



COMUNE DI GENOVA

**OPERE DI PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA
TRATTA CANEPARI RIVAROLO
SERVIZI DI AGGIORNAMENTO E
INTEGRAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA**

PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA RAFFORZATO



Il Progettista:

Ing. Mario Bordi
Ordine Ing. Genova n.5723

Il Project Engineering Manager:

Ing. Marco Marchesini
Ordine Ing. Roma n. 39603

Il Responsabile Unico del Progetto
Dirigente Grandi Infrastrutture di Trasporto - Area
Project Management Office

Ing. Manuela Sciotto
Ordine Ing. Genova n. 8953

Il Responsabile dell'Integrazione tra le varie
discipline specialistiche:

Ing. Mario Bordi
Ordine Ing. Genova n.5723

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Progettazione:

Geom. Bruno Bucari
Ordine geom. Genova n.3004

Il Geologo:

Dott. Geol. Roberto Pedone
Ordine Geologi della Liguria n 183

**ELABORATI GENERALI
DOCUMENTI GENERALI
Relazione Tecnica Generale**

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO			P0_EGDG_GEN_R_003_1				
LIV. PROG. ANNO			CODICE ELAB.				
P0044365	P	25	P0	EGDG	GEN R	003	1
							-
2							
1	Integrazione generale			15/05/2025	E. LIRZA, L.RUFFINI	M. MARCHESINI	M. BORDI
0	PRIMA EMISSIONE			01/04/2025	E. LIRZA, L. RUFFINI	M. MARCHESINI	M. BORDI
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Comune di Genova
Genova, Italia

Metropolitana di Genova Tratta Canepari – Rivarolo

Relazione tecnica generale

Doc. No. P0_EGDG_GEN_R_003_1

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Aggiornamento	E. Lirza, L. Ruffini	M. Marchesini	M. Bordi	15/05/2025
0	Prima Emissione	E. Lirza, L. Ruffini	M. Marchesini	M. Bordi	01/04/2025





INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	4
LISTA DELLE FIGURE	4
PREMESSA	6
1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	7
2 VINCOLI PER LA SICUREZZA DELLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE	9
3 STUDI E INDAGINI	10
3.1 RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI E CELERIMETRICI	10
3.1.1 Rilievi topografici	10
3.2 ARCHEOLOGIA	10
3.3 INTERFERENZE	10
3.3.1 Indagini	10
3.4 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA	11
3.4.1 Inquadramento Geologico	11
3.4.2 Inquadramento Gemorfologico	14
3.4.3 Inquadramento Idrogeologico	15
3.5 GEOTECNICA E SISMICA	15
3.5.1 Inquadramento Geotecnico	15
3.5.2 Inquadramento Sismico	16
3.6 IDROLOGIA E IDRAULICA	17
3.6.1 Rete smaltimento acque meteoriche	17
4 AMBIENTE	19
5 ARCHITETTURA DI STAZIONE	21
5.1 PROGETTO FUNZIONALE	21
5.1.1 Ubicazione e Accessi	21
5.1.2 Struttura della Stazione e articolazione degli spazi	21
5.1.3 Verifiche Normative	21
5.2 PROGETTO ARCHITETTONICO	22
5.2.1 LA STAZIONE DELLA METROPOLITANA – LIVELLO TERRA	25
5.2.2 LA STAZIONE - LIVELLO BANCHINE	28
5.2.3 INSERIMENTO PAESAGGISTICO	31
6 PROGETTO FERROVIARIO	35
6.1 TRACCIATO	35
6.1.1 BINARIO DISPARI	36
6.1.2 BINARIO PARI	38
6.2 ARMAMENTO	41
6.2.1 Materiali d'armamento	42
7 OPERE D'ARTE MAGGIORI	45
7.1 RIFERIMENTI	45
7.1.1 Normative di progetto	45
7.1.2 Riferimenti tecnici	46
7.1.3 Documentazione Tecnica di riferimento	46
7.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	47
7.2.1 Carpenteria metallica impalcato	47
7.2.2 Calcestruzzi	51

7.2.3	Acciaio da cemento armato	53
7.2.4	Calcolo delle proprietà dei materiali	54
7.2.5	Limiti di apertura fessure	60
7.2.6	Classe di esecuzione Acciaio da Carpenteria metallica	61
7.3	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	61
7.4	MINIMI DI ARMATURA	63
7.5	ANALISI DEI CARICHI	64
7.5.1	Carichi di progetto	64
7.5.2	Criteri per la valutazione delle azioni sulle strutture	65
7.6	PONTE SUL TORBELLA	74
7.6.1	Fondazioni delle Spalle	74
7.7	IMPALCATO SU VIA ROSSINI	74
7.7.1	Fondazioni delle Spalle	74
7.8	IMPALCATO SU VIA PISONI	75
7.8.1	Fondazioni delle Spalle	75
7.9	STAZIONE RIVAROLO	75
7.9.1	Aspetti strutturali	75
7.9.2	Fasi esecutive	77
8	OPERE D'ARTE MINORI	79
8.1	OPERE DI LINEA	79
9	PREVENZIONE INCENDI	80
10	IMPIANTI CIVILI	83
10.1	IMPIANTI MECCANICI	83
10.1.1	Impianto raffrescamento locali tecnici	83
10.1.2	Impianto climatizzazione	84
10.1.3	Impianto ventilazione meccanica controllata	84
10.1.4	Impianto idrico sanitario	84
10.1.5	Impianto scarico acque nere e ventilazione	85
10.1.6	Impianto acque riuso	85
10.1.7	Impianto antincendio	85
10.1.8	Impianto estrazione fumi	86
10.2	IMPIANTI DI TRASLAZIONE	86
10.2.1	Impianto scale mobili	86
10.2.2	Impianto ascensori	87
10.3	IMPIANTI ELETTRICI	88
10.4	IMPIANTI SPECIALI	88
11	IMPIANTI ELETTROFERROVIARI	89
11.1	IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE	89
11.2	IMPIANTI LINEA DI CONTATTO	89
11.3	SEGNALAMENTO AUTOMAZIONE	89
11.3.1	Impianti di Segnalamento	89
11.3.2	Impianto di automazione, Telecomando e telecontrollo	90
12	CANTIERIZZAZIONE	91
12.1	AREA DI CANTIERE E FASI COSTRUTTIVE	91
12.1.1	Campo base	91
12.1.2	Campi operativi	92
12.1.3	Fasi costruttive	93

12.2	VIABILITA'	95
12.2.1	Gestione della viabilità	95
12.2.2	FASE 1	95
12.2.3	FASE 2	95
12.2.4	FASE 3	96
12.2.5	FASE 4	96
12.2.6	FASE 5 E FASE CONCLUSIVA	97
13	PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO	98
13.1	ORGANIZZAZIONE GENERALE	98
13.1.1	Contesto dell'opera	98
13.1.2	Principali elementi interferenziali e loro gestione	98
13.1.3	Costi della sicurezza	99
14	CRONOPROGRAMMA	100

LISTA DELLE TABELLE

	Pag.
Tabella 3-1: Parametri dello scuotimento	17
Tabella 4-1: Sintesi della significatività degli effetti: quadro riepilogativo	20
Tabella 7-1: Proprietà meccaniche di progetto dell'acciaio per carpenteria metallica	54
Tabella 7-2: Proprietà meccaniche di progetto dei bulloni nel caso in cui i piani di taglio interessino la parte NON filettata del gambo (si fa riferimento all'area lorda del gambo)	55
Tabella 7-3: Proprietà meccaniche di progetto di progetto dei pioli Nelson	55
Tabella 7-4: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C35/45	56
Tabella 7-5: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C40/50	57
Tabella 7-6: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C32/40	58
Tabella 7-7: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C25/30	59
Tabella 7-8: Proprietà meccaniche di progetto acciaio per c.a.	60
Tabella 7-9: Limiti di apertura delle fessure	60
Tabella 7-10: Dimensioni del treno Ansaldo Breda per metro Genova IIIa generazione	68
Tabella 7-11: Pesì del convoglio rotabile nelle differenti configurazioni	69
Tabella 9.1: Attività soggette D.P.R. 151/2011 e RTV applicabili	80

LISTA DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 1.1: Planimetria generale opere di progetto	8
Figura 3.1: Stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000 foglio 213-230 "Genova" (da Capponi & Crispini, 2008b). In tratteggio rosso è indicata l'area d'intervento.	12
Figura 3.2: Stralcio della Carta geologica del PUC del Comune di Genova, foglio 27. In tratteggio rosso è indicata l'area d'intervento.	13
Figura 3-3 - Profilo geotecnico Metro Genova tratta Canepari – Rivarolo	16
Figura 5-1: Veduta panoramica del sito della Nuova stazione	23
Figura 5-2: Vista della stazione di Rivarolo dal parcheggio di via Pisoni	24
Figura 5-3: Progetto: Veduta fotorealistica dell'ingresso su via Rossini	24
Figura 5-4: Pianta piano terra / Atrio	26
Figura 5-5: Progetto - Sezione maestra	27
Figura 5-6: Pianta piano primo / Banchine	30
Figura 5-7: Schema soluzioni antivolatili	31
Figura 5-8: Piano dei beni soggetti a paesistica	31
Figura 5-9: Piano paesaggistico corsi acqua vincolati	32
Figura 5-10: Progetto: Veduta fotorealistica dell'ingresso su via Rossini	33
Figura 5-11: Progetto: Veduta fotorealistica della stazione da piazzale Carmarino	34
Figura 5-12: Progetto: Veduta fotorealistica della stazione dal parcheggio di via Pisoni	34
Figura 6.1: Tracciato prolungamento Canepari – Rivarolo	35
Figura 6.2: Legenda planimetria tracciato binari e confine delle aree	35
Figura 6.3: Caratteristiche geometriche tracciato binario Dispari (1/2)	36
Figura 6.4: Caratteristiche geometriche tracciato binario Dispari (2/2)	37
Figura 6.5: Legenda fogli di calcolo per verifica tracciato	37
Figura 6.6: Verifiche geometriche tracciato binario Dispari	38

Figura 6.7:	Verifiche lunghezze minime clotoidi binario Dispari	38
Figura 6.8:	Caratteristiche geometriche profilo binario Dispari	38
Figura 6.9:	Verifiche geometriche profilo binario Dispari	38
Figura 6.10:	Caratteristiche geometriche tracciato binario Pari (1/2)	39
Figura 6.11:	Caratteristiche geometriche tracciato binario Pari (2/2)	39
Figura 6.12:	Legenda fogli di calcolo per verifica tracciato	40
Figura 6.13:	Verifiche geometriche tracciato binario Pari	40
Figura 6.14:	Verifiche lunghezze minime clotoidi binario Pari	40
Figura 6.15:	Caratteristiche geometriche profilo binario Pari	41
Figura 6.16:	Verifiche geometriche profilo binario Pari	41
Figura 6.17:	Attacco Tipo Milano Modificato -cfr § 3.1 -2	42
Figura 6.18:	Geometria Scambio S50UNI/102/0,15	43
Figura 6.19:	Schema del Dispositivo Antideragliamento U33, che Consente uno Scostamento di 65mm.	43
Figura 6.20:	Schema del Dispositivo Antideragliamento U33	44
Figura 7-1:	Dettagli tipologici di saldatura	50
Figura 7-2:	Vita nominale VN per diversi tipi di opere	61
Figura 7-3:	Classi d'uso per diversi tipi di opere	61
Figura 7-4:	Coefficiente d'uso	62
Figura 7-5:	Azioni di spinta dei rilevati.	66
Figura 7-6:	Veicolo Ansaldo Breda per metro Genova IIIa generazione	68
Figura 7-7:	Peso totale dei singoli assi di carico nella configurazione "C0".	70
Figura 7-8:	Peso degli assi di carico nella configurazione "C2".	70
Figura 7-9:	Peso degli assi di carico nella configurazione "C3".	71
Figura 7-10:	Treno di progetto	71
Figura 7-11:	Treno di progetto impiegato nella progettazione delle tratte già realizzate	72
Figura 7-12:	Planimetria piano atrio	76
Figura 7-13:	Sezione trasversale tipologica	76
Figura 7-14:	Sezione longitudinale tipologica	77
Figura 7-15:	Fasi esecutive	78
Figura 12-1:	Collocazione del campo base rispetto alla zona di intervento	91
Figura 12-2:	Individuazione delle aree di lavoro e dei campi operativi	93
Figura 12-3:	Suddivisione delle lavorazioni durante la Fase 2	94
Figura 12-4:	Gestione della viabilità durante la FASE 1	96

PREMESSA

Questa relazione illustra il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, Nuovo Codice, per il prolungamento della metropolitana di Genova lungo la tratta Canepari-Rivarolo.

La soluzione adottata, sviluppata e approvata dal Comune di Genova, è quella "a raso", selezionata tra le diverse alternative di tracciato analizzate nella prima fase dello studio di fattibilità.

Il percorso, che si estende per circa 420 metri, si collega al tronchino di inversione della tratta Brin-Canepari attualmente in corso di realizzazione, proseguendo verso nord sul rilevato ferroviario esistente, in direzione parallela alla linea ferroviaria bivio Succursale/Campasso. Il tracciato si sviluppa lungo il sedime di un binario ferroviario dismesso.

Nell'area di convergenza tra le linee ferroviarie Campasso e Fegino/Bersaglio è prevista la stazione Rivarolo, unica della tratta, accessibile sia da ovest (via alla Stazione di Rivarolo-via Rossini), per l'interscambio con l'omonima stazione FS, sia da est (parcheggio di interscambio di via Pisoni).

A valle della stazione Rivarolo, che andrà costituire il nuovo capolinea, è prevista un tronchino di inversione a doppio binario, anch'esso confinato tra le linee ferroviarie Campasso e Fegino/Bersaglio. La tratta termina in corrispondenza dello slargo di via Duria poco prima del sedime ferroviario esistente di Rivarolo.

Secondo quanto sviluppato nel citato studio di fattibilità, il progetto risulta compatibile con un'eventuale futura estensione della linea metropolitana verso la Vapolcevera.

In particolare, l'eventuale prolungamento prevederà una significativa modifica della livelletta a valle della stazione Rivarolo (da ponte Rossini in poi), per realizzare il sottoattraversamento dei binari ferroviari correnti lungo la sponda sinistra del Polcevera.

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il tracciato si sviluppa per circa 420 metri e si innesta alla progr. Km 0+749.007 BP della tratta Brin-Canepari, proseguendo verso nord, a raso, lungo il rilevato ferroviario esistente. La linea si estende parallelamente alla ferrovia bivio Succursale/Campasso.

L'interasse tra i binari, con il binario pari situato a est e il dispari a ovest, è stato mantenuto a 2,90 m, in conformità con la configurazione attuale della linea in esercizio per la tratta precedente.

Da sud verso nord, oltre alla stazione di Rivarolo sono previste le seguenti opere d'arte principali: scavalco torrente Torbella, scavalco via Pisoni, scavalco via Rossini.

Il viadotto Torbella è costituito da un impalcato metallico a via inferiore a singola campata. L'impalcato scavalca l'alveo del torrente Torbella e le 2 viabilità locali poste sui 2 argini. L'opera viene realizzata in seguito al nuovo ponte della linea ferroviaria Campasso, che prevede la demolizione dell'intera struttura esistente, per cui l'impatto sarà soltanto con una ridotta parte di rilevato di nuova realizzazione. Da questo punto, il tracciato prosegue su opere di sostegno e affronta un'ampia curva verso sinistra, lungo la quale è collocata la stazione Rivarolo, situata tra le linee ferroviarie Campasso e Fegino/Bersaglio.

La stazione Rivarolo, nuovo capolinea, ha una configurazione a banchine laterali, ubicate a quota rilevato, quindi a cielo aperto. A causa dei notevoli vincoli costituiti dalle ferrovie adiacenti, la via di corsa in banchina è in curva di raggio 500m. Le banchine sono coperte da una pensilina metallica e sono accessibili tramite un atrio posto a quota strada (via Rossini / via Pisoni), realizzato mediante scavo di svuotamento del rilevato ferroviario. Il volume di scavo è a sua volta confinato da paratie perimetrali costituite da pali di grande diametro. Alla stessa quota dell'atrio sono inoltre ubicati i locali tecnici a servizio della metropolitana, ricompresi nel medesimo volume di scavo. L'accessibilità all'atrio e ai locali tecnici è assicurata attraverso opportuni sottoattraversamenti della realizzanda linea ferroviaria Fegino-Campasso sul lato ovest e della linea Fegino-Bersaglio in esercizio sul lato est.

Procedendo verso nord, il tracciato continua la sua curva e sovrappassa in successione via Pisoni (con impalcato a sezione mista) e via Rossini tramite un cavalcavia a via inferiore in acciaio, che comporterà la demolizione della struttura esistente.

In questa zona e fino a fine tratta, la linea è delimitata da opere di sostegno, in particolare verso ovest, dove i binari della linea Campasso si trovano a una quota superiore di alcuni metri.

In corrispondenza del ponte Rossini il tracciato ospita una comunicazione pari-dispari necessaria all'inversione di marcia dei treni. Questa comunicazione, ubicata in retrostazione sul tronchino di inversione, si somma alle 2 comunicazioni configurate a cappello di prete già previste nella tratta precedente (attuale tronchino di inversione in retrostazione a Canepari).

Nella tratta terminale del tronchino a nord del ponte Rossini, la linea affronta una nuova curva verso sinistra per mantenere una distanza adeguata dalle linee Campasso e Fegino/Bersaglio, che in questo punto iniziano a divergere. Il tronchino di manovra termina in corrispondenza dell'area di parcheggio via Duria, poco prima del sedime ferroviario esistente di Rivarolo.

A causa dei vincoli legati al tracciato e alla funzionalità della stazione, nella parte iniziale della tratta è stato necessario ampliare la piattaforma metropolitana verso est rispetto all'attuale area ferroviaria, occupando alcune zone attualmente destinate a cortili condominiali. Nella parte terminale, in corrispondenza della biforcazione delle linee Campasso e Fegino/Bersaglio, il tracciato si mantiene tra le due, uscendo dal rilevato esistente e occupando parzialmente lo slargo di via Duria, che nel precedente PFTE risultava interrotto. Nel nuovo progetto, il tracciato è stato ridotto per garantire la continuità di via Duria, almeno fino all'eventuale futuro prolungamento della linea metropolitana.



Figura 1.1: Planimetria generale opere di progetto

2 VINCOLI PER LA SICUREZZA DELLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE

Italferr è stata incaricata da RFI per un altro lotto della metropolitana di Genova di verificare la sussistenza di vincoli normativi per la sicurezza delle attività di manutenzione. In base alle distanze attualmente previste tra la TE della linea ferroviaria e quella del nuovo tracciato della metro e sulle dimensioni del tipologico del mezzo ("terrazzino") adottato dalla struttura manutentiva di RFI per le proprie operazioni, è stato verificato da Italferr, il rispetto delle seguenti normative:

- ✓ CEI 11-27;
- ✓ CEI EN 50110-1;
- ✓ DL 81/2008.

Italferr però, non conoscendo i mezzi utilizzati da AMT per le operazioni manutentive della metropolitana ha chiesto a quest'ultima di fare le opportune verifiche. Di seguito viene riportato quanto è emerso al riguardo, anche a seguito di un rilievo del mezzo di manutenzione di AMT effettuato in sito dai tecnici di AMT e del Comune ad aprile 2024:

- ✓ Nella posizione di riposo del braccio della gru non ci sono possibili "sconfinamenti";
- ✓ Per quanto desumibile dalle quote prese durante il rilievo è stata confermata la possibilità di passare dalla posizione di riposo della gru alla posizione di lavoro (e viceversa) senza interferenze con le aree RFI e con gli altri "ostacoli fissi continui" previsti dal progetto della metropolitana. I rilievi effettuati mettono in evidenza infatti un ingombro laterale massimo del braccio della gru in fase di passaggio dalla posizione di riposo alla posizione di lavoro di circa 1,5 m dalla rotaia esterna, che corrisponde a circa 2,2 m dall'asse binari. Tale ingombro risulta quindi compatibile, con margine, rispetto al confine RFI (recinzione di progetto) in ogni punto del tracciato;
- ✓ È indispensabile che esista una procedura adottata da AMT che vincoli il locomotore del mezzo di manutenzione a spostarsi solo in posizione di riposo della gru. D'altra parte, tale procedura già esiste nei regolamenti AMT in quanto prima ancora della problematica di possibile interferenza con il confine RFI, il vincolo di spostamento lungo la linea del mezzo di manutenzione con gru in posizione di riposo deve esistere necessariamente per non interferire con tutti gli "ostacoli fissi" di linea (le pareti delle gallerie, i pali TE, ecc...);
- ✓ Per le manovre del braccio della gru, la macchina non ha interblocchi e quindi sta all'operatore garantire di non andare oltre rispetto ai limiti consentiti, così come del resto deve fare in galleria o dove sono presenti i pali TE. Appena possibile l'operatore della gru dovrà ruotare il braccio in posizione longitudinale rispetto al tracciato e a quel punto potrà completare l'estensione del braccio della gru e operare;
- ✓ Pertanto l'utilizzo della gru nel tratto adiacente alle linee RFI deve essere oggetto di apposita procedura e gli addetti dell'esercente devono essere opportunamente formati e informati rispetto al rischio di invasione del limite di competenza RFI;

3 STUDI E INDAGINI

3.1 RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI E CELERIMETRICI

3.1.1 Rilievi topografici

La base cartografica per lo studio della fattibilità del Progetto fa riferimento a quanto già eseguito da Cociv per l'intera tratta. Il Sistema di riferimento utilizzato è quello di Cociv e precisamente "Coordinate Piane Locali NODO (Q.26) di cui alle monografie fornite dei capisaldi presenti sul territorio.

Tali monografie riportano oltre l'identità del Vertice anche i diversi sistemi di inquadramento compreso il Sistema UTM ETRF2000.

A fronte dei rilievi esistenti si è proceduto ad integrare ed ampliare quelle zone urbane prive di informazioni topografiche planoaltimetriche atte a consentire una corretta progettazione.

Si è proceduto pertanto mediante strumentazione topografica al rilievo di quanto necessario utilizzando per l'inquadramento UTM ETRF2000 (ricevitore GPS S07) e successivamente al trasporto dello stesso Sistema in quello Coordinate piane Locali.

Le aree interessate dagli aggiornamenti topografici sono state quelle in Passo Torbella con rilievo della viabilità esistente e distacchi circostanti utilizzando sia stazione totale Trimble sia GPS GS07 Leica; il parcheggio di interscambio di Via Rossini rilevando l'intera area con dettaglio manufatti pozzetti ecc, e per ultima la zona sovrastante il muro della Ferovia sempre confinante con il Parcheggio di interscambio mediante utilizzo di Laser Scanner RTK360 Leica.

Al termine delle operazioni dati ottenuti sono stati elaborati con relativi software (Leonardo XE 365 e Cyclone) e con emission di elaborato grafico in scala 1: 200 di cui al file P0_SIRI_GEN_D_002_0.

3.2 ARCHEOLOGIA

Lo studio relativo alle fasi di archeologia preventiva comporta la redazione di una valutazione del rischio archeologico relativo alle opere in progetto, in ottemperanza alla normativa sulla verifica preventiva del rischio archeologico (D. Lgs. 36/2023 art. 41 che sostituisce il precedente D.Lgs. 50/2016 art.25, ex art.95 D. Lgs. 163/2006), recependo le linee guida per la procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico indicate nel DPCM del 14 febbraio 2022 (principalmente la compilazione dell'apposito template GIS).

La raccolta dei dati d'archivio relativi a precedenti rinvenimenti o segnalazioni di contesti di interesse archeologico nell'area interessata dall'opera in progetto, unita allo studio territoriale con l'ausilio della cartografia storica, di database cartografici moderni e dei risultati di precedenti indagini geomorfologiche, consentono la definizione del potenziale archeologico assoluto della zona e del rischio archeologico relativo alle singole lavorazioni in programma.

Le successive analisi geoarcheologiche dei risultati dei test geognostici e dei sondaggi archeologici preventivi concorreranno a tracciare un quadro il più completo possibile sulla stratigrafia presente nell'area di interesse e sulla possibile interferenza dell'opera con depositi e contesti di interesse archeologico.

3.3 INTERFERENZE

3.3.1 Indagini

L'indagine dei sottoservizi ha lo scopo di verificare ed accertare le potenziali interferenze delle reti dei diversi Gestori presenti sul territorio al fine di progettare in sicurezza le opere previste e progettare gli eventuali spostamenti delle reti interessate secondo le normative esistenti. Il riscontro dei sottoservizi avviene tramite ricognizione diretta ai Gestori competenti delle informazioni e cartografie esistenti.

Successivamente l'analisi della documentazione pervenuta fa sì che si proceda alla sovrapposizione/georeferenziazione dei tracciati con la topografia e con le opere in Progetto.

A fronte dell'accertamento di una potenziale interferenza occorrerà definire con i Gestori la procedura per l'eventuale spostamento del sottoservizio e/o l'accorgimento esecutivo dell'opera in Progetto.

Le risultanze delle indagini fanno riferimento al documento di Relazione P0_SIIN_INT_R_001_0 e alla planimetria con individuazione delle interferenze di cui alle tavole P0_SIIN_INT_D_002_0.

3.4 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

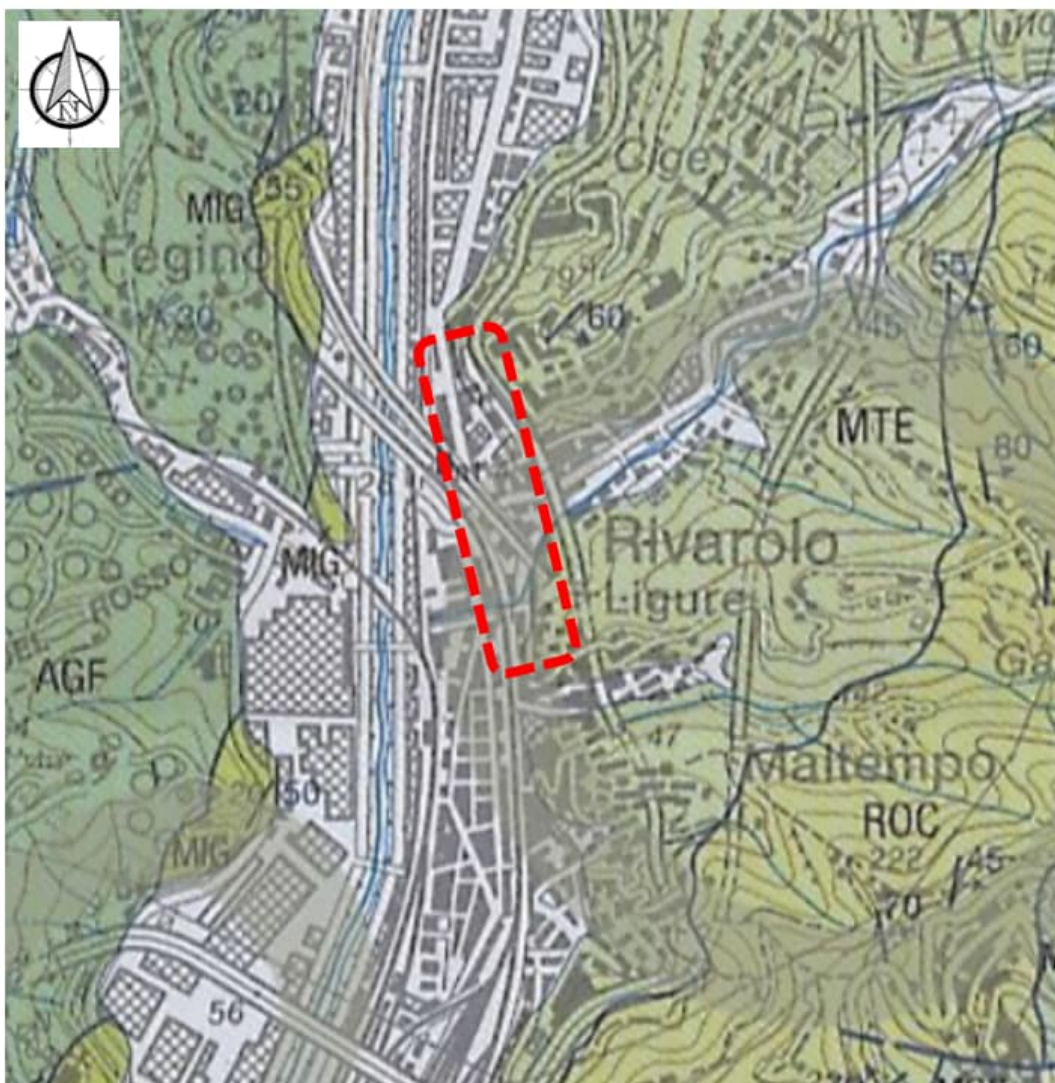
I seguenti paragrafi illustrano gli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area vasta del sito in esame.

3.4.1 Inquadramento Geologico

Dal contesto geologico dell'area circostante l'area del progetto, riportato nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1 a 50:000 e nella Carta geologica del PUC di Genova, l'area di progetto ricade al contatto tra:

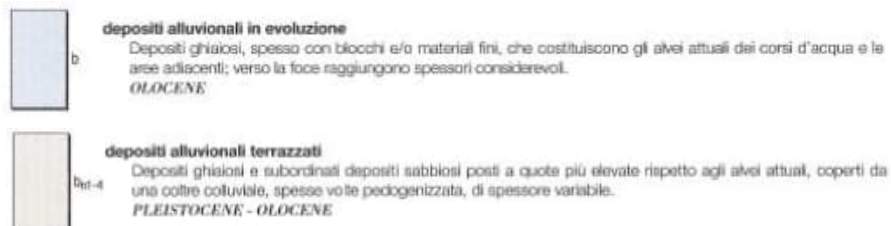
- ✓ le **alluvioni fluviali in evoluzione (b)** del Polcevera e degli affluenti Torbella e Maltempo;
- ✓ le **Argilliti di Montanesi (MTE)**, costituite da argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere (Cretaceo Superiore), appartenenti all'omonima Unità Tettonica di Montanesi.

A quote più elevate rispetto al fondovalle si riscontrano alcuni **depositi alluvionali terrazzati (bn1-4, Pleistocene – Olocene)**.



Legenda

Depositi quaternari



Depositi mesozoici cretaci

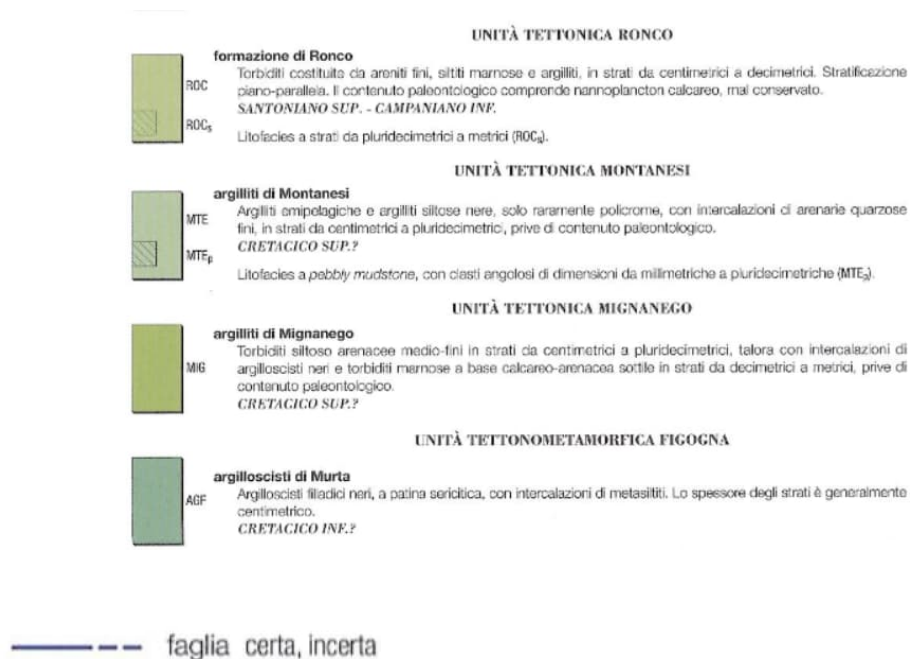
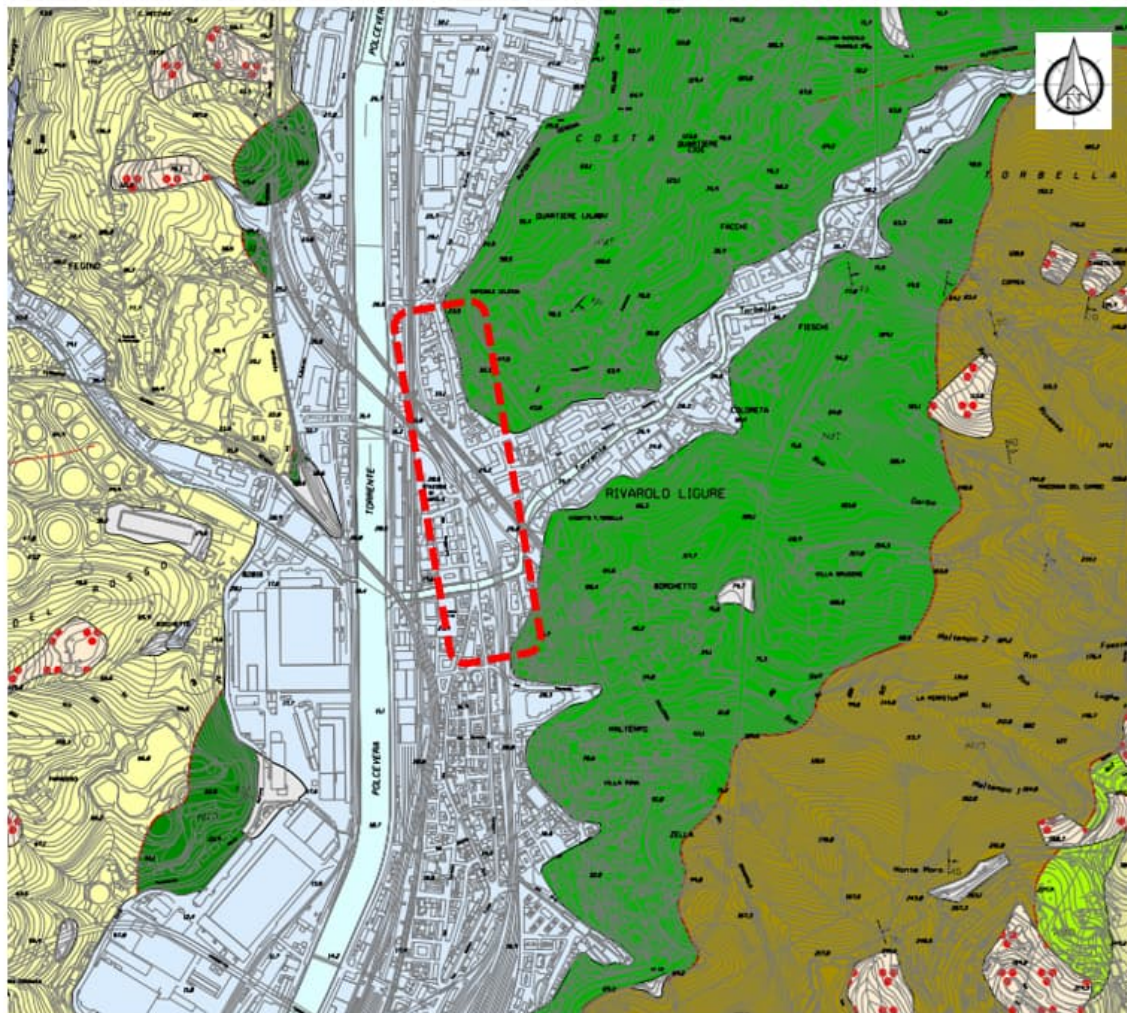


Figura 3.1: Stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000 foglio 213-230 "Genova" (da Capponi & Crispini, 2008b). In tratteggio rosso è indicata l'area d'intervento.



Legenda

	RIP	Riporti artificiali e discariche Depositi vari rimaneggiati
	CD	Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare
	AA	Sedimenti di alveo
	AM	Sedimenti alluvionali e marini Depositi ghiaiosi e sabbiosi posti a quota più elevata rispetto agli alvei attuali o all'attuale livello del mare, talvolta terrazzati e/o coperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile
UNITÀ TETTONICA RONCO		
SANTONIANO SUP. CAMPANIANO INF.	ARO	Formazione di Ronco Torbiditi costituite da areniti fini, siltiti marnose e argilliti
UNITÀ TETTONICA MONTANESI		
CRETACICO INF.	AMT	Argilliti di Montanesi Argilliti impelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome con intercalazioni di arenarie quarzose fini
UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO		
CRETACICO INF.	AMG	Argilliti di Mignanego Torbiditi siltoso arenaceo medio fini con intercalazioni di argillitosi neri e torbiditi marnosi a base calcareo-arenaceo
UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGIGNA		
CRETACICO INF.	AMF	Argillitosi di Murta Argillitosi filitici neri con intercalazioni di metasiltiti
	PMF	Argillitosi di Costagiutta Alternanza di argillitosi calcari cristallini e metapeliti

Figura 3.2: Stralcio della Carta geologica del PUC del Comune di Genova, foglio 27. In tratteggio rosso è indicata l'area d'intervento.

Con riferimento ai dati geologici e stratigrafici delle seguenti campagne geognostiche pregresse:

- ✓ le indagini disponibili dalla "Carta delle Indagini Geognostica della Liguria" come riportate nel livello cartografico del Geoportale della Regione (<https://geoportal.regione.liguria.it/>);
- ✓ le indagini disponibili del 2019 e 2020 del progetto esecutivo del collegamento parco Rugna/Bettolo-Bivio Fegino Via Campasso;
- ✓ le indagini del progetto esecutivo delle 'Opere di Prolungamento della tratta Brin-Canepari' della Metropolitana di Genova del 2021;
- ✓ le indagini della fase progettuale PFTE del presente progetto 'Opere di Prolungamento della tratta Canepari-Rivarolo' della Metropolitana di Genova 2021;

l'assetto stratigrafico può essere schematicamente rappresentato dalla seguente successione stratigrafica a partire dal piano campagna:

- ✓ uno strato superficiale di ricoprimento antropico (compreso rilevato ferroviario di spessore circa 2m) spesso fino a 12 metri, poco consistente, costituito da clasti e ghiaie poligeniche da fine a grossolane, a spigoli vivi, in matrice sabbiosa, limosa, con presenza di frammenti di laterizi e resti vegetali. Colore da marrone scuro a grigio scuro;
- ✓ un deposito misto fluviale pedemontano spesso fino a 5m, costituito da clasti e ghiaie poligeniche ed eterometriche, da poco a mediamente elaborati, parzialmente rimaneggiati, in matrice sabbiosa limosa colore da grigio scuro ad avana. Questo deposito scompare nella parte sud del tracciato verso il piazzale Palli;
- ✓ un spesso deposito alluvionale fluviale, profondo fino a 35 m dal piano campagna, costituito prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa limosa con grado di addensamento medio-alto. Colore da marrone chiaro a grigio;
- ✓ uno strato alluvionale spesso fino a 8m m costituito da limo, limo argilloso e limo debolmente sabbioso consistente colore da bruno rossastro a grigio;
- ✓ uno strato superficiale del substrato roccioso argilloscistoso fratturato con il relativo cappellaccio di alterazione, di spessore fino a 2 metri;
- ✓ substrato roccioso della formazione delle Argilliti di Montanesi costituite da argilliti/argilloscisti siltose da grigio scuro a nere (Cretaceo Superiore). Le profondità del substrato passano da circa 17m dal p.c nella zona sud del tracciato a circa 40m dal p.c. nella zona nord, con un anomalo ribassamento a profondità maggiori di 40m nel tratto centro settentrionale in corrispondenza del sondaggio S02.

Riguardo l'aspetto tettonico, l'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca¹ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>) non riporta nell'area di studio l'esistenza di faglie capaci. Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata.

3.4.2 Inquadramento Gemorfologico

La morfologia generale circostante l'area di progetto, posto sulla piana alluvionale in sponda sinistra del torrente Polcevera, è collinare, tipica del genovese. In prossimità infatti dell'area in studio, la collina è interrotta al piede dall'ampia spianata alluvionale del torrente Polcevera, larga in questo tratto fino a 600 m, avente orientazione circa nord sud ed il cui corso è regimato e delimitato da argini artificiali. I rilievi collinari sono solcati dagli affluenti dello stesso torrente Polcevera, che nell'ambito dell'area di intervento sono il Rio Maltempo e il Rio Torbella, affluenti di sinistra idrografica del Torrente Polcevera, aventi direzione rispettivamente E-W e NE-SW. Il Rio Maltempo, come molti altri corsi d'acqua della città, è tombato nella parte più urbanizzata, circa dalla confluenza

¹ ITHACA = Italy Hazard from CApable faults.

nel Polcevera per circa 600 m verso monte. Il Rio Torbella scorre invece a cielo aperto con alveo spesso delimitato da muri e/o argini artificiali

Per quanto riguarda la valutazione del rischio geologico e geomorfologico si è fatto riferimento agli elaborati del Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del Torrente Polcevera (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale):

- ✓ La carta della suscettività al dissesto indica una suscettività molto bassa in riferimento alla generalità del tracciato in progetto; mentre nelle zone ai piedi dei versanti collinari la suscettività diventa di grado basso e medio.
- ✓ La carta del rischio geologico indica che l'area di intervento è caratterizzata da un rischio lieve o trascurabile, mentre anche in questo caso nelle zone ai piedi dei versanti collinari il rischio diventa di grado moderato e medio.
- ✓ La carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate individua aree inondabili e storicamente inondate con periodo di ritorno di 50 anni in corrispondenza delle aree a livello stradale lungo l'area di intervento, in particolare Via Canepari, piazzale Palli, Passo Torbella e Parcheggio di Interscambio Rivarolo-Pisoni. Nell'area di intervento sono perimetrate alcune aree interessate dall'alluvione del 2014 in corrispondenza della Piazza Pallavicini e le strade di Via Roggerone e Via Rossini.
- ✓ Dalla Carta dei Principali Vincoli Territoriali indica l'area d'intervento non ricade in:
 - o aree sottoposte a vincolo idrogeologico (L.R. 4/1999);
 - o aree classificate "abitati da consolidare" (L. 64/1974);
 - o siti di interesse comunitario SIC (D.G.R. 646/2001);
 - o parchi naturali regionali.

Il tracciato di progetto si estende su un'area con assenza di criticità geologiche e fenomeni geomorfologici in atto.

3.4.3 Inquadramento Idrogeologico

Da un punto di vista idrogeologico, l'area di progetto è quindi sostanzialmente riconducibile ad un corpo idrico principale a media permeabilità, costituito dal materasso alluvionale del torrente Polcevera, che poggia su un bedrock poco permeabile (Formazione delle Argilliti di Montanesi). In particolare, i depositi alluvionali del complesso ghiaioso-sabbioso costituiscono un importante acquifero a carattere freatico con permeabilità delle alluvioni grossolane comprese tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s; entro il materasso alluvionale non mancano tuttavia locali orizzonti fini poco permeabili ($k = 10^{-7} \div 10^{-6}$ m/s), che tuttavia non modificano significativamente la trasmissività dell'acquifero.

Le coltri colluviali mostrano valori variabili di permeabilità fra 10^{-7} m/s - 10^{-4} m/s.

Le formazioni di substrato appaiono, in genere, caratterizzati da una bassa permeabilità secondaria per fratturazione, con valori di k variabili tra 10^{-9} e 10^{-7} m/s.

La profondità dal piano campagna della falda cresce muovendosi da sud a nord lungo il tracciato di progetto passando da profondità di circa 8m dal p.c a circa 12m, tuttavia, le isofreatiche mantengono lungo il tracciato una quota di livello di circa 14-15m s.l.m.

3.5 GEOTECNICA E SISMICA

3.5.1 Inquadramento Geotecnico

Per l'opera in oggetto, in accordo ai risultati delle campagne geognostiche ad oggi disponibili, si distinguono le seguenti unità geotecniche:

- un primo strato (Unità A) - (da p.c. a 5 - 7.5 m di spessore): di riporti antropici costituiti da clasti e ghiaia sabbiosa da fine a grossolana;

- un secondo strato (Unità B) - (di spessore variabile da 3 a 5 m): di deposito alluvionale misto pedemontano costituito da ghiaia sabbiosa debolmente limosa poco addensata. Tale unità tende a scomparire nella parte sud del tracciato verso il piazzale Palli;
- un terzo strato (Unità C) - (di spessore variabile da 8-22 m): di deposito alluvionale fluviale costituito prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, in matrice sabbiosa limosa con grado di addensamento medio-alto.
- un quarto strato (Unità D) - (di spessore variabile da 3 - 8 m): di deposito alluvionale costituito da limo, limo argilloso e limo debolmente sabbioso consistente;
- un sesto strato (Unità E) - (di spessore variabile da 2 - 3 m): di substrato roccioso argilloscistoso fratturato con il relativo cappellaccio di alterazione;
- un settimo strato (Unità F): di substrato roccioso della formazione delle Argilliti di Montanesi costituite da argilliti/argilloscisti siltose da grigio scuro a nere (Cretaceo Superiore). Le profondità del substrato passano da circa 17m dal p.c. nella zona sud del tracciato a circa 40m dal p.c. nella zona nord

In Figura 3-3 si riporta il profilo geotecnico relativo all'intera tratta in esame, con l'individuazione delle diverse unità geotecniche di progetto.

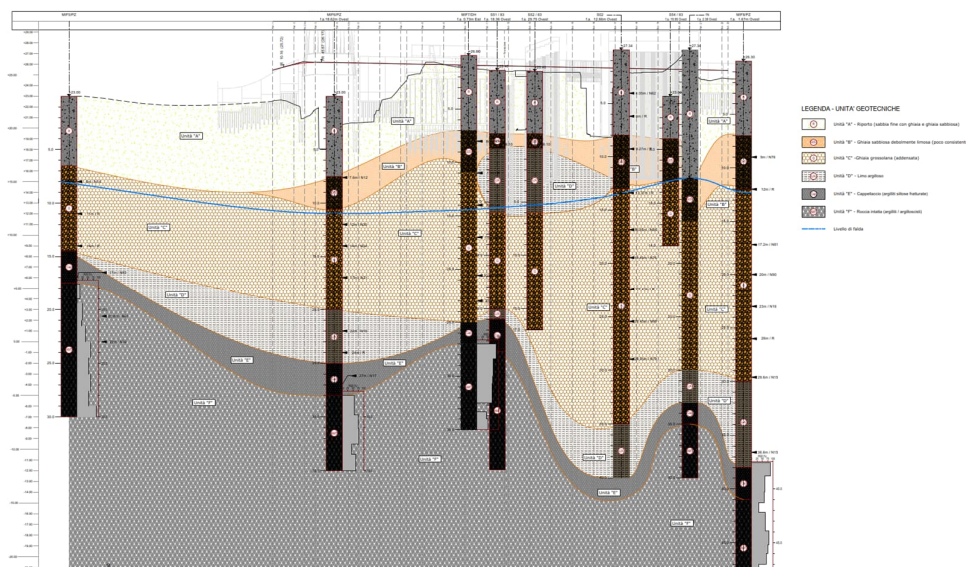


Figura 3-3 - Profilo geotecnico Metro Genova tratta Canepari – Rivarolo

3.5.2 Inquadramento Sismico

L'area in esame è inserita nella classe 3 di rischio sismico, come pure sancito dalla D.G.R. n. 216/2017 della Regione Liguria. Infatti, in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ord. P.C.M. 28/04/2006 – D.M. 14/09/2005), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area di studio è compresa tra 0.050 e 0.075 g.

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV (2008) ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 4,96 ad una distanza di 30,6 km

La definizione dell'azione sismica e quindi la caratterizzazione sismica del terreno in sito si basa sulle informazioni relative al sito di interesse e alle caratteristiche dell'opera di progetto:

- Longitudine: 8.89440
Latitudine: 44.43680
- Vita Nominale della costruzione: **$V_N=50$ anni**
- Classe d'uso III, quindi coefficiente d'uso della costruzione: **$C_U=1.5$** . Il Periodo di Riferimento per l'azione sismica: **$V_R=V_N \cdot C_U= 75$ anni**
- Probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente: $P_{VR}(SLV) = 10\%$
- Periodo di ritorno T_R dell'azione sismica, espresso in anni: **$T_R(SLV) = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = 712$ anni**
- Categoria topografica per definizione azione sismica: **T1**
- Categoria di sottosuolo per definizione azione sismica: **B**

Sulla base di quanto espresso finora, è possibile definire i seguenti parametri che caratterizzano l'azione sismica:

Tabella 3-1: Parametri dello scuotimento

a _g	accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;		0,079 g
F ₀	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale		2,530
T* _c	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale		0,292 s
S _s	coefficiente di amplificazione stratigrafica	Cat B	1,2
S _T	Coefficiente di amplificazione topografica	T1	1.0

L' accelerazione massima al suolo, per lo stato limite SLV risulta quindi:

$$a_{max} = a_g \cdot S = a_g \cdot S_s \cdot S_T = 0.079g \cdot 1.2 \cdot 1 = 0.095g$$

3.6 IDROLOGIA E IDRAULICA

3.6.1 Rete smaltimento acque meteoriche

Il tempo di ritorno assunto per il progetto delle reti di smaltimento delle acque meteoriche è pari a 50 anni e la durata della pioggia critica è pari a 15 minuti.

La rete di smaltimento delle acque meteoriche a progetto sarà dimensionata per:

- ✓ garantire un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulle superfici scolanti: questo si ottiene assegnando alla piattaforma un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato;
- ✓ convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla rete ai punti di recapito.

Il sistema di drenaggio sarà quindi funzionale all'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici scolanti ed al trasferimento dei deflussi verso i punti di recapito finali.

Il sistema di drenaggio sarà strutturato secondo tre parti fondamentali:

- ✓ elementi di raccolta: costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta le canalette e le caditoie;
- ✓ elementi di convogliamento: rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario, garantendo così la capacità del sistema primario ed evitando rigurgiti a garanzia della sicurezza delle infrastrutture. Gli elementi di convogliamento, costituiti nel caso in esame da collettori, provvedono al trasferimento delle acque raccolte verso i recapiti;
- ✓ elementi di recapito: i recapiti sono costituiti da rami di qualunque ordine della rete idrografica naturale o artificiale e dagli invasi naturali o artificiali.

La rete verrà progettata in accordo alle disposizioni normative vigenti in materia di invarianza idraulica e ove necessario verranno adottati i necessari dispositivi compensativi per far fronte alle modifiche dell'attuale assetto idraulico dell'area, conseguente alla variazione delle destinazioni d'uso dei suoli.

Le reti a progetto sono costituite da:

- ✓ caditoie grigliate che raccolgono le acque di ruscellamento e le convogliano nei collettori di progetto;
- ✓ pozzetti con chiusino di innesto e cambio direzione;
- ✓ pozzetti di ispezione lungo tutte le reti.

Inoltre, il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma, si può schematizzare in:

- ✓ drenaggio centrale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene al centro dei binari;
- ✓ drenaggio laterale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene lateralmente.

Quando le quote di progetto non consentono uno scarico a gravità, sono previsti degli impianti di sollevamento costituiti da pompe sommergibili che sollevano le portate fino ad una quota compatibile con lo scarico nel recettore finale.

4 AMBIENTE

Le stime condotte per le analisi degli effetti ambientali sono state espressamente riferite alla situazione ritenuta “critica”, con riferimento all’effetto atteso oggetto di analisi e, conseguente intesa come quella particolare condizione del rapporto Opera – Ambiente la cui esistenza ed incidenza possono configurarsi come fattore pregiudizievole o condizionante l’iter di progettazione e l’eventuale successiva procedura di valutazione ambientale.

In tal senso, si precisa che la stima di “assenza di effetto” non deve intendersi in senso assoluto, quanto invece espressamente riferita alla “situazione critica”.

In altri termini, posto che la stima è stata condotta con riferimento alla presenza/incidenza della situazione critica, è pur sempre possibile che, ad un esame più approfondito, possano emergere delle situazioni specifiche che possono presentare una qualche rilevanza.

Proseguendo nell’esempio, l’aver stimato la significatività trascurabile (S1) dipende dall’aver riscontrato una modesta ricorrenza della situazione critica, per come specificatamente prima definita, e non da un puntuale e preciso riscontro di tutte le differenti situazioni riscontrabili. Anche in tal caso risulta quindi possibile che, attraverso gli approfondimenti di analisi da condursi nella successiva fase di progettazione, possano emergere ulteriori situazioni le quali, nel loro insieme, possano configurare un rapporto Opera – Ambiente di rilevanza maggiore rispetto a quella stimata nella presente sede.

In ultimo, ancorché ciò possa apparire evidente, si ricorda che, in ragione delle logiche di lavoro assunte a fronte del livello di progettazione e della conseguente entità e precisione delle informazioni progettuali disponibili, il quadro degli effetti nel seguito riportato fa riferimento a quelle sole tipologie che risultavano effettivamente stimabili con un ragionevole grado di sicurezza.

In altri termini, si vuole ribadire che il quadro nel seguito riportato non esaurisce il complesso degli effetti che la realizzazione, la presenza e l’esercizio dell’opera in progetto può determinare sull’ambiente, aspetto che sarà possibile indagare solo a seguito di un maggior grado di approfondimento progettuale, ma solo per ambiti per i quali allo stato attuale era possibile operare una stima che non fosse debitamente circostanziata e fondata.

Tabella 4-1: Sintesi della significatività degli effetti: quadro riepilogativo

Tipologia di effetti		Dim.	Significatività
E.01	Modifica delle condizioni di esposizione della popolazione all'inquinamento da polveri	C	S3
E.02	Modifica delle condizioni di esposizione della popolazione all'inquinamento acustico	C	S3
		O	S2
E.03	Modifica delle condizioni di esposizione della popolazione all'inquinamento vibrazionale	C	S1
		O	S1
E.04	Produzioni di rifiuti	C	S2
E.05	Consumo di suolo	O	S1
E.06	Sottrazione di habitat e biocenosi	O	-
E.07	Modifica degli usi in atto	O	S1
E.08	Modifica della struttura del paesaggio e del paesaggio percettivo	O	S1
Legenda			
	Assenza di effetto		
S1	Effetto trascurabile		
S2	Effetto scarsamente significativo		
S3	Effetto mediamente significativo		
S4	Effetto significativo		
S5	Altamente significativo		

5 ARCHITETTURA DI STAZIONE

5.1 PROGETTO FUNZIONALE

Di seguito si descrivono gli aspetti funzionali che hanno guidato la progettazione della stazione Rivarolo della Metropolitana di Genova, prevista nel presente prolungamento.

5.1.1 Ubicazione e Accessi

La stazione Rivarolo è situata in prossimità dell'incrocio stradale tra via Gioacchino Rossini, via Alla Stazione di Rivarolo e il sottopasso veicolare di via Gaetano Pisoni. Il piano binari si trova sul rilevato ferroviario esistente a circa +25,93 m s.l.m..

L'ubicazione garantisce l'accessibilità sia da ovest (via alla Stazione di Rivarolo-via Rossini), per l'interscambio con l'omonima stazione FS distante circa 100 metri, sia da est (parcheggio di interscambio di via Pisoni). Sono previsti diversi punti di accesso:

- un ingresso principale all'incrocio tra Via G. Rossini e Via Alla Stazione di Rivarolo, a quota +1.05 m rispetto al marciapiede, raggiungibile tramite rampe e gradinata.
- un accesso secondario che collega con il quartiere a est del rilevato e il parcheggio pubblico di Via Pisoni, con un dislivello di circa +0.60 m.
- un accesso riservato al personale tecnico e ai Vigili del Fuoco dal parcheggio Pisoni alla zona tecnica, con un dislivello di circa 0,20 m.

5.1.2 Struttura della Stazione e articolazione degli spazi

La stazione si articola in due livelli funzionali principali:

- Piano atrio: è un volume interrato di forma trapezoidale allungata, posto al di sotto del piano ferro. Si trova ad una quota leggermente rialzata (dell'ordine massimo di circa 1 m) rispetto agli accessi sopra descritti ed è organizzato per consentire il fluido attraversamento dei passeggeri. È prevista una linea di controllo che suddivide l'area in zona esterna (servizi per i viaggiatori come box agente, wc pubblici e biglietterie automatiche) e zona interna (accesso al piano banchine e ai locali tecnici). L'altezza funzionale minima dell'atrio è di 3,00 m.
- Piano banchine: a quota di circa +6,10 m rispetto al piano atrio. Le banchine sono laterali all'aperto, con andamento curvilineo e una lunghezza di 80,00 m. Presentano una pendenza longitudinale di 0,2% e una pendenza trasversale inferiore all'1% per il drenaggio idrico.

I collegamenti verticali tra l'atrio e ciascuna banchina avviene tramite 1 scala fissa da 1,80 m, una coppia di scale mobili da 1,20 m ed una coppia di ascensori, collocati in posizione baricentrica.

I locali tecnici si trovano nell'area contrapposta al piano atrio, lato Brignole, e occupano una superficie di circa 670 mq. L'accesso è riservato al personale autorizzato e avviene sia dall'atrio che dall'esterno tramite un accesso dedicato dal parcheggio di via Pisoni. Alcuni locali (consegna Enel e locale misura) hanno accesso solo dal parcheggio. Una scala di servizio collega i locali tecnici del piano atrio con quelli all'estremità sud della banchina lato parcheggio Pisoni (gruppo elettrogeno e relativo serbatoio, gruppi frigo e locale VVF).

5.1.3 Verifiche Normative

La progettazione è stata sviluppata nel rispetto delle normative vigenti, incluse le norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche e le Norme UNI relative alle Metropolitane, in particolare:

UNI 7508/96 "Metropolitane – Banchine di stazione": sono state verificate le definizioni, i dati di progetto (configurazione e dimensioni delle banchine, dati di traffico e intervallo tra treni), la distanza orizzontale e il dislivello tra banchina e rotabile, l'andamento planimetrico e altimetrico della banchina, gli accessi, le dimensioni orizzontali (area totale utile, lunghezza e larghezza della banchina, larghezza in prossimità degli accessi, distanza minima degli ostacoli fissi), le dimensioni verticali, le pavimentazioni e l'assenza di porte di banchina. Le verifiche hanno confermato che l'area utile della banchina è adeguata alla densità di passeggeri prevista, la lunghezza è compatibile con i treni in circolazione, e la larghezza utile è maggiore del minimo previsto.

UNI 7744/98 "Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni": la verifica è stata condotta per le scale di collegamento, considerando i dati di traffico, l'intervallo tra i treni e la portata massima degli elementi. Il dimensionamento delle scale fisse (3 moduli da 1,80 m) e delle scale mobili (2 moduli da 0,60 m) risulta adeguato al flusso di passeggeri previsto. Le scale fisse hanno rampe rettilinee con massimo 15 gradini, alzata di 0,16 m e pedata di 0,30 m, e rispettano i requisiti di larghezza, pianerottoli, corrimano e parapetti.

In sintesi, la relazione funzionale descrive il progetto della stazione Rivarolo evidenziando la sua ubicazione strategica, l'organizzazione degli spazi interni (atrio e banchine), le soluzioni per l'accessibilità verticale e orizzontale, e la conformità alle normative tecniche di riferimento per garantire la funzionalità e la sicurezza della stazione.

5.2 PROGETTO ARCHITETTONICO

La nuova Stazione della Metropolitana a Rivarolo è caratterizzata, dall'essere incuneata tra due linee ferroviarie distinte, che hanno il piano del ferro alto circa 6,3 metri sopra l'attuale livello stradale urbano. Sono linee ferroviarie dedicate sia al trasporto locale, che alle importanti connessioni con Milano e Torino, che al raccordo merci con il Porto.

Questa elevata densità di infrastrutture presenti nell'area della nuova stazione, fa sì che gli spazi pubblici a livello urbano sono condizionati dalla presenza delle opere d'arte ferroviarie, che sorreggono le due ferrovie sopraelevate con terrapieni e viadotti. Ingombranti preesistenze che al livello urbano rendono difficoltose sia le percorrenze pedonali, che veicolari, complicando anche la presenza di un normale tessuto di spazi urbani.

Ciò premesso, esaminiamo brevemente il sistema degli accessi, alla nuova stazione della Metropolitana.

Il principale asse della viabilità urbana, che si sviluppa lungo la sponda orografica sinistra della Val Polcevera, nel tratto che ci riguarda prende il nome di Via G. Rossini, e sfila ad una decina di metri dall'ingresso principale della nuova Stazione della Metropolitana.

In corrispondenza di questo ingresso o, meglio, di fronte ad esso, una breve strada rettilinea (circa m. 120), in leggera salita, denominata "Via alla stazione di Rivarolo" permette un agevole interscambio tra le due Stazioni (ferroviaria e metropolitana).

L'atrio della nuova stazione della Metropolitana è uno spazio pubblico coperto e passante tra Via Rossini ed il piazzale esistente, adibito a Parcheggio d'interscambio accessibile dalla Via G. Pisoni.

La tortuosa Via G. Pisoni connette la nuova Stazione con le vicine aree di Piazza Pallavicini e di Via Vezzani, che costituiscono due importanti bacini d'utenza della Metropolitana, in quanto sulla Piazza affaccia l'Istituto scolastico comprensivo di Rivarolo, mentre la Via Vezzani penetra nella valletta del torrente Torbella, per salire al grande insediamento residenziale di Begato.



Figura 5-1: Veduta panoramica del sito della Nuova stazione

Elemento di indubbio valore paesaggistico che si trova al centro di questo congestionato ambito urbano è la “Villa Pallavicini con corte, edifici annessi e pertinenze” come è indicata nel Decreto Ministeriale del 1934 che le appose un Vincolo architettonico puntuale.

Alto livello di salvaguardia confermato nel 2007 quando la Soprintendenza ha proposto alla Direzione regionale l'emissione di una Dichiarazione di riconoscimento dell'interesse culturale, per l'intero complesso ai sensi del Dlgs 42/2004.

Questo pregevole complesso architettonico, benché pesantemente compromesso, permette ancora di leggere la sistemazione settecentesca della dimora agreste della Famiglia Pallavicini, che poi, ad inizio Novecento, divenne sede del Municipio di Rivarolo.

L'indicazione di procedere al restauro del complesso urbano vincolato è cogente e del tutto condivisibile.

Pertanto, nella successiva fase progettuale, sarebbe opportuno approfondire lo studio del sistema di accessibilità pedonale e veicolare, diretto alla nuova stazione ed agli altri significativi servizi pubblici presenti nell'area.



Figura 5-2: Vista della stazione di Rivarolo dal parcheggio di via Pisoni



Figura 5-3: Progetto: Veduta fotorealistica dell'ingresso su via Rossini

Le attuali sistemazioni degli spazi urbani che gravitano sulla Via G. Pisoni sono congestionate e poco funzionali, soprattutto è critico l'incrocio ortogonale dove, sull'angolo nord est del condominio di Via Pisoni civ. 22, è stato ricavato un precario collegamento veicolare tra la stessa Via G. Pisoni ed il retrostante piazzale del parcheggio.

Per intervenire in questo nodo sarebbe necessario disporre degli spazi a terra dei primi due forni del grande viadotto ferroviario soprastante, anziché di uno solo come avviene ora.

Con l'attestamento a Rivarolo della Metropolitana è scontato affermare che nell'area della Stazione e della Piazza Pallavicini crescerà la domanda di spazi pubblici fruibili, intesi come percorsi pedonali e veicolari, che siano lineari, sicuri, attrattivi e pienamente accessibili.

Il progetto prevede minime sistemazioni di verde in corrispondenza dei due ingressi dell'Atrio passante della nuova Stazione, con la messa a dimora di 6 alberi alti circa m.4,0 / 4,5 in piena terra, scelti tra specie arboree locali, sempreverdi, rustiche ed a lento accrescimento, quali i Lecci (*Quercus ilex*)

Negli spazi interessati dalla messa a dimora di alberi è prevista anche l'installazione di 17 lampade a LED da esterni, num.11 su pali alti m.4 e num.6 su mensole a sbraccio fissate a parete. (Lampade tipo iGuzzini-Twilight Bilbao)

Le lampade, così come gli alberi, sottolineano i percorsi pedonali diretti alla Stazione, assicurando i viaggiatori.

Nelle ore diurne preponderante è il ruolo degli alberi, mentre nelle ore serali prevalgono le lampade di rafforzamento dell'illuminazione pubblica.

Senza prefigurare investimenti considerevoli, è chiaro che una serie di piccoli interventi di "rammendo urbano" andrebbero attuati lungo il percorso Piazza Pallavicini Stazione Metropolitana dovrebbero farsi carico di trovare un'adeguata sistemazione dell'area degli ex giardini, prospicienti la facciata principale della Villa, senza dimenticare la rinaturalizzazione dell'alveo del torrente Torbello interessato dalla costruzione del nuovo ponte della linea Metropolitana.

Il progetto della nuova stazione prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico sulla copertura della stessa. Considerando l'impiego di pannelli fotovoltaici standard (dimensioni m.1,05 x 1,56 con potenza massima erogata pari a 250 W).

Sono state individuate due aree della copertura in cui concentrare la posa dei pannelli, che siano sollevate rispetto alle falde di copertura, ed ognuna servita da una passerella pedonale in grigliato pedonale zincato e da una "linea vita".

Gli stessi percorsi sicuri utilizzati per il fotovoltaico sono disponibili per le altre attività manutentive che richiedono l'accesso alla copertura.

La presenza del Parcheggio d'interscambio tra veicoli privati e mezzi pubblici è naturalmente confermata, risultando sinergica all'arrivo della Metropolitana. L'attuale sistemazione del parcheggio non è sicuramente adeguata in termini di permeabilità del suolo.

In occasione dell'eventuale coinvolgimento dell'intero piazzale nelle sistemazioni esterne della Stazione metropolitana, sarà possibile realizzare una pavimentazione con masselli autobloccanti in calcestruzzo, carrabili, del tipo provvisti di certificazione di permeabilità.

5.2.1 LA STAZIONE DELLA METROPOLITANA – LIVELLO TERRA

La nuova stazione della Metropolitana di Rivarolo è tipologicamente caratterizzata dall' avere le banchine dei treni, sopraelevate al di sopra del livello urbano, e due banchine laterali ai binari di linea.

In corrispondenza dell'ingresso principale alla Stazione dalla Via G. Rossini, è previsto l'arretramento delle attuali sistemazioni esterne urbane, per ricavare una piazzetta profonda circa m. 7,0 rispetto all'attuale filo del marciapiede. Uno slargo necessario per gestire in sicurezza l'attraversamento pedonale in direzione della Stazione ferroviaria.

L'Atrio principale pubblico è passante, da un lato serve l'ingresso su Via Rossini, dall'altro lato due rampe di larghezza netta m. 2,0 che abbracciano il volume residenziale preesistente.

Una rampa serve la connessione con il Parcheggio d'interscambio, mentre l'altra rampa si stacca dal marciapiede della Via G. Pisoni all'altezza del civico 22, penetrando nello stretto spazio a cielo libero posto tra il condominio residenziale ed il terrapieno ferroviario.

L'Atrio pubblico passante, con ingresso da Via Rossini ha il pavimento più alto di circa m.0,8 rispetto al marciapiede esistente, dislivello che viene superato tramite una larga scala fissa ed una rampa con pendenza 6%. E' uno spazio urbano che risulterà densamente frequentato, in quanto attraversato dai viaggiatori della Metropolitana, ma anche da chi è diretto alla Stazione ferroviaria, presidiato tramite la presenza dell'Agente di stazione nella cabina posta al centro dell'Atrio, provvisto delle emettitrici self service per i biglietti, dotato di un servizio igienico per il personale del Gestore, e di un servizio igienico pubblico, idoneo per l'uso da parte di persone con disabilità.

L'Atrio è un'ampia galleria trapezia (larga da circa m. 19,30 a circa m.9,20) da cui partono i sistemi di risalita al piano banchine composti da due scale fisse, due coppie di scale mobili e due coppie di ascensori.

Al fine di rendere lo spazio interno più luminoso possibile, che è la miglior garanzia di una serena vivibilità degli spazi pubblici, le scale fisse e mobili hanno i parapetti in cristallo di sicurezza, mentre gli ascensori hanno due delle quattro pareti, sia del vano corsa che della cabina, realizzati con vetrate di sicurezza.

Il prezioso spazio urbano pubblico dell'Atrio passante è dotato di un paio di serrande avvolgibili motorizzate, per gestire orari e modalità di apertura, che saranno stabilite dal Gestore della Metropolitana.

Il portale che connette l'Atrio aperto al pubblico, con quello per i viaggiatori della Metropolitana è dimensionato e predisposto per poter eventualmente ospitare una barriera di tornelli, articolata in :

- ✓ num. 4 tornelli di larghezza standard e
- ✓ num. 3 tornelli di larghezza idonea per l'uso anche da parte di persone con disabilità motoria.

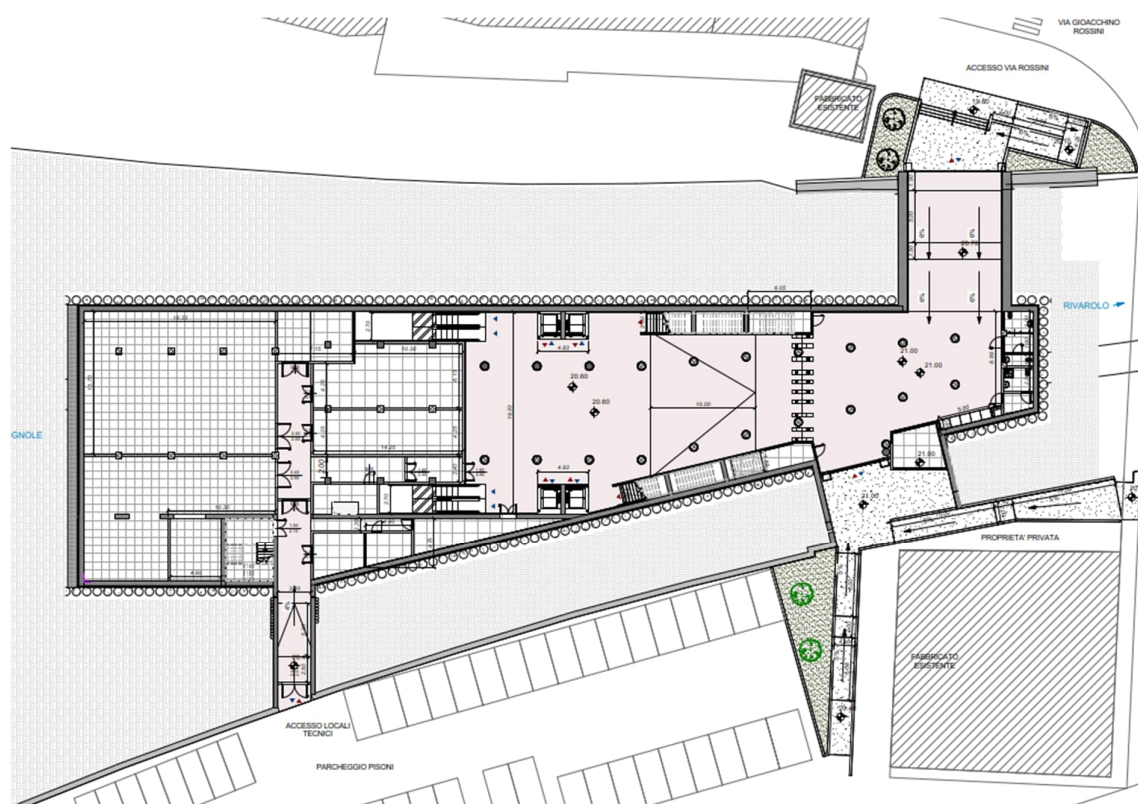


Figura 5-4: Pianta piano terra / Atrio

Dall'Atrio un collegamento in piano, provvisto di filtro a prova di fumo, permette di accedere direttamente al corridoio che distribuisce i locali tecnici.

I grandi volumi del piano terra sono ricavati scavando all'interno di paratie palificate, realizzate nei terrapieni ferroviari esistenti, dove vengono poi realizzate le fondazioni delle nuove strutture in c.a. portanti il solettone, che sostiene le vie di corsa dei treni con le relative banchine laterali.

L'altezza interna al rustico, degli spazi del piano terra varia tra 4,0 m. e 3,6 m.

Per ottimizzare il funzionamento della nuova stazione è opportuno disporre di un controsoffitto metallico che lasci libera un'altezza utile di m. 0,55 per gli impianti. Le due altezze nette fruibili nell'Atrio scendono a m. 3,4 (Atrio dei collegamenti verticali) e m. 3,0 (Atrio pubblico passante).

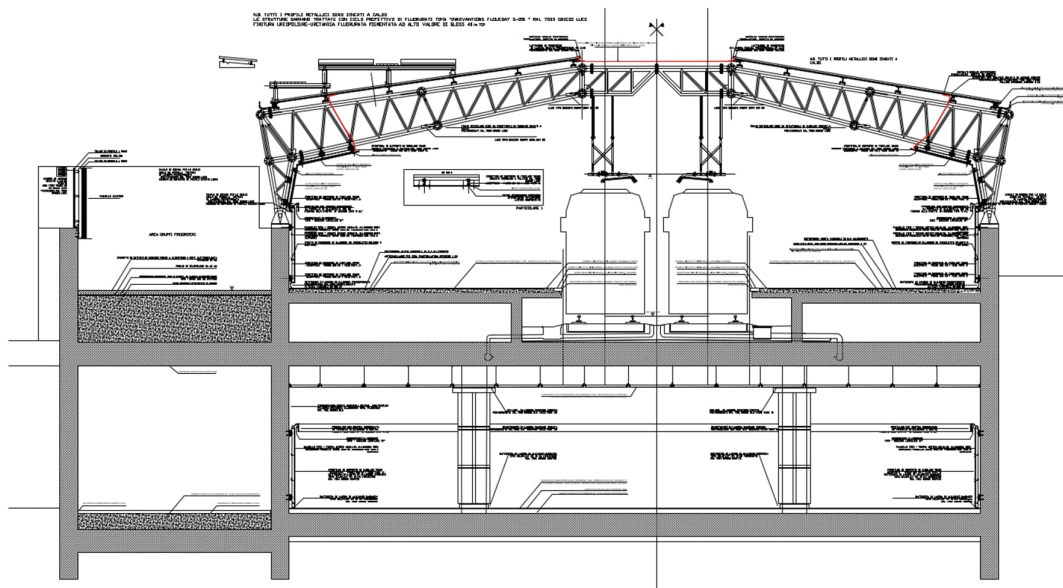


Figura 5-5: Progetto - Sezione maestra

Nei locali tecnici non è prevista l'installazione di controsoffitti e rimane quindi disponibile un'altezza libera di m. 4,0.

Il controsoffitto scelto è in doghe lineari di alluminio da cm. 30 x 120, tipo "cbi-europe.it" finite con verniciatura a polveri di poliesteri nel colore "RAL 9006 alluminio".

Un'omogenea illuminazione degli Atri, conforme agli standard richiesti dalle Normative, è assicurata installando incassate nel controsoffitto lampade a LED tipo "iGuzzini Easy space".

Il volume del terrapieno ferroviario oggi è finito esternamente con un rivestimento di pietre posate ad opus incertum e con mattoni facciavista, oltre a mostrare parti in calcestruzzo facciavista, nei manufatti più recenti.

Il progetto mantiene questi elementi che sono ormai parte del paesaggio urbano esistente. Verranno praticate alcune nuove grandi aperture vetrate in corrispondenza dell'Atrio d'ingresso passante, oltre ad aperture minori, che occorrono per i portoni a servizio della zona impianti.

L'Atrio passante di uso pubblico e l'Atrio riservato ai viaggiatori provvisti di biglietto, formano un lungo spazio a tre navate (lungo circa m.50) cadenzato ogni m. 5,0 dalla presenza di una coppia di importanti colonne circolari aventi diametro finito di m. 0,90.

Le 22 colonne circolari in c.a. sono finite con un rivestimento in lamiera d'acciaio zincata a caldo ("sendzimir") su cui applicare un ciclo di verniciatura a base di resine fluorurate, tipo "Innoventions Fluorcoat S.051" pigmentata ad alto valore di gloss, che garantisce lunga durata (un buon esempio di applicazione in Genova sono le facciate dell'Acquario realizzate nel 1992) e facilità di pulizia rispetto alle eventuali realizzazione di graffiti o presenza di deiezioni dei volatili.

Il colore scelto per le colonne è il "RAL 5018 blu turchese" che è un colore vivace.

Le pareti dell'Atrio sono rivestite con pannelli di laminati HPL (tipo TRESPA-METEON-metallics. M51.0./GL alluminio Oscuro) che crea una finitura metallizzata e luccicante.

La pannellatura è sollevata dal pavimento con un profilo a sguscia alto m. 0,1.

Il limite superiore della pannellatura è caratterizzato dalla presenza della fascia segnaletica di alluminio nero serigrafato, uguale a quella già realizzata nelle altre Stazioni in esercizio.

La fascia segnaletica è alta m. 0,22. ed è montata a m. 2,15 dal pavimento finito, quindi sfila sopra le normali porte. Sporge inoltre di m. 0,11 dai pannelli verticali, dando luogo ad uno stretto distacco, dove sono installate sottili lampade a LED tipo "iGuzzini linealuce 27" con un'illuminazione che "lava" le pannellature di rivestimento

Sulle pareti dell'Atrio comprese tra l'estradosso della pannellatura verticale e l'intradosso del controsoffitto, rimane una fascia alta circa m. 0,63 di intonaco civile a base cementizia, rasato e tinteggiato con pittura lavabile RAL 7031(grigio blu) che è un colore pacato, da sfondo.

La Cabina dell'Agente di stazione ha le stesse finiture dell'Atrio, ed è racchiusa da un serramento in profili estrusi di alluminio preverniciato (RAL 7031 grigio blu), che formano una vetrata tipo facciata continua a montanti e traversi, con vetrate di sicurezza trasparenti.

Il pavimento che caratterizza tutti gli spazi aperti al pubblico della stazione è in piastrelle di gres porcellanato "tipo Graniti Fiandre -effetto pietra – Quarzite di Vals – colore Brown Fjord" formato cm. 60x60 spessore mm.11, conforme alla Norma UNI EN 16165 - angolo limite di scivolamento R11

Nell'estremità del piano seminterrato verso la Stazione Canepari, sono individuati i necessari locali tecnici. I principali spazi tecnici qui collocati sono:

Cabina ENEL, Sottostazione elettrica, Cabina MT/BT, Telecomunicazioni SCADA, Locale Segnalamento, Locale VVF, Locale valvole antincendio, Locale valvole antincendio, Locale VVF, Locale Gruppo elettrogeno con relativo serbatoio diesel ed infine il Pozzo di aggrottamento

Questi locali sono distribuiti da un corridoio a T (di larghezza netta variabile da m. 2,0 a m. 3,2), raccordato al piazzale esterno di parcheggio con un percorso lineare provvisto di rampe (pendenza 4%) che lo rendono pienamente accessibile. Il percorso è collegato anche all'Atrio di stazione, tramite un collegamento con filtro a prova di fumo.

La quota di partenza di tutte le risalite dall'Atrio è posta a circa a m. 20,37 mentre al soprastante Livello, le banchine hanno una leggera e costante pendenza longitudinale (1,8%) che scende verso il Tronchino di manovra, per cui i sistemi di risalita tra il piano terra ed il primo devono superare dislivelli leggermente diversi tra loro.

Le finiture dei locali tecnici sono minimali, ad eccezione del corridoio principale dove si estende lo stesso pavimento in gres porcellanato 60x60 cm. impiegato nell'Atrio, tutti gli altri locali tecnici hanno il pavimento in piastrelle di gres porcellanato cm. 7,5 x 15.

Le pareti ed i soffitti finiti con una verniciatura antipolvere (dispersione acquosa a base di silicati di litio). Fanno eccezione i due locali SCADA e Segnalamento che, per la delicatezza delle apparecchiature presenti, richiedono una finitura con rasatura a base cementizia, e successiva tinteggiatura lavabile sia delle pareti che del soffitto (colore RAL 7035 grigio luce)

5.2.2 LA STAZIONE - LIVELLO BANCHINE

Al livello banchine, dove la nuova Stazione è interamente fuori terra, è ben visibile la sagoma trapezia, dovuta all'essere la nuova stazione inserita tra due linee ferroviarie in curva, indipendenti tra loro.

In corrispondenza dell'arrivo della Metropolitana dalla Stazione Canepari, abbiamo la massima larghezza fuori tutta delle banchine di stazione (circa m.20,5) che diventa minima, in corrispondenza della fine banchine verso il tronchino di manovra (circa m. 12,10).

L'ampia copertura a volta ribassata, realizzata in carpenteria metallica, segue il perimetro del solettone a livello banchine ed è sviluppata sulla base dello schema strutturale semplice e ben noto, come "arco a tre cerniere".

La volta è sostenuta da 17 "archi a tre cerniere" di cui :

- ✓ 14 sono intercalati tra loro ogni m.5,0

- ✓ 2 arcate hanno un passo diverso, ma le due campate sommano m. 10.0 per rispettare la piega dell'edificio verso il piazzale di parcheggio,

infine l'ultima campata verso il Tronchino di manovra, è leggermente più ampia, per mantenere a piano terra, uno spazio regolare dove viene canalizzato il flusso dei viaggiatori nell'Atrio.

La lunghezza totale della copertura, misurata sugli assi degli archi portanti, è sempre m.80,0

I due appoggi inferiori di ogni arco a tre cerniere, sono fissati sugli alti parapetti perimetrali in c.a. mentre la terza cerniera è al centro dell'estradosso superiore degli archi.

La struttura della copertura voltata si completa con due travature reticolari longitudinali e con le aste che realizzano i controventi di falda.

In mezzeria della volta e quindi in corrispondenza della zona di transito dei treni, abbiamo una striscia della volta, larga circa m. 4,20, che rimane a cielo libero

L'estradosso delle carpenterie della volta è alto circa m. 13,65 al di sopra della sede stradale di Via Rossini. La grande volta di copertura è il risultato del montaggio di tanti elementi minuti, che definiscono un involucro in grado di adattarsi alle piccole variazioni, per assecondare la minima pendenza longitudinale del piano del ferro della Metropolitana.

Il manto di copertura è in pannelli sandwich grecati di lamiera di alluminio preverniciata, con anima isolante in fibra minerale, fissati al di sopra degli arcarecci che collegano gli arconi della volta. Il colore della falda di copertura è "RAL 6021 verde pallido"

Gli elementi strutturali della grande volta ribassata sono tutti in lamiera di acciaio zincata a caldo, finiti con lo stesso ciclo di verniciatura utilizzato nel rivestimento delle colonne a livello terra, tipo "Innoventions Fluorcoat S.051" pigmentata ad alto valore di gloss.

Cambia il colore della verniciatura che per le strutture di copertura è "RAL 7035 Grigio luce"

Il bordo esterno delle due lunghe banchine di stazione è costituito da un setto in c.a. alto circa m. 1,7 al di sopra del pavimento finito di banchina, avente spessore di circa m. 0,50.

Quest'alto parapetto ha anche il compito di proteggere gli spazi di banchina della Metropolitana, dalle due linee ferroviarie adiacenti, dove possono transitare anche convogli ferroviari a discreta velocità. Sull'estradosso dei parapetti in c.a. sono fissate con giunti di tipo meccanico in acciaio inox, le strutture di ancoraggio degli arconi.

Il fronte del parapetto in c.a. rivolto verso la banchina di stazione è rivestito con pannelli di HPL per esterni tipo "TRESPA Meteor M51.0 Aluminium grey" di spessore mm.8

Al di sopra abbiamo ancora due fasce in vetri di sicurezza, che arrivano sino all'altezza di circa m.3,85 dal pavimento.

All'altezza di circa m. 2,15 dal pavimento, sfilava davanti al rivestimento in pannelli HPL e vetri, il frontalino lineare per le grafiche comunicative, che è identico a quelli già installati nelle altre stazioni della Metropolitana genovese.

Il disegno della copertura voltata mantiene l'estradosso ribassato per cui in chiave, l'altezza netta tra pavimento ed intradosso della struttura di copertura, è di m. 5,40 circa

Le colonne a traliccio che compongono i due appoggi esterni degli arconi portanti hanno i pannelli di tamponamento fissati in modo da rimanere arretrati rispetto alla facciata.

In questo modo si crea un'incisione d'ombra sulla facciata, quasi un cornicione, che sottolinea l'immagine leggera della nuova copertura, rispetto al pesante terrapieno ferroviario preesistente.

La nuova stazione è collocata in un contesto urbano caratterizzato, tra l'altro, dalla presenza invasiva di grossi volatili, quali gabbiani e piccioni. Attualmente non sono disponibili soluzioni immateriali pienamente risolutive per il contenimento del fenomeno; tuttavia, è possibile intervenire mediante alcune scelte progettuali mirate.

Le aree della stazione maggiormente esposte all'insediamento dei volatili risultano essere:

- ✓ l'apertura longitudinale al centro della copertura,
- ✓ le due testate trasversali in corrispondenza dell'inizio e della fine dei marciapiedi,
- ✓ la fascia vetrata superiore posta al limite dei marciapiedi.

Per tali zone, il progetto prevede l'inserimento, all'interno della struttura voltata di copertura, di elementi tubolari e profilati metallici finalizzati al fissaggio e alla tensionatura di:

- ✓ reti antivolatili metallica,
- ✓ pannellature rigide in lamiera di alluminio forata.

In aggiunta a questi dispositivi passivi, è prevista l'installazione di una rete di piccoli dissuasori acustici ad ultrasuoni, anch'essi fissati alla copertura.

L'insieme coordinato di tali soluzioni concorre a costituire un sistema integrato di prevenzione che verrà gestito nell'ambito delle ordinarie attività di pulizia e manutenzione dell'edificio. Il piano banchina, è previsto con il pavimento in leggera pendenza verso nord, circa 80 cm. corrispondenti ad una pendenza del 1% negli 80 metri di lunghezza della banchina di stazione, che rimane grosso modo allineata con i piani del ferro delle linee ferroviarie adiacenti.

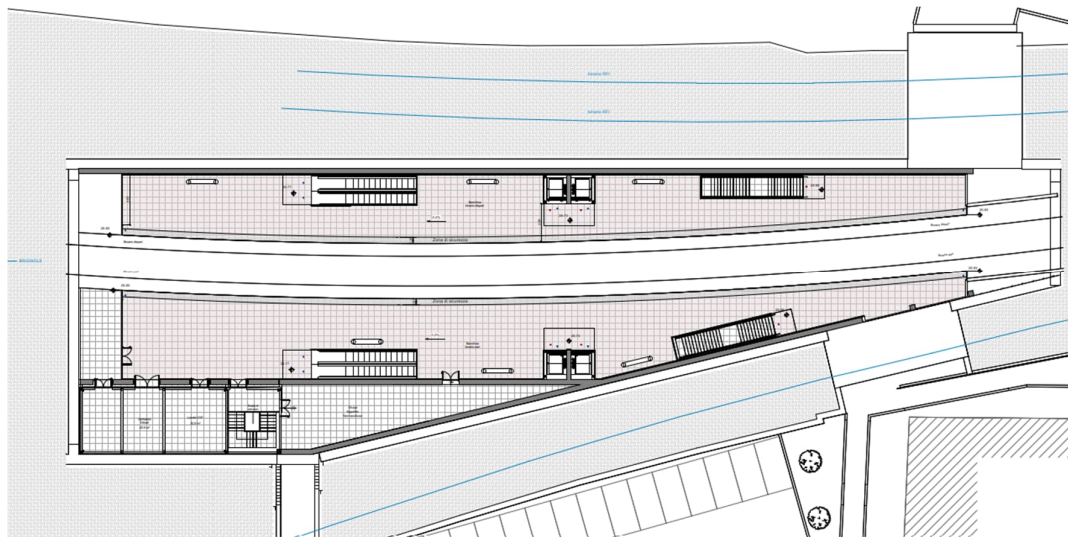


Figura 5-6: Pianta piano primo / Banchine

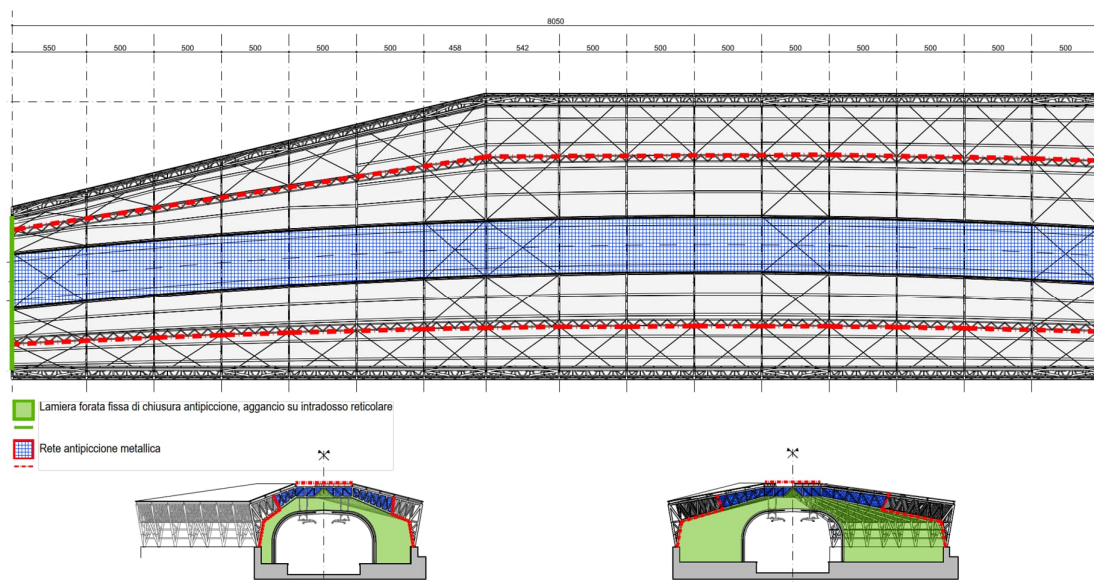


Figura 5-7: Schema soluzioni antivolatili

5.2.3 INSERIMENTO PAESAGGISTICO

Il progetto riguarda l'estensione della linea metropolitana di Genova oltre la stazione Canepari, con l'obiettivo di servire il quartiere di Rivarolo. L'intervento prevede la realizzazione di un tronchino di manovra, funzionale all'inversione dei convogli e potenzialmente integrabile in una futura linea metropolitana più estesa.

L'area interessata si inserisce in un denso contesto urbano, caratterizzato dalla presenza del torrente Torbella e della storica Villa Pallavicini, sottoposta a vincolo paesaggistico. Il progetto si sviluppa in un sito fluviale urbanizzato, con limitate presenze naturalistiche, e in prossimità di un complesso vincolato oggetto di recente valorizzazione da parte del Comune di Genova.



Figura 5-8: Piano dei beni soggetti a paesistica



Figura 5-9: Piano paesaggistico corsi acqua vincolati

Dal punto di vista normativo, l'area coinvolge corsi d'acqua vincolati secondo il "Quinto elenco suppletivo delle acque pubbliche della Regione Liguria", per cui sarà necessario acquisire l'Autorizzazione Paesaggistica.

Le strategie di mitigazione e compensazione paesaggistica proposte comprendono interventi puntuali di miglioramento della qualità urbana e dell'accessibilità pedonale. Tra questi, l'innalzamento delle quote degli ingressi alla nuova stazione – senza creare barriere architettoniche – rappresenta un'opportunità per migliorare la resilienza idraulica dell'area. Un altro intervento rilevante riguarda il miglioramento della connessione tra via G. Pisoni e il piazzale del parcheggio di interscambio, attualmente caratterizzata da una strettoia con transito promiscuo. Si propone la demolizione parziale dei tamponamenti tra le pile del viadotto ferroviario soprastante, oggi sottoutilizzati, per creare un percorso pedonale più fluido e sicuro, in continuità con lo spazio urbano e il parterre della Villa Pallavicini. Infine, si propone di valorizzare il tratto urbano del torrente Torbella attraverso piccole azioni di "rammendo urbano", che ne interpretino la presenza come elemento ecologico e paesaggistico a servizio della comunità.

L'impatto visivo della nuova infrastruttura è stato oggetto di valutazione tramite simulazioni fotorealistiche. Il progetto prevede una copertura curvilinea arretrata rispetto alle vie ferroviarie, poco visibile dal contesto urbano, realizzata in carpenteria metallica leggera e dotata di impianto fotovoltaico. L'intervento si propone di integrarsi con equilibrio nel paesaggio urbano esistente, minimizzando l'impatto visivo e valorizzando gli elementi storici e naturali dell'area.



Figura 5-10: Progetto: Veduta fotorealistica dell'ingresso su via Rossini



Figura 5-11: Progetto: Veduta fotorealistica della stazione da piazzale Carmarino



Figura 5-12: Progetto: Veduta fotorealistica della stazione dal parcheggio di via Pisoni

6 PROGETTO FERROVIARIO

6.1 TRACCIATO

Di seguito vengono riportate le caratteristiche e le verifiche geometriche per il tracciato dei binari Pari e Dispari della Metropolitana per il tratto di prolungamento Canepari - Rivarolo. Si rimanda agli elaborati grafici P0_PFTE_FER_D_002, P0_PFTE_FER_D_003, P0_PFTE_FER_D_004 per maggiori dettagli riguardo all'andamento piano-altimetrico di tali tracciati.

Si precisa, per quanto riguarda i criteri di progettazione alla base del prolungamento, che si è fatto riferimento a quanto contenuto nella norma UNI 7836 "Metropolitane e tranvie – Andamento piano-altimetrico dei binari". I parametri e i limiti imposti da tali norme sono comunque conformi agli standard geometrici utilizzati per i tratti di Metropolitana già realizzati.



Figura 6.1: Tracciato prolungamento Canepari – Rivarolo

LEGENDA BINARI METROPOLITANA DI GENOVA:

	Binario Pari Prolungamento Canepari-Rivarolo
	Binario Dispari Prolungamento Canepari-Rivarolo
	Deviatoi che consentono la comunicazione Pari-Dispari del Prolungamento Canepari-Rivarolo

Figura 6.2: Legenda planimetria tracciato binari e confine delle aree

Il tracciato del prolungamento della metropolitana per la tratta Canepari - Rivarolo è stato studiato tramite il software Civil Design 14 della Digicorp Ingegneria, e verificato planimetricamente ed altimetricamente tramite appositi fogli di calcolo che tengono conto delle regole geometriche imposte dalla normativa UNI 7836.

I tracciati dei binari Pari e Dispari sono stati studiati sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico. Gli elementi del tracciato sia planimetrici che altimetrici sono stati definiti in modo da garantire una velocità dei treni pari a 40 km/h per la curva bicentrica ($R_1 = 390$ m e $R_2 = 500$ m, valori riferiti a BP) e 30 km/h per la successiva curva di raggio 300 m (riferito al binario pari). Nei seguenti paragrafi viene riportata una descrizione degli elementi geometrici che caratterizzano l'andamento planimetrico ed altimetrico di entrambi i binari. Il raccordo altimetrico presente nel tracciato, visti i vincoli al contorno, non è stato possibile posizionarlo in una zona tale da non andare ad interferire con i raccordi planimetrici ma si è però tenuto conto nella definizione dei tracciati, delle verifiche sul coordinamento plano-altimetrico. Tale criterio impone che la sovrapposizione tra curve verticali e curve di transizione orizzontali dovrebbe essere evitata e che, in caso ciò non fosse fattibile (come nel nostro caso), il limite inferiore del raggio di curva verticale $R_{v,lim}$ venga rispettata la seguente formula:

$$R_v \geq 6 * V^3 * \frac{dD}{ds}$$

in cui R_v è il raggio verticale in metri, V la velocità in km/h, e dD/ds la pendenza di rampa in mm/mm.

6.1.1 BINARIO DISPARI

Il binario Dispari è percorso dai treni della metropolitana che sono diretti verso la stazione Brignole. Planimetricamente, tutto il tracciato del binario Dispari del prolungamento della metropolitana di Genova per la tratta Canepari - Rivarolo rispetta i valori della normativa UNI 7836.

Le caratteristiche di tutti gli elementi geometrici sono sintetizzate nelle seguenti figure:

n.	Tipo di elemento	Velocità di progetto massima [km/h]	Velocità di progetto minima [km/h]	Progressiva di partenza [km]	Progressiva di fine [km]	Raggio di curvatura [m]	Parametro di scala A [m]	Lunghezza [m]	Sopraelevazione di equilibrio [mm]	Sopraelevazione a inizio elemento [mm]	Sopraelevazione a fine elemento [mm]
1	T	40	1	0+000,000	0+008,511			8,511		0	0
2	S	40	1	0+008,511	0+023,455		76,058	14,944		0	10
3	C	40	1	0+023,455	0+122,234	387,1		98,779	49	10	10
4	S	40	1	0+122,234	0+132,168		131,824	9,934		10	0
5	C	40	1	0+132,168	0+241,801	497,1		109,633	38	0	0
6	S	40	1	0+241,801	0+251,862		70,72	10,061		0	0
7	T	40	1	0+251,862	0+333,773			81,911		0	0
8	S	30	1	0+333,773	0+343,725		54,375	9,952		0	10
9	C	30	1	0+343,725	0+396,279	297,1		52,554	36	10	10
10	S	30	1	0+396,279	0+406,231		54,375	9,952		10	0
11	T	30	1	0+406,231	0+419,638			13,407		0	0

Figura 6.3: Caratteristiche geometriche tracciato binario Dispari (1/2)

n.	Tipo di elemento	Insufficienza di sopraelevazione [mm]	Eccesso di sopraelevazione [mm]	Accelerazione non compensata - inizio elemento [m/s ²]	Accelerazione non compensata - fine elemento [m/s ²]	Accelerazione non compensata [m/s ²]	Variazione dell'insufficienza di sopraelevazione [mm/s]
1	T						
2	S			0,000	0,254		7,44
3	C	38,8	10,0			0,254	
4	S			0,254	0,248		11,18
5	C	38,0	0,0			0,248	
6	S			0,248	0,000		0,00
7	T						
8	S			0,000	0,168		8,37
9	C	25,7	10,0			0,168	
10	S			0,168	0,000		8,37
11	T						

Figura 6.4: Caratteristiche geometriche tracciato binario Dispari (2/2)

Le colonne di colore azzurro sono i dati di input per la verifica del tracciato. Le colonne di colore verde sono i valori calcolati conseguentemente ai valori di input inseriti nel foglio di calcolo, come da legenda mostrata nell'immagine successiva.

LEGENDA
INPUT
OUTPUT DI CALCOLO
VERIFICHE
LIMITE RACCOMANDATO RISPETTATO
LIMITE NORMALE RISPETTATO
LIMITE ECCEZIONALE RISPETTATO
LIMITE NON RISPETTATO
T = RETTIFILO
S = CLOTOIDE
C = CURVA

Figura 6.5: Legenda fogli di calcolo per verifica tracciato

Le verifiche dei valori calcolati nelle figure precedenti sono espresse nelle prossime figure. Facendo riferimento alla stessa legenda di figura precedente, le celle colorate in giallo indicano che la verifica soddisfa il limite normale di normativa, mentre le celle colorate in verde indicano che la verifica soddisfa il limite raccomandato di normativa. Le celle colorate in arancione indicano che la verifica soddisfa il limite eccezionale di normativa.

n.	Tipo di elemento	VERIFICA - ACCELERAZIONE NON COMPENSATA MASSIMA	VERIFICA - RAGGIO DI CURVATURA MINIMO	VERIFICA - SOPRAELEVAZIONE MASSIMA	VERIFICA - MASSIMA INSUFFICIENZA DI SOPRAELEVAZIONE	VERIFICA - MASSIMO ECCESSO DI SOPRAELEVAZIONE	VERIFICA - MASSIMA VARIAZIONE DELL'INSUFFICIENZA DI SOPRAELEVAZIONE
1	T						
2	S						OK NORMALE
3	C	OK NORMALE	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	OK NORMALE	OK NORMALE	
4	S						OK NORMALE
5	C	OK NORMALE	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	OK NORMALE	OK NORMALE	
6	S						OK NORMALE
7	T						
8	S						OK NORMALE
9	C	OK RACCOMANDATO	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	
10	S						OK NORMALE
11	T						

Figura 6.6: Verifiche geometriche tracciato binario Dispari

Le ultime verifiche effettuate riguardano la lunghezza minima di tutti gli elementi a raggio variabile (clotoidi):

n.	Tipo di elemento	Lunghezza clotoide minima (1) - PENDENZA DI RAMPA - NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (1) - PENDENZA DI RAMPA - ECCEZIONALE [m]	Lunghezza clotoide minima (2) - VELOCITA' DI SOLLEVAMENTO - NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (2) - VELOCITA' DI SOLLEVAMENTO - ECCEZIONALE [m]	Lunghezza clotoide minima (3) - CONTRACCOLPO - NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (3) - CONTRACCOLPO - ECCEZIONALE [m]	Lunghezza clotoide minima (4) - MINIMO NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (4) - MINIMO ECCEZIONALE [m]	VERIFICA - MINIMA LUNGHEZZA DELLA CURVA DI TRANSIZIONE
1	T									
2	S	3,33	3,33	2,22	1,59	7,04	4,21	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
3	C									
4	S	3,33	3,33	2,22	1,59	0,14	0,09	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
5	C									
6	S	0,00	0,00	0,00	0,00	6,90	4,12	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
7	T									
8	S	3,33	3,33	1,67	1,19	3,51	2,09	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
9	C									
10	S	3,33	3,33	1,67	1,19	3,51	2,09	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
11	T									

Figura 6.7: Verifiche lunghezze minime clotoidi binario Dispari

Anche le verifiche altimetriche risultano coerenti con quanto previsto dalla norma UNI 7836.

n.	Tipo di elemento	Velocità di progetto massima [km/h]	Progressiva di partenza [km]	Pendenza partenza [%]	Progressiva di fine [km]	Pendenza arrivo [%]	Raggio di curvatura [m]	Lunghezza [m]
1	LIVELLETTA	40	0+000,000	2,760%	0+10,202	2,760%		10,202
2	RACCORDO	40	0+10,202	2,760%	0+45,703	0,200%	1.200,000	35,501
3	LIVELLETTA	30	0+45,703	0,200%	0+419,638	0,200%		373,935

Figura 6.8: Caratteristiche geometriche profilo binario Dispari

n.	Tipo di elemento	VERIFICA - PENDENZA MASSIMA	VERIFICA - MINIMO RAGGIO DI CURVATURA (1)	VERIFICA - MINIMO RAGGIO DI CURVATURA (2)	VERIFICA - MINIMA LUNGHEZZA DELLE LIVELLETTE	VERIFICA - MINIMA LUNGHEZZA DEI RACCORDI
1	LIVELLETTA	OK RACCOMANDATO			OK ECCEZIONALE	
2	RACCORDO		OK NORMALE	OK ECCEZIONALE		OK NORMALE
3	LIVELLETTA	OK RACCOMANDATO			OK NORMALE	

Figura 6.9: Verifiche geometriche profilo binario Dispari

6.1.2 BINARIO PARI

Il binario Pari è percorso dai treni della metropolitana che sono diretti verso la stazione di Rivarolo.

Planimetricamente, tutto il tracciato del binario Pari del prolungamento della metropolitana di Genova per la tratta Canepari - Rivarolo rispetta i valori della normativa UNI 7836.

Le caratteristiche di tutti gli elementi sopra descritti sono sintetizzate nelle seguenti figure:

n.	Tipo di elemento	Velocità di progetto massima [km/h]	Velocità di progetto minima [km/h]	Progressiva di partenza [km]	Progressiva di fine [km]	Raggio di curvatura [m]	Parametro di scala A [m]	Lunghezza [m]	Sopraelevazione di equilibrio [mm]	Sopraelevazione a inizio elemento [mm]	Sopraelevazione a fine elemento [mm]
1	T	40	1	0+000,000	0+008,483			8,483		0	0
2	S	40	1	0+008,483	0+023,483		76,485	15,000		0	10
3	C	40	1	0+023,483	0+123,035	390		99,552	48	10	10
4	S	40	1	0+123,035	0+133,035		133,144	10,000		10	0
5	C	40	1	0+133,035	0+243,363	500		110,328	38	0	0
6	S	40	1	0+243,363	0+253,363		70,711	10,000		0	0
7	T	40	1	0+253,363	0+335,281			81,918		0	0
8	S	30	1	0+335,281	0+345,281		54,772	10,000		0	10
9	C	30	1	0+345,281	0+398,397	300		53,116	35	10	10
10	S	30	1	0+398,397	0+408,397		54,772	10,000		10	0
11	T	30	1	0+408,397	0+421,797			13,400		0	0

Figura 6.10: Caratteristiche geometriche tracciato binario Pari (1/2)

n.	Tipo di elemento	Insufficienza di sopraelevazione [mm]	Eccesso di sopraelevazione [mm]	Accelerazione non compensata - inizio elemento [m/s ²]	Accelerazione non compensata - fine elemento [m/s ²]	Accelerazione non compensata [m/s ²]	Variazione dell'insufficienza di sopraelevazione [mm/s]
1	T						
2	S			0,000	0,251		7,41
3	C	38,4	10,0			0,251	
4	S			0,251	0,247		11,11
5	C	37,8	0,0			0,247	
6	S			0,247	0,000		0,00
7	T						
8	S			0,000	0,166		8,33
9	C	25,4	10,0			0,166	
10	S			0,166	0,000		8,33
11	T						

Figura 6.11: Caratteristiche geometriche tracciato binario Pari (2/2)

Le colonne di colore azzurro sono i dati di input per la verifica del tracciato. Le colonne di colore verde sono i valori calcolati conseguentemente ai valori di input inseriti nel foglio di calcolo, come da legenda mostrata nell'immagine successiva.

LEGENDA
INPUT
OUTPUT DI CALCOLO
VERIFICHE
LIMITE RACCOMANDATO RISPETTATO
LIMITE NORMALE RISPETTATO
LIMITE ECCEZIONALE RISPETTATO
LIMITE NON RISPETTATO
T = RETTIFILLO
S = CLOTOIDE
C = CURVA

Figura 6.12: Legenda fogli di calcolo per verifica tracciato

Le verifiche dei valori calcolati nelle figure precedenti sono espresse nelle prossime figure. Facendo riferimento alla stessa legenda di figura precedente, le celle colorate in giallo indicano che la verifica soddisfa il limite normale di normativa, mentre le celle colorate in verde indicano che la verifica soddisfa il limite raccomandato di normativa. Le celle colorate in arancione indicano che la verifica soddisfa il limite eccezionale di normativa.

n.	Tipo di elemento	VERIFICA - ACCELERAZIONE NON COMPENSATA MASSIMA	VERIFICA - RAGGIO DI CURVATURA MINIMO	VERIFICA - SOPRAELEVAZIONE MASSIMA	VERIFICA - MASSIMA INSUFFICIENZA DI SOPRAELEVAZIONE	VERIFICA - MASSIMO ECCESSO DI SOPRAELEVAZIONE	VERIFICA - MASSIMA VARIAZIONE DELL'INSUFFICIENZA DI SOPRAELEVAZIONE
1	T						
2	S						OK NORMALE
3	C	OK NORMALE	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	OK NORMALE	OK NORMALE	
4	S						OK NORMALE
5	C	OK NORMALE	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	OK NORMALE	OK NORMALE	
6	S						OK NORMALE
7	T						
8	S						OK NORMALE
9	C	OK RACCOMANDATO	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	OK RACCOMANDATO	OK NORMALE	
10	S						OK NORMALE
11	T						

Figura 6.13: Verifiche geometriche tracciato binario Pari

Le ultime verifiche effettuate riguardano la lunghezza minima di tutti gli elementi a raggio variabile (clotoidi):

n.	Tipo di elemento	Lunghezza clotoide minima (1) - PENDENZA DI RAMPA - NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (1) - PENDENZA DI RAMPA - ECCEZIONALE [m]	Lunghezza clotoide minima (2) - VELOCITA' DI SOLLEVAMENTO - NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (2) - VELOCITA' DI SOLLEVAMENTO - ECCEZIONALE [m]	Lunghezza clotoide minima (3) - CONTRACCOLPO - NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (3) - CONTRACCOLPO - ECCEZIONALE [m]	Lunghezza clotoide minima (4) - MINIMO NORMALE [m]	Lunghezza clotoide minima (4) - MINIMO ECCEZIONALE [m]	VERIFICA - MINIMA LUNGHEZZA DELLA CURVA DI TRANSIZIONE
1	T									
2	S	3,33	3,33	2,22	1,59	6,98	4,17	15,00	0,00	OK NORMALE
3	C									
4	S	3,33	3,33	2,22	1,59	0,12	0,07	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
5	C									
6	S	0,00	0,00	0,00	0,00	6,86	4,10	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
7	T									
8	S	3,33	3,33	1,67	1,19	3,46	2,07	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
9	C									
10	S	3,33	3,33	1,67	1,19	3,46	2,07	15,00	0,00	OK ECCEZIONALE
11	T									

Figura 6.14: Verifiche lunghezze minime clotoidi binario Pari

Anche le verifiche altimetriche risultano coerenti con quanto previsto dalla norma UNI 7836.

n.	Tipo di elemento	Velocità di progetto massima [km/h]	Progressiva di partenza [km]	Pendenza partenza [%]	Progressiva di fine [km]	Pendenza arrivo [%]	Raggio di curvatura [m]	Lunghezza [m]
1	LIVELLETTA	40	0+000,000	2,760%	0+10,169	2,760%		10,169
2	RACCORDO	40	0+10,169	2,760%	0+45,670	0,200%	1.200,000	35,501
3	LIVELLETTA	30	0+45,670	0,200%	0+421,797	0,200%		376,127

Figura 6.15: Caratteristiche geometriche profilo binario Pari

n.	Tipo di elemento	VERIFICA - PENDENZA MASSIMA	VERIFICA - MINIMO RAGGIO DI CURVATURA (1)	VERIFICA - MINIMO RAGGIO DI CURVATURA (2)	VERIFICA - MINIMA LUNGHEZZA DELLE LIVELLETTE	VERIFICA - MINIMA LUNGHEZZA DEI RACCORDI
1	LIVELLETTA	OK RACCOMANDATO			OK ECCEZIONALE	
2	RACCORDO		OK NORMALE	OK ECCEZIONALE		OK NORMALE
3	LIVELLETTA	OK RACCOMANDATO			OK NORMALE	

Figura 6.16: Verifiche geometriche profilo binario Pari

6.2 ARMAMENTO

Relativamente all'armamento ferroviario, anche per il prolungamento della tratta da Canepari a Rivarolo, è stato deciso di adottare un binario senza massicciata, a scartamento standard di 1.435 mm in analogia a quanto presente nell'intera tratta della metro.

L'armamento del binario è del tipo "Milano modificato", presente nella linea metro di Milano come pure in molte altre metro nazionali, nonché appunto in quella di Genova, così denominato dopo l'introduzione di nuovi bulloni di ancoraggio in acciaio a sezione variabile e rivestimento isolante a spessore, in sostituzione dei tipi precedenti, meno affidabili.

Detto sistema provvede sia alla rigidità statica e dinamica del binario, sia all'isolamento elettrico, come prescritto, vedi seguente Fig.4 e §3.1.-2.

La posa in opera con modalità "top down", prevede che il sistema sia realizzato in diverse fasi successive:

1. Costituzione di un piano di regolamento in cls C30/37 leggermente armato, di spessore non inferiore ai 22cm- 25 cm.
2. Posa in opera su di esso, delle campate di binario da 18m o 36m, complete degli attacchi, nel rispetto delle tabelle di picchettazione, così da realizzare il livello e l'allineamento definitivo del P.F., su sostegni provvisori.
3. Foratura con carotatrice degli alloggiamenti per l'inserimento dei bulloni di ancoraggio M22x270, inghisati chimicamente. Si tratta di realizzare nel piano di regolamento in cls, di solito due fori (talvolta 4) per ogni attacco.
4. Il passo di detti attacchi è di 0,750 m in rettilineo e nelle curve circolari di Raggio > 600m, mentre per quelle di raggio inferiore il passo è ridotto a 0,667m, in ogni caso si ha un numero intero di attacchi per ogni campata da 36m. Si tratta quindi di realizzare n° 32 carotaggi da 22cm di profondità e 3,2 cm di diametro, ogni 3 m di linea a doppio binario in rettilineo.
5. Riempimento degli spazi liberi esistenti fra piastre d'armamento ed estradosso del piano di regolamento, mediante un massello di malta di resina epossidica, inserita e costipata accuratamente a mano. Lo spessore di detto massello deve preferibilmente essere compreso fra 3 e 5 cm, l'estradosso del piano di regolamento in cls deve quindi trovarsi preferibilmente ad una quota fra circa 22cm e 24cm al di sotto del p.f.
6. Serraggio dei dadi nella parte filettata dei bulloni di ancoraggio, per la corretta regolazione delle molle a spirale che controllano il movimento della piastra d'armamento.

SEZIONE DELL'ARMAMENTO MILANO MODIFICATO ASSEMBLATO

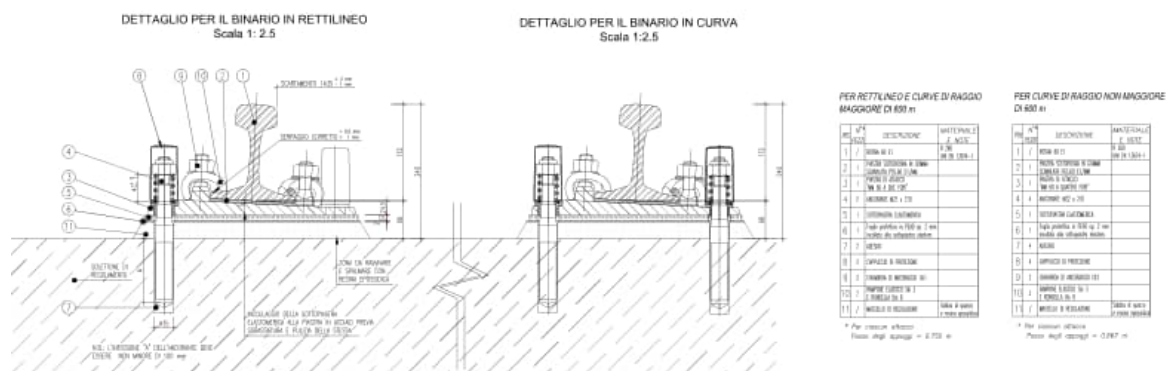


Figura 6.17: Attacco Tipo Milano Modificato -cfr § 3.1 -2

6.2.1 Materiali d'armamento

L'armamento sarà costituito dai seguenti componenti:

1. **ROTAIE:** Le rotaie saranno del profilo 50E5 (ex 50UNI), secondo la specifica tecnica di fornitura RFI TCAR SF AR 02 001 C. Le rotaie e l'acciaio usato per la loro fabbricazione dovranno inoltre essere conformi alla normativa serie UNI EN 13674. Le rotaie saranno fornite in barre di lunghezza pari a 36 m e saranno saldate in opera fra loro a formare la lunga rotaia saldata (LRS) mediante saldatura elettrica a scintillio. La saldatura a scintillio è da preferire alla saldatura alluminotermica. Quest'ultima sarà impiegata limitatamente ai casi dove non è possibile eseguire saldature a scintillio, ad esempio saldature interne dei deviatori, saldature di estremità necessarie per l'inserimento degli stessi lungo linea, e saldature di regolazione da realizzare per la costituzione della lunga rotaia saldata.
2. **ATTACCHI:** gli attacchi saranno del tipo "Milano modificato", atti al fissaggio del binario su una platea di calcestruzzo armato. Gli attacchi dovranno essere conformi alla serie di norme EN 13481 con le caratteristiche determinate secondo la serie di norme EN 13146. La rigidità complessiva dell'attacco sarà dell'ordine di 22,5 kN/mm (secondo EN13146-9), data l'assenza del ballast. Resistenza alla corrosione: sono particolarmente sensibili alla corrosione i ramponi d'ancoraggio o clips, qui del tipo SKL3, in particolare nell'aggressivo clima marino-industriale di Genova. Allo scopo, RFI richiede per questi componenti su tutta la rete italiana, un rivestimento anticorrosione a spessore da 10µm, le principali verifiche sperimentali richieste sono le seguenti:
 - Salt spray test secondo ISO 9227 NSS - su **Stoned clips** test come da ISO 20567-1,
 - Salt spray test – protection class C5 H secondo UNI EN ISO 12944,
 - Bonding behaviour - ISO 2409 – GT < 1-(Hand scratched surface),
 - Kesternich test under acid mist by H₂SO₄ secondo ISO 6988.

Schema di posa

Il passo degli appoggi sarà di 750 mm in rettilineo e per curve di raggio fino a 600 m, mentre sarà di 667 mm per curve di raggio inferiore a 600 m.

Nelle curve di raggio più stretto si procederà all'allargamento di scartamento col seguente schema (norma UNI 7836):

- Per raggi di curva da 110 m a 140 m escluso 1440 mm,
- Da 90 m a 110 m escluso 1445 mm,

- Da 80 m a 90 m escluso 1450 mm,
 - Da 65 m a 80 m escluso 1455 mm.
3. SCAMBI: è prevista una comunicazione tra due scambi tipo 50UNI/102/0,15 ad interasse 2,9 m, in analogia a quanto presente sulla linea in esercizio;

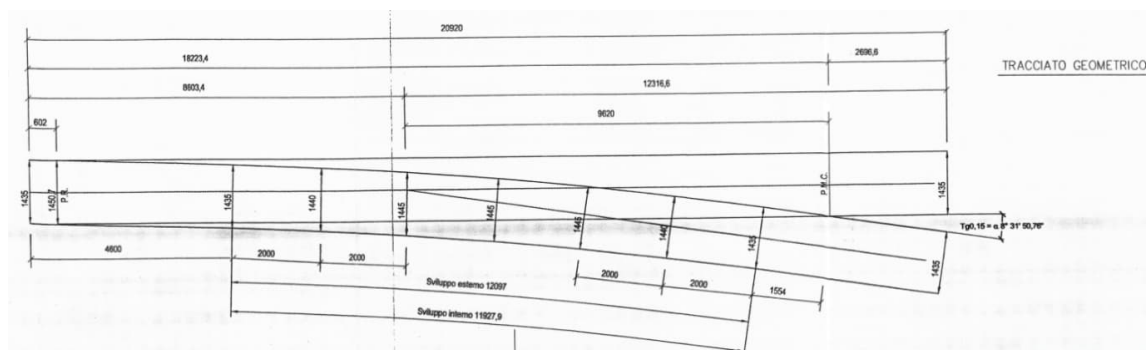


Figura 6.18: Geometria Scambio S50UNI/102/0,15

4. PARAURTI: si prevede l'installazione di n.2 paraurti ad assorbimento d'energia di tipo 1, secondo la specifica tecnica DI TCAR SF AR 01 001 A del Lug.-99.
5. DISPOSITIVI ANTISVIO: Si è esaminata l'opportunità di inserire dispositivi antisvio sui viadotti Torbella, Rossini e Pisoni. Ora considerando la frequenza del rischio deragliamento, esso può essere considerato solo occasionale, ma l'evento d'un convoglio che impatta sulle travi della struttura e/o cade dal viadotto sulla strada sottostante e sugli edifici adiacenti, deve essere considerato catastrofico, con danni multipli e gravi ai passeggeri, all'equipaggio, al segnalamento e all'armamento. Di conseguenza si ritiene che il livello di rischio non sia tollerabile e debba essere eliminato. I dispositivi antisvio (v. figure successive), possono contenere il convoglio sul binario, evitando impatti contro le travi del viadotto, danni alle persone, alla strada sottostante ed agli edifici adiacenti. In considerazione anche della raccomandazione UIC 777-2, sui viadotti l'applicazione di sistemi di sicurezza, ad esempio con dispositivi anti deragliamento, è quindi ritenuta opportuna, per ridurre il rischio di danni alle strutture degli edifici adiacenti la linea; in questo caso le travi principali del sistema ad impalcato basso, possono costituire una protezione, ma nello stesso momento un loro danneggiamento può produrre danni catastrofici alla struttura portante del viadotto.

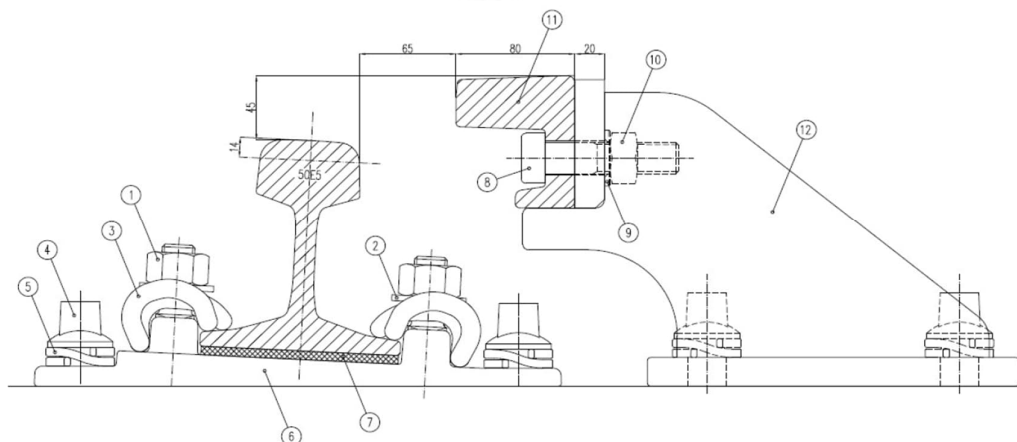


Figura 6.19: Schema del Dispositivo Antideragliamento U33, che Consente uno Scostamento di 65mm.

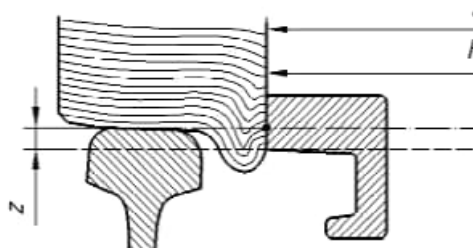


Figura 6.20: Schema del Dispositivo Antideragliamento U33

7 OPERE D'ARTE MAGGIORI

Lungo il tracciato è prevista la realizzazione delle tre seguenti opere:

- ✓ Ponte Torbella
- ✓ Impalcato su via Pisoni
- ✓ Impalcato su via Rossini

Per la descrizione delle opere si rimanda alla relazione generale

Nei capitoli successivi si riportano le principali specifiche tecniche utilizzare per il dimensionamento e la verifica delle strutture

7.1 RIFERIMENTI

7.1.1 Normative di progetto

Il progetto sarà stato redatto in conformità alla vigente normativa:

- ✓ D.M. 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni"
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019, n°7, C.S.LL.PP, Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018;

Nei casi in cui le enunciate normative nazionali presentino carenti di informazioni in relazione a particolari studi specifici, si fa riferimento a normative europee e al sistema degli eurocodici, in particolare:

- ✓ D.M. 31 luglio 2012: Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
- ✓ UNI EN 1990 - EUROCODICE 0 - "Criteri generali di progettazione strutturale" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- ✓ UNI EN 1991-1-1 - EUROCODICE 1 Parte 1-1 - "Azioni sulle strutture - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici";
- ✓ UNI EN 1991-1-4 - EUROCODICE 1 Parte 1-4 - "Azioni in generale - Azioni del vento";
- ✓ UNI EN 1991-1-5 - EUROCODICE 1 Parte 1-5 - "Azioni in generale - Azioni termiche";
- ✓ UNI EN 1991-2 - EUROCODICE 1 Parte 2 - "Carichi da traffico sui ponti";
- ✓ UNI EN 1992-1-1 - EUROCODICE 2 Parte 1-1 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici";
- ✓ UNI EN 1992-1-1 - EUROCODICE 2 Parte 2 - "Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi";
- ✓ UNI EN 1992 - 4: EUROCODICE 2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo;
- ✓ UNI EN 1993-1-1 - EUROCODICE 3 Parte 1-1 - "Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici";
- ✓ UNI EN 1993-1-5 - EUROCODICE 3 Parte 1-5 - "Progettazione delle strutture di acciaio - Elementi strutturali a lastra";
- ✓ UNI EN 1993-1-8 - EUROCODICE 3 Parte 1-8 - "Progettazione delle strutture di acciaio - Progettazione dei collegamenti";
- ✓ UNI EN 1993-1-9 - EUROCODICE 3 Parte 1-9 - "Progettazione delle strutture di acciaio - Fatica";
- ✓ UNI EN 1993-1-10- EUROCODICE 3 Parte 1-10 - "Progettazione delle strutture di acciaio - Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore";
- ✓ UNI EN 1993-2 - EUROCODICE 3 Parte 2 - "Progettazione delle strutture in acciaio Ponti di acciaio";

- ✓ UNI EN 1994-1-1 - EUROCODICE 4 parte 1-1 - "Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici";
- ✓ UNI EN 1994-2 - EUROCODICE 4 parte 2 - "Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Regole generali e regole per i ponti";
- ✓ UNI EN 1998-1 - EUROCODICE 8 parte 1 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici";
- ✓ UNI EN 1998-2 - EUROCODICE 8 parte 2 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Ponti";
- ✓ UNI EN 1998-5 - EUROCODICE 8 parte 5 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"

7.1.2 Riferimenti tecnici

In accordo a quanto indicato nel capitolo 12 del D.M. 17/01/2018, ad integrazione delle precedenti norme e per quanto con esse non in contrasto, si considereranno i seguenti riferimenti di comprovata validità:

- ✓ ANAS_MDP_PVI_001_A – "Manuale di Progettazione – Parte II sezione 7 – Ponti e Viadotti – Linee Guida di indirizzo preliminare
- ✓ RFI DTC SI PS MA IFS 001E – "Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II sezione 2 – Ponti e Strutture"
- ✓ CNR 10030/87 - "Anime irrigidite di travi a parete piena"
- ✓ CNR-UNI 10011/97 - Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione
- ✓ CNR DT 207/2018, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni";
- ✓ CNR-DT 214/2018 – "Istruzioni per la valutazione della robustezza delle costruzioni"

In particolare, per la progettazione di ponti e viadotti di linee metro si considerano, per quanto riguarda la schematizzazione delle azioni da traffico ed i limiti di deformabilità, i seguenti riferimenti di comprovata validità:

- ✓ AASHTO GSLR-2/2022 – "LRFD Guide Specifications for Bridges Carrying Light Rail Transit Loads 2nd Edition"
- ✓ ACI343.1R-12 "Guide Specifications for the Analysis and Design of Reinforced and Prestressed Concrete Guideway Structures"
- ✓ ASBI March 2022 - "Guidelines for design and construction of segmental bridges for rail"

7.1.3 Documentazione Tecnica di riferimento

- ✓ MGX1XX00002_02 Metropolitana di Genova Veicolo di terza generazione – Specifica generale di veicolo
- ✓ MGX1XX00049_01 Metro Genova - Metropolitana leggera – Determinazione sagome e PMO treno 3ª generazione rettilineo
- ✓ MGX1XX00050_01 Metropolitana di Genova Veicolo di terza generazione – Sagoma limite e cinematica curva veicolo 3ª generazione

7.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano in seguito le caratteristiche meccaniche dei materiali e i relativi parametri di calcolo.

7.2.1 Carpenteria metallica impalcato

Tutti i materiali dovranno comunque essere approvvigionati in accordo con D.M. 17/01/2018. La realizzazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle tolleranze previste dalla UNI EN 1090. In ogni caso dovrà essere rispettato sia quanto previsto nel Capitolato Speciale di Appalto che nelle specifiche tecniche fornite dalla Direzione Lavori là dove queste siano più restrittive.

Ai sensi del par. 11.3.4.5 e della tabella 11.3.XII del D.M.17/01/2018 le opere di progetto sono strutture soggette a fatica corrispondenti al livello D della citata tabella.

Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 il grado di preparazione delle superfici sarà, salvo diversa disposizione della Direzione Lavori, P2.

Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe delle tolleranze geometriche funzionali sarà la "classe 1".

CLASSE DI ESECUZIONE DELLA STRUTTURA

La classe di esecuzione impiegata in linea generale è **EXC3**, secondo la UN EN 1090.

ACCIAIO VERNICIATO:

Acciaio per strutture metalliche e per strutture composte acciaio cls: secondo D.M. 17/01/2018 e conforme alle norme UNI EN 10025-2 e recante la marcatura CE.

Qualità in funzione degli spessori ai sensi della UNI EN 1993-1-10.

✓ Elementi saldati in acciaio con	sp. ≤ 20 mm	S355J0 + N
✓ -Elementi saldati in acciaio con	20mm < sp. < 40 mm	S355J2 + N
✓ Elementi saldati in acciaio con	40mm ≤ sp. ≤ 80 mm	S355k2 + N
✓ Elementi non saldati, angolari e piastre sciolte		S355J0 + N
✓ Imbottiture con sp. < 3mm		S355J0 + N

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovranno essere nei limiti della UNI EN 10025-2.

Le tolleranze dimensionali per lamiere e profilati dovranno rispettare i limiti prescritti dalla UNI EN 10029, prospetto I, classe B.

Le tolleranze dimensionali per profili laminati dovranno rispettare i limiti prescritti dalle:

- ✓ UNI EN 10034 (profili a doppio T)
- ✓ UNI EN 10056-2 (angolari)
- ✓ UNI EN 10279 (profili a C)

Tutti i materiali dovranno essere corredati di certificati e documenti di tracciabilità.

Prima della tracciatura dei pezzi devono essere definiti gli eventuali interventi sulla carpenteria imposti dal sistema di montaggio e varo.

BULLONI: NOTE E PRESCRIZIONI

- Secondo D.M. 17/01/2018 - UNI EN 14399-1

Giunzioni a taglio per traversi e controventi orizzontali:

Giunzioni di categoria A secondo EN 1993-1-8 par.3.4. (giunzioni a taglio)

Bulloni tipo HR o HV in accordo con le norme UNI EN 14399 parte 1

Viti classe 10.9 e dadi classe 10 in accordo con la norma UNI EN 14399 parti 3 e 4

Rondelle durezza 300-370 secondo UNI EN 14399 parti 5 e 6.

Adottare la classe di controllo K2.

Giunzioni ad attrito per travi principali:

Giunzioni di categoria B secondo EN 1993-1-8 par.3.4. (giunzioni ad attrito allo SLE a serraggio controllato/calibrato)

Preparazione delle superfici: classe di rugosità C (EN 1090-2, tab18)

coefficiente di attrito minimo pari a 0.3

Bulloni tipo HR o HRC in accordo con le norme UNI EN ISO 14399 parte 1

Viti classe 10.9 e dadi classe 10 con le norme UNI EN ISO 14399 parti 3 e 10

Rondelle durezza 300-370 secondo UNI EN 14399 parti 5 e 6.

Adottare la classe di controllo K2.

Per tutte le tipologie di giunzione viti, dadi e rondelle devono essere forniti dal medesimo produttore.

Il piano di taglio, se non diversamente indicato, interesserà il gambo non filettato della vite.

Prevedere opportuni sistemi antisvitamento.

Gioco foro bullone: in accordo a DM17/01/2018 par 4.2.8.1.1 (fori di diametro uguale a quello del bullone maggiorato al massimo di 1mm fino a bulloni di diametro 20 mm e di 1.5 mm per bulloni di diametro maggiore di 20mm).

BULLONE	PRECARICO	FORO
M20-10.9	172 KN	21.0 mm
M24-10.9	247 KN	25.5 mm
M27-10.9	321 KN	28.5 mm

Per il metodo di applicazione della coppia ed il controllo del precarico si rimanda a quanto previsto dalla UNI EN 1090-2

Per le giunzioni a taglio la coppia di serraggio dovrà essere la stessa prevista per le giunzioni ad attrito.

Nel caso il momento di serraggio non sia riportato sulle targhette delle confezioni, ma compaia il solo fattore k secondo la classe funzionale, per facilitare gli operatori addetti ai montaggi, si può fare riferimento alle Tabella 4.2.XVII del D.M. 17/01/2018 per definire il momento di serraggio dei bulloni.

In corrispondenza dei collegamenti bullonati ad attrito le superfici a contatto dovranno essere pulite mediante spazzolatura od alla fiamma.

PIOLI

Secondo UNI EN ISO 13918 e D.M. 17/01/2018

Pioli tipo NELSON $\phi=19 / 22 - H=0.6 H_{\text{soletta}}$ (se non diversamente indicato)

Acciaio S235J2+C450 (ex ST 37-3K)

$f_y > 350 \text{ MPa}$

$f_u > 450 \text{ MPa}$

Allungamento $> 15\%$

Strizione $> 50\%$

CONTROLLI

Secondo D.M. 17/01/2018 e UNI EN 1090

SALDATURE

Secondo D.M. 17/01/2018

I giunti delle travi principali, se non diversamente indicato, sono previsti saldati a piena penetrazione di 1° classe. Le saldature dovranno essere effettuate da entrambi i lati, molate in direzione degli sforzi e soggette a controlli

non distruttivi (circolare 21/01/2019 n7 C.S.LL.PP. par C4.2.4.1.4.3 "Curve S-N" tab C4.2.XIV dett 8). Le saldature di composizione delle **travi principali in prossimità degli appoggi**, se non diversamente indicato, sono previste saldate a piena penetrazione di 1° classe che dovranno essere effettuate da entrambi i lati, molate in direzione degli sforzi e soggette a controlli non distruttivi (circolare 21/01/2019 n7 C.S. LL. PP. par. C4.2.4.1.4.3 "Curve S-N", tab C4.2.XIV dett.8).

- ✓ Procedimenti di saldatura omologati e qualificati secondo D.M. 17/01/2018
- ✓ Saldature a doppio cordone d'angolo continuizzate sul perimetro del pezzo da saldare, ove non diversamente indicato
- ✓ Dovrà essere assicurata la completa fusione dei vertici dei cordoni d'angolo nelle saldature di forza ed in ogni caso ne dovranno essere asportate le irregolarità
- ✓ Dovranno essere adottate le più opportune cautele per evitare la possibilità di formazione di strappi lamellari. Per lamiere soggette a sforzi di trazione nel senso trasversale alla laminazione (es. giunti a croce) prevedere a strizione classe minima Z25, se non diversamente indicato
- ✓ Saldature a completo ripristino ove non diversamente indicato con i dettagli tipologici illustrati in figura 1.2
- ✓ Piatti di composizione se lo spessore supera 80mm
- ✓ I cordoni indicati nelle tavole di dettaglio sono verificati secondo le necessità statiche.
- ✓ Per i cordoni in deroga alle indicazioni della NTC2018, il costruttore dovrà garantire la qualifica del
- ✓ procedimento che, se previsto dal capitolato, dovrà essere approvata dall'Ente di controllo incaricato.
- ✓ È richiesta approvazione del progetto delle saldature da parte di ente certificato.
- ✓ Eventuali giunti tecnici inseriti dal costruttore dovranno essere preventivamente approvati dal progettista e comunque saranno eseguiti a piena penetrazione e controllati al 100% con esami VT, MT e, per $t_1 \geq 8\text{mm}$, con esame UT.

N.B.: i dettagli di saldatura (giunti travi principali e irrigidenti trasversali) saldati alla piattabanda inferiore dovranno essere controllati mediante ispezione minimo ogni 25 anni.

TRATTAMENTI PROTETTIVI

Verniciatura con ciclo "B2" secondo Capitolato Speciale ANAS. Classe di durabilità secondo UNI EN ISO 12944-5-2018: molto alta (VH) maggiore di 25 anni ed eccellente resistenza alla radiazione UV

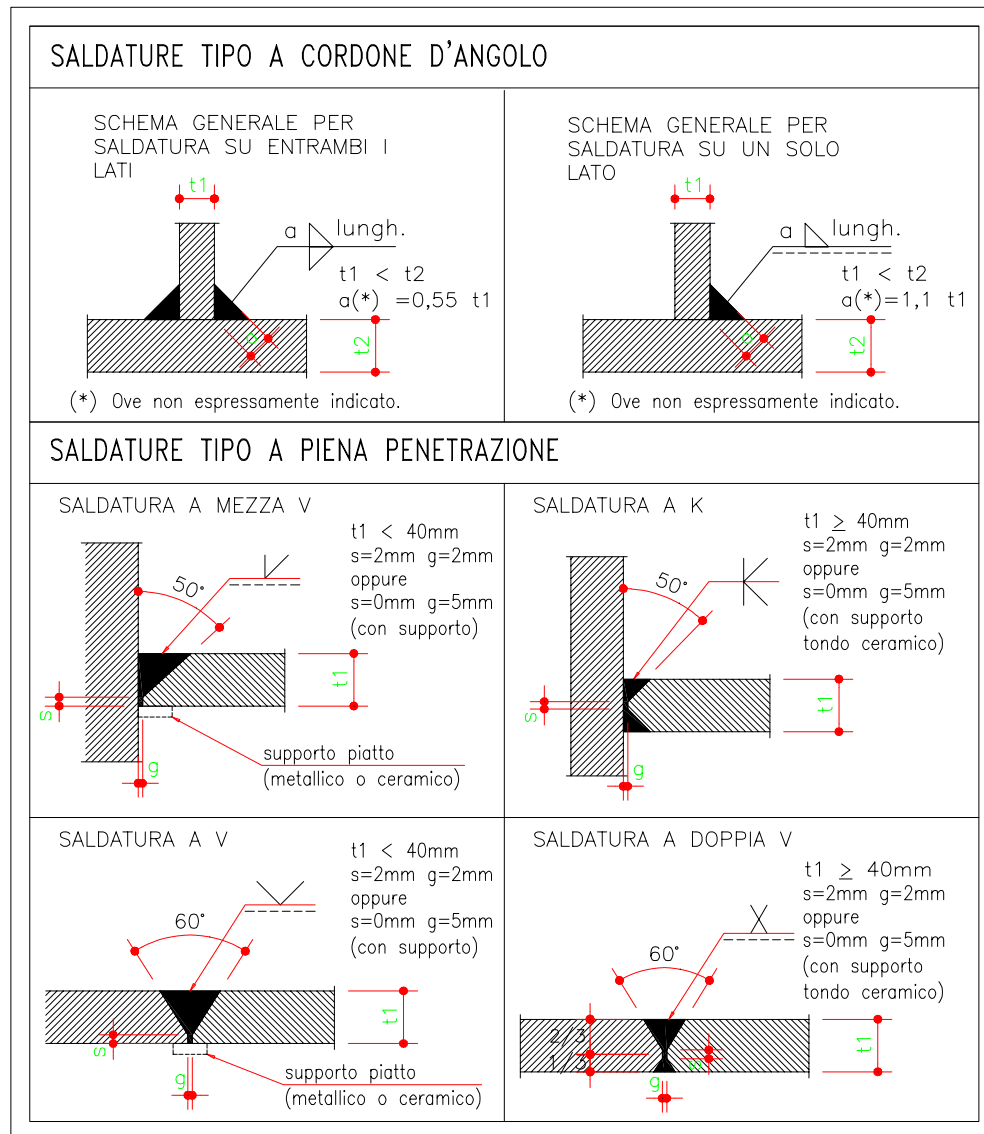


Figura 7-1: Dettagli tipologici di saldatura

7.2.2 Calcestruzzi

In accordo con quanto indicato al par. 7.5.4.1 del documento ANAS_MDP_PVI_001_A "Manuale di Progettazione – Parte II sezione 7 – Ponti e Viadotti – Linee Guida di indirizzo preliminare e con il par. C4.1.6.1.3 della Circolare applicativa al D.M. 17/01/2018, per la progettazione delle opere in oggetto si considerano le seguenti proprietà minime dei calcestruzzi:

Calcestruzzo per soletta in c.a. (esclusi cordoli di sostegno dei sicurvia e/o marciapiedi di servizio):

- ✓ - Classe di resistenza C35/45 MPa
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 20 mm
- ✓ - Contenuto min. cemento 360 kg/mc
- ✓ - Rapporto massimo acqua/cemento 0.45
- ✓ - Classe di esposizione XC4+XD1+XF2
- ✓ - Condizioni ambientali aggressive
- ✓ - Copriferro estradosso C= 40 mm

Calcestruzzo per cordoli e marciapiedi:

- ✓ - Classe di resistenza C35/45 MPa
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 20 mm
- ✓ - Contenuto min. cemento 360 kg/mc
- ✓ - Rapporto massimo acqua/cement 0.45
- ✓ - Classe di esposizione XC4 + XD3 + XF2
- ✓ - Condizioni ambientali molto aggressive
- ✓ - Copriferro C= 50 mm

Calcestruzzo per predalles:

- ✓ - Classe di resistenza C40/50 MPa
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 20 mm
- ✓ - Contenuto min. cemento 340 kg/mc
- ✓ - Rapporto massimo acqua/cemento 0.50
- ✓ - Classe di esposizione XC4+XD1
- ✓ - Condizioni ambientali aggressive
- ✓ - Copriferro C= 30 mm

Calcestruzzo per velette prefabbricate:

- ✓ - Classe di resistenza C40/50 MPa
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 20 mm
- ✓ - Contenuto min. cemento 340 kg/mc
- ✓ - Rapporto massimo acqua/cemento 0.50
- ✓ - Classe di esposizione XC4+XD1+XF2
- ✓ - Condizioni ambientali aggressive
- ✓ - Copriferro C= 30 mm

Calcestruzzo per elevazioni pile e spalle (inclusi pulvini e baggioli):

- ✓ - Classe di resistenza C32/40
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 25 mm
- ✓ - Contenuto min. cemento 340 kg/mc
- ✓ - Rapporto massimo acqua/cemento 0.50
- ✓ - Classe di esposizione XC4 + XD1 + XF2
- ✓ - Copriferro C= 50 mm

Calcestruzzo per fondazioni:

- ✓ - Classe di resistenza C25/30
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 25 mm
- ✓ - Contenuto min. cemento 300 kg/mc
- ✓ - Rapporto massimo acqua/cemento 0.60
- ✓ - Classe di esposizione XC2
- ✓ - Copriferro C= 50 mm

Calcestruzzo per magro di fondazione:

- ✓ - Classe di resistenza C12/15
- ✓ - Classe di consistenza slump S4
- ✓ - Max dimensione aggregato 32 mm
- ✓ - Classe di esposizione X0

Calcestruzzo per pali

✓ - Classe di resistenza	C25/30
✓ - Classe di consistenza slump	S5
✓ - Max dimensione aggregato	25 mm
✓ - Contenuto min. cemento	300 kg/mc
✓ - Rapporto massimo acqua/cemento	0.60
✓ - Classe di esposizione	XC2
✓ - Copriferro	C= 75 mm

7.2.3 Acciaio da cemento armato

✓ barre in acciaio:	B450C
✓ tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
✓ tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

Per quanto riguarda il viadotto Pisoni a travi incorporate, in base a quanto riportato nel Manuale di progettazione delle opere civili RFI, l'acciaio dei tiranti dovrà essere del tipo S235 secondo UNI EN10025.

7.2.4 Calcolo delle proprietà dei materiali

Nel presente capitolo si riportano le resistenze di progetto dei materiali impiegati a progetto.

7.2.4.1 Acciaio per carpenteria metallica

Tabella 7-1: Proprietà meccaniche di progetto dell'acciaio per carpenteria metallica

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	S355		
Peso specifico	ρ_c		[Tab. 3.1.I]
Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	355 [N/mm ²] per $t \leq 40$ [mm] 335 [N/mm ²] per $t > 40$ [mm]	[Tab. 4.2.I]
Valore nominale della tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	510 [N/mm ²] per $t \leq 40$ [mm] 470 [N/mm ²] per $t > 40$ [mm]	[Tab. 4.2.I]
Modulo elastico	E	210000 [N/mm ²]	[-]
Modulo elastico tangenziale	$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$	81000 [N/mm ²]	[-]
Coefficiente di Poisson	ν	0.3	[-]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.000012 °C ⁻¹	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza	γ_{M0}	1.05 [-]	[Tab. 4.2.VII]
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	γ_{M1}	1.10 [-]	[Tab. 4.2.VII]
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	γ_{M2}	1.25 [-]	[Tab. 4.2.VII]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche della struttura mista in combinazione eccezionale	γ_M	1.00 [-]	[4.3.3]

7.2.4.2 Bulloni**Tabella 7-2: Proprietà meccaniche di progetto dei bulloni nel caso in cui i piani di taglio interessino la parte NON filettata del gambo (si fa riferimento all'area lorda del gambo)**

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	10.9		
Tensione caratteristica di rottura	f_{tb}	1000 [N/mm ²]	[11.3.4.6.1]
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yb}	900 [N/mm ²]	[11.3.4.6.1]
Coefficiente parziale di sicurezza SLU	γ_{M2}	1.25 [-]	[4.2.8]
Resistenza di progetto a taglio	$f_{v,Rd} = 0.6 \frac{f_{tbk}}{\gamma_{M2}}$	480 [N/mm ²]	[4.2.8.1.1]

7.2.4.3 Saldature

In accordo con i par. 4.2.8 e 4.2.8.2.4 del D.M. 17/01/2018, per saldature a cordoni d'angolo e a parziale penetrazione, risulta:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{Acciaio S355} \quad \beta = 0.9 \quad \beta_1 = 0.7 \quad \beta_2 = 0.85$$

7.2.4.4 Connettori a Piolo

In accordo con i par. 4.3.3 del D.M. 17/01/2018 e 6.6.3.1(1) di EN 1994-2 risulta:

Tabella 7-3: Proprietà meccaniche di progetto dei pioli Nelson

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	S 235 J2G3 + C450		
Carico unitario di rottura a trazione	f_{tk}	450 [N/mm ²]	[-]
Tensione caratteristica di rottura a trazione	f_{yk}	350 [N/mm ²]	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza SLU	γ_v	1.25 [-]	[4.3.3]
Coefficiente parziale di sicurezza SLE	k_s	0.60 [-]	[-]

7.2.4.5 Calcestruzzo C35/45 per soletta d'impalcato, cordoli e marciapiedi

Tabella 7-4: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C35/45

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	C35/45		
Peso specifico	ρ_c	25 [kN/m ³]	[Tab. 3.1.I]
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	45 [N/mm ²]	[-]
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$	34625 [N/mm ²]	[11.2.10.3]
Coefficiente di Poisson	ν	0 ÷ 0.2	[-]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.00001 °C ⁻¹	[-]
Resistenza caratteristica compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	37.35 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Valor medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	45.35 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	3.35 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Valor medio della resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	4.02 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	2.34 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{cfk} = 0.7 f_{cfm}$	2.81 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1.5 [-]	[4.3.3]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ $= 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	21.16 [N/mm ²]	[C4.3.4.2]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	1.56 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]
Coefficiente parziale di sicurezza per verifiche della struttura mista in combinazione eccezionale	γ_M	1.00 [-]	[4.3.3]
Resistenza di calcolo a compressione per verifiche della struttura mista in combinazione eccezionale	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_M}$ $= 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_M}$	31.75 [N/mm ²]	[C4.3.4.2]
Resistenza di calcolo a trazione per verifiche della struttura mista in combinazione eccezionale	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_M}$	2.34 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]

7.2.4.6 Calcestruzzo C40/50 per predalles

Tabella 7-5: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C40/50

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	C40/50		
Peso specifico	ρ_c	25 [kN/m ³]	[Tab. 3.1.I]
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	50 [N/mm ²]	[-]
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$	35547 [N/mm ²]	[11.2.10.3]
Coefficiente di Poisson	ν	0 ÷ 0.2	[-]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.00001 °C ⁻¹	[-]
Resistenza caratteristica compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	41.50 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Valor medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	49.50 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	3.60 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Valor medio della resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	4.32 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	2.52 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{cfk} = 0.7 f_{cfm}$	3.02 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1.5 [-]	[4.3.3]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ $= 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	22.96 [N/mm ²]	[C4.3.4.2]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	1.68 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]

7.2.4.7 Calcestruzzo C32/40 per soletta elevazioni spalle e baggioli

Tabella 7-6: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C32/40

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	C32/40		
Peso specifico	ρ_c	25 [kN/m ³]	[Tab. 3.1.I]
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	40 [N/mm ²]	[-]
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$	33643 [N/mm ²]	[11.2.10.3]
Coefficiente di Poisson	ν	0 ÷ 0.2	[-]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.00001 °C ⁻¹	[-]
Resistenza caratteristica compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Valor medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	3.10 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Valor medio della resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	2.17 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{cfk} = 0.7 f_{cfm}$	2.60 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1.5 [-]	[4.3.3]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ $= 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	18.81 [N/mm ²]	[C4.3.4.2]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	1.45 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]

7.2.4.8 Calcestruzzo C25/30 per plinti di fondazione e pali

Tabella 7-7: Proprietà meccaniche di progetto del calcestruzzo C25/30

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Classe di resistenza	C25/30		
Peso specifico	ρ_c	25 [kN/m ³]	[Tab. 3.1.I]
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	30 [N/mm ²]	[-]
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$	31447 [N/mm ²]	[11.2.10.3]
Coefficiente di Poisson	ν	0 ÷ 0.2	[-]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.00001 °C ⁻¹	[-]
Resistenza caratteristica compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24.90 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Valor medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.90 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	2.56 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Valor medio della resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.07 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	1.79 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{cfk} = 0.7 f_{cfm}$	2.15 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1.5 [-]	[4.3.3]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ $= 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	14.11 [N/mm ²]	[C4.3.4.2]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	1.19 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]

7.2.4.9 Acciaio per c.a.

Tabella 7-8: Proprietà meccaniche di progetto acciaio per c.a.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D.M. 17/01/2018
Tipo di acciaio	B450C		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450.00 [N/mm ²]	[Tab.11.3.lb]
Tensione caratteristica di rottura a trazione	f_{tk}	540 [N/mm ²]	[Tab.11.3.lb]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_s	1.15 [-]	[4.1.2.1.1.3] [4.3.3]
Resistenza di progetto	$f_d = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	391.30 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.3] [4.3.3]
Coefficiente parziale di sicurezza per verifiche della struttura mista in combinazione eccezionale	γ_M	1.00 [-]	[4.3.3]
Resistenza di progetto per verifiche della struttura mista in combinazione eccezionale	$f_d = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$	450.00 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.3] [4.3.3]

7.2.5 Limiti di apertura fessure

In accordo al punto 4.1.2.2.4 del DM 17/01/2018, vengono assunti i seguenti limiti per le verifiche di fessurazione.

Tabella 7-9: Limiti di apertura delle fessure

Classe di esposizione	Condizioni ambientali	w_{freq} [mm]	$w_{q.p.}$ [mm]
X0, XC1, XC2, XC3, XF1	Ordinario	0.4	0.3
XC4, XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XA2	Aggressivo	0.3	0.2
XD2, XD3, XS2, XS3, XF4, XA3	Molto aggressivo	0.2	0.2

7.2.6 Classe di esecuzione Acciaio da Carpenteria metallica

Per le strutture in acciaio e miste acciaio-calcestruzzo, le UNI EN 1090-2 introducono, al punto 4.1.2, la classe di esecuzione. Vengono fornite quattro classi di esecuzione da 1 a 4, identificate da EXC1 a EXC4, per le quali il requisito restrittivo cresce da EXC1 a EXC4.

L'Appendice B della UNI EN 1090-2 fornisce una guida per la scelta della corretta classe di esecuzione.

La classe di esecuzione della struttura è EXC3 in accordo con UNI EN 1090.

L'elenco dei requisiti relativi alle classi di esecuzione è fornito nel punto A.3 della. Si UNI EN 1090-2, al quale si rimanda per i dettagli.

Si evidenzia che per la EXC3 è richiesta la completa tracciabilità e la marcatura dei prodotti.

7.3 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La Vita Nominale dell'opera viene definita in accordo al par. 2.4.1 e alla tabella 2.4.I del D.M. 17/1/2018

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 7-2: Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Con riferimento al paragrafo 2.4.2 del D.M. 17/1/2018, viene definita la classe d'uso dell'opera con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 7-3: Classi d'uso per diversi tipi di opere

L'azione sismica viene valutata per un periodo di riferimento V_R valutato in accordo al par. 2.4.3 del D.M.17/01/2018:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Dove C_U è il coefficiente d'uso definito dalla tabella 2.4.II

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 7-4: Coefficiente d'uso

La Vita Nominale dell'opera viene definita in accordo al par. 2.4.1 e alla tabella 2.4.I del D.M. 17/1/2018

In accordo con le ipotesi di progetto del tratto precedente, la progettazione sarà eseguita considerando i seguenti parametri:

Vita nominale pari a $V_N = 50$ anni.

Classe d'uso III.

Coefficiente d'uso $C_U = 1.50$

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = C_U \times V_N = 50 \times 1.5 = 75$ anni

7.4 MINIMI DI ARMATURA

Soletta

in accordo a EN1992 –1–1 par.9.6.1, 9.3.1.1, 9.2.1.1 e D.M. 17/01/2018 par. 4.1.6.1.1, l'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} \geq 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd \geq 0.0013bd \rightarrow A_{s,min} \geq 0.0019bd \text{ per C35/45}$$

Al di fuori delle zone di sovrapposizione si raccomanda che l'area di armatura tesa o compressa non ecceda

$$A_{max} = 0.04 A_c$$

In accordo con quanto indicato nel D.M. 17/01/2018 par.4.3.4.3.5 l'area di armatura trasversale in una soletta piena non deve essere minore 0.002 A_c e deve essere distribuita uniformemente

Impalcato

il quantitativo minimo di armatura longitudinale in zona tesa è determinato dall'esigenza di contenere i fenomeni di fessurazione e sarà determinato in accordo al par. 7.4.2 di EN 1994-2

In accordo con quanto indicato dalle istruzioni CNR 10016/200 par.4.9 l'area totale delle armature in una soletta piena non deve essere minore 0.002 A_c e deve essere distribuita uniformemente

Pareti (muri d'ala e muri frontali)

Essendo i muri assimilabili a piastre soggette a flessione trasversale, in accordo a EN1992 –1–1 par.9.6.1, 9.3.1.1, 9.2.1.1 e D.M. 17/01/2018 par. 4.1.6.1.1, l'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} \geq 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd \geq 0.0013bd \rightarrow A_{s,min} \geq 0.0018bd \text{ per C32/40}$$

Armature verticali totali

In accordo a EN1992 –1–1 par.9.6.2 (1) e NAD l'area totale delle armature verticali deve essere compresa tra

$$0.002 A_c \leq A_{s,v \text{ tot min}} \leq 0.04 A_c$$

Armature orizzontali totali

In accordo a EN1992 –1–1 par.9.6.3 (1) e NAD l'area totale delle armature deve essere il maggiore dei due valori: 25% dell'armatura verticale, 0,001 A_c

$$A_{s,h \text{ tot min}} \geq \max (0.001 A_c; 0.25 A_{s,v \text{ tot}})$$

Fondazioni

in accordo a EN1992 –1–1 par. 9.3.1.1, 9.2.1.1 e D.M. 17/01/2018 par. 4.1.6.1.1, l'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} \geq 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd \geq 0.0013bd \rightarrow A_{s,min} \geq 0.0015bd \text{ per C25/30}$$

7.5 ANALISI DEI CARICHI

7.5.1 Carichi di progetto

In accordo con quanto indicato al par. 5.2 del D.M. 17/01/2018, Si calcola la struttura sottoposta alle azioni indotte da:

- g₁ peso proprio degli elementi strutturali: acciaio e cls
- g₂ carichi permanenti portati: armamento, baggioli, massetti, impermeabilizzazione, marciapiedi, parapetti,
FOA, impianti, finiture sistema di smaltimento acque, velette, etc.
- g₃ altre azioni permanenti: spinta delle terre, spinte idrauliche etc.
- ε₂ + ε₃ effetti reologici: ritiro del calcestruzzo ε₂ e concomitanti effetti viscosi ε₃
- ε₄ cedimenti differenziali dei vincoli
- q₁ azioni variabili da traffico – carichi verticali
- q₂ azioni variabili da traffico – effetto dinamico dei carichi mobili
- q_F azioni variabili da traffico – modello di carico a fatica
- q₃ azioni variabili da traffico – azione centrifuga
- q₄ azioni variabili da traffico – serpeggio
- q₅ azioni variabili da traffico – azioni longitudinali di frenamento o accelerazione
- q₆ azioni del vento
- q₇ azioni della temperatura
- q₈ effetti di interazione statica treno-binario-struttura
- q₉ azioni idrodinamiche
- q₁₀ resistenze parassite dei vincoli
- E azioni sismiche
- A azioni eccezionali

Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti.

7.5.2 Criteri per la valutazione delle azioni sulle strutture

Pesi propri (g_1)

Pesi propri: sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture

Il peso dell'acciaio di carpenteria metallica sarà applicato come un carico uniformemente distribuito calcolato a partire dall'incidenza di progetto della struttura.

Il peso della soletta sarà assegnato agli elementi trasverso sulla base delle rispettive aree di influenza

Coerentemente con quanto illustrato nei paragrafi precedenti, per il calcolo dei pesi propri saranno considerati i seguenti valori dei pesi specifici:

Peso specifico acciaio 78.5 kN/m^3

Peso specifico calcestruzzo 25.0 kN/m^3

Carichi permanenti portati (g_2)

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi delle finiture (passerelle, impianti, solette + barriere + elettrificazione, armamento, solette di regolamento, etc.).

Nello specifico, gli arredi di impalcato saranno composti dai seguenti elementi:

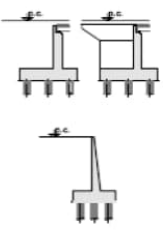
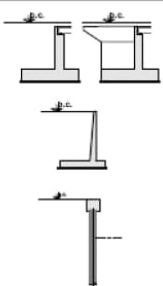
- ✓ Passerelle metalliche 160 kg/m²
- ✓ Impianti 300 kg/m²
- ✓ Portali + elettrificazione + barriere 160 kg/m²
- ✓ Armamento metropolitano 150 kg/m per binario
- ✓ Solette di armamento esterno curva (altezza 0.25 m) 6.25 kN/m²

Altre azioni permanenti (g_3)

Le azioni trasmesse dal rilevato alle spalle ed ai muri saranno valutate considerando i seguenti dati:

- ✓ Peso di volume del rilevato 20 kN/m³
- ✓ Angolo di attrito del rilevato $\leq 35^\circ$
- ✓ Coesione nulla

Tali valori di calcolo saranno assunti anche in presenza di trattamenti migliorativi del corpo stradale (impiego di misto cementato). La valutazione del regime di spinta dovrà, di norma, essere eseguita con riferimento alle indicazioni di seguito riportate:

OPERA	STATICA	SISMICA
	 Spinta a riposo = k_0	 Spinta attiva + sovrappinta sismica con Mononobe-Okabe $\beta_m = 1.00$ n.b.: la sovrappinta sismica va applicata ad $H/2$ n.b. Per i muri su pali, in accordo alle specifiche RFI, si può assumere $\beta_m = 2.00$ (Tab. 7.11.11 NTC2008)
	 Spinta attiva = k_a	 Spinta attiva + sovrappinta sismica con Mononobe-Okabe β_m (Tab. 7.11.11 NTC2008) α, β (Fig. 7.11.2, 7.11.3 NTC2008)

* Nel caso di terreni rocciosi, le considerazioni di cui sopra andranno opportunamente valutate caso per caso.

Figura 7-5: Azioni di spinta dei rilevati.

Ritiro e viscosità del calcestruzzo ($\epsilon_2 + \epsilon_3$)

Le sollecitazioni indotte da queste azioni saranno valutate secondo le indicazioni delle Normative nella determinazione delle sollecitazioni dei materiali.

Il calcolo del coefficiente di omogeneizzazione, eseguito in accordo al D.M.17/01/2018, risulterà quindi uguale per la fase 2 e per il ritiro.

Cedimenti differenziali dei vincoli (ϵ_4)

Trattandosi di una trave in semplice appoggio, i cedimenti vincolari non comportano sollecitazioni e non saranno quindi considerati

Azioni variabili da traffico – carichi verticali (q_1)

in assenza di indicazioni normative relative alle azioni convenzionali di progetto per convogli metro, si considereranno i valori caratteristici delle azioni fornite dal costruttore dei veicoli.

La composizione, tipologia e la velocità dei convogli di progetto saranno quelli della linea esistente, definiti nel documento MGX1XX00002_02 “Specifica generale di veicolo”.

Di seguito si illustrano le principali caratteristiche del treno Ansaldo Breda Metro Genova III^a generazione (denominato treno Metro Genova e/o MGE)

AnsaldoBreda	DB01P009048B	Rev.	02	Pagina 24 / 282
--------------	--------------	------	----	-----------------

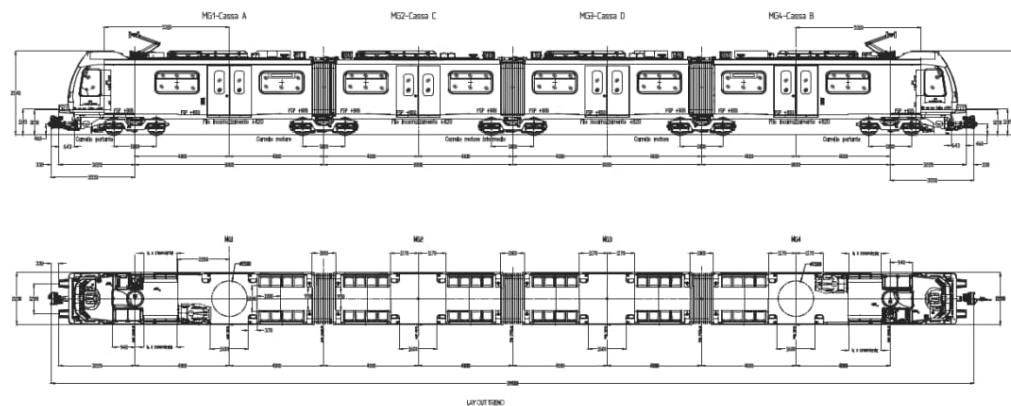
3.2.2 Figurino e Layout

Figura 7-6: Veicolo Ansaldo Breda per metro Genova IIIa generazione

Il treno è composto è costituito da un veicolo a 4 casse, articolato, bidirezionale a guida manuale.

Le dimensioni principali del veicolo sono le seguenti:

Tabella 7-10: Dimensioni del treno Ansaldo Breda per metro Genova IIIa generazione

Parametri	Valori
Scartamento	1435 [mm]
Lunghezza sull' accoppiatore (L_{tot})	39100 [mm]
Lunghezza casse	Casse di estremità: 11550 [mm] (da accoppiatore ad asse articolazione) Cassa intermedia: 8000 [mm] (tra gli assi di articolazione)
Interperno	8000 [mm]
Altezza del tetto dal p.d.f.	3200 [mm] filo cassa
Larghezza esterna veicolo	2200 [mm]
Capacità passeggeri seduti	48
Capacità passeggeri in piedi (6 pass/m²)	242
Area calpestabile	40.38 [m ²]

I carichi verticali connessi con il transito dei convogli sono stati indicati dal produttore in funzione dei seguenti casi di carico:

- C0 peso del veicolo senza passeggeri (peso a tara);
- C1 = C0 + M1 peso del veicolo + tutti i passeggeri seduti (48) + 1 conducente
- C2 = C0 + M2 peso del veicolo + tutti i passeggeri seduti (48) + 4 passeggeri a m² + 1 conducente

(valore frequente del carico);

- C3 = C0 + M3 peso del veicolo + tutti i passeggeri seduti (48) + 6 passeggeri a m² + 1 conducente

(valore caratteristico del carico);

I pesi totali forniti dal produttore per ogni convoglio rotabile sono:

Tabella 7-11: Pesi del convoglio rotabile nelle differenti configurazioni

Tipologia	Definizione	Peso [kg]
Peso passeggero	In accordo alla UNI EN 12663 il peso del singolo passeggero è valutato in 70 kg	70
Carico M1	48 passeggeri seduti +1 conducente	3430
Carico M1	48 passeggeri seduti + 4 pass./m ² +1 conducente 48 +162 = 210 pass. Totali (carico normale rif. 11378)	14770
Carico M3	48 passeggeri seduti + 6 pass./m ² +1 conducente 48 +242 = 290 pass. Totali (carico eccezionale utilizzato per il calcolo delle prestazioni e del max peso per asse e per il dimensionamento dei carrelli della cassa)	20370
C0	Veicolo senza passeggeri (peso a tara)	69796
C1 = C0 + M1	Veicolo + tutti i passeggeri seduti (48) + 1 conducente	73226
C2 = C0 + M2	Veicolo + tutti i passeggeri seduti (48) + 4 passeggeri a m ² + 1 conducente	84566
C3 = C0 + M3	Veicolo + tutti i passeggeri seduti (48) + 6 passeggeri a m ² + 1 conducente	90166

Il peso massimo per ogni asse è pari a 10.000 [kg]

I valori dei pesi riferiti all'asse di ogni carrello nelle differenti condizioni di carico sono:

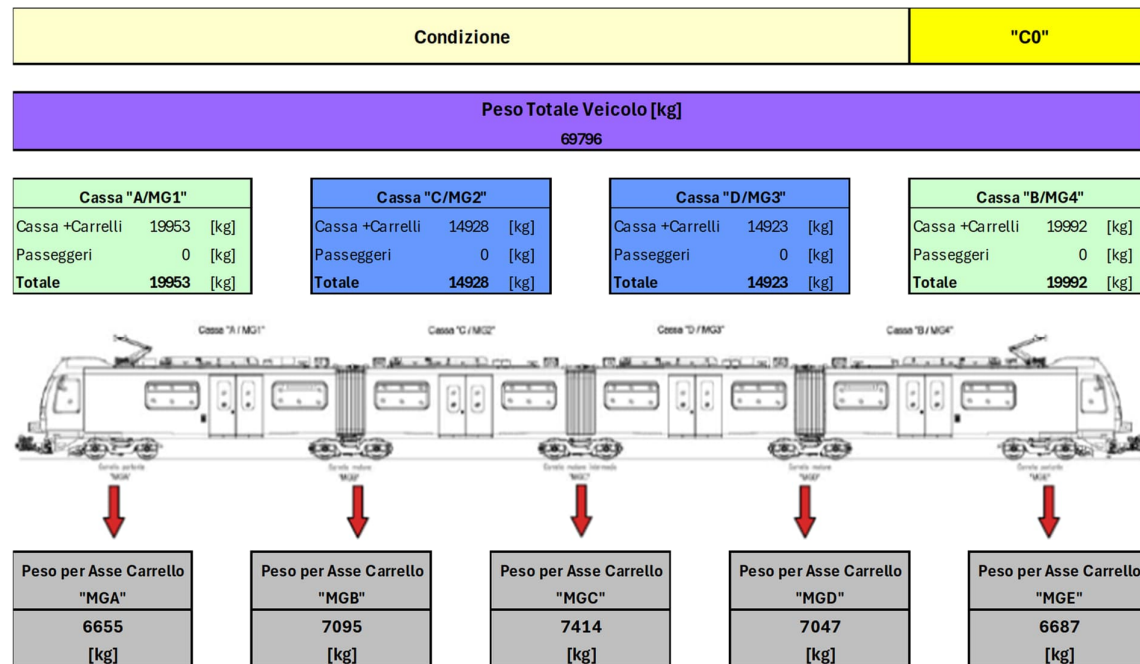


Figura 7-7: Peso totale dei singoli assi di carico nella configurazione "C0".

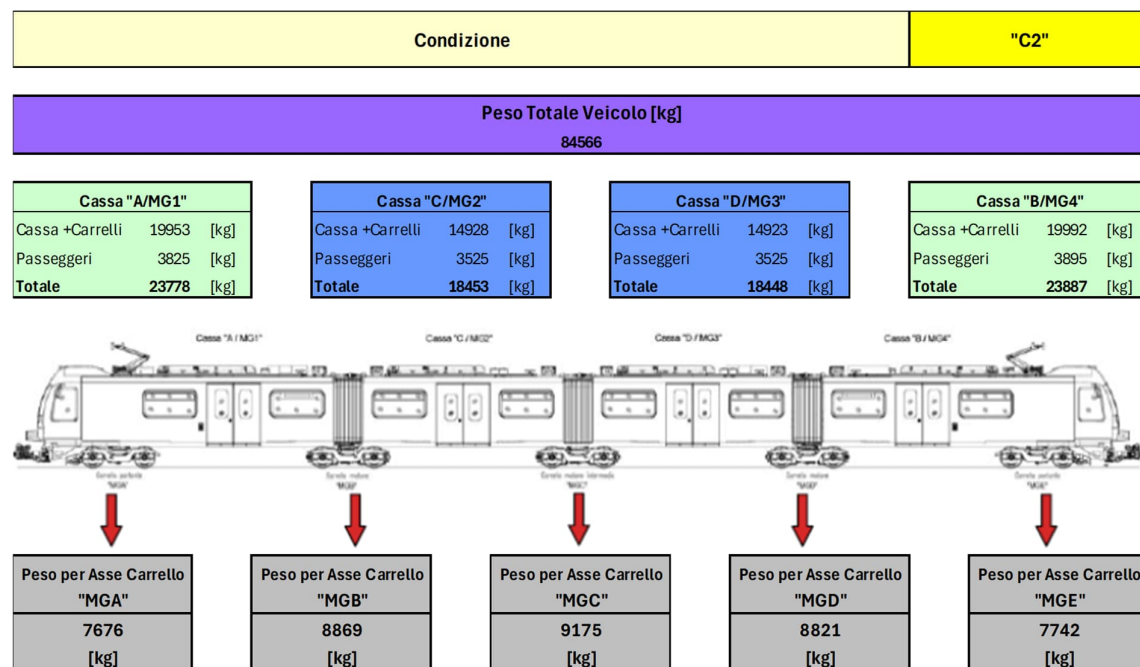


Figura 7-8: Peso degli assi di carico nella configurazione "C2".

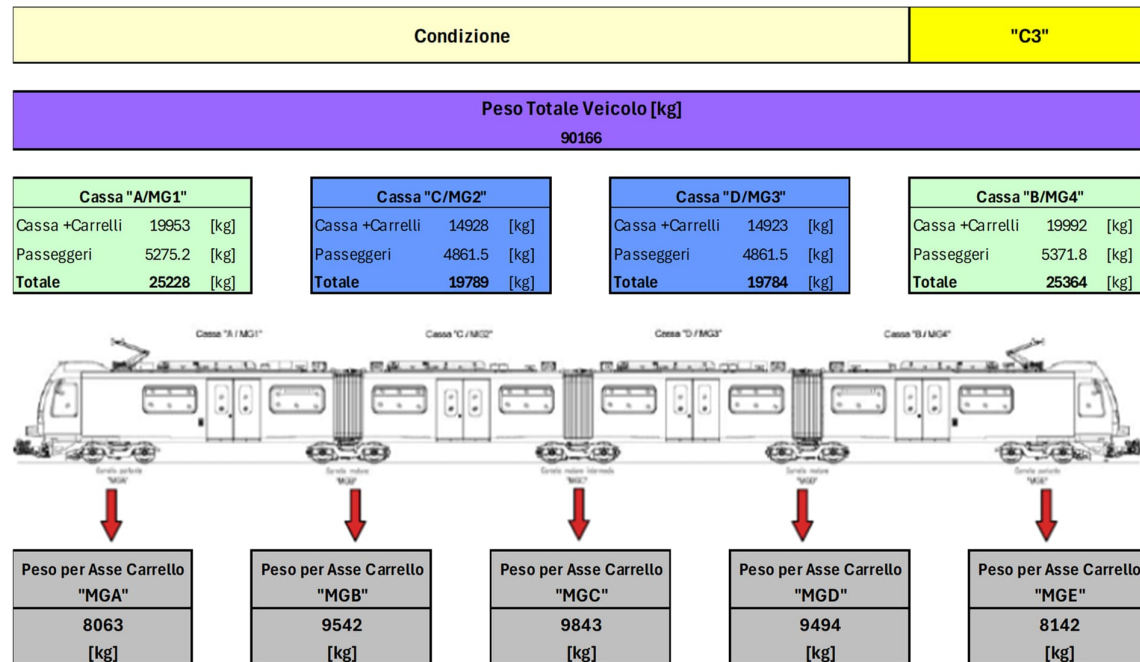


Figura 7-9: Peso degli assi di carico nella configurazione "C3".

A favore di sicurezza sarà considerato un carico per singolo asse

$$Q_{asse} = 100 \text{ kN}$$

pari al carico massimo sostenibile dal singolo asse così come indicato dal produttore.

Nell'immagine successiva si riporta la configurazione del convoglio di calcolo

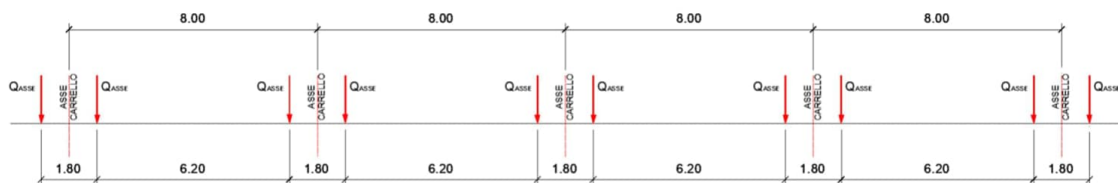


Figura 7-10: Treno di progetto

Il peso di calcolo del treno di progetto risulta quindi pari a 1000 kN.

Il convoglio può viaggiare in configurazione di due unità accoppiate sia in servizio che in caso di recupero di un convoglio guasto.

Si osserva che Il treno di progetto impiegato nel presente progetto è staticamente identico a quello impiegato nello sviluppo delle tratte già realizzate

Composto da un numero illimitato di unità di trazione del tipo:

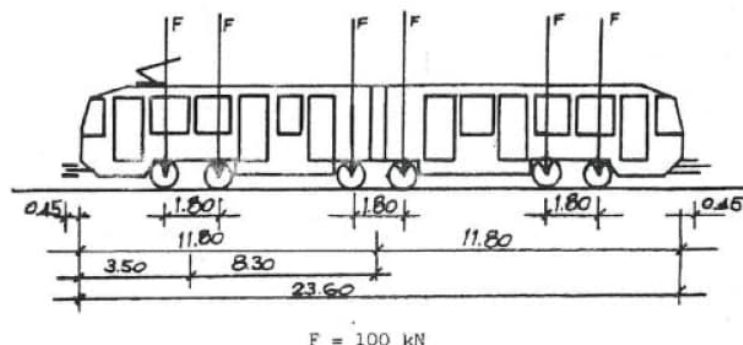


Figura 7-11: Treno di progetto impiegato nella progettazione delle tratte già realizzate

Il coefficiente di adattamento "a" è stato assunto pari a 1

Sui marciapiedi laterali si considera agente un carico uniformemente distribuito pari a 5 kN/m².

Per studiare la contemporaneità dei carichi variabili da traffico si considereranno i seguenti scenari di carico:

- Scenario di esercizio: assenza di pedoni sui marciapiedi e carico variabile da traffico amplificato del coefficiente dinamico e applicato su uno e su entrambi i binari;
- Scenario di guasto: si considererà un solo treno vuoto fermo su un binario (senza coefficiente dinamico e senza l'azione di centrifuga e serpeggiamento) e il carico da folla (5 kN/m²) sul marciapiede corrispondente;
- Scenario di manutenzione: si considererà il veicolo di manutenzione fermo su un binario (senza coefficiente dinamico) ed un carico di manutenzione uniformemente distribuito di 1.5 kN/m² (EN 1991-1-6 par. 4.11) applicato sul marciapiede corrispondente.

Per gli impalcati in esame risulta essere dimensionante lo scenario di esercizio.

Azioni variabili da traffico – effetto dinamico dei carichi mobili (q_2)

In assenza di specifiche indicazioni normative nazionali ed europei per convogli metro gli effetti di amplificazione dinamica saranno valutati in accordo con quanto indicato ai par. 5.2.2.2.3 del D.M. 17/01/2018 e par. 6.4.4 di EN 1991-2. In particolare, dovendo eseguirsi verifiche con treni reali, dovranno essere impiegati coefficienti dinamici reali calcolati in accordo con quanto indicato nell'annesso C di EN 1991-2

A favore di sicurezza, ed in accordo a quanto prescritto dalle normative specifiche per strutture metro AASHTO GSLR-2/2022 par. 3.2.3 e ACI343.1R-12 par. 4.1.3.2 tabella 4.1.3.2, si considera per il dimensionamento dell'impalcato in oggetto un coefficiente dinamico.

$$\varphi = 1.30$$

rimandando alle successive fasi progettuali l'esecuzione dell'analisi dinamica eseguita considerando l'azione del convoglio reale alla velocità di progetto sui ponti

Modello di carico a fatica (q_f)

Saranno eseguite verifiche a danneggiamento, considerando il passaggio di 100'000 convogli ogni anno su ciascun binario. Il treno di progetto considerato è quello precedentemente definito.

Azioni variabili da traffico – azione centrifuga (q_3)

La forza centrifuga sarà calcolata in accordo a quanto indicato in EN-1991-2 par. 6.5.1 e D.M. 17/01/2018 par. 5.2.2.3.1. La velocità di progetto è pari a 80 km/h (velocità massima in configurazione C3 con ruote a nuovo)

Azioni variabili da traffico – azione di serpeggio (q_4)

L'azione di serpeggio sarà calcolata in accordo a quanto indicato in EN-1991-2 par. 6.5. 2 e D.M. 17/01/2018 par. 5.2.2.3.2.

Azioni variabili da traffico – azioni longitudinali di frenamento o accelerazione (q_5)

Forze di frenatura e avviamento. Le azioni di progetto del D.M. 17/01/2018 per i convogli ferroviari non sono direttamente proporzionabili ai convogli metro. In accordo con quanto indicato nella norma ACI 343.1R-12 par. 4.3.1.5 si considerano:

- scenario di esercizio: un'aliquota del 15% del carico verticale da traffico su ciascun binario (con verso concorde). Considerando che le accelerazioni massime e minime in fase di esercizio dichiarate dal produttore del veicolo sono pari a 1 m/s^2 , l'ipotesi di calcolo risulta conservativa ($0.15g = 1.47 \text{ m/s}^2 > 1 \text{ m/s}^2$)
- scenario di guasto: un'aliquota del 30% del carico verticale da traffico su un solo binario.

Le forze di frenatura e avviamento si considereranno applicate sulla sommità del binario e agiranno in direzione longitudinale.

Azioni del vento (q_6):

Le azioni del vento sono valutate prendendo in conto una pressione cinetica di riferimento calcolata in base ai par. 3.3 e 5.2.2.4.1 del D.M. 17/01/2018, da applicarsi alla sagoma trasversale del ponte.

Azione della temperatura (q_7):

In accordo a par. 5.2.2.4.2 del D.M. 17/01/2018

Effetti di interazione statica treno-binario-struttura (q_8):

Si rimanda alla successiva fase progettuale per la definizione dei criteri di analisi dei possibili effetti di interazione binario struttura in funzione del tipo di armamento e delle effettive condizioni di vincolo dei binari nelle zone di discontinuità degli impalcati (giunti longitudinali). In questa fase, a favore di sicurezza, le azioni orizzontali saranno interamente attribuite agli appoggi.

Azioni idrodinamiche (q_9):

Nel caso in esame, non avendo pile in alveo, tale forza non sarà considerata per il dimensionamento della struttura.

Resistenze parassite dei vincoli (q_{10}):

Le resistenze parassite dei vincoli agiscono in corrispondenza degli apparecchi di appoggio mobili e, per equilibrio, sui corrispondenti fissi, in corrispondenza di ogni traslazione relativa impalcato-apparecchi d'appoggio; il valore massimo di tale resistenza si determina in corrispondenza della condizione di spostamento relativo incipiente. Tali spostamenti sono causati, principalmente, dalle variazioni di temperatura e dalle deformazioni orizzontali dell'impalcato associate alla presenza dei carichi mobili.

In ciascun apparecchio d'appoggio mobile la reazione parassita sarà pari al prodotto della reazione verticale associata ai carichi verticali, permanenti e mobili, per il coefficiente d'attrito "f" (da assumere in relazione alle caratteristiche degli appoggi e non inferiore a 0.03).

Detti:

Vg: Reazione verticale massima associata ai carichi permanenti;

Vq: Reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati;

dovrà risultare:

viadotti a travi semplicemente appoggiate:

- spalle: $F_a = f \times (V_g + V_q)$

Azioni sismiche (E)

Per il calcolo delle azioni sismiche si farà riferimento alle indicazioni di cui al paragrafo 3.2. del DM 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" con riferimento alle masse corrispondenti ai pesi propri, ai sovraccarichi permanenti e ai carichi da traffico, combinati considerando il valore quasi permanente del coefficiente di combinazione ($\psi_2 = 0.2$ in accordo al par. 5.2.2.8 del D.M. 17/01/2018).

Carichi eccezionali (A)

Urti da traffico veicolare sopra il ponte

Considerata la tipologia degli impalcati in oggetto saranno predisposti adeguati sistemi protettivi (controrotaia o ritegni) atti ad evitare deragliamenti del convoglio transitante sull'impalcato.

Urti da traffico veicolare sotto il ponte

In accordo con quanto indicato dal par. 3.6.3.3.1 del D.M. 17/01/ 2018 le piattabande inferiori delle travi principali, in corrispondenza delle quali il franco sia inferiore a 6 m, devono essere verificate nei confronti dell'azione eccezionale A_d dovuta ad un possibile urto da traffico veicolare che transita sotto l'impalcato.

Considerando che il cavalcavia in oggetto sovrappassa una viabilità urbana, la forza di collisione agente sull'impalcato in direzione ad esso perpendicolare è :

$$F = r F_{dx}$$

$$F_{dx} = 500 \text{ kN}$$

dove r è pari a 1.0 per altezze del sottovia fino a 5 m e decresce linearmente da 1 a 0 per altezze comprese fra 5 e 6 m .

Tale azione sarà combinata con gli altri carichi agenti facendo riferimento alla combinazione eccezionale.

Simultaneità delle azioni da traffico e gruppi di carico

La simultaneità delle azioni da traffico sarà rappresentata considerando i gruppi di carico in accordo alle indicazioni di EN 1991-2 par. 6.8.2 tab. 6.10 e D.M. 17/01/2018 par. 5.2.3.1.3 tab. 5.2.IV

7.6 PONTE SUL TORBELLA

7.6.1 Fondazioni delle Spalle

Le fondazioni delle Spalle A e B del Viadotto Torbella sono costituite da 15 pali di diametro 800 mm e interasse 2.60 m, trivellati e lunghi 30 m.

Le opere di sostegno per le fondazioni delle spalle del Viadotto Torbella sono rappresentate da palancolati metallici vibroinfissi provvisori, contrastati internamente da un sistema di puntonature.

7.7 IMPALCATO SU VIA ROSSINI

7.7.1 Fondazioni delle Spalle

Le fondazioni delle Spalle A e B del Viadotto Rossini sono costituite da fondazioni profonde aventi la funzione sia di trasmettere in profondità le sollecitazioni dell'impalcato metallico, che di contenere la spinta del terreno sia in condizioni statiche che sismiche. E' previsto l'impiego di quattro file di micropali: tre file di micropali verticali e ravvicinati sul lato valle di diametro di perforazione 300 mm e passo 400 mm, mentre una fila di micropali verticali alternati a micropali inclinati a 45° sull'orizzontale, sul lato monte, di micropali di medesimo diametro ma passo 750 mm. L'obiettivo dell'opera è di conservare i muri esistenti, la cui natura e geometria sono da indagare in una fase successiva. Essi potranno essere rinforzati mediante infilaggi metallici al fine di assicurarne la stabilità.

Le opere di sostegno per le fondazioni delle spalle del Viadotto Rossini sono costituite da una fila di paratie di micropali contrastati in testa e da scarpate con pendenze 2V:3H.

7.8 IMPALCATO SU VIA PISONI

7.8.1 Fondazioni delle Spalle

Le fondazioni delle Spalle A e B del Sovrappasso Pisoni sono costituite da fondazioni profonde, con la funzione di trasmettere in profondità le sollecitazioni provenienti dall'impalcato metallico, oltre a contenere la spinta del terreno sia in condizioni statiche che sismiche. E' previsto l'impiego di due file di micropali: una fila di micropali verticali e ravvicinati sul lato di valle di diametro di perforazione 300 mm e passo 400 mm, e una fila composta da micropali verticali alternati a micropali inclinati a 45 ° sull'orizzontale, sul lato monte, di micropali di medesimo diametro ma passo 750 mm. L'opera ha l'obiettivo di preservare i muri esistenti, la cui natura e geometria sono da indagare in una fase successiva. Essi potranno essere rinforzati mediante infillaggi metallici al fine di assicurarne la stabilità.

Le opere di sostegno per le fondazioni delle spalle del Sovrappasso Pisoni sono costituite da un palancolato provvisorio sul lato ovest degli scavi, e da scarpate con pendenze 2V:3H.

7.9 STAZIONE RIVAROLO

7.9.1 Aspetti strutturali

La Stazione Rivarolo verrà realizzata da un punto di vista strutturale con tipologia scatolare interrata in calcestruzzo gettato in opera, sormontata da una copertura metallica a riparo delle banchine.

Il volume di fabbricato si sviluppa altimetricamente su due livelli (atrio e piano banchina) internamente collegati da scale e vani ascensore, e presenta un ingombro planimetrico trapezio, approssimativamente inscritto in un rettangolo di dimensioni pari a 94x29m.

La sede ferroviaria attraversa la soletta superiore della struttura mentre l'accesso alla stazione avviene al livello interrato da Via G. Rossini, attraverso uno scatolare ferroviario in c.a. di dimensioni strutturali interne 9.00x4.15m, e dalla retrostante area di parcheggio di Via Pisoni, al di sotto dell'impalcato ferroviario esistente; è presente inoltre un secondo sottopasso ferroviario in c.a. di dimensioni interne 3.20x3.85m, per l'accesso ai locali tecnici. Entrambi gli scatolari verranno realizzati con la tecnologia costruttiva dei "monoliti a spinta".

Il corpo di stazione viene realizzato all'interno del rilevato ferroviario esistente, previa esecuzione di paratie perimetrali costituite da pali Ø800 di lunghezza 18.00m ed interasse 1.00m.

La fondazione è nella tipologia a platea diretta, di spessore 80cm, e risulta maggiormente affondata in corrispondenza dei locali tecnici, oltre che in corrispondenza delle fosse ascensori e scale.

Banchina e linea insistono su di una soletta piena gettata in opera di spessore 70cm in c.a. (soletta di sottobanchina), sostenuta da elementi verticali costituiti, oltre che dalle contropareti perimetrali di spessore 50cm, antistanti le paratie di pali, da una maglia di pilastri. I pilastri sono disposti longitudinalmente con passo costante di 5.00m mentre trasversalmente presentano interassi variabili (massimo 10.00m), in relazione all'andamento curvilineo della sede ferroviaria e alle esigenze funzionali; i suddetti pilastri sono caratterizzati da sezione quadrata 60x60cm nella zona dei locali tecnici e da sezione circolare di diametro 70cm nella zona atrio.

Le contropareti perimetrali e le pareti interne dalla fondazione si sviluppano per l'intera altezza della stazione, affiorando al di sopra del piano banchina, ad accogliere le imposte della copertura metallica.

Di seguito vengono illustrate le carpenterie della struttura.

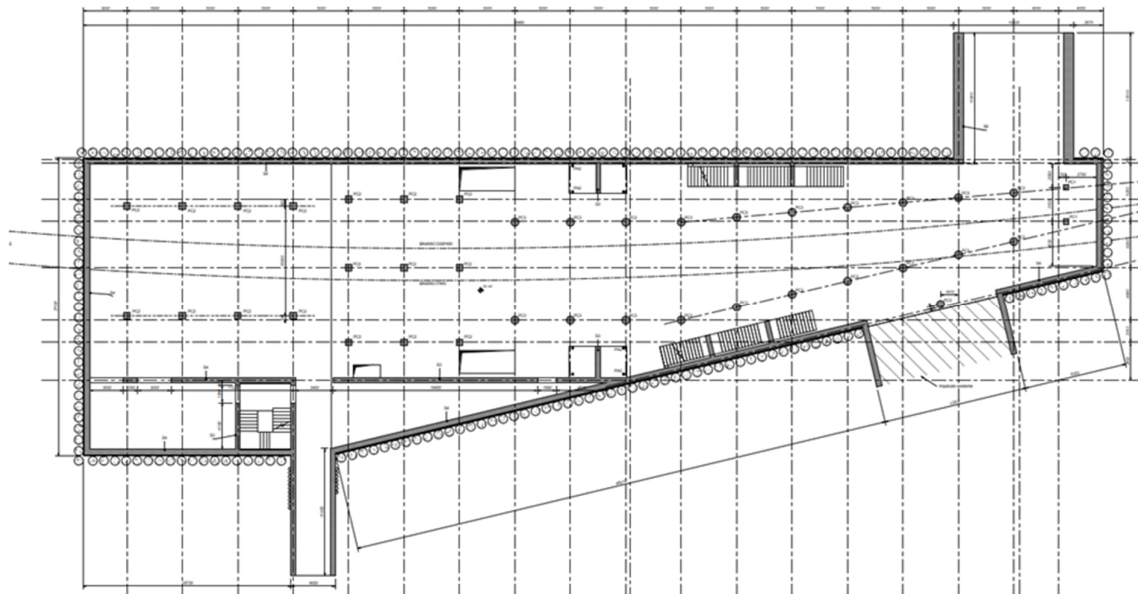


Figura 712 - Planimetria piano atrio

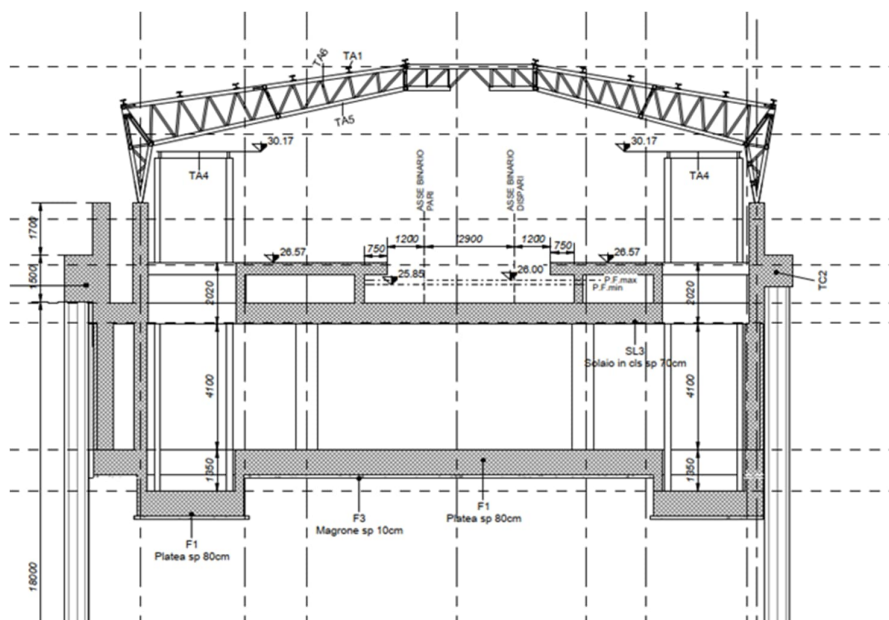


Figura 713 - Sezione trasversale tipologica

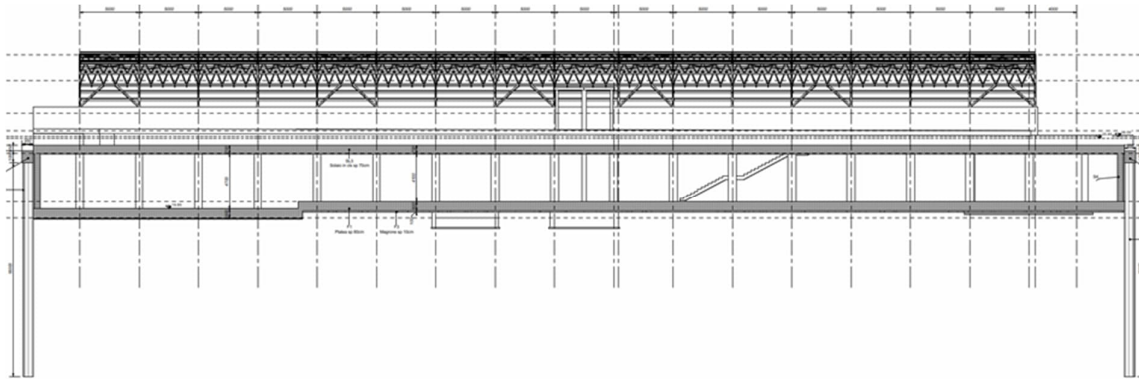


Figura 714 - Sezione longitudinale tipologica

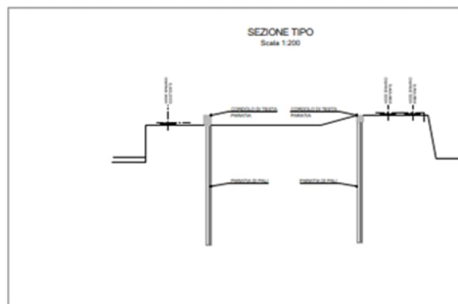
7.9.2 Fasi esecutive

Dal punto di vista esecutivo si prevedono le seguenti fasi principali:

1. Esecuzione delle paratie perimetrali da p.c.
2. Disposizione dei puntoni di contrasto e tesatura di tiranti;
3. Approfondimento dello scavo fino al piano d'imposta delle fondazioni;
4. Realizzazione della platea di fondazione;
5. Realizzazione delle strutture di elevazione;
6. Realizzazione del solaio di sottobanchina;
7. Rimozione dei puntoni e realizzazione del solaio di banchina e delle strutture complementari;
8. Realizzazione di impianti, armamento e arredo di linea;
9. Posa in opera della copertura metallica.

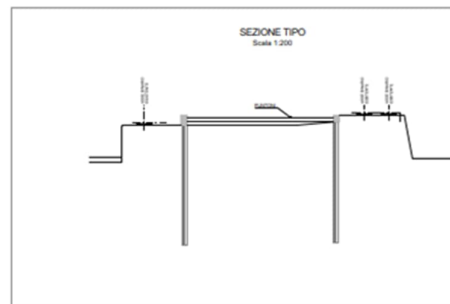
FASE 1

- REALIZZAZIONE PALI PERIMETRALI E CORDOLI DI TESTA PARATA



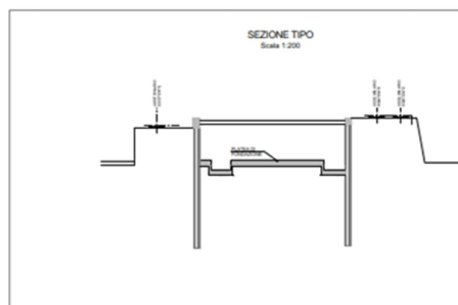
FASE 2

- POSIZIONAMENTO PUNTONI DI CONTRASTO



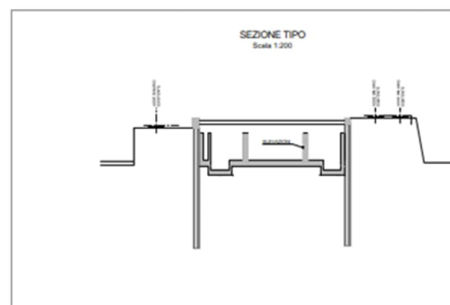
FASE 3

- APPROFONDIMENTO SCAVO FINO ALLA QUOTA D'IMPOSTA DI FONDAZIONE
- REALIZZAZIONE PLATEA DI FONDAZIONE



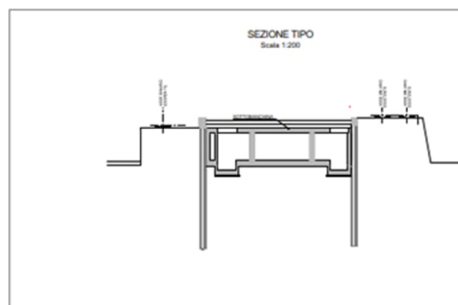
FASE 4

- REALIZZAZIONE STRUTTURE DI ELEVAZIONE



FASE 5

- REALIZZAZIONE SOLETTA DI SOTTOBANCONA



FASE 6

- RIMOZIONE PUNTONI DI CONTRASTO
- REALIZZAZIONE BANCHINE, ARMAMENTI, ARREDI DI LINEA E IMPIANTI
- POSA DELLA COPERTURA METALLICA

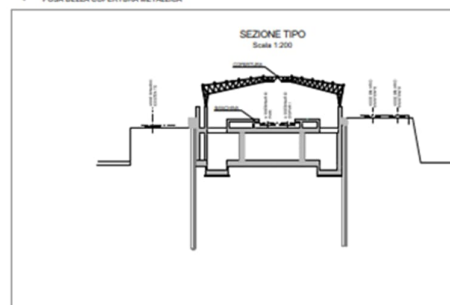


Figura 715 – Fasi esecutive

8 OPERE D'ARTE MINORI

8.1 OPERE DI LINEA

Il tracciato altimetrico della linea metropolitana, nella prima parte del suo sviluppo fino alla Stazione Rivarolo, si presenta superiore alle quote del terreno esistente; mentre, oltre la Stazione Rivarolo prosegue prevalentemente a raso sul rilevato ferroviario esistente.

Di conseguenza, la linea in esame è sostenuta da muri andatori, con altezze comprese tra i 5 e i 7 m, fondati su micropali disposti a quinconce lungo la tratta fino alla Stazione Rivarolo. Successivamente, la linea prosegue su una fondazione diretta costituita da un solettone in calcestruzzo armato di spessore 40 cm, a forma di "C". Poiché la morfologia del rilevato esistente consente tale scelta, si è preferito optare per una fondazione diretta, al fine di facilitare la gestione delle interferenze con le linee ferroviarie attive, nonché per limitare l'onerosità economica e i tempi di cantiere, che risulterebbero significativamente più elevati con fondazioni su pali.

In entrambe le soluzioni, le opere svolgono anche la funzione di supporto per i portali della linea di trazione elettrica e le barriere fonoassorbenti.

Le fondazioni profonde dei micropali sono costituite da tre file di micropali disposti a quinconce.

Tra i muri andatori si prevede un riempimento di terreno opportunamente compattato e rullato, di tipo A1a / A1b con impiego specifico per corpo di rilevato (con riferimento alla UNI 11531-1:2024, prospetto 3a).

Per la realizzazione delle opere di linea, è prevista la riprofilazione del rilevato ad Ovest della linea metropolitana con pendenze 2V:3H, rispettando la fascia di sicurezza di 3.50 m dall'asse della linea COCIV. In un breve tratto, in prossimità del viadotto Rossini, il rispetto della fascia di sicurezza non è garantito, e sarà necessario interfacciarsi con il personale incaricato per le modalità operative. Laddove necessario, gli scavi saranno sostenuti mediante palancolati metallici vibroinfissi provvisori e a sbalzo, con profilo AZ 26-700.

Oltre il Viadotto Rossini, la differenza di quota e la vicinanza delle linee ferroviarie richiedono l'adozione di paratie di micropali vincolate in testa da micropali cavalletto. Tale struttura è progettata per contenere le spinte del terreno anche nella sistemazione definitiva. La soluzione dovrà essere compatibile con la sistemazione definitiva della linea COCIV, la quale, attualmente, interferisce con l'ingombro della metropolitana. Probabilmente in una fase successiva si valuterà una soluzione condivisa.

Sul lato Est del tracciato, per il tratto fino alla Stazione Rivarolo, sarà necessario ribassare il piano di scavo rispetto alle quote della viabilità esistente per poter garantire il ricoprimento della ciabatta di fondazione dei muri andatori nella sistemazione definitiva. Oltre la stazione Rivarolo, la linea metropolitana è in affiancamento alla linea RFI attiva. Dall'analisi del rilievo ad oggi disponibile, che presenta un livello di dettaglio limitato per la piattaforma ferroviaria attiva, si evidenzia che le quote della piattaforma ferroviaria e della linea metropolitana sono simili. Pertanto, la riprofilatura del rilevato esistente per raggiungere la quota di imposta della fondazione diretta risulta di entità modesta. Non è previsto l'impiego di opere di sostegno lungo il lato Est della linea in esame.

Tuttavia, tra il sovrappasso Pisoni e la fine della tratta, le fondazioni dirette della linea non rispettano la fascia di sicurezza della linea RFI attiva. Pertanto, sarà necessario coordinarsi con il personale incaricato per definire le modalità operative e le tempistiche di intervento in sicurezza.

9 PREVENZIONE INCENDI

Considerata la configurazione di progetto, è possibile individuare attività soggette ai controlli di prevenzione incendi da parte dei VV.F. di cui all'Allegato I del D.P.R. 151/2011. Nella tabella di seguito sono riassunte le attività di cui al D.P.R. 151/2011 presenti, e per ciascuna di esse sono indicate le Regole Tecniche Verticali di prevenzione incendi applicabili.

Tabella 9.1: Attività soggette D.P.R. 151/2011 e RTV applicabili

Attività D.P.R. 151/2011		Descrizione	RTV
N.A.	Aerostazioni, stazioni ferroviarie, stazioni marittime, con superficie coperta accessibile al pubblico superiore a 5.000 m ² ; metropolitane in tutto o in parte sotterranee	Nuova tratta Canepari-Rivarolo, all'aperto, e nuova stazione di Rivarolo, superficie coperta complessiva circa 2'650 m ²	D.M. 21 ottobre 2015
49.1.A	Gruppi di produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici di potenza complessiva superiore a 25 kW	Gruppo elettrogeno alimentato a gasolio, potenza 252 kW (315 kVA)	D.M. 13 luglio 2011
12.1.A	Depositi e/o rivendite di liquidi infiammabili e/o combustibili e/o oli lubrificanti, di capacità geometrica complessiva superiore a 1 m ³ - Liquidi con punto di infiammabilità superiore a 65 °C, per capacità geometrica complessiva compresa da 1 m ³ a 9 m ³	Serbatoio di deposito di gasolio,	D.M. 28 aprile 2005

È importante fare le seguenti precisazioni:

- ✓ per la metropolitana e la stazione di Rivarolo, non risulta applicabile l'Attività 78.1.C, in quanto la superficie coperta accessibile al pubblico della stazione è inferiore a 5'000 m², e la sede della metropolitana è completamente all'aperto; ne consegue che la nuova tratta e la stazione di Rivarolo non costituiscono attività soggetta di cui al D.P.R. 151/2011, e non è nemmeno necessario modificare il CPI in essere relativo alle tratte metropolitane esistenti;
- ✓ per le Attività 49.1.A e 12.1.A non è richiesta la valutazione del progetto da parte del Comando dei VV.F. ai sensi del D.P.R. 151/2011; nel seguito della relazione saranno comunque riportate le informazioni necessarie alla determinazione delle principali misure di sicurezza antincendio. Le informazioni saranno successivamente aggiornate durante la fase di ingegneria esecutiva, e opportunamente documentate in occasione della SCIA antincendio ai sensi del D.P.R. 151/2011.
- ✓ per l'Attività 12.1.A, allo stato attuale della progettazione è stato stimato un volume utile del serbatoio di gasolio pari a 1 m³ per cui ricade nella categoria 12.1.A. Qualora nello sviluppo del progetto tale assunzione dovesse subire variazioni significative, ne sarà data tempestiva comunicazione, eventualmente attivando le necessarie procedure ai sensi del D.P.R. 151/2011.
- ✓ Ne consegue che allo stato attuale non si rende necessario, in questa fase progettuale, attivare istanza di valutazione progetto ai sensi dell'art. 3 del D.P.R. 151/2011.

Ne consegue che allo stato attuale non si rende necessario, in questa fase progettuale, attivare istanza di valutazione progetto ai sensi dell'art. 3 del D.P.R. 151/2011.

Nello sviluppo del progetto sono stati osservati i criteri generali di sicurezza antincendio e la rispondenza alle norme di prevenzione incendi sopra richiamate.

La stazione di Rivarolo comprende due livelli accessibili al pubblico, inseriti in un'unica volumetria, che si sviluppa su due livelli funzionali principali:

- ✓ piano a quota +0,00 (+20,37 m): atrio di stazione e spazi tecnici;
- ✓ piano banchine a quota +6,13 (+26,50 m).

In particolare, la stazione comprende:

- ✓ aree aperte al pubblico, costituite da:
 - al livello inferiore l'atrio (a pagamento e non a pagamento, separati dai tornelli),
 - al livello superiore le banchine;
- ✓ aree nelle quali il pubblico non è ammesso, costituite da:
 - al livello inferiore locali tecnici (cabina MT/BT, locale SSE, Telecomunicazioni/SCADA, Locale segnalamento, locale accesso vasca aggrottamento, locale misure, locale consegna ENEL), locale a disposizione, box ADS,
 - al livello superiore locali tecnici (locale VV.F., locale gruppo elettrogeno, locale serbatoio diesel).

Non sono previste aree commerciali.

La stazione, ai fini funzionali, costituisce una stazione terminale, in quanto la tratta metropolitana terminerà, al termine dei lavori, proprio con la stazione di Rivarolo. È comunque previsto che vi sia un prolungamento negli anni a venire, per cui nelle fasi successive diverrà una stazione di transito.

Non essendo previste altre linee di trasporto pubblico, la stazione non costituisce stazione di interscambio.

Come anticipato precedentemente, la stazione di Rivarolo è di tipo aperto, e di conseguenza non necessita di particolari approntamenti antincendio ad eccezione di:

- ✓ le strutture e degli elementi costruttivi, che saranno incombustibili e che non daranno luogo a distacchi e cadute di parti in caso di incendio;
- ✓ l'impianto idranti in banchina;
- ✓ l'illuminazione di emergenza;
- ✓ l'impianto di comunicazione di emergenza.

Sarà inoltre garantito che la stazione sia dotata di uscite, ragionevolmente contrapposte, sufficienti a garantire, in condizioni di emergenza, il deflusso delle persone nella pubblica via in dieci minuti totali dalla apertura delle porte del convoglio.

Tutte le strutture portanti saranno incombustibili e dotate di resistenza al fuoco non inferiore a R 60.

Saranno realizzati i seguenti compartimenti antincendio:

- ✓ al livello dell'atrio, separando i locali tecnici dai locali dell'atrio, tramite elementi di separazione con classe di resistenza al fuoco REI/EI 120, come descritto anche al successivo paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**;
- ✓ al livello delle banchine, separando i locali VV.F. e del gruppo elettrogeno tramite elementi di separazione con classe di resistenza al fuoco REI/EI 120.

I depositi di materiale, combustibile o meno, e i locali degli impianti tecnologici a servizio della stazione costituiranno compartimenti antincendio, con caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiore a REI/EI 120. La comunicazione con gli ambienti della stazione avverrà attraverso un filtro a prova di fumo, con caratteristiche di resistenza al fuoco REI/EI 120.

I locali tecnici con apertura direttamente sulle banchine saranno dotati di pareti e porte con classe di resistenza al fuoco REI/EI 120.

Le facciate di banchina saranno realizzate in materiale incombustibile e tali da mantenere la stabilità meccanica almeno per i tempi d'esodo previsti. Le superfici verticali ed i pavimenti saranno rifinite con materiali aventi classe di reazione al fuoco non inferiore a C-s1,d0/Bfl-s1.

I controsoffitti installati in tutte le aree saranno realizzati in classe di reazione al fuoco non inferiore ad A2.

L'area delle banchine e della stazione sarà protetta con una rete di idranti progettata, realizzata e gestita secondo la regola dell'arte, con particolare riferimento a quanto previsto nel D.M. 20 dicembre 2012 e alla UNI 10779.

Ai fini dell'applicazione della norma UNI 10779, per la progettazione della rete si assume il livello di pericolosità 3, con sola protezione interna e alimentazione idrica di tipo singolo superiore ai sensi della UNI EN 12845.

In base ai criteri della UNI 10779, per reti di idranti ordinarie, protezione interna, livello di pericolosità 3, la rete deve essere in grado di alimentare no. 4 idranti a muro con 120 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,2 MPa, e durata dell'alimentazione di 120 minuti.

L'alimentazione della rete sarà garantita tramite acquedotto; la disponibilità del servizio sarà verificata durante le fasi esecutive del progetto, tramite opportune interlocuzioni e dichiarazioni rese da parte dell'ente gestore delle risorse idriche.

Saranno previsti in particolare:

- ✓ idranti a muro DN45, collocati al livello delle banchine e al livello dell'atrio, in modo che ogni punto delle aree disti al massimo 20 metri (distanza geometrica) dall'idrante più vicino, corredati una tubazione flessibile di lunghezza 25 m;
- ✓ un idrante soprasuolo DN100 conforme alla norma UNI 14384, posto all'ingresso della stazione in posizione segnalata e protetta, allacciato alla rete idrica comunale, in grado di assicurare una erogazione minima di 500 l/min.

Inoltre, a favore di sicurezza e in analogia a quanto previsto nelle tratte esistenti della metropolitana di Genova, anche le tratte dei binari saranno protette tramite attacchi DN45 (rubinetti).

Per il dimensionamento della rete sono stati considerati, in accordo ai criteri della UNI 10779 per livello di pericolosità 3, no. 4 idranti a muro DN45 e un idrante DN100, per reti di idranti ordinarie.

Il vano motore delle scale mobili deve essere protetto con impianto automatico di spegnimento.

Si prevede di installare un impianto del tipo ad aerosol conforme alla UNI EN 15276. Tale ipotesi sarà analizzata e validata nelle successive fasi di ingegneria esecutiva, in base alle effettive caratteristiche dei vani motore selezionati, dei pericoli presenti e degli spazi disponibili per l'installazione di tali impianti.

Nella stazione sarà installato un impianto automatico di rivelazione e allarme incendi progettato, realizzato e gestito secondo la regola dell'arte e quanto previsto nel D.M. 20 dicembre 2012 e alla UNI 9795. L'impianto automatico di rivelazione incendi sarà installato in ogni locale o ambiente della stazione, compresi:

- a. locali tecnici;
- b. locali macchine degli ascensori, vani macchine delle scale mobili e dei corridoi mobili;
- c. cavedi tecnologici e passaggi per cavi sotto le banchine;
- d. lungo le scale ed i corridoi mobili e nelle relative aree di accesso delle banchine;
- e. spazi soprastanti i controsoffitti e sottostanti i pavimenti flottanti ed all'interno delle condotte di ventilazione.

L'impianto sarà progettato e realizzato in modo da fornire, al centro di controllo, la localizzazione dell'incendio al fine di poter definire le strategie di ventilazione, di sfollamento e di intervento dei soccorsi. Gli impianti saranno progettati in base ai requisiti della UNI 9795. In particolare, saranno previsti:

- ✓ centrale di allarme incendio, ai sensi della UNI EN 54-2, posizionata in luogo protetto (box ADS);
- ✓ pulsanti di allarme manuale, ai sensi 54-11, posizionati in tutte le aree/locali, in modo da poter essere raggiunti entro una distanza massima di 15 metri,
- ✓ dispositivi di allarme incendio acustici e luminosi ai sensi della UNI EN 54-3 e UNI EN 54-23, da posizionarsi in tutte le aree e in prossimità delle uscite;
- ✓ rilevazione di fumo, con rilevatori ai sensi della UNI EN 54-7, a protezione di tutti gli ambienti nonché nei controsoffitti, e sottopavimenti e condotte.

Nella metropolitana saranno installati estintori portatili aventi carica nominale minima pari a 6 kg e capacità estinguenta non inferiore a 34A 89B, così dislocati:

- ✓ almeno due per ciascuna banchina;
- ✓ uno ogni 200 m² di superficie nell'atrio.

10 IMPIANTI CIVILI

10.1 IMPIANTI MECCANICI

10.1.1 Impianto raffrescamento locali tecnici

Il piano seminterrato posto sotto la banchina della stazione è caratterizzato dalla presenza di diversi locali tecnici accessori al funzionamento della tratta metropolitana quali, principalmente:

- Locale SSE
- Locale MT/BT
- Locale BT
- Locale segnalamento
- Locale TLC

Tali locali sono caratterizzati dall'esistenza di apparecchiature elettriche che presentano un rilevante carico termico sensibile e che richiedono, per il corretto funzionamento, il controllo della temperatura massima ambiente.

Stante l'impossibilità di realizzare un efficace sistema di ventilazione naturale, è stata prevista la realizzazione di un impianto di raffrescamento costituito, prevalentemente, da unità di tipo idronico, ad armadio, in grado di annullare il predetto carico termico al lordo delle dispersioni di calore attraverso l'involucro edilizio comunque presenti e che non sono state considerate a favore di sicurezza. La potenza complessivamente necessaria è stata frazionata sulle diverse unità interne in modo da ottenere una certa ridondanza e garantendo la continuità di funzionamento anche nel caso di malfunzionamento di un terminale.

L'impianto interno come sopra descritto sarà alimentato da un sistema di generazione costituito da n. 2 pompe di calore della potenzialità frigorifera singola pari a circa 2/3 della potenzialità complessiva, in modo da ottenere, anche in questo caso, la continuità di funzionamento anche in caso di anomalia di uno dei generatori.

Il sistema di distribuzione sarà costituito da tubazioni in acciaio a norma UNI EN 10255, verniciate con polveri epossidiche, opportunamente coibentate e rivestite, nei tratti transitanti a vista in esterno, mediante gusci di lamierino di alluminio. L'impianto termico sarà completato da un accumulo inerziale con funzione di disgiunzione idraulica, dal sistema di pompaggio costituito da circolatori di tipo elettronico a portata variabile, dalle valvole, dai dispositivi di sicurezza, dagli apparecchi di regolazione e quant'altro necessario al corretto funzionamento del sistema.

Le unità ambiente ubicate nei locali tecnici saranno posizionate in modo da scaricare la condensa nella rete a pavimento, la quale verrà realizzata con adeguata pendenza in direzione della vasca di raccolta acque piovane.

I carichi termici da annullare sono stati comunicati dalla componente progettuale impiantistica elettrica e sono di seguito sintetizzati:

Descrizione	Potenza [kW]
Locale SSE	135,2
Locale MT/BT	58,2
Locale BT	5
Telecomunicazioni	15
Locale segnalamento	5
Locale consegna ENEL	5
Locale misure	5

10.1.2 Impianto climatizzazione

L'unico locale dotato di impianto di climatizzazione finalizzato al comfort ambiente è quello costituito dalla guardiania posizionata in prossimità dell'area di ingresso sotto il piano banchina.

In considerazione dell'esiguità della potenza termica richiesta, della semplicità del locale e della destinazione d'uso individuata, è risultato sufficiente predisporre una pompa di calore di tipo monosplit costituita da un'unità esterna ad espansione diretta ed un'unità interna del tipo a parete.

Preliminarmente, è stato valutato congruo il dimensionamento di un'unità di condizionamento della potenzialità termica di 3 kw.

10.1.3 Impianto ventilazione meccanica controllata

L'unico locale dotato di impianto di ventilazione meccanica controllata finalizzata al comfort ambiente è quello costituito dalla guardiania posizionata in prossimità dell'area di ingresso sotto il piano banchina. Tale impianto si rende necessario al fine di garantire la necessaria salubrità dell'aria anche in relazione alla collocazione del volume ed alla funzione cui è destinato.

L'impianto sarà caratterizzato da un recuperatore di calore ad alta efficienza, a flussi incrociati, con presa dell'aria pulita posta in posizione sufficientemente lontana dalla presenza di inquinanti e punti di immissione e estrazione posizionati direttamente nel controsoffitto del locale e dotati delle necessarie griglie e bocchette.

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione è stato condotto sulla base del quantitativo d'aria necessario a garantire il benessere degli occupanti che, in ogni caso, sarà estremamente modesto, dell'ordine delle 2 unità, con presenza saltuaria. In considerazione delle taglie disponibili sul mercato degli apparecchi di ventilazione e della possibilità di modulare il flusso d'aria, è stata prevista l'installazione di un recuperatore di calore della portata massima pari a 250 m3/h.

10.1.4 Impianto idrico sanitario

L'impianto idrico sanitario è localizzato esclusivamente nel blocco bagni aperti al posizionato nel piano sotto banchina.

L'adduzione idrica generale sarà derivata dal punto di consegna posizionato lungo via Rossini, da individuare precisamente nella successiva fase progettuale, e si svilupperà, con posa interrata / sottotraccia, fino al collettore di distribuzione generale, a monte del quale saranno posizionate le apparecchiature e dispositivi per il trattamento dell'acqua e per la riduzione di pressione. A partire da tale collettore, il fluido sarà distribuito sino al collettore secondario di zona, sempre con posa della tubazione sotto traccia, sino ad alimentare i punti di erogazione finali.

La produzione dell'acqua calda sanitaria sarà realizzata, in considerazione dell'esiguità del fabbisogno, mediante un semplice bollitore elettrico, di capacità ridotta, paria 30l, idoneo a soddisfare gli utilizzi specifici.

10.1.5 Impianto scarico acque nere e ventilazione

Le acque reflue sono costituite unicamente da quelle provenienti dal servizio igienico di pertinenza del personale di stazione. Le acque saranno convogliate direttamente al collettore fognario. Non essendo ancora possibile definire la quota dello scorrevole del collettore fognario di recapito, comunque individuato lungo via Rossini, è stata ipotizzata la possibilità di veicolare i reflui unicamente per caduta naturale.

10.1.6 Impianto acque riuso

Le acque meteoriche relative alla stazione saranno convogliate in una vasca di raccolta posta al piano terreno all'interno del locale tecnico.

Il serbatoio sarà collegato a un sistema di filtraggio e dotato di pompa di rilancio per la rete a servizio della vaschetta di cacciata dei servizi igienici.

In caso di svuotamento della vasca conseguente ad un periodo di siccità un elettrolivello agirà su elettrovalvola in grado di attivare l'alimentazione idrica da acquedotto.

Lo scarico di troppo pieno della vasca antincendio verrà convogliato direttamente a gravità al collettore fognario.

Sarà previsto un sistema di rilancio delle acque meteoriche a servizio della vaschetta di cacciata del servizio igienico, nel quale sarà installato un filtro a cartuccia lavabile e di un riduttore/regolatore di flusso sul rubinetto miscelatore del lavabo.

Inoltre è prevista la predisposizione per un eventuale impianto di irrigazione delle aree verdi di pertinenza della stazione.

Il dimensionamento della vasca di raccolta è stato operato sulla base delle disposizioni impartite nel REC che fissano il parametro per il calcolo della capacità totale disponibile in 1 m³ ogni 30 m² di superficie captante.

Nel caso in questione la superficie totale captante risulta essere non superiore a 1600 m², ragione per cui il contenuto netto della vasca di accumulo è stato fissato in 53 m³. Tale manufatto potrà essere oggetto di ridimensionamento con riduzione nella successiva fase di progettazione in funzione dei reali fabbisogni anche in relazione alla presenza o l'estensione delle aree verdi effettivamente presenti.

10.1.7 Impianto antincendio

All'ingresso della stazione sarà installato, in posizione segnalata e protetta, un idrante soprasuolo DN 100, conforme alla norma UNI 14384, allacciato alla rete idrica comunale, in grado di assicurare una erogazione minima di 500 l/min. Sarà inoltre essere installato un attacco autopompa VVF al piano stradale.

Al piano quota 0,00 m della stazione saranno installati idranti UNI 45 a copertura tanto dell'atrio di ingresso quanto dei locali tecnici.

Al piano banchine saranno installati idranti UNI 45, tanto a servizio della banchina lato Ovest quanto di quella lato Est, posti in posizione contrapposta in modo da servire adeguatamente l'intera area.

Lungo tutta la linea, sulla passerella di emergenza verranno installati ogni 50 m rubinetti idranti DN 45 alimentati da una dorsale DN 80, a partire dalla rete dell'acquedotto che dovrà garantire la pressione e la portata richieste. Per ogni idrante dovrà essere posizionata una cassetta contenente manichetta e lancia. Il posizionamento a vista o sotto grigliato sollevabile (in modo da lasciare completamente libera la passerella) sarà valutato nelle fasi successive di progettazione.

Poiché l'alimentazione degli idranti di linea deve essere prevista da entrambe le stazioni che precedono e seguono, al termine delle rispettive reti sarà realizzato un armadio tecnico con una valvola di intercettazione, in modo da consentire la doppia adduzione idrica. La tubazione verrà collegata sul tratto esistente proveniente dalla stazione Canepari mentre verrà lasciata scollegata (entro l'armadietto) sul lato opposto per la futura tratta di linea che seguirà la stazione Rivarolo.

La rete di distribuzione idrica nei tratti esterni alla stazione sarà protetta mediante cavo scaldante autoregolante. L'alimentazione del sistema di spegnimento interno alle scale mobili basato su testine sprinkler sarà derivato dall'alimentazione principale ad uso antincendio ed avrà sviluppo dal collettore principale di distribuzione che sarà collegato alla valvola a diluvio provvista di campana idraulica ubicata in posizione facilmente raggiungibile: in caso di incendio all'interno della scala mobile, la testina sprinkler, al raggiungimento della temperatura prefissata, erogherà il quantitativo d'acqua previsto grazie all'azionamento della valvola a diluvio. La campana idraulica

segnalerà l'azionamento del sistema di spegnimento a beneficio delle squadre di soccorso che dovranno intervenire con altri mezzi di estinzione (idranti, estintori) per contenere lo sviluppo dell'incendio.

Per quanto riguarda l'alimentazione idrica dell'impianto antincendio, è stata preliminarmente verificata la disponibilità dell'acquedotto a fornire la portata d'acqua richiesta con la pressione necessaria, con le garanzie previste dalla norma UNI 10779. Tale disponibilità dovrà essere definitivamente verificata e certificata con la successiva fase di progettazione.

L'impianto di spegnimento ad idranti è stato dimensionato, in via prudenziale, in funzione dell'utilizzo più severo previsto dalla norma UNI 10779 considerando il contemporaneo azionamento dell'idrante DN 100 presente in corrispondenza dell'atrio di accesso alla stazione, per una portata totale pari a:

$$120 \text{ l/min} \times 4 + 500 \text{ l/min} = 980 \text{ l/min}$$

Nel calcolo della massima contemporaneità di utilizzo non è stato considerato il sistema di protezione esterno.

10.1.8 Impianto estrazione fumi

In assenza di un adeguato sistema di aerazione dei locali tecnici connaturato alla collocazione ipogea dei medesimi, è stata prevista l'implementazione di un impianto finalizzato alla sola estrazione dei fumi caldi in caso di incendio. L'azionamento dell'impianto potrà essere realizzato esclusivamente dai VVF operando selettivamente su ogni locale tecnico ed impostando la portata d'aria richiesta al ventilatore.

L'impianto è composto da un canale in calcio silicato con classe di resistenza al fuoco EI 120 con sviluppo all'interno di ogni locale tecnico e sbocco in copertura. Alla sommità del canale è posto un torrino di estrazione in classe F 400 pilotato da inverter cui è affidata l'estrazione dei fumi prelevati dalle griglie di aspirazione in caso di incendio. Un sistema di serrande a tenuta collocate lungo il canale consente di selezionare il singolo locale dal quale deve essere operato il prelievo dei fumi caldi per lo smaltimento in atmosfera.

Il corrispondente quantitativo di aria esterna immessa nel locale per compensare quella estratta viene prelevato dal corridoio esterno al locale tecnico attraverso una serranda REI 120 motorizzata, mantenuta normalmente chiusa.

L'intero sistema di estrazione fumi (ventilatore, serrande di intercettazione, serrande tagliafuoco) viene gestito attraverso un PLC ed un pannello HMI, che sarà utilizzato in caso di incendio dalla squadra di soccorso dei VVF in modo opportuno al fine di facilitare lo spegnimento dell'eventuale incendio.

La portata d'aria complessiva da estrarre da parte del torrino è stata calcolata pari a circa 30.000 m³/h a partire dalla volumetria del locale di maggiori dimensioni (locale SSE) per un numero di ricambi orari pari a circa 30 Vol/h, ritenuto congruo per consentire alle squadre di soccorso di operare più efficacemente per lo spegnimento dell'incendio.

10.2 IMPIANTI DI TRASLAZIONE

10.2.1 Impianto scale mobili

Il collegamento meccanizzato tra l'atrio di ingresso ed il piano banchina sarà assicurato, oltre che dagli ascensori da una coppia di scale mobili costituite da profilati in acciaio normalizzato saldati tra loro. Esse saranno complete di tutti i supporti e rinforzi necessari per il fissaggio dei vari elementi meccanici ed elettrici che costituiscono l'impianto. Il traliccio sarà calcolato e realizzato in funzione dei requisiti di resistenza e di sicurezza precisati dalle normative di riferimento. Il lato inferiore del traliccio è chiuso per tutta la lunghezza e larghezza da una lamiera di acciaio dello spessore di 3mm, saldata al traliccio stesso a perfetta tenuta d'olio ed esternamente trattata con antiruggine. Il traliccio appoggerà sulla struttura muraria alle due estremità tramite supporti regolabili e con l'interposizione di lastre di materiale smorzante, per evitare la trasmissione di vibrazioni e rumorosità. I supporti alle estremità saranno dotati di supporto antisismico. La testata superiore del traliccio conterrà il gruppo di rinvio e di tensionamento della banda dei gradini e il quadro di manovra. Il sistema di guida di rinvio dei gradini sarà montato all'interno della struttura portante in modo da rendere possibile attraverso una fine regolazione, un allineamento dei vari componenti allo scopo di garantire uno scorrimento conforme dei gradini. Separati canali zincati saranno installati sotto le catene di trazione dei gradini per raccogliere l'eventuale stillicidio d'olio e che convogliano l'olio in una vasca di raccolta già predisposta per l'eventuale installazione di una pompa per l'eliminazione dell'acqua. La vasca di raccolta posta sulla testata inferiore sarà dotata di sistema di separazione tra olio ed acqua.

Tutta l'apparecchiatura di controllo sarà contenuta in un armadio estraibile in acciaio e resistente alla polvere, collocato nella testata all'estremità superiore (vano macchina) della scala mobile. Il quadro comandi controlla il funzionamento generale della scala ed esegue il monitoraggio di tutti i dispositivi di sicurezza. Il gruppo di rinvio è contenuto in un armadio estraibile, in acciaio e resistente alla polvere, collocato nella testata inferiore del traliccio.

Ciascuna scala mobile sarà dotata internamente di sistema di spegnimento con testine sprinkler alimentate idraulicamente dall'attacco posto in corrispondenza della testata del dispositivo.

Di seguito le principali caratteristiche tecniche degli impianti di sollevamento:

- Potenza nominale del motore: 3.9 kW
- Alimentazione del motore: 3x400 V – 50 Hz
- Dislivello: 6170 mm
- Inclinazione: 30 °
- Velocità: 0,5 m/s

10.2.2 Impianto ascensori

I nuovi ascensori saranno posti all'interno del vano di corsa con cabine ancorate alle guide di scorrimento. I carichi e le vibrazioni "scaricheranno" in fossa e non avranno alcun impatto sulle pareti del vano corsa.

La macchina di trazione è caratterizzata da sistema che si basa su un motore sincrono assiale a magneti permanenti con azionamento a frequenza variabile e tecnologia gearless (senza riduttore). Il motore possiede una sola parte in movimento e il motore assiale non ha scorrimento; il meccanismo gearless non è soggetto a perdite di efficienza e non è previsto l'utilizzo di olio, eliminando quindi sia il rischio di inquinamento sia i rischi di incendio connessi ai sistemi oleodinamici.

L'impianto sarà completo di:

- Cabina passeggeri
- Sistema di porte dimensionato per traffico elevato
- Finiture interne per pavimento, cielino, pareti
- Specchio interno
- Bottoniera in cabina
- Pulsantiera di piano
- Indicatori
- Sistema di illuminazione
- Sirena di allarme
- Interfono di emergenza

L'impianto sarà conforme alla Direttiva 2014/33/UE ed alle seguenti norme:

- Norma EN 81-20 e norma EN 81-50
- Norma EN 81-28
- Norme di compatibilità elettromagnetica (UNI EN 12015:2014 e UNI EN 12016:2013 ai sensi della Direttiva 2014/30/UE)
- EN81-70: norma di riferimento per l'accessibilità agli ascensori
- EN81-73: norma di riferimento per definire il comportamento degli ascensori in caso di incendio con allegato A1 2022

Di seguito le principali caratteristiche tecniche degli impianti di sollevamento:

- Potenza nominale del motore: 3.9 kW

- Alimentazione del motore: 3x400 V – 50 Hz
- Dimensioni cabina: 1100x1400x2100 mm (LxPxA)
- Dimensioni delle porte: 900x2000 mm
- Portata: 630 kg / 8 persone
- Velocità: 1 m/s
- Fermate: 2

10.3 IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici di stazione avranno origine da una nuova cabina MT/BT alimentata dalla nuova SSE di Rivarolo e in connessione con la cabina MT/BT di Canepari.

Dal Quadro Generale di Bassa Tensione avranno origine tutte le partenze per l'alimentazione degli apparati in campo.

A supporto della cabina sarà altresì previsto un gruppo elettrogeno da 315kVA che provvederà, in caso di emergenza e/o black-out, a fornire alimentazione alla stazione.

Gli impianti previsti all'interno della stazione sono:

- ✓ Impianto F.M.
- ✓ Impianto di Illuminazione
- ✓ Impianto di terra

10.4 IMPIANTI SPECIALI

Gli impianti speciali di stazione saranno costituiti dalla rivelazione ed allarme incendio.

Tale sistema sarà sotteso a una centralina analogica indirizzata a cui faranno capo tutti i loop di stazione.

Tutti gli ambienti saranno sorvegliati per mezzo di rivelatori puntiformi di fumo sia a vista che in spazi nascosti.

Completeranno l'impianto i pulsanti di allarme manuale di incendio e i pannelli ottico acustici.

11 IMPIANTI ELETTROFERROVIARI

11.1 IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE

Sarà realizzata una nuova sottostazione a 15000V alimentata sia dall'Ente Fornitore che dalla cabina 15/15kV di tratta.

Tale SSE provvederà ad alimentare la nuova cabina MT/BT di Rivarolo oltre che tutte le utenze della linea di contatto e trazione elettrica.

La nuova SSE sarà costituita da tre gruppi di conversione AC/DC.

11.2 IMPIANTI LINEA DI CONTATTO

Per la realizzazione della linea di contatto del prolungamento Canepari-Rivarolo è prevista l'adozione del sistema a Catenaria Rigida, in analogia a quanto già previsto nella tratta precedente. In particolare, il sistema di contatto a "catenaria rigida" previsto per il presente prolungamento è costituito da un filo di contatto mantenuto in posizione da un apposito profilato rigido di forma opportuna a sua volta sostenuto da sospensioni ancorate ai portali di linea. I sostegni, necessari almeno ogni 12 metri, sono già previsti per la posa delle barriere anti-rumore e ove non presente la barriera antirumore, saranno comunque presenti per il sostegno della linea di contatto.

11.3 SEGNALAMENTO AUTOMAZIONE

11.3.1 Impianti di Segnalamento

Per assicurare l'interoperabilità con gli impianti della linea in esercizio, l'impianto di Segnalamento del prolungamento Canepari-Rivarolo è previsto con le medesime funzionalità, tecnologie e caratteristiche dell'impianto di Segnalamento esistente sulla Linea attualmente in esercizio.

È assunto che gli interventi per la realizzazione dell'impianto di segnalamento prolungamento Canepari-Rivarolo saranno realizzati a valle dell'attivazione del primo prolungamento Brin-Canepari e del relativo impianto di segnalamento.

Per realizzare il prolungamento Canepari-Rivarolo sono quindi previsti:

- ✓ interventi di modifica al PCM di Brin;
- ✓ interventi di modifica al PPM di Canepari;
- ✓ interventi di nuova realizzazione del PPM di Rivarolo;
- ✓ interventi di nuova realizzazione della tratta di blocco fra Canepari e Rivarolo.

Per quanto riguarda le modifiche a Canepari, sono previste due fasi di intervento:

- ✓ Fase 0 (Propedeutica): adeguamento dell'impianto per consentire l'esercizio durante le fasi di lavorazione di armamento/TE lato Rivarolo.
- ✓ Fase 1 (Finale): PRG dell'impianto per attivazione del prolungamento, contestuale all'attivazione di Rivarolo.

Le modifiche al PCM di Brin consistono nella riconfigurazione delle logiche di posto contrale per ciascuna delle fasi di realizzazione previste, nel dettaglio:

- ✓ fase 0 prima riconfigurazione per:
 - gestire il PP di Canepari con piano del ferro modificato con riduzione lunghezza delle aste per l'inversione;
 - adeguamento dei telegrammi trasmessi dalle boe, del PPM Canepari, alla nuova configurazione dell'impianto.
- ✓ fase 1 (finale) seconda riconfigurazione per:
 - inserimento del nuovo PP di Rivarolo;

- implementare le logiche di movimento necessarie per gestire tutti gli itinerari, consentiti dal piano del ferro del PP di Rivarolo;
- implementare le logiche di movimento necessarie a gestire per gestire gli itinerari da e per Rivarolo nel PP di Canepari (arrivi e partenze da entrambi i binari di linea – Banalizzazione);
- implementare le “logiche di inversione” nel nuovo PP di Rivarolo;
- adeguare le visualizzazioni del QLV e del TO in funzione del nuovo PP di Rivarolo (nuovi enti ed itinerari) e del PP di Canepari (nuovi itinerari);

11.3.2 Impianto di automazione, Telecomando e telecontrollo

L'estensione da Canepari verso Rivarolo della Metropolitana di Genova prevede i seguenti interventi:

- ✓ realizzazione della nuova stazione di Rivarolo;
- ✓ realizzazione della nuova tratta tra Canepari e Rivarolo;
- ✓ modifiche alla stazione di Canepari al fine di gestire la nuova tratta verso Rivarolo;
- ✓ riconfigurazione del Modulo ACCM che si assume, all'atto del presente intervento, configurato per la gestione delle stazioni di Brin, Canepari, Di Negro e Di Negro Deposito.

Tali attività rendono necessaria la riconfigurazione del sistema di Automazione e di Telecomando e Telecontrollo ubicato presso il Posto Centrale di Brin.

Come stato inerziale del sistema di Automazione e di Telecomando e Telecontrollo si assume quanto segue:

- ✓ i tre sottosistemi (Circolazione , Diagnostica e Manutenzione (Scada) Elettrificazione) siano stati rinnovati e configurati per la tratta metropolitana completa da Canepari a Brignole;
- ✓ le località di Brin, Canepari, Di Negro e Di Negro Deposito siano gestite dal relativo modulo ACCM;
- ✓ l'architettura hardware/software dei tre sottosistemi sia già stata predisposta per gestire gli interventi descritti nel presente progetto.
- ✓ sui monitor delle varie postazioni siano disponibili gli spazi per visualizzare le rappresentazioni inerenti la gestione degli interventi descritti nel presente progetto.

Il sistema di Automazione e di Telecomando e Telecontrollo dispone delle seguenti postazioni operatore:

- ✓ DCT1 - Dirigente Centrale del Traffico 1 (Sottosistema Circolazione)
- ✓ DCT2- Dirigente Centrale del Traffico 2 (Sottosistema Circolazione)
- ✓ DCM1- Dirigente Centrale della Manutenzione 1 [Sottosistemi Diagnostica e Manutenzione (Scada) e Elettrificazione]
- ✓ DCM2- Dirigente Centrale della Manutenzione 2 [Sottosistemi Diagnostica e Manutenzione (Scada) e Elettrificazione]

Non sono previste modifiche hardware alla Sala Macchine e alle postazioni operatore del sistema di Automazione e di Telecomando e Telecontrollo mentre ne è prevista la riconfigurazione dei tre sottosistemi (Circolazione , Diagnostica e Manutenzione (Scada) e Elettrificazione) al fine di realizzare quanto segue:

- ✓ Estensione delle funzioni esistenti alla nuova tratta.
- ✓ Conseguente adeguamento delle Rappresentazioni Video e delle Rappresentazioni/Maschere di dialogo relative alle relative Postazioni Operatore.

12 CANTIERIZZAZIONE

12.1 AREA DI CANTIERE E FASI COSTRUTTIVE

Il contesto generale dell'area, unitamente alla natura degli interventi previsti, ha portato ad alcune scelte obbligate, spesso vincolate sia alla necessità di accedere ad un'area quasi completamente interclusa tra due linee ferroviarie (delle quali una attualmente in fase di realizzazione e che si prevede completata per l'inizio dei lavori) e collocata in un denso tessuto urbano.

Le aree di cantiere sono suddivisibili, a grandi linee, in:

- ✓ Campo base
- ✓ Campi operativi
- ✓ Area dei lavori

La loro individuazione, così come la progettazione delle fasi costruttive, è stata indirizzata dalla forte limitazione degli spazi e degli accessi disponibili, tanto per i lavori quanto per la logistica e l'accessibilità. Per quanto attiene le fasi costruttive, la limitatezza degli spazi e le interferenze ferroviarie hanno pesantemente condizionato la programmazione dei tempi di intervento.

Il processo decisionale relativo all'organizzazione del cantiere ed alla suddivisione in fasi dei lavori ha tenuto in debita considerazione l'inevitabile impatto sulla viabilità cittadina, cercando di minimizzarlo il più possibile compatibilmente con gli spazi necessari tanto all'esecuzione dei lavori quanto alla sicurezza di maestranze e di terzi.

12.1.1 Campo base

Il principale campo base, sede dei baraccamenti di cantiere e di tutte le aree funzionali alle attività (stoccaggi, manutenzione mezzi, lavorazione dei materiali, deposito temporaneo dei rifiuti) è stato individuato, in continuità con le previsioni del PFTE, in una zona compresa tra via Giorgio Perlasca e l'adiacente linea ferroviaria. Tale area è facilmente raggiungibile da mezzi pesanti, per cui idonea per la tipologia di trasporti prevista, ed essendo compresa tra il sedime ferroviario e l'alveo del Polcevera non interferisce particolarmente con il tessuto urbano.



Figura 12-1: Collocazione del campo base rispetto alla zona di intervento

L'area si presenta asfaltata e già delimitata verso l'esterno, per cui sarà necessaria la sola compartimentazione interna.

Al momento della redazione del presente documento, questa zona si presenta parzialmente occupata per attività collegate alla Gronda di Genova e in parte destinata a parcheggio. Si è scelto quindi di limitarne l'occupazione, in modo da cercare la minor interferenza con il cantiere della Gronda di Genova e preservando una minor superficie ad altri usi, non connessi al cantiere; non essendo, tuttavia, possibile prevedere le effettive condizioni dell'area al momento dell'inizio delle opere e in assenza di riscontri sul suo stato autorizzativo, nelle fasi successive di progetto sarà fondamentale interloquire con il Comune di Genova e gli altri Enti interessati al fine di ottenere le autorizzazioni necessarie e definire nel dettaglio i limiti dell'area destinabile al cantiere.

12.1.2 Campi operativi

Sono previsti 4 campi operativi, identificabili come:

- ✓ Area Torbella
- ✓ Area Rossini
- ✓ Area via Duria
- ✓ Area parcheggio di via Pisoni/Rivarolo

Di queste aree, quest'ultima, la più ampia, sarà purtroppo fruibile solo nelle fasi avanzate del cantiere, sia per la sua limitatissima accessibilità (circostritta ai soli mezzi leggeri), sia per l'esistenza di una linea ferroviaria funzionante che si interpone tra questa ed il cantiere, rendendola di fatto inutilizzabile fino a quando non saranno realizzati i manufatti a spinta di collegamento.

Di maggior interesse ed utilità, invece, saranno le altre tre aree, che costituiranno anche le vie di accesso al cantiere. La loro collocazione ha permesso di articolare l'accesso al rilevato ferroviario in tre punti: uno in testa cantiere, uno in coda ed uno in zona baricentrica.

Area Torbella

Quest'area si colloca a monte del cantiere, in prossimità dell'omonimo Torrente. La sua realizzazione è fondamentale, perché consentirà fin dall'inizio l'accesso al corpo principale del rilevato a mezzi d'opera e trasporti di taglia non eccessiva, senza dover attraversare manufatti preesistenti sulle cui condizioni statiche non ci sono riscontri.

Si conserverà un accesso esclusivamente pedonale agli edifici posti a levante della zona lavori; tuttavia, gli sbarramenti saranno di tipo amovibile e si provvederà ad un presidio continuativo, al fine di consentire l'accesso a eventuali mezzi di soccorso.

Si precisa che l'effettiva conformazione che avrà l'area in fase esecutiva dipenderà dalle caratteristiche che avranno il rilevato e relativo manufatto, dato che di entrambi è prevista, a carico di altro appalto, la completa demolizione e ricostruzione. Si precisa altresì che, una volta terminate le attività su piano campagna di ricostruzione del manufatto di scavalco del Torrente Torbella, si potrà restringere l'occupazione dell'area, in modo da permettere il transito a eventuali mezzi di soccorso anche in assenza di presidio.

Area Rossini

Quest'area è di fondamentale importanza, sia per la sua collocazione baricentrica rispetto alle opere, sia perché è quella di più facile accessibilità. La realizzazione del manufatto di spinta è pertanto prioritaria, in quanto, una volta realizzato e collegato con una rampa al rilevato, rappresenterà la principale via di approvvigionamento e di accesso alla zona dei lavori.

Il suo impegno costituirà una turbativa limitata alla viabilità locale, con limitato impatto per la percorrenza pedonale e quella veicolare. I mezzi transitanti per quest'area saranno accompagnati nella manovra con movieri che fermeranno temporaneamente l'utenza stradale, per garantire la sicurezza di maestranze e passanti. Il transito dei mezzi di maggior dimensione, quali quelli per il trasporto di grandi mezzi d'opera e manufatti, sarà adeguato alle limitazioni poste dagli Uffici Comunali e di Polizia Locale, ivi inclusa la previsione di limitarne l'accesso/uscita agli orari notturni.

La necessità di poter impiegare questo accesso ha condizionato la successione nelle fasi, come meglio esposto più avanti.

Area di Via Duria

Il campo operativo di Via Duria completa l'accessibilità all'area di lavori, in quanto collocata nella zona terminale del cantiere. Il suo impegno comporterà la completa interdizione del parcheggio di via Duria e della relativa viabilità (senza tuttavia compromettere l'accesso dell'adiacente Stazione dei Carabinieri) e sarà fondamentale per la parte d'opera da via Rossini a termine linea.

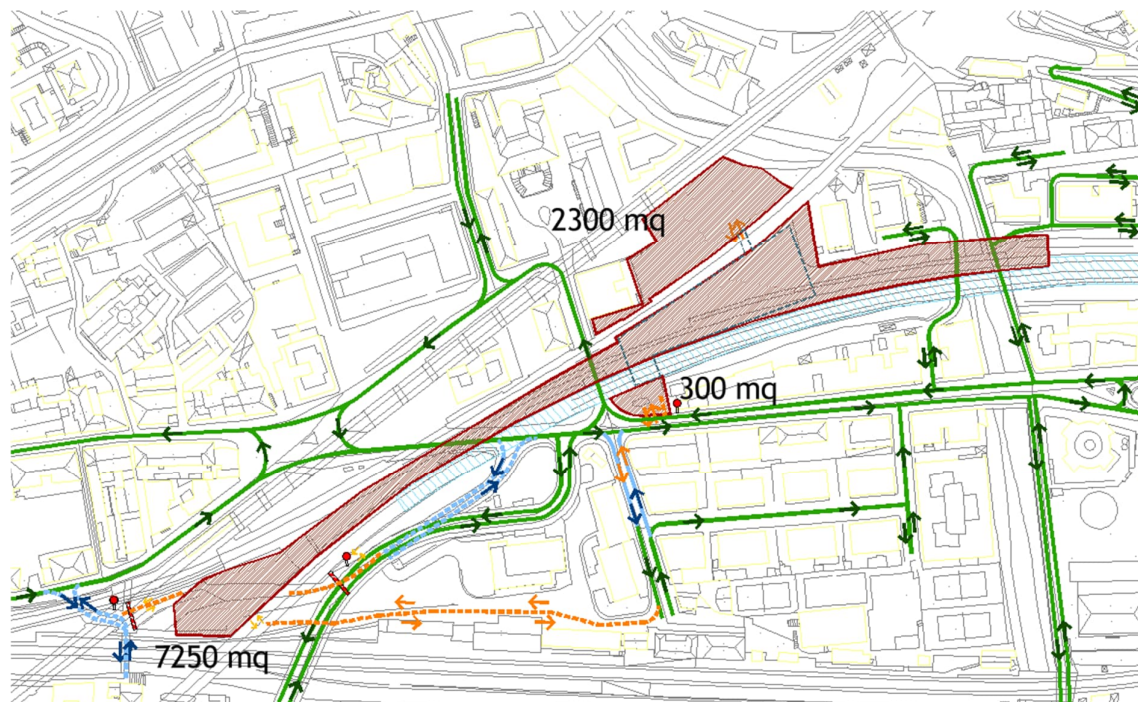


Figura 12-2: Individuazione delle aree di lavoro e dei campi operativi

12.1.3 Fasi costruttive

Le fasi costruttive scontano le forti interferenze con le adiacenti linee ferroviarie e la conformazione particolare dell'area, lunga e stretta ovunque tranne che nella zona del corpo stazione.

La realizzazione del corpo stazione, con uno scavo in profondità che si estende da una linea ferrata all'altra ed articolate opere strutturali, comporta la separazione in due tronchi del cantiere e compromette sia la percorribilità interna da parte di mezzi d'opera di grande taglia che l'impiego dell'ingresso da Via Rossini. Conseguentemente, fatte salve le lavorazioni non incidenti sulla viabilità interna, si è deciso di posticiparne la realizzazione in una fase in cui non fosse più di ostacolo alle lavorazioni.

Partendo dal principio sopra esposto, si è pertanto stabilito un cronoprogramma che impegnasse le opere in successione, da sud verso nord, portando avanti le lavorazioni di palificazione e di realizzazione della linea stessa fino al rustico, in modo da permettere la percorrenza nel cantiere. Una volta completate le opere ad un livello tale da permetterne la percorrenza ai mezzi di cantiere, si procederà alla realizzazione del corpo stazione e, successivamente, al completamento di tutte le opere.

Si segnala che, per via dell'eccessiva vicinanza delle linee di tensione, vi sarà ampia necessità di ricorso a lavori notturni in condizioni di fermo del traffico ferroviario, come già previsto nel PFTE. Pertanto, sarà necessaria un'attività intensa di coordinamento con RFI e con tutti i soggetti/enti interessati al fine di garantire la più ampia continuità possibile ai lavori e la contestuale, imprescindibile, sicurezza delle maestranze.

In forza di quanto sopra, le lavorazioni sono state distinte nelle seguenti fasi costruttive, per il cui dettaglio si rimanda al Cronoprogramma:

- ✓ ATTIVITA' PROPEDEUTICHE: approvazione della documentazione e risoluzione interferenze impiantistiche
- ✓ FASE 1:

- Realizzazione delle rampe degli accessi al cantiere (testa e coda cantiere; via Rossini)
- Attività di bonifica bellica e bonifica amianto
- Palificazione e palancolate in zona Stazione e lungo linea
- ✓ FASE 2:
 - Ricostruzione impalcato su Torrente Torbella
 - Completamento al rustico della linea tra testa cantiere e stazione di Rivarolo
 - Continuazione attività di palificazione e infissione palancole
- ✓ FASE 3:
 - Demolizione e ricostruzione impalcato su Via Pisoni
 - Completamento al rustico della linea tra stazione di Rivarolo e impalcato di Via Pisoni
- ✓ FASE 4:
 - Demolizione e ricostruzione impalcato su Via Rossini
 - Costruzione opera a termine linea su via Duria
 - Completamento al rustico della linea tra via Pisoni e termine linea
- ✓ FASE 5:
 - Realizzazione del corpo di stazione, con scavo completo del piano interrato e successiva realizzazione di tutte le strutture ed impianti
 - Completamento della linea, con installazione dell'armamento e dell'impiantistica
- ✓ ATTIVITA' CONCLUSIVE:
 - Ultimi collaudi
 - Ripristino dei luoghi e della viabilità

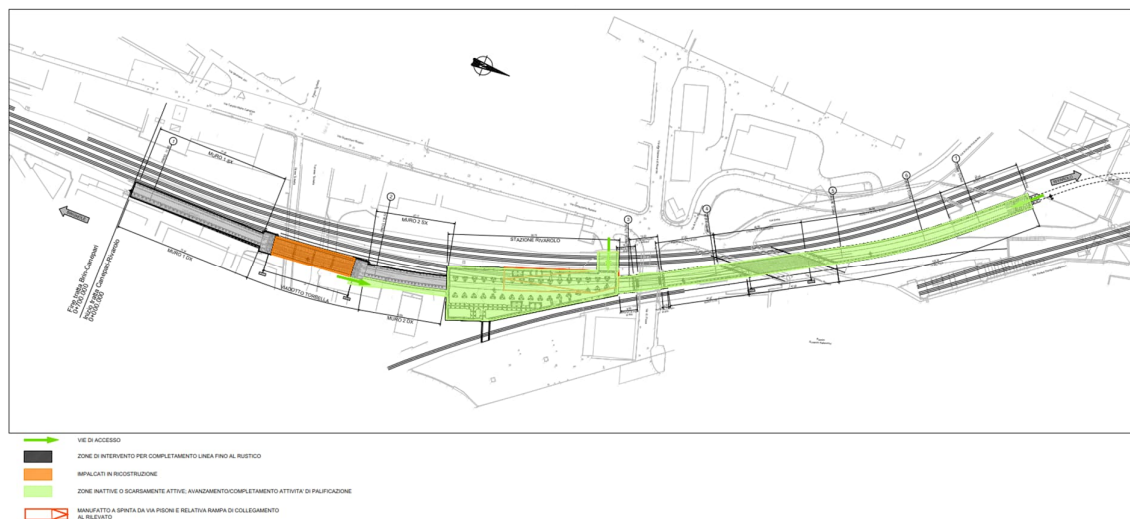


Figura 12-3: Suddivisione delle lavorazioni durante la Fase 2

12.2 VIABILITA'

12.2.1 Gestione della viabilità

Come riportato nel precedente paragrafo, la viabilità viene interferita dalle opere in misura variabile a seconda della fase dei lavori.

Si premette che, per tutte le fasi, si prevede che via Giorgio Perlasca sarà mantenuta nell'attuale configurazione di doppio senso di traffico, incluse le relative modifiche alla percorribilità già esistenti. Negli elaborati, trattandosi di viabilità di altro cantiere, questa viene indicata come viabilità modificata; tuttavia, si tratta all'atto pratico di mantenere quanto già esistente. Qualora, per motivi collegati al cantiere che l'ha così modificata, cessasse l'esigenza di mantenere via Perlasca a doppia percorrenza, questa dovrà comunque essere mantenuta per i lavori di cui alla presente relazione, o comunque alterata in modo da essere con essi compatibile. Del coordinamento del caso dovranno farsi carico gli Enti Appaltanti coinvolti e gli Uffici Comunali, che pertanto dovranno tenere presente le necessità logistiche di ambo le opere.

In caso la viabilità a doppio senso di via Perlasca passasse ad essere ad esclusivo uso del cantiere per le opere metropolitane della tratta Canepari-Rivarolo, la relativa manutenzione della segnaletica, con tutti gli oneri e costi ad essa connessa, andranno in capo all'Affidataria di questa opera.

Si precisa, in continuità a quanto previsto da PFTE, che i mezzi di cantiere in avvicinamento/allontanamento per/da via Duria potranno anche transitare, previa autorizzazione da parte di RFI e dei limiti che saranno da essa posti, per l'area di RFI con ingresso da via alla Stazione di Rivarolo.

12.2.2 FASE 1

In questa fase vengono realizzati gli accessi al rilevato da Via Duria, via Rossini e dalla spalla nord dello scavalco del Torrente Torbella. In tali circostanze, le modifiche alla viabilità sono le seguenti:

- ✓ Chiusura di Via Duria nel tratto compreso tra la Stazione dei Carabinieri (il cui accesso viene preservato) e via Teresa Durazzo Pallavicini
- ✓ Chiusura del Parcheggio Rivarolo (lato sede ferroviaria)
- ✓ Chiusura al transito veicolare di via Passo Torbella (lato nord del viadotto) a est di via Gioacchino Rossini; viene preservato il solo transito pedonale
- ✓ Riduzione del calibro della corsia direzione nord di via Gioacchino Rossini in corrispondenza dell'incrocio con via Pisoni e modifiche agli attraversamenti pedonali
- ✓ Istituzione del doppio senso di marcia e divieto di sosta (ambo i lati) in via alla Stazione di Rivarolo nel tratto compreso tra via Gioacchino Rossini e via Gio Batta Roggerone

12.2.3 FASE 2

In questa fase viene realizzato lo scavalco sul Torrente Torbella più altre attività sul rilevato non direttamente impattanti sulla viabilità circostante.

- ✓ Chiusura di Via Duria nel tratto compreso tra la Stazione dei Carabinieri (il cui accesso viene preservato) e via Teresa Durazzo Pallavicini
- ✓ Chiusura del Parcheggio Rivarolo (lato sede ferroviaria)
- ✓ Chiusura al transito veicolare di via Passo Torbella (ambo i lati del viadotto) a est di via Gioacchino Rossini; viene preservato il solo transito pedonale, che sarà però occasionalmente interrotto in orario notturno durante le lavorazioni più invasive e pericolose, come il varo dei conci dell'impalcato.
- ✓ Deviazione del traffico proveniente da ovest su via Passo Torbella in via Castelluccio (con istituzione del doppio senso di marcia e divieto di sosta) per poi procedere in tutte le direzioni, eccezion fatta in direzione della scuola media "Passo Torbella" e dell'adiacente scuola materna "Rivarolo", verso le quali sarà consentito il transito esclusivamente pedonale.
- ✓ Riduzione del calibro della corsia direzione nord di via Gioacchino Rossini in corrispondenza dell'incrocio con via Pisoni e modifiche agli attraversamenti pedonali
- ✓ Istituzione del doppio senso di marcia e divieto di sosta (ambo i lati) in via alla Stazione di Rivarolo nel tratto compreso tra via Gioacchino Rossini e via Gio Batta Roggerone

In prossimità del viadotto Torbella sarà sempre presente personale per rimuovere temporaneamente le delimitazioni di cantiere, in caso di necessità di transito di mezzi d'emergenza.

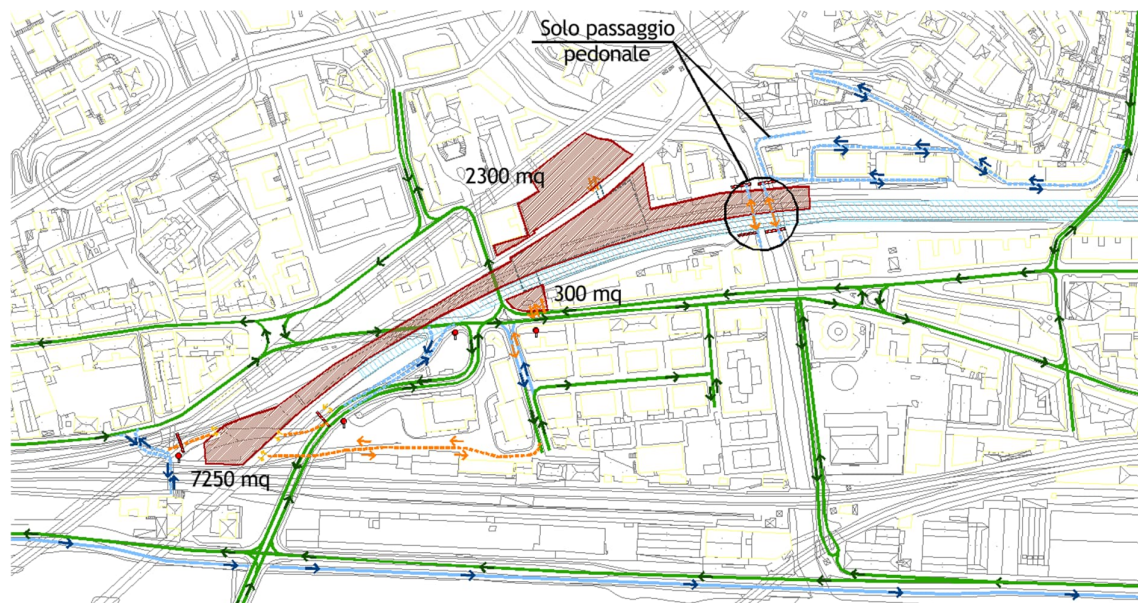


Figura 12-4: Gestione della viabilità durante la FASE 1

12.2.4 FASE 3

In questa fase viene demolito e ricostruito il viadotto di via Pisoni, più altre attività sul rilevato non direttamente impattanti sulla viabilità circostante.

- ✓ Chiusura di Via Duria nel tratto compreso tra la Stazione dei Carabinieri (il cui accesso viene preservato) e via Teresa Durazzo Pallavicini
- ✓ Chiusura del Parcheggio Rivarolo (lato sede ferroviaria)
- ✓ Riduzione del calibro della corsia direzione nord di via Gioacchino Rossini in corrispondenza dell'incrocio con via Pisoni e modifiche agli attraversamenti pedonali
- ✓ Istituzione del doppio senso di marcia e divieto di sosta (ambo i lati) in via alla Stazione di Rivarolo nel tratto compreso tra via Gioacchino Rossini e via Gio Batta Roggerone
- ✓ Chiusura di via Pisoni nel tratto compreso tra via Gioacchino Rossini e Piazza Durazzo Pallavicini
- ✓ Istituzione di rotatoria su piazza Durazzo Pallavicini ed istituzione di doppio senso di marcia in piazza Durazzo Pallavicini e in direzione sud verso via Faliero Vezzani

12.2.5 FASE 4

In questa fase viene demolito e ricostruito il viadotto di via Gioacchino Rossini, più altre attività sul rilevato non direttamente impattanti sulla viabilità circostante. Per via dell'importanza della viabilità sottostante interferita, a differenza della fase precedente si prevede di operare in due distinte sottofasi, in cui si parzializzerà via Gioacchino Rossini chiudendo prima la semicarreggiata di monte e successivamente quella di valle, per realizzare le spalle. Prima e dopo queste parzializzazioni, con chiusure complete notturne della strada si procederà in un primo momento alla rimozione dell'impalcato e, ad appoggi completati, al suo varo.

La parzializzazione permetterà il transito in direzione ovest dei mezzi pubblici.

A tal fine, le variazioni alla viabilità saranno (fase di parzializzazione)

- ✓ Chiusura di Via Duria nel tratto compreso tra la Stazione dei Carabinieri (il cui accesso viene preservato) e via Teresa Durazzo Pallavicini

- ✓ Chiusura del Parcheggio Rivarolo (lato sede ferroviaria)
- ✓ Riduzione del calibro della corsia direzione nord di via Gioacchino Rossini in corrispondenza dell'incrocio con via Pisoni e modifiche agli attraversamenti pedonali
- ✓ Istituzione del doppio senso di marcia e divieto di sosta (ambo i lati) in via alla Stazione di Rivarolo nel tratto compreso tra via Gioacchino Rossini e via Gio Batta Roggerone
- ✓ Restrangimento di via Rossini su singola corsia nel tratto sottostante l'impalcato, con senso unico in direzione ovest

Mentre in fase di chiusura, che si ribadisce sarà esclusivamente notturna, si procederà a integrare quanto sopra con:

- ✓ Istituzione di capolinea provvisorio della linea pubblica (verso nord) su piazza Durazzo Pallavicini ed istituzione di capolinea provvisorio della linea autobus pubblica (verso sud) su via Gioacchino Rossini
- ✓ Istituzione di rotatoria su piazza Durazzo Pallavicini, con indirizzamento del traffico interdetto al transito di via Rossini su via Celesia e aggiramento del tratto chiuso con ingresso più a nord in via Durazzo Pallavicini e, successivamente, in via Francesco Campora e da lì su via Giorgio Perlasca; i mezzi più leggeri (h<2 e L<2) potranno attraversare il viadotto Rossini utilizzando i varchi esistenti di via Bronsetti, via Lepanto e via Carnia su via Argine Polcevera

12.2.6 FASE 5 E FASE CONCLUSIVA

Si prevedono:

- ✓ Chiusura di Via Duria nel tratto compreso tra la Stazione dei Carabinieri (il cui accesso viene preservato) e via Teresa Durazzo Pallavicini
- ✓ Chiusura del Parcheggio Rivarolo (lato sede ferroviaria)
- ✓ Riduzione del calibro della corsia direzione nord di via Gioacchino Rossini in corrispondenza dell'incrocio con via Pisoni e modifiche agli attraversamenti pedonali
- ✓ Istituzione del doppio senso di marcia e divieto di sosta (ambo i lati) in via alla Stazione di Rivarolo nel tratto compreso tra via Gioacchino Rossini e via Gio Batta Roggerone.

13 PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO

13.1 ORGANIZZAZIONE GENERALE

13.1.1 Contesto dell'opera

Il contesto all'interno del quale si colloca l'opera è estremamente complesso, per una serie di aspetti che poco si conciliano con un intervento di questo tipo, con il coinvolgimento di mezzi d'opera importanti e la demolizione e ricostruzione di manufatti. In particolare, l'ambiente circostante è caratterizzato da:

- ✓ edifici residenziali, e più in generale un tessuto urbano denso ed articolato, collocati nelle immediate vicinanze del cantiere; sono inoltre presenti dei pressi scolastici a cui va garantita accessibilità;
- ✓ presenza di una viabilità locale spesso di ampiezza limitata e dal tracciato complesso, poco idonea al transito di grandi mezzi d'opera e di trasporto, a cui si aggiunge l'assenza di accessi diretti al rilevato sede dell'intervento;
- ✓ la prossimità ambo i lati, per la quasi totalità dell'area di lavoro, di linee ferroviarie in funzione (lato est) o che saranno comunque funzionanti per l'inizio della fase esecutiva (lato ovest), con impatti significativi sull'operatività del cantiere;
- ✓ la presenza di ampi alvei fluviali a carattere torrentizio;
- ✓ l'assenza di grandi spazi agevolmente fruibili da dedicare alle lavorazioni e agli apprestamenti in prossimità dell'area dei lavori;
- ✓ la sussistenza di ampi cantieri ferroviari in corso al momento della redazione del progetto, con alterazione importante delle adiacenze del cantiere e l'introduzione di elementi di incertezza sullo stato effettivo dei luoghi per l'inizio dei lavori.

L'ingegnerizzazione dell'intervento ha tenuto conto di tutti questi limiti, ipotizzando modalità operative, tempistiche e fasizzazioni che garantissero la fattibilità delle opere e la sicurezza delle maestranze, arrecando alla cittadinanza un inevitabile disagio che fosse il minore possibile.

13.1.2 Principali elementi interferenziali e loro gestione

Con riferimento agli elementi sopra individuati, si sono definite le modalità di gestione di seguito indicate:

- ✓ Edifici residenziali e scolastici: questo elemento è presente principalmente nella zona di testa cantiere, pertanto saranno interessati maggiormente nelle fasi di ricostruzione del viadotto Torbella. Le aree lavorative sono state definite in modo da permettere un'accessibilità quanto meno pedonale a questi edifici, mentre un servizio di guardiania permanente assicurerà il transito a eventuali mezzi di emergenza. I passaggi saranno realizzati in modo tale da separare fisicamente i pedoni da mezzi e lavorazioni, e pannellature cieche eviteranno che polveri, schizzi e detriti possano raggiungerli. Vi saranno fasi che riguarderanno mezzi di maggior taglia, come le palificatrici, o la movimentazione di manufatti di grande dimensione, in occasione del varo del viadotto: in questo caso, le lavorazioni saranno svolte in orario notturno.
- ✓ Alveo fluviale del Torrente Torbella: La luce dell'impalcato, unitamente alla limitazione degli spazi generata dall'adiacente linea ferroviaria, ha comportato la scelta obbligata di procedere dal varo con mezzo in alveo e con l'allestimento di appoggi provvisori. Questo comporterà, nelle successive fasi progettuali ed esecutive, la necessità di relazionarsi con l'autorità di Bacino competente, per le autorizzazioni ed i vincoli necessari ad una stesa di aggregato arido in alveo e al posizionamento dei mezzi di movimentazione. Tali lavorazioni saranno inevitabilmente condizionate dal corpo idrico del torrente; pertanto, andranno programmate in periodi di magra o, comunque, in assenza di precipitazioni che possano comportare l'innalzamento del livello delle acque. Il passaggio pedonale su ambo i lati del torrente sarà riconfigurato durante le varie fasi lavorative, portandolo prima più vicino al fiume e, successivamente, a ridosso delle spalle. In ogni modo, nelle notti di varo esso sarà completamente interdetto, previo avviso ai residenti interessati.
- ✓ Linee Ferroviarie: l'area di lavoro si colloca esattamente tra una linea di percorrenza locale, lato est, e la linea ferroviaria del Nodo di Genova a ovest. Questo comporterà una severa delimitazione lungo tutto il cantiere con barriere fisiche che siano solidamente assicurate al terreno. Le distanze tra l'edificio di stazione e le strutture di linea sono al limite, e talvolta sotto, la distanza minima di legge per le tensioni delle linee elettriche limitrofe (3,5m), pertanto si prevede che diverse lavorazioni relative alle strutture esterne

dovranno essere svolte in condizioni notturne e con il fermo traffico ferroviario. Le barriere dovranno inoltre rispettare i vincoli posti da RFI per questa tipologia di interferenza, tra cui si citano l'obbligo di messa a terra e la necessità di compartimentazione delle aree con materiali dielettrici. L'interferenza è maggiormente presente per tutte le attività svolte lungo o in prossimità del perimetro delle opere, mentre per le lavorazioni svolte a maggior distanza e senza rischio di errata manovra, oppure separate da strutture isolanti si potrà operare in orario diurno.

- ✓ Lavorazioni in assenza di spazi agevoli per spostamenti e lavorazioni all'interno del cantiere: la conformazione dell'area di lavoro, stretta e allungata, rende difficile l'avanzamento in parallelo delle lavorazioni, al quale si è quindi fatto ricorso in modo limitato. Si è data preferenza ad un'organizzazione delle attività che le concentrasse in una singola area, procedendo in sequenza da monte verso valle, in modo da evitare che lavori e mezzi si intralciassero tra loro, con l'eccezione delle attività svolte in orario notturno per via delle interferenze ferroviarie, essendo l'interferenza risolta alla radice con lo sfasamento temporale. La realizzazione del corpo di stazione, estendendosi quest'ultimo da linea ferrata a linea ferrata, poneva problemi di gestione degli accessi e di spostamento di mezzi e materiali non risolvibili in combinazione con le interferenze ferroviarie. Conseguentemente, si è dovuto porre quest'attività in coda, con inevitabili ripercussioni sui tempi di realizzazione complessivi
- ✓ La presenza di cantieri ferroviari in corso, in alcuni casi in sovrapposizione alle medesime aree in cui si dovrà intervenire, ha posto una seria incertezza su quale sarà lo stato dei luoghi effettivo al momento dell'inizio delle lavorazioni. Questi ultimi, infatti, saranno inevitabilmente alterati dalle lavorazioni e quanto previsto attualmente nel PSC potrebbe venir superato dalle modifiche che saranno apportate. Il CSP in fase esecutiva dovrà necessariamente, pertanto, verificare lo stato dei luoghi in sede di aggiornamento del presente documento, adeguando gli apprestamenti, le procedure ed individuando quei rischi attualmente non rilevabili o percepibili. In via cautelativa, nell'organizzazione del cantiere qui proposta si sono fatte le ipotesi più severe applicabili.

Si segnala che, tra le lavorazioni previste, vi sono la bonifica da ordigni bellici e quella da amianto naturale, che saranno svolte in questa successione. La prima deriva dalla presenza di ampi scavi e di opere di fondazione profonda su un rilevato preesistente al secondo conflitto mondiale e in considerazione dei numerosi episodi di bombardamento che coinvolsero la Città di Genova. La presenza di amianto, invece, deriva dalla presenza di ballast ferroviario di provenienza da cave con presenza naturale di amianto. Tale materiale andrà rimosso da parte di Operatore Specializzato, a valle delle comunicazioni di legge e della definizione ed approvazione da parte del CSE delle procedure a tutela del personale e della cittadinanza.

13.1.3 Costi della sicurezza

I costi della sicurezza sono stati stimati con metodo analitico, impiegando i prezzi di riferimento impiegati dalla Stazione Appaltante. Per il dettaglio degli stessi, far riferimento al relativo elaborato.

14 CRONOPROGRAMMA

La durata dei lavori è stata stimata in 1175 giorni di lavoro effettivi, considerando produttività ridotte sia per via di lavori notturni in orario di fermo traffico ferroviario, sia per eventi meteo. Tale durata equivarrebbe a 1645 giorni naturali e consecutivi, ma tale equivalenza non tiene conto dell'effettiva disponibilità delle finestre di fermo traffico ferroviario; pertanto, può essere presa in considerazione solo in via indicativa e non definitiva.