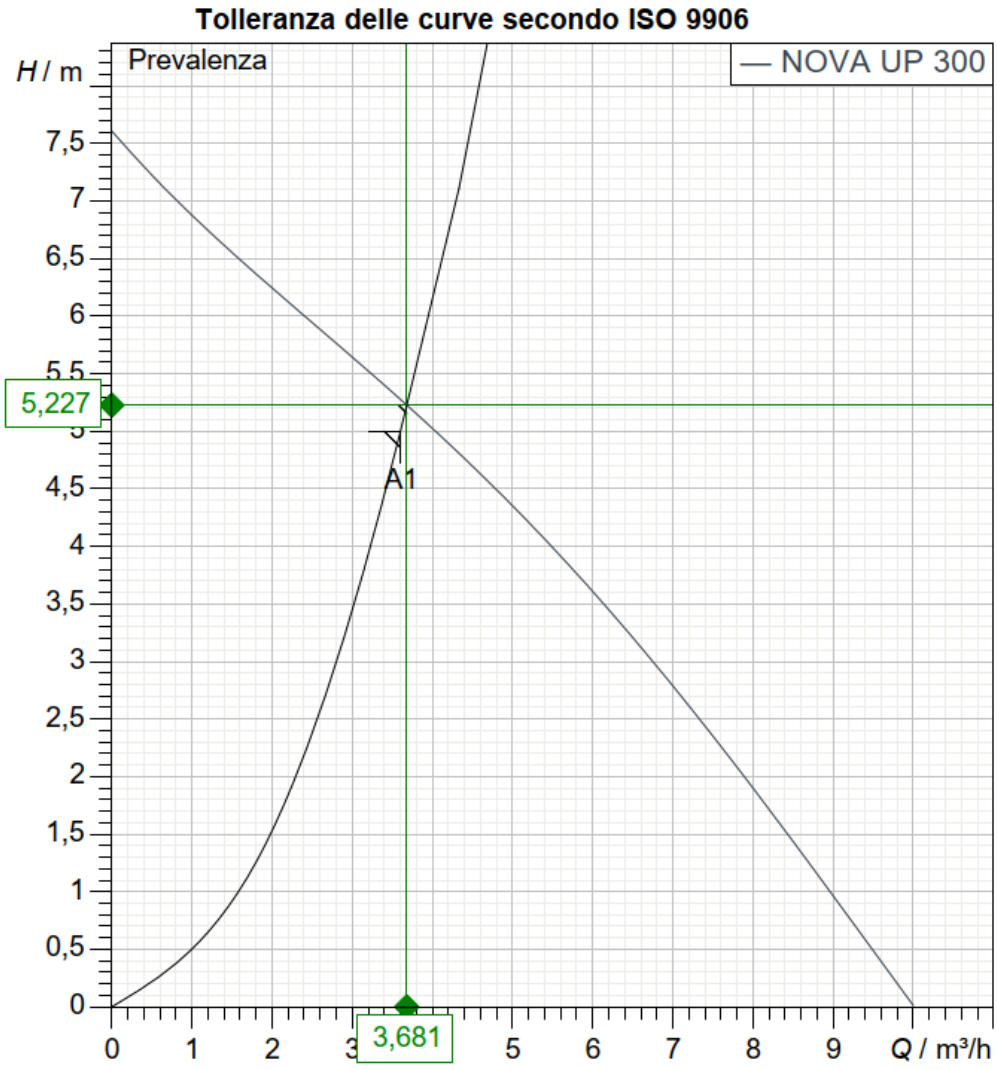


Figura 33. Punto di lavoro pompa NUOVA UP 300 M-A

7. FASI ESECUTIVE E RISCHIO IDRAULICO

Se da un lato le opere di realizzazione della nuova infrastruttura non interferiranno in alcun modo, a lavori conclusi, con i deflussi del torrente Bisagno e dei suoi affluenti, nel corso dei lavori la cantierizzazione degli interventi renderà necessaria alcune attività ed opere provvisionali in alveo, il cui impatto, come di norma avviene in questi casi, deve essere valutato in termini sia di potenziale aggravio di rischio per i territori limitrofi, che di sicurezza per le maestranze impegnate nei lavori.

Nel complesso degli interventi previsti per la realizzazione della nuova infrastruttura, le tipologie di opere impattanti sull'alveo del t. Bisagno e quindi riconducibili a tali valutazioni sono sostanzialmente individuabili ne:

- Pile in fregio ai muri d'alveo;
- Opere di attraversamento della copertura;
- Nuovo ponte a monte di Brignole.

Le pile in fregio ai muri d'argine verranno realizzate con operatività "lato alveo" studiata prevedendo diverse fasi esecutive lungo lo sviluppo longitudinale dell'infrastruttura, con accorpamento secondo alcuni tratti di intervento per ottimizzazione esecutiva delle opere e minimizzazione gli impatti del cantiere anche dal punto dei possibili impatti sui deflussi (elaborato MGE1PRLVCANCOMT016-00 - Cantierizzazione_ Contemporaneità di cantiere).

In particolare, si prevede la realizzazione di una pista di cantiere all'interno dell'alveo ed in fregio agli attuali muri arginali, con una striscia di occupazione dell'ordine dei 10 m di larghezza, delimitata da un argine provvisionale a protezione dai deflussi ordinari del torrente, il tutto eseguito con materiale facilmente erodibile in fase di piena.

L'accesso alla pista verrà sfruttando punti di accesso all'alveo esistenti ovvero realizzandone di nuovi, secondo quanto indicato negli elaborati MGE1PRLVCANCOMT005-00 - Cantierizzazione_ Corografia accessi alveo macrocantieri A-B e MGE1PRLVCANCOMT006-00 - Cantierizzazione_ Corografia accessi alveo macrocantieri C-D-E.

Lungo lo sviluppo longitudinale dell'infrastruttura e secondo i criteri di fasizzazione studiati e graficamente riportati in elaborato di "contemporaneità di cantiere" in precedenza richiamato troveranno quindi attuazione le opere di accantieramento delle singole pile, poste ad interasse dell'ordine dei 30 m, con esecuzione delle singole lavorazioni di jet-grouting, palificazioni e getto della fondazione secondo l'organizzazione sequenziale indicata negli elaborati MGE1PRLVCANCOMT007 - Cantierizzazione_ tipologico realizzazione pile e la tipologia esecutiva e costruttiva prevista riportata in elaborato MGE1PRLVSTRMVIK001-00 - Viadotto di linea_Fasi costruttive pile.

Si rileva specificatamente come la tipologia costruttiva studiata per le pile non determinerà, in nessuna fase del cantiere, l'incremento del rischio idraulico per i territori limitrofi, in relazione al fatto che verranno sempre mantenuti, anche nel corso dei lavori, i fili arginali esistenti e quindi la continuità dell'attuale linea di difesa.

Nei punti circoscritti e limitati (se ne prevedono solo due - elaborati “accessi all’alveo” in precedenza richiamati) dove verranno collocati i nuovi punti di accesso all’alveo, con realizzazione di rampe di discesa dal piano strada, verranno previsti idonei sistemi di chiusura in grado di assicurare, in caso di eventi significativi, l’immediato ripristino dell’attuale linea di difesa.

Per sfruttare quanto più possibile gli accessi esistenti, oltre che per gestire in modo ottimale la viabilità dei cantieri e gli impatti sulla viabilità ordinaria, verranno realizzati alcuni guadi garantendo sia la continuità dei deflussi durante i periodi di magra sia la trasparenza idraulica in caso di eventi di piena significativi.

Anche l’attraversamento del t. Bisagno da parte della nuova infrastruttura tra la sponda sinistra e destra idraulica all’altezza dell’esistente copertura prospiciente lo studio Marassi poggiante su tre setti longitudinale lungo l’alveo verrà realizzato sfruttando l’esistente tombamento, ovvero con minimizzazione dei possibili impatti sui deflussi anche in fase di cantiere.

In particolare, rimandando agli elaborati MGE1PRLVSTRMMAT002-00 - Opere di linea _attraversamento Marassi_ Carpenterie e MGE1PRLVSTRMMAK001-00 - Opere di linea_ attraversamento Marassi_ Fasi esecutive per maggiori dettagli, si prevede:

1. la demolizione di una parte della copertura per uno sviluppo longitudinale di circa 7-8 m in corrispondenza delle tre nuove pile localizzate nella zona di tale attraversamento;
2. la demolizione localizzata, nella zona delle nuove pile, dei setti esistenti, che verranno quindi localmente sostituiti dalle nuove strutture delle pile mantenendo la medesima geometria e sezione di impatto secondo i deflussi della corrente;
3. la realizzazione delle nuove fondazioni;
4. realizzazione dei setti;
5. la ricostruzione della copertura;
6. la realizzazione della pila in elevazione e della trave.

Anche per tale opera, ovvero per le attività di demolizione, realizzazione delle nuove fondazioni con jet grouting e realizzazione dei nuovi setti, si renderanno necessarie lavorazioni dall’alveo con accantieramento ed opere provvisionali per la gestione dei deflussi di magra.

L’impatto correlato a tale opera di attraversamento sui deflussi del t. Bisagno si configura in fase di cantiere come puntuale oltre che limitato, sia in termini spaziali che temporali, anche in relazione alla progettualità che sfrutta strutture e spazi dell’attuale copertura.

Il nuovo ponte a monte di Brignole, che non presenterà alcuna pila in alveo, sarà oggetto di approfondimenti nelle successive fasi di progettazione specificatamente per quanto concerne le opere di accantieramento previste e le modalità di varo più opportune.

In sintesi, si evidenzia come la corretta definizione costruttiva e l’approfondito studio di cantierizzazione, con i previsti sfasamenti spaziali e temporali nella realizzazione delle opere, determineranno comunque condizioni di occupazione dell’alveo contenute ed in grado di minimizzare potenziali impatti in fase esecutiva.

La piena fasizzazione e definizione delle opere incidenti sull’alveo del t. Bisagno, in termini di concatenazione operativa e di studio delle opere provvisionali necessarie per l’esecutività delle opere

nel rispetto dei criteri di non aggravio e sicurezza delle maestranze dovrà essere ovviamente essere oggetto di successivi approfondimenti nelle fasi esecutive d'intervento.

Nelle successive fasi di definizione costruttiva delle opere, anche in relazione all'effettiva operatività che si andrà a determinare in esecuzione, potranno essere quindi approfondite le valutazioni di rischio correlate al transitorio di cantiere, facendo riferimento alla formulazione che correla la durata esecutiva con il tempo di ritorno di un possibile evento di piena del torrente, a parità del livello di rischio assunto per la protezione idraulica del territorio ad opera ultimata:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{L}$$

dove:

R = rischio,

L = durata dell'opera,

T = tempo di ritorno dell'evento.

Nel caso in esame, a parità di livello di rischio pari a R = 0.22 che si ha per un evento duecentennale ed una vita utile dell'opera di 50 anni, assumendo un transitorio dovuto al cantiere pari a tre anni quale risultante da cronoprogramma complessivo di realizzazione dell'opera, ne consegue un tempo di ritorno sulla base del quale analizzare gli effetti complessivi del cantiere di poco inferiore a 15 anni. Tale valore, determinato con riferimento ai valori indicati nel Piano di Bacino, risulta correlato ad una portata di piena del t. Bisagno dell'ordine dei 500 mc/s.

Per i singoli interventi in precedenza richiamati e relativa sottofasizzazione, con interferenze sostanzialmente di tipo puntuale e temporalmente circoscritte, potranno essere altresì valutate, in relazione all'effettiva configurazione di cantiere ed effettivi periodi di esecuzione, scenari di rischio correlati a transitori più limitati, nelle finestra temporale di tre/sei mesi, cui discende dalle formulazioni in precedenza richiamata tempi di ritorno di riferimento inferiori a 3 anni e relative portate associate per il t. Bisagno dell'ordine dei 250 mc/s.

Dal punto di vista operativo gli accessi in cantiere dovranno avvenire con riferimento alle seguenti indicazioni generali:

- tutte le rampe e le piste saranno realizzate con terreno fusibile in caso di piena;
- preliminarmente ai lavori dovranno essere individuati tutti i sottoservizi, insistenti nel tratto oggetto dei lavori, che dovranno essere ricollocati compatibilmente con la soluzione progettuale approvata;
- I lavori devono essere realizzati a regola d'arte, nel rispetto delle norme tecniche e delle prescrizioni di cui alle vigenti norme progettuali e costruttive in materia, conformemente agli elaborati progettuali conservati agli atti del Settore, con l'adozione di tutti gli accorgimenti tecnici e normativi per evitare danni presenti e futuri a terzi nonché, in particolare, per la tutela della pubblica e privata incolumità;
- il tratto interessato dall'intervento deve essere mantenuto sgombro da accumuli di materiale in modo da consentire il regolare deflusso delle acque;
- nell'alveo è fatto divieto di rilasciare rifiuti di alcun genere e fare attività e/o utilizzare materiali potenzialmente inquinanti;

- le opere/i lavori/le attività e la loro realizzazione non devono ostacolare il libero deflusso delle acque ed i materiali derivanti da eventuali demolizioni non devono essere abbandonati nemmeno temporaneamente nell'alveo e nelle sue pertinenze, ma vanno prontamente allontanati;
- in corso di esecuzione dei lavori non deve essere pregiudicata la stabilità dei muri spondali esistenti;
- dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti tecnici e le soluzioni strutturali necessarie al fine di non provocare danni alle strutture ed agli edifici esistenti;
- il soggetto autorizzato deve tenersi costantemente aggiornato sulle condizioni meteorologiche previste, consultando comunque il Bollettino del Centro Meteorologico della Regione Liguria nonché tenendo conto degli "stati di allerta" dallo stesso emessi. In particolare, in caso di allerta meteorologico diffuso secondo le procedure regionali per fenomeni idrologici valido per il Bacino nel quale ricade l'intervento. In particolare, in caso di emanazione, da parte dei preposti servizi della Regione Liguria, dello stato di: allerta: le lavorazioni all'interno del corso d'acqua devono essere interrotte, i mezzi devono essere allontanati dall'alveo, all'interno dell'alveo non deve determinarsi alcun minimo restringimento delle sezioni di deflusso;
- devono essere messe in atto tutte le misure di sicurezza volte a limitare la possibilità di erosione in presenza di scavi aperti, anche con la messa in opera di opere provvisionali, che in ogni caso non dovranno diminuire la sezione utile di deflusso;
- devono essere rimosse dall'alveo tutte le altre opere provvisionali utili alle lavorazioni; nel caso in cui tali opere provvisionali risultino di difficile rimozione, le stesse devono essere adeguatamente ancorate in maniera tale da renderne impossibile l'asportazione, anche parziale;
- al completamento della messa in sicurezza del cantiere tutte le attività in prossimità del corso d'acqua devono essere sospese;
- nel caso in cui l'effettuazione dei lavori comporti la realizzazione di rampe di accesso all'alveo e di piste di cantiere, le stesse non devono interferire significativamente con il libero deflusso delle acque e vanno rimosse a fine lavori, ripristinando l'originario stato dei luoghi;
- l'intervento deve essere conforme alle disposizioni in materia di tutela della fauna ittica e dell'ecosistema acquatico di cui all'art. 18 l.r. 1.4.14 n. 8, nonché delle Carte ittiche provinciali come modificate con DGR 1060 del 22.11.16.

Resta inteso che quanto definito in questa sede sarà suscettibile di modifiche esecutive nelle successive fasi progettuali e soprattutto da parte dell'Appaltatore il quale, sulla base della propria organizzazione produttiva, avrà modo di mettere in campo le migliori modalità esecutive possibili. il tutto, ovviamente, nel rispetto delle condizioni e delle modalità già indicate nello specifico capitolo della relazione idraulica.