COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ALTA SORVEGLIANZA:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

GENERAL CONTRACTOR:

Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

# LEGGE N. 55 DEL 14/06/2019

# TRATTA AV/AC TERZO VALICO DEI GIOVI

## COLLEGAMENTO PARCO RUGNA/BETTOLO – BIVIO FEGINO VIA CAMPASSO
## TRATTA BIVIO FEGINO – EX BIVIO S. LIMBANIA
## PROGETTO DEFINITIVO

## CS02 - TRATTA DA PK 3+270 A PK 4+930 (FEGINO-CAMPASSO NORD)
## CORPO STRADALE FERROVIARIO
## Relazione idraulica

| GENERAL CONTRACTOR | ITALFERR S.p.A. | |
|---|---|---|
| Consorzio **Cociv** Ing. N. Meistro | | |

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N G 1 H | 0 2 | D | C V | R I | C S 0 2 0 0 | 0 0 1 | A |

Progettazione :

| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Progettista Integratore | Data | IL PROGETTISTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A00 | Emissione | COCIV | 10/09/2020 | COSTA MEDICH | 10/09/2020 | A. Mancarella | 10/09/2020 | Consorzio Collegamenti Integrati Veloci<br>Dott. Ing. Aldo Mancarella<br>Ordine Ingegneri Prov. TO<br>n. 6271 R |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | n. Elab.: | File: NG1H-02-D-CV-RI-CS-02-00-001-A00 |
|---|---|---|

CUP: F81H92000000008

**INDICE**

1 INTRODUZIONE....6
2 RIFERIMENTI NORMATIVI....6
3 INQUADRAMENTO GENERALE....7
3.1 Inquadramento idrologico....8
3.2 Caratteristiche delle aree interessate....12
4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA....14
4.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) – Autorità di Bacino Regionale della Liguria 14
4.2 Mappatura delle aree interessate da inondazioni nei mesi di ottobre e novembre 2014....19
4.3 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)....22
4.4 Verifica....24
5 ANALISI IDROLOGICA....26
6 SMALTIMENTO IDRAULICO....28
6.1 Tratti di linea con piattaforma su rilevato....28
6.2 Tratti di linea con piattaforma su soletta in c.a....30
6.3 Attraversamenti e sottovia....30
7 DIMENSIONAMENTO SUPERCOMPATTATO DRENANTE....32
7.1 Permeabilità del terreno....33
7.2 Dimensionamento sistema a dispersione....33
7.3 Permeabilità minima del terreno....36
8 TRATTO FEGINO-FERRI....38
9 TRATTO ROSSINI-POLCEVERA....39
10 ALLEGATO – SCALE DI DEFLUSSO....43

# INDICE DELLE FIGURE

*Figura 3.1 - Inquadramento territoriale con individuazione dell'area di intervento_____7*

*Figura 3.2 - Lotto 1 di progetto _____8*

*Figura 3.3 - Bacini regionali _____9*

*Figura 3.4 - Bacini della provincia di Genova_____9*

*Figura 3.5 - Bacino del Torrente Polcevera _____10*

*Figura 3.6 - Lotto 1 di progetto _____11*

*Figura 3.7 - Distretti idrografici della Liguria_____12*

*Figura 3.8 - Foto stato attuale tratta Campasso – ponte Polcevera_____13*

*Figura 4.1 - Stralcio "Carta delle fasce di inondabilità" area in progetto _____16*

*Figura 4.2 - Stralcio "Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate" area in progetto 21*

*Figura 4.3 - Stralcio "Carta di pericolosità delle alluvioni PGRA del Distretto Idrografico settentrionale" area in progetto_____23*

*Figura 4.4 - Stralcio "Carta degli interventi" area in progetto _____25*

*Figura 5.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora _____26*

*Figura 14: sezioni tipo con dispersione diretta nel terreno del rilevato _____29*

*Figura 16: esempio di sottovia esistente Pk 3+544 Via Dandolo_____31*

***Figura 17: esempio di sottovia esistente Pk 3+071 via Gastone Pisoni*** *_____31*

*Figura 18: fuso granulometrico del supercompattato_____32*

*Figura 19: risultati del calcolo per diversi tempi di precipitazione _____36*

*Figura 20: risultati del calcolo per diversi tempi di precipitazione - K = $2x10^{-5}$ m/s.. ____37*

*Figura 21: schema pozzo disperdente _____40*

# INDICE DELLE TABELLE

*Tabella 5.I - Stazione pluviografica di Genova Università: valori dei parametri a e n della CPP per vari tempi di ritorno._____26*

*Tabella 5.II - Valori dei parametri a e n della CPP per durate inferiori all'ora, per diversi tempi di ritorno. 27*

*Tabella 5.III - Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste (ISPRA, 2015). 27*

*Tabella 5.IV - Valori di altezza di pioggia ($\tau$ = 10 min), previsti per gli anni 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, per differenti periodi di ritorno. _____27*

*Tabella 5: Precipitazioni di progetto (TR100) _____35*

*Tabella 6: Superfici scolanti _____35*

*Tabella 7: Dati trincea* _____ *35*

*Tabella 8: Risultati del calcolo espressi in funzione del tempo di precipitazione Tp* ____ *35*

*Tabella 9: Dati trincea* _____ *37*

*Tabella 10: Risultati del calcolo espressi in funzione del tempo di precipitazione Tp* ___ *37*

*Tabella 11: parametri idrologici di progetto* _____ *38*

*Tabella 11: verifica tubazione di scarico* _____ *38*

*Tabella 11: parametri idrologici di progetto* _____ *39*

*Tabella 11: verifica tubazione di scarico* _____ *39*

*Tabella 14: Dati sistema pozzi* _____ *41*

*Tabella 15: calcolo iterativo del volume di accumulo massimo* _____ *42*

# 1 INTRODUZIONE

La relazione in oggetto analizza la compatibilità idraulica e il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche dell'intervento del Lotto 1 che ha inizio alla pk 3+283 e si estende in direzione Nord, nei pressi di bivio Succursale.

# 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. gennaio 2018).
- DM.LL.PP del 12-12-1985, Norme tecniche relative alle tubazioni.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Ministero dei Trasporti e dell'Aviazione Civile - DM 23 Febbraio 1971, n. 2445 e ss.mm.ii. "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".
- "Norme di attuazione del Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico" del Torrente Polcevera emanato dall'Autorità di bacino regionale, entrato in vigore con il BURL n. 18 del 3/05/2017;
- "Norme di attuazione del Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico" nell'ambito 14 emanato dall'Autorità di bacino regionale, entrato in vigore con il BURL n. 47 del 23/11/2016;
- Piano di Gestione Rischio Alluvione 2015 emesso dal Distretto Idrografico Settentrionale.
- Linee guida per l'istruttoria autorizzativa dei sistemi di trattamento delle acque reflue domestiche e assimilate emanate da ARPAL con la revisione di maggio 2015.
- R.R. 10 luglio 2009 n. 4, Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (Legge regionale 28 ottobre 2008, n.39).
- Regolamento di Utenza del Servizio Idrico Integrato della città Metropolitana di Genova, Approvato con Provvedimento Dirigenziale n. 3941 del 30 settembre 2014 a seguito del parere favorevole della Conferenza dei Sindaci del 29 settembre 2014.
- Piano Urbanistico Comunale PUC del Comune di Genova, aggiornato a giugno 2018.

# 3 INQUADRAMENTO GENERALE

Il progetto definitivo per il collegamento tra il porto storico di Genova, identificabile con lo scalo portuale di Parco Rugna/Bettolo, e Bivio Fegino è stato suddiviso in lotti. La relazione in oggetto è relativa al solo lotto 1, Campasso-Bivio Fegino.

In Figura 3.1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Google earth).

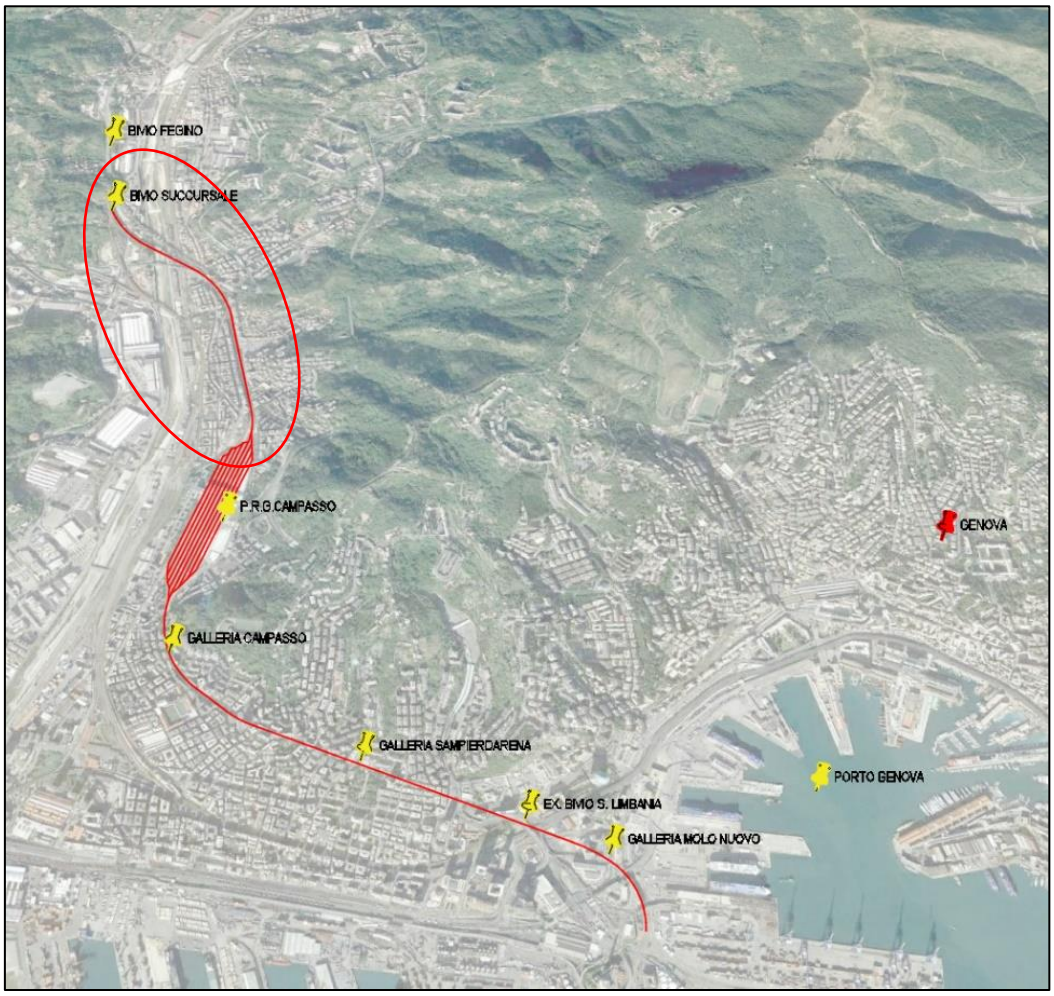



**Figura 3.1 - Inquadramento territoriale con individuazione dell'area di intervento**

Il territorio interessato, è caratterizzato, come l'andamento più generale della Regione Liguria, da una rapida variazione altimetrica tra il mare e la zona montuosa. I bacini d'afflusso non presentano in generale un'alta densità di drenaggio, con la conseguenza di una rappresentazione planimetrica netta dei corsi d'acqua principali definiti spesso da un unico ramo significativo.

Il tratto di interesse interseca fiumi e rii minori, Rio Maltempo e Torrente Torbella. Limitando l'analisi al lotto 1 (vedi figura successiva) le aree interessate dalle opere si collocano internamente all'interno del bacino idrografico del Torrente Polcevera.

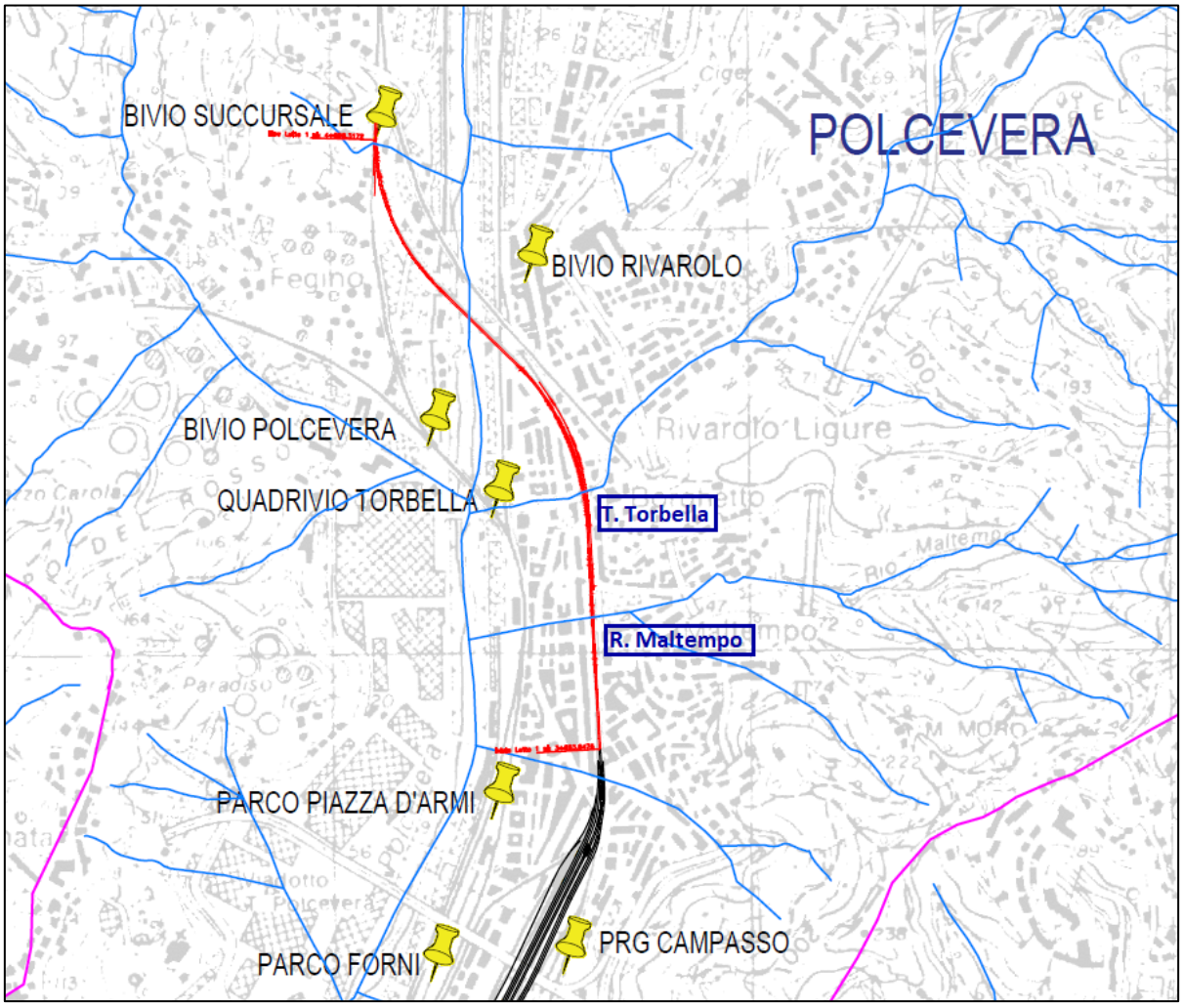



**Figura 3.2 - Lotto 1 di progetto**

## 3.1 Inquadramento idrologico

La Regione Liguria, con decreto del Consiglio regionale n.94/1990, ha delimitato i bacini di competenza regionale, raggruppati in venti ambiti, che rappresentano le unità territoriali.

Il territorio ligure è esposto a un elevato grado di rischio idrogeologico che, soprattutto nei centri urbani sviluppatisi in prossimità dei fiumi e dei corsi d'acqua minori, si manifesta puntualmente arrecando ingenti danni e provocando, in qualche caso, la perdita di vite umane. Per questo, fin dall'inizio della sua attività, l'Autorità di bacino di rilievo regionale ha individuato come attività primaria l'elaborazione di Piani stralcio per l'assetto idrogeologico, peraltro sollecitati dal D.L. n.180/1998 convertito in Legge n. 267/1998.

Nella figura seguente i bacini della regione Liguria:




**Figura 3.3 - Bacini regionali**

Le aree interessate dalle opere si collocano nel bacino della provincia di Genova, in particolare all'interno del bacino idrografico del Torrente Polcevera.




**Figura 3.4 - Bacini della provincia di Genova**

Il bacino idrografico del torrente Polcevera risulta interamente compreso all'interno della provincia di Genova, inglobando parzialmente o completamente i territori comunali di Genova, S. Olcese Campomorone, Serra Riccò, Mignanego e Ceranesi. Il bacino sottende una superficie complessiva pari a 140 kmq, e raggiunge la sua quota massima sul livello del mare in corrispondenza della vetta del monte Taccone (1113 m); la val Polcevera ha andamento preferenziale N-S.

Il torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi del quartiere genovese di Pontedecimo, e l'asta principale, dopo un percorso di 17 km, sfocia in mare in prossimità

della delegazione genovese di Cornigliano. Il bacino complessivo risulta composto dai seguenti sottobacini principali:

♣ il torrente Verde che presenta una superficie di 33 kmq e la cui asta principale, ad andamento preferenziale NW-SE, misura circa 10 km;

♣ il torrente Riccò, che trae origine dal Bric Montaldo; il bacino ha uno sviluppo di 21 kmq e la lunghezza dell'asta principale, ad andamento preferenziale NE-SW, raggiunge 8 km;

♣ il torrente Secca, affluente in sinistra orografica, ad andamento preferenziale NESW, che confluisce nel Polcevera in prossimità di Bolzaneto, sottendendo un'area di circa 45 kmq.

♣ I torrenti Burba, Trasta e Fegino sono gli affluenti minori in sponda destra, mentre il Geminiano e il Torbella rappresentano gli affluenti minori in sponda sinistra.

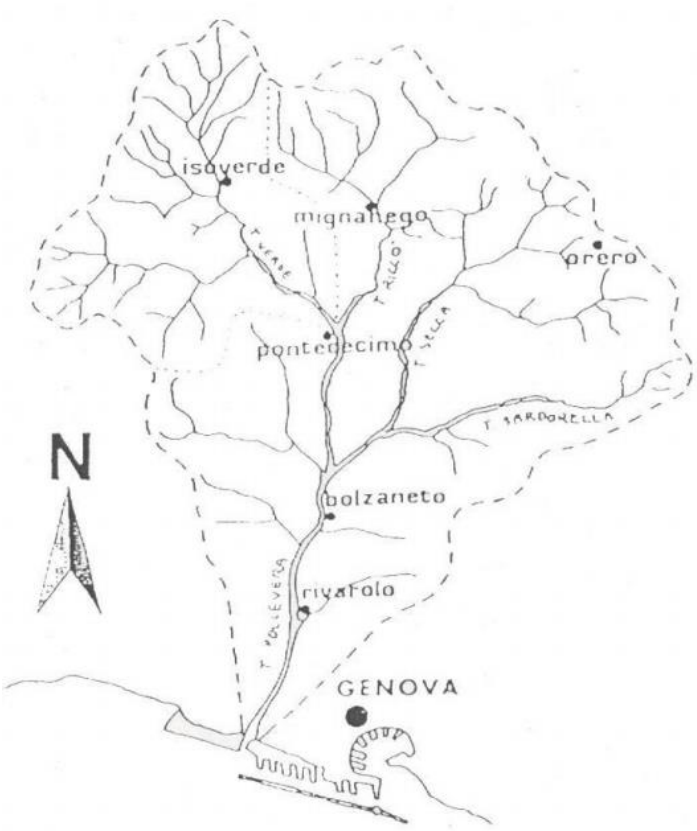



**Figura 3.5 - Bacino del Torrente Polcevera**

La figura successiva evidenzia le aree di interesse:

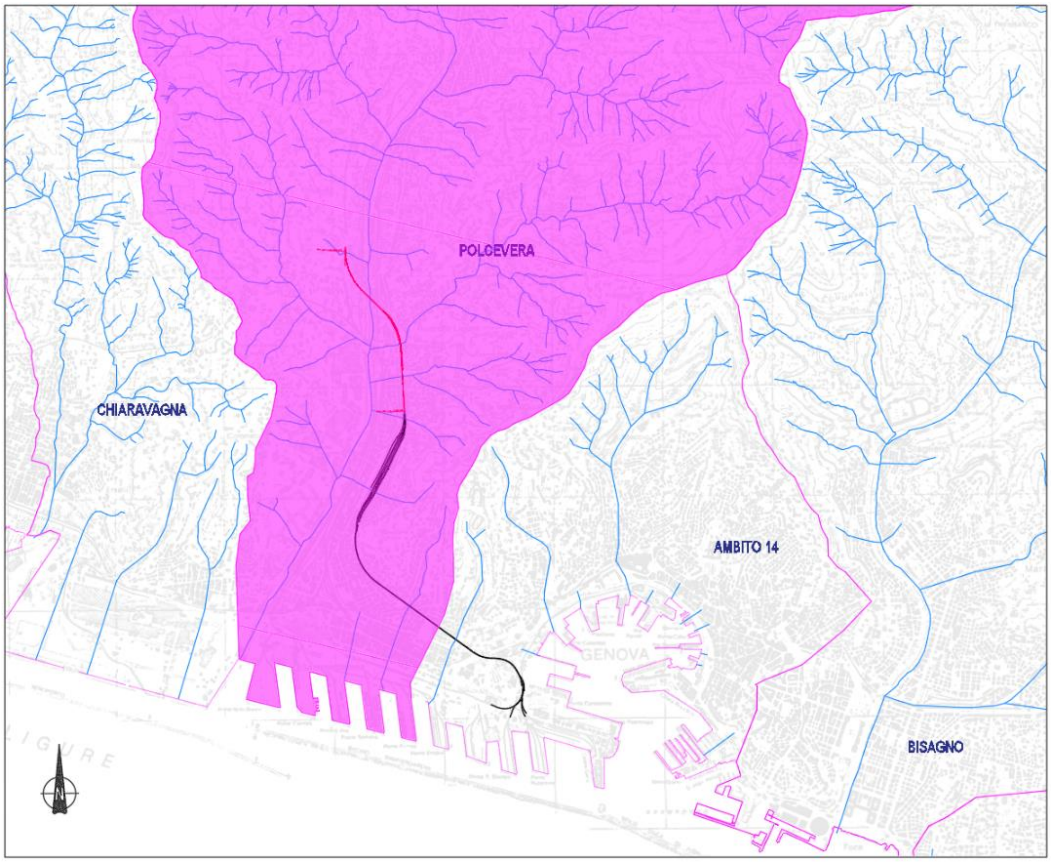



**Figura 3.6 - Lotto 1 di progetto**

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato successivamente ripartito in 8 distretti idrografici in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.

Il 17 febbraio 2017 è entrato in vigore il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM) n. 294 del 25 ottobre 2016 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017) che disciplina le modalità e i criteri per il passaggio di competenze dalle vecchie Autorità di bacino alle nuove Autorità di bacino distrettuali (alle quali il d.lgs 49/2010 demandava la redazione delle suddette mappature e del relativo piano di gestione (i.e. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – P.G.R.A.). Infatti, dall'entrata in vigore del D.M. 294/2016, risultano soppresse tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e i relativi organi.

In particolare, per il territorio ligure risultano soppresse:

L'Autorità di Bacino regionale di cui alla L.R. 15/2015 (artt. 16-28) e l'Autorità di Bacino del Fiume Magra, confluite nel Distretto Appennino Settentrionale e il cui coordinamento è affidato all'Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Arno

L'Autorità di Bacino nazionale del fiume Po, confluita nel Distretto Padano, il cui coordinamento è affidato all'Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Po mentre risultano costituiti i Distretti Idrografici:

- Distretto idrografico del Fiume Po

- Distretto idrografico dell'Appennino settentrionale

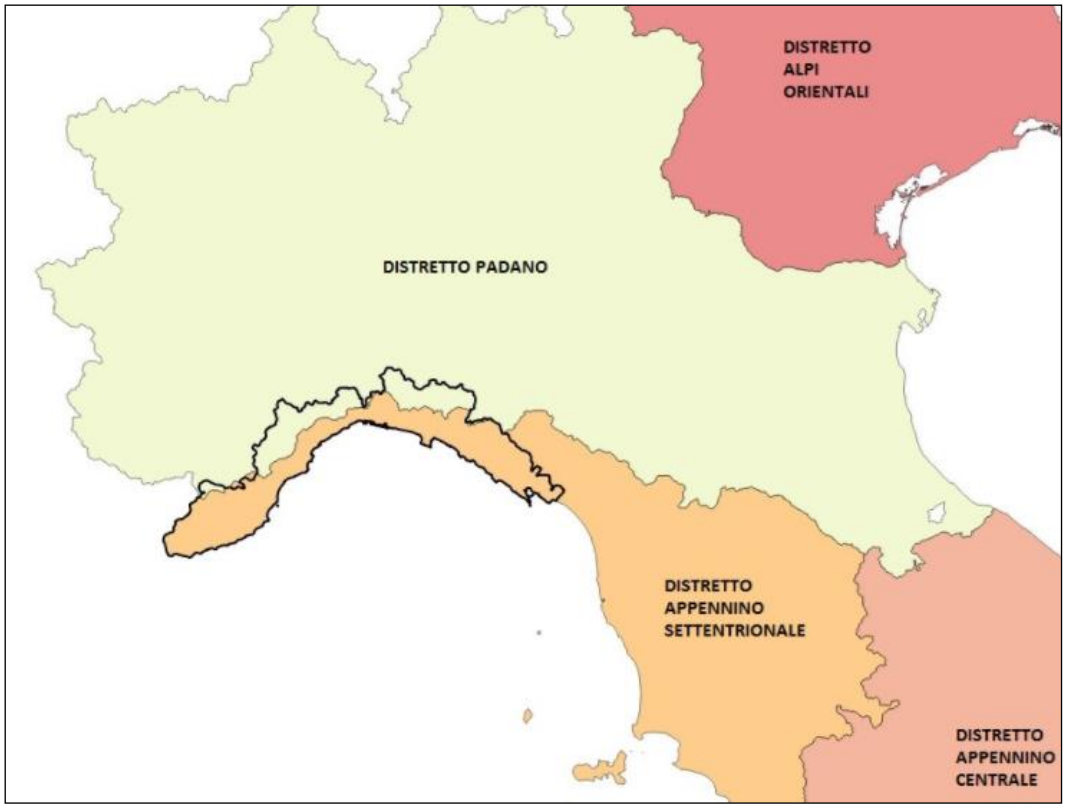



**Figura 3.7 - Distretti idrografici della Liguria**

Gli interventi in progetto ricadono nel Distretto dell'Appennino Settentrionale, in cui vige il Piano di Gestione rischio Alluvione del Distretto.

## 3.2 Caratteristiche delle aree interessate

L'intervento ricade nel Lotto 1 che ha inizio alla pk 3+283 e si estende in direzione Nord, nei pressi di bivio Succursale.

Nel tratto iniziale la sede ferroviaria si sviluppa in rilevato alto con la quota del piano ferro sostanzialmente a +4 m / +5 m dal p.c. attuale, vista la presenza di numerosi sottovia carrabili. Nel secondo tratto, a Nord del Ponte Polcevera, la differenza di quota tra p.f. e p.c. si incrementa fino a +12m / +13m.

Attualmente la linea esistente risulta fuori esercizio da circa 10 anni; si rileva pertanto la presenza di tratti estesi con vegetazione ed arbusti che hanno compromesso le caratteristiche dell'ultimo strato del corpo del rilevato.



**Figura 3.8 - Foto stato attuale tratta Campasso – ponte Polcevera**

# 4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Gli interventi previsti, come qualunque infrastruttura di carattere estensivo, devono inserirsi in un quadro di strumenti legislativi e di pianificazione territoriale sia esistenti che in via d'adozione.

La verifica della compatibilità idraulica delle opere in progetto è svolta con riferimento agli strumenti normativi vigenti in ambito di pianificazione idraulica del territorio e ha l'obiettivo di evidenziare l'assenza di preesistenti aree a pericolosità e rischio idraulico nell'area oggetto di intervento.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto e le aree di allagamento considerate sono:

Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico (P.A.I.) del Torrente Polcevera emanato dall'Autorità di Bacino Regionale

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) emanata dal Distretto Idrografico Appennino Settentrionale

L'Autorità di Bacino della Provincia di Genova come gran parte delle Autorità di Bacino italiane, ha adottato nel corso del 2002/2003 il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), strumento d'individuazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico ai fini della salvaguardia delle aree sensibili per una corretta pianificazione del territorio.

La direttiva europea CE/2007/60, cosiddetta "*Direttiva alluvioni*", emanata dal Parlamento europeo 23 ottobre 2007, stravolge interamente il quadro normativo, inserendo la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni in Europa. È stata recepita nell'ordinamento italiano con il d.lgs. 49/2010, ad oggetto *Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*". La direttiva prevede la definizione del quadro conoscitivo relativo alla pericolosità e rischio da alluvione ed introduce il concetto della "gestione" del rischio nel senso più ampio, sotto il profilo sia delle misure strutturali di mitigazione del rischio per la riduzione delle condizioni di pericolosità sia delle misure non strutturali per la riduzione del danno atteso e del relativo livello di rischio (comprese le necessarie azioni e misure di Protezione Civile).

I Piani di bacino stralcio vigenti, ed analoghi strumenti di pianificazione, a norma di legge (cfr art. 170, c.11, d.lgs. 152/2006), continuano ad essere pienamente applicabili nel territorio di riferimento e le sue disposizioni devono pertanto essere osservate, senza soluzione di continuità.

## 4.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) – Autorità di Bacino Regionale della Liguria

Per tutti i bacini idrografici di rilievo regionale opera un'unica Autorità di bacino di rilievo regionale, già istituita con la legge regionale n.9/1993, e riorganizzata, a seguito delle disposizioni in materia di riordino delle funzioni delle Province, emanate con la legge regionale n.15/2015, in attuazione della legge n.56/2014.

La Regione, con decreto del Consiglio regionale n.94/1990, ha delimitato i bacini di competenza regionale, raggruppati in venti ambiti, che rappresentano le unità territoriali sulle quali attivare i processi conoscitivi e le successive fasi di programmazione e di intervento della pianificazione di bacino di propria competenza.

I Piani sviluppano un quadro conoscitivo organizzato e aggiornato del sistema fisico di bacino idrografico individuando le situazioni di criticità presenti. Contengono l'analisi delle principali criticità idrauliche e di suscettività al dissesto dei versanti, stabiliscono in ragione delle pericolosità esistenti le norme per non accrescere le situazioni di rischio rilevate e individuano un complesso d'indicazioni d'intervento per la mitigazione del rischio esistente.

Lungo i corsi d'acqua studiati nei piani di bacino sono definite delle aree di pericolosità idrogeologica (fasce di inondabilità) corrispondenti ad aree perifluviali inondabili al verificarsi di eventi di piena con portate al colmo di piena corrispondente a diversi tempi di ritorno (50, 200 e 500 anni) o 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 altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito dei Piani le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità. All'interno delle diverse fasce di inondabilità sono specificati gli interventi consentiti.

Gli interventi in progetto ricadono nel bacino del Polcevera, la cui ultima variante è stata approvata dal BURL n. 18 entrata in vigore il 3/05/2017.

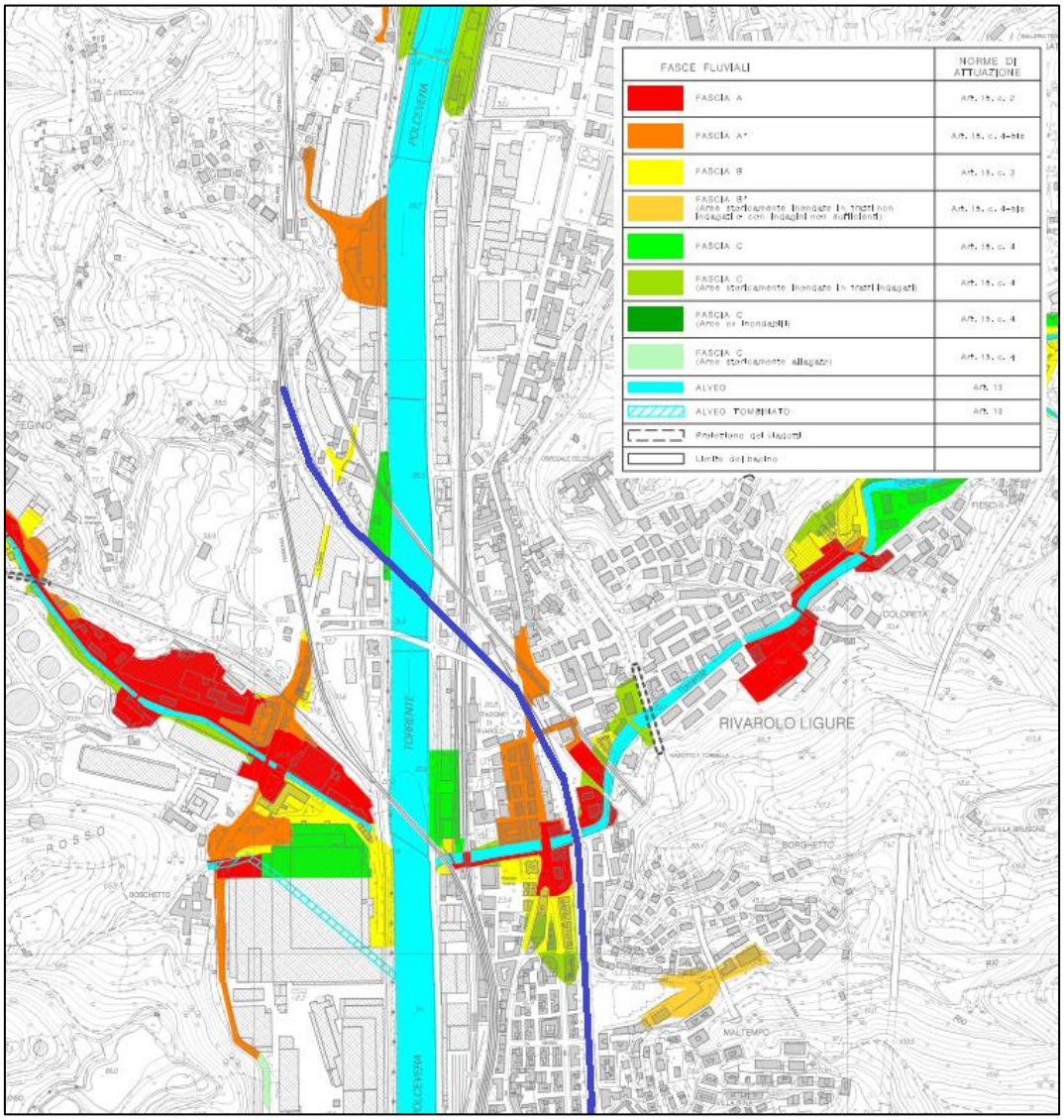



**Figura 4.1 - Stralcio "Carta delle fasce di inondabilità" area in progetto**

Dalla sovrapposizione tra gli interventi in progetto e le aree a pericolosità idraulica individuate dalla "Carta delle fasce di inondabilità" del Piano di Bacino Stralcio risulta che alcune opere in progetto ricadono all'interno della fascia A*, B* e C inoltre, una parte del rilevato ferroviario è interessato dalla fascia A dovuta all'esondazione del Torrente Torbella.

Si riportano di seguito gli articoli della normativa di attuazione del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico relativamente alle condizioni di interesse nel progetto in essere; la tabella seguente in particolare definisce per ogni area il comma di riferimento per le norme attuative.

| FASCE FLUVIALI | NORME DI ATTUAZIONE |
|---|---|
| FASCIA A | Art. 15, c. 2 |
| FASCIA A* | Art. 15, c. 4-bis |
| FASCIA B | Art. 15, c. 3 |
| FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti) | Art. 15, c. 4-bis |
| FASCIA C | Art. 15, c. 4 |
| FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati) | Art. 15, c. 4 |
| FASCIA C (Aree ex inondabili) | Art. 15, c. 4 |
| FASCIA C (Aree storicamente allagate) | Art. 15, c. 4 |

## Art.15 Fasce di inondabilità

1. Nelle fasce di inondabilità di cui alla lett. a), comma 2, dell'art. 12, vigono le seguenti norme. Resta fermo che qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili non deve pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua, aumentare la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena, ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.
2. Nella fascia A, fermo restando che gli interventi ammessi sul patrimonio edilizio esistente non devono comunque aumentarne la vulnerabilità rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e non devono comportare cambi di destinazione d'uso, che aumentino il carico insediativo anche temporaneo, non sono consentiti:

   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;

   b) 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, i cui progetti prevedano l'assunzione delle azioni e delle misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile, purché corredati da parere positivo della Provincia;

   c) 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.

   d) interventi di manutenzione, ampliamento o ristrutturazione di infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità esistenti, fatti salvi quelli che non aumentano le condizioni di rischio, ed in relazione ai quali risultano assunte le azioni e misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.

[…]

4. Nella fascia C 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.

4-bis. Nella fascia B* (ovvero A*) si applica la normativa di cui al comma 3 (ovvero: la normativa di cui al comma 2). 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.

Si riporta inoltre che il testo dell'art. 15 della normativa dei piani di bacino relativo alla "Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche" riporta:

Art.15 – bis Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche

1. In deroga alla disciplina relativa alle fasce A e B, di cui ai commi 2 e 3 dell'art.15 possono essere assentite opere pubbliche strategiche indifferibili ed urgenti, riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante della Provincia, a condizione che:

   a) non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;

   b) non si producano effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;

   c) non costituiscano significativo ostacolo al deflusso, non riducano in modo significativo la capacità di invaso, e non concorrano ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe;

   d) siano realizzate con tipologie progettuali e costruttive compatibili con la loro collocazione, prevedendo in particolare accorgimenti tecnico-costruttivi o altre misure, anche con riferimento all'allegato 5 al presente piano, che consentano l'adeguata protezione dell'opera dagli allagamenti rispetto alla portata duecentennale senza aggravio di condizioni di pericolosità e rischio in altre aree. In particolare:

   • la quota del piano di calpestio e tutte le aperture, soglie di accesso e prese d'aria delle edificazioni devono essere poste ad un livello adeguatamente superiore a quello del tirante idrico associato alla portata duecentennale;

   • non sono ammesse in ogni caso strutture interrate, a meno di locali tecnici di servizio adeguatamente protetti;

   e) sia garantito il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;

   f) sia prevista nel progetto la messa in opera di tutte le adeguate misure ed azioni di protezione civile, comprese quelle di autoprotezione locale.

2. Ai fini della dichiarazione di indifferibilità ed urgenza di cui al comma 1, deve essere motivato il carattere di impellenza, improrogabilità e non diversa ubicabilità delle opere e deve essere accertata la copertura finanziaria dell'intera opera.

3. La verifica della sussistenza dei presupposti di applicabilità della deroga di cui al comma 1 viene effettuata in sede di Comitato Tecnico di Bacino, su istanza della Provincia.

4. La Provincia esprime il parere previsto sulla base di adeguata documentazione tecnica a corredo della progettazione delle opere in questione e valuta, in particolare, caso per caso, l'effettiva possibilità di messa in opera di misure ed accorgimenti tali da proteggere adeguatamente l'elemento dalle inondazioni e dai connessi possibili danni, nonché l'efficacia e l'affidabilità delle misure di protezione progettate in funzione delle grandezze idrauliche di riferimento. Valuta, inoltre, la possibile influenza sulla dinamica dell'inondazione sia dell'intervento edilizio richiesto sia degli accorgimenti costruttivi proposti, garantendo che non vengano aumentate le condizioni di pericolosità e di rischio nelle aree limitrofe.

5. Il suddetto parere, che ha efficacia per un periodo massimo di 3 anni, viene espresso sulla base del quadro conoscitivo del piano nonché, laddove necessario, di un adeguato studio di compatibilità idraulica che consenta di valutare il rispetto delle condizioni di cui sopra, con particolare riferimento alla compatibilità dell'intervento

con le condizioni di inondabilità dell'area, in termini di pericolosità e di rischio, e all'assenza di effetti di incremento dell'esposizione al rischio della popolazione.

## 4.2 Mappatura delle aree interessate da inondazioni nei mesi di ottobre e novembre 2014

A seguito dei recenti eventi alluvionali occorsi sul Territorio Ligure, la Giunta Regionale con deliberazione n. 59 del 28-01-2015 ha approvato la mappatura delle aree interessate da inondazioni nei mesi di ottobre e novembre 2014.

Tali mappature sono state elaborate sulla base dei dati trasmessi dai diversi enti operanti sul territorio, in particolare Comuni e Province interessate, e rappresentano l'insieme delle aree segnalate nei vari eventi occorsi dal 9 ottobre al 18 novembre 2014.

La mappatura approvata consente di avere un riferimento univoco per le attività di competenza regionale relative alla pianificazione di bacino e alla valutazione dei danni occorsi, con riferimento a quelli derivanti da inondazioni. Ciò risulta tra l'altro coerente con la direttiva europea "Alluvioni" 2007/60/CE e il d.lgs. 49/2010.

Con delibera n. 412 del 27 marzo 2015 la mappatura è stata aggiornata sulla base di segnalazioni e osservazioni pervenute dagli enti locali a seguito della prima approvazione.

Gli interventi compresi nelle aree individuate sono sottoposti al regime di salvaguardia previsto dall'allegato 1 a DRG 59/2015 della Regione Liguria, "Misure di salvaguardia ai sensi del C.2, dell'art. 17 della L.R. 9/2000", che disciplina quanto segue:

Art. 2 Divieti e prescrizioni su aree inondate

1. Sulle aree di cui all'Art. 1, sono stabiliti i seguenti divieti e prescrizioni quali misure cautelari nelle more di adeguati studi ed approfondimenti e delle verifiche di cui all'art. 3.

2. Fatti salvi gli interventi di cui al comma 3, in tali aree sono vietati:

a) interventi di nuova edificazione e di ristrutturazione urbanistica;

b) interventi sul patrimonio edilizio eccedenti quelli di restauro e risanamento conservativo come definiti all'art.9 della l.r. 16/2008;

c) cambi di destinazione d'uso, anche senza opere edilizie, che aumentino il carico insediativo, anche temporaneo;

d) realizzazione di nuove infrastrutture.

3. Sono esclusi dai divieti di cui al comma 2:

a) gli interventi di ristrutturazione edilizia come definiti all'art.9 della l.r. 16/20081 , ivi compresi i modesti ampliamenti una tantum, purché non interrati e seminterrati, e corredati da accorgimenti tecnico-costruttivi per

la protezione passiva dagli allagamenti e idonee misure di autoprotezione; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione e/o di sostituzione edilizia, la ricostruzione deve avvenire senza la realizzazione di interrati e seminterrati e con l'adozione di tipologie e di accorgimenti tecnico-costruttivi di protezione passiva tali da eliminare la vulnerabilità del fabbricato agli eventi alluvionali;

b) gli interventi sul patrimonio edilizio esistente finalizzati a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica e privata incolumità;

c) l'adeguamento o realizzazione di reti ed impianti di servizi pubblici, purché siano tali da non aggravare le condizioni di pericolosità idraulica e non subire danni in caso di eventi alluvionali;

d) gli interventi di ristrutturazione di strade pubbliche e di realizzazione di nuove strade pubbliche, purché, sulla base di appositi studi di compatibilità idraulica, gli stessi siano realizzati in modo da non aggravare le condizioni di pericolosità idraulica e da non interferire con i possibili interventi di sistemazione idraulica.

4. In ogni caso qualsiasi intervento di carattere edilizio ed infrastrutturale non deve interessare l'alveo attivo, pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva, aumentare il rischio di inondazione nelle aree limitrofe, a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso di piena e ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree.

5. La disciplina di cui ai commi precedenti va applicata in termini integrati e complementari alla disciplina relativa alle aree connesse alla pericolosità idraulica ed idrogeologica dei piani di bacino vigenti, con prevalenza, caso per caso, della disciplina più restrittiva.

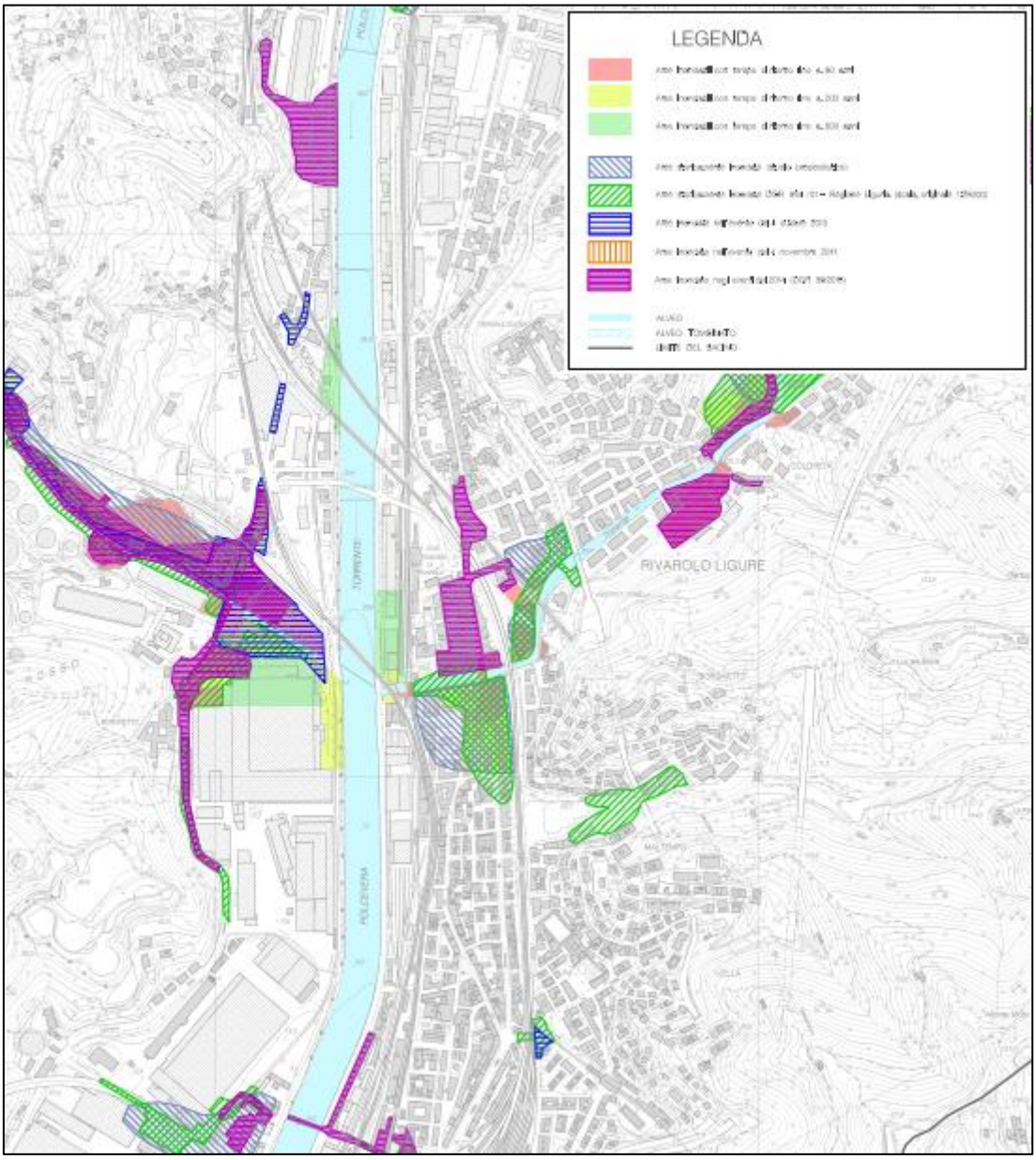



**Figura 4.2 - Stralcio "Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate" area in progetto**

L'intervento in progetto prevede il ripristino della funzionalità della linea esistente (fuori esercizio da circa 10 anni) mediante la realizzazione di interventi di adeguamento/ripristino; in particolare la linea esistente si sviluppa in rilevato alto con la quota del piano ferro sostanzialmente a +4 m / +5 m dal p.c. attuale, vista la presenza di numerosi sottovia carrabili. Nel secondo tratto, a Nord del Ponte Polcevera, la differenza di quota tra p.f. e p.c si incrementa fino a +12m / +13m.

Considerando la tipologia di intervento in essere e dato che l'intera tratta in progetto risulta interamente posizionata ad una quota ben al di sopra del piano campagna anche se planimetricamente interferenti con aree perimetrate come aree inondabili/storicamente inondate, non si evidenziano aree possibilmente interessate da inondazione.

In accordo con quanto riportato nelle norme che disciplinano gli interventi consentiti nelle aree di allagamento in esame, in particolare con l'art. 4, è possibile affermare che l'intervento in oggetto:

non costituisce cambio di destinazione d'uso;

non aggrava le condizioni di pericolosità idraulica e non subisce danni in caso di eventi alluvionali;

non interferisce con i possibili interventi di sistemazione idraulica;

non interessa l'alveo attivo, non pregiudica la sistemazione idraulica definitiva, non aumenta il rischio di inondazione nelle aree limitrofe, a monte e a valle, non costituisce significativo ostacolo al deflusso di piena e non riduce significativamente la capacità di invaso delle aree.

Per quanto sopradetto è possibile affermare che le nuove opere in progetto risultano compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni nei mesi di ottobre e novembre 2014.

## 4.3 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

A seguito della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE e del Dlgs 49/2010 sono state predisposte nel giugno 2013 ai sensi dell'art. 6 del d.lgs. 49/2010, ed oggetto della deliberazione regionale n.1012/2013, le mappature di pericolosità e rischio da alluvioni per gli ambiti fluviali liguri del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale.

In una fase successiva, sulla base delle suddette mappature sono state avviate le attività per la redazione del Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA) - di competenza delle Autorità distrettuali, ma a cui le Regioni concorrono per il territorio di competenza. Il 22 dicembre 2014 sono stati depositati per la pubblicazione e l'avvio delle fasi di osservazioni i PGRA per i due distretti di interesse per il territorio ligure.

Per la redazione delle mappature di pericolosità da alluvione da corso d'acqua, sono state rappresentate le aree di possibili inondazione a dato tempo di ritorno secondo il seguente schema derivante dall'art. 6 del d.lgs. 49/2010, e in accordo con quanto già effettuato nei piani di bacino regionali vigenti:

classe P3 / scenario H: aree allagabili frequentemente, TR 30-50 anni;

classe P2 / scenario M: aree allagabili poco frequenti, TR = 200 anni;

classe P1 / scenario L: aree allagabili rare; TR= 500 anni.

Le suddette aree rappresentano l'unione tra le fasce di esondazione del Piano di Bacino e le aree interessate da inondazioni nei mesi di ottobre e novembre 2014.

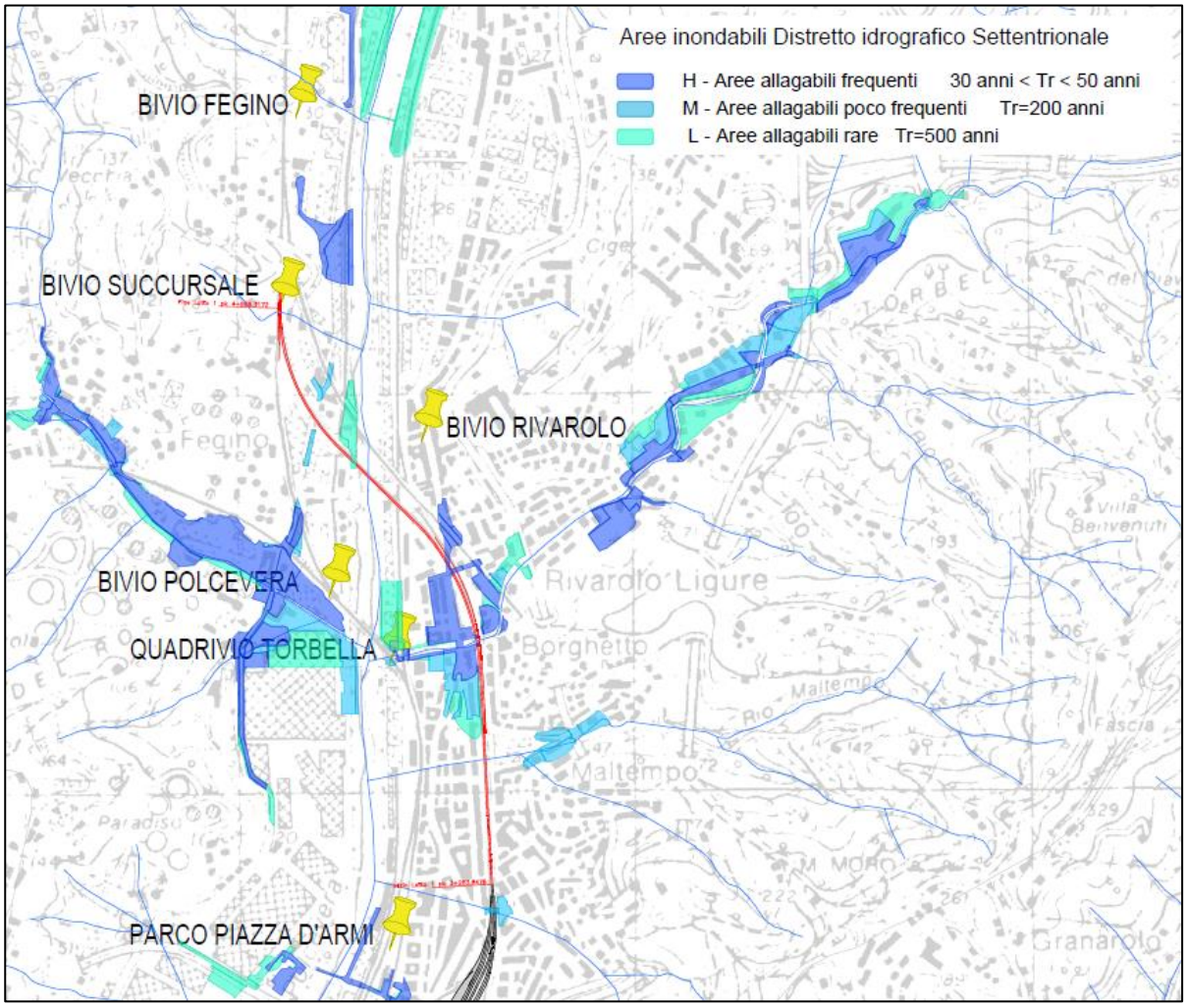



**Figura 4.3 - Stralcio "Carta di pericolosità delle alluvioni PGRA del Distretto Idrografico settentrionale" area in progetto**

Dalla sovrapposizione tra gli interventi in progetto e le aree rappresentate nel Piano di Gestione risulta che una parte dell'infrastruttura ricada in area allagabile frequentemente (Tr 50 anni) e una parte in aree allagabili rare.

L'art. 7.4 del PGRA del Distretto idrografico Appennino Settentrionale riporta "Le criticità e gli obiettivi specifici" del piano, in particolare "In conformità all'impostazione dei PAI liguri, peraltro, gli obiettivi prioritari saranno quelli di mitigazione delle condizioni di rischio derivanti da classi di pericolosità P1 (T= 50 anni) e P2 (T=200 anni), anche in considerazione delle superfici urbanizzate coinvolte e delle attività economiche esistenti, nonché della popolazione residente coinvolta."

Dal momento che il piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) non prevede ancora delle norme che disciplinano le attività consentite nelle aree di allagamento individuate, l'analisi di compatibilità idraulica degli interventi in progetto si esegue aderendo alle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico del Torrente Polcevera. In particolare, *l'area allagabile frequente* può essere assimilata alla fascia A, *l'area allagabile poco frequente* può essere assimilata alla fascia B e *l'area allagabile rara* può essere assimilata alla fascia C. Si rimanda quindi al par. 4.1 per le normative.

## 4.4 Verifica

L'intervento in progetto prevede il ripristino della funzionalità della linea esistente (fuori esercizio da circa 10 anni) mediante la realizzazione di interventi di adeguamento/ripristino; in particolare la linea esistente si sviluppa in rilevato alto con la quota del piano ferro sostanzialmente a +4 m / +5 m dal p.c. attuale, vista la presenza di numerosi sottovia carrabili. Nel secondo tratto, a Nord del Ponte Polcevera, la differenza di quota tra p.f. e p.c si incrementa fino a +12m / +13m.

Il progetto non prevede sostanziali modifiche allo stato dei luoghi. La sovrapposizione tra le aree di esondazione riportate nel Piano di Bacino e gli interventi in progetto mostra una evidente sovrapposizione con la Fascia B* e Fascia A* del Torrente Polcevera.

Considerando la tipologia di intervento in essere e dato che l'intera tratta in progetto risulta interamente posizionata ad una quota ben al di sopra del piano campagna anche se planimetricamente interferenti con aree perimetrate come aree inondabili/storicamente inondate, non si evidenziano aree in progetto possibilmente interessate da inondazione.

Con riferimento alle disposizioni del D.P.C.M. 29.09.1998, ai Piani stralcio su citati e richiamando, inoltre, il testo dell'articolo 15 e 15-bis della normativa dei piani di bacino si può senz'altro affermare che le aree interessate dalla realizzazione dell'infrastruttura in esame sono ben al di sopra dei livelli di esondazione e che:

si tratta di realizzare infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico (rif. Punto a del D.P.C.M.);

l'intervento proposto è tale da non aggravare la funzionalità idraulica dell'area;

non produce effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;

gli interventi non comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione della capacità di invaso delle aree interessate pertanto **non aumentano il livello di rischio idraulico** né in loco né in aree limitrofe (rif. Punto a del D.P.C.M.);

tutte le opere presentano una quota del piano di calpestio posto ad un livello adeguatamente superiore a quello del tirante idrico associato alla portata duecentennale;

le opere di progetto non precludono la possibilità di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area. Nella figura successiva sono evidenziati gli interventi previsti nella zona di interesse e nessuna viene limitata dall'intervento in oggetto:

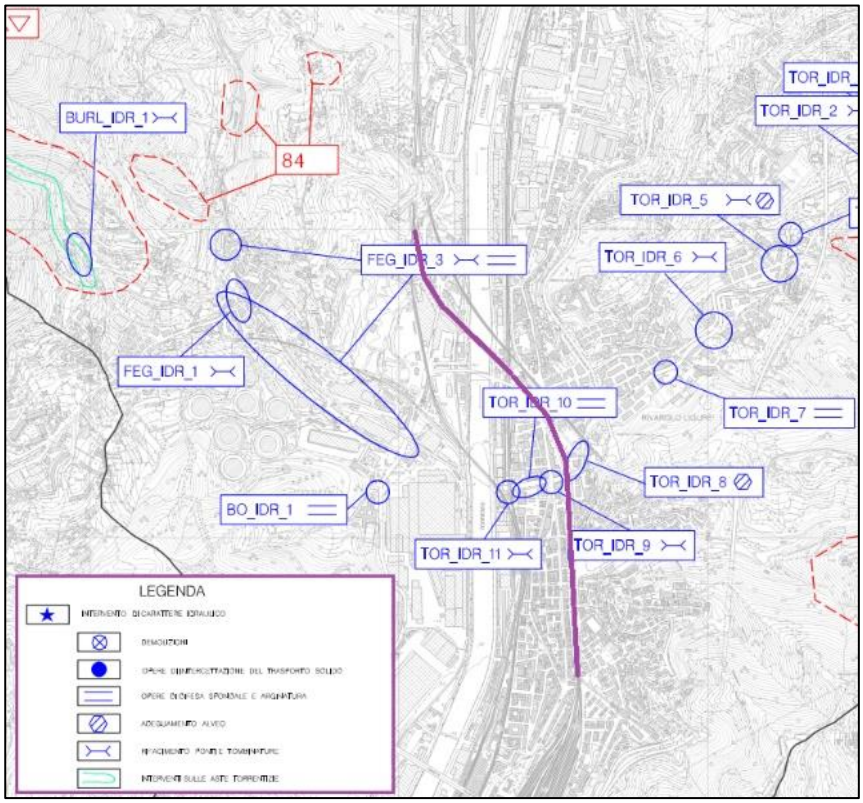



**Figura 4.4 - Stralcio "Carta degli interventi" area in progetto**

garantisce il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale.

Per quanto sopradetto e per quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile affermare che le opere in progetto risultano compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni secondo i piani attualmente vigenti.

# 5 ANALISI IDROLOGICA

Nel presente paragrafo si sintetizza quanto esposto nell'elaborato di carattere idrologico allegato al progetto (rif Relazione Idrologica).

La procedura di calcolo e dimensionamento di tutti gli elementi costituenti il sistema di drenaggio e smaltimento delle acque e di difesa del corpo ferroviario si compone dei seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica;
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica;
- Dimensionamento degli elementi di raccolta delle acque.

È stato svolto quindi un accurato approfondimento relativo alle registrazioni pluviometriche disponibili, relative all'area di studio (vedi "Relazione idrologica"). In particolare, sono presi in considerazione i dati raccolti presso la stazione pluviografica di Genova "Università", compresa nel bacino "tra Polcevera e Bisagno", la più vicina all'area di studio.

Elaborando statisticamente tali dati mediante il metodo di Gumbel, si ottengono i seguenti valori dei parametri *a* e *n* della CPP, per durate superiori all'ora.

| Stazione | Tr = 25 anni | | Tr = 50 anni | | Tr = 100 anni | | Tr = 200 anni | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a [mm/h] | n [-] | a [mm/h] | n [-] | a [mm/h] | n [-] | a [mm/h] | n [-] |
| Genova (Univ.) | 95,530 | 0,334 | 109,190 | 0,334 | 121,820 | 0,334 | 134,410 | 0,334 |

**Tabella 5.I - Stazione pluviografica di Genova Università: valori dei parametri *a* e *n* della CPP per vari tempi di ritorno.**

Le curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 25, 50, 100 e 200 anni e durata inferiore ad un'ora, riferite al progetto in essere, sono riportate di seguito, con tempo t espresso in minuti.

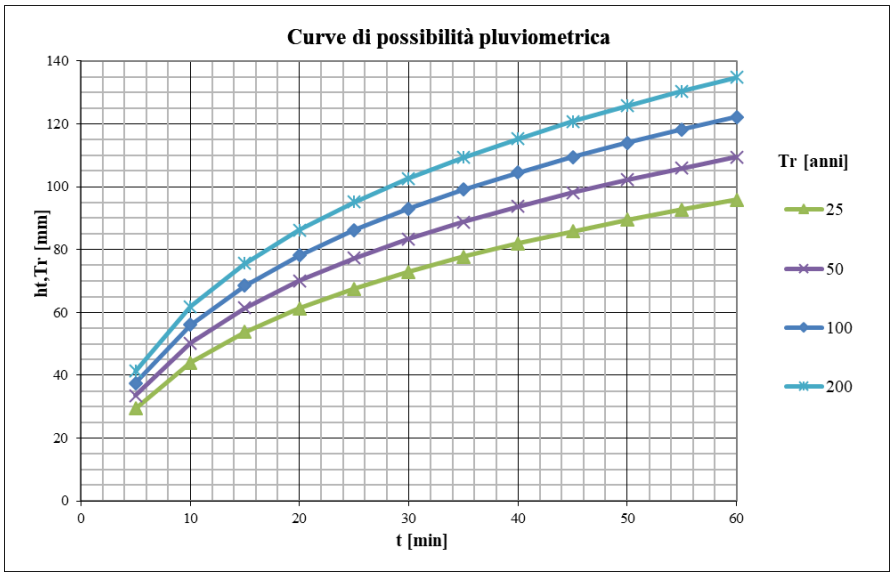



**Figura 5.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora**

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno e durata inferiore ad un'ora sono riportati di seguito, con tempo $\tau$ espresso sia in minuti($a(mm/min^n)$) sia in ore($a(mm/ore^n)$).

| Tr [anni] | $h = a\ t^n$ | | |
|---|---|---|---|
| | a [mm/min] | a [mm/h] | n' |
| 25 | 14,80 | 98,90 | 0,464 |
| 50 | 16,92 | 113,10 | 0,464 |
| 100 | 18,88 | 126,20 | 0,464 |
| 200 | 20,83 | 139,20 | 0,464 |

**Tabella 5.II - Valori dei parametri *a* e *n* della CPP per durate inferiori all'ora, per diversi tempi di ritorno.**

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Nella tabella seguente si riportano le variazioni di precipitazione massima giornaliera ($h_{24}$) previste nell'area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, con riferimento ai due scenari RCP4.5 e RCP8.5, dedotte dalle mappe sopra descritte.

| Periodo | Variazione max$h_{24}$(RCP4.5) | Variazione max$h_{24}$ (RCP8.5) |
|---|---|---|
| 2021-2050 | +15-20 mm (ALADIN52) | +10-15 mm (GUF) |
| 2041-2070 | +15-20 mm (ALADIN52) | +10-15 mm (GUF) |
| 2061-2090 | +15-20 mm (ALADIN52) | +15-20 mm (CMCC) |

**Tabella 5.III - Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste (ISPRA, 2015).**

Al fine di verificare il funzionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma (ossia la variazione del grado di riempimento), in relazione anche ai "*cambiamenti climatici*" e alle previsioni di variazione delle precipitazioni negli anni futuri**, i valori di altezza di pioggia di progetto sopra determinati sono stati quindi incrementati del 4.5%,** con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati.

| *$T_r$ (anni)* | *h ($\tau$ = 10 min) [mm] di progetto (periodo 2011-2030)* | *h ($\tau$ = 10 min) [mm] (periodo 2021-2050)* | *h ($\tau$ = 10 min) [mm] (periodo 2041-2060)* | *h ($\tau$ = 10 min) [mm] (periodo 2061-2090)* |
|---|---|---|---|---|
| 25 | 43.092 | 45.03 | 47.06 | 49.18 |
| 50 | 49.249 | 51.47 | 53.78 | 56.20 |
| 100 | 54.954 | 57.43 | 60.01 | 62.71 |
| 200 | 60.632 | 63.36 | 66.21 | 69.19 |

**Tabella 5.IV - Valori di altezza di pioggia ($\tau$ = 10 min), previsti per gli anni 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, per differenti periodi di ritorno.**

Per ulteriori dettagli si consulti lo studio idrologico sopracitato.

# 6 SMALTIMENTO IDRAULICO

Nel presente capitolo si espongono i criteri generali attuati nella progettazione in merito alle scelte relative al drenaggio delle acque meteoriche del corpo ferroviario, oltreché le opere preposte all'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale interferenti con il solido ferroviario.

Il progetto non prevede sostanziali modifiche allo stato dei luoghi. L'intervento in progetto prevede il ripristino della funzionalità della linea esistente (fuori esercizio da circa 10 anni) mediante la realizzazione di interventi di adeguamento/ripristino; in particolare la linea esistente si sviluppa in rilevato alto con la quota del piano ferro sostanzialmente a +4 m / +5 m dal p.c. attuale, vista la presenza di numerosi sottovia carrabili. Nel secondo tratto, a Nord del Ponte Polcevera, la differenza di quota tra p.f. e p.c si incrementa fino a +12m / +13m.

Nel territorio Comunale di Genova, al fine di mitigare gli effetti degli interventi che producono impermeabilizzazione dei suoli, nonché migliorare il sistema di smaltimento delle acque superficiali e favorire un eventuale riuso in sito delle stesse, sono stati definiti gli indirizzi vincolanti degli interventi edilizi all'interno delle Norme Generali del PUC. La realizzazione di interventi che comportino una modifica alla permeabilità del suolo deve infatti tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione attraverso l'uso più esteso possibile di materiali che permettano l'infiltrazione, la ritenzione e la detenzione temporanea delle acque nel terreno. Per tutti gli Ambiti Urbanistici, gli interventi di sostituzione edilizia, di nuova costruzione o di sistemazione superficiale degli spazi liberi di cui all'art. 13), comma 4, lett.e) delle Norme Generali del PUC, devono garantire il mantenimento e/o il miglioramento dell'efficienza idraulica attraverso la messa in atto di **misure di mitigazione tali da non aumentare, nell'areale di influenza considerato, l'entità delle acque di deflusso superficiale e sotterraneo rispetto alle condizioni precedenti all'intervento stesso** e pertanto gli interventi vengono subordinati all'esecuzione di specifici accorgimenti tecnici e modalità costruttive che favoriscano, in via preferenziale, l'infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno e qualora necessario prevedano l'immagazzinamento temporaneo delle acque e il lento rilascio dei deflussi nei corpi ricettori.

Nello studio di fattibilità tecnico economico del lotto 1 sono state valutate alcune opzioni differenti per definire il sistema di smaltimento più adeguato. In particolare, la problematica più accentuata è l'assenza di un recapito finale costituito da un sistema fognario/corpo idrico ricettore. Per rispettare le indicazioni normative, le opzioni considerate non prevedono modifiche rispetto all'esistente delle superfici impermeabili, confermando l'attuale recapito rappresentato dal terreno.

Di seguito si espongono le modalità di smaltimento delle acque meteoriche.

## 6.1 Tratti di linea con piattaforma su rilevato

In considerazione della modesta entità delle superfici drenate, si è scelto di conservare l'attuale configurazione di smaltimento delle acque superficiali che prevede la dispersione immediatamente in loco delle acque di

pioggia sfruttando la naturale capacità di infiltrazione del terreno del rilevato esistente. Secondo questo schema non è necessario raccogliere e concentrare le acque meteoriche battenti sulla piattaforma verso una rete di raccolta, pertanto si elimina lo strato di sub-ballast impermeabile e si prevede solamente la stesura di una fondazione in supercompattato con pendenza trasversale nulla.

Al fine di consentire il trasferimento delle acque dal ballast al terreno del rilevato è stata prevista l'adozione di un supercompattato drenante, ovvero con un fuso granulometrico tale da minimizzare la percentuale di fino e garantire quindi caratteristiche di permeabilità migliori del terreno esistente.

Il sistema consente di minimizzare i volumi idrici accumulati favorendo un'immediata infiltrazione nel suolo in quanto la superficie di infiltrazione risulta pari all'impronta stessa della piattaforma da drenare.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico dell'area questa soluzione non costituisce una modifica rispetto alle condizioni antecedenti l'intervento.

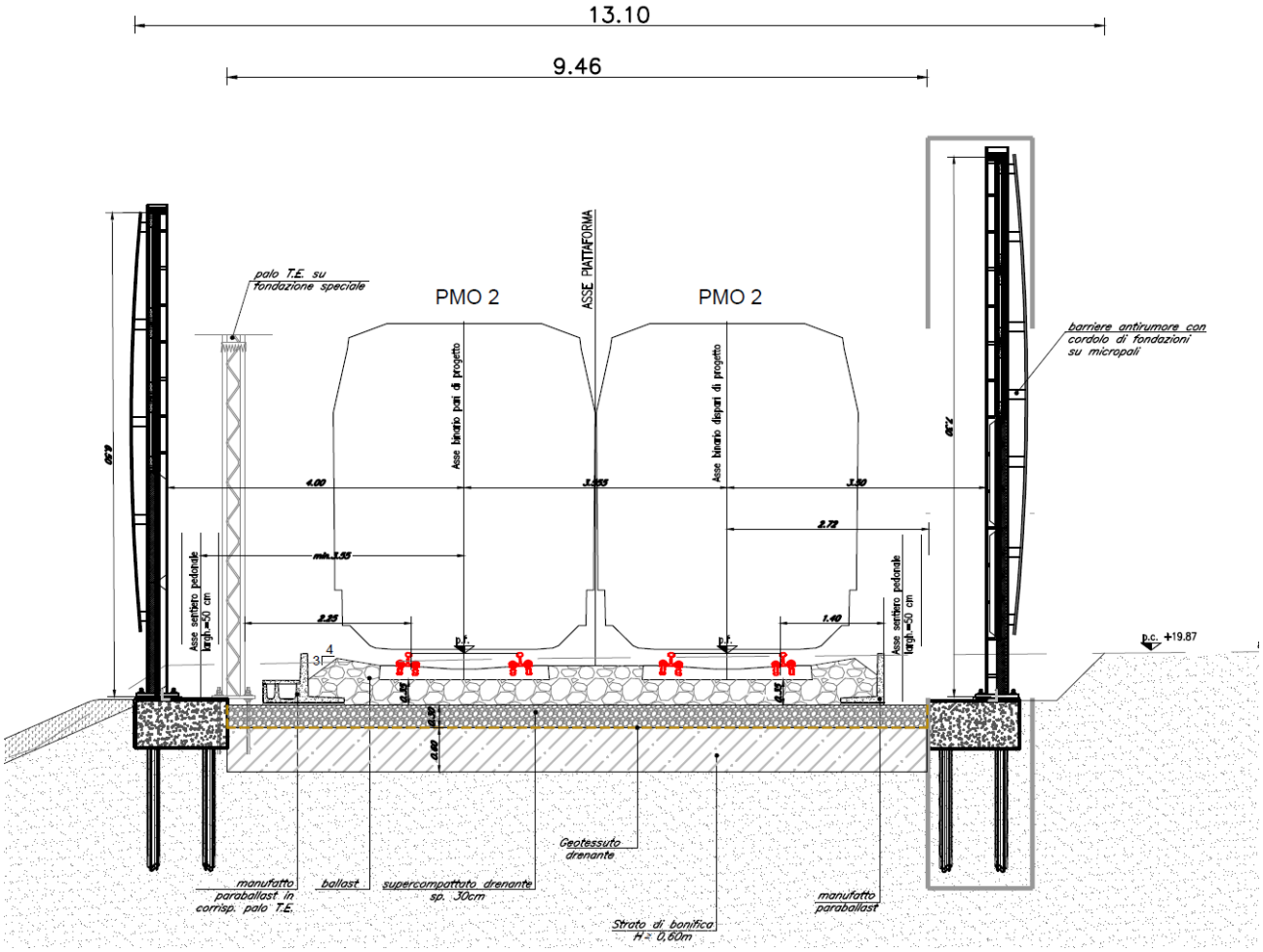



**Figura 2: sezioni tipo con dispersione diretta nel terreno del rilevato**

## 6.2 Tratti di linea con piattaforma su soletta in c.a.

I tratti in cui è prevista la realizzazione di una struttura in c.a. per il sostegno della piattaforma ferroviaria riguardano i tratti:

- Fegino - Ferri
- Ponte Rossini - Polcevera

In questo caso la raccolta delle acque avviene al di sopra della soletta mediante tubi drenanti microfessurati PEAD DE160mm, i quali recapitano in tubazioni di scarico in PVC DE200mm, poste ad interasse di 20m.

Le gli scarichi sono allacciati in parallelo su una condotta di raccolta posata nel terreno di rilevato a lato della soletta in c.a. che convoglia le acque verso il recapito finale.

Il recapito finale delle acque è così gestito:

- Per il tratto Fegino – Ferri: scarico diretto in Polcevera a mezzo di una condotta interrata.
- Ponte Rossini – Polcevera: dispersione nel suolo mediante una batteria di pozzi perdenti.

## 6.3 Attraversamenti e sottovia

Lungo la tratta sono presenti numerosi sottovia ed attraversamenti esistenti. Il progetto prevede la conservazione delle opere d'arte esistenti.

Lo smaltimento delle acque in corrispondenza dei sottovia è effettuato, come già avviene nelle condizioni attuali, mediante infiltrazione nel terreno di rilevato posto sopra le opere d'arte. L'allontanamento delle acque dal rilevato avviene tramite i barbacani esistenti nelle strutture murarie e negli impalcati.

Nelle seguenti immagini si rappresentano le caratteristiche tipiche degli attraversamenti esistenti. Il dettaglio di tutti gli attraversamenti è riportato nella tavola di inquadramento NG1H02DCVP6CS0200001A00.



**Figura 3: esempio di sottovia esistente Pk 3+544 Via Dandolo**



**Figura 4: esempio di sottovia esistente Pk 3+071 via Gastone Pisoni**

# 7 DIMENSIONAMENTO SUPERCOMPATTATO DRENANTE

La sezione ferroviaria prevede la seguente stratigrafia:

- ballast;
- strato di supercompattato drenante con H=30cm;
- strato di bonifica con H=60cm.

In particolare, per lo strato supercompattato si dovranno conseguire i seguenti requisiti:

Spessore complessivo del terreno compattato: 30 cm;

Materiale: granulare frantumato;

Modulo di deformazione sulla piattaforma: Md = 80 MPa;

Densità: 98% AASTHO mod.;

Granulometria:

| Diametro mm | 40 | 20 | 10 | 5 | 2 | 0.4 | 0.075 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Passante % | 100 | 72-100 | 50-82 | 35-64 | 20-42 | 7-20 | 3-5 |

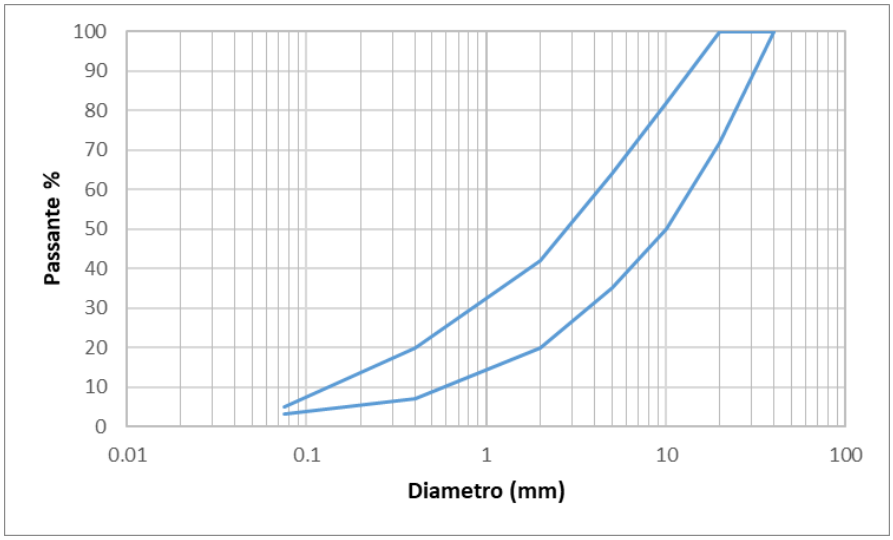



***Figura 5: fuso granulometrico del supercompattato***

Lo schema di calcolo per la verifica del funzionamento del sistema di infiltrazione è assimilabile ad un canale disperdente simmetrico rispetto all'asse, avente uno specchio liquido con base uguale alla larghezza dello strato di supercompattato e altezza pari al suo spessore.

Essendo l'infiltrazione che avviene nel terreno un processo sicuramente più lento della portata al colmo generata dall'evento meteorico, il volume idrico può accumularsi temporaneamente al di sopra del terreno

stesso riempiendo i pori del supercompattato drenante che funge da volume di invaso e laminazione. La porosità del tipo di supercompattato adottato è considerata pari al 33% in riferimento a dati bibliografici (*Aleksandr K. Strelkov, Svetlana Yu. Teplykh, Nikolai S. Bukhman*) pertanto, il volume utile all'invaso risulta un terzo rispetto alla situazione teorica di canale disperdente, di conseguenza a parità di volume, si genererebbe un tirante triplo.

Essendo lo strato di supercompattato drenante appositamente studiato per avere una permeabilità superiore a quella del terreno esistete, il vincolo al funzionamento del sistema è dato dalla permeabilità del terreno. Nel caso in esame la permeabilità considerata per il dimensionamento del sistema è quella del terreno esistente, costituito da terreno di riporto impiegato per la realizzazione del rilevato ferroviario esistente.

## 7.1 Permeabilità del terreno

Per quanto riguarda la permeabilità del terreno esistente (terreno di riporto costituente il rilevato ferroviario) in fase di predimensionamento si è adottato un valore di K = $5x10^{-5}$ m/s, che è ritenuto rappresentativo per un terreno di riporto di tipo granulare privo di argilla.

Nelle successive fasi progettuali è prevista la caratterizzazione della permeabilità di tutti i tratti di rilevato esistente al fine di confermare la presente stima.

Al fine di poter verificare l'idoneità dei valori di permeabilità che saranno rilevati si fornisce il valore minimo ammissibile per garantire il funzionamento dello strato di supercompattato previsto in progetto. **Il valore minimo (calcolato nel paragrafo §7.3) è di K = $2x10^{-5}$ m/s.**

Per quanto riguarda lo strato di terreno di bonifica, posto al di sotto del supercompattato, dovrà rispettare un valore di permeabilità non inferiore a quello del terreno esistente.

## 7.2 Dimensionamento sistema a dispersione

Il calcolo del volume (V) da assegnare allo strato di supercompattato, assimilato ad una trincea drenante con funzione di laminare la portata in arrivo dalla piattaforma, è stato condotto risolvendo per incrementi finiti di tempo, l'equazione differenziale di continuità di un serbatoio, applicata alla situazione in esame. La procedura prevede, per diverse durate dell'evento piovoso, la scrittura dell'equazione di continuità con riferimento al volume di controllo costituito dalla trincea:

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

In tale equazione con W(t) si è indicato il volume invasato nella trincea al tempo t, e con Qe(t) e Qu(t) le portate, in ingresso ed in uscita al tempo t, dalla trincea medesima.

La portata in ingresso, variabile temporalmente, è costituita dall'idrogramma generato dalle acque meteoriche cadute sulle superficie da drenare. L'idrogramma di afflusso adottato presenta una forma rettangolare secondo la formula di Turazza, con picco corrispondente al tempo di corrivazione delle superfici scolanti.

Il valore di picco dell'idrogramma è stato ottenuto, per ciascuna durata di pioggia considerata, con la seguente espressione:

$$Q_{e_\max} = \varphi \cdot A \cdot a \cdot d^{n-1} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

nella quale:

$\varphi$ coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.90

A superficie drenata [$m^2$];

d [h] durata dell'evento piovoso;

a [$m/h^n$ ], n [-], parametri della curva di possibilità pluviometrica per Tr = 100 anni;

La portata in uscita, che si infiltra nel terreno attraverso il fondo e le superfici laterali della trincea, è stata valutata moltiplicando la velocità di filtrazione per la superficie bagnata dal liquido secondo la relazione $Q_{inf}=k*A_{inf}*J$.

Dove k rappresenta la conducibilità idraulica, $A_{inf}$ la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso e J la cadente idraulica (posta pari a 1).

Nel caso in esame è considerata solo la superficie del fondo.

Pertanto, per ogni durata considerata dell'evento piovoso, è stato costruito l'idrogramma di afflusso alla trincea Qe(t), discretizzando il tempo in intervalli temporali, e dalla soluzione dell'equazione di continuità alle differenze finite sono stati valutati, istante per istante, il valore del tirante all'interno della trincea disperdente e il volume in essa invasato.

Variando quindi la durata dell'evento piovoso iterativamente è stato possibile determinare la durata critica alla quale corrisponde il massimo valore del tirante idrico e quindi il massimo volume di invaso necessario per lo strato in esame.

Il calcolo è effettuato per un tratto di lunghezza unitaria di sezione ferroviaria.

Si assume una larghezza drenata di 13.10m per tenere in conto l'eventuale contributo di piccole fasce esterne alle barriere antirumore.

**Dati di input:**

**Tabella 5: Precipitazioni di progetto (TR100)**

| | Da studio idrologico | | Dati maggiorati del 4.5% | |
|---|---|---|---|---|
| CPP TR=100anni | **a** | **n** | **a** | **n** |
| inferiore ad 1 ora | 126.2 | 0.464 | 131.879 | 0.464 |
| superiore ad 1 ora | 121.82 | 0.334 | 127.3019 | 0.334 |

**Tabella 6: Superfici scolanti**

| Nome superficie | Area (mq) | Coeff. Defl. φ | Tc (min) |
|---|---|---|---|
| area scolante | 13.1 | 0.90 | 5 |

**Tabella 7: Dati trincea**

| | | |
|---|---|---|
| Lunghezza | 1 | [m] |
| Larghezza | 9.4 | [m] |
| Area di base | 9.4 | [mq] |
| k infiltrazione | 5.00E-05 | [m/s] |
| Q inf. Minima | 0.47 | [l/s] |
| Altezza strato granulare | 0.30 | [m] |
| Porosità | 0.33 | - |
| Vol. accumulo in mat.poroso | 0.93 | [mc/ml] |

**Risultati:**

**Tabella 8: Risultati del calcolo espressi in funzione del tempo di precipitazione Tp**

| **Tp** | **min** | **5** | **10** | **20** | **30** | **40** | **50** | **60** | **70** | **80** | **90** | **100** | **110** | **120** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Max portata entrante | l/s | 1.64 | 1.13 | 0.78 | 0.63 | 0.54 | 0.48 | 0.42 | 0.38 | 0.34 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.26 |
| Max portata infiltrazione | l/s | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.42 | 0.38 | 0.34 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.26 |
| Max livello | m | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.05 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Volume di afflusso | mc | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 |
| Volume massimo riempimento | mc | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Volume infiltrato totale | mc | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 |

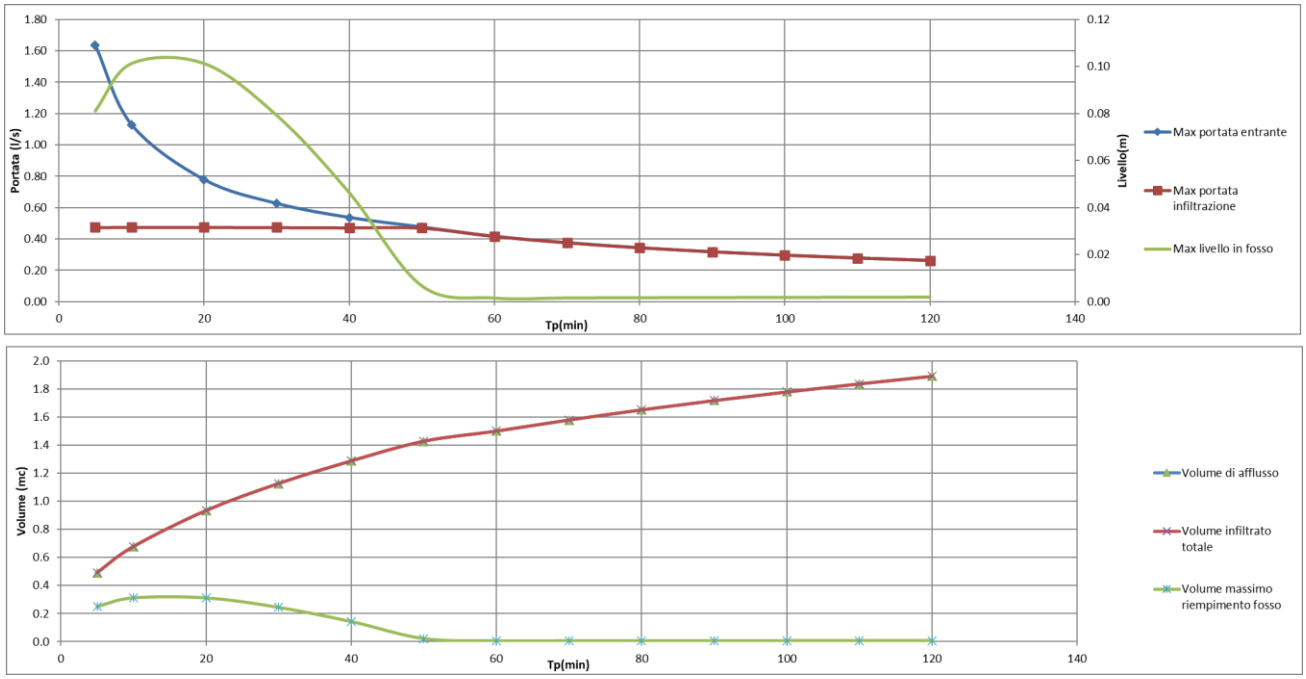



**Figura 6: risultati del calcolo per diversi tempi di precipitazione**

Come si osserva nei calcoli sopra riportati in riferimento ad un evento di pioggia con TR100 anni il massimo battente all'interno dello strato poroso (supercompattato) raggiunge i 10cm, in corrispondenza dell'evento critico di durata 10minuti.

Per eventi di durata superiore il sistema presenta battenti inferiori fino a garantire l'immediata dispersione delle acque per eventi con durata di pioggia superiori a 1ora.

Tenuto conto che lo strato di supercompattato drenante previsto in progetto ha altezza di 30 cm si osserva che nel caso più gravoso esso risulta saturato per circa un terzo. Il sistema è perciò verificato con un'ampia capacità di invaso residua a favore di sicurezza.

## 7.3 Permeabilità minima del terreno

Il calcolo del volume di accumulo sopra esposto è stato effettuato iterativamente inserendo valori di permeabilità del terreno via via minori, per individuare il valore minimo ammissibile che garantisce un corretto funzionamento dello strato di supercompattato.

Il valore ottenuto è di **K = 2x10$^{-5}$ m/s.**

Di seguito si riporta il calcolo del volume di accumulo

**Tabella 9: Dati trincea**

| | | |
|---|---|---|
| Lunghezza | 1 | [m] |
| Larghezza | 9.4 | [m] |
| Area di base | 9.4 | [mq] |
| k infiltrazione | 2.00E-05 | [m/s] |
| Q inf. Minima | 0.47 | [l/s] |
| Altezza strato granulare | 0.30 | [m] |
| Porosità | 0.33 | - |
| Vol. accumulo in mat.poroso | 0.93 | [mc/ml] |

**Risultati:**

**Tabella 10: Risultati del calcolo espressi in funzione del tempo di precipitazione Tp**

| Tp | min | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Max portata entrante | l/s | 1.64 | 1.13 | 0.78 | 0.63 | 0.54 | 0.48 | 0.42 | 0.38 | 0.34 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.26 |
| Max portata infiltrazione | l/s | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| Max livello | m | 0.12 | 0.17 | 0.21 | 0.24 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 |
| Volume di afflusso | mc | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 |
| Volume massimo riempimento | mc | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| Volume infiltrato totale | mc | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 |

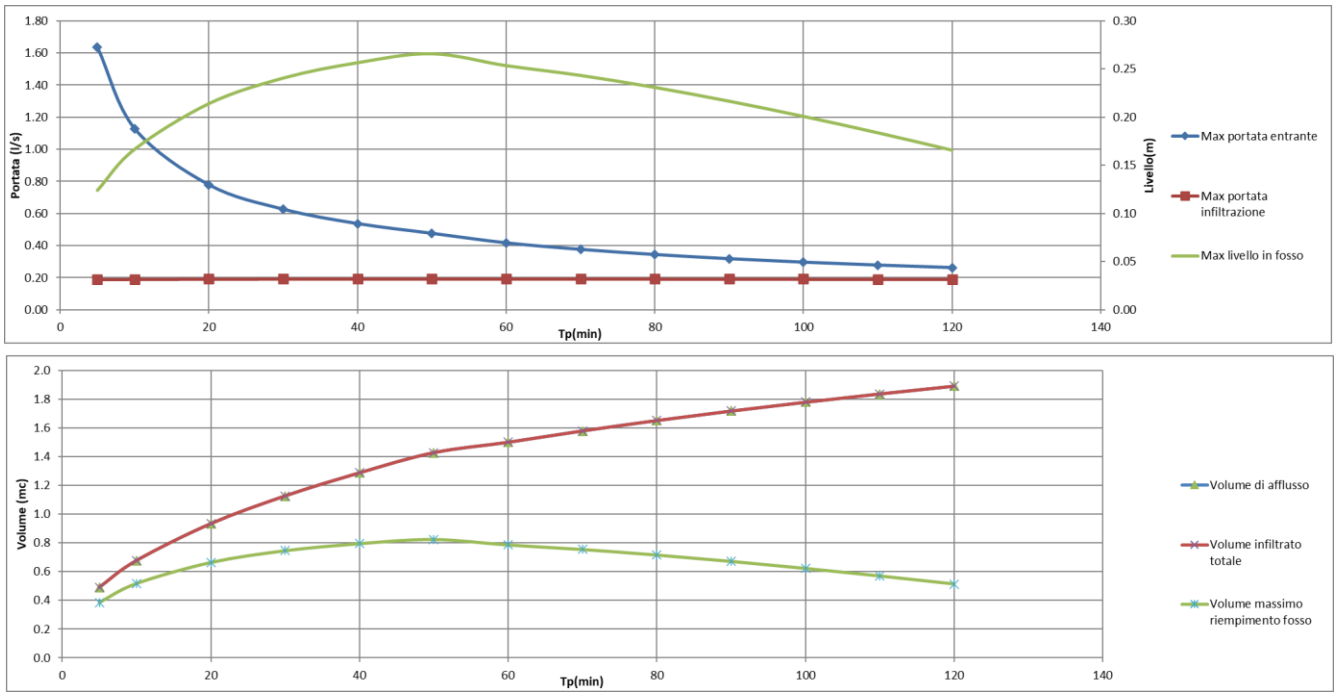



**Figura 7: risultati del calcolo per diversi tempi di precipitazione - K = $2x10^{-5}$ m/s..**

Il volume di accumulo determina un livello idrico max di 27cm, compatibile con l'altezza dello strato di 30cm.

# 8 TRATTO FEGINO-FERRI

Il dimensionamento della tubazione di scarico delle acque di piattaforma è effettuato in condizioni di moto uniforme applicando la relazione di Chezy ed assumendo un grado di riempimento massimo del 50%.

La portata di progetto è determinata in riferimento ad una precipitazione con TR100 anni e durata pari al tempo di corrivazione della superficie di raccolta.

In questo caso si assume Tc=10 minuti.

**Tabella 11: parametri idrologici di progetto**

| Tp (min) | a | n | h (mm) | i (mm/ora) | Cd | u (l/sha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 131.879 | 0.464 | 57.43 | 344.6 | 0.90 | 861.4 |

**Tabella 12: verifica tubazione di scarico**

| Tratto | Area scolante (mq) | u (l/s ha) | Qp (l/s) | Tubazione | i % | h (cm) | v (m/s) | GR % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fegino-Ferri | 1064.85 | 861.4 | 91.7 | PVC SN8 DE400 | 1% | 17.4 | 1.8 | 47% |

La tubazione di scarico verrà posata su terreno del rilevato ferroviario e infine raggiungerà l'alveo del fiume Polcevera attraversando la viabilità esistente.

# 9 TRATTO ROSSINI-POLCEVERA

Il dimensionamento della tubazione di scarico delle acque di piattaforma è effettuato in condizioni di moto uniforme applicando la relazione di Chezy ed assumendo un grado di riempimento massimo del 50%.

La portata di progetto è determinata in riferimento ad una precipitazione con TR100 anni e durata pari al tempo di corrivazione della superficie di raccolta.

In questo caso si assume Tc=10 minuti.

**Tabella 13: parametri idrologici di progetto**

| Tp (min) | a | n | h (mm) | i (mm/ora) | Cd | u (l/sha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 131.879 | 0.464 | 57.43 | 344.6 | 0.90 | 861.4 |

**Tabella 14: verifica tubazione di scarico**

| Tratto | Area scolante (mq) | u (l/s ha) | Qp (l/s) | Tubazione | i % | h (cm) | v (m/s) | GR % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rossini Polcevera | 1087.75 | 861.4 | 93.7 | PVC SN8 DE400 | 1% | 17.7 | 1.8 | 46% |

Il sistema prevede una batteria di tre pozzi disperdenti collegati in testa da una condotta che funge da ripartizione e volume di compenso.

Il calcolo della portata infiltrata nei pozzi e del volume temporaneamente accumulato durante gli eventi di pioggia è un problema di non semplice risoluzione in quanto è influenzato da numerose variabili dipendenti dal tempo.

Al fine di semplificare lo schema di calcolo e pervenire ad una modellazione affidabile e cautelativa del sistema di smaltimento si assume che i pozzi funzionino con un battente idraulico costante durante l'evento di pioggia, e pertanto abbiano una capacità di scarico per infiltrazione costante.

Sulla base di questa assunzione è possibile determinare, in riferimento ad eventi meteorici di progetto con TR100cnni, il bilancio dei volumi affluiti, accumulati e dispersi dal sistema.

Il calcolo del volume massimo di accumulo nel sistema (V) è ottenuto risolvendo l'equazione di continuità di un serbatoio, in riferimento a diverse durate di precipitazione

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

Dove:

W(t) è il volume invasato nel collettore di compenso al tempo t,

Qe(t) portata entrante dovuta all'afflusso meteorico al tempo t,

Qu(t) portata uscente al tempo t, per effetto della dispersione dei pozzi.

La portata in ingresso, variabile temporalmente, è costituita dall'idrogramma generato dalle acque meteoriche cadute sulle superficie da drenare. L'idrogramma di afflusso adottato presenta una forma rettangolare secondo la formula di Turazza, con picco corrispondente al tempo di corrivazione delle superfici scolanti.

Il valore di picco dell'idrogramma è stato ottenuto, per ciascuna durata di pioggia considerata, con la seguente espressione:

$$Q_{e_\max} = \varphi \cdot A \cdot a \cdot d^{n-1} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

nella quale:

$\varphi$ coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.90

A superficie drenata [m$^2$];

d [h] durata dell'evento piovoso;

a [mm/h], n [-], parametri della curva di possibilità pluviometrica per Tr = 100 anni;

La portata in uscita, che si infiltra nel terreno attraverso il fondo e le superfici laterali dei pozzi disperdenti è calcolata con il seguente metodo.

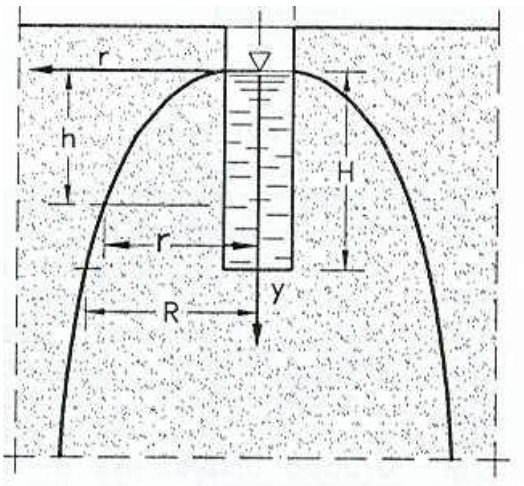



**Figura 8: schema pozzo disperdente**

La portata dispersa da un pozzo in condizioni di battente statico (H) e profondità della falda illimitata è data dalla portata laterale:

$$Ql = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot (H^2)}{ln(R/r_0)}$$

dove:

K coefficiente di filtrazione secondo Darcy (m/s)

H altezza dell'acqua all'interno del pozzo (m)

$r_0$ raggio del pozzo (m)

R raggio di influenza della zona di infiltrazione in corrispondenza della quota del fondo.

dove il rapporto $R/r_0$ può essere calcolato approssimativamente con la seguente espressione:

$$\frac{R}{r_0} = 3.828 \sqrt{\left(1 + \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{r_0}}\right) - 1}$$

La formula fa riferimento allo schema di moto filtrante riportato nella figura in alto ed a essa si deve aggiungere la portata dispersa dal fondo del pozzo.

$$Qf = \pi \cdot \mathrm{K} \cdot r_o^{\,2}$$

A tale sistema di dispersione si associa un'efficienza pari al 80% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine. Nel caso in esame la permeabilità considerata per il dimensionamento del sistema è quella del terreno esistente, pari a $K = 5x10^{-5}$ m/s.

**Tabella 15: Dati sistema pozzi**

| **Simulazione funzionamento pozzo disperdente** | | | |
|---|---|---|---|
| Considero pozzi con falda profonda | | | |
| | | | |
| Coeff permeabilità K | | 5.0E-05 | m/s |
| Diam pozzo | | 1.5 | m |
| Raggio pozzo $r_0$ | | 0.75 | m |
| Area pozzo | | 1.77 | mq |
| Raggio ghiaia attorno pozzo | (>r0) | 1.50 | m |
| Area immagazzinamento ghiaia (30% porosità) | | 1.59 | mq |
| H disperdente pozzo [m] | | 6 | m |
| Altezza totale pozzo [m] | | 7 | m |
| R/ro | | 7.7 | |
| R | | 5.7 | m |
| Volume utile pozzo ca | | 10.6 | mc |
| Volume totale pozzo ca | | 12.4 | mc |
| Volume totale ghiaia | intorno a pozzo ca | 11.1 | mc |
| Volume totale pozzo +ghiaia | | 23.5 | mc |

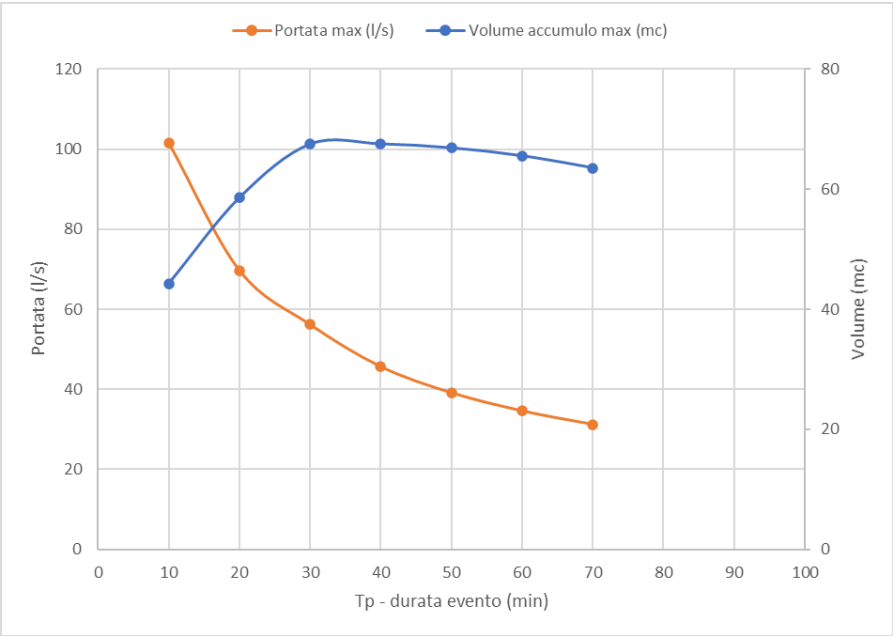
| SINGOLO POZZO | | |
|---|---|---|
| **Qmax Pozzo** | laterale | 5.6 l/s |
| | fondo | 0.09 |
| | Totale | 5.6 |
| Efficienza | | 0.90 |
| Portata di progetto | | 5.08 l/s |

In base a queste assunzioni si ha una capacità di infiltrazione dei pozzi di circa 5l/s, inoltre ciascun pozzo possiede un volume di accumulo di 23.5mc.

Si riporta di seguito il calcolo del volume di laminazione.

**Tabella 16: calcolo iterativo del volume di accumulo massimo**

| durata | volume | Q (l/s) |
|---|---|---|
| 10 | 44.3 | 101.6 |
| 20 | 58.6 | 69.7 |
| 30 | 67.5 | 56.2 |
| 40 | 67.5 | 45.6 |
| 50 | 66.8 | 39.1 |
| 60 | 65.5 | 34.6 |
| 70 | 63.5 | 31.2 |




Si ottiene che il sistema di dispersione necessita di un volume di compenso di 68mc che può essere accolto dalla batteria di pozzi disperdenti la quale dispone complessivamente di un volume utile di 70mc. Un ulteriore volume di accumulo a favore di sicurezza è rappresentato dalla tubazione di ripartizione nei pozzi DE400. Il sistema è pertanto verificato.

# 10 ALLEGATO – SCALE DI DEFLUSSO

| | | PVC | SN8 | De | 400 | mm | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SCALA DI DEFLUSSO PER SEZIONE CIRCOLARE | | | | | | | | |
| | Diametro esterno | | 400 | mm | | $Q_{70\%}$ = | 160.4 | l/s |
| | Diametro interno | | 376.6 | mm | | $Q_{max}$ = | 207.5 | l/s |
| | Scabrezza (Strickler) | | 90 | m^(1/3)/s | | | | |
| | Pendenza | | 10.0 | m/km | | | | |

| Altezza d'acqua [mm] | Carico Totale [m] | Area Bagnata [m²] | Contorno Bagnato [m] | Raggio Idraulico [m] | Portata [l/s] | Velocità [m/s] | Coeff. Riemp. [%] | To [Pa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | **0.0** | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 8 | 11 | 0.001 | 0.11 | 0.00 | **0.1** | 0.26 | 0 | 0.49 |
| 15 | 24 | 0.001 | 0.15 | 0.01 | **0.6** | 0.41 | 1 | 0.97 |
| 23 | 37 | 0.003 | 0.19 | 0.01 | **1.5** | 0.54 | 2 | 1.44 |
| 30 | 52 | 0.004 | 0.22 | 0.02 | **2.7** | 0.65 | 4 | 1.90 |
| 38 | 66 | 0.006 | 0.24 | 0.02 | **4.3** | 0.75 | 5 | 2.35 |
| 45 | 81 | 0.008 | 0.27 | 0.03 | **6.3** | 0.84 | 7 | 2.79 |
| 53 | 96 | 0.009 | 0.29 | 0.03 | **8.7** | 0.92 | 9 | 3.22 |
| 60 | 111 | 0.012 | 0.31 | 0.04 | **11.5** | 1.00 | 10 | 3.64 |
| 68 | 127 | 0.014 | 0.33 | 0.04 | **14.7** | 1.08 | 12 | 4.05 |
| 75 | 142 | 0.016 | 0.35 | 0.05 | **18.2** | 1.15 | 14 | 4.46 |
| 83 | 158 | 0.018 | 0.37 | 0.05 | **22.0** | 1.21 | 16 | 4.85 |
| 90 | 173 | 0.021 | 0.39 | 0.05 | **26.2** | 1.27 | 18 | 5.23 |
| 98 | 189 | 0.023 | 0.40 | 0.06 | **30.7** | 1.33 | 21 | 5.60 |
| 105 | 204 | 0.026 | 0.42 | 0.06 | **35.5** | 1.39 | 23 | 5.96 |
| 113 | 219 | 0.028 | 0.44 | 0.06 | **40.6** | 1.45 | 25 | 6.32 |
| 121 | 235 | 0.031 | 0.45 | 0.07 | **46.0** | 1.50 | 28 | 6.66 |
| 128 | 250 | 0.033 | 0.47 | 0.07 | **51.6** | 1.55 | 30 | 6.99 |
| 136 | 265 | 0.036 | 0.48 | 0.07 | **57.5** | 1.59 | 32 | 7.31 |
| 143 | 280 | 0.039 | 0.50 | 0.08 | **63.6** | 1.64 | 35 | 7.62 |
| 151 | 295 | 0.042 | 0.52 | 0.08 | **69.9** | 1.68 | 37 | 7.91 |
| 158 | 309 | 0.044 | 0.53 | 0.08 | **76.4** | 1.72 | 40 | 8.20 |
| 166 | 323 | 0.047 | 0.55 | 0.09 | **83.0** | 1.76 | 42 | 8.48 |
| 173 | 338 | 0.050 | 0.56 | 0.09 | **89.8** | 1.80 | 45 | 8.74 |
| 181 | 351 | 0.053 | 0.58 | 0.09 | **96.7** | 1.83 | 47 | 8.99 |
| 188 | 365 | 0.056 | 0.59 | 0.09 | **103.7** | 1.86 | 50 | 9.24 |
| 196 | 379 | 0.059 | 0.61 | 0.10 | **110.8** | 1.89 | 53 | 9.47 |
| 203 | 392 | 0.061 | 0.62 | 0.10 | **117.9** | 1.92 | 55 | 9.68 |
| 211 | 405 | 0.064 | 0.64 | 0.10 | **125.1** | 1.95 | 58 | 9.89 |
| 218 | 417 | 0.067 | 0.65 | 0.10 | **132.3** | 1.97 | 60 | 10.08 |
| 226 | 429 | 0.070 | 0.67 | 0.10 | **139.4** | 2.00 | 63 | 10.26 |
| 233 | 441 | 0.073 | 0.68 | 0.11 | **146.5** | 2.02 | 65 | 10.42 |
| 241 | 453 | 0.075 | 0.70 | 0.11 | **153.5** | 2.04 | 68 | 10.57 |
| 249 | 464 | 0.078 | 0.71 | 0.11 | **160.4** | 2.06 | 70 | 10.71 |
| 256 | 475 | 0.081 | 0.73 | 0.11 | **167.1** | 2.07 | 72 | 10.84 |
| 264 | 485 | 0.083 | 0.75 | 0.11 | **173.7** | 2.09 | 75 | 10.94 |
| 271 | 495 | 0.086 | 0.76 | 0.11 | **180.1** | 2.10 | 77 | 11.04 |
| 279 | 505 | 0.088 | 0.78 | 0.11 | **186.2** | 2.11 | 79 | 11.11 |
| 286 | 514 | 0.091 | 0.80 | 0.11 | **192.1** | 2.11 | 82 | 11.17 |
| 294 | 523 | 0.093 | 0.82 | 0.11 | **197.6** | 2.12 | 84 | 11.22 |
| 301 | 531 | 0.096 | 0.83 | 0.11 | **202.8** | 2.12 | 86 | 11.24 |
| 309 | 539 | 0.098 | 0.85 | 0.11 | **207.6** | 2.12 | 88 | 11.24 |
| 316 | 546 | 0.100 | 0.87 | 0.11 | **211.8** | 2.12 | 90 | 11.22 |
| 324 | 552 | 0.102 | 0.89 | 0.11 | **215.6** | 2.12 | 91 | 11.18 |
| 331 | 558 | 0.104 | 0.92 | 0.11 | **218.7** | 2.11 | 93 | 11.11 |
| 339 | 562 | 0.106 | 0.94 | 0.11 | **221.1** | 2.09 | 95 | 11.01 |
| 346 | 566 | 0.107 | 0.97 | 0.11 | **222.7** | 2.08 | 96 | 10.88 |
| 354 | 569 | 0.109 | 1.00 | 0.11 | **223.2** | 2.05 | 98 | 10.69 |
| 362 | 570 | 0.110 | 1.03 | 0.11 | **222.3** | 2.02 | 99 | 10.45 |
| 369 | 568 | 0.111 | 1.08 | 0.10 | **219.2** | 1.98 | 100 | 10.10 |
| **377** | **553** | **0.111** | **1.18** | **0.09** | **207.5** | **1.86** | **100** | 9.24 |