



Comittente

Direzione Area Progettazione e Pianificazione Territoriale
Struttura Specialista a supporto - Rigenerazione Urbana

RESPONSABILE UNICO del PROGETTO (RUP)

Arch. PhD Luca Dolmetta I Dirigente
Project Manager
Progetto Rigenerazione Valpolcevera

Riqualificazione e rigenerazione urbana delle aree del Comune di Genova

interessate dal progetto ferroviario Potenziamento Genova Campasso nell'ambito del progetto unico Terzo Valico dei Giovi-Nodo di Genova

AMBITO DI INTERVENTO C - VIA FERRI

Progetto di Fattibilità tecnico-economica (PFTE) per la realizzazione di un nuovo parcheggio pubblico in via Ferri
MOGE 21254 - CUP B35I23000330001 - CIG B12B29DB6D

PROGETTISTI

Project Management
Coordinamento gruppo di progetto ed integrazione tra le discipline specialistiche
Ing. Paolo Muratori

Rigenerazione urbana
Arch. Stefano Boeri
Arch. Marco Di Giorgio
Arch. Corrado Longa
Arch. Maria Cristina Fregni

Opere a parcheggio e viabilità
Ing. Marcello Mancone
Ing. Stefano Simonini

Interventi edilizi su patrimonio esistente
Ing. Arch. Micaela Goldoni

Impianti elettrici e Speciali
Ing. Davide Messori

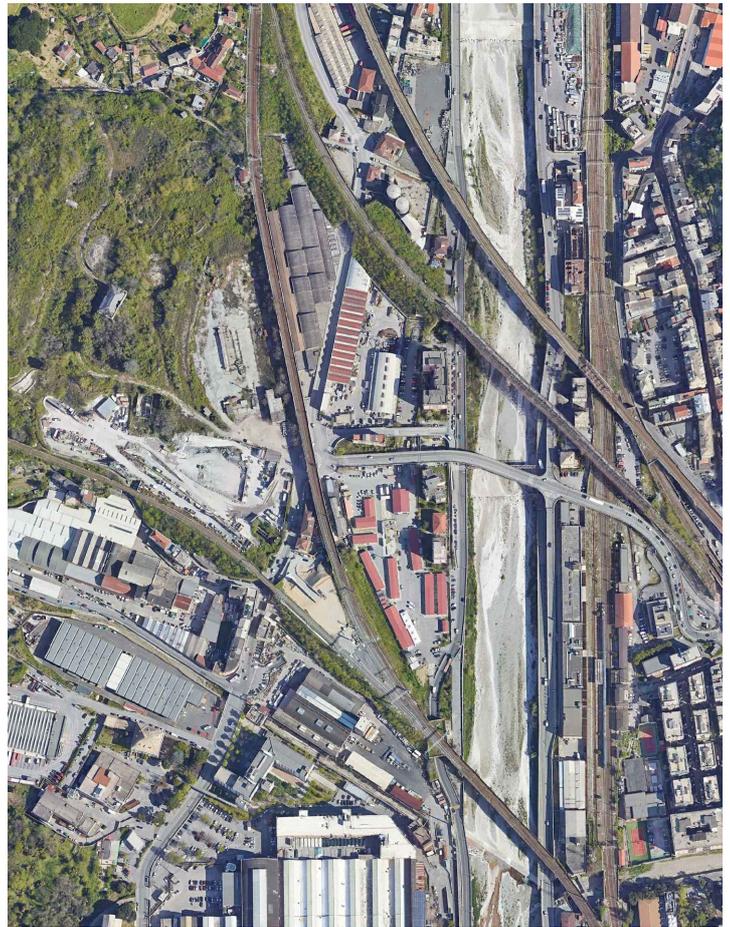
Idrologia e Idraulica
Ing. Alessandro Cecchelli

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione
Geom. Stefano Caccianiga

Rapporti con gli Enti e procedure di indennizzo di aree private
Arch. Roberto Burlando
Arch. Martina Delfino

Geologo
Geol. Paolo Mauri

Archeologia
Dott. Augusto Pampaloni



RTP

Mandataria

POLITECNICA
building for humans

Mandanti

3OERI
STEFANO BOERI ARCHITETTI

ambiente
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente
Società Benefit

BA+
burlandoarchitettura

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

PARTE D'OPERA	DISCIPLINA	DOC. E PROG.	FASE	REV.
AC	ID	RT01	1	0

Cartella	File name	Prot.	Scala	Formato
04	AC_ID_RT01_10_5263.PDF	5263	-	A4
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		07/03/2025	RAIMONDO CECHELLI MURATORI
REV.	DESCRIZIONE		Data	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

Riqualificazione e rigenerazione urbana delle aree del Comune di Genova

interessate dal progetto ferroviario Potenziamento Genova
Campasso nell'ambito del progetto unico Terzo Valico dei
Giovi-Nodo di Genova

PFTE ex D.Lgs.36/2023
AMBITO DI INTERVENTO C - VIA FERRI

Relazione Idrologica- idraulica

Indice

1. INQUADRAMENTO GENERALE	2
2. ANALISI DEI VINCOLISTICA.....	4
2.1. Piano di bacino – Torrente Polcevera	5
2.2. PGRA – Autorità di Bacino Appennino Settentrionale	8
2.3. Criteri e misure per la compatibilità idraulica e per la gestione del rischio idraulico.....	10
3. ANALISI IDROLOGICA.....	12
3.1. Inferenza statistica.....	12
3.2. Analisi di eventi con durata sub-oraria	14
3.3. Tempo di corrivazione	16
3.4. Evento di progetto	16
4. ANALISI DI TRASFORMAZIONE DEL SEDIME DI INTERVENTO.....	18
4.1. Stato di progetto	19
5. ANALISI IDRAULICA DELLA RETE.....	21
5.1. Dimensionamento e verifica della rete	21
5.2. Recapito in pubblica fognatura	25
5.3. Caratteristiche dei materiali	26

1. INQUADRAMENTO GENERALE

L'intervento in Via Ferri si configura come la riqualificazione di un'area limitrofa alla ferrovia esistente oggi impegnata da edifici di civile abitazione che verranno demoliti e dislocati. L'area verrà poi destinata a uso parcheggio, intervento a supporto della pubblica mobilità.

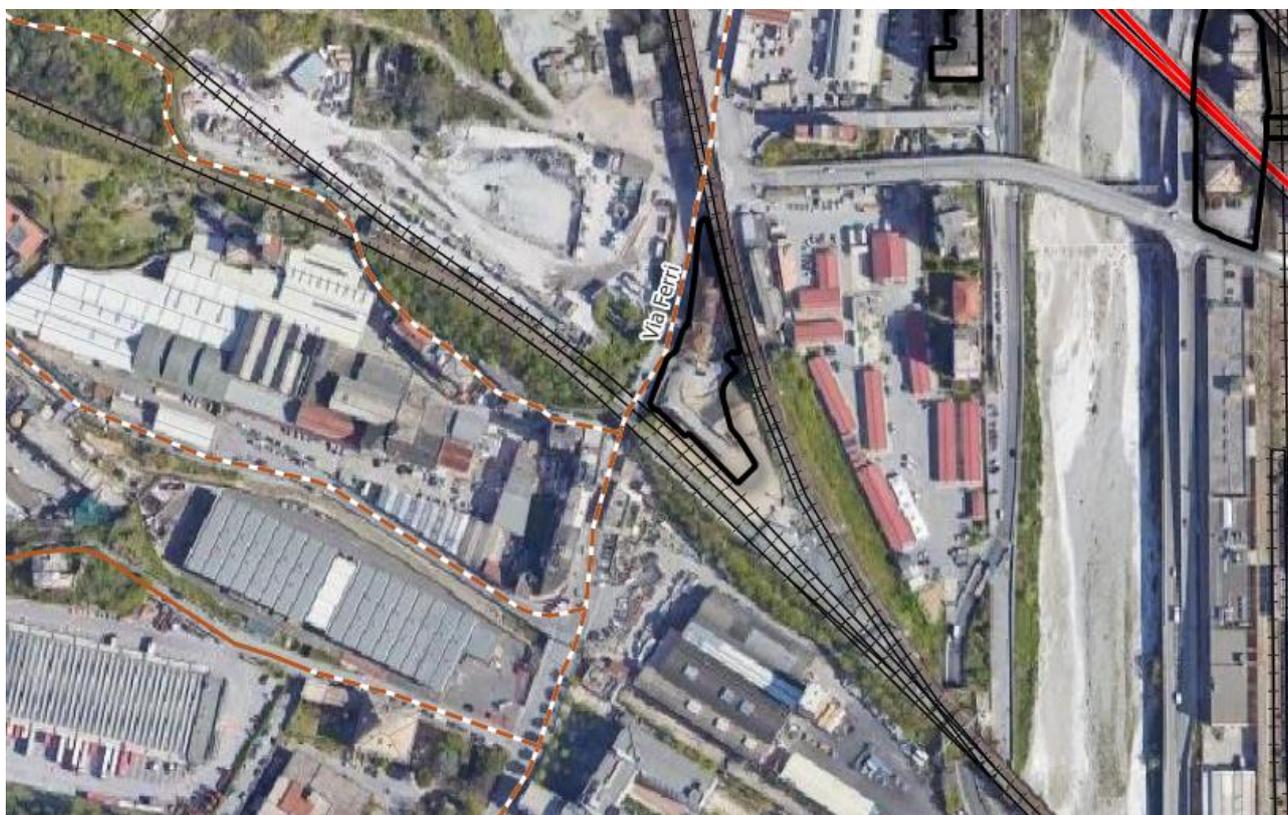


Figura 1 – inquadramento area di intervento Via Ferri.

La superficie si colloca tra la forbice del bivio ferroviario Polcevera, un'area caratterizzata da un fitto tessuto urbano sia residenziale che industriale ed caratterizzato dalla presenza di due linee ferroviari di importante spessore dal punto di vista urbanistico e logistico ovvero la linea Asti-Genova e la succursale dei Giovi.

Dal punto di vista idraulico l'area si inquadra particolarmente vulnerabile ed è stata soggetta a eventi di allagamento negli anni a causa delle dinamiche del torrente Polcevera e del Rio Fegino posto a Sud del sito di interesse.

2. ANALISI DEI VINCOLISTICA

A far data dall'1/01/2024 i Piani di Bacino Stralcio sono superati dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni per quanto riguarda la disciplina dell'assetto idraulico. Le mappe della pericolosità di riferimento sono le mappe del PGRA.

Tuttavia, ai sensi dell'art. 75 della L.R. 20/2023, fino alla emanazione del regolamento regionale ex art. 91 c. 1 ter 2 della L.R. 18/1999 trova applicazione la disciplina per l'assetto idraulico dei previgenti Piani Stralcio. Ad oggi, sono disponibili solo alcune delle varianti approvate dall'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale tra le quali non risulta il bacino del Torrente Polcevera, in cui si colloca il presente intervento di Via Ferri.

In particolare, si legge inoltre:

“In data 01/01/2024 è entrata in vigore la legge regionale 28 dicembre 2023, n. 20, recante “Disposizioni collegate alla legge di stabilità della Regione Liguria per l'anno finanziario 2024 (Disposizioni per la formazione del bilancio di previsione 2024-2026”, che all'articolo 75 prevede: “1. Nelle more dell'entrata in vigore del regolamento previsto dall'articolo 91, comma 1 ter 2, della l.r. 18/1999, entro il 30 giugno 2025 [termine così modificato dall'art. 4 della l.r. 1/2025], ai fini di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico, continuano a trovare applicazione le norme dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico delle soppresse Autorità di bacino regionale ligure e interregionale del fiume Magra, per quanto non in contrasto con la disciplina del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA).”

Segue:

“Considerata la rilevanza della materia e la necessità di chiarezza ed univocità interpretativa, per l'applicazione della norma in questione, si ritiene opportuno rappresentare quanto segue al fine della corretta applicazione della norma regionale in oggetto che attribuisce alle norme dei previgenti piani di bacino la funzione di disposizioni attuative del PGRA nel settore urbanistico in relazione all'assetto idraulico, per quanto non in contrasto con lo stesso.

*Pertanto **fino alla emanazione del regolamento regionale** ex art.91, c.1 ter2 della l.r. 18/1999 trova applicazione la disciplina per l'Assetto idraulico dei previgenti Piani di bacino Stralcio regionali ed interregionale del f. Magra con riferimento alle aree ivi mappate, **ad eccezione** delle seguenti previsioni normative che risultano non compatibili con la normativa del PGRA:*

- a) **Bacini regionali Liguri** (territorio appartenente alla soppressa Autorità di Bacino Regionale Ligure):
 - Art. 15 bis (Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche);
 - Art. 17 (interventi di sistemazione idrogeologica).
- b) **Bacino del Fiume Magra** (territorio ligure appartenente alla soppressa Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Magra):
 - Art. 15 (aggiornamento delle perimetrazioni delle aree inondabili);
 - Art. 22 (interventi consentiti in deroga al disposto di cui agli art. 17 e art. 18) e Art. 23 (rilascio del titolo abilitativo in deroga);
 - Art. 37 (Modalità di approvazione degli interventi).”

Tale fase di transizione in cui ci troviamo, relativa all'intera estensione del vecchio UoM Liguria e dovuta al passaggio dai Piani di Bacino all'assunzione del PGRA come strumento normativo di pianificazione in materia di pericolosità idraulica, **lascia ancora spazio alle vigenti norme di attuazione.**

2.1. Piano di bacino – Torrente Polcevera

I piani di bacino, secondo quanto previsto dalla L.R. n°9/93, nascono per integrare tutte le conoscenze sul bacino, anche al fine di affrontare in modo multidisciplinare le problematiche idrauliche, geologiche, ambientali, urbanistiche e legate all'uso del territorio. La decisione, presa dall'Amministrazione Provinciale è stata quindi quella di predisporre i piani di bacino secondo stralci relativi a settori funzionali che devono in ogni caso costituire fasi sequenziali ed interrelate con i contenuti generali dei piani, come previsto dalla L. n°493/93.

L'intervento si inserisce all'interno dello stralcio di Piano di Bacino del torrente Polcevera.

La prima redazione del piano di bacino stralcio del Torrente Polcevera, è avvenuto, ai sensi della L. 183/89, con Delibera del Consiglio Provinciale n. 14 del 02/04/2003 e con Delibera del Consiglio Provinciale n. 38 del 30/09/2004, mentre l'ultimo aggiornamento vede la variante approvata ai sensi del DSG n. 29 del 06/04/2023 ed entrata in vigore il 03/05/2023.

Tra gli strumenti di valenza conoscitiva, normativa e tecnico operativa ci sono **le fasce fluviali e fasce di inondabilità.**

All'interno del Piano di Tutela dal rischio idrogeologico del bacino del torrente Polcevera sono presenti le **Norme di Attuazione**, strumento normativo atto a definire la fattibilità degli interventi nelle aree a rischio.

Il piano definisce 4 livelli di fasce di inondabilità:

- **Fascia A** – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni;
- **Fascia B** – pericolosità idraulica media (Pi2): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni;
- **Fascia C – pericolosità idraulica bassa (Pi1):** aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento;
- **Fascia B* (ovvero A*):** aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.

Nell'immagine a seguire si riporta uno stralcio di inquadramento dell'area di intervento in sovrapposizione alle fasce di inondabilità.

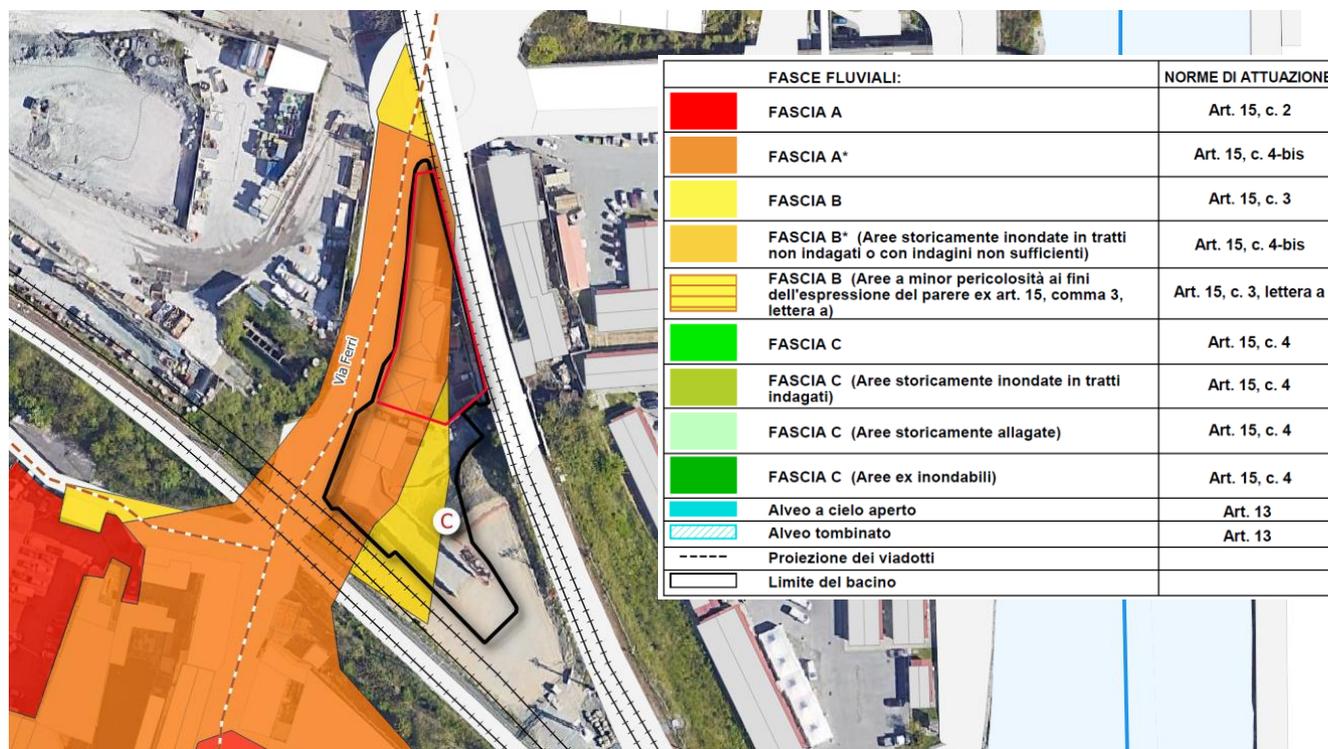


Figura 2 - Aree inondabili – fasce Fluviale del Piano di Bacino Torrente Polcevera.

Come si può osservare, l'area di intervento si inserisce in parte tra la fascia di tipo A* e B.

Si riporta di seguito quanto espressamente scritto nelle Norme di Attuazione vigenti.

• **Art. 15 Fasce di inondabilità**

a) **Fascia A (TR50), NON** sono consentiti:

- interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo[...]; **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;
- l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e **la sistemazione di aree che comportino la permanenza o la sosta di persone**, salvi gli interventi inseriti nell'ambito di parchi urbani o di aree di verde attrezzato, come individuati dagli strumenti urbanistici comunali vigenti, [...];

- la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, **fatti salvi gli interventi necessari** ai fini della tutela della pubblica incolumità e **quelli relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole della Provincia**, 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;
- b) Fascia B (TR200), NON** sono consentiti:
- gli interventi di nuova edificazione nonché di ristrutturazione urbanistica, [...], salvi i casi in cui gli stessi siano corredati da parere favorevole della Provincia, ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, [...];
 - interventi di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, [...], fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia, [...], purché non aumentino la vulnerabilità degli edifici stessi rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e di accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile;
 - 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.
- c) Fascia C (TR500)**, 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.
- d) Fascia B* (ovvero A*)**, a seguito di adeguato studio idraulico, che individui le fasce di inondabilità delle aree secondo i criteri di cui all'allegato 3, sono consentiti gli interventi compatibili con la disciplina prevista nelle diverse fasce individuate.

La mappa a seguire mostra gli eventi alluvionali che hanno interessato l'area ed è un estratto della Mappa di aree Inondabili e delle aree storicamente inondate reperibili dalla cartografia del Piano di Bacino del Torrente Polcevera.

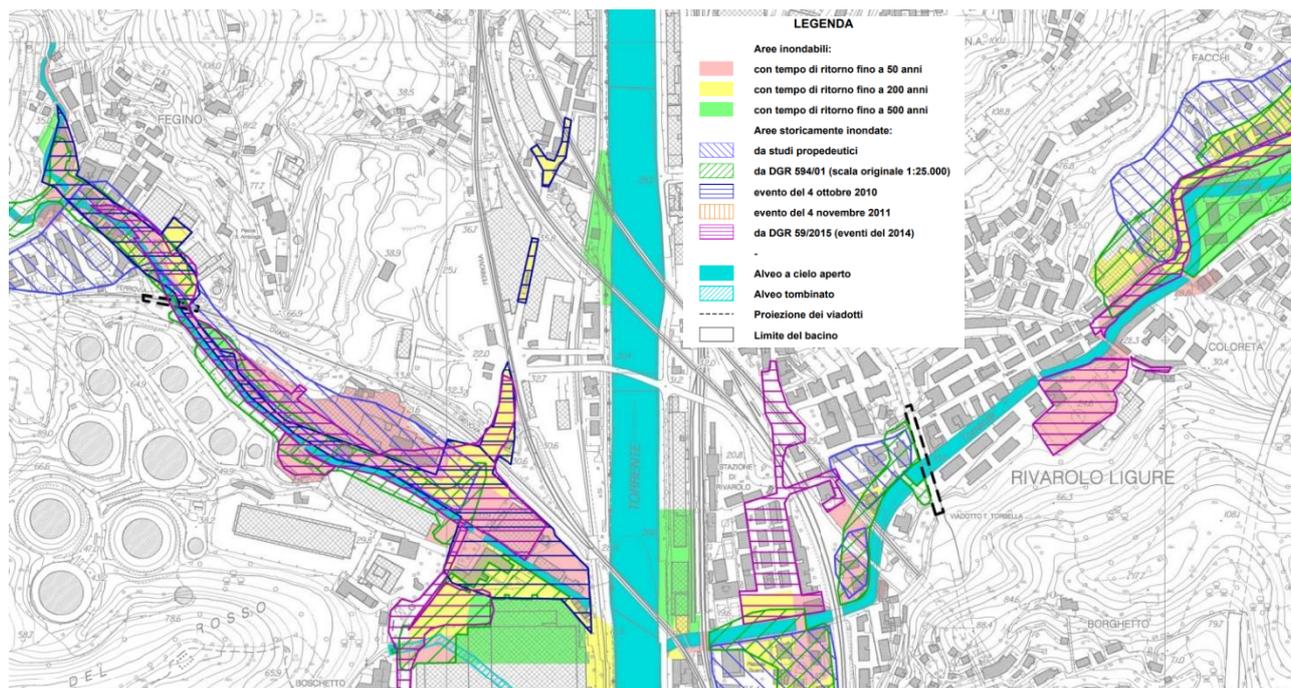


Figura 3 – Aree storicamente inondabili.

2.2. PGRA – Autorità di Bacino Appennino Settentrionale

Il **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)** è lo strumento operativo di riferimento dell'Autorità di bacino distrettuale per la mappatura delle aree a pericolosità e a rischio di alluvione e per individuare le misure da attuare per ridurre le conseguenze negative delle alluvioni nei confronti della salute umana, della salvaguardia del territorio, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') ed è stato recepito nell'ordinamento legislativo italiano con D. Lgs. n. 49/2010. Il PGRA costituisce, inoltre, lo stralcio del Piano di bacino distrettuale, previsto dall'art. 65 del D.Lgs. 152/06, in materia di alluvioni.

Il PGRA è elaborato dall'Autorità di bacino distrettuale in quanto svolge il ruolo di Autorità Competente primaria ai fini degli adempimenti legati alla Direttiva Alluvioni. All'Autorità di bacino sono affiancate ulteriori autorità con diversi ruoli e funzioni, quali le Regioni, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, l'ISPRA e il Dipartimento della Protezione Civile.

L'elaborazione dei PGRA è temporalmente organizzata secondo **cicli di pianificazione** in quanto la Direttiva prevede che i Piani siano riesaminati e, se del caso, aggiornati ogni sei anni. Il primo ciclo ha avuto validità per il periodo 2015-2021.

Il PGRA è stato redatto per la prima volta nel 2015 e viene riesaminato e aggiornato ogni 6 anni. Il primo aggiornamento del PGRA è stato redatto nel 2021.

Come previsto dalla Direttiva Alluvioni, ogni ciclo di pianificazione si articola nelle seguenti fasi:

- Valutazione preliminare del rischio di alluvione e definizione delle aree a potenziale rischio significativo (APSEFR)
- Mappe della pericolosità e mappe del rischio di alluvioni
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

Con **delibera n. 26 del 20 dicembre 2021**, la Conferenza Istituzionale Permanente, ai sensi degli articoli 65 e 66 del d.lgs. 152/2006, ha adottato il **primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni 2021-2027** – secondo ciclo di gestione – del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, che è stato successivamente approvato, ai sensi degli articoli 57, 65 e 66 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con d.p.c.m. 1 dicembre 2022, pubblicato sulla [Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7.02.2023](#).

Di seguito si riporta l'inquadramento dell'area di intervento di Via Ferri, in sovrapposizione alle mappe degli scenari di pericolosità idraulica. Le mappe di allagamento disponibili dal sito dell'autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale sono revisionate in data 23/12/2024 - DSG 53-54/24.

Si mostrano i tre scenari di probabilità di inondazione scarsa (P1), media (P2) ed elevata (P3). L'area di interesse è condizionata dai regimi idrologici e idraulici delle torrente Polcevera, corso principale e dal Rio Pianego, suo affluente di destra.

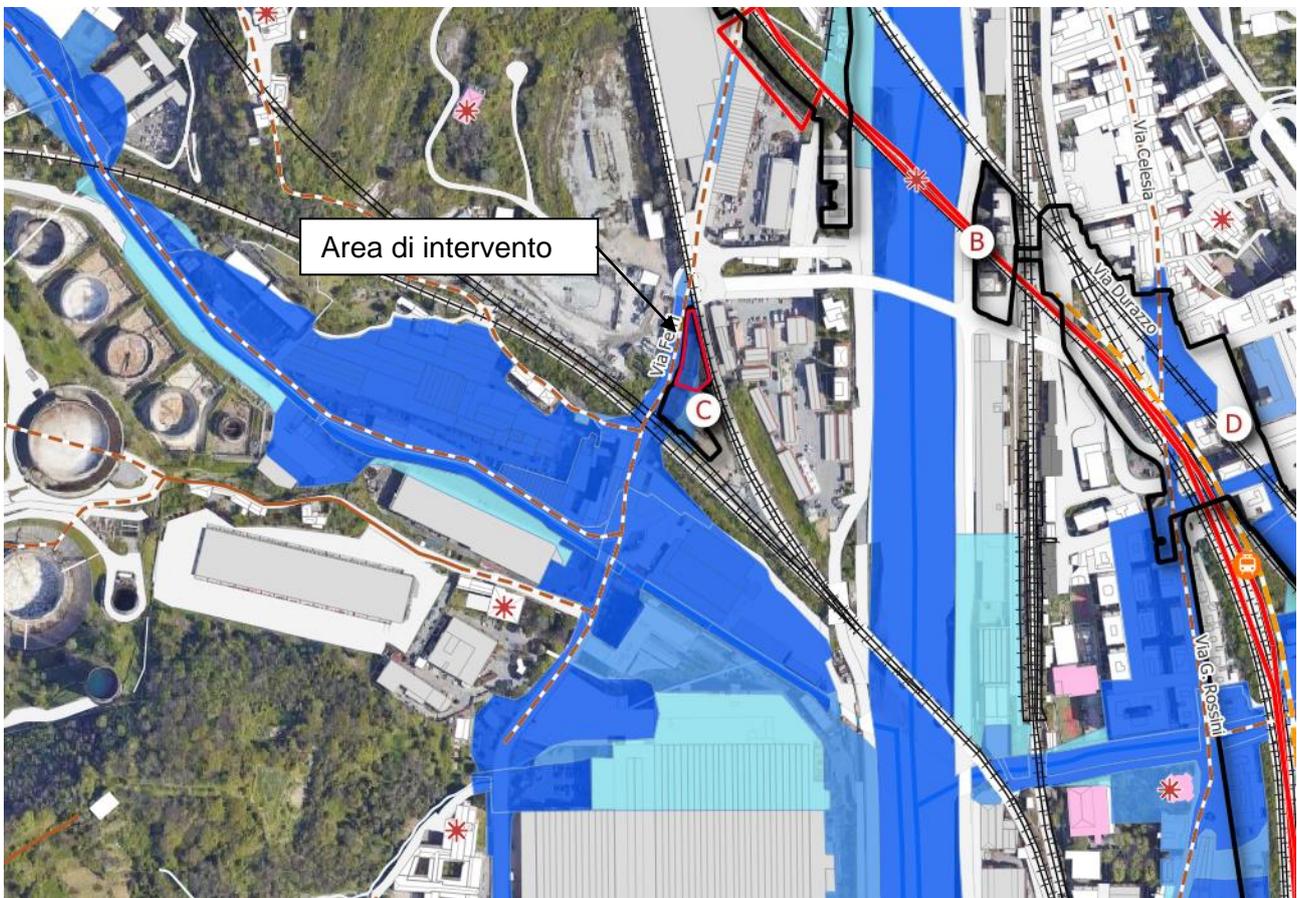


Figura 4 – Aree di pericolosità idraulica – PGRA ADBAS.

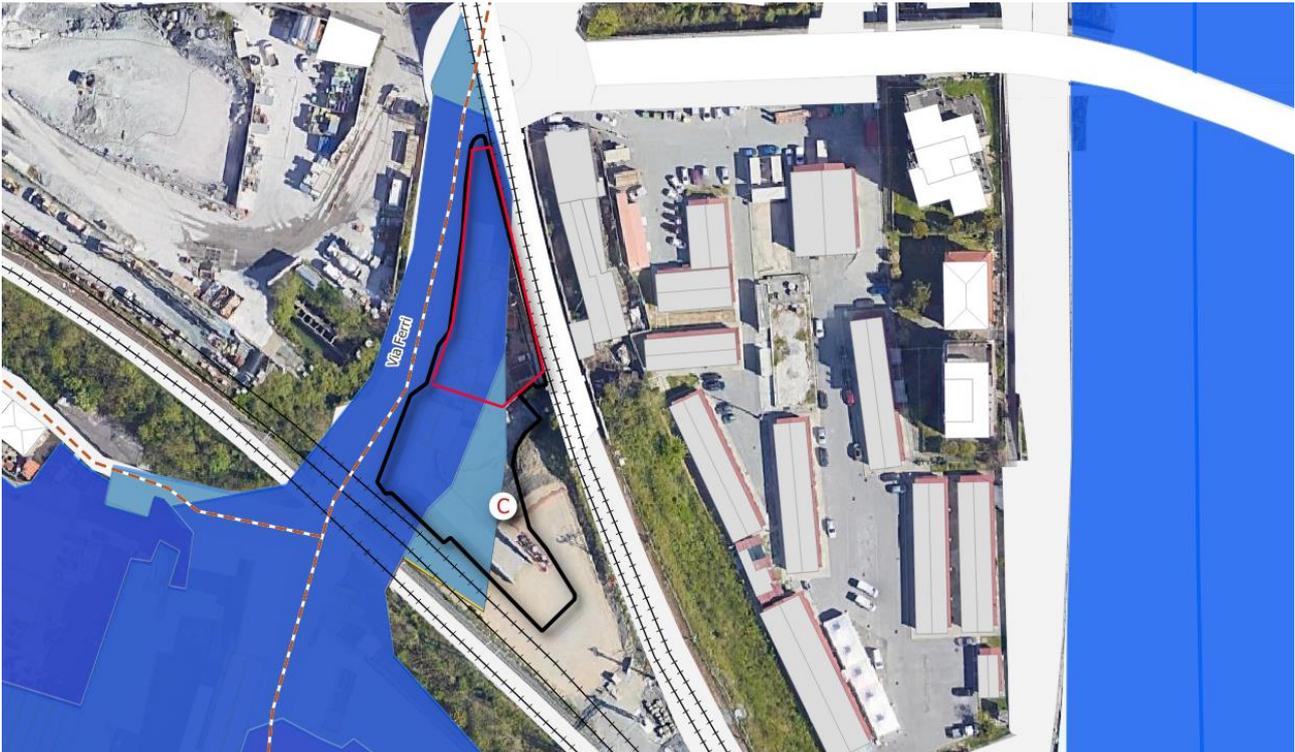


Figura 5 – Zoom su area di intervento - Aree di pericolosità idraulica – PGRA ADBAS.

Come si osserva dalle immagini l'intervento ricade in area P3 e P2. Le Mappe di pericolosità sono strettamente correlate alle fasce di inondabilità definite nel Piano di Bacino.

2.3. Criteri e misure per la compatibilità idraulica e per la gestione del rischio idraulico

Come si evince nei paragrafi precedenti, l'intervento si inserisce in un'area perimetrata come fascia di inondabilità di tipo A* e in minima parte in fascia di tipo B definite nel Piano di Bacino del Torrente Polcevera. Esatta corrispondenza si ritrova nelle mappe di pericolosità definite dal Piano di gestione Rischio alluvioni, che definiscono le medesime aree come fasce di pericolosità P3 e P2.

In questa zona, le fasce sono così definite non per riscontro modellistico (Fasce A) ma per perimetrazione di natura geomorfologica e derivante da alluvione e ed eventi storici (Fasce A*) che hanno riportato evidenza delle potenzialità di allagamento della zona.

L'intervento di Via Ferri ha l'obiettivo di riqualificare dal punto di vista urbanistico un'area limitrofa alla linea ferroviaria e in pericolosità idraulica da potenziale allagamento. Ad oggi sono presenti degli edifici destinati a civile abitazione e attività commerciali, i quali verranno demoliti e ri-dislocati.

L'intervento quindi mira a:

- eliminare la permanenza di persone nell'area;
- eliminare il carico insediativo/abitativo della superficie (assenza di residenti);
- generare un'area fruibile ma non destinata alla sosta e permanenza di persone.

Data la vulnerabilità della zona, l'area di parcheggio in progetto verrà presidiata con sistemi di protezione passiva quali:

- Apporre adeguata cartellonistica indicante "area allagabile";
- "chiusura" del parcheggio in caso di allerta ROSSA e in aggiunta a quanto detto - data la presenza del rio Fegino - anche in caso di allerta ARANCIONE per TEMPORALI;
- obbligo ai conducenti di spostare le auto parcheggiate verso aree sicure PRIMA dell'inizio dell'allerta ARANCIONE/ROSSA;
- consiglio a chi utilizza il parcheggio di tenersi comunque informato tramite i canali ufficiali (ad es. Telegram).

Tali prescrizioni dovranno essere riportate su cartellonistica ben visibile all'interno del parcheggio, eventualmente sia in ingresso che in uscita.

Si prevede inoltre di rialzare il sedime del parcheggio di circa 30 cm rispetto all'attuale piano stradale per ridurre le condizioni di rischio idraulico dell'area in progetto.

3. ANALISI IDROLOGICA

Nel presente capitolo viene descritto l'approccio metodologico adottato per lo studio delle precipitazioni nell'area di interesse, analisi fondamentale e propedeutica per il dimensionamento idraulico delle reti di smaltimento delle acque meteoriche dell'intervento in progetto.

3.1. Inferenza statistica

In particolare, lo studio segue l'analisi delle precipitazioni registrate dai pluviometri prossimi all'area ed in particolare i dati disponibili presso il pluviometro di Genova – Bolzaneto il quale ha mostrato un'ampiezza di dati che vanno dal 2001 al 2024 e dunque e tali da coprire anche gli eventi alluvionali più recenti.

È stato possibile reperire i massimi di precipitazione annua per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore utili per lo sviluppo di un'inferenza statistica. Nella tabella a seguire si riportano i dati disponibili presso il pluviometro indagato.

Tabella 1 – Massimi annui per durate 1, 3, 6, 12, 24 ore – Pluv. Genova – Bolzaneto.

Anni	1h	3h	6h	12h	24h
2001	19.4	19.6	36.4	50.2	51.2
2002	29.8	50.6	61.8	101.0	113.4
2003	29.8	64.0	102.2	122.6	143.6
2004	16.0	22.2	28.4	48.2	62.6
2005	36.6	36.6	58.6	72.2	80.6
2006	41.0	61.0	88.0	113.6	168.8
2007	39.4	39.4	39.4	55.6	84.8
2008	35.6	43.6	43.8	68.0	90.8
2009	30.2	51.4	82.0	96.4	104.0
2010	82.6	191.0	266.8	293.4	295.6
2011	45.4	66.4	78.4	91.6	114.2
2012	34.2	36.6	59.0	88.2	108.6
2013	39.6	69.4	70.4	70.6	115.4
2014	92.4	151.2	189.2	207.2	240.4
2015	50.2	55.6	75.2	92.4	106.4
2016	28.4	53.0	74.6	96.4	133.4
2017	19.0	40.6	64.0	86.2	108.8
2018	38.2	52.8	80.0	124.6	159.8
2019	102.0	148.4	182.2	206.6	263.0
2020	72.8	79.2	84.0	84.0	107.4
2021	41.6	93.2	116.0	133.2	133.2
2022	71.8	97.2	103.2	105.2	105.2
2023	70.8	86.0	130.6	154.0	162.6
2024	51.2	58.6	62.4	78.0	113.0

Al fine di ricavare le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica relative ad eventi critici, sono stati utilizzate le metodologie di Gumbel, sui dati raccolti negli anni dalla stazione meteorologica di Genova – Bolzaneto. L'analisi delle piogge definite sub-orarie con durata inferiore all'ora è stata poi effettuata con la formulazione empirica di Bell.

- **Metodologia di Gumbel**

La metodologia di Gumbel è un approccio probabilistico utilizzato per modellare il comportamento dei valori estremi di una variabile aleatoria. Essa si basa sulla distribuzione di Gumbel, una distribuzione di valori estremi di tipo I, che è un caso particolare della famiglia delle distribuzioni generalizzate dei valori estremi (GEV) con parametro di forma $\xi = 0$.

Questa distribuzione è particolarmente utile per modellare il massimo di una serie di osservazioni indipendenti e identicamente distribuite (iid) tratte da una distribuzione qualsiasi con coda di distribuzione decrescente in modo esponenziale.

La funzione di distribuzione cumulativa (CDF) della distribuzione di Gumbel è definita come:

$$F(x) = e^{-e^{-\left\{-\left(\frac{x - \mu}{\beta}\right)\right\}}}$$

dove μ è il parametro di posizione, β è il parametro di scala e x rappresenta la variabile casuale dell'evento idrologico considerato.

La corrispondente funzione di densità di probabilità (PDF) è:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\left\{-\left(\frac{x - \mu}{\beta}\right)\right\}} e^{-\left\{-\left(\frac{x - \mu}{\beta}\right)\right\}}$$

Per stimare i parametri della distribuzione di Gumbel si possono adottare diversi metodi, tra cui il metodo dei momenti e il metodo della massima verosimiglianza. Nel primo, si utilizzano la media campionaria \bar{x} e la deviazione standard "s" per stimare μ e β :

$$\beta \approx \frac{s\sqrt{6}}{\pi}, \quad \mu \approx \bar{x} - \beta\gamma$$

Con $\gamma = 0.5772$ e \bar{x} e s sono rispettivamente la media e la deviazione standard dei valori massimi annuali per ciascuna durata.

Sviluppando l'equazione per il campione $x(Tr)$ si ottiene:

$$h = \mu + \beta \left(-\ln \left(\ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right) \right)$$

dove m e s sono rispettivamente la media e la deviazione standard dei valori massimi annuali per ciascuna durata.

Si riporta di seguito i valori di media e deviazione standard calcolati per ciascuna durata di precipitazione.

		1h	3h	6h	12h	24h
Media	m	45.16	67.59	88.39	107.58	129.30
Deviazione standard	s	24.00	42.07	54.82	56.89	59.91

Per ciascun tempo di ritorno quindi si è valutata l'altezza di precipitazione e ottenuto gli indici idrologici delle LSPP per eventi con durata superiore a 1 ora.

	Altezze di pioggia [mm]				
	1h	3h	6h	12h	24h
T_R10	76.47	122.47	159.91	181.80	207.46
T_R25	94.22	153.57	200.44	223.85	251.75
T_R50	107.38	176.64	230.51	255.05	284.61
T_R100	120.45	199.54	260.35	286.02	317.22
T_R200	133.46	222.35	290.09	316.88	349.72
T_R300	141.07	235.68	307.45	334.90	368.69

1h - 24h	T _R [yrs]	10	25	50	100	200	300
	n	0.315	0.309	0.306	0.304	0.303	0.302
	a = exp(A)	82.540	103.010	118.198	133.275	148.298	157.073

3.2. Analisi di eventi con durata sub-oraria

In bacini di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa e poco rappresentativa. Nel caso oggetto della presente relazione per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, per tempi inferiori ad un'ora, è stata utilizzata la formula di Bell ("Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969). Bell ha osservato che i rapporti r_δ tra le altezze di durata e τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

Tabella 2 - Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora – U.S. Water Bureau

τ (minuti)	5	10	15	30
$r_\delta = h_\tau / h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

Bell ha osservato che i rapporti tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano, tant'è che tale formula viene utilizzata a livello globale.

La formula risulta essere:

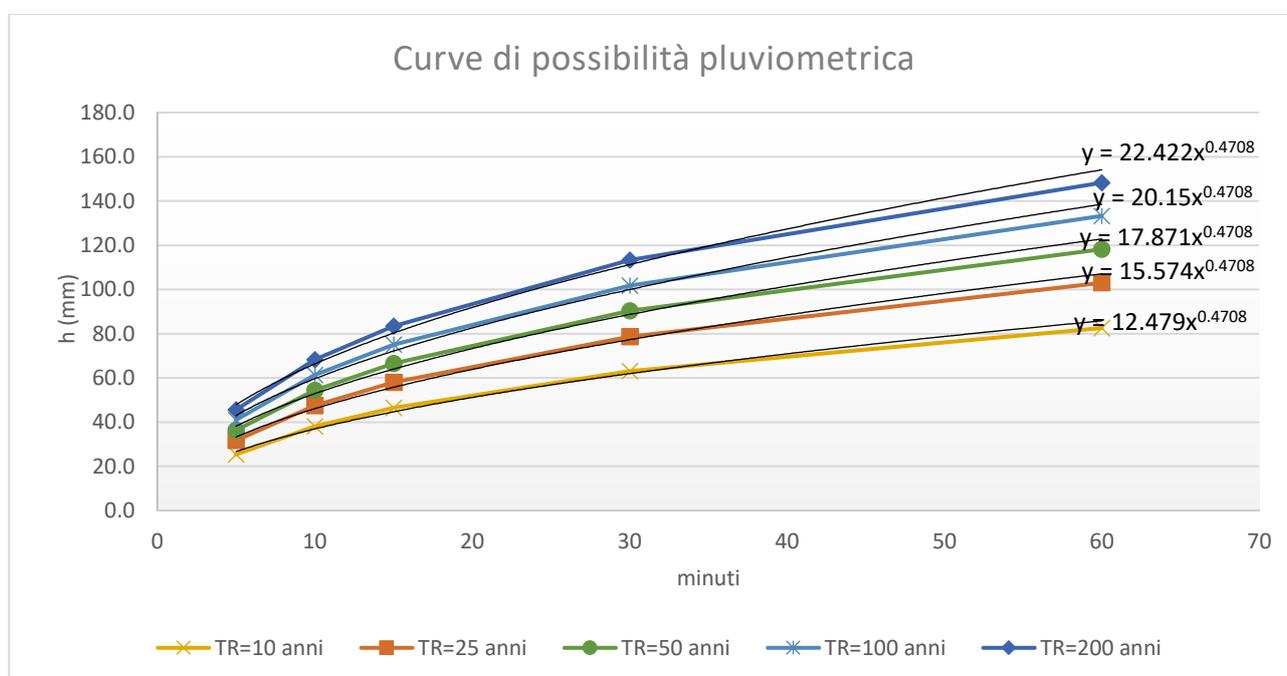
$$\frac{h_{\tau,TR}}{h_{60,TR}} = 0.54 \tau^{0.25} - 0.50$$

La seguente tabella riepilogativa riporta le altezze di pioggia per diverse durate di pioggia inferiori ai 60 minuti, per diversi tempi di ritorno.

Tabella 3 – Altezze di precipitazione.

t (ore)	5 min	10 min	15min	30 min	60 min
T=10 anni	26.6	36.9	44.7	61.9	85.8
T=25 anni	33.2	46.1	55.7	77.3	107.1
T=50 anni	38.1	52.8	64.0	88.6	122.9
T=100 anni	43.0	59.6	72.1	99.9	138.5
T=200 anni	47.8	66.3	80.2	111.2	154.1
T=300 anni	50.7	70.2	85.0	117.8	163.3

5 min - 60 min	TR [yrs]	10	25	50	100	200	300
	n	0.471	0.471	0.471	0.471	0.471	0.471
	a = exp(A)	85.789	107.065	122.851	138.521	154.136	163.256



Per lo stato di progetto si prenderanno in considerazione gli eventi estremi corrispondenti ad un tempo di ritorno di 50 anni. Si riporta di seguito una tabella riepilogativa degli indici pluviometrici adottati.

Tabella 4 – Indici pluviometrici di progetto.

Parametri LSPP				
Pluv. Genova - Bolzaneto			TR25	TR50
LSPP < 1 h	a	[mm]	107.1	122.85
	n	[-]	0.471	0.471
LSPP > 1 h	a	[mm]	103.0	118.19
	n	[-]	0.309	0.306

3.3. Tempo di corrivazione

Al fine di massimizzare la risposta idraulica del bacino si ricerca la durata di pioggia critica che, secondo il Metodo Razionale corrispondente al tempo di corrivazione. Il tempo di corrivazione è definito come il tempo necessario a una goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più distante dalla sezione di chiusura che sottende il sottobacino di studio, a raggiungere la sezione di chiusura stessa.

La valutazione del tempo di corrivazione è anche definibile come la somma tra il tempo di accesso alla rete T_a ed il tempo di rete T_r .

Il tempo di rete viene stimato mediante l'equazione del Civil Engine Department e sviluppata per bacini molto piccoli.

Ricordando che τ (ore) = τ (secondi)/3.600, l'espressione (2.1) diventa:

$$\tau_c = \left[26,3 \frac{(L/K_s)^{0,6}}{3600^{(1-n)0,4} \cdot a^{0,4} \cdot i^{0,3}} \right]^{1/(0,6+0,4n)} \quad (2.3)$$

con i parametri espressi mediante le seguenti dimensioni:

τ_c in s
 L in m
 K_s in $m^{1/3}/s$
 a in $m \cdot ore^{-n}$
 n adimensionale
 i adimensionale.

La formulazione fornisce una stima del tempo di rete prendendo in considerazione tra i parametri gli indici pluviometrici, la lunghezza della rete dal punto idraulicamente più lontano alla sezione di chiusura, e il coefficiente di scabrezza della tubazione assunto pari a $90 m^{1/3}/s$.

Dalla citata formulazione ne risulta che il tempo di rete (stimato per un evento con T_r 25 anni ma trasferibile e assimilabile anche per altri tempi di ritorno) si attesta a circa 2 minuti.

Considerando poi un tempo di accesso in rete del medesimo ordine di grandezza, assunto pari a 3 minuti, si osserva un tempo di corrivazione di 5 minuti.

3.4. Evento di progetto

Dall'analisi svolta quindi, considerando un evento pluviometrico associato ad un tempo di ritorno di 50 anni e una durata critica sub-oraria pari a 5 minuti, si assiste ad un evento con altezza di precipitazione di 38.1 mm.

Recentemente l'ISPRA (rif. "Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali", 2015) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli. Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione.

Da tali studi, Si osserva un aumento delle precipitazioni dell'8.7% negli anni 1981-2010 e del 6.1% nell'ultimo trentennio 2001-2030 (ancora in corso), rispetto al periodo 1961-1990. Con riferimento al valore massimo di precipitazione giornaliera misurato su Genova - Bolzaneto, applicando la variazione (massima) +20 mm prevista dall'ISPRA, negli anni futuri si avrebbe un aumento della precipitazione giornaliera del 4.5% circa, per ogni orizzonte temporale considerato, in accordo anche alla tendenza degli ultimi 60 anni.

In linea con quanto descritto, si è ricercato i valori di altezza di precipitazione incrementati di un fattore di +4.5 % per tenere in considerazione gli eventi estremi dettati dai cambiamenti climatici.

Tabella 5 – altezze di precipitazione per piogge sub-orarie ottemperanti ai criteri sul climate change (+ 4.5%)

t (ore)	5 min	10 min	15min	30 min	60 min
T=10 anni	27.8	38.6	46.7	64.7	89.6
T=25 anni	34.7	48.1	58.2	80.7	111.9
T=50 anni	39.8	55.2	66.8	92.6	128.4
T=100 anni	44.9	62.3	75.4	104.4	144.8
T=200 anni	50.0	69.3	83.9	116.2	161.1
T=300 anni	52.9	73.4	88.8	123.1	170.6

4. ANALISI DI TRASFORMAZIONE DEL SEDIME DI INTERVENTO

L'intervento si colloca in un'area ad oggi antropizzata e caratterizzata dalla presenza di edifici di civile abitazione e attività commerciali.

La variazione di destinazione d'uso del suolo porta a una variazione della risposta idraulica dell'area stessa. I criteri riguardo alla "Permeabilità e efficienza idraulica dei suoli - Invarianza idraulica" sui nuovi interventi o adeguamento di aree esistenti, viene disciplinato dall'Art. 14 – *Norme di rilevanza ambientale comma 3* del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova. In particolare si legge che *"..gli interventi di ristrutturazione urbanistica, di nuova costruzione [...], devono garantire il miglioramento dell'efficienza idraulica, nel rispetto delle disposizioni di seguito definite."*

Dal punto di vista di gestione e smaltimento delle acque meteoriche e quindi relativamente ai volumi generati sull'area di interesse in occasione di un evento idrologico, l'intervento andrà a portare delle migliorie eliminando buona parte delle aree pavimentate oggi presenti e generando una nuova superficie fruibile caratterizzata prevalentemente da pavimentazioni di tipo semipermeabile capace di agevolare l'infiltrazione e limitare i volumi di ruscellamento.

Oltre modo, sempre all'Art. 14 comma 3 del Piano Urbanistico Comunale si legge che *"Con riguardo in particolare ai parcheggi a raso, la presente disposizione non si applica nel caso in cui il progetto non comporti opere edilizie e riguardi aree già precedentemente asfaltate/impermeabilizzate sulla base di un titolo edilizio o comunque nel rispetto della normativa edilizio urbanistica."*

Le misure di invarianza idraulica risultano intrinsecamente verificate andando in ogni caso a ridurre il carico idraulico allo scarico nel recettore individuato.

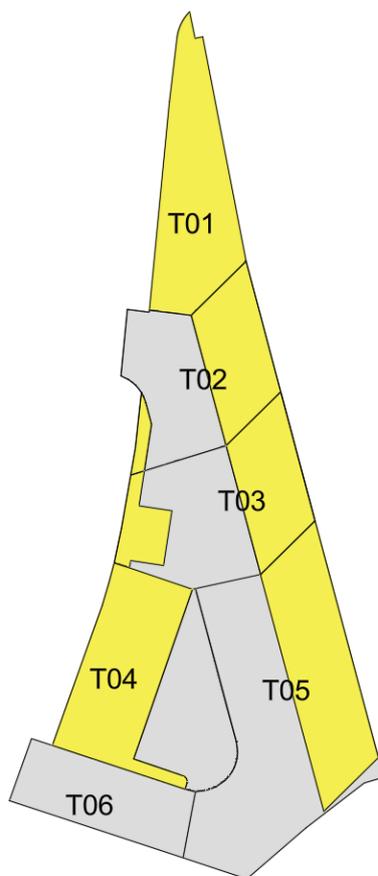


Figura 7 – Definizione delle superfici con diversa caratteristica di permeabilità.

Nella tabella seguente si mostrano le estensioni di tali superfici per ciascuna sotto area con relativo coefficiente di deflusso adottato.

Tabella 6 – Riepilogo aree.

ID	Permeabile		Semipermeabile		Impermeabile		Area efficace
	A [mq]	ψ [-]	A [mq]	ψ [-]	A [mq]	ψ [-]	
T01			97.5	0.7		0.9	68.25
T02			56.5	0.7	61.5	0.9	94.9
T03			68.5	0.7	65.2	0.9	106.63
T04			92.6	0.7	63.34	0.9	121.826
T05			93	0.7	138.41	0.9	189.669
T06				0.7	66.8	0.9	60.12
Tot.							641.395

I valori assunti per i coefficienti di deflusso sono $\psi = 0.9$ per le superfici pavimentate in conglomerato bituminoso e $\psi = 0.7$ per le aree stalli e fascia di compenso dove si hanno superfici semipermeabili.

5. ANALISI IDRAULICA DELLA RETE

A supporto dell'infrastruttura in progetto si dispone una rete di smaltimento delle acque meteoriche. Questa è caratterizzata da un sistema di raccolta con caditoie poste nelle linee di compluvio definiti tra la sede stradale e gli stalli. Le acque, convogliate verso le caditoie mediante sistemi di zanelle, adducono al collettore di allontanamento posto al di sotto del corsello principale.

5.1. Dimensionamento e verifica della rete

L'analisi della rete viene condotta per un evento pluviometrico intenso con tempo di ritorno di 25 anni e durata critica di 5 minuti, evento che massimizza la risposta idraulica del bacino e massimizza la portata generata in tubazione.

Per ciascuna sotto area e dunque per ciascun tratto di tubazione viene calcolata la portata mediante il metodo razionale:

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot \frac{\varphi \cdot A \cdot h(T_c)}{T_c}$$

Dove φ è il coefficiente di deflusso [-] della superficie considerata, A è la superficie espressa in km^2 e $h(T_c)$ l'altezza di precipitazione di progetto riferita a una durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

Note le portate di progetto, la verifica dei rami di tubazione viene effettuata in moto uniforme con la formula di Chezy per il moto uniforme:

$$Q = K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot A$$

Dove:

- Q [m^3/s]: portata della tubazione;
- K_s [$m^{1/3}/s$]: coefficiente di Gauckler-Strickler, assunto per la tubazione in PVC-UD pari a 100 $m^{1/3}/s$;
- R [m]: raggio idraulico della sezione dello scatolare per la portata di progetto (grado di riempimento massimo assunto pari all'70%);
- i [m/m]: pendenza della tubazione;
- A [m^2]: area bagnata della tubazione.

Viene fissata la pendenza delle tubazioni al valore di 1% agevolata anche dalla pendenza, collocando la rete al di sotto della pavimentazione stradale, e garantire la pendenza minima necessaria per un autolavaggio della condotta stessa oltre che a garantire un riempimento delle tubazioni non superiore al 75%.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa con le grandezze idrauliche di progetto per ciascun tratto di collettore dimensionato. Per un maggior dettaglio si rimanda alla planimetria di progetto riportata nell'elaborato grafico AC_ID_A001_10_5263.

• VERIFICA TUBAZIONI – Tempo di ritorno 50 anni, durata di 5 min;

TABELLA VERIFICA RETE FOGNARIA ACQUE METEORICHE															
	SUPERFICI									PORTATA				TUBAZIONE	
	Superficie tipo 2	Superficie tipo 3	Superficie TOTALE direttamente afferente alla tubazione	Coefficiente di deflusso medio ponderato	Superficie TOTALE EFFICACE direttamente afferente alla tubazione	Portata del sottobacino afferente direttamente alla tubazione	Contributi di portata da monte	Portata di verifica totale nella tubazione	Tipologia materiale	Pendenza	Diametro esterno adottato	Diametro interno adottato	Battente massimo nella tubazione	Velocità nella tubazione	Gradi di riempimento tubazione
Descrizione superficie	Strada	Pavimentazione semipermeabile				$Q_{\text{SOTTOBACINO}}$	$Q_{\text{TOTALE DA MONTE}}$	Q_{VERIFICA}	A / B	i	Dest adottato	$\epsilon_{\text{INT ADOTTATO}}$	h	v	G.R.
Coefficiente di deflusso	0.9	0.7													
# Tratto di tubazione	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[l/s]	[l/s]	[l/s]		[%]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[%]
T01	0	97.5	97.5	0.70	68.25	8.67	0.00	8.67	A	1.00%	250	235.4	58	1.04	25%
T02	61.5	56.5	118	0.80	94.9	12.06	8.67	20.73	A	1.00%	250	235.4	91	1.34	39%
T03	65.2	68.5	133.7	0.80	106.63	13.55	20.73	34.27	A	1.00%	315	296.6	108	1.51	36%
T04	63.34	92.6	155.94	0.78	121.826	15.48	0.00	15.48	A	1.00%	250	235.4	78	1.24	33%
T05	138.41	93	231.41	0.82	189.669	24.10	49.75	73.85	A	1.00%	400	376.6	147	1.84	39%
T06	66.8	0	66.8	0.90	60.12	7.64	73.85	81.49	A	1.00%	400	376.6	155	1.89	41%

• VERIFICA TUBAZIONI – Tempo di ritorno 50 anni amplificato del fattore di scala per Climate Change, durata di 5 min;

TABELLA VERIFICA RETE FOGNARIA ACQUE METEORICHE															
	SUPERFICI					PORTATA			TUBAZIONE						
	Superficie tipo 2	Superficie tipo 3	Superficie TOTALE direttamente afferente alla tubazione	Coefficiente di deflusso medio ponderato	Superficie TOTALE EFFICACE direttamente afferente alla tubazione	Portata del sottobacino afferente direttamente alla tubazione	Contributi di portata da monte	Portata di verifica totale nella tubazione	Tipologia materiale	Pendenza	Diametro esterno adottato	Diametro interno adottato	Battente massimo nella tubazione	Velocità nella tubazione	Gradi di riempimento tubazione
Descrizione superficie	Strada	Pavimentazione semipermeabile				$Q_{\text{SOTTOBACINO}}$	$Q_{\text{TOTALE DA MONTE}}$	Q_{VERIFICA}	A / B	i	Dest adottato	$\epsilon_{\text{INT ADOTTATO}}$	h	v	G.R.
Coefficiente di deflusso	0.9	0.7				[l/s]	[l/s]	[l/s]		[%]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[%]
# Tratto di tubazione	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]										
T01	0	97.5	97.5	0.70	68.25	9.05	0.00	9.05	A	1.00%	250	235.4	59	1.06	25%
T02	61.5	56.5	118	0.80	94.9	12.59	9.05	21.64	A	1.00%	250	235.4	93	1.35	39%
T03	65.2	68.5	133.7	0.80	106.63	14.15	21.64	35.79	A	1.00%	315	296.6	110	1.53	37%
T04	63.34	92.6	155.94	0.78	121.826	16.16	0.00	16.16	A	1.00%	250	235.4	80	1.25	34%
T05	138.41	93	231.41	0.82	189.669	25.16	51.95	77.12	A	1.00%	400	376.6	150	1.86	40%
T06	66.8	0	66.8	0.90	60.12	7.98	77.12	85.09	A	1.00%	400	376.6	159	1.91	42%

5.2. Recapito in pubblica fognatura

In Via Ferri è presente un collettore fognario di acque meteoriche che si sviluppa in direzione Nord-Sud. La linea è di gestione IRETI s.p.a. Si riporta a seguire uno stralcio planimetrico del sottoservizio, scaricabile dal portale IRETI.

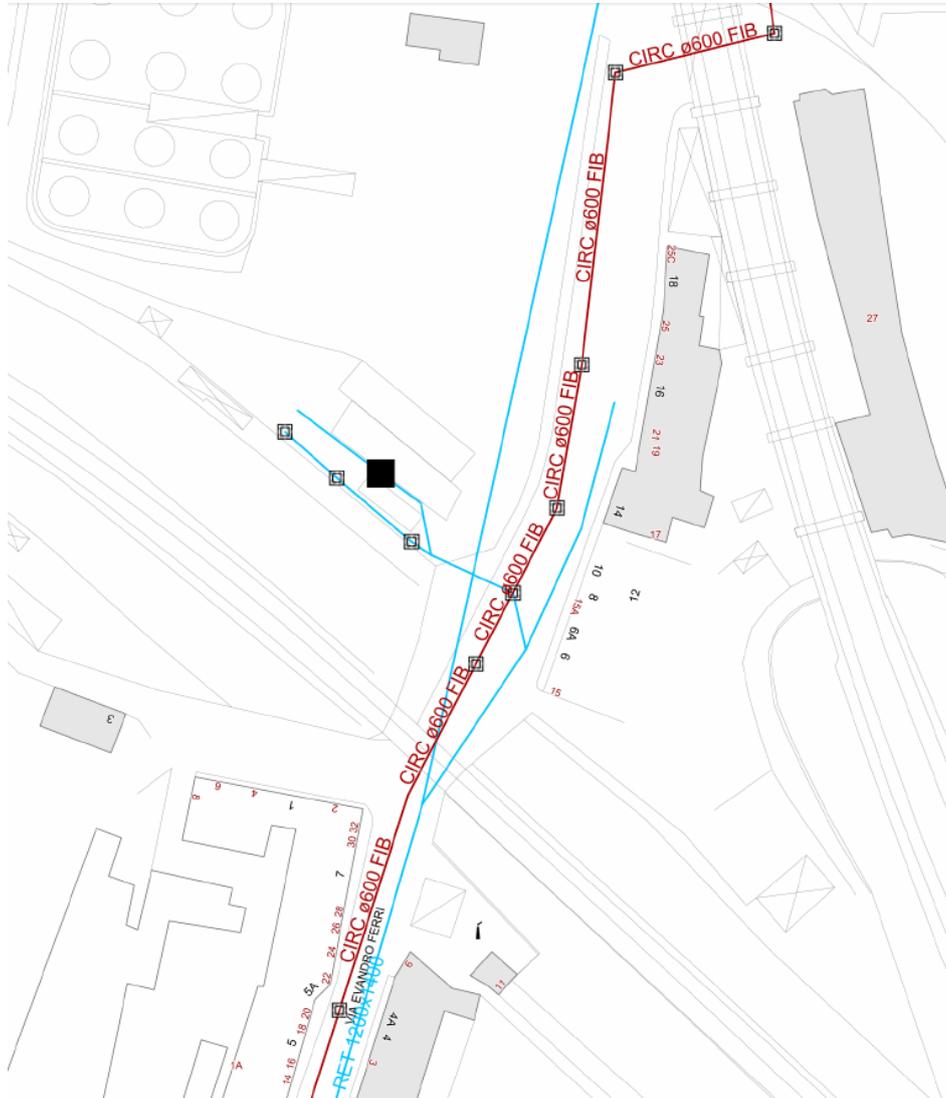


Figura 9 – Planimetria reti fognarie esistenti.

Come si può osservare la rete marcata in celeste, di acque bianche, assume le dimensioni di uno scatolare di dimensioni 1200x1400 mm a valle del ponte a seguito della confluenza di due linee, una proveniente da Nord e una a servizio degli edifici e attività commerciali previste in demolizione nel presente intervento. Nella presente fase non è stato possibile indagare la quota esatta della fognatura di recapito ma da documentazioni messe a disposizione dalla stazione appaltante, relative ad un intervento RFI in area adiacente, si evince che il fondo scorrevole si attesti alla quota di 19.5 m s.l.m.

Il punto di recapito della rete a supporto del parcheggio esistente è quindi previsto sul ramo di collettore fognario oggi a servizio degli edifici esistenti nell'area ove sorgerà il nuovo parcheggio. Come accennato precedentemente, data la migioria apportata dall'intervento, in termini di uso del suolo e impermeabilizzazione dell'area, il carico idraulico che verrà convogliato non altererà le condizioni attuali, bensì diminuirà la portata in afflusso in condizioni di eventi pluviometrici.

5.3. Caratteristiche dei materiali

Le reti di smaltimento acque meteoriche, saranno realizzate con tubazioni circolari in PVC-U serie pesante SN8 per condotti di fognatura (interrate non in pressione). In ottemperanza ai CAM, Le tubazioni in materiale plastico devono essere prodotte con un contenuto di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, di almeno il 20% sul peso del prodotto.

Le tubazioni devono avere inoltre classe di rigidità anulare SN8 (pari a 8 KN/m²), misurata secondo EN ISO 9969. La tubazione dovrà essere prodotta da azienda operante in regime di qualità di produzione conforme alla norma UNI EN ISO 9001/2000 e in regime di qualità ambientale UNI EN ISO 14001/2008. Le barre dovranno essere dotate di giunzione a bicchiere o manicotto esterno con relative guarnizioni di tenuta in EPDM, conformi alla norma EN 681-1, da posizionare nella prima gola fra due corrugazioni successive dell'estremità di tubo da inserire nel bicchiere.

Le condotte, posate in scavi di adeguate dimensioni su letto di sabbia, sono successivamente rinfiancate e imbottite in sabbia. Gli scavi sono infine riempiti con materiale di risulta proveniente dagli scavi stessi, fino alla quota di posa della pavimentazione prevista. Sono previsti pozzetti di ispezione lungo la rete. I pozzetti sono quadrati prefabbricati in conglomerato cementizio, a tenuta per evitare ingressi esterni o perdite di acqua e con giunti e guarnizioni già predisposti per l'innesto delle tubazioni. I pozzetti sono completi di soletta di chiusura e di chiusino circolare in ghisa sferoidale classe D400, a norme UNI EN 124.

Sono previste caditoie costituite da struttura quadrata, prefabbricate in conglomerato cementizio, a tenuta per evitare ingressi esterni o perdite di acqua e con giunti e guarnizioni già predisposti per l'innesto delle tubazioni. Le griglie dovranno essere in ghisa sferoidale classe D400, a norme UNI EN 124.

Le canalette grigliate dovranno essere posate su letti di posa e successivamente rinfiancati in calcestruzzo magro. La sovrastante griglia è del tipo carrabile e dovrà essere in ghisa sferoidale classe D400, a norme UNI EN 124.

Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola dei particolari costruttivi AC_ID_N001_10_5263.