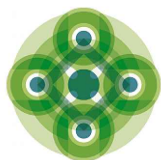




Comune di Bologna



Sostenibilità
è Bologna



PUMS
BOLOGNA
METROPOLITANA

RTI Progettisti:

SYSTRA SOTECNI
SYSTRA GROUP



STUDIO MATTIOLI
Ambiente - Ingegneria - Energia



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (TRATTO NORD LINEA VERDE - DIRETTRICE CORTICELLA-CASTEL MAGGIORE)

FSC

Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione

Intervento finanziato con risorse
FSC 2014-2020 - Piano operativo della Città
metropolitana di Bologna
Delibera CIPE n.75/2017



Elaborati generali Relazione tecnica generale

COMUNE DI BOLOGNA
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE

ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ING. BARBARA BARALDI

GEOM. AGNESE FERRO

ARCH. VIRGINIA BORRELLO

RESPONSABILE DI COMMESSA

ING. PAOLO MARCHETTI

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. SANTI CAMINITI

Gruppo di Progettazione:

Ing. Alessandro Piazza (Coordinatore Tecnico)
Ing. Santi Caminiti (Progetto sistemi tranviari)
Ing. Andrea Spinosa (Studi Trasportistici)
Arch. Sebastiano Fulci De Sarno (Prog. Architettonico e Inser. Urbanistico)
Ing. Sergio Di Nicola (Sovrastruttura Tranviaria)
Ing. Jeremie Wajs (Impianti Tecnologici)
Ing. Maurizio Falzea (Esperto Armamento)
Ing. Giorgio Coletti (Progettazione Funzionale Depositi)
Ing. Pietro Caminiti (Viabilità Interferente)
Ing. Stefano Tortella (Opere Strutturali)
Ing. Andrea Carlucci (Esperto Impianti Elettro-ferroviari)
Ing. Domenico D'Apollonio (Impianti di Trazione Elettrica)
Ing. Matteo Mariotti (Impianti Meccanici)
Arch. Sergio Moscheo (Prime Disposizioni per la Sicurezza)
Ing. Boris. Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)
Prof. Matteo Mattioli (Valutazione impatto ambientale e impatto acustico)

COMMESSA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B381-C	SF	GEN	RT001	B	—	B381-C-SF-GEN-RT001B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Gen. 2021	EMISSIONE	S. CAMINITI	S. CAMINITI	S. CAMINITI
1	Lug. 2022	AGGIORNAMENTO PER ITER SCREENING AMBIENTALE	S. CAMINITI	S. CAMINITI	S. CAMINITI
2					

Sommario

1. PREMESSA	5
2. TRACCIATO DI PROGETTO	6
3. INSERIMENTO URBANISTICO	14
3.1 PREMESSA	14
3.2 LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DELLE SISTEMAZIONI URBANISTICHE	14
3.3 MANUFATTI LUNGO LINEA	15
3.3.1 <i>Banchine di fermata</i>	15
3.3.1.1 <i>Banchina centrale</i>	15
3.3.1.2 <i>Banchina laterale</i>	16
3.3.1.3 <i>Finiture di fermate</i>	17
3.3.2 <i>La pensilina</i>	17
3.4 PAVIMENTAZIONI	19
3.4.1 <i>Pavimentazione carrabile - Sampietrini</i>	21
3.4.2 <i>Sede traNviaria - Inerbita</i>	22
3.4.3 <i>CIGLI STRADALI E AIUOLE - ELEMENTI IN GRANITO CHIARO</i>	23
3.5 SISTEMAZIONI A VERDE	23
3.6 PARCHEGGI	26
4. ANALISI TRASPORTISTICA	32
4.1 LA DOMANDA GIORNALIERA E ORARIA SULLA LINEA DEL TRAM	32
4.2 EFFETTI SULLA MOBILITÀ PRIVATA	34
4.3 IL MODELLO DI ESERCIZIO	35

5. GEOLOGIA E GEOTECNICA	38
6. IDRAULICA E IDROLOGIA	41
7. SISMICA	44
7.1 INQUADRAMENTO SISMICO	44
7.2 STRATEGIA PROGETTUALE	44
7.3 ACCELERAZIONI ORIZZONTALI DA NORMATIVA.....	44
7.4 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO	46
7.5 STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE 47	
8. ARCHEOLOGIA.....	49
9. AMBIENTE.....	54
9.1 LINEE GUIDA DI APPLICAZIONE DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI.....	54
9.2 CANTIERIZZAZIONE	56
9.3 ANALISI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, AMBIENTALE E DI SETTORE.....	57
9.4 L'AMBIENTE: RICOSTRUZIONE DELLO STATO ATTUALE, DELLE PROBLEMATICHE E DELLE MISURE DI CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI.....	58
9.4.1 <i>Mobilità e traffico</i>	58
9.4.2 <i>Atmosfera</i>	59
9.4.3 <i>Rumore</i>	60
9.4.4 <i>Vibrazioni</i>	62
9.4.5 <i>Acque superficiali e sotterranee</i>	63
9.4.6 <i>Suolo e sottosuolo</i>	67

9.4.7	<i>Paesaggio e patrimonio storico/culturale.....</i>	71
9.4.8	<i>Ecosistemi, vegetazione e flora, fauna.....</i>	72
9.4.9	<i>Energia ed Elettromagnetismo.....</i>	75
9.4.10	<i>Sistema insediativo, condizioni socio-economiche e salute pubblica</i>	76
9.4.11	<i>Impatti ambientali e misure di mitigazione.....</i>	77
10.	INTERFERENZE SOTTOSERVIZI	84
11.	IMPIANTI ELETTROFERROVIARI	87
11.1	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA TRAZIONE ELETTRICA	87
11.2	SISTEMA DI SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITÀ SEMAFORICA	89
11.3	IMPIANTI SEMAFORICI E PASSI CARRABILI	90
11.4	TELECOMUNICAZIONI	93
11.5	SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO	98
12.	IMPIANTI CIVILI	100
12.1	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI LINEA	100
12.2	IMPIANTI ELETTRICI	100
12.3	IMPIANTI MECCANICI.....	100
13.	CANTIERIZZAZIONE	101
14.	ESPROPRI	106
15.	STRUTTURE.....	107
15.1	SOTTOVIA VIA MAZZA.....	108
15.2	SOTTOATTRAVERSAMENTO FERROVIA.....	110

15.3	SOTTOATTRAVERSAMENTO TANGENZIALE	113
15.4	ALLARGAMENTO PONTE SU CANALE NAVILE	117
15.5	RAMPA LUNGO VIA SHAKESPEARE	120
15.6	ALLARGAMENTO SOTTOVIA ESISTENTE	122
16.	ARMAMENTO TRANVIARIO	124
16.1	SEZIONE TIPO L0	127
16.2	SEZIONI TIPO L2 E L3.....	128
17.	RICOVERO MEZZI CAPOLINEA CASTEL MAGGIORE.....	130
17.1	FUNZIONI INTERNE	132
17.2	EDIFICI ED AREE FUNZIONALI	132
17.2.1	<i>Rimessa tram</i>	<i>132</i>
17.2.2	<i>Edificio tecnico di servizio</i>	<i>132</i>

1. PREMESSA

La presente relazione riassume gli aspetti tecnici salienti sviluppati durante lo studio di fattibilità tecnico-economico (PFTE) del tratto nord della seconda Linea tranviaria (Linea Verde) della città di Bologna (direttrice Corticella/Castel Maggiore).

Per maggiori e più approfondite informazioni si rimanda agli elaborati grafici e alle relazioni specialistiche prodotte.

2. TRACCIATO DI PROGETTO

Il tracciato, lungo circa 6,0 km da piazza dell'Unità al capolinea Nord situato al confine tra i Comuni di Bologna e Castel Maggiore, si sviluppa quasi interamente sull'asse sud-nord costituito da via Corticella prima e via Bentini per il tratto finale.

All'intersezione tra via Bentini e via S. Anna, il tracciato devia verso Est per percorrere quest'ultima strada fino all'intersezione con via Byron: qui svolta sulla sinistra verso nord fino all'intersezione con via Shakespeare.

Successivamente la tranvia si colloca sul lato sud della strada con spostamento verso nord della viabilità esistente, e in questa configurazione arriva fino all'attuale intersezione semaforizzata con via Bentini.

Da qui, sempre sul lato sud della strada, il tracciato scavalca il Canale Navile utilizzando il ponte esistente (che andrà allargato per permettere il transito dei mezzi su gomma), per poi prendere quota sul margine della strada fino a raggiungere il piano dell'attuale fascio binari della stazione SFM di Corticella.

Una curva a 90° destrorsa permette alla tranvia di posizionarsi parallelamente al fascio binari, occupando in un primo tratto un'area RFI attualmente dismessa, per poi proseguire la sua corsa su una vasta area verde esterna all'area RFI e alle aree commerciali attualmente presenti ad est della sede ferroviaria.

Il tracciato termina al capolinea collocato nella suddetta area verde in cui è stata prevista anche la realizzazione di un nodo di interscambio con i bus extraurbani e le auto private. Al capolinea è anche posizionata una piccola area per il ricovero notturno delle vetture (quattro stalli paralleli), con un fabbricato di dimensioni ridotte necessarie per le attività di piccola manutenzione da effettuare sui veicoli in sosta.

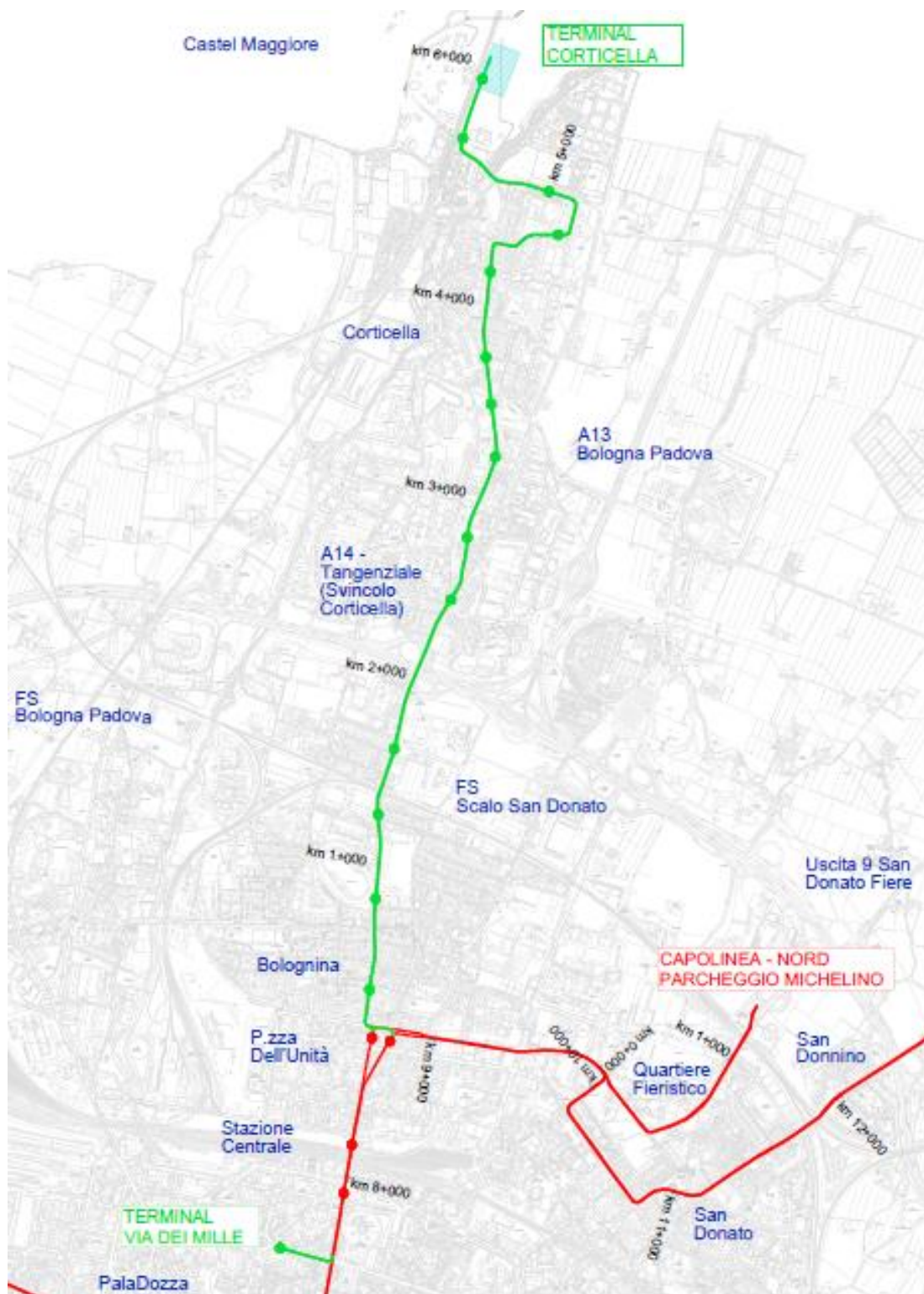


Figura 2.1 –Linea Verde – Tratta Nord

Da un punto di vista dell'esercizio, il servizio tranviario inizia in corrispondenza del nuovo capolinea provvisorio ubicato in Via dei Mille, all'intersezione con P.zza dei Martiri, procede lungo via Indipendenza, via Matteotti e via Ferrarese (sui binari già realizzati per la linea Rossa) fino a piazza dell'unità, per poi procedere lungo l'itinerario prima descritto. Lungo il tracciato da Piazza dell'Unità al Capolinea Castel Maggiore sono ubicate 13 fermate, ad un interasse massimo di 500 m, tranne che nel tratto di attraversamento dello svincolo della tangenziale di Bologna lungo via Corticella che rende impossibile la collocazione di fermate nel rispetto della distanza sopra riportata; a queste, nel tratto comune con la linea Rossa, si aggiungono altre 3 fermate, già realizzate per il servizio della prima linea.

Per quasi tutto il suo sviluppo il tram procede lungo una sede riservata, con l'obiettivo di ridurre tutte le interferenze con le altre componenti della mobilità urbana, sia pubbliche che private: tale caratteristica è ottenuta sopraelevando di massimo 7 cm la sede tranviaria rispetto alla sede stradale limitrofa, in modo da rendere la sede sormontabile qualora una situazione di emergenza ne richiedesse il transito per un mezzo di soccorso. La sede tranviaria avrà una larghezza in rettilineo pari a 6.00 m con un interasse tra i binari (sempre in rettilineo) di 3.00 m.

Tale valore, così come la distanza tra la rotaia più esterna e il limite della sede, potrà variare nei tratti in curva: i valori di interbinario e di franco laterale saranno tanto maggiori quanto minori saranno i valori delle curve planimetriche del tracciato.

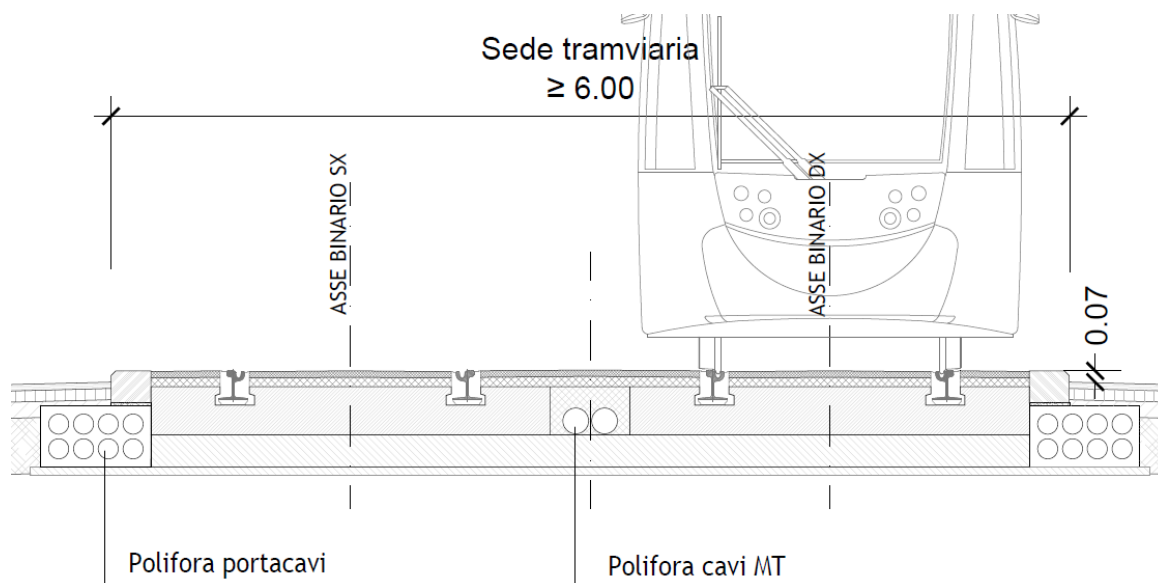


Figura 2.2 – Sede tranviaria riservata



Figura 2.3 – Sede tranviaria riservata con cordolo laterale

Parallelamente alla nuova sede tranviaria, ad esclusione delle tratte in cui i mezzi su gomma e le vetture tranviarie procedono sulla stessa sede promiscua, è sempre posizionata almeno una corsia di marcia destinata al transito su gomma.

La larghezza di tale corsia avrà sempre una dimensione tale da garantire il passaggio dei mezzi pesanti.

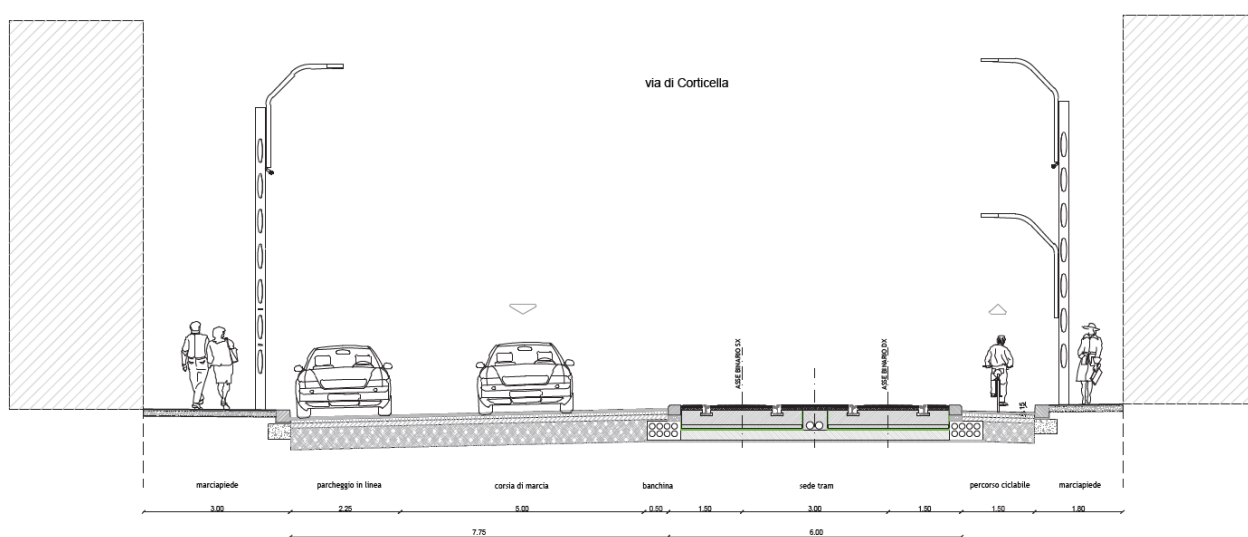


Figura 2.4 – Sezione tipologica con una sola corsia stradale laterale

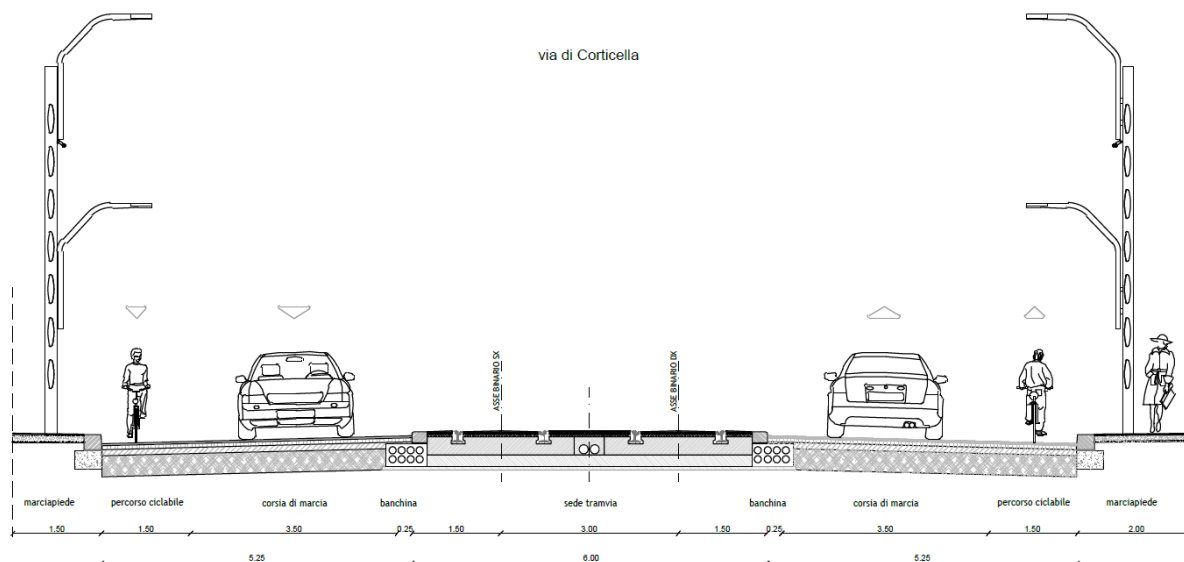


Figura 2.5 – Sezione tipologica con due corsie stradali laterali (una per senso di marcia)

Lungo le tratte in cui è presente solo una corsia di marcia e la tranvia è posizionata a ridosso di uno dei due marciapiedi, si pone il problema della regolazione dei passi carrabili esistenti.

La soluzione che è stata prevista è quella riportata nel Regolamento Comunale sui passi carrabili che all'art. 7, comma 1 recita che *"In tutti i passi carrabili deve essere prevista un'area in piano o a pendenza ridotta (max. 8%), di lunghezza non inferiore a metri 4,50 e larghezza conforme ai parametri definiti dall'art.6, che non può essere collocata su porzioni della sede stradale destinate alla circolazione dinamica veicolare, ciclabile o pedonale. Tale area è finalizzata allo stazionamento dei veicoli durante le manovre di entrata e uscita, onde evitare l'impegno della carreggiata e/o del marciapiede intralciando il transito di veicoli e pedoni, ed in modo da garantire la visibilità da parte del conducente qualora l'uscita avvenga da una rampa in pendenza. Ai fini del rilascio dell'autorizzazione, le dimensioni minime della zona carrabili riservata al parcheggio*

esclusivo degli autoveicoli all'interno della proprietà devono essere di lunghezza non inferiore a mt. 4,50 e larghezza conforme ai parametri definiti all'art.6; in assenza di tali dimensioni minime non si procede all'autorizzazione."

Pertanto, tutti i passi carrabili interessati dal passaggio della nuova linea andranno, a meno di ostacoli fisici che ne impediranno la modifica, arretrati a carico del presente progetto in modo da creare un'area profonda almeno 4.50 m tra il limite della nuova sede e del cancello del passo carrabile.

Il posizionamento della nuova sede tranviaria lungo le viabilità esistenti ha comportato un ridisegno complessivo dell'intera sezione, talvolta a discapito dello spazio destinato al traffico privato.

Inoltre, laddove lo spazio a disposizione lo ha reso possibile, sono state previste corsie monodirezionali laterali della larghezza di 1,50 m per la circolazione longitudinale delle biciclette: gli eventuali stalli di parcheggio preseti lungo l'itinerario di intervento sono stati collocati tra le suddette corsie e i marciapiedi laterali.

Dal punto di vista "geometrico", il tracciato presenta un andamento pressoché rettilineo, a meno di un paio di curve a 90° nella parte settentrionale del tracciato dove si è reso necessario l'inserimento di curve con raggio planimetrico ridotto, con valore minimo pari a 24 m.

Altimetricamente invece la linea è "appoggiata" al piano campagna esistente, per tenere conto del fatto che il tram si sviluppa lungo arterie su cui affacciano altre viabilità trasversali, passi carrabili e numerosi fabbricati esistenti.

Tuttavia, in corrispondenza del sottoattraversamento ferroviario, in corrispondenza del quale viene realizzato un abbassamento dell'attuale piano stradale, del nuovo sottopasso in corrispondenza dello svincolo con la Tangenziale di Bologna, e nel tratto finale in cui la

tranvia passa da via Shakespeare al piazzale della stazione SFM di Corticella, la linea tranviaria salirà a scenderà a seconda dell'opera d'arte prevista.

3. INSERIMENTO URBANISTICO

3.1 PREMESSA

Il progetto dell'infrastruttura tramviaria coinvolge il tessuto urbano di Bologna per circa 7,2 km, attraversandone l'abitato dal Centro Storico (via dei Mille) all'estrema periferia nord (Corticella, al confine tra i comuni di Bologna e Castel Maggiore) sovrapponendosi per circa 1,2 km al tracciato principale della linea Rossa nella tratta corrispondente a via dell'Indipendenza, via Matteotti, via Ferrarese, via Mazza e piazza dell'Unità.

Come può immaginarsi, il tracciato attraversa tessuti profondamente diversi, cercando di integrarsi in essi mediante il corretto posizionamento dell'asse infrastrutturale all'interno delle strade, il miglioramento della sezione stradale stessa mediante l'allargamento dei marciapiedi, la previsione di corsie ciclabili o ciclopeditoni, il potenziamento delle alberature e del verde stradale nonché dell'arredo urbano.

3.2 LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DELLE SISTEMAZIONI URBANISTICHE

La progettazione delle sistemazioni urbanistiche è stata effettuata, come già fatto precedentemente per il resto della linea Rossa di cui la linea oggetto della relazione ne rappresenta la diramazione settentrionale, sulla base delle seguenti linee guida:

- Minimizzazione dell'impatto della sede tramviaria sulla circolazione primaria e secondaria;
- Minimizzazione dell'impatto della nuova infrastruttura sul patrimonio arboreo esistente;
- Minimizzazione dell'impatto sui sistemi di sosta esistenti;
- Adattamento delle tecnologie tramviarie e delle finiture al contesto ambientale e in special modo, a quello del centro storico;
- Rispetto del tipo edilizio "portico" in riferimento al suo valore storico-urbanistico per la città di Bologna;
- Integrazione della tranvia con i sistemi di mobilità attiva (pedonale e ciclabile);

- Abbattimento delle barriere architettoniche.

Dall'applicazione delle suddette linee guida ne è nata la necessità di adattare il tracciato stesso alle diverse forme urbane attraversate, cercando il miglior compromesso possibile tra l'optimum trasportistico e il valore aggiunto dato dalla strada come luogo di relazione sociale caratteristico delle comunità italiane.

3.3 MANUFATTI LUNGO LINEA

3.3.1 BANCHINE DI FERMATA

Lungo il tracciato sono riscontrabili due tipologie di fermata – centrale e laterale – che si adattano di volta in volta alle sistemazioni urbanistiche di linea in modo da integrarsi, al meglio, con il contesto urbano toccato.

3.3.1.1 Banchina centrale

La fermata con banchina centrale nella alternativa di tracciato scelta viene prevista in:

- Via dei Mille (n° 1 fermate)
- piazza XX Settembre (n° 1 fermata – già prevista nel progetto della linea a Rossa)
- Poliziano (n° 1 fermata)
- Ippodromo (n° 1 fermate)
- Bassanelli (n° 1 fermata)
- Saliceto (n° 1 fermata)
- Della Croce Coperta (n° 1 fermata)
- Papini (n° 1 fermata)
- Fiammelli (n° 1 fermata)
- Lipparini (n° 1 fermata)
- Bentini (n° 1 fermata)
- Gorki (n° 1 fermata)
- Corticella (n° 1 fermata)

La banchina presenta una larghezza di 3,5 m ed una lunghezza di 44 m, cui si aggiungono le due rampe di testa aventi, ognuna, uno sviluppo di 4 m ed un fronte di attacco di 2,9 m; essa presenta il doppio accosto per permettere la fermata di una vettura per ogni lato in contemporanea.

La lunghezza della banchina permetterà il servizio passeggeri con tram lunghi fino a 45 m: in questa fase della progettazione, senza la scelta del materiale rotabile da utilizzare per l'esercizio della linea, si è ritenuto più opportuno prevedere opere che possano garantire una scelta della vettura quanto più ampia possibile, compatibilmente con i possibili vincoli dati dalla geometria stessa del tracciato e dagli ambiti attraversati.

3.3.1.2 Banchina laterale

Le fermate con banchine laterali contrapposte nella soluzione prescelta sono previste in:

- Matteotti – Alta Velocità (n°1 fermata doppia - già prevista nel progetto della linea a Rossa)
- Zucca (n° 1 fermata singola - già prevista nel progetto della linea Rossa)
- Piazza dell'Unità (n° 1 fermata singola - già prevista nel progetto della linea Rossa)
- Sant'Anna/Byron (n° 1 fermata doppia)
- Shakespeare (n° 1 fermata doppia)
- Capolinea nord Castel Maggiore

La singola banchina presenta una larghezza di 2,5 m ed una lunghezza di 44 m, cui si aggiungono le due rampe di testa aventi, ognuna, uno sviluppo di 4 metri.

3.3.1.3 Finiture di fermate

La pavimentazione prevista è in granito” crescentone” con lastre tagliate a filo sega e poste a correre per la dimensione maggiore della banchina; i cigli saranno dello stesso granito con lavorazione a bocciarda per massimizzare la visibilità dei salti di quota; i sistemi di orientamento LOGES saranno, invece, in pietra artificiale con colorazione a contrasto chiaro/scuro rispetto alla pavimentazione di banchina.

Gli elementi di granito potranno avere dimensioni differenti e spessori mai inferiore a 6 cm.

Avranno inoltre la superficie superiore lavorata a punta mezzana (se non diversamente prescritto), con spigoli vivi rifilati a scalpello per una larghezza di 2 cm; quella laterale lavorata a scalpello limitatamente ad una fascia di 2 cm di altezza ed a semplice sbazzatura per la parte rimanente, in modo tale comunque che tra i bordi delle superfici di marcia dei due masselli adiacenti possa crearsi un giunto di larghezza non superiore ad 1 cm. Le facce laterali dovranno risultare a squadro per una altezza non inferiore alla metà dello spessore dei masselli; nella parte inferiore potranno invece presentare sottosquadri di valore non superiore a 2,5 cm.

Sul bordo delle banchine, lato strada carrabile, invece, si prevede l’installazione di una ringhiera metallica preverniciata dello stesso colore delle pensiline e degli elementi informativi.

Sul bordo delle banchine, lato binario, si prevede l’installazione di segnapasso da incasso a luce radente in modo da aumentare la segnalazione visiva del dislivello.

Particolare attenzione è stata data all’integrazione, nell’ambito del disegno della pavimentazione, degli elementi di segnalazione “Loges” in calcestruzzo vibrocompresso.

3.3.2 LA PENSILINA

Il progetto per la pensilina del Tram di Bologna trova nel dialogo continuo tra storia e contemporaneità il proprio humus di coltura; il percorso su cui si articola il tracciato della rete tranviaria lega tessuti diversi sia per urbanizzazione, contesto, vocazioni, architettura

e storia; il design della fermata nella forma e nelle cromie tende ad un dialogo neutro mantenendo un carattere distintivo forte e adattabile alle quinte di una città mutevole. Le pensiline previste nel presente progetto ricalcano quanto già elaborato per il progetto della linea Rossa.

Il concept architettonico delle fermate è stato definito attraverso l'identificazione di elementi riconoscibili e adattabili ai differenti quadri di riferimento prestazionale. Questi elementi sono declinati da una cornice in ferro che contiene le sedute e due totem ove trovano alloggio gli apparati tecnologici.

La semplicità del disegno è dettata dalla relazione che si vuole intraprendere tra i fruitori del servizio tranviario e la Città di Bologna, caratterizzata da elementi tipologici come il "Porticato" che restituisce una visione di domesticità urbana unica; a questa apparente semplicità fa da contraltare la ricerca attenta dei materiali e delle proporzioni architettoniche, votate a creare un luogo d'attesa capace di innescare meccanismi di riconoscibilità e valorizzazione, oltre a quelli intrinseci delle infrastrutture urbane: sicurezza, riconoscibilità, accessibilità.

La "Pensilina" è declinata attraverso una cornice lunga 12,80 m e alta 3,80 m., utile a coprire i varchi di accesso al mezzo tranviario; la stessa contiene un piano in legno che funge da seduta continua; anche la copertura rispecchia la volontà di non inficiare il gesto delimitatore della cornice, lastre di vetro laminato sono fissati all'intradosso della cornice attraverso un sistema di ancoraggio che, sempre nella misura del gesto, garantisce una unicità materica e una pulizia del disegno. L'illuminazione è data da un unico sistema lineare, posto ad un'altezza calibrata secondo un'accortezza di carattere non solo illuminotecnico posta dentro la cornice orientando la luce verso il basso, coinvolgendo direttamente le persone in attesa e il piano in legno.

I materiali della cornice sono costituiti da ferro, legno e vetro; la struttura prevista è in tubolare di ferro pressopiegato-saldato, lucidato e verniciato con una finitura colore canna di fucile, per tutta la sua estensione. La cornice, come i due Totem, avranno un

basamento leggermente incassato [2 cm] utile a far percepire come indipendenti gli elementi dalla banchina.

Gli altri due elementi caratterizzanti le fermate sono i due Totem, veri e propri contenitori tecnologici. Il bisogno di questi elementi in banchina è funzionale al buon utilizzo del sistema TPL in generale ed hanno la capacità accentratrice di servizi [hub urbano].

Essi si contraddistinguono per altezze e funzioni distinte: Il primo Totem ha un'altezza di 3,42 m, dotato di copertura vetrata, contenente oltre ai locali tecnici (centraline/server accessibili dal retro) le informazioni sulle mappe della città e del trasporto pubblico, della fermata, e la macchina distributrice automatica.

L'altro Totem, alto 3 m, contiene il display informativo in alto, con le info relative ai tempi di attesa e comunicazioni, una telecamera di sorveglianza, diffusore acustico, telefono di emergenza, defibrillatore automatico e locali tecnici contenenti quadri elettrici, sistemi gps e wi-fi.

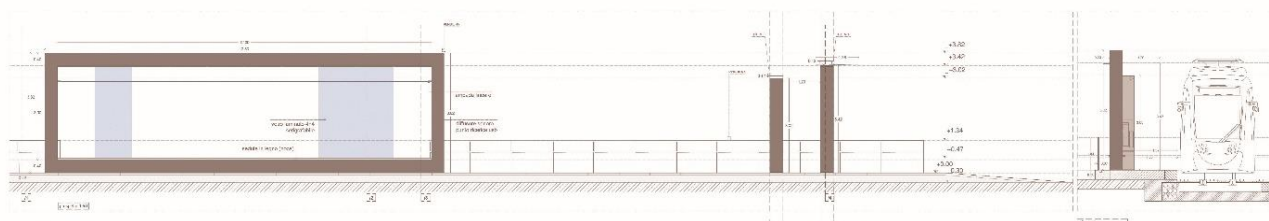


Figura 3.1 – Pensilina di fermata – Prospetto e sezione trasversale

3.4 PAVIMENTAZIONI

Il progetto delle pavimentazioni è stato studiato in modo da integrare, al massimo, i nuovi interventi nel contesto esistente, viepiù cercando, ove possibile, di riqualificare gli ambiti attraversati dall'infrastruttura tramviaria.

Il progetto prevede il rifacimento delle pavimentazioni sia della sede stradale impegnata che dei marciapiedi relativi, abbracciando anche aree di parcheggio, spiazzi, piazze e aree pedonali.

La tabella che segue sintetizza i materiali previsti lungo l'intero intervento.

Pavimentazione carrabile 1	Conglomerato bituminoso
Pavimentazione carrabile 2	Sampietrini posati a secco carrabili
Pavimentazione carrabile 3	Sampietrini
Pavimentazione carrabile 4	Basole di granito
Sede tramviaria 1	Conglomerato Sampietrini bituminoso colorato chiaro
Sede tramviaria 2	Sampietrini
Sede tramviaria 3	Basole di granito
Sede tramviaria 4	Inerbita
Pavimentazione pedonale 1	Conglomerato bituminoso
Pavimentazione pedonale 2	Terra stabilizzata
Pavimentazione pedonale 3	Microcemento colorato in pasta permeabile
Pavimentazione pedonale 4	Sampietrini
Pavimentazione pedonale 5	Basole di granito
Sedi ciclabili	Conglomerato bituminoso colorato in pasta con aggiunta di ossidi di ferro
Cigli stradali	Elementi in granito chiaro
Cigli aiuole	Elementi in granito chiaro

Sede tramviaria

La nuova sede tramviaria avrà per lo più una finitura realizzata con uno strato di conglomerato bituminoso di tipo chiaro, mediante l'utilizzo di bitumi a basso tenore di

asfalteni o resine sintetiche che assumono una colorazione ambrata molto chiara. Potranno essere utilizzate soluzioni con tappeti di usura semiflessibili.

La tecnica del tappeto semiflessibile consiste nella stesa di un conglomerato bituminoso fortemente poroso (con una percentuale di vuoti compresa tra il 25 e il 30%) e nella successiva saturazione dello strato con una malta cementizia fluida, fibrorinforzata, di colore chiaro.

Sede pedonale

Nella finitura dei marciapiedi potrà essere utilizzato uno strato di finitura in conglomerato bituminoso di spessore 3 cm.

Sedi ciclabili

Per la realizzazione dei percorsi ciclabili le pavimentazioni in conglomerato bituminoso dovranno essere colorate in pasta mediante l'aggiunta di ossidi di ferro e posate con uno spessore di 3 cm.

3.4.1 PAVIMENTAZIONE CARRABILE - SAMPIETRINI

Nell'ambito del progetto, in corrispondenza di via dell'Indipendenza e di piazza XX Settembre si mantiene l'utilizzo di pavimentazioni in cubetti di porfido già previsto nel progetto della Linea Rossa; il materiale da utilizzare andrà scelto nell'ambito dei quattro tipi di cubetti di normale produzione; la scelta del tipo sarà effettuata considerando:

- Intensità e natura del traffico;
- Destinazione e collocazione ambientale;
- Motivazioni architettoniche.

In linea generale le dimensioni dei cubetti da impiegare in un pavimento sono direttamente proporzionali all'intensità del traffico. La pavimentazione in cubetti di porfido dovrà poggiare su un sottofondo predisposto alle giuste quote e con le necessarie pendenze per lo smaltimento delle acque meteoriche.

La quota del sottofondo dovrà essere sagomata uniformemente a:

- cm. 8/10 per il cubetto 4/6;
 - cm. 11/13 per il cubetto 6/8;
 - cm. 13/15 per il cubetto 8/10;
 - cm. 15/17 per il cubetto 10/12;
- rispetto alla pavimentazione finita.

3.4.2 SEDE TRANVIARIA - INERBITA

In particolari zone del progetto tra la fermata Corticella SFM ed il capolinea Castelmaggiore) è previsto l'inerbimento della sede tramviaria; l'inerbimento dovrà essere effettuato mediante la preparazione e concimazione di un idoneo strato di terreno, la piantumazione del manto erboso (con essenze resistenti ed autoctone) mediante idrosemina e tutte le opere occorrenti per la cura del manto stesso fino all'attecchimento; dovranno essere altresì realizzati idonei impianti di irrigazione automatica volti ad attenuare i costi di cura e manutenzione del manto erboso.

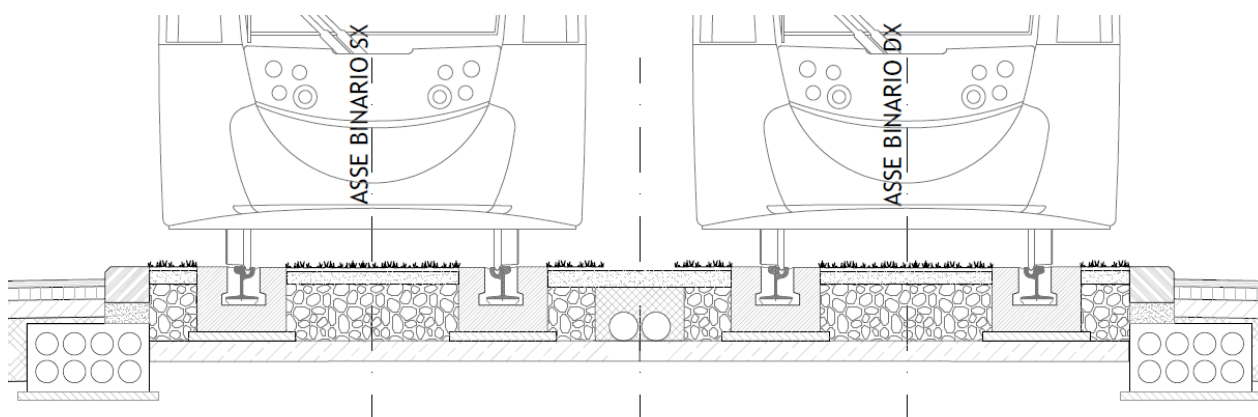


Figura 3.2 – Sede tranviaria inerbita

3.4.3 CIGLI STRADALI E AIUOLE - ELEMENTI IN GRANITO CHIARO

Gli elementi saranno di lunghezza variabile minimo un metro, con sezione da determinarsi nelle fasi successive della progettazione.

Gli elementi saranno in granito retti o curvi a spacco, lavorati alla punta, sulla testa e costa, compreso il rinfiango e il sottofondo di calcestruzzo a q.li 2 di cemento R325 per mc, spessore 10 cm e la sigillatura dei giunti con boiacca di puro cemento.

3.5 SISTEMAZIONI A VERDE

Nella concezione del progetto di fattibilità, inerente al prolungamento della linea Rossa verso Corticella, si è mantenuta la scelta strategica, già presente nel progetto della linea Rossa, di preservare, esaltare ed aumentare il valore storico ed estetico delle alberature presenti lungo il nuovo tracciato.

Per preservazione non si intende solo il mero mantenimento delle piante dove erano e come erano ma, in una visione più ampia, il loro inquadramento in un contesto che tiene conto:

- dello stato di fatto;
- del processo che ha portato alla configurazione attuale;
- del cambiamento che la nuova configurazione dei viali necessariamente impone;
- della migliore configurazione possibile in funzione anche del corretto mantenimento delle alberature e delle aree verdi.

Per esaltazione si intende, nella scelta delle essenze delle nuove alberature e delle altre opere a verde, che non solo siano le stesse o simili alle alberature già esistenti ma che possano apportare i seguenti valori positivi:

- Tipi di alberature che garantiscano una rapida crescita in modo che già dopo 3 o 4 anni si comincino a “leggere” come alberi adulti;
- Specie che apportino un loro valore estetico importante per la variazione dei colori delle chiome, per la capacità di ombreggiare dove serve ecc.;

- Specie che siano facili da mantenere e immuni dalle malattie più aggressive;

Per aumento del valore storico ed estetico si intende non solo la sostituzione o l'aumento numerico delle alberature ma anche:

- Conoscere l'impianto originale dei viali e delle piazze di Bologna per capire come si è andata a costituire la situazione attuale;
- Capire le nuove esigenze che la ridefinizione degli spazi ha portato e scegliere una configurazione delle alberature che sia la migliore per il futuro della città e dei suoi cittadini.

Il progetto immaginato, nella soluzione prescelta prevede al contempo lungo lo sviluppo del tracciato l'abbattimento di alcune specie arboree.

Questa scelta deriva da una serie di fattori che vanno dall'interferenza con la sede o con i sottoservizi modificati, al fine di mantenere il flusso viario teorizzato nello studio trasportistico, fino alla realizzazione dei capolinea, dei manufatti e del deposito ausiliario. A compensazione, ovvero laddove non è stato possibile mantenere le alberature esistenti, in collaborazione con il Comune di Bologna sono state individuate alcune aree verdi da valutare come oggetto di riqualificazione, all'interno delle quali potranno anche essere ripiantate alcune delle alberature espianate nelle aree limitrofe.

Di seguito si allega una tabella riepilogativa del progetto inerente le alberature, con indicato lo stato di fatto, la situazione di progetto e la differenza con quanto oggi riscontrato sul territorio.

TRAMVIA DI BOLOGNA – TRATTO NORD PER CORTICELLA/C. MAGGIORE			
ALBERATURE – Confronto stato attuale e di progetto			
	Stato Attuale	Progetto	Delta
In linea	500	610	110
Parcheggio via Bassanelli	16	60	44
Parcheggio via Shakespeare	20	64	44
Area verde tra via Bentini e Canale Navile	0	37	37
Parcheggio capolinea Castelmaggiore	0	193	193
Sommano	536	964	+428
	Abbattuti	Nuovi	Rapporti
Rapporto alberi abbattuti/nuovi	206	419	1:2

La scelta progettuale del verde verrà realizzata in conformità alle linee guide inserite nel “Regolamento Comunale del Verde Pubblico e Privato”, seguendo pertanto l’iter che conduce all’analisi su scala via via più dettagliata dell’intervento, a partire dall’inquadramento territoriale (analisi del contesto urbano, delle valenze ambientali, delle connessioni con il sistema del verde pubblico e privato, dei possibili collegamenti tra il verde esistente e di progetto), passando dalla valutazione della migliore disposizione spaziale delle diverse componenti, per giungere infine alla scelta della tipologia di verde più idonea per singola situazione ambientale.

Nello specifico si farà riferimento agli art.16 e 18 del suddetto Regolamento (Abbattimento per motivi edilizi), che recitano quanto segue *“le alberature abbattute devono essere sostituite nel lotto sul quale si realizza l’intervento nel rapporto di 1:2, con alberature della stessa classe di grandezza per almeno uno dei due esemplari sostitutivi, con la possibilità di utilizzare specie delle classi inferiori per il secondo esemplare in sostituzione di quello abbattuto. Qualora non sia possibile reperire all’interno del lotto gli spazi necessari per dar corso al reintegro delle piante abbattute, non è consentito realizzare nuovi manufatti che interferiscono con le piante tutelate insistenti sul lotto”*.

Per quanto concerne le aree destinate a parcheggio pubblico, la realizzazione del verde terrà conto di quanto definito all'interno dell'art.21 (Prescrizioni per la realizzazione di progetti edilizi e scelta delle specie vegetali), che richiede di garantire negli spazi destinati a parcheggio a raso, la dotazione di alberature che a maturazione consentano un'ampia copertura dell'area di sosta.

La soluzione progettuale più indicata e idonea ad un corretto sviluppo delle alberature è data dalla realizzazione di fasce verdi continue, permeabili e alberate, della larghezza minima di m 2 e ortogonali agli stalli.

Per i parcheggi a pettine le aiuole vanno realizzate della larghezza minima di m 2, lunghe quanto lo stallo o minimo di m 2,50 nel caso sia prevista la realizzazione di posti moto di fronte alle aiuole; per i parcheggi a spina l'aiuola singola dovrà avere larghezza minima di m 2 e lunghezza di m 2,50. Qualora sussistano in un'unica area parcheggi pubblici e parcheggi privati contigui, vanno adottate soluzioni tecniche per differenziarli inequivocabilmente attraverso l'impiego, per esempio, di specie botaniche diverse o di materiali edilizi diversi.

Anche per quanto riguarda gli alberi nelle strade, i singoli esemplari dovranno avere alla base spazi permeabili di sufficiente ampiezza, con un minimo di m 2x2.

3.6 PARCHEGGI

La gestione degli spazi di sosta si inserisce nel quadro normativo descritto dal Regolamento Urbanistico Edilizio, nel quale si prevede che la loro predisposizione garantisca la sicurezza e il confort degli utenti al fine di rendere il parcheggio un luogo di facile uso e frequentazione.

A tal proposito, nella progettazione del tracciato tranviario è stata tenuta in considerazione l'importanza di integrare i percorsi pedonali, ciclabili e carrabili così da garantire uno scambio intermodale efficace.

Si è perciò pensato alla ricollocazione degli spazi di sosta in aree specifiche per favorire l'accesso alle fermate tranviarie a discapito dei metri quadri di parcheggi che sono stati necessariamente eliminati per consentire la realizzazione del percorso della tranvia.

Inoltre, secondo quanto riportato dal Piano Urbano di Mobilità Sostenibile (PUMS), per compensare gli spazi sottratti all'auto privata a favore dello sviluppo di progetti di mobilità sostenibile, potranno essere incrementati sistemi che incentivano il cittadino all'utilizzo di mezzi a basso impatto ambientale, quali:

- contributi per abbonamenti sosta
- sconto su abbonamenti per trasporto pubblico per chi è obbligato o decide di rinunciare al contrassegno per la sosta su strada e/o per l'accesso ZTL

Per tutelare la sosta residenziale, è necessario indirizzare pendolari e visitatori verso i parcheggi di interscambio attraverso meccanismi incentivanti da un punto di vista economico, come l'integrazione tariffaria per favorire il park & ride.

Nel PUMS, le strategie riportate per la gestione della sosta veicolare prevedono:

- riorganizzazione del sistema della sosta e della tariffazione
- individuazione e realizzazione di nuove aree di sosta valutata alla luce delle reali esigenze di mobilità;
- previsione di politiche di tariffazione agevolata per l'utilizzo dei parcheggi di interscambio con il trasporto pubblico;
- introduzione di misure per favorire la rotazione della sosta attraverso una maggiore differenziazione delle tariffe massima e minima.

Nella definizione degli spazi adibiti alla sosta, vengono tenuti in conto gli standard normativi in fatto di numero di alberature e orientamento per un'adeguata ombreggiatura.

In linea generale, nello sviluppo progettuale si è cercato, ove possibile di mantenere le fasce di sosta oggi presenti lungo le strade attraversate.

Laddove questo, principalmente per un motivo legato alla dimensione della sezione a disposizione, non sia risultato possibile, sono state individuate delle aree da destinare a zone di sosta regolamentata.

Il primo di questi parcheggi è previsto in prossimità del capolinea posto in via Bassanelli (201 posti), prioritariamente destinato al recupero della capacità di parcheggio del quartiere.



Figura 3.3 – Parcheggio via Bassanelli

Il secondo è previsto, invece, in corrispondenza del capolinea Castelmaggiore, destinato all'interscambio modale e con una capacità di circa 330 posti auto.

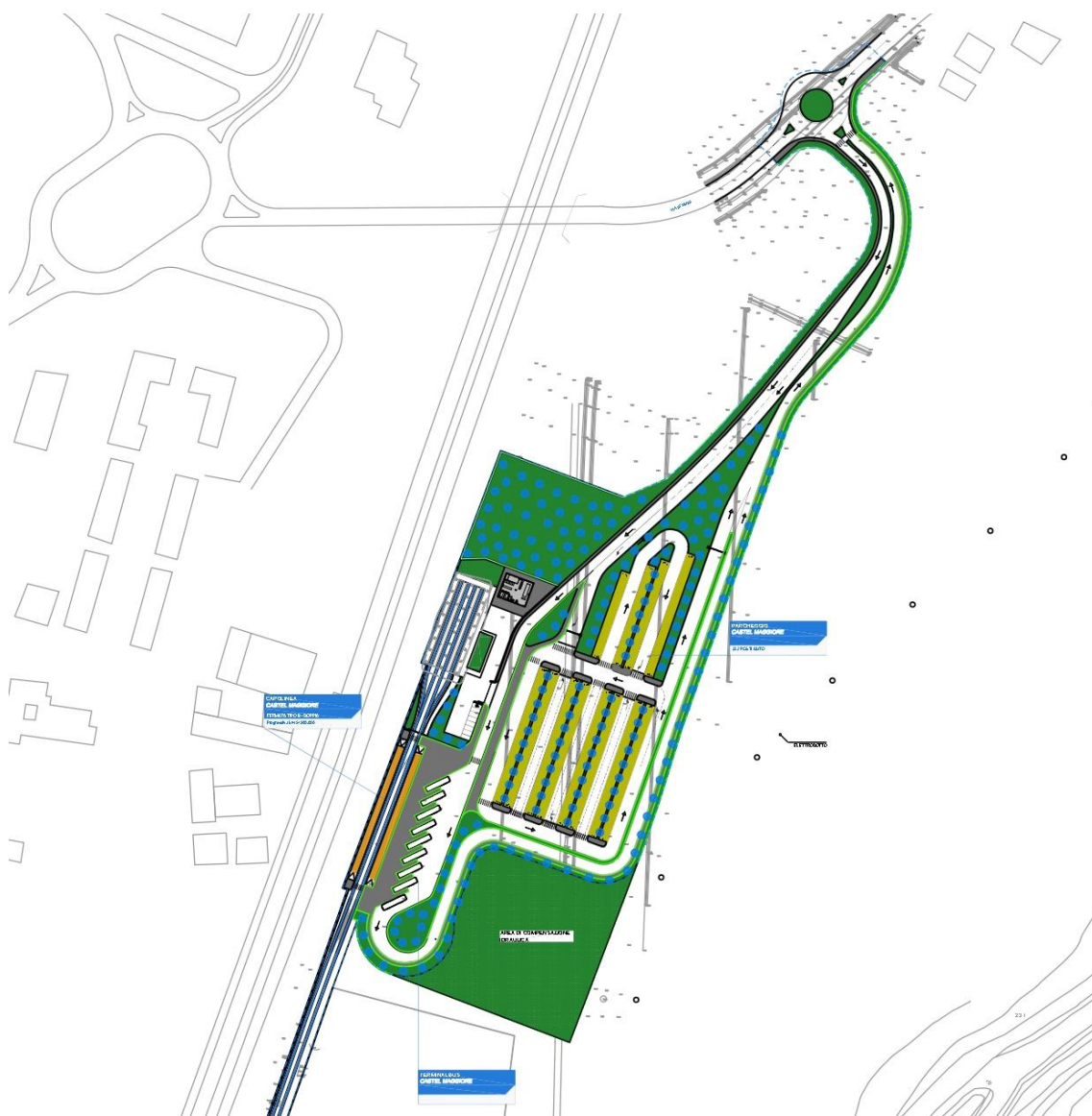


Figura 3.4 – Capolinea “Castel Maggiore” con interscambio a raso

Sempre nella zona nord, in corrispondenza del parcheggio esistente lungo il lato settentrionale di via Shakespeare, è stata allargata la fascia destinata a parcheggio, passando dagli attuali 75 posti ai complessivi 266 previsti in progetto (con un aumento di 191 unità).



Figura 3.5 – Ampliamento area di parcheggio su via Shakespeare

Infine, in corrispondenza di P.zza Unità, è prevista la realizzazione di un parcheggio automatizzato multipiano interrato della capienza di ca. 80 posti, a compensazione dei posti persi per la realizzazione della linea tranviaria in una zona ad alta intensità abitativa.

Si fa presente, tuttavia, che nelle successive fasi di progettazione si valuterà con i competenti uffici del Comune, la possibilità di destinare aree di proprietà comunale alla sosta, anche se non immediatamente collocate lungo l'itinerario di progetto.

Di seguito una tabella riepilogativa della sosta attuale e della sosta di progetto così come ipotizzata lungo le strade interessate dal passaggio della tranvia.

TRANVIA DI BOLOGNA - LINEA VERDE - TRATTA NORD				
PARCHEGGI - Confronto stato attuale e di progetto				
	Stato attuale	Progetto	Delta	
QUARTIERE NAVILE				
Percorso su Via Giacomo Matteotti				
da Via Dè Carracci a Via Jacopo Della Quercia	3	0	-3	
Percorso su Via Ferrarese				
da Via Saliceto a Via Franceschini	102	15	-87	
Percorso su Via Mazza				
da Via Ferrarese a Via di Corticella	20	0	-20	
Percorso su Via di Corticella				
da Via Mazza a Via Giuseppe Maria Mitelli	45	32	-13	
da Via Giuseppe Maria Mitelli a Via B. Passarotti	24	16	-8	
da Via B. Passarotti a Via S. Bassanelli	119	224	105	
da Via S. Bassanelli a Via di Saliceto	33	19	-14	
da Via di Saliceto a Via Amedeo Lipparini	21	7	-14	
da Via Amedeo Lipparini a Passaggio A. Marescalchi	87	39	-48	
Percorso su Via Genunzio Bentini				
da Via Pettazzoni a Via Sant'Anna	97	55	-42	
Percorso su Via Byron				
da Via Sant'Anna a Via William Shakespeare	29	0	-29	
Percorso su Via William Shakespeare				
da Via Byron a Via G. Bentini	0	272	272	
Percorso su Via Genunzio Bentini				
da Via G. Bentini a Capolinea	0	332	332	
			TOT	431

4. ANALISI TRASPORTISTICA

4.1 LA DOMANDA GIORNALIERA E ORARIA SULLA LINEA DEL TRAM

Come esposto nei precedenti paragrafi, il tratto nord della seconda linea tranviaria di Bologna è considerata, almeno fino al suo completamento con la realizzazione della estensione verso sud-est, come una diramazione della linea Rossa, con cui è interconnessa sia da un punto di vista infrastrutturale che di servizio.

È stato stimato che, su base annua, i passeggeri del sistema tranviario composto dall'insieme della Linea Rossa e della tratta verso Corticella/Castel Maggiore siano pari a 36,2 milioni, corrispondenti a circa 125.000 passeggeri nel giorno medio feriale.

Considerando che, nella configurazione in cui è presente la sola Linea Rossa, i passeggeri annui risultano pari a 26,8 milioni, se ne può dedurre che il contributo all'utenza tranviaria fornito dalla nuova diramazione ammonta a circa 9,5 milioni di passeggeri/anno (+35%) ed oltre 32mila passeggeri/giorno.

Nella tabella seguente, si riporta il numero complessivo di passeggeri/giorno che utilizzano i servizi tranviari, diviso per le differenti componenti (utenti trasferiti da altro trasporto pubblico, utenti che utilizzano i nodi di interscambio, utenti trasferiti dalla modalità privata).

Tipo di domanda	Passeggeri/Giorno	Distr. %
Tendenziale	119.513	95,6%
Park & Ride (Corticella, Fiera, Facoltà di Agraria)	1.502	1,2%
Trasferimento modale	3.976	3,2%
Totale	124.991	100,0%

Passeggeri per giorno feriale sulla rete tranviaria

Volendo effettuare la medesima analisi relativamente alla sola domanda aggiuntiva che utilizza il tram a seguito della realizzazione della Diramazione verso Corticella si ottengono i valori riportati nella tabella seguente:

Tipo di domanda	Passeggeri/Giorno	Distr. %
Tendenziale	27.027	83,1%
Park & Ride (Corticella, Fiera, Facoltà di Agraria)	1.502	4,6%
Trasferimento modale	3.976	12,2%
Totale	32.505	100,0%

Incremento dei passeggeri giornalieri sulla rete tram per effetto della nuova diramazione

Dai flussogrammi di rete si evince che, in tutto il percorso che si sviluppa all'interno dei Viali il carico è sempre superiore ai 56.500 passeggeri/giorno e raggiunge il valore massimo all'altezza della stazione di Bologna Centrale in corrispondenza del Ponte Matteotti con oltre 65.000 passeggeri/giorno.

Oltrepassata Piazza dell'Unità, sulla diramazione per Corticella, il carico massimo si attesta a circa 20.000 passeggeri/giorno.

Nella successiva tabella i carichi giornalieri sulla tranvia sono rappresentati per tratte omogenee: viene esposto sia il carico teorico medio relativo a tutti i servizi presenti nelle singole tratte analizzate, sia quello che utilizza i soli servizi che si originano o si attestano dal/al terminale Nord di Castel Maggiore.

Tratta Omogenea	Carico teorico medio	
	Tutti i servizi	Servizi da/per Corticella
Terminal Lepido-Ugo Bassi	33.606	8.970
Indipendenza-Martiri	63.985	17.549
Martiri- Autostazione	63.245	19.701
Autostazione-Unità	62.047	23.102
Unità-Tangenziale	20.788	20.788
Tangenziale-Corticella	10.221	10.221

Carichi teorici medi sulla rete tranviaria interessata dai nuovi servizi (pax/gg)

4.2 EFFETTI SULLA MOBILITÀ PRIVATA

Nel complesso, la nuova offerta tranviaria e l'ulteriore riorganizzazione della rete del TPL su gomma genera un impatto positivo sulla riduzione della mobilità privata per effetto della ripartizione modale della domanda.

Tale effetto è molto evidente proprio sull'asse di penetrazione da Nord (Via Bentini, Via di Corticella) fino al quartiere della Bolognina.

Altri miglioramenti si riscontrano sia nella mobilità tangenziale sia sulla direttrice Via A. De Gasperi, Via P. Togliatti, in entrambi i casi su itinerari di collegamento verso il centro città e il polo stazione/autostazione.

La riduzione degli spostamenti stimata nell'arco dell'intera giornata su queste infrastrutture è combinazione dell'effetto di riduzione del numero di automobili e del cambio di itinerario di una parte degli utenti.

Questi i valori stimati di riduzione del flusso:

- Via Bentini – Via di Corticella: 3.700-4.500 veicoli/gg
- Tangenziale Nord versante occidentale: 1.300-1.500 veicoli/gg
- Via De Gasperi –Via Togliatti: 700-1.200 veicoli/gg

Degli incrementi di flusso si riscontrano solamente nelle altre viabilità di penetrazione da nord che vengono utilizzate da utenti che trovano maggior difficoltà ad accedere al centro città attraverso l'asse di Via di Corticella.

Come ulteriore elemento di valutazione degli impatti generati sulla viabilità privata dal nuovo servizio tranviario, possiamo utilizzare le classi di criticità individuate attraverso il rapporto flusso/capacità dell'arco.

Nella tabella seguente si riporta il confronto tra i chilometri di rete stradale che ricadono in ciascuna classe per lo scenario di riferimento e quello di progetto.

Rapporto Flusso/Capacità	Scen. Riferimento (km)	Scen. Progetto (km)	Var. %
$\leq 0,6$	7.547	7.554	0,09%
Compreso tra 0,6 e 0,9	274	268	-2,19%
$\geq 0,9$	61	60	-1,64%

Analisi della rete stradale in funzione del rapporto Flusso/Capacità

Anche questo indicatore ci dice che la rete stradale, a valle della realizzazione del progetto, consentirà un migliore deflusso dei veicoli, deflusso che registrerà i maggiori benefici proprio negli orari di punta della giornata.

4.3 IL MODELLO DI ESERCIZIO

Il servizio offerto sulla tratta nord verso Corticella/Castel Maggiore dovrà necessariamente integrarsi con quello offerto sulla linea Rossa.

Si ricorda che il modello di esercizio della linea Rossa prevede una corsa ogni 5' in partenza dal Terminal Emilio Lepido con destinazione rispettivamente al Terminal Michelino Fiera e alla Facoltà di Agraria.

Per ciò che concerne i servizi sulla diramazione verso Corticella sono state valutate due ipotesi alternative:

Ipotesi 1:

- una corsa ogni 5' in partenza dal capolinea Via dei Mille con destinazione terminal Castel Maggiore.

Ipotesi 2:

- una corsa ogni 10' in partenza da Terminal Emilio Lepido con destinazione il Terminal Castel Maggiore;
- una corsa ogni 10' minuti in partenza da Via dei Mille e destinata sempre al terminal Castel Maggiore.

La necessità di limitare almeno una corsa a Piazza Martiri, dove è prevista la realizzazione di un tronchetto della tranvia per permettere un attestamento della linea, è dovuta al fatto che la presenza di un solo binario su Via Emilia Ponente in corrispondenza del ponte sul fiume Reno, non consente di sostenere una frequenza del servizio superiore ad una corsa ogni 3,5' per ciascun senso di marcia, senza rischiare di compromettere significativamente la fluidità del servizio.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati del modello di esercizio della linea Via dei Mille – Corticella – Capolinea di Castel Maggiore con una frequenza di servizio a 5'.

Parametro	Via dei Mille – Castel Maggiore
Lunghezza totale della linea (m)	7.388
Numero di fermate	18
Distanza media tra le fermate	410
Tempo di viaggio tra i due capolinea (minuti)	25,2
Velocità commerciale (km/h)	17,6
Tempo di cambio banco (minuti)	3,0
Tempo di giro (minuti)	53,4
Frequenza minima possibile (minuti)	1,2
Frequenza di servizio (minuti)	5,0
Posti offerti per senso di marcia (in ora di punta)	3.000
Flotta di servizio	12
Vetture di ricambio in caso di fuori-linea per manutenzione	2
Totale flotta	14

5. GEOLOGIA E GEOTECNICA

L'analisi delle indagini in sito di riferimento, messe a disposizione dalla committenza e costituite da dati geognostici scaturiti da sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinte a varie profondità, ha permesso una preliminare ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo oggetto di intervento.

Da un punto di vista stratigrafico, tenendo conto della inevitabile eterogeneità delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nell'intera area è possibile distinguere diverse facies che si succedono in modo non sequenziale nel sottosuolo, con rapporti stratigrafici fortemente eteropici e conseguenti repentine variazioni e cambi di facies sia in senso orizzontale che verticale.

La reale geometria delle diverse unità è accertata solo in corrispondenza delle verticali di indagine: sono quindi da tener conto possibili variazioni locali, trattandosi di estrapolazioni su base sedimentologica derivate dalle indagini considerate.

Le facies così individuate sono di seguito elencate:

- **RIPORTO**

Depositi antropici di natura limoso-sabbiosa che presentano localmente inclusi di varia natura, caratterizzati da eterogeneità degli spessori e delle caratteristiche di consistenza.

- **UNITÀ A –Facies limoso-argillosa**

Limo argilloso e argilla limosa di colore grigio verdastro con presenza di calcinelli e bioclasti. Localmente si rinvencono corpi lenticolari costituenti la Facies B e C.

- **UNITÀ B – Facies sabbiosa-limosa**

Sabbia fine e media talvolta debolmente limosa di color marrone. Questa unità si rinviene in corpi lenticolari distribuiti nelle Facies A e C .

- **UNITÀ C – Facies ghiaiosa**

Ghiaia da fine a medio-grossolana in matrice sabbioso limosa. Localmente si rinvencono corpi lenticolari costituenti la Facies A e B.

Da un punto di vista geotecnico le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni sono state estrapolate dalle prove in sito realizzate, e di seguito riportate in forma tabellare:

RIPORTO	
Terreni limoso-sabbiosi con inclusi	
Grado di addensamento	Da poco a moderatamente addensato
Peso di volume secco (γ_d)	16-18 kN/m ³
Angolo di attrito mobilizzabile (ϕ)	28°-30°
Coesione mobilizzabile (c)	0 kPa

UNITÀ A	
Limo Argillosi	
Grado di addensamento	-
Peso di volume secco (γ_d)	19-20 kN/m ³
Angolo di attrito mobilizzabile (ϕ)	24°-27°
Coesione mobilizzabile (c)	5-10 kPa

UNITÀ B	
Terreni sabbioso-limosi	
Grado di addensamento	Medio-elevato
Peso di volume secco (γ_d)	18-20 kN/m ³
Angolo di attrito mobilizzabile (ϕ)	27°-30°
Coesione mobilizzabile (c)	0-5 kPa

UNITÀ C	
Terreni ghiaiosi in matrice sabbiosa	
Grado di addensamento	elevato
Peso di volume secco (γ_d)	19-21 kN/m ³
Angolo di attrito mobilizzabile (ϕ)	35°-32°
Coesione mobilizzabile (c)	0 kPa

Tali caratteristiche geologiche e geotecniche saranno oggetto di validazione a seguito delle indagini integrative che verranno effettuate nelle successive fasi progettuali.

Per il dettaglio della caratterizzazione geologica e geotecnica dell'area di intervento si rimanda agli elaborati specifici previsti nel PFTE.

6. IDRAULICA E IDROLOGIA

L'intera linea (tracciato e sistemazioni urbane), le opere d'arte presenti e, in genere, tutte le costruzioni asservite alla tramvia sono state oggetto di valutazione preliminari relative allo smaltimento delle acque meteoriche.

Il principio progettuale base è realizzare, e dimensionare, una efficiente sistema di raccolta dell'acqua meteorica, una sua canalizzazione e quindi un successivo convogliamento nella rete di smaltimento comunale.

La rete di smaltimento delle acque meteoriche attua la raccolta e lo smaltimento a gravità delle acque meteoriche. L'utilizzo di impianti di tipo elettromeccanico, per la gestione delle acque raccolte, sarà attuato solo in alcuni punti singolari della linea dove sono realizzati sistemi di aggotamento con vasche di raccolta (stazioni di sollevamento).

La sede tranviaria, realizzata su una platea in calcestruzzo, non risulta in grado di smaltire, per filtrazione nel terreno sottostante, le acque di pioggia.

Pertanto, l'acqua che si deposita lungo la sede tranviaria verrà drenata attraverso delle griglie trasversali conformi alla norma UNI EN 1433 che raccolgono le acque superficiali e quelle convogliate dalle gole delle rotaie, scaricandole nei collettori fognari.

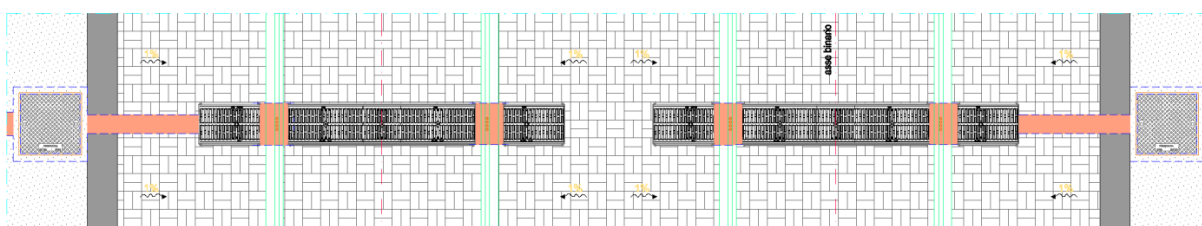


Figura 10 - Posizionamento delle canaline trasversali per il drenaggio della sede tranviaria

Il passo delle stesse sarà definito dallo specifico studio idraulico che prevederà, in linea di massima:

- canalette di drenaggio ogni 25-30 m, a cui si aggiunge il drenaggio della gola delle rotaie, ottenuta con apposite asole nella gola della rotaia da effettuarsi al massimo ogni 200 m circa;
- canalette in ogni punto basso del profilo longitudinale del tracciato, con drenaggio della gola delle rotaie, nel caso di pavimentazione in asfalto o masselli autobloccanti.

Per consentire di allontanare l'acqua raccolta dalla gola della rotaia vengono realizzati quattro fori del diametro di 16 mm/cad all'interno della gola che sono messi in comunicazione con la canaletta di drenaggio.



I canali di raccolta proposti vengono realizzati in calcestruzzo polimerico (elevata durabilità) e appositamente prodotti per il drenaggio delle sedi tranviarie.

I canali presentano una conformazione e lunghezza tale da potersi inserire perfettamente nell'interbinario e, allo stesso tempo, sono provvisti di apposito profilo sagomato per raccogliere l'acqua che si raccoglie nella gola della rotaia.

A completamento del sistema di drenaggio della sede tranviaria, vi sono le griglie in ghisa (carrabili) dotate di apposito dispositivo di protezione e chiusura, che garantiscono una facile manutenzione.

In questa fase di progetto di fattibilità tecnico-economica sono stati redatti degli elaborati tipologici relativi ai drenaggi di sede e alle opere di smaltimento acque meteoriche correlate al tracciato.

Nelle successive fasi di progettazione sarà necessario tenere conto, per il corretto e preciso dimensionamento delle opere idrauliche da realizzarsi lungo il tracciato e nelle opere puntuali correlate alla linea (SSE, sottopassi, ponti), dell'analisi statistica dei dati di pioggia relativi a stazioni pluviografiche nei dintorni del territorio attraversato.

7. SISMICA

7.1 INQUADRAMENTO SISMICO

L'inquadramento sismico dell'area di interesse è stato redatto in accordo alle prescrizioni fornite dalle NTC2018. Nel seguito verrà descritto brevemente il quadro sismologico dell'area, definendo successivamente l'azione sismica di progetto.

L'area oggetto di studio, ricadente nei comuni di Bologna e Castel Maggiore, è situata nelle zone 912 e 913 del modello di zonazione ZS9 del territorio italiano, per le quali la cui magnitudo max risulta pari a 6.14 (vedi Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV - "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica- Rapporto Conclusivo" (Aprile 2004)).

7.2 STRATEGIA PROGETTUALE

La strategia progettuale, d'intesa con la Committente è riportata nei paragrafi successivi.

- Vita Nominale pari a $V_N = 50$ anni
- Classe d'Uso IV coefficiente d'uso $C_U = 2.0$.
- Vita utile di riferimento: $V_R = (V_N)/(C_U) = 100$ anni

7.3 ACCELERAZIONI ORIZZONTALI DA NORMATIVA

Le accelerazioni orizzontali massime convenzionali su suolo di categoria A, riferite ai Comuni interessati dal presente progetto, sono riportate nelle tabelle contenute nel presente paragrafo, insieme ai principali parametri di interesse necessari per la definizione dell'azione sismica.

Nelle tabelle con T_R (in anni) e a_g (in g) si indica rispettivamente il tempo di ritorno e l'accelerazione di picco su suolo di categoria A.

In fase progettuale, fissato il periodo di riferimento V_R (vedi § 2.4 delle NTC DM 14 Gennaio 2008) e stabilita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento $P_V R$ (funzione dello stato limite considerato, Tabella 1), è possibile stimare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R attraverso l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Stati limite di esercizio (P_{VR})	Stati limite ultimi (P_{VR})
SLO - Stato limite di operatività (81%)	SLV- Stato limite di salvaguardia (10%)
SLD - Stato limite di danno (63%)	SLD – Stato limite di prevenzione del collasso (5%)

Tabella 1 -Definizione degli stati limite secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e relative probabilità di superamento PVR.

Qualora la pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno corrispondente al V_R e alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR fissate in progetto, il valore del generico parametro p (a_g , F_o , T^*c) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;
- T_{R1} , T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri a_g , F_o , T^*c relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

Si riportano di seguito le tabelle con i valori dei parametri a_g , F_o e T^*c , in funzione del periodo di ritorno T_R . I valori dei parametri a_g , F_o , T^*c sono stimati come media pesata dei valori assunti dai parametri nei 4 vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i 4 vertici sopraccitati.

Via Dei Mille					Da pk 0+000 a pk 1+500				
STATI LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_o	T^*_c [s]	STATI LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_o	T^*_c [s]
SLO	60	0.072	2.480	0.275	SLO	60	0.070	2.485	0.275
SLD	101	0.089	2.472	0.285	SLD	101	0.087	2.476	0.285
SLV	949	0.210	2.428	0.315	SLV	949	0.212	2.438	0.307
SLC	1950	0.262	2.452	0.322	SLC	1950	0.269	2.436	0.312
Periodo di riferimento per l'azione sismica	100				Periodo di riferimento per l'azione sismica	100			

Da pk 1+500 a pk 3+000					Da pk 3+000 a pk 6+144				
STATI LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_o	T^*_c [s]	STATI LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_o	T^*_c [s]
SLO	60	0.070	2.486	0.275	SLO	61	0.069	2.487	0.275
SLD	101	0.087	2.477	0.285	SLD	103	0.086	2.477	0.285
SLV	949	0.213	2.438	0.304	SLV	968	0.215	2.437	0.301
SLC	1950	0.271	2.431	0.310	SLC	1989	0.273	2.423	0.307
Periodo di riferimento per l'azione sismica	100				Periodo di riferimento per l'azione sismica	100			

7.4 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

Sulla base dei dati geognostici disponibili (prove SPT in corso di sondaggio), di seguito si riporta il quadro riassuntivo dei risultati conseguiti per la determinazione delle categorie di sottosuolo in corrispondenza delle aree interessate dal tracciato di progetto.

Progressive tracciato		V _{seq}	Categoria di suolo
da pk	a pk		
Via Dei Mille		259	C
0+000	1+500	264	C
1+500	3+000	307	C
3+000	6+144	289	C

Nel seguito la definizione per la categoria riscontrata lungo il tracciato secondo le Norme Tecniche 2018:

Categoria C – “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”

7.5 STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La suscettibilità di un deposito alla liquefazione è esprimibile attraverso la definizione di un coefficiente di sicurezza F_s , espresso come rapporto

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

dove CRR rappresenta la resistenza normalizzata del terreno, CSR è la tensione indotta dal terremoto e MSF è un fattore di scala che può essere valutato mediante abachi in funzione della magnitudo.

Quando $F_s > 1$ la liquefazione è da escludere, viceversa se $F_s < 1$ vi è la possibilità che occorranو fenomeni di liquefazione.

Applicando la metodologia empirica proposta da Boulanger e Idriss (2014) che fornisce una valutazione “integrale” degli effetti della liquefazione, la valutazione della suscettibilità a liquefazione effettuata per la verticale d’indagine ha permesso il calcolo del fattore di sicurezza (FSL) in funzione della resistenza dei livelli liquefacibili, espressa

tramite i valori di NSPT scaturiti dalle prove penetrometriche dinamiche ed utilizzando i valori più cautelativi in favore di sicurezza.

La profondità massima analizzata è di 20 m da p.c. come previsto da normativa. È stata considerata una Magnitudo attesa al sito di $M_w=6.1$ e una accelerazione massima attesa in superficie $a_g=0.21$ g, calcolata tramite approccio semplificato da normativa di riferimento.

Il calcolo di FSL, effettuato ai sensi dell'OPCM 3274/2003 con metodologia prevista nelle NTC/2018, fornisce, per la verticale d'indagine considerata, fattori di sicurezza alla liquefazione (FSL) superiori all'unità.

<i>Progressive tracciato</i>		Profondità (m)	N _{SPT}	F _s
<i>Da pk</i>	<i>A pk</i>			
Via Dei Mille		0 – 6,0	15	1,4
		6,0 – 20,0	27	1,7
0+000	1+500	0 – 3,0	28	3,0
		3,0 – 10,0	21	1,6
		10,0 – 15,0	17	1,1
		15,0 – 20,0	24	1,3
1+500	3+000	0 – 3,0	31	3,3
		3,0 – 10,0	27	2,0
		10,0 – 15,0	22	1,4
		15,0 – 20,0	28	1,6
3+000	6+144	0 – 3,0	11	1,2
		3,0 – 10,0	15	1,1
		10,0 – 15,0	21	1,3
		15,0 – 20,0	26	1,4

Nelle successive fasi progettuali sarà comunque necessario un approfondimento puntuale tramite l'ausilio di indagini mirate della suscettibilità al fenomeno di liquefazione sismica.

8. ARCHEOLOGIA

Parte integrante degli elaborati di carattere generale a supporto del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica della Tratta nord per Corticella della seconda linea tranviaria di Bologna, è rappresentata dallo Studio preventivo di valutazione dell'impatto archeologico, redatto a norma¹ e finalizzato a calibrare i livelli di fattibilità degli interventi con l'obiettivo primario di evitare o minimizzare l'interferenza con le presenze di interesse archeologico.

Tale procedura ha lo scopo di raccogliere le informazioni significative ai fini della caratterizzazione archeologica dell'area oggetto di intervento, prima dell'apertura dei cantieri, con l'intento di non arrecare danni al patrimonio antico, di non intralciare e rallentare il regolare svolgimento dei lavori nella fase esecutiva e, soprattutto, di fornire gli strumenti conoscitivi necessari alla Soprintendenza competente² per la formulazione delle prescrizioni operative e metodologiche più appropriate alla tutela del bene archeologico.

Ai fini della redazione di un documento di verifica preventiva di interesse archeologico, per un'analisi delle potenzialità del comprensorio oggetto di intervento, si è proceduto ad una prima fase conoscitiva:

- Acquisizione del tracciato e dei principali interventi di nuova realizzazione;
- Analisi degli strumenti di pianificazione territoriale;
- Indagini bibliografiche;
- Indagini archivistiche;
- Analisi della cartografia storica;

¹ La procedura di "verifica preventiva dell'interesse archeologico", comunemente conosciuta come "archeologia preventiva", introdotta nel nostro ordinamento dalla legge 109 del 25 Giugno 2005, di cui all'art. 25 del d.lgs. 50/2016 (ex artt. 95-96 del d.lgs. 163/2006), presenta i suoi riflessi sulla progettazione dei lavori pubblici, sia quelli comuni che le grandi infrastrutture sottoposti all'applicazione dello stesso Codice dei Contratti Pubblici.

² Funzionario SABAP-BO di riferimento Dott.ssa V. Manzelli

- Analisi di archivi di ortofoto e foto satellitari;
- Ricognizioni di superficie.

Tale fase ha prodotto una schedatura di dettaglio per ciascun sito individuato mediante lo spoglio bibliografico, archivistico, l'analisi della cartografia storica, del materiale fotografico e delle ricognizioni di superficie, cui ha fatto seguito la restituzione grafica della distribuzione delle evidenze riscontrate su una carta delle presenze archeologiche (5 tavole in scala 1:2.000, B381-C-SF-ARG-PP0001A - B381-C-SF-ARG-PP0005A).

È seguita poi una fase interpretativa: incrociando i dati elaborati nel corso della fase conoscitiva (l'analisi delle forme di occupazione e sviluppo del territorio, lo studio delle caratteristiche geomorfologiche, le testimonianze archeologiche certe e quelle ipotizzate sulla base della foto-interpretazione), si è formulata una valutazione del rischio archeologico con specifico riferimento alle peculiarità dell'opera progettuale (sviluppo lineare, profondità di scavo e varie criticità) e all'elaborazione di un' apposita cartografia, *Carta del rischio archeologico* (5 tavole in scala 1:2.000 – codice elaborati B381-C-SF-ARG-PP0006A - B381-C-SF-ARG-PP0010A).

In sintesi, dunque, per la definizione del potenziale e del rischio archeologico sono stati presi in considerazione diversi *parametri*:

- le caratteristiche geomorfologiche del territorio;
- le dinamiche storico-evolutive del comprensorio;
- la tipologia di indagini effettuate nell'area in oggetto e il dato quantitativo (carotaggi, sondaggi esplorativi, trincee, scavi archeologici sistematici, sporadici rinvenimenti, segnalazioni);
- la tipologia dei rinvenimenti e la distanza dall'opera progettuale (singolo ritrovamento, area archeologica vasta, sito pluristratificato, suolo con tracce di frequentazione; interferenza diretta/in area limitrofa/distante);

- le quote di rinvenimento dei giacimenti archeologici (tale elemento va raffrontato con le specificità progettuali e dunque con le profondità previste dall'intervento);
- lo stato di conservazione del giacimento archeologico (conservazione in situ o rimozione del medesimo);
- la tipologia dell'opera da realizzare (la valutazione del rischio è realizzata tenendo conto della profondità dell'evidenza archeologica in relazione all'effettiva asportazione di terreno necessaria alla realizzazione del progetto).

Alla luce dei parametri indicati e sulla base della valutazione del potenziale archeologico è stata definita una scala di rischio suddivisa in tre gradi:

- **ALTO** – *e/o rischio certo* per interferenza diretta con emergenze archeologiche o con aree di accertata rilevanza storico-archeologica; (colore rosso sulla cartografia tematica)
- **MEDIO** – *rischio probabile* poiché si tratta di areali prossimi ad evidenze archeologiche o che presentano analogie con contesti simili per condizioni geomorfologiche, storico-culturali (colore arancione sulla carta tematica);
- **BASSO** - *rischio basso o non facilmente determinabile* se nell'area di progetto sono state effettuate indagini dirette e/o indirette e non sono emersi elementi riconducibili a preesistenze archeologiche, fattore che non esclude a priori l'assenza di rischio (colore giallo sulla carta tematica).

Per quel che concerne nel dettaglio l'area di intervento, lo spoglio bibliografico ed archivistico, ha permesso di individuare un contenuto numero di siti archeologici utile a ricostruire le diverse forme di occupazione del territorio nelle varie fasi storiche, dall'età pre-protostorica all'età moderna.

In generale, si può considerare che un numero limitato di rinvenimenti archeologici, in quest'area alla periferia nord di Bologna, potrebbe essere conseguenza del fatto che il processo di espansione edilizia documentato a partire dagli anni '50 del Novecento, è avvenuto in un momento in cui la "sensibilità" nei confronti del patrimonio archeologico e del suo potenziale riguardava principalmente le aree urbane e meno quelle periferiche. Poco consistenti le tracce riferibili ad epoca preromana, poste a quote comprese tra i m 6 e 9 di profondità circa dal pcl, solo sporadicamente raggiunte nel corso di interventi di urbanizzazione o infrastrutturali (numericamente più consistenti), ma prevalentemente nel corso di scavi per lottizzazioni o grandi imprese.

La maggior parte dei rinvenimenti si riferisce al periodo romano (quota compresa tra m 4 e 5 di profondità circa dal pcl): attraverso la disamina dei siti schedati e mediante il confronto con aree morfologicamente simili è stato possibile ricostruire l'assetto di quest'area suburbana, caratterizzata da una forma di insediamento sparso formatosi in relazione alla centuriazione e in cui le aree cimiteriali si distribuiscono in prossimità dei principali assi stradali.

La disamina della cartografia storica e l'indagine bibliografica hanno permesso di accertare una continuità insediativa in epoca medievale e post medievale, come si evince dalla persistenza di alcune direttrici stradali NS (via di Corticella, via dell'Arcoveggio, via di Saliceto e via Ferrarese), dallo sviluppo a partire dall' XI secolo circa del Borgo di Corticella e dalla presenza del canale Navile, veicolo di collegamento e commercio verso il nord.

In generale si rileva che tutto il tracciato della nuova diramazione si snoda in un comparto che nel *PSC di Bologna – Tavola dei Vincoli, Testimonianze storiche e archeologiche* è inquadrato in un'area a potenziale basso, seppur prossima alle aree a medio potenziale identificate nel quartiere fieristico ad est e nell'area del Navile – via Gobetti ad ovest.

Un'altra area a medio potenziale si inquadra a NE del settore di intervento, per la presenza di evidenti sopravvivenze di stampo centuriale (nel PTCP l'area indicata rientra

nella zona di tutela degli assi della centuriazione romana di cui il più prossimo supposto è lungo la direttrice via del Tuscolano/via Saliceto).

In seguito all'indagine condotta sono stati ascritte ad una fascia di rischio alto/certo tutte le infrastrutture di nuova realizzazione: il sottopasso di Via Ferrarese, il sottoattraversamento ferroviario, la sottostazione fuori terra di via Saliceto, il sottoattraversamento di via di Corticella in corrispondenza del Passante, la sottostazione di via dei Giardini, l'allargamento del Ponte sul Navile, il capolinea di Corticella e la relativa sottostazione.

Si ascrive un rischio medio a tutta la linea che si snoda su via di Corticella, via Bentini, via Sant'Anna, via Byron, via Shakespeare e all'ultimo tratto che arriva fino al deposito di Corticella.

Si ritiene che si possa attribuire un rischio archeologico basso all'intervento di ampliamento del sottopasso esistente in corrispondenza della Stazione SFM di Corticella, poiché in parte da realizzarsi in corrispondenza di terreni di riporto e poiché si prevede di mantenere la quota attuale.

9. AMBIENTE

Nell'ambito della progettazione di fattibilità tecnica ed economica della presente linea è stato redatto lo studio di prefattibilità ambientale dell'intervento proposto.

Tale studio descrive l'inquadramento del territorio interessato dal progetto, unitamente all'esito delle indagini ambientali eseguite, la descrizione delle soluzioni prescelte sotto il profilo localizzativo e funzionale, nonché eventuali problematiche riscontrate. L'analisi ha previsto un primo inquadramento delle problematiche ambientali, attraverso la verifica preliminare di compatibilità rispetto gli scenari programmatici e agli strumenti per la tutela delle risorse naturali e paesistico-territoriali.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti parti:

- Principali caratteristiche dell'intervento: fornisce l'inquadramento delle aree interessate dal progetto, le principali caratteristiche dell'intervento in progetto, le alternative di tracciato e le prime indicazioni in merito alla cantierizzazione;
- Analisi degli strumenti di pianificazione urbanistica, ambientale e di settore: fornisce gli elementi conoscitivi delle relazioni tra l'opera in progetto e gli strumenti di pianificazione/programmazione territoriale e settoriale, verificandone la conformità;
- Ambiente: ricostruzione dello stato attuale, delle problematiche ambientali e delle misure di contenimento degli impatti: descrive l'inquadramento del territorio e dell'ambiente interessati dall'opera, le componenti ed i fattori ambientali interessati ed evidenzia le relazioni con l'opera in progetto;
- Allegati grafici esplicativi.

9.1 LINEE GUIDA DI APPLICAZIONE DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI

Sono state illustrate le modalità con cui il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) e le successive fasi progettuali della linea della tranvia di Bologna, compatibilmente con il contesto e le esigenze progettuali, risponderanno ai principi di sostenibilità definiti dai

“Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l’affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”, approvato con DM 11 ottobre 2017, in G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017.

Il **GPP** (Green Public Procurement) è definito dalla Commissione europea come “l’approccio in base al quale le Amministrazioni Pubbliche integrano i criteri ambientali in tutte le fasi del processo di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie ambientali e lo sviluppo di prodotti validi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull’ambiente lungo l’intero ciclo di vita”.

I **Criteri Ambientali Minimi (CAM)** sono i requisiti ambientali volti a indirizzare gli enti pubblici verso una razionalizzazione dei consumi e degli acquisti e forniscono delle “considerazioni ambientali”, collegate alle diverse fasi delle procedure di gara volte a qualificare dal punto di vista della riduzione dell’impatto ambientale gli affidamenti e le forniture lungo l’intero ciclo di vita del servizio/prodotto. La loro applicazione sistematica ed omogenea consente di diffondere le tecnologie ambientali e i prodotti ambientalmente preferibili e produce un effetto leva sul mercato, inducendo gli operatori economici meno virtuosi ad adeguarsi alle nuove richieste della pubblica amministrazione.

Con il nuovo Codice appalti (D.lgs 50/2016), che conferma quanto previsto dalla L.221/2015, il GPP è diventato obbligatorio. Infatti, l’**art. 34 “criteri di sostenibilità energetica e ambientale” del D.Lgs 50/2016** “Codice dei contratti pubblici” pone l’obbligo per le stazioni appaltanti di contribuire al conseguimento degli obiettivi ambientali previsti dal Piano d’Azione Nazionale attraverso l’inserimento nella documentazione di gara delle specifiche tecniche contenute nei CAM. Questo obbligo garantisce che la politica nazionale in materia di **appalti pubblici verdi** sia incisiva non solo nell’obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, ma nell’obiettivo di promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili di economia circolare e green economy. Oltre alla valorizzazione

della qualità ambientale e al rispetto dei criteri sociali, l'applicazione dei Criteri Ambientali Minimi risponde anche all'esigenza della Pubblica Amministrazione di razionalizzare i propri consumi, riducendone ove possibile la spesa in un'ottica di valutazione costi-benefici.

In merito al punto 2.2 dei CAM “Specifiche tecniche per gruppi di edifici” sono stati analizzati i seguenti aspetti:

- Inserimento naturalistico e paesaggistico
- Sistemazione aree a verde
- Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli
- Conservazione dei caratteri morfologici
- Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico
- Riduzione dell'impatto sul sistema idrografico superficiale e sotterraneo
- Infrastrutturazione primaria
- Infrastrutturazione secondaria e mobilità sostenibile
- Rapporto sullo stato dell'ambiente

In merito al punto 2.4 dei CAM “Specifiche tecniche dei componenti edilizi” sono stati analizzati i seguenti aspetti:

- Criteri comuni a tutti i componenti edilizi
- Criteri specifici per i componenti edilizi

9.2 CANTIERIZZAZIONE

Nell'ambito del progetto della cantierizzazione sono state individuate le fasi esecutive dell'opera tenendo conto dei seguenti aspetti:

- attenzione agli inconvenienti riguardanti la penalizzazione del traffico esistente, in base al quale nella successiva fase progettuale dovrà essere redatto un apposito calendario dei lavori da rendere noto ai cittadini, per consentire la pianificazione del traffico gommato;
- individuazione delle aree di cantiere definita sulla base delle esigenze legate alle varie tipologie di opere, dell'esame dei collegamenti con la viabilità esistente e dell'accesso all'area logistica;
- utilizzo per la realizzazione dell'opera della sola viabilità esistente, escludendo l'apertura di nuove piste.

9.3 ANALISI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, AMBIENTALE E DI SETTORE

È stata analizzata la coerenza con i seguenti strumenti pianificatori di rilevanza regionale e locale:

- Piano Territoriale Regionale (PTR) dell'Emilia-Romagna
- Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) dell'Emilia-Romagna;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni - Regione Emilia-Romagna e Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PSAI);
- Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Emilia-Romagna;
- Piano Aria Integrato Regionale (PAIR);
- Piano Energetico Regionale (PER) E Piano d'Azione per L'energia Sostenibile (PAES);
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP);
- Piano Strutturale Comunale (PSC), Piano Operativo Comunale (POC), Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) Comune di Bologna;

- Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) della Città Metropolitana di Bologna;
- Piano Strutturale Comunale (PSC), Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) Comune di Castel Maggiore;
- Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) del Comune di Bologna.

9.4 L'AMBIENTE: RICOSTRUZIONE DELLO STATO ATTUALE, DELLE PROBLEMATICHE E DELLE MISURE DI CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI

È stata effettuata l'analisi della qualità ambientale con riferimento alle componenti dell'ambiente potenzialmente interessate dalla realizzazione degli interventi in progetto. Sono stati inoltre descritti, in via preliminare, i prevedibili effetti ambientali legati alla realizzazione del progetto e le misure previste per evitare, ridurre e compensare dal punto di vista ambientale gli eventuali effetti negativi indotti dal progetto sull'ambiente. Le componenti analizzate sono state le seguenti:

- Mobilità e traffico;
- Atmosfera;
- Rumore;
- Vibrazioni;
- Acque superficiali e sotterranee;
- Suolo e sottosuolo;
- Paesaggio e patrimonio storico/culturale;
- Ecosistemi, vegetazione e flora, fauna;
- Energia ed elettromagnetismo;
- Sistema insediativo, condizioni socio-economiche e salute pubblica.

9.4.1 MOBILITÀ E TRAFFICO

In merito alla componente mobilità e traffico è stato redatto apposito studio trasportistico per il progetto in esame, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

9.4.2 *ATMOSFERA*

Sulla base dei flussogrammi di traffico forniti dallo studio trasportistico sono state considerate sia le viabilità proprie del progetto che le viabilità limitrofe: da qui è stata definita la variazione delle concentrazioni dei principali inquinanti del traffico stradale, analizzando la differenza tra lo stato di fatto e lo stato di progetto. La variazione assoluta delle emissioni è stata effettuata considerando anche le viabilità limitrofe con potenziali ripercussioni sui volumi di traffico nel passaggio dallo stato di fatto a quello di progetto, includendo anche uno scenario intermedio di riferimento in cui si ipotizza l'entrata in esercizio della Linea Rossa nella distribuzione dei flussi di traffico.

È stato evidenziato come in generale l'entrata in esercizio di una nuova linea tramviaria comporti un'attrazione per chi attualmente si sposta con il proprio mezzo privato, con una conseguente diminuzione dei livelli di traffico sia nelle strade immediatamente adiacenti che nella complessiva rete viaria metropolitana. A tale diminuzione dei volumi di traffico è generalmente legata una parallela diminuzione delle emissioni di inquinanti: nell'ambito dello studio di pre-fattibilità dell'opera, i fattori di emissione dello stato di fatto, relativi all'ultimo aggiornamento disponibile del 2019, sono stati mantenuti invariati anche per gli scenari futuri (scenario di riferimento e scenario di progetto), operando quindi a favore di sicurezza.

L'analisi si è articolata su un inquadramento normativo preliminare, sulla definizione degli inquinanti caratteristici del traffico stradale e sul calcolo delle concentrazioni e delle emissioni nell'area di progetto, noto lo scenario meteorologico locale e lo stato attuale della qualità dell'aria.

La stima della dispersione in atmosfera degli inquinanti, dovuta a traffico veicolare in condizioni di esercizio, è stata effettuata attraverso la simulazione con il modello di dispersione atmosferica CALINE4 (implementato nel software MMSCaline), per lo stato attuale e per lo stato di progetto.

9.4.3 RUMORE

La “Legge quadro sull’inquinamento acustico” n. 447 del 26/10/1995 ha precisato l’orientamento normativo. Il DPCM 14/11/97 fissa i limiti massimi accettabili nelle diverse aree territoriali e definisce, al contempo la suddivisione dei territori comunali in relazione alla destinazione d’uso e l’individuazione dei valori limiti ammissibili di rumorosità per ciascuna area, riprendendo in parte le classificazioni già introdotte dal DPCM 01.03.1991. Il DPCM 14/11/97 stabilisce inoltre per l’ambiente esterno valori limite assoluti di immissione (tab.3.2), i cui valori si differenziano a seconda della classe di destinazione d’uso del territorio, mentre, per gli ambienti abitativi sono stabiliti dei anche limiti differenziali.

Con Deliberazione del Consiglio Comunale OdG 336/15 (PG 328998/15) è stata approvata la variante alla Classificazione acustica del territorio comunale, con le relative Norme tecniche di attuazione, elaborata secondo i criteri stabiliti dalla Regione Emilia-Romagna con DGR n. 2053/2001, recante “Criteri e condizioni per la classificazione del territorio”. Per la caratterizzazione del clima acustico dell’area di studio è stata effettuata una campagna di monitoraggio acustico costituita da n. 6 misure della durata di 24 ore, condotte presso ricettori ritenuti significativi lungo lo sviluppo del tracciato.

Per l’esecuzione della campagna di rilievo del rumore è stata utilizzata una strumentazione conforme agli standard prescritti dall’articolo 2 del Decreto del Ministero dell’Ambiente 16 marzo 1998 “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico”.

A supporto delle valutazioni derivanti dalla fase di rilievo è stato utilizzato il software di calcolo SoundPlan® 8.2: partendo dal database reso disponibile dal Comune di Bologna comprensivo di edifici, strade, punti quotati, aree verdi ecc..., integrati graficamente con gli edifici e le infrastrutture del Comune di Castel Maggiore, si è proceduto all’implementazione con i dati di traffico stradale derivante dallo studio trasportistico.

Si sottolinea come la caratterizzazione delle sorgenti esistenti non è accurata per quel che concerne i singoli punti di emissione ma solo per quel che riguarda l'effetto globale sui recettori.

Dalle simulazioni sviluppate si evince che nello scenario di progetto, ovvero con il passaggio della linea tranviaria e senza l'introduzione di nuove viabilità alternative, si assiste ad un miglioramento dei valori di pressione acustica su tutti i recettori individuati al netto della tolleranza modellistica (+/-0,5 dB), fatti salvo quelli ubicati in prossimità di viabilità lungo le quali è previsto un incremento del traffico stradale, ossia lungo Via Ferrarese, Via Byron e Via Shakespeare, ed esclusivamente nel periodo di riferimento notturno. Inoltre, si rileva un lieve aumento dei livelli di pressione sonora presso i recettori più prossimi al parcheggio Bassanelli.

Per i suddetti recettori, in fase di progettazione definitiva dei parcheggi, si potranno prevedere interventi di mitigazione.

Per le aree nelle quali la variazione positiva acustica si presuppone legata al passaggio della tramvia si potranno valutare opportuni accorgimenti quali:

- lubrificazione del sistema rotaia/ruota mediante l'utilizzo di grasso biodegradabile per ridurre lo stridio;
- utilizzo di sistema di “armamento massivo” con utilizzo di materassino antivibrante da posare sotto la soletta di cemento su cui sono appoggiate le rotaie;
- utilizzo di una gomma per il rivestimento dei binari, efficace anche contro le vibrazioni;
- modifica del profilo delle ruote;
- riduzione della velocità della tramvia.

Infine, nei casi in cui gli sforzi effettuati per contenere i livelli sonori non risultino sufficienti, si può ipotizzare il ricorso ad interventi puntuali di mitigazione del rumore, quali ad esempio il raddoppio degli infissi e/o l'installazione di finestre fonoisolanti/silenti, atti a non conseguire la variazione acustica positiva evidenziata.

9.4.4 VIBRAZIONI

Lo studio dell'impatto vibrazionale è stato basato su una tecnica di quantificazione delle vibrazioni e della loro percezione da parte dell'uomo che deriva dall'applicazione delle norme tecniche italiane UNI 9614 (Valutazione del disturbo alle persone), nonché degli effetti delle vibrazioni su manufatti edili che deriva dall'applicazione della UNI 9916 (Valutazione del danno alle strutture edilizie).

Le norme identificano quattro soglie per la valutazione del discomfort in ambienti di vita e due per i danni di soglia ai manufatti edili.

Nell'area urbana di Bologna che sarà interessata dalla realizzazione della linea tranviaria Corticella non esistono attualmente fonti di vibrazioni specifiche di livello potenzialmente confrontabile con l'emissione propria dei convogli tranviari, tuttavia su diverse strade è presente un sostenuto traffico veicolare, con transito di mezzi pesanti, a fronte di una pavimentazione caratterizzata da discontinuità.

Pertanto, la situazione ambientale, dal punto di vista vibrazionale, è caratterizzata dai tipici livelli di accelerazione che è possibile riscontrare in qualunque realtà urbana, in presenza di pavimentazione non perfettamente livellata.

Al fine di valutare "a campione" i valori dei livelli delle vibrazioni presenti nella situazione "ante-operam", è stata condotta in data 22 novembre 2018 una campagna di rilevamento presso il punto PM01, Via Giacomo Matteotti, di fronte al Teatro Testoni Ragazzi - la Baracca (30 min.).

La valutazione non ha evidenziato livelli vibrazionali significativi, grazie sia alla sostanziale assenza di sorgenti di vibrazioni ed alla natura poco propagativa delle pavimentazioni, siano esse in pietra o asfalto, dotate di un cassonetto in materiale granulare compattato caratterizzato da ottime capacità di smorzamento delle vibrazioni. Si è poi proceduto ad analizzare i livelli di vibrazione previsionali con l'ausilio di dati di letteratura tecnica, ovvero campagne di rilievo sperimentale da cui è stato possibile

definire uno spettro tipico di emissione dei convogli tranviari, che dà luogo, su armamento non antivibrante, ad un livello di emissione del singolo binario pari a 73.5 dB a 5m di distanza dall'asse.

Si è valutato come tale livello di emissione possa essere causa di problemi in caso di recettori posti a breve distanza dalla linea: è stata quindi valutata l'attenuazione ottenibile mediante l'inserimento del sistema di armamento antivibrante, previsto in punti sensibili della linea, cui è stata aggiunto l'effetto dell'attenuazione dovuta alla distanza dal binario, ovvero dalla dissipazione dovuta al terreno percorso.

I risultati ottenuti hanno mostrato il rispetto dei valori limite proposti dalla normativa tecnica volontaria e nello specifico UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" e la UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

9.4.5 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

9.4.5.1 Acque superficiali

L'area di studio rientra tra i 47 bacini idrografici individuabili sul territorio regionale, tributari del Fiume Po o del mare Adriatico, drenanti areali imbriferi di almeno 10 km².

Di essi, 22 si immettono nel fiume Po e interessano essenzialmente le province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia e Modena, mentre i restanti 25, riferibili sostanzialmente alle province di Bologna, Ferrara e alle province della Romagna, sfociano direttamente in Adriatico.

La Direttiva Quadro per le Acque 2000/60/CE, recepita in Italia dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 recante "Norme in materia ambientali" ha come obiettivi la tutela e il miglioramento della qualità ambientale attraverso la progressione verso condizioni più soddisfacenti, la protezione degli ecosistemi acquatici e l'utilizzo accorto e razionale della risorsa idrica promuovendone un utilizzo sostenibile, prevenendone l'ulteriore

deterioramento, proteggendo migliorando lo stato degli ecosistemi acquatici e delle zone umide associate.

Il Decreto Monitoraggio DM 260/10 individua due tipologie di monitoraggio con obiettivi differenti, Sorveglianza e Operativo, che prevedono attività e frequenze diverse, sessennale il primo e triennale il secondo.

Il nuovo sistema di monitoraggio pianificato ai sensi della direttiva è stato approvato con Delibera di Giunta Regione Emilia-Romagna n. 350/2010 e costituisce parte integrante del Piano di Gestione 2010-2015. La metodologia applicata per le acque superficiali fluviali ha condotto all'individuazione, sul territorio regionale, di 18 tipi di aste naturali e di 4 tipi di aste artificiali.

Nell'Area Metropolitana di Bologna nel biennio 2014-2015 sono state monitorate n. 37 stazioni di prelievo, tutte ricadenti nel Bacino Reno ad eccezione della stazione sul Torrente Dardagna che invece si colloca nel Bacino Panaro. Nel 2016 sono state monitorate n. 30 stazioni di prelievo, tutte ricadenti nel Bacino Reno.

Le stazioni sottoposte a monitoraggio di Sorveglianza sono state n. 6 nel biennio 2014-2015 e n. 3 nel 2016, tutte le altre invece sono state sottoposte a monitoraggio Operativo. Per tutte le stazioni è previsto un profilo analitico di base che è stato implementato e integrato di volta in volta a seconda della tipologia di pressioni e impatti presenti sul corpo idrico.

Osservando l'andamento complessivo dell'area metropolitana in generale il Fosforo totale è, dei tre parametri, quello che ha la percentuale più alta nel livello 1 per l'anno 2016 e l'azoto nitrico per il biennio 2014-2015, l'azoto ammoniacale pur avendo una buona percentuale nei livelli 1 e 2 ne ha una molto alta in livello 5.

Al fine di valutare lo Stato Chimico e dello Stato Ecologico dei corpi idrici sono state inoltre ricercate rispettivamente le sostanze dell'elenco delle priorità elencate nella Tabella 1/A – “Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità”

dell'Allegato 1 del D.M. 260/10 e gli inquinanti specifici presenti nella Tabella 1/B dell'Allegato 1 del D.M. 260/10 allo Stato Ecologico.

9.4.5.2 Acque sotterranee

Nel contesto ambientale dell'Emilia-Romagna tutta la pianura contiene corpi idrici sotterranei significativi e come tale è da monitorare, ma ai corpi stessi si riconosce diversa importanza gerarchica.

Gli approfondimenti relativi al modello concettuale dell'acquifero regionale hanno portato alla definizione dei corpi idrici significativi (complessi idrogeologici) il cui elenco è riportato nella Tabella che segue e la cui distribuzione in pianta è riportata nella Tabella che segue.

L'area oggetto di intervento si inserisce all'interno del complesso idrogeologico delle conoidi alluvionali appenniniche, tra le conoidi maggiori e intermedie.

Nelle aree di ricarica sono previste dal PTA una serie di limitazioni alle attività antropiche, finalizzate alla tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche sotterranee, nelle zone di pianura, in riferimento all'utilizzo idropotabile e, nel caso dei fontanili, in riferimento al loro valore ecologico-ambientale. Queste limitazioni riguardano nello specifico le attività agrozootecniche (spandimento sui suoli agricoli di effluenti zootecnici, fertilizzanti, fanghi e fitofarmaci), le attività estrattive, attività di smaltimento rifiuti, attività industriali, estensione e tipologia di opere di urbanizzazione e di infrastrutturazione tecnologica e viaria.

Le aree interessate dal tracciato in oggetto si collocano parzialmente all'interno del Settore B di ricarica della falda e marginalmente nel Settore A.

La direttiva europea 2000/60/CE prevede il monitoraggio dei corpi idrici per la definizione sia dello stato quantitativo sia di quello chimico, attraverso due apposite reti di monitoraggio:

- rete per la definizione dello stato quantitativo: effettuato per fornire una stima affidabile delle risorse idriche disponibili e valutarne la tendenza nel tempo, al fine di verificare se la variabilità della ricarica e il regime dei prelievi risultano sostenibili sul lungo periodo;
- rete per la definizione dello stato chimico: per la definizione dello stato chimico è articolato nei seguenti programmi:
 - monitoraggio di sorveglianza;
 - monitoraggio operativo

In diversi casi le stazioni di monitoraggio appartengono ad entrambe le reti.

Complessivamente si evidenzia che il 79% dei corpi idrici è in stato “buono”, pari a 115 corpi idrici rispetto i 145 totali. Si tratta di corpi idrici collinari e montani, di fondovalle, freatici e profondi di pianura alluvionale.

Questi ultimi rappresentano ca. il 70% della superficie totale di pianura. Il resto dei corpi idrici, il 21% pari a numero 30 del totale, è in stato quantitativo “scarso”, cioè a rischio di non raggiungere gli obiettivi fissati dalla normativa.

Lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei è stato desunto a partire dallo stato chimico calcolato per ciascuna stazione di monitoraggio. Complessivamente si evidenzia che il 68% dei corpi idrici è in stato di “buono”, pari complessivamente a 99 rispetto i 145 totali. Si tratta di corpi idrici collinari e montani, di fondovalle e profondi di pianura alluvionale. Il resto dei corpi idrici, il 32% pari a 46 del totale, è in stato chimico “scarso”, che contribuisce a mettere a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità nazionali ed europei. Si tratta di 36 corpi idrici di conoide alluvionale appenninica, 8 montani e 2 freatici di pianura. Questi ultimi, che sono a diretto contatto con tutte le attività antropiche svolte in pianura, evidenziano come principali sostanze che non permettono di raggiungere lo stato di “buono” i nitrati e i fitofarmaci, mentre non risulta al momento critica la presenza di organoalogenati.

9.4.6 SUOLO E SOTTOSUOLO

9.4.6.1 Inquadramento geomorfologico, geologico, idrogeologico e sismico

Dal punto di vista morfologico, nell'ambito del comune di Bologna, si distinguono un sistema collinare ed un sistema di pianura. L'individuazione dei due sistemi, caratterizzati da una evoluzione strutturale indipendente, è legata all'esistenza, in corrispondenza del settore pedecollinare, del lineamento tettonico ad andamento NW-SE correlabile alla struttura di thrust nota in letteratura con la denominazione Sovrascorrimento Frontale Pedeappennico o PTF.

Gli elementi geomorfologici riscontrabili in corrispondenza del tracciato in progetto sono essenzialmente ascrivibili ad ambienti di deposizione alluvionale quali ambiente di conoide, di piana alluvionale e, localmente, di terrazzo alluvionale.

La media e la bassa pianura si collocano a Nord del settore individuato e procedendo in direzione Sud-Nord si assiste ad un progressivo aumento dei litotipi a granulometria fine. Le quote variano da 80-90 m s.l.m. m a ridosso del margine appenninico a 32 m s.l.m. m in prossimità del confine settentrionale del territorio comunale.

Dal punto di vista dell'assetto geologico regionale, la formazione della pianura bolognese, nella quale è situato il territorio in esame, è legata all'evoluzione tettonica-sedimentaria del bacino padano.

La pianura bolognese è quindi compresa tra il sistema tettonico del "sovrascorrimento pedeappenninico" ed il fianco meridionale delle pieghe della Dorsale Ferrarese.

Lo schema di riferimento della successione geologico-stratigrafica per la pianura bolognese è costituito dalla successione di tre diverse sequenze deposizionali:

- Supersintema del Pliocene medio-superiore: costituisce la base dei gruppi acquiferi del bolognese (età da 3,6 a 2,2 milioni di anni)

- Supersistema del Quaternario marino: caratterizzato dalla presenza di 4 complessi acquiferi, depositatisi nel periodo compreso tra 2,2 e 0,65 milioni di anni;
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, che rappresenta la successione quaternaria continentale.

I terreni affioranti nei pressi dell'area in progetto sono raggruppati nel Supersistema Emiliano Romagnolo e sono inserite nel Subsistema di Ravenna (AES8) come facies di limi sabbiosi.

Per quanto riguarda l'inquadramento idrogeologico, gli acquiferi nell'area di pianura bolognese assumono un ruolo di primaria importanza nell'ambito della gestione delle risorse idriche sotterranee, alimentando i tre principali centri di approvvigionamento idrico comunale.

Come evidenziato da ARPA nel progetto di rilievo della subsidenza in Emilia-Romagna realizzato per la Regione e la Provincia di Bologna, l'elemento primario è stato l'aggiornamento delle conoscenze sul fenomeno della subsidenza da un punto di vista geometrico, su un'area di indagine che comprende l'intera pianura regionale, circa 11.000 km².

9.4.6.2 *Modello geologico e caratterizzazione meccanica dei terreni*

Da un punto di vista stratigrafico, tenendo conto della inevitabile eterogeneità delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nell'intera area è possibile distinguere diverse facies che si succedono in modo non sequenziale nel sottosuolo, con rapporti stratigrafici fortemente eteropici e conseguenti repentine variazioni e cambi di facies sia in senso orizzontale che verticale.

Tale assetto stratigrafico con l'indicazione della distribuzione delle diverse unità geologiche in profondità è rappresentato nella sezione litostratigrafica allegata alla

relazione geologica. La reale geometria delle diverse unità è accertata solo in corrispondenza delle verticali d'indagine prese in esame, mentre per le altre distribuzioni, trattandosi di estrapolazioni su base sedimentologica in funzione delle indagini, sono da tener conto possibili variazioni locali.

9.4.6.3 *Esame interferenze siti contaminati con le aree di studio*

La Regione Emilia-Romagna con DGR n. 1106 dell'11 luglio 2016 ha istituito l'Anagrafe regionale dei Siti da Bonificare.

Il primo Piano regionale fu approvato con DGR n. 637/1995; con successivo atto n. 1058/1998 del Consiglio regionale fu approvato il Programma degli interventi di bonifica finanziati. Il Piano è attualmente in fase di nuova emissione.

Da quanto esaminato, si evince che il tracciato non interferisce direttamente con nessun sito contaminato e/o bonificato.

Per questo aspetto è stato eseguito un approfondimento, andando ad indagare la presenza dei siti oggetto di procedimento di bonifica ai sensi del Decreto Legislativo n. 152 del 2006 sulla base di uno strumento più aggiornato, il Piano Urbanistico Generale del Comune di Bologna, non ancora in vigore.

9.4.6.4 *Consumo di suolo*

È stato esaminato il consumo di suolo e le relative alternative di localizzazione delle aree di capolinea, partendo dal presupposto che, per rispondere alle esigenze progettuali ed ottimizzare l'efficienza del servizio in fase di esercizio, l'area nella quale verrà realizzato il deposito deve rispondere ai seguenti requisiti: dimensione dell'area e distanza dalla linea della tranvia.

Si evidenzia come in prossimità del tracciato di progetto della linea tranviaria non siano presenti aree dismesse di dimensioni sufficienti alle esigenze individuate per il terminal

che possano rappresentare una “ragionevole alternativa localizzativa che non determina consumo di suolo”.

La tabella di seguito riportata sinteticamente quanto analizzato per il consumo di suolo, evidenziando come l’alternativa 2 nel Comune di Castel Maggiore sia quella compatibile con le esigenze progettuali ed il contesto territoriale.

	Alternativa 1 aree libere intercluse nel tessuto urbano residenziale del quartiere Corticella nel Comune di Bologna	Alternativa 2 area libera nel Comune di Castel Maggiore
Localizzazione	Uniche due aree libere nel tessuto urbano residenziale di Corticella.	Area agricola nel Comune di Castel Maggiore lungo la linea ferroviaria
Superficie territoriale	La prima area di 22.000 mq si trova a nord di via W. Shakespeare, mentre la seconda area di circa 11.000 mq ad ovest di via Bentini. Le dimensioni complessive delle due aree non soddisfano a pieno le esigenze progettuali	Macroarea a disposizione di circa 140.000 mq che permette diverse soluzioni progettuali: l’area necessaria alle esigenze progettuali, di circa 35.000 mq, può essere individuata lungo la linea ferroviaria esistente
Distanza dalla linea tranviaria	Per collegare le due aree sarebbe necessario un sovrappasso pedonale di circa 150 m su via Shakespeare: tale soluzione è l’unica percorribile per garantire un collegamento in sicurezza fra le due aree, seppur vada attentamente progettata per evitare problemi di degrado nelle ore notturne e agevolare il percorso alle diverse categorie di pedoni (anziani, disabili, bambini).	In collegamento diretto alla fermata capolinea della linea tranviaria.
Nuove opportunità generate dalla trasformazione	Il PSC individua nella sezione Situazioni, in corrispondenza dell’area oggetto di valutazione, una risorsa ecologica ambientale, quale parte integrante del Parco Lungo Navile, dove si prevede il completamento del sistema delle aree verdi fruibili, l’inserimento di parcheggi, la tutela e il ripristino del paesaggio rurale, la piantumazione di essenze e il recupero e la valorizzazione del patrimonio architettonico e dei manufatti idraulici. Tale previsione rappresenta una chiara strategia di sviluppo difficilmente	Il progetto di terminal del TPL, in vicinanza all’area produttiva-artigianale del Comune di Castel Maggiore può promuovere l’accessibilità a tale area. Per la fruibilità del territorio, si potrebbe promuovere la ciclovia esistente ad ovest del Canale Navile attraversamento collegamento ciclabile dal capolinea.

	Alternativa 1 aree libere intercluse nel tessuto urbano residenziale del quartiere Corticella nel Comune di Bologna	Alternativa 2 area libera nel Comune di Castel Maggiore
	compatibile con la realizzazione del terminal	
Consumo di suolo	sì	sì
Accessibilità veicolare	L'area ha un elevato livello di accessibilità veicolare trovandosi in corrispondenza dell'intersezione fra via Bentini e via W. Shakespeare, classificate dal PUMS come "principali strade urbane"	Elevata: si accede all'area da via G. Di Vittorio, viabilità extraurbana secondaria di livello provinciale. Tale localizzazione permette di evitare traffico veicolare da/per parcheggio scambiatore all'interno di tessuto residenziale.
Intermodalità	il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) individua in questa zona un centro di mobilità urbano	Il progetto stesso proposto è volto alla promozione dell'intermodalità fra le diverse forme di mobilità (tram, bus, auto, bici, pedoni). Si potrebbe promuovere l'accesso alla ciclovvia esistente ad ovest del Canale Navile.
Vincoli	<ul style="list-style-type: none"> - fascia di inedificabilità del depuratore; - fascia di tutela fluviale legata al rischio di esondazione; - fascia di vincolo paesaggistico del Canale Navile. 	<ul style="list-style-type: none"> - fascia di rispetto ferroviario
Sensibilità paesaggistica del sito di intervento	<ul style="list-style-type: none"> - alta, in considerazione della vicinanza al Canale Navile e all'inserimento nel tessuto urbano del quartiere Corticella 	<ul style="list-style-type: none"> - media, in considerazione della possibilità di mantenere l'intervento a distanza dal Canale Navile.

9.4.7 PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE

Lo studio della componente Paesaggio è stato svolto definendo due principali livelli di analisi, specificatamente riconducibili ai seguenti aspetti principali:

- inquadramento del contesto paesaggistico di ambito vasto in cui il progetto si inserisce;
- caratterizzazione paesaggistica e percettiva dell'area di riferimento del progetto.

La fase di caratterizzazione "paesaggistica" dell'ambito territoriale interessato dalla realizzazione dell'opera - verificata attraverso l'analisi di fotografie aeree e sopralluoghi,

integrata con l'analisi del Piano Paesistico Territoriale Regionale (PTPR) e del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia (PTCP) di Bologna, ha rappresentato lo strumento fondamentale di conoscenza e di descrizione "aggregata" dei caratteri fisici, socio - culturali e paesistici dell'ambito esaminato.

La necessità metodologica d'individuazione di questi elementi strutturali è essenzialmente finalizzata a rispondere a due tipi d'esigenze.

La prima è di descrivere ed interpretare il paesaggio, inteso non come semplice sommatoria di elementi, ma come unità sistemica mutevole e dinamica, al fine di individuarne i caratteri e le valenze che possano evidenziare le potenzialità di trasformazione e di sviluppo.

La seconda esigenza deriva dalla necessità di supportare ed organizzare il passaggio metodologico dalla lettura/interpretazione alla restituzione/trasmissione dei significati e dei valori del paesaggio in funzione degli obiettivi assunti per la salvaguardia e la tutela del contesto territoriale.

L'analisi dei caratteri paesaggistici dei contesti in cui si inserisce l'opera di progetto, porta a delineare una vera molteplicità di paesaggi. Ciò è dovuto principalmente alla natura stessa dell'intervento, trattandosi questo di un'opera di carattere infrastrutturale, a sviluppo prevalentemente lineare, la cui funzione è quella di connettere trame e tessuti urbani con caratteri molto distanti tra loro e che si differenziano anche in maniera sostanziale.

9.4.8 ECOSISTEMI, VEGETAZIONE E FLORA, FAUNA

La rete ecologica è un sistema polivalente di nodi e corridoi. I nodi sono rappresentati da elementi ecosistemici tendenzialmente areali dotati di dimensioni e struttura ecologica tali da svolgere la funzione di "serbatoi di biodiversità". I corridoi sono rappresentati da elementi ecosistemici sostanzialmente lineari di collegamento tra i nodi che, innervando tutto il territorio comunale, favoriscono la tutela, la conservazione e l'incremento della biodiversità floro-faunistica. In particolare, i corridoi svolgono funzioni di rifugio e

sostentamento della fauna, fornendo vie di transito e agendo come captatori di nuove specie.

La rete ecologica è composta da:

- una rete ecologica principale;
- una rete ecologica secondaria;
- una rete ecologica urbana.

Sono considerati nodi: l'insieme Giardini Margherita - ex Staveco - aree di via Codivilla – San Michele in Bosco; il parco della Certosa (villa Contri) con una parte del canale di Reno e il parco della Funivia; l'area Scandellara assieme a quella di villa Pini e all'arboreto comunale; il parco di San Donnino; l'insieme parco Nord - aree sportive Dozza - spazi a nord della Fiera; il parco di via Corticella (Caserme Rosse – fascia boscata); il parco di Villa Angeletti e quello della lunetta Mariotti; il parco di Villa Spada e quello di Villa delle Rose; i Prati di Caprara.

I nodi ecologici urbani, dal punto di vista dell'utenza ciclo-pedonale, sono i principali “nodi di interscambio” tra città e territorio rurale; costituiscono la rete dei parchi dedicati al tempo libero e alla ricreazione informale.

Il Connettivo ecologico urbano svolge, all'interno del territorio urbano, una funzione analoga a quella svolta dal connettivo ecologico nel territorio rurale. Esso è rappresentato da elementi ecosistemici sostanzialmente lineari, detti corridoi, di collegamento tra i nodi che, innervando tutto il territorio comunale, favoriscono la tutela, la conservazione e l'incremento della biodiversità floro-faunistica. In particolare, i corridoi svolgono funzioni di rifugio e sostentamento della fauna, fornendo vie di transito e agendo come captatori di nuove specie. Il connettivo è costituito dalla vegetazione (alberi, arbusti, prati) di parchi e giardini pubblici e d'uso pubblico, di viali e verde d'arredo, oltre che di parchi e giardini privati; vegetazione e suoli non impermeabilizzati sono presidi ecologici diffusi nella città. Complessivamente sono circa un centinaio i Nodi ecologici semplici di cui più della metà si riferiscono a ecosistemi acquatici, mentre i restanti sono relativi a formazioni vegetali.

Vegetazione

Lo studio della copertura vegetale del territorio interessato dal tracciato ha fotografato la situazione, fornendo dati e informazioni particolarmente utili per l'analisi della componente. Il verde a carattere più naturale si concentra in collina e lungo le fasce fluviali, mentre l'ambito urbano e periurbano si contraddistingue per il prevalere di un verde ornamentale che va dalle più estese zone alberate dei parchi pubblici e privati ai giardinetti intorno alle abitazioni, con ambiti di eccellenza attestati in alcuni settori della parte meridionale della città.

A Bologna il verde pubblico comprende oggi più di 750 aree, per una superficie complessiva di oltre 1.000 ettari. Si tratta di un patrimonio quantitativamente cospicuo, se rapportato a quello di molte altre città italiane, che tuttavia offre poche aree di eccellenza e risponde solo in parte, in termini di qualità e caratterizzazione degli spazi, alle molteplici esigenze di Bologna e che, senza dimenticare l'antica funzione pubblica assolta da luoghi celebri come i Prati di Caprara, la Montagnola e San Michele in Bosco nei due-tre secoli precedenti, ha cominciato a comporsi nel corso dell'Ottocento. Oltre a quello dei Prati di Caprara, in corrispondenza delle aree di intervento, emergono con particolare rilevanza i complessi sistemi del canale Navile e della canaletta Ghisiliera. Gli "inserti verdi" costituiscono forse gli elementi più innovativi e determinanti nel nuovo disegno del sistema del verde della città di Bologna. Si configurano come un insieme di spazi verdi di diversa natura connessi a direttrici naturali, storiche e testimoniali di rilievo, tra le quali spiccano i più noti corsi d'acqua naturali e artificiali che attraversano la città per poi spingersi verso la pianura.

All'interno del Comune di Castel Maggiore è stato inaugurato nel 2019 un percorso nel verde urbano di 12,13 km attraverso i parchi Lupicchio, Staffette Partigiane, 8 Marzo, Tolomelli, Giovanni Paolo II, Montezemolo, Calipari, Iqbal Masih, Erriu e Stasi, denominato "Bassa via dei Parchi". Tale percorso è ubicato in un'area più a nord rispetto al capolinea del tram in progetto, pertanto non si rilevano interferenze dirette.

Fauna

La presenza di animali all'interno delle città è nota a tutti, almeno per quanto riguarda le specie più comuni, quali piccioni, merli, storni, cornacchie, ratti, topi, ecc.. Meno diffusa è la conoscenza sull'effettiva ricchezza della fauna che frequenta giardini pubblici, parchi urbani e tratti cittadini di fiumi. Dal punto di vista biogeografico, il territorio della Provincia di Bologna è collocato all'interno della regione del Paleartico occidentale, in un'area di transizione tra la sottoregione europea e quella mediterranea. Nel suo complesso la fauna rientra in quella tipica dell'Europa centrale e atlantica, con alcune specie che sottolineano la posizione di transizione

La Regione Emilia-Romagna ha approvato nel luglio 2006, la L.R. n. 15 "Disposizioni per la tutela della fauna minore in Emilia-Romagna", per salvaguardare specie considerate essenziali nella composizione degli habitat naturali e seminaturali. In generale, gli animali che riescono ad adattarsi agli ambienti urbani sono quelli che possono definirsi “generalisti” per quanto riguarda l'alimentazione, dotati di flessibilità nelle scelte come il luogo per nidificare e che sono molto tolleranti al disturbo derivante da attività umane. Esempi largamente conosciuti da tutti sono, ad esempio, il Piccione (*Columba livia*), il Passero d'Italia (*Passer italiae*), il Ratto nero (*Rattus rattus*), il Surmolotto (*Rattus norvegicus*) o il Topolino delle case (*Mus domesticus*). Si tratta di specie che grazie alle caratteristiche dell'ambiente urbano (diventato più caldo e luminoso con conseguenti modificazioni della foto e termoperiodo che favoriscono l'attività riproduttiva) e dei suoi cittadini (che offrono in modo più o meno volontario grandi quantità di cibo) sono caratterizzati da continui ed elevati incrementi numerici.

9.4.9 ENERGIA ED ELETTROMAGNETISMO

Per la componente campi elettromagnetici, a valle dello studio di impatto effettuato, si può affermare che gli impianti necessari al funzionamento della nuova linea tranviaria non produrranno effetti legati a fenomeni elettromagnetici particolarmente significativi.

Le nuove SSE del progetto in esame presentano condizioni favorevoli, poiché distanti da altri edifici, principalmente collocate in aree (aree verdi, parcheggi) dove non si prevede permanenza di persone superiore alle 4 ore giornaliere e sono alimentate in cavo interrato realizzato nel pieno rispetto della normativa vigente, quindi senza impatti significativi.

Le DPA, calcolate nella condizione più critica con entrambi i trasformatori di trazione in funzione (situazione che si verificherà solo in caso di fuori servizio di una SSE limitrofa), sono contenute al massimo in circa 12 metri ed investono aree dove non c'è presenza continuativa di persone.

In merito alle destinazioni d'uso dei luoghi, spazi ed aree limitrofe ai locali di trasformazione (SSE), sulla base anche la documentazione di seguito riportata, si ha che le 3 sottostazioni

I livelli di campo elettrico e magnetico si attestano su valori inferiori ai limiti massimi imposti dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" (G.U. n. 200 del 29 agosto 2003).

Per la componente energia si avranno effetti positivi legati alla riduzione dei consumi di energia dei vettori.

9.4.10 SISTEMA INSEDIATIVO, CONDIZIONI SOCIO-ECONOMICHE E SALUTE PUBBLICA

Per quanto riguarda gli impatti relativi a sistema insediativo, condizioni socio economiche e salute pubblica, si rimanda a quelli previsti e descritti nei paragrafi relativi alla componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera in quanto hanno una valenza anche per tale componente.

Come già detto, infatti, gli interventi in progetto sono finalizzati alle esigenze di snellimento dei flussi di traffico cittadino, oltre che alla riduzione dell'inquinamento

atmosferico e di rumore nei confronti della comunità che abita e frequenta tali aree e ad aspetti legati alla sicurezza stradale soprattutto nei confronti degli utenti della mobilità dolce (pedoni, ciclisti, ecc.).

Sulla base di ciò, si può evincere che gli interventi in progetto determineranno un effetto globale positivo sulla componente, andando in sintesi a:

- migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e dai poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.);
- ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.);
- contribuire al riequilibrio modale della mobilità;
- produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività.

Per gli interventi di mitigazione e compensazione relativi a sistema insediativo, condizioni socio economiche e salute pubblica, si rimanda a quelli previsti e descritti nei paragrafi relativi alla componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera in quanto hanno una valenza anche per tale componente.

9.4.11 IMPATTI AMBIENTALI E MISURE DI MITIGAZIONE

Gli impatti che si prevede di avere con la realizzazione dell'intervento in progetto e le relative misure di mitigazione sono riassunti nella tabella che segue:

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
Traffico e mobilità	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none">• Interferenze temporanee con attuale sistema sulla mobilità in fase di cantiere	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none">• Garantire accesso passi carrai• Garantire accesso mezzi emergenza• Garantire viabilità trasversale al tracciato• Realizzazione itinerari alternativi per traffico pubblico

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
		<ul style="list-style-type: none"> • Movimentazione mezzi pesanti al di fuori degli orari di punta • Apposita segnaletica orizzontale e verticale • Predisposizione di campagna di informazione
	Fase di esercizio: Impatti positivi legati a: <ul style="list-style-type: none"> • migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e da i poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.); • ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.); • contribuire al riequilibrio modale della mobilità; • produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività 	Fase di esercizio: --
Atmosfera	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • Formazione di emissioni diffuse • Traffico dei mezzi di cantiere e scarichi macchine operatrici 	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • bagnature superfici transito interne al cantiere • bagnatura dei cumuli • impianti lavaggio ruote • bassa velocità transito mezzi di cantiere • copertura dei cassoni dei mezzi • eventuale spazzolatura ad umido aree prossime all'ingresso dei cantieri • spegnimento mezzi d'opera in sosta • studio della disposizione temporale delle attività
	Fase di esercizio: Impatti positivi legati a: <ul style="list-style-type: none"> • riduzione congestione di traffico; • riduzione transito di mezzi del trasporto pubblico su gomma; • riduzione del consumo di carburanti da fonti fossili 	Fase di esercizio: --

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
Rumore	<p>Fase di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rumorosità delle attività di cantiere 	<p>Fase di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • utilizzo di barriere mobili fonoassorbenti • uso di macchinari omologati e con buona manutenzione • studio della disposizione temporale delle attività • scelta e stato degli pneumatici • opportuna manutenzione delle attrezzature; • evitare uso prolungato del clacson • sollevamento materiali in luogo del loro trascinamento • evitare frenate ed accelerazioni brusche • esecuzione delle attività maggiormente impattanti in orari più consoni e non contemporaneamente • ricercare mezzi e metodologie alternativi per eseguire le stesse lavorazioni
	<p>Fase di esercizio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • inserimento della tramvia <p>Impatti positivi legati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riduzione congestione di traffico; • riduzione del consumo di carburanti da fonti fossili- 	<p>Fase di esercizio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • realizzazione asfalto fonoassorbente su alcune tratte stradali • barriere fonoassorbenti • riduzione velocità mezzi • lubrificazione del sistema rotaia/ruota mediante l'utilizzo di grasso biodegradabile per ridurre lo stridio; • utilizzo di sistema di "armamento evoluto" esempio materasso assorbente da posare tra la soletta di cemento e le traversine su cui verranno appoggiate le rotaie; • utilizzo di una gomma per il rivestimento dei binari, efficace anche contro le vibrazioni; • modifica del profilo delle ruote; • riduzione della velocità della tramvia
Vibrazioni	<p>Fase di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • potenziali vibrazioni emesse dai macchinari impiegati nelle lavorazioni 	<p>Fase di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • effettuare controlli preventivi e in corso d'opera • adottare regole di buon comportamento

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
		<ul style="list-style-type: none"> eventuale interruzione delle attività maggiormente impattanti/esecuzione in orari più consoni e non contemporaneamente ricercare mezzi e metodologie alternativi per eseguire le stesse lavorazioni.
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> potenziali vibrazioni durante il passaggio dei tram (contatto ruota-rotaia) 	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> utilizzo di sistemi di armamento aventi caratteristiche di isolamento vibrazionale differenziate mediante l'inserimento di materassini elastomerici di spessore adeguato, in funzione della distanza dei binari dagli edifici
Acque superficiali	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> produzione acque di lavorazioni e dilavamento consumi idrici in corrispondenza delle aree di cantiere fisso lavorazioni in prossimità di ambienti acquatici generazione di polveri che trasportate dal vento possono ricadere all'interno di corsi d'acqua eventuali sversamenti accidentali 	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> bagnature superfici transito interne al cantiere bagnatura dei cumuli impianti lavaggio ruote bassa velocità transito mezzi di cantiere copertura dei mezzi adibiti al trasporto materiali pulverulenti eventuale spazzolatura ad umido aree prossime all'ingresso dei cantieri opportuni sistemi di gestione delle acque di cantiere
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> interferenze con aree a pericolosità P2 incremento del rischio idraulico interferenze con reticolo idraulico principale e secondario invarianza idraulica a seguito di impermeabilizzazione di suolo/aree verdi dilavamento acque meteoriche eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate 	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> eventuale rialzamento del piano campagna realizzazione di aree di compensazione per invarianza idraulica rinaturalizzazione aree mantenimento fasce di pertinenza fluviale opportuni sistemi di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di dilavamento sistemi drenaggio urbano sostenibile nei parcheggi raccolta e sollevamento delle acque meteoriche in modo da gestire gli eventi meteorici ordinari in condizioni di sicurezza per realizzazione sottopassi

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
		<ul style="list-style-type: none"> • idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate
Acque sotterranee	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • eventuali sversamenti accidentali 	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate 	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate
Suolo e sottosuolo	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • modificazione dei suoli coinvolti nella realizzazione dei cantieri (es. scotico, compattazione, spostamento e movimentazione, ecc.) • produzione e gestione dei materiali di risulta (incluso il trasporto degli stessi) • produzione e gestione di terre e rocce da scavo • eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate • eventuale percolazione di sostanze pericolose derivanti dai mezzi di cantiere 	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • minimizzazione dell'uso di risorse non rinnovabili (es. terreno vegetale, terre rocce da scavo, ecc.) • ottimizzazione gestione aree di stoccaggio • piazzole di sosta mezzi pavimentate • verifica stato dei mezzi e manutenzione • ottimizzazione gestione traffico e viabilità • esecuzione trasporti principalmente in orario diurno tenendo conto della presenza di zone sensibili • idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • consumo di suolo • eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate 	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • gli interventi mitigativi previsti hanno come obiettivo generale la riduzione al minimo dell'impatto generato dalle opere di progetto (es. inerbimento della sede tramviaria in alcune aree e aree di sosta inerbite) • realizzazione di opere a verde • idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
Paesaggio e patrimonio storico/culturale	Fase di cantiere: --	Fase di cantiere: --
	Fase di esercizio <ul style="list-style-type: none"> • frammentazione dei sistemi paesaggistici presenti, riduzione dei caratteri del paesaggio circostante l'infrastruttura • impatti di natura acustico-vibrazionale • impatti di natura visiva 	Fase di esercizio <ul style="list-style-type: none"> • realizzazione di opere a verde; • interventi mitigativi indicati per la componente rumore e vibrazioni (utilizzo di sistemi di armamento differenziati) • concept architettonico delle pensiline che si integra negli elementi tipologici della città (es. porticato)
Ecosistemi, Vegetazione, Flora – fauna	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • scottico e taglio di vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea • produzione ed emissione di polveri • disturbo fauna 	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> • bagnature superfici transito interne al cantiere • bagnatura dei cumuli • impianti lavaggio ruote • bassa velocità transito mezzi di cantiere • eventuale spazzolatura ad umido aree prossime all'ingresso dei cantieri
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • frammentazione degli ecosistemi presenti • modificazione permeabilità faunistica • riduzione funzionalità ecologica • eventuali collisioni durante attraversamenti 	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • realizzazione di opere a verde mediante piantumazione di alberature
Sistema insediativo, condizioni socio-economiche e salute pubblica	Vedi componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera. Impatti positivi: <ul style="list-style-type: none"> • migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e da i poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.); • ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.); • contribuire al riequilibrio modale della mobilità; 	Vedi componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera

Matrice ambientale	Impatti previsti	Mitigazioni
	<ul style="list-style-type: none"> • produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività. 	
Energia e elettromagnetismo	Fase di cantiere: --	Fase di cantiere: -- In ogni caso, scelta dei macchinari nel pieno rispetto della normativa vigente
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> • esposizione valori di campo magnetico inconsapevole 	Fase di esercizio <ul style="list-style-type: none"> • sottostazioni ubicate in aree lontane ed isolate, ovvero in zone dove non è prevedibile la presenza continuativa di persone

10. INTERFERENZE SOTTOSERVIZI

La costruzione di una linea tranviaria in un contesto urbano consolidato deve misurarsi con diverse problematiche che possono essere di tipo tecnico, sociale, ambientale, gestionale ecc.: si pensi all'integrazione con la rete dei trasporti pubblici, all'inserimento ambientale, alla necessità di realizzare importanti interventi strutturali quali ponti, gallerie, sottopassi.

Ma il problema principale da affrontare quando si comincia a costruire una tranvia moderna è l'eliminazione di ogni interferenza con le reti dei sottoservizi, intervento che non può essere improvvisato risolvendo i problemi che si incontrano di volta in volta durante la realizzazione della sede tranviaria; ciò è evidente se si pensa ai possibili ritardi legati al reperimento di pezzi speciali e all'intervento di squadre specializzate.

Alcune infrastrutture impiantistiche non possono essere modificate solo in corrispondenza del sedime tranviario ma necessitano uno spostamento più radicale e pertanto una riprogettazione: è il caso delle fognature che per un corretto funzionamento devono seguire opportune pendenze, e delle reti telefoniche in fibra ottica, il cui spostamento può interessare grandi quantità di cavo che possono superare anche il chilometro.

È opportuno arrivare alla fase di costruzione vera e propria della tranvia già preparati, per quanto possibile, sul tema dei sottoservizi eseguendo una mappatura il più dettagliata possibile sulle varie reti insistenti nelle aree interessate dalla costruzione della tranvia.

Alla luce di quanto esposto è opportuno, nonostante il progetto in questione sia ancora alla fase di studio di fattibilità tecnico-economica, approfondire il problema delle interferenze tra sede tranviaria e sottoservizi.

I passi effettuati in questa fase progettuale sono stati essenzialmente due:

- reperimento di tutto il materiale cartografico possibile da parte degli Enti Gestori delle reti dei sottoservizi e incontri con i tecnici degli stessi per eventuali aggiornamenti non riportati sulle carte;
- sopralluoghi lungo la futura sede tramviaria, volti ad individuare problematiche legate alla presenza, fuori terra, di manufatti che denunciano la presenza di sottoservizi importanti.

Nello specifico, per il progetto di fattibilità tecnico economica della tratta Nord per Corticella, è stata utilizzata come base cartografica dei servizi a rete presenti nel territorio interessato dal tracciato tranviario quella fornita dal Comune di Bologna sulla piattaforma Invento. Invento è un'applicazione web con la quale il Comune di Bologna ha creato un catasto delle infrastrutture, soprattutto per quanto riguarda il sottosuolo, aggiornato nel tempo.

Dall'analisi del materiale fornito e dai primi contatti informali susseguitosi con diversi enti gestori si è constatata la presenza delle seguenti infrastrutture a rete principali:

- Fognature, acquedotti, gasdotti e teleriscaldamento – gestori gruppo HERA S.p.A.
- Elettrici bassa e media tensione – gestore Enel S.p.A.
- Elettrici Alta Tensione – gestore Terna S.p.A.
- Telecomunicazioni – gestori vari (Tim, Wind, Lepida, Fastweb...)
- Illuminazione pubblica – gestore Enel Sole srl
- Tritubo Comune di Bologna – infrastruttura comunale in uso a diversi gestori (Wind, Fastweb, Autostrade TLC, Albacom, ePlanet, Edison Tel., MedTel, GTS, Eurostrada, Hermes Europe Railtel)

Nelle successive fasi autorizzative e di progetto andranno coinvolti i diversi Enti Gestori al fine di riscontrare le informazioni riportate nelle planimetrie di stato di fatto del

presente progetto di fattibilità, recuperare ulteriori informazioni utili alla progettazione della risoluzione delle interferenze (ad esempio consistenza delle infrastrutture telefoniche in termini sia di tubazioni che di cavi in rame e in fibra), confrontarsi sulle metodologie da adottare per la progettazione e futura esecuzione degli interventi, sia per quanto riguarda le opere civili tradizionali sia per quanto riguarda le opere specialistiche. In fase di progetto definitivo bisognerà procedere anche alla verifica ed all'approfondimento di quanto prodotto nella presente progettazione mediante una serie di attività e di indagini integrative sulle reti esistenti:

- integrazione rilievo piano altimetrico delle aree interessate;
- indagini georadar a maglia fitta (strisciate longitudinali e trasversali);
- rilievo dei pozzetti;
- eventuali video ispezioni delle condotte fognarie.

11. IMPIANTI ELETTRIFERROVIARI

Il presente capitolo descrive gli Impianti Elettro-Ferroviari necessari per la circolazione dei veicoli tramviari a trazione elettrica, e per il corretto svolgimento dell'Esercizio.

Tali impianti e sistemi sono descritti nei seguenti paragrafi e sono di seguito elencati:

- Sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica
 - Alimentazione Elettrica
 - Linea di Contatto
- Sistema di Segnalamento, Localizzazione e Priorità Semaforica
 - Segnalamento e comando scambi
 - Sistema di Localizzazione
 - Sistema di Priorità semaforica
- Impianti Semaforici e Passi Carrabili.
- Telecomunicazioni e Sistema di Telecomando/Telecontrollo
 - Sistemi di Telecomunicazione
 - Sistema di Telecomando/Telecontrollo

11.1 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA TRAZIONE ELETTRICA

Il sistema di alimentazione elettrica di una tramvia ha la funzione di ricevere energia elettrica dall'esterno e di alimentare tutte le relative utenze elettriche.

Per la tratta in questione, esso è costituito da:

- sistema media tensione costituito da: punti di prelievo dall'Ente fornitore, cavi di distribuzione MT e relativi accessori, quadri ed apparecchiature MT;
- sistema di trazione costituito da sottostazioni elettriche (SSE) e linea di contatto con relativi sezionamenti ed organi di manovra;
- sistema di distribuzione BT delle utenze di fermata;

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione sarà costituito da tre sottostazioni elettriche di conversione.

È previsto un punto di consegna dalla rete ENEL da 9,9 MW in media tensione a 15 KV, nella sottostazione SSE 03 – Capolinea Nord

Dal punto di fornitura sopra indicato, l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite una linea in media tensione che si andrà a richiudere sulla SSE 06 della Linea Rossa.

In questo modo, in caso di fuori servizio della fornitura ENEL nella SSE 03, le SSE della tratta Nord della linea Verde potranno essere alimentate dal punto di fornitura ENEL previsto in corrispondenza del capolinea MICHELINO della Linea Rossa, attraverso la rete di distribuzione MT della stessa Linea,

Le SSE di conversione sono state previste per garantire l'energia di trazione a 750 V cc e l'energia in bassa tensione per gli impianti di linea.

L'impianto in questione risponderà a tre esigenze principali:

- assicurare la potenza necessaria seguendo precisi criteri di disponibilità e razionalità;
- essere concepito con la massima economia di esercizio;
- garantire livelli di distorsioni armoniche accettabili, anche in relazione alle caratteristiche delle forniture.

Per l'alimentazione elettrica dei veicoli tramviari è prevista una linea di contatto composta da un solo filo sagomato, della sezione di 120 mmq per ciascun senso di marcia, progettata nel rispetto della norma EN 50122-2, e supportata, per il trasporto dell'energia occorrente, da due cavi a posa interrata (feeder) della sezione complessiva di 600 mmq collegati in parallelo.

Per il sostegno della linea di contatto è stata prevista, in funzione dei vincoli dettati dal tracciato, dalla viabilità connessa e dalla situazione urbanistica, la sospensione trasversale con funi trasversali isolate e ancoraggi a muro con appositi ganci, oppure sostegni in fregio a strade e piazze.

La posa del filo di contatto è prevista regolata ed i sostegni sono stati posizionati prevedendo campate di 40 metri circa.

In analogia alla Linea Rossa, è stata prevista una famiglia di pali in acciaio, realizzati attraverso la combinazione di profilati del tipo L e HEA:

- pali 2L, costituiti da profilati ad L disposti a coppia in modo simmetrico rispetto all'asse longitudinale, svolgono un lavoro strutturale principalmente lungo una direzione e previsti per tratti rettilinei;
- pali 4 HEA, costituiti da profilati HEA saldati in croce e previsti per ancoraggi di trasversali con maggiori sollecitazioni.

L'altezza della LdC è prevista sotto sospensione di mt. 5,60 dal piano del ferro per permettere il transito in tutta sicurezza dei mezzi su gomma, sia sulla sede tramviaria promiscua, sia in corrispondenza degli incroci stradali.

11.2 SISTEMA DI SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITÀ SEMAFORICA

In analogia alla Linea Rossa, il segnalamento della diramazione per Corticella è fondamentalmente basato sul principio della marcia a vista: il conducente del tram è responsabile dell'osservanza dei segnali disposti lungo il tracciato e della distanza tra il proprio veicolo e quello che lo precede. I segnali, quindi, aiutano il conducente nella marcia a vista ma ciò non solleva il conducente stesso dalle proprie responsabilità.

Il sistema di localizzazione è legato all'uso dei sistemi AVM, cioè di Automatic vehicle monitoring, in uso su numerose realtà del trasporto pubblico locale e che utilizzano la localizzazione come elemento principale del monitoraggio. La geolocalizzazione del veicolo è effettuata con il GPS, ed il meccanismo di trasmissione è garantito da una connessione dati via rete cellulare. Altre possibilità per determinare la posizione, ad esempio dove il segnale GPS non è di qualità apprezzabile, sono la navigazione stimata (dead reckoning), la guida inerziale o l'uso di odometri a bordo.

Il sistema di localizzazione non prevede l'installazione di boe lungo il tracciato.

Il sistema di priorità semaforica ha il l'obiettivo di garantire la possibilità per il tram di non dover fermarsi e ripartire agli incroci, in modo da salvaguardare il rispetto dell'orario teorico, al fine di fornire un servizio regolare agli utenti.

Il Comune di Bologna è dotato del sistema di centralizzazione degli impianti semaforici OMNIA fornito dalla ditta SWARCO-MIZAR. Il sistema attualmente in uso funziona ad attuazione di piano e, tramite il sistema AVM delle linee del trasporto pubblico, fornisce già un sistema di priorità. Per conseguire i voluti obiettivi di velocità e regolarità (e, conseguentemente, anche di contenimento del costo della capacità), anche la diramazione per Corticella dovrà integrarsi con tale sistema di priorità semaforica, da estendersi successivamente all'intera futura rete tranviaria.

11.3 IMPIANTI SEMAFORICI E PASSI CARRABILI

Il livello di servizio ipotizzato per la diramazione Corticella è raggiungibile solo nel caso in cui i tempi di attesa agli incroci, nelle tratte in sede propria, sia nullo o estremamente ridotto.

È stato necessario pertanto prevedere:

- l'adeguamento della segnaletica orizzontale, verticale e luminosa presso ogni incrocio;
- la centralizzazione semaforica di tutte le intersezioni con la linea tranviaria, mediante un sistema predisposto per la priorità al mezzo tramviario;
- la realizzazione di Piani Particolareggiati del Traffico per i comparti urbani adiacenti alla nuova linea.

L'inserimento della tramvia nell'attuale viabilità ha comportato, già in fase di progettazione della linea di corsa, modifiche all'architettura di nodi e di strade.

Questa nuova organizzazione degli spazi è stata finalizzata al mantenimento, per quanto possibile, delle capacità di deflusso dei singoli incroci, almeno rispetto alle direttrici principali.

La progettazione della regolamentazione della circolazione pedonale, tramviaria e veicolare nei nodi ha quindi la finalità di razionalizzare quanto già previsto in sede di progettazione generale in termini di sicurezza e di efficienza, privilegiando le esigenze dei pedoni e della tramvia.

In particolare, si è ipotizzato di prevedere fasi semaforiche dedicate per il tram secondo i criteri generali di progettazione di seguito richiamati:

- per ridurre la perturbazione nel controllo semaforico, in presenza di un sistema di priorità per la tramvia, sarà opportuno dimensionare il ciclo su un tempo uguale ad un sottomultiplo intero della frequenza di passaggio;
- per aumentare le condizioni di sicurezza, dovrà essere attribuito alla fase di priorità tramviaria un tempo di verde di sicurezza.
- per dimensionare la fase di priorità della tramvia sarà necessario considerare:
 - i tempi di sicurezza;
 - i tempi di attraversamento dell'incrocio;
 - i tempi di percorrenza degli itinerari pedonali di servizio;
 - i tempi di sosta alle fermate.

Per la realizzazione degli impianti semaforici verranno utilizzate lanterne a doppio isolamento con lampade a LED di diametro opportuno secondo la destinazione d'uso.

Per esempio, verranno utilizzate lanterne con diametro 200 mm per la regolazione veicolare, pedonale/ciclabile e veicolare di trasporto pubblico.

Nel caso di lanterne sospese su pali a sbraccio verranno usate quelle con 3 luci da 200 mm di diametro con pannello di contrasto.

Negli attraversamenti pedonali saranno installati a seconda del caso:

- Pulsanti chiamata pedonale non vedenti
- Pulsanti chiamata pedonale vedenti e per chiamata non vedenti (completo di LED per conferma prenotazione)

Entrambi corredati di avvisatore acustico per non vedenti, tutti a norma CEI 214-7.

Le lanterne, a seconda della tipologia, verranno installate su paline semaforiche in acciaio zincato a caldo, altezza fuori terra mt. 3,00 oppure su palo semaforico a sbraccio di mt.4, mt.5 o mt.6, in acciaio zincato a caldo, altezza fuori terra mt. 6,50, e dotati di un sistema anti-rotazione del braccio.

Ogni incrocio sarà regolato attraverso una centralina con adeguate uscite di potenza in funzione della dimensione e della complessità dell'intersezione regolata. Ogni impianto sarà protetto al punto di alimentazione con adeguato interruttore differenziale riarmabile per la protezione dai contatti indiretti.

I regolatori semaforici per interfacciarsi in maniera adeguata con il sistema esistente dovranno essere dotati del protocollo di comunicazione esteso di Livello 2.

A corredo dell'impianto semaforico verrà fornita la relativa cartellonistica stradale adeguata al tipo di secondo quanto prescritto da vigente C.d.S.

Un caso particolare di impianto semaforico è costituito Passo Carrabile.

La particolarità di queste intersezioni risiede nel fatto che il principio di funzionamento dell'asservimento semaforico è di tipo locale. In condizioni di normale svolgimento dell'esercizio, il tram che approccia un passo carrabile regolato da semaforo invia al centralino semaforico, per mezzo della unità integrata di bordo che comunica con un ricevitore di terra, la richiesta di asservimento semaforico.

Un'altra differenza è costituita dalla necessità di rilevare la presenza di un veicolo privato in stazionamento sulla sede tranviaria, tramite una spira opportunamente posizionata e connessa direttamente al centralino semaforico. E' il caso di un veicolo che ha impegnato l'incrocio con il tram prima del sopraggiungere di questo, ma che, a causa del traffico sulla sede stradale, tarda ad immettersi su di essa. Tale informazione deve inibire la possibilità di concedere il via libera al tram. In questo caso, quindi, nonostante la richiesta di priorità semaforica avanzata dal mezzo pubblico, il sistema di controllo e

comando impone la segnalazione di via impedita al tram sino a che l'intersezione non è stata liberata.

11.4 TELECOMUNICAZIONI

Il presente paragrafo descrive i Sistemi di Telecomunicazione necessari al corretto svolgimento dell'esercizio della diramazione per Corticella.

Tali impianti e sistemi sono di seguito elencati:

- Sistema di Trasmissione a Fibre Ottiche
- Impianto TVcc
- Impianto Diffusione Sonora
- Impianto Telefonico e Telefonico d'emergenza
- Pannelli Informativi di Informazione al Pubblico
- Sistema di Comunicazione Treno-Terra
- Sistema di Tariffazione
- Sistema di Sincronizzazione Oraria

Il sistema di trasmissione impiegato per la Linea Tramviaria è costituito da una rete Gigabit Ethernet IEEE 802.3z con struttura ad anello; essa trasporta, mediante dispositivi switch di tipo L3 e L2+, i servizi di comunicazione dati e fonia tra le fermate ed il Posto Centrale di comando e Controllo (PCC). Ogni switch è collegato in anello realizzando una protezione da singolo guasto e garantendo così il reinstradamento del traffico dati in caso di guasto o rottura di un link; i tempi di riconfigurazione di ogni anello saranno inferiori al secondo. La connessione tra utenze dati/fonia e apparati in campo verrà realizzata con interfacce Ethernet 10/100 Mb, ed ogni fermata e Sotto Stazione Elettrica verrà equipaggiata con un numero di switch necessari a coprire le esigenze di accesso alla rete.

L'impianto TeleVisione a Circuito Chiuso (TVCC) ha lo scopo di consentire, 24 ore su 24, la videosorveglianza delle fermate dislocate lungo la linea tranviaria da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale, al fine di:

- verificare il corretto svolgimento del servizio di trasporto passeggeri
- agevolare il personale operativo ad effettuare le opportune richieste di intervento presso le stesse fermate in caso di necessità
- permettere di effettuare, da parte degli enti competenti, analisi di particolari eventi avvenuti nelle fermate, utilizzando la registrazione che il sistema TVCC effettua delle immagini selezionate dagli operatori del PCC

Il sistema si basa su un'architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso già predisposte al Posto di Controllo Centrale (PCC) con gli interventi per la realizzazione della Linea Rossa;
- la periferia è costituita dall'insieme delle apparecchiature TVCC dislocate nelle fermate lungo il percorso tranviario.

La comunicazione tra centro e periferia è garantita dal protocollo IP della rete multiservizio Gigabit Ethernet.

L'impianto di diffusione sonora avrà lo scopo di consentire l'invio di annunci sonori registrati o dal vivo, da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale PCC, già predisposto con gli interventi per la realizzazione della Linea Rossa, verso le banchine di fermata, al fine di fornire all'utenza informazioni sia sullo stato dell'esercizio della linea, sia l'annuncio di arrivo treno, qualora previsto. Il sistema di diffusione sonora si basa su un'architettura periferia-centro dove la comunicazione avviene tramite protocollo TCP-IP su di una rete multiservizio di tipo Gigabit Ethernet.

Il centro sarà costituito dall'insieme postazioni operatore, localizzate al Posto di Controllo Centrale (PCC) munite di microfono e tastiera di chiamata, da cui saranno eseguiti gli

annunci dal vivo o registrati. La periferia, ovvero l'insieme delle apparecchiature di diffusione sonora dislocate nelle fermate, è costituita esclusivamente da diffusori sonori ad incasso fissati nella struttura della pensilina.

Al pari di quanto già previsto per la Linea Rossa, il sistema telefonico/telefonico d'emergenza provvederà a fornire il servizio di comunicazione voce nei seguenti punti:

- SSE
- Posto Centrale Operativo PCC
- Fermate (solo in caso d' emergenza)

Presso il PCC sono già stati predisposti apparecchi telefonici VoIP, nell'ambito delle opere previste per la realizzazione della Linea Rossa.

Presso le SSE sarà presente un telefono VoIP per comunicazioni verso il PCC. Infine, presso le fermate sarà installato (incassato nel Totem di banchina) un citofono stagno (VoIP) per consentire ai passeggeri comunicazioni d' emergenza con il PCC.

Tutti gli apparecchi (ad esclusione di quelli installati presso le SSE ed i citofoni d'emergenza) saranno utilizzati per chiamate sia interne che verso la rete pubblica attraverso il PABX centrale già predisposto nell'ambito delle opere previste per la realizzazione della Linea Rossa.

Tutte le comunicazioni saranno gestite da tale centralino PABX opportunamente equipaggiato.

I telefoni VoIP di linea utilizzeranno la rete di trasporto Gigabit Ethernet per stabilire le comunicazioni verso il PCC. Gli operatori del centro avranno a disposizione un telefono digitale in grado di visualizzare il chiamante.

Nelle fermate sono previsti display per l'informazione al pubblico integrati all'interno dei totem di fermata, con la trasmissione di dati relativi al trasporto pubblico in generale e alla linea tramviaria in particolare.

Sono altresì previsti, seppure non in tutte le fermate, display per la trasmissione di messaggi pubblicitari e/o istituzionali.

Sono inoltre previsti Totem informativi dedicati, al di fuori delle aree di fermata da posizionarsi in aree rilevanti della Città da concordarsi con la Stazione Appaltante.

Il sistema si basa su un'architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso collocate al Posto di Controllo Centrale (PCC)
- la periferia è costituita dai pannelli informativi ubicati nelle fermate lungo il percorso tranviario

La comunicazione tra centro e periferia è garantita dal protocollo IP della rete multiservizio Gigabit Ethernet.

Per quanto attiene al sistema di comunicazione TRENO-TERRA, come già fatto per la Linea Rossa, anche per la diramazione a Corticella si è scelto di privilegiare il sistema di comunicazione che garantisca la maggiore quantità di banda e la minore latenza, oltre alle considerazioni economiche e di facilità di manutenzione dell'installazione e gestione di una rete di comunicazione pervasiva e affidabile lungo tutto il tracciato della diramazione.

La valutazione sull'affidabilità, inoltre, beneficia del fatto che, con i moderni protocolli di comunicazione, la disponibilità di una maggiore quantità di banda consente di introdurre meccanismi di controllo della trasmissione che garantiscono ritrasmissione, persistenza, consegna ordinata ed eliminazione dei duplicati, risultando quindi adatti alla gestione di comunicazioni critiche.

Così come per la Linea Rossa, il presente progetto non comprende la progettazione del materiale rotabile e quindi degli apparati di bordo, ma si ritiene che gli stessi debbano essere progettati secondo le specifiche e indicazioni del consorzio ITxPT, l'Associazione di Information Technology per il Trasporto Pubblico, la cui missione è di implementare

uno standard Europeo operativo per sistemi e componenti IT pensati per il trasporto pubblico che siano plug-and-play.

Pertanto, l'intero progetto assume che la progettazione del materiale rotabile preveda una rete LAN di bordo e modem LTE per la comunicazione terra/treno in linea e WiFi in deposito.

Questo presupposto è rilevante in particolar modo per la trasmissione dei dati di localizzazione, necessari per l'attuazione della priorità semaforica e per la previsione di arrivo alla fermata e quindi all'informazione al pubblico, sistema per cui la capacità di trasmettere tempestivamente una relativamente grande quantità di dati in tempo reale è assolutamente dirimente.

In particolar modo, si assume che la rete di bordo disponga di almeno 2 modem di connessione LTE, al fine di aumentare la disponibilità di trasmissione, utilizzando SIM e quindi contratti telefonici di almeno 2 principali operatori pubblici.

Alla luce di quanto detto, anche le comunicazioni conducente/PCC dovranno essere veicolate con applicativi VoIP over LTE.

Si ritiene quindi che l'affidamento delle comunicazioni lungo la diramazione per Corticella, sia la trasmissione dati dal tram al centro di controllo, sia la trasmissione voce tra il conducente e il centro di controllo effettuata con i protocolli VoIP, possano beneficiare dell'uso di sistemi di comunicazioni pubblici di ultima generazione quali LTE.

Il sistema di Tariffazione si compone di apparecchiature per la vendita self-service di titoli di viaggio ed apparecchiature per la validazione dei titoli di viaggio stessi. Il sistema di Tariffazione al servizio della diramazione per Corticella sarà interoperabile con il sistema di tariffazione attualmente in uso sulla rete di trasporto pubblico della Città di Bologna e con quello previsto per la Linea Rossa.

Gli apparati che lo compongono sono quelli destinati alla vendita self-service dei titoli di viaggio e quelli di obliterazione dei titoli di viaggio stessi. Le apparecchiature di emissione

dei titoli di viaggio, installate in fermata, operano indipendentemente le une dalle altre (stand-alone), ma saranno anche collegate con il Posto Centrale di Controllo tramite la Rete Ethernet a Fibre Ottiche, per operazioni di controllo centralizzato, statistiche sulle vendite, ecc. Le macchine validatrici, installate a bordo dei veicoli, saranno in grado di scaricare i dati relativi alle operazioni di validazione ad ogni rientro in deposito, tramite la rete WI-FI in esso installata, per il successivo inoltro al Posto Centrale di Controllo tramite la Rete Ethernet a Fibre Ottiche, per le operazioni di controllo centralizzato, statistiche sulle obliterate, ecc.

L'impianto Sincronizzazione Oraria ha lo scopo di distribuire l'informazione oraria a tutti gli elementi ad esso collegati.

I dispositivi già previsti al PCC nell'ambito delle opere per la Linea Rossa, che costituiranno il sistema in questione sono i seguenti:

- n°1 Centrale Oraria (Network Master Clock)
- n°1 Antenna GPS

Il sistema si baserà su un'architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dagli apparati suddetti, già predisposti nell'ambito della realizzazione della Linea Rossa, che saranno in grado di distribuire l'informazione oraria
- la periferia è costituita dall'insieme dei dispositivi che necessitano di sincronizzazione

La comunicazione tra centro e periferia sarà garantita dalla rete multiservizio Gigabit Ethernet, sulla quale viene implementato protocollo NTP con modalità di tipo client-server.

11.5 SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO

Il Sistema di Comando e Controllo degli impianti del sistema tramviario (SCADA), il cui centro è già stato previsto al PCC nell'ambito delle opere previste per la Linea Rossa, ha

come obiettivo il conseguimento di un elevato livello di qualità del servizio mettendo a disposizione strumenti e procedure operative che consentano:

- la maggior diagnostica possibile degli impianti per il supporto alla manutenzione al fine di prevenire i guasti o di ridurre al minimo gli effetti degli stessi;
- garantire la maggiore disponibilità per il servizio al pubblico in termini d'informazione (es. fermate) e sicurezza.

Le funzioni dello SCADA sono quelle di mediare ed integrare le funzionalità complesse e specifiche di ogni sottosistema rendendole all'operatore semplificate e fruibili tramite un'interfaccia grafica omogenea ed operativa, dove poter svolgere il proprio esercizio. L'architettura proposta per il servizio di gestione integrata della diramazione per Corticella riprende quella della Linea Rossa e riguarda i seguenti sottosistemi:

- Sottostazioni Elettriche (SSE);
- TVCC;
- Diffusione Sonora;
- Pannelli Informativi;
- Allarmistica in generale in fermata.

In particolare, per quanto riguarda le SSE, il sistema permetterà agli Operatori della Postazione Centrale di Controllo già strutturata nell'ambito delle opere della Linea Rossa di effettuare la supervisione ed il telecontrollo degli apparati per la trazione elettrica (alimentazione, trasformazione e distribuzione) anche relativamente alla tratta oggetto della presente progettazione.

12. IMPIANTI CIVILI

12.1 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI LINEA

Lungo la tratta tramviaria sarà previsto un sistema di illuminazione della via rotabile tramite corpi illuminanti a led installati sui pali della TE.

Il sistema di illuminazione sarà dimensionato nel rispetto delle prescrizioni legislative della regione Emilia-Romagna e delle norme vigenti.

Per ulteriori informazioni riguardanti il sistema di illuminazione ed alimentazione si rimanda alle relazioni tecniche specifiche.

12.2 IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici del Ricovero treni sito al capolinea Castel Maggiore saranno alimentati da una cabina di trasformazione dell'energia elettrica (MT/BT) situata all'interno della sottostazione elettrica.

Per le utenze sensibili sarà presente anche un sistema di alimentazione di back-up (gruppo elettrogeno) installato in prossimità della sottostazione elettrica.

Da qui dipartiranno le linee in cavo che alimenteranno tutti i quadri elettrici dei vari edifici. Tutte le linee di alimentazione saranno protette tramite idonei interruttori automatici.

12.3 IMPIANTI MECCANICI

Gli impianti di gestione dell'aria (caldo, freddo e ventilazione) del fabbricato presente nell'area Ricovero saranno alimentati dal locale trasformazione energia.

13. CANTIERIZZAZIONE

Nel progetto della cantierizzazione sono state valutate la tipologia del tessuto urbano, la sua funzione territoriale e soprattutto le interferenze con la viabilità esistente e con l'ambiente attraversato, con particolare attenzione agli insediamenti ed alle attività presenti.

Nell'ambito di tale progetto, sono state quindi individuate le fasi esecutive dell'opera tenendo conto dei seguenti input esecutivi:

- attenzione agli inconvenienti riguardanti la penalizzazione del traffico esistente, in base al quale nella successiva fase progettuale dovrà essere redatto un apposito calendario dei lavori da rendere noto ai cittadini, per consentire la pianificazione del traffico gommato;
- individuazione delle aree di cantiere definita sulla base delle esigenze legate alle varie tipologie di opere, dell'esame dei collegamenti con la viabilità esistente e dell'accesso all'area logistica;
- utilizzo per la realizzazione dell'opera della sola viabilità esistente, escludendo l'apertura di nuove piste.

Per l'esecuzione delle opere in oggetto va precisato che saranno presenti vincoli soprattutto a livello viabilistico che non consentiranno interventi contemporanei. Inoltre, alcune lavorazioni dovranno avvenire necessariamente in concatenazione ad altre o in progressione sequenziale, ponendo quindi dei precisi vincoli nella sequenza delle attività. Affinché la cantierizzazione non abbia un impatto eccessivamente negativo sullo svolgimento delle attività presenti lungo le aree di cantiere e sugli elevati flussi di traffico, sia pedonale che veicolare, le lavorazioni andranno eseguite per fasi, sia in senso trasversale che in senso longitudinale, avendo l'accortezza di individuare percorsi viabilistici alternativi per sopperire alla chiusura delle aree interessate dalle lavorazioni.

Le principali ipotesi che comunque dovranno essere prese in considerazione per la progettazione delle cantierizzazioni sono le seguenti:

- L'organizzazione dei cantieri in "aree di lavoro" differenziate per minimizzare l'impatto con il contesto di intervento;
- La previsione di aree di cantiere da adibire a deposito materiale, installazione baracche, parcheggio mezzi, ecc.

Nell'organizzazione di dettaglio dei cantieri e durante la realizzazione delle opere si dovrà comunque tener presente i seguenti condizionamenti:

- Garantire gli accessi ai passi carrai.
- Garantire gli accessi ai mezzi di emergenza.
- Garantire alla viabilità trasversale al tracciato della linea tranviaria (le zone di lavoro dovranno essere interrotte in corrispondenza delle intersezioni laterali. il periodo di blocco di tali intersezioni dovrà essere limitato per il tempo strettamente necessario ai lavori).
- Garantire la realizzazione di itinerari alternativi per il traffico pubblico e privato in grado di garantire il più possibile livelli di sicurezza e livelli di prestazione analoghi a quelli originali.
- Evitare la sovrapposizione di cantieri di natura diversa da quelli strettamente legati alla realizzazione della tranvia.
- Organizzare, per quanto possibile, i diversi lotti in modo da avanzare secondo una logica di apertura e chiusura di piccoli cantieri anziché di apertura di grossi cantieri che coprano un'unica vasta zona.
- Garantire la movimentazione dei mezzi pesanti al di fuori degli orari di punta del traffico cittadino.
- Studiare la viabilità alternativa in funzione dell'entità del cantiere e della tipologia dello stesso.

- Predisporre tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la viabilità provvisoria. essa dovrà garantire condizioni di sicurezza, chiarezza e visibilità per il traffico pubblico e privato.
- Predisporre una campagna di informazione e di concentrazione tra tutte le organizzazioni coinvolte per quanto riguarda il traffico, la viabilità provvisoria, gli interventi sui sottoservizi, gli accessi carrai, l'accesso agli esercizi commerciali, ecc. (cittadini, esercenti commerciali, pubblici servizi, vigilanza urbana, organi comunali, ecc.).

La cantierizzazione della linea tranviaria per Corticella in base al tessuto urbano presente è stata concepita individuando 11 macrocantieri per alcuni dei quali sono state individuate diverse alternative come previsto nel progetto generale.

I macrocantieri individuati sono:

- Macrocantiere A: Piazza dell'Unità – via Alfonso Lomabrdi;
- Macrocantiere B: via Alfonso Lomabrdi – via Sario Bassanelli;
- Macrocantiere C: via Sario Bassanelli – via di Saliceto;
- Macrocantiere D: via di Saliceto - via Fratelli Pinardi;
- Macrocantiere E: via Fratelli Pinardi – via Amedeo Lipparini;
- Macrocantiere F: via Amedeo Lipparini Macrocantiere – via Moliere;
- Macrocantiere G: via Moliere – via Shakespeare;
- Macrocantiere H: via Shakespeare – via Bentini (ponte sul canale navale)
- Macrocantiere I: via Bentini – Capolinea Castel Maggiore;
- Macrocantieri M: Via dei Mille (incrocio via Indipendenza) – Capolinea via dei Mille;
- Macrocantiere L: parcheggio e capolinea Castel Maggiore.



Figura 13.1 – Corografia Macrocantieri

Visto i vincoli viabilistici presenti che determinano l'impossibilità di effettuare i lavori contemporaneamente e vista la necessità di minimizzare l'impatto con il contesto di intervento, alcuni macrocantieri sopra citati sono stati divisi in aree di lavoro più piccole

in cui le lavorazioni dovranno avvenire per fasi in concatenazione ad altre o in progressione sequenziale.

Per questi ed ulteriori aspetti di dettaglio si rimanda agli elaborati specifici di cantierizzazione facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico-economica.

14. ESPROPRI

Anche per il PFTE della tratta per Corticella della seconda linea tranviaria, così come fatto per la linea Rossa, è stata eseguita un'attività di verifica sul percorso di progetto al fine di determinare eventuali aree in cui sarà necessario intervenire con l'esproprio di terreni privati.

Si è predisposto un modello catastale generato dall'assemblaggio di tutti i fogli di mappa catastali, sul quale è stato sovrapposto il tracciato di progetto della linea tramviaria

È stata predisposta una tavola complessiva di tutto il tracciato, da capolinea a capolinea, e sono state stralciate quattro tavole di dettaglio ove presenti, evidenziate per proprietà e mappale, le porzioni individuate in precedenza.

15. STRUTTURE

Lungo il nuovo tracciato sono ubicate alcune opere d'arte di una certa rilevanza di cui, in sede di PFTE, è stata data una prima indicazione di massima sia a livello dimensionale che di calcolo strutturale.

Tali opere sono sinteticamente riportate nella tabella seguente:

Identificazione	Breve nota descrittiva
Sottovia Via Mazza	Realizzazione di sottovia in Ferrarese/Via Mazza
Parcheggio Via Sario Bassanelli	Spazio di sosta costituito da n. 192 stalli dei quali n. 5 riservati a disabili
SSE.1	Sottostazione elettrica fuori terra
Sottoattraversamento Ferrovia	Realizzazione del nuovo sotto-attraversamento a doppio fornice lungo via Corticella, in sostituzione dell'attuale sottovia a luce singola
Nuova opera di sottoattraversamento lungo via Corticella in corrispondenza svincolo con Tangenziale	Nuovo sottovia ad esclusivo uso della tranvia lungo Via di Corticella, lungo complessivamente, rampe comprese, poco più di 670 m
SSE.2	Sottostazione elettrica interrata
Allargamento ponte sul Canale Navile	Allargamento ponte esistente sul Canale Navile per ampliamento sede stradale lungo via Shakespeare
Rampa in c.a. lungo via Shakespeare	Realizzazione rampa tra muri in c.a. per permettere alla sede tramviaria di passare della quota della viabilità esistente alla quota del sedime ferroviario in prossimità della stazione SFM di Corticella
Allungamento sottovia esistente	Allungamento del sottopasso esistente che permette a via Shakespeare di sottopassare la linea ferroviaria esistente in prossimità della stazione SFM di Corticella
SSE.3	Sottostazione elettrica fuori terra
Capolinea nord	Nell'intorno dell'area del capolinea, al fine di assolvere ad una funzione di interscambio multimodale e quindi consentire ai fruitori del servizio di lasciare il mezzo di partenza e dirigersi verso il centro della città utilizzando

Di seguito una breve descrizione delle opere così come ipotizzate.

15.1 SOTTOVIA VIA MAZZA

Al fine di ridurre le interferenze tra il traffico privato su gomma e il transito delle vetture tranviarie, lungo l'asse via Ferrarese/via Mazza/via Bolognese è prevista la realizzazione di un'opera di sottoattraversamento che complessivamente, tra rampe e sezione scatolare, misura poco meno di 433 m.

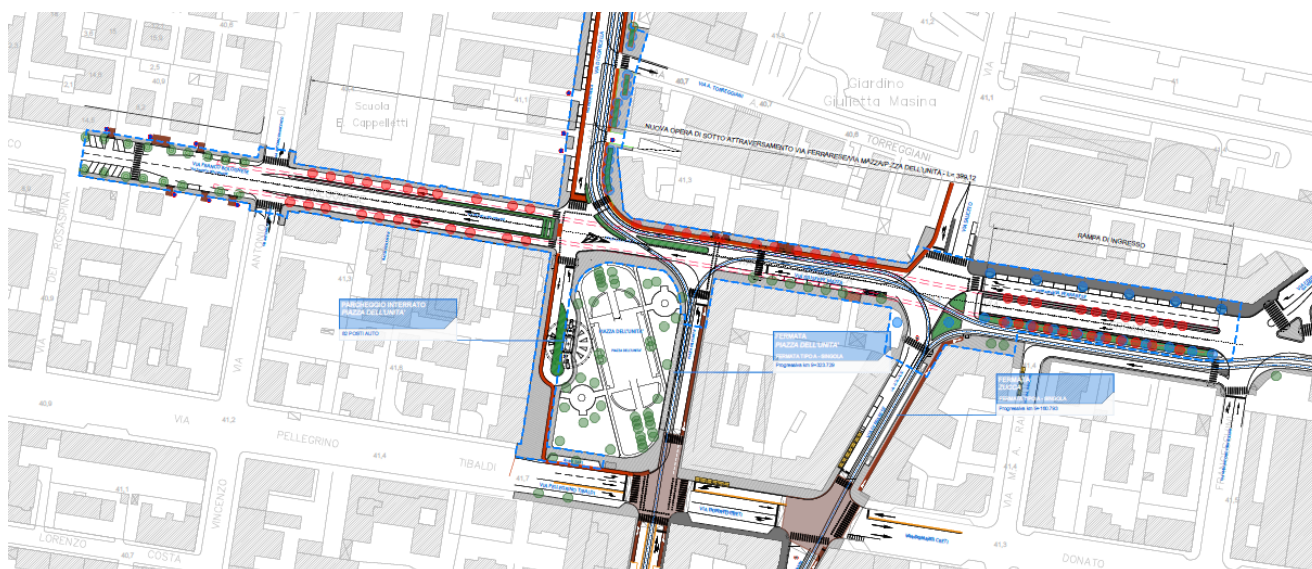


Figura 15.1 – Inquadramento opera

Le rampe di accesso ubicate su ambo i lati dell'opera, sono costituite da una platea in c.a. e da due pareti laterali sempre in c.a.

Per consentire la realizzazione del manufatto e limitare gli scavi laterali, saranno messi in opera opportuni diaframmi in cls armato di spessore ipotizzato pari a 80 cm, ubicati su ambo i lati e dello sviluppo longitudinale pari alla lunghezza delle rispettive rampe.

Sezione rampe

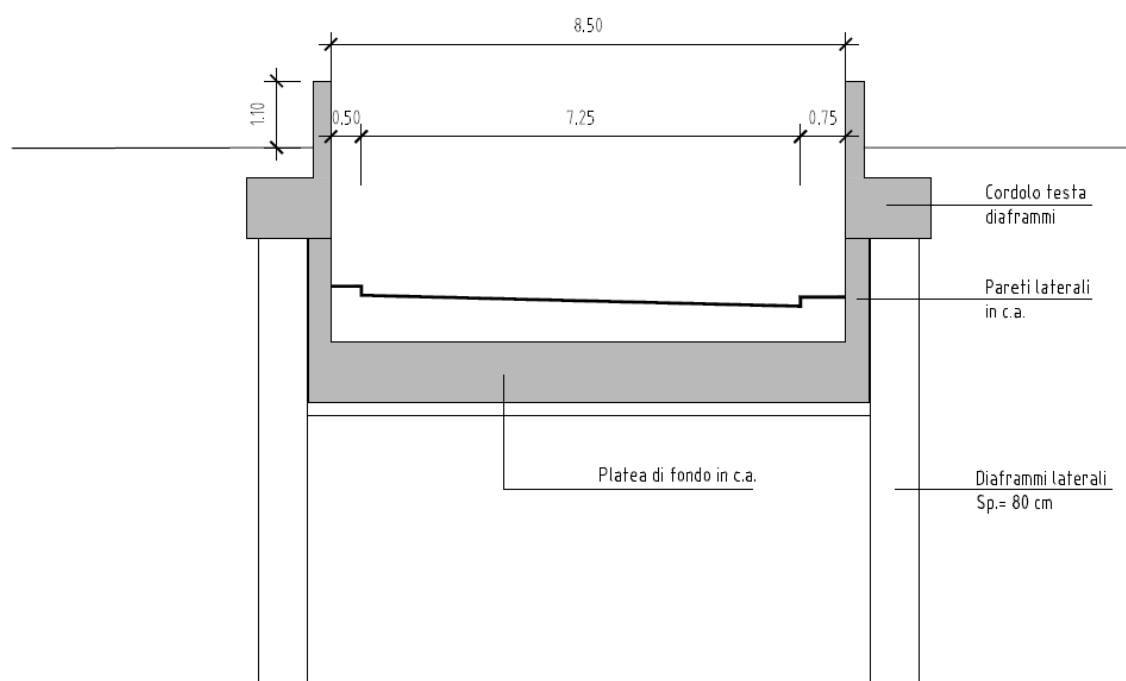


Figura 15.2 – Sezione trasversale rampe di accesso

Il manufatto scatolare chiuso, della lunghezza complessiva di 194 m, è realizzato sempre tra due paratie laterali di diaframmi.

Su di esse di intestano sia il solettone di copertura che quello di fondo, entrambi in c.a. e realizzati in opera.

Lateralmente il manufatto è completato da due pareti in c.a. a protezione/finitura dei diaframmi laterali.

Sezione Scatolare

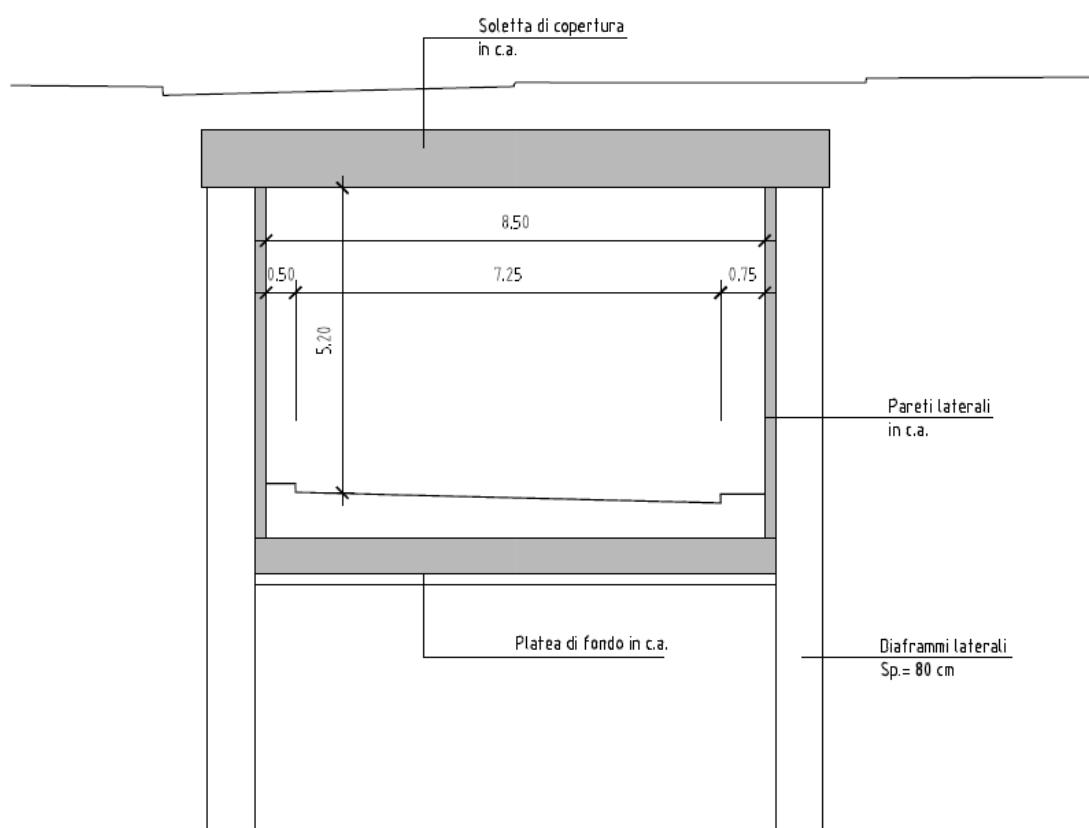


Figura 15.3 – Sezione trasversale scatolare interrato

15.2 SOTTOATTRAVERSAMENTO FERROVIA

Per consentire il passaggio della nuova linea tranviaria lungo via di Corticella sotto il fascio binari esistente, sarà realizzato un nuovo sottoattraversamento in cls armato a doppio fornice, in sostituzione dell'attuale sottovia a luce singola.

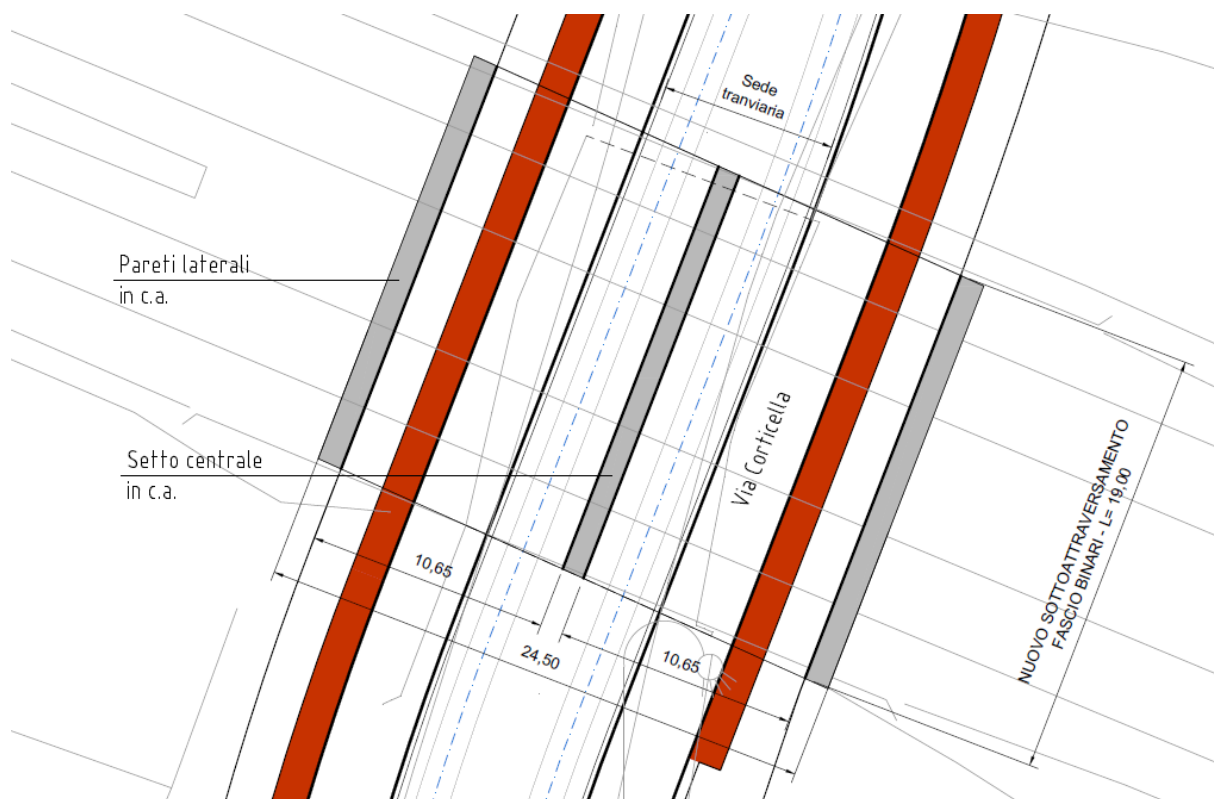


Figura 15.4 – Inquadramento opera

Sezione nuovo manufatto
di sotto-attraversamento
sede ferroviaria esistente

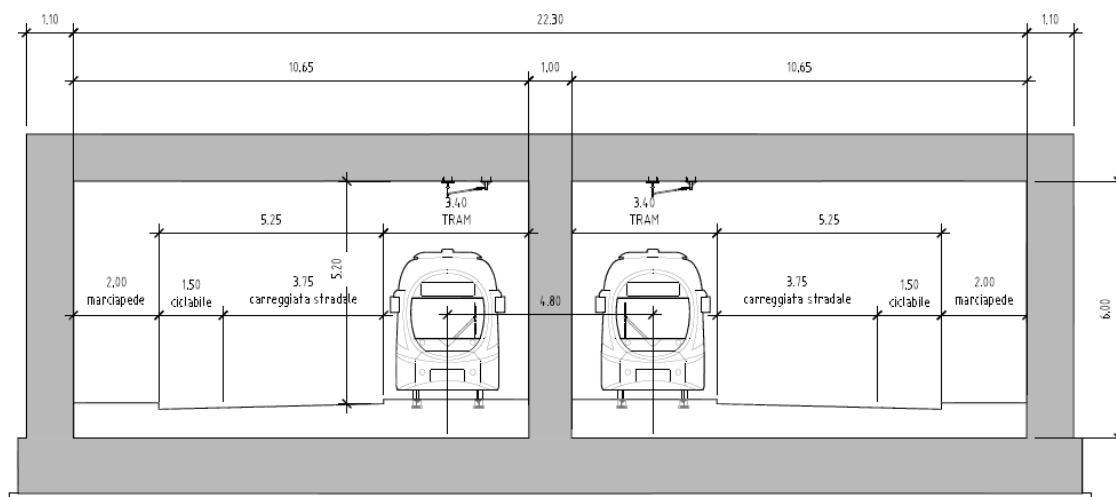


Figura 15.5 – Sezione trasversale sottoattraversamento

L'opera, prevista al momento completamente gettata in opera, dovendo mantenere il piano ferro superiore esistente, comporta l'abbassamento del piano stradale esistente, in quanto l'attuale piano stradale non è compatibile con le altezze minime interne che per normativa dovrà avere il nuovo manufatto.



Figura 15.6 – Sotto-attraversamento esistente e attuale luce libera

Chiaramente la realizzazione del manufatto, prevista per fasi per non precludere la possibilità del transito dei treni durante le attività lavorative, comporterà la chiusura temporanea di via Corticella, almeno per il tempo necessario al completamento dell'abbassamento del piano stradale.

15.3 SOTTOATTRAVERSAMENTO TANGENZIALE

Per consentire il passaggio della nuova linea tranviaria lungo Via Corticella in corrispondenza dello svincolo con la tangenziale, viene realizzato un nuovo sottovia ad esclusivo uso della linea stessa, lungo complessivamente, rampe comprese, poco più di 670 m.



Figura 15.7 – Inquadramento opera

L'opera prevede delle opportune fasi di realizzazione, al fine di mantenere attiva la circolazione su parte di Via Corticella, come meglio descritto all'interno dell'elaborato grafico allegato alla presente.

Le rampe di accesso ubicate su ambo i lati sono costituite da una platea e da muri andatori in cls armato, mentre la porzione interrata è costituita da uno scatolare in cls armato.

Per consentire la realizzazione del manufatto, saranno messi in opera opportuni diaframmi in cls armato di spessore 80 cm, ubicati su ambo i lati dello sviluppo longitudinale dello stesso. Per la sola porzione di manufatto direttamente ubicata al di sotto della tangenziale, la realizzazione sarà effettuata con l'ausilio di una berlinese di micropali su ambo i lati.

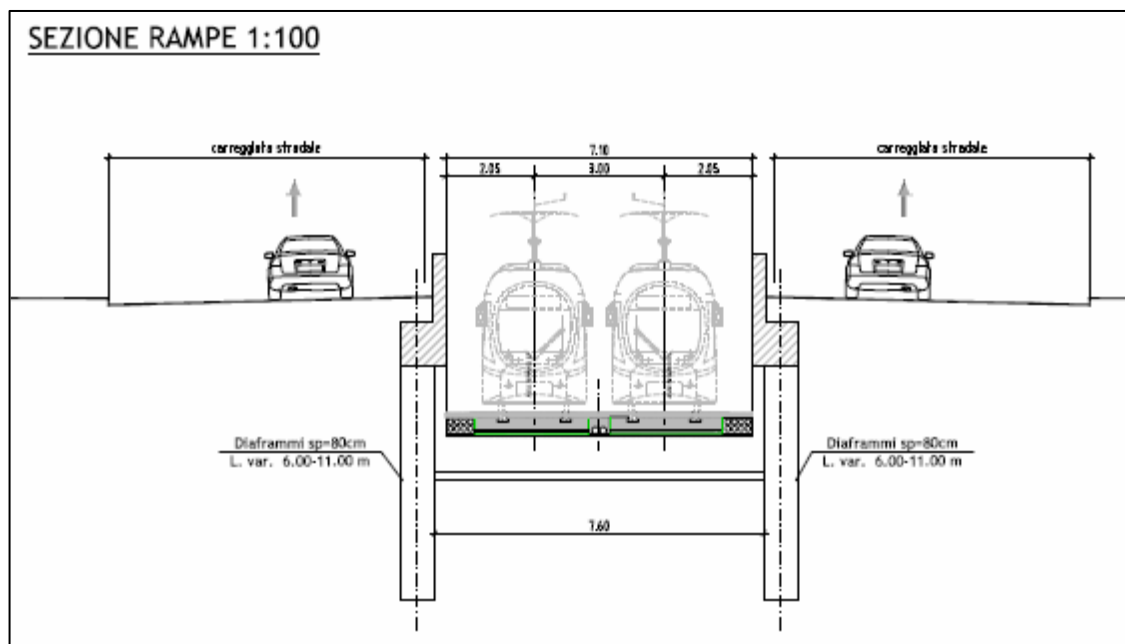


Figura 15.8 – Sezione trasversale rampe di accesso

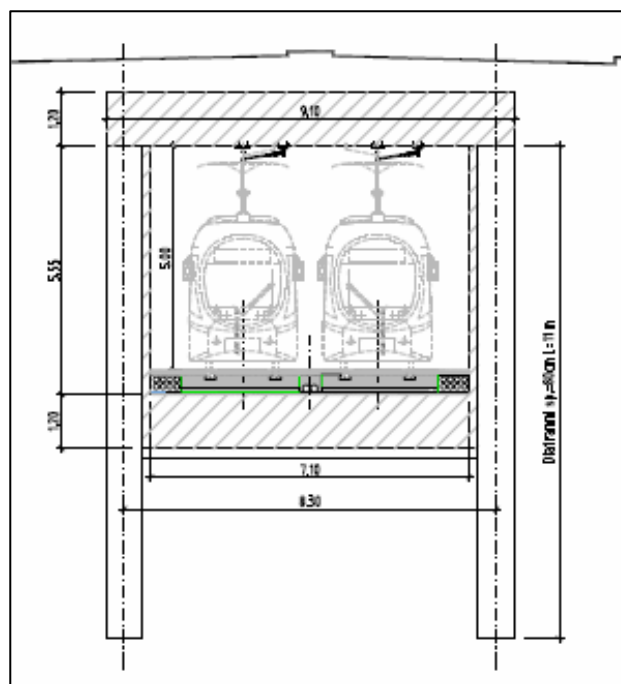


Figura 15.9 – Sezione trasversale sottopasso

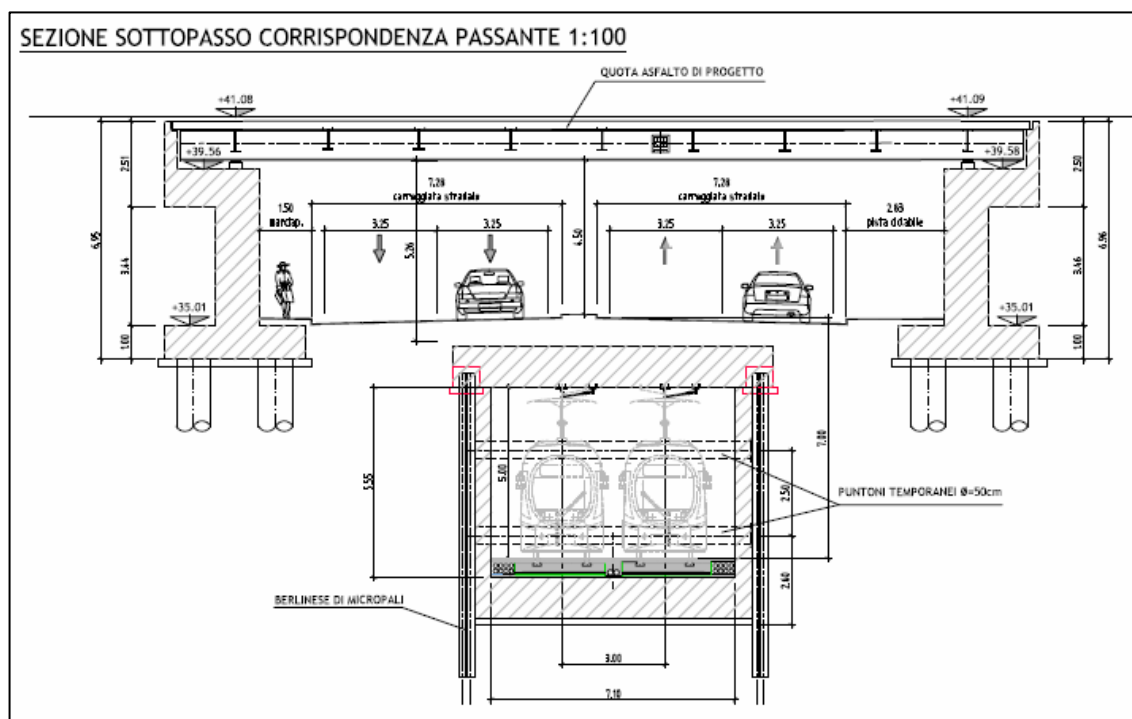


Figura 15.10 – Sezione trasversale sottopasso al di sotto della tangenziale

15.4 ALLARGAMENTO PONTE SU CANALE NAVILE

Al fine di consentire il passaggio della nuova linea tranviaria lungo Via Shakespeare, si prevede di realizzare un allargamento della sede stradale del ponte esistente sul Canale Navile.

Il ponte, attualmente interessato solo dal transito dei mezzi su gomma, verrà in parte occupato dalla nuova sede tranviaria che verrà collocata sul lato meridionale della sezione stradale.



Figura 15.11 – Ponte esistente sul Canale Navile

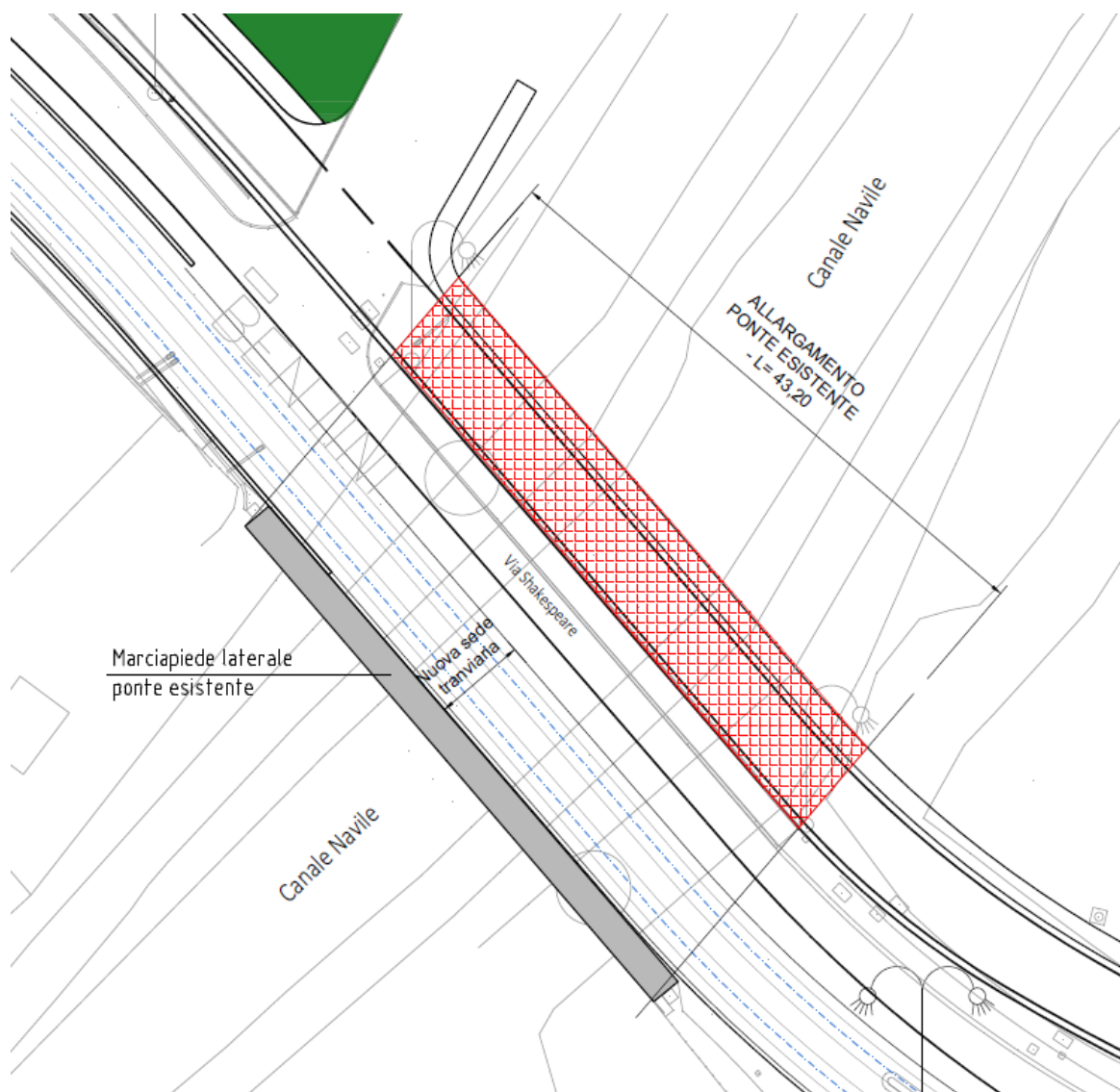


Figura 15.12 – Inquadramento opera

Il nuovo manufatto sarà realizzato in aderenza a quello esistente mediante un impalcato costituito da travi prefabbricate e getto in cls di completamento, sostenuto da nuove spalle in cls armato.

Le fondazioni delle nuove spalle saranno sostenute da opportuni pali in cls armato di diametro pari a 400 mm.

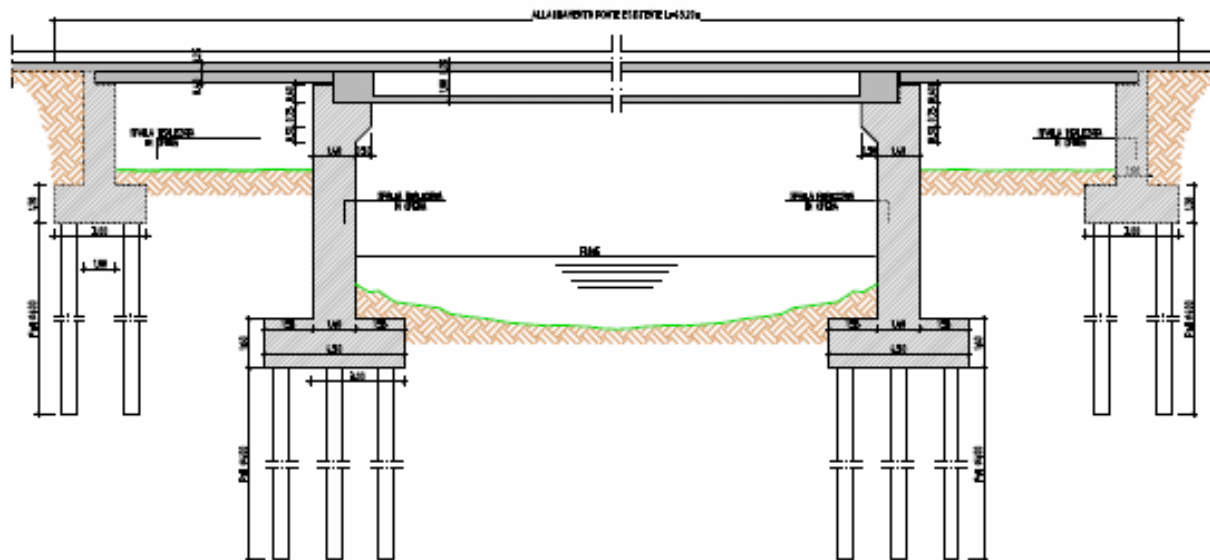


Figura 15.13 – Sezione longitudinale ampliamento

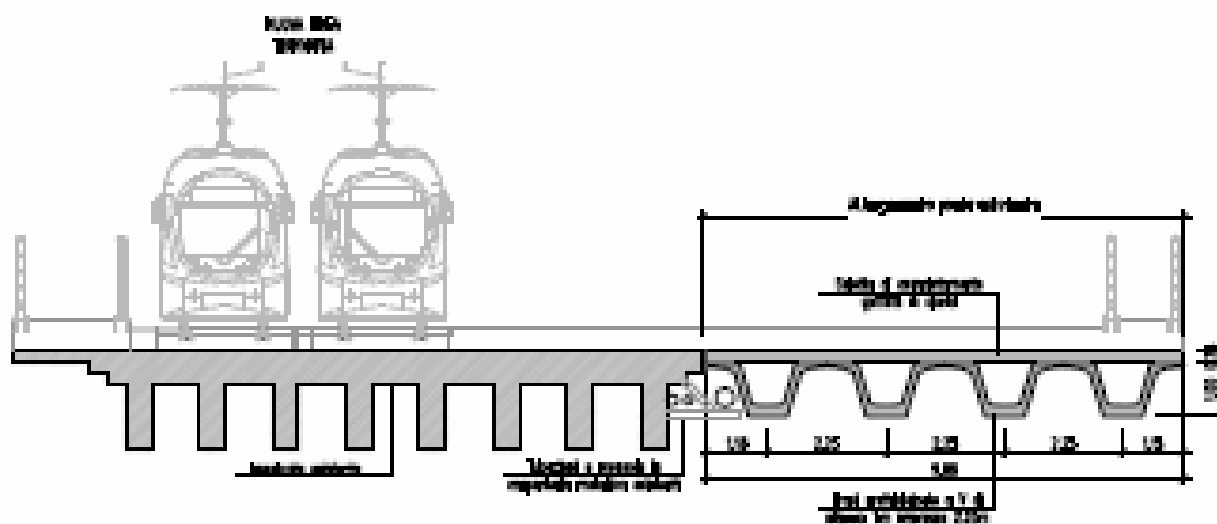


Figura 15.14 – Sezione trasversale ponte

15.5 RAMPA LUNGO VIA SHAKESPEARE

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova rampa tra muri in c.a. per consentire alla sede tranviaria di passare dalla quota della viabilità esistente alla quota del sedime ferroviario in prossimità della stazione SFM di Corticella.

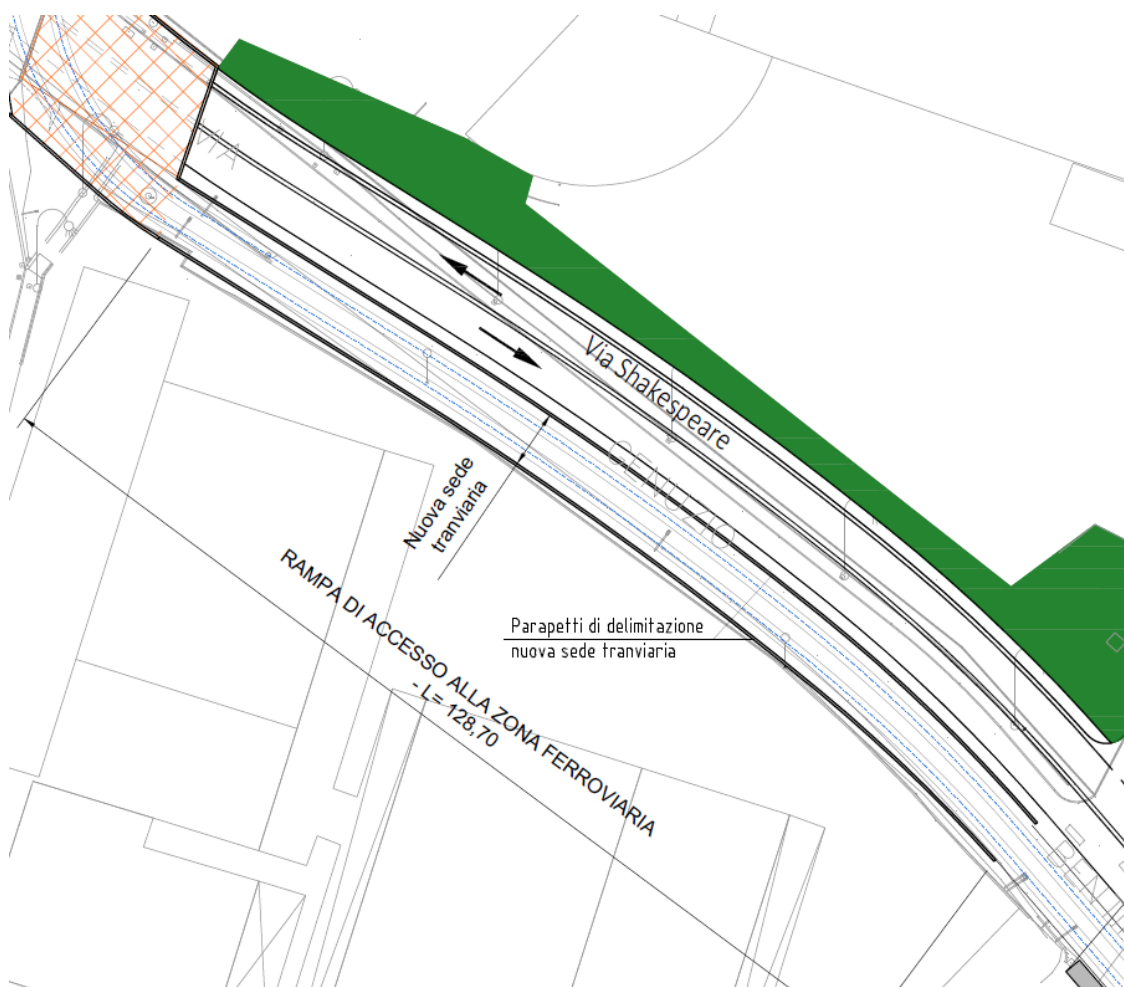


Figura 15.15 – Inquadramento opera

La nuova rampa presenta sezioni variabili:

- nella prima porzione il manufatto è costituito da un solaio e da muri di contenimento ambo i lati in cls armato

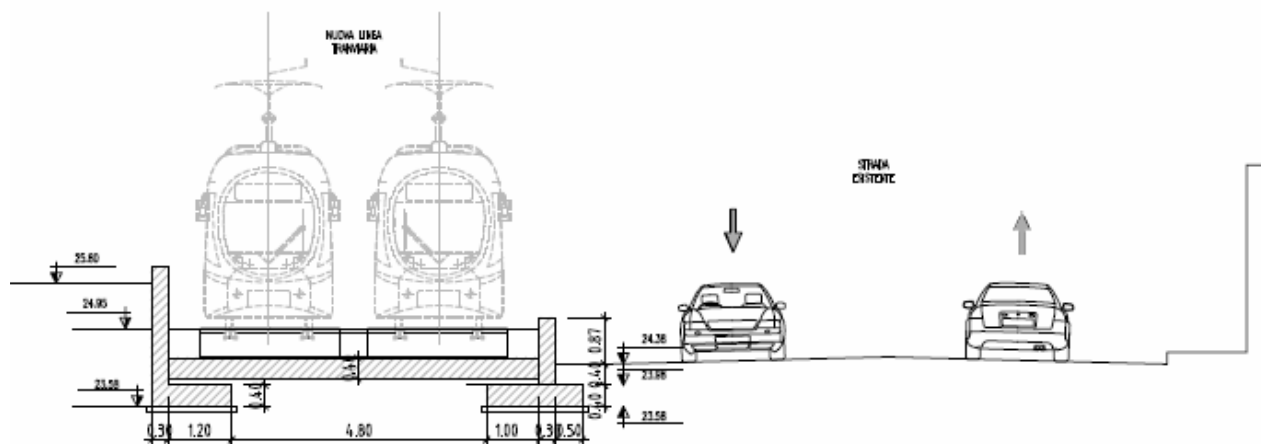


Figura 15.16 – Sezione trasversale prima porzione

- nella seconda porzione l'opera è costituita da uno scatolare in cls armato

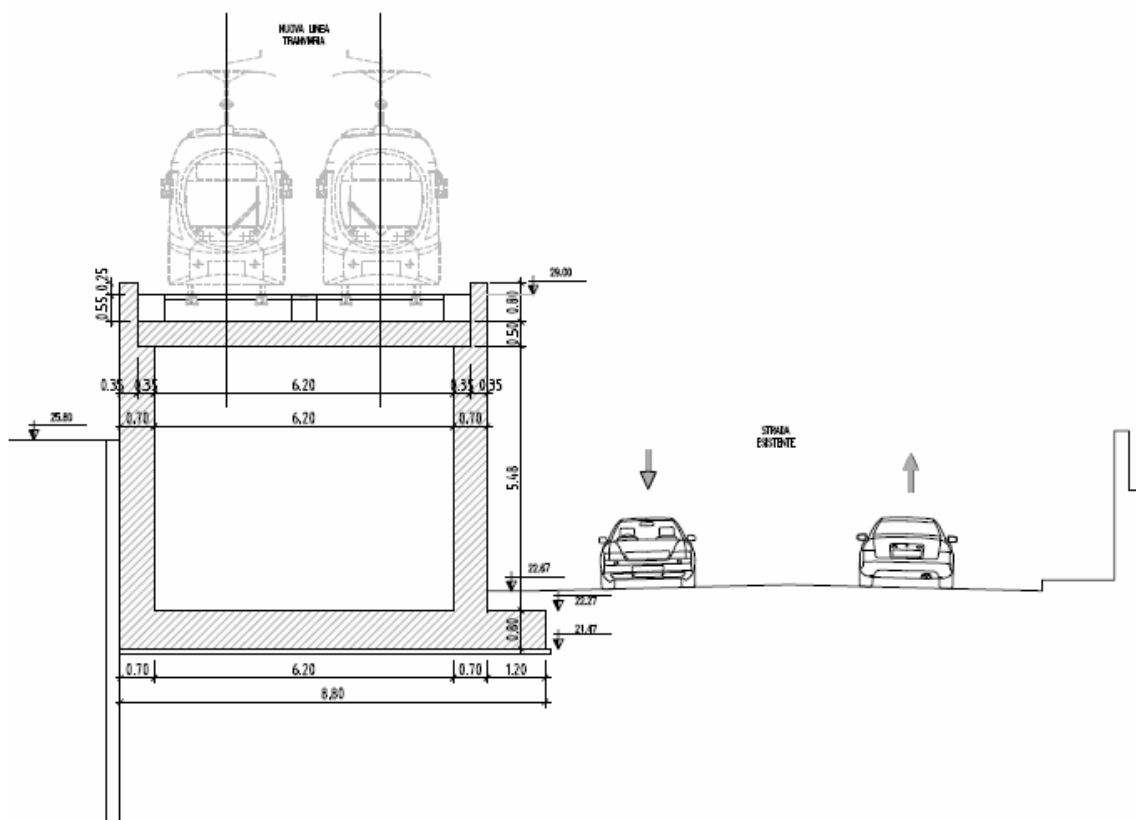


Figura 15.17 – Sezione trasversale seconda porzione

15.6 ALLARGAMENTO SOTTOVIA ESISTENTE

L'ultima opera di una certa rilevanza consiste nell'allungamento del sottopasso esistente lungo via Shakespeare che sottopassa il piano ferroviario dell'area della stazione SFM di Corticella.

La linea, infatti, percorrendo il tratto tra muri rappresentato nel paragrafo precedente, si attesta in un'area dismessa antistante il piazzale di stazione.

Per permettere alla linea di curvare a 90° e collocarsi in posizione parallela al fascio binari è necessario prevedere l'allungamento dell'opera esistente.

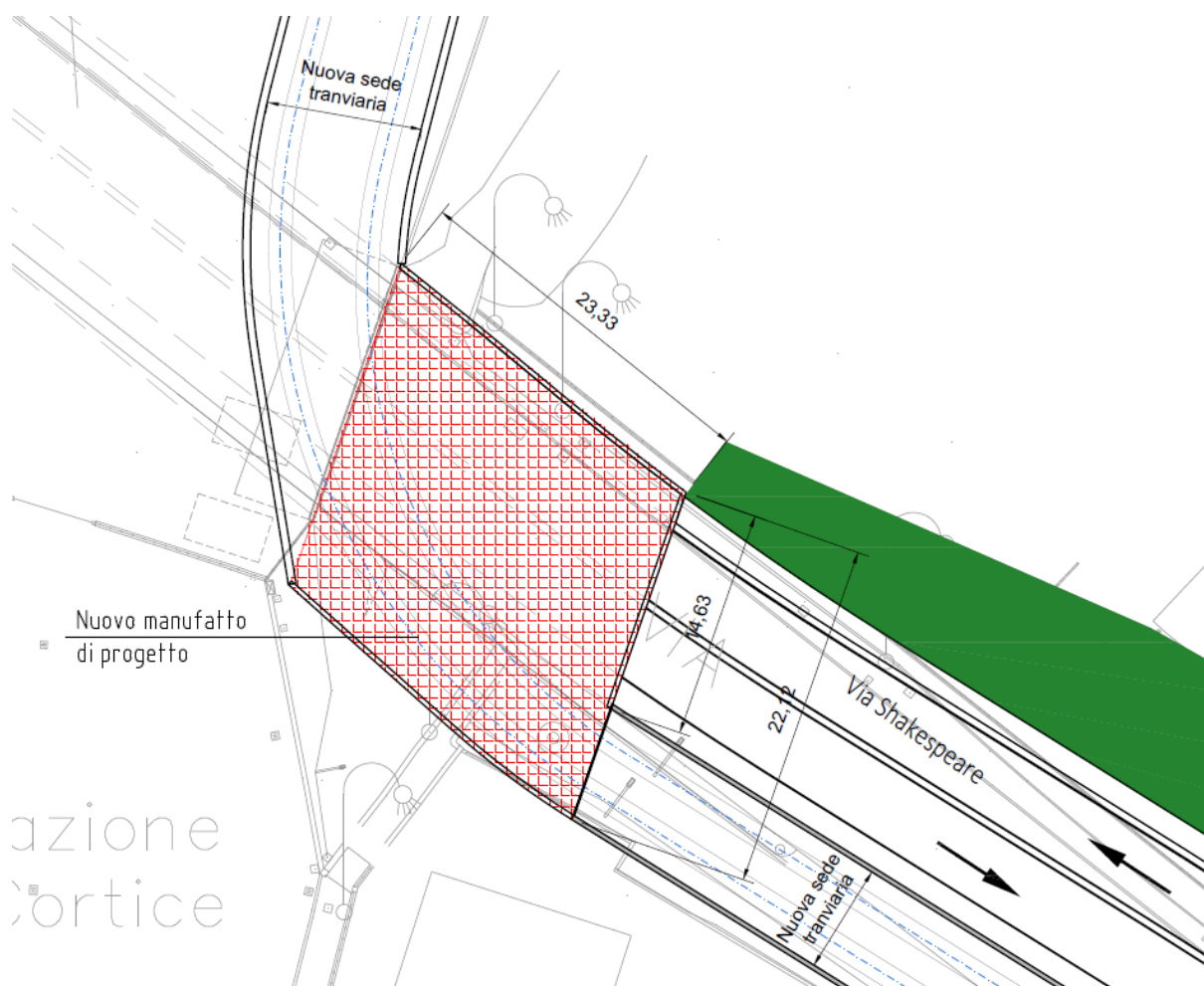


Figura 15.18 – Inquadramento opera

Il nuovo manufatto sarà realizzato in aderenza al sottovia esistente mediante un impalcato costituito da travi prefabbricate e getto di completamento in cls, sostenuto da nuove porzioni di muri in cls armato.

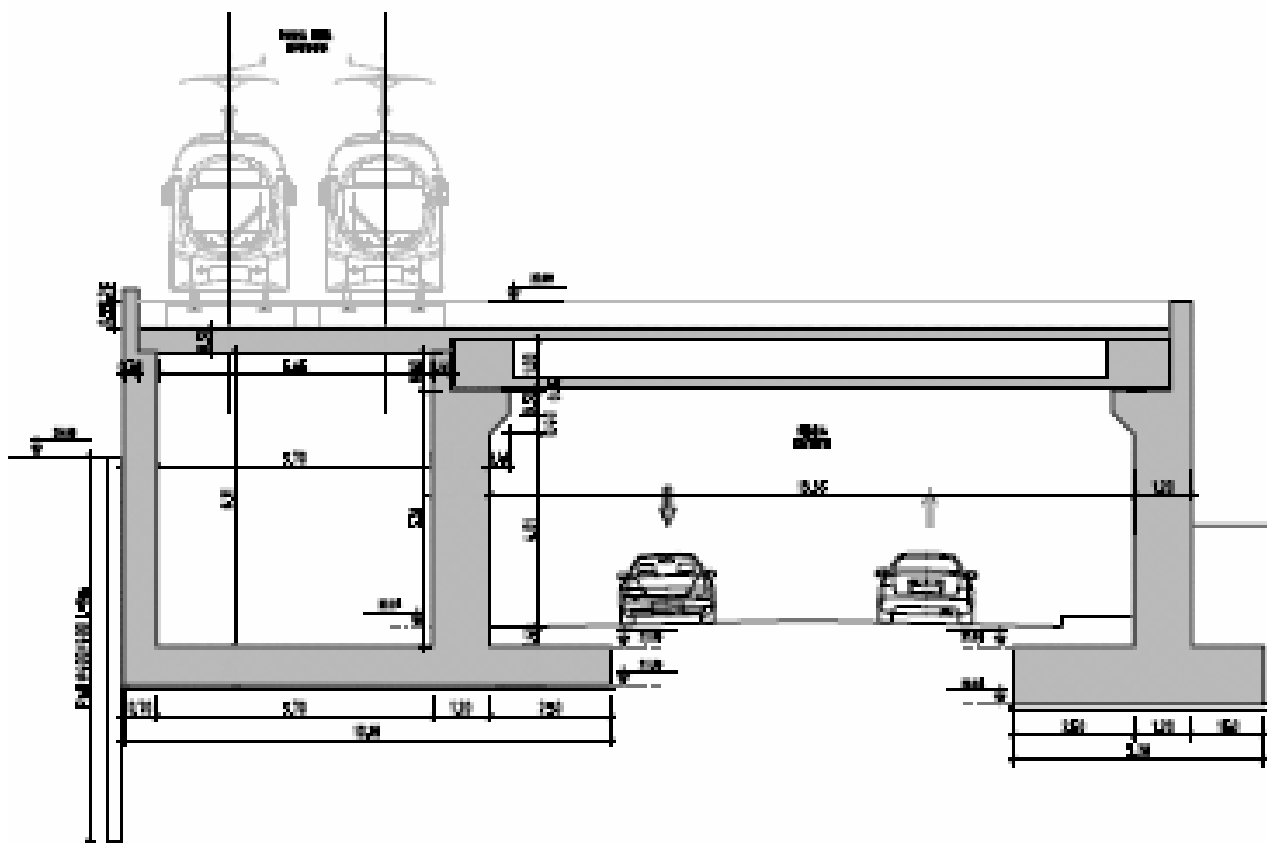


Figura 15.19 – Sezione trasversale sottovia

Nel caso di interferenze con le opere d'arte esistenti, saranno previste opportune opere di sostegno provvisori, atte a garantire la stabilità delle opere di cui sopra durante tutte le fasi di lavorazione.

Considerata l'importanza di tali opere, si provvederà ad installare un sistema di monitoraggio strumentale, controllato h24 e 7/7 giorni tramite appositi dispositivi.

16. ARMAMENTO TRANVIARIO

Come già evidenziato nel progetto della linea Rossa, anche il tracciato della tratta per Corticella si sviluppa attraverso ambiti con edifici ritenuti sensibili da un punto di vista storico.

Come avviene ormai in tutte le realizzazioni di trasporto pubblico di massa su rotaia, pertanto, le vibrazioni propagate attraverso l'aria, il suolo e le strutture devono essere mitigate per ridurre il disturbo che si arreca agli edifici limitrofi.

Al fine di valutare i livelli di attenuazione sui binari, si fa riferimento alla distanza degli stessi dagli edifici, oltre che alla funzione dell'edificio (ad esempio scuole, ospedali, laboratori etc.) ed alla sua sensibilità, ed al contesto urbano attraversato.

I risultati di questo primo approccio sono riportati sulle planimetrie con la indicazione delle tipologie di armamento tenendo conto dei seguenti fattori:

- tipo di terreno su cui insisterà il binario (geologia);
- posizione del binario rispetto alla sezione stradale (distanza tra asse e edifici);
- categoria di destinazione dell'area (residenziale, commerciale, industriale).

Poniamo che d_1 sia definita come la distanza tra l'edificio di destra e l'asse del binario di destra e d_2 sia definita come la distanza tra l'edificio di sinistra e l'asse del binario di sinistra; d_{min} risulterà essere la distanza inferiore tra d_1 e d_2 . Secondo tale criterio il tipo di smorzamento acustico del binario sarà stabilito tenendo anche in considerazione l'ambiente e la posizione dell'area.

L'attenuazione delle vibrazioni del binario verrà predisposta seguendo le seguenti regole:

- $d_{min} > 12m$: livello 0
- $d_{min} > 12m$ ma in area sensibile: livello 2
- $7 < d_{min} < 12m$: livello 2
- $7 < d_{min} < 12m$ ma in area sensibile: livello 3

- $d_{min} < 7m$: livello 3
- Centro storico: livello 3

Con questi livelli si definiranno le relative sezioni dell'armamento.

Nei casi in cui il livello di vibrazioni in condizioni base sia ammissibile si installerà un binario di riferimento (Livello 0). Nei casi in cui si richieda un livello medio di attenuazione si installerà un binario di riferimento con provvedimenti antivibranti (Livello 2). Nelle zone con sezioni particolarmente sensibili lungo la linea tranviaria, si installerà un binario di riferimento con provvedimenti antivibranti ad elevate prestazioni (Livello 3).

Queste sezioni potranno essere verificate attraverso un software di simulazioni che si rifà ai principi standard di massa-molla adattandoli al caso della linea tranviaria. Questo software consente di confrontare la filtrazione delle vibrazioni di un binario, ottenuta mediante l'inserimento in loco di materiali antivibrazionali (materassino elastomerico, piastrine sottorotaia, ecc.) messi in relazione con un binario standard cosiddetto «di riferimento» ovvero senza resilienti e materassino (livello 0).

La differenza tra il binario ammortizzato e il binario standard nel trasmettere le vibrazioni consente di ricavare la perdita d'inserzione in dB e quindi di valutare la performance dei dispositivi antivibrazioni proposti nel tipo di binario ammortizzato.

Il sistema previsto per la linea tranviaria oggetto del presente progetto di fattibilità tecnico economica è l'embedded rail system (ERS), che prevede la posa di rotaie rivestite da profili in gomma che vengono posizionate mediante portalini e fissate in opera con un getto di bloccaggio.

Tale sistema, largamente sviluppato in Europa (Parigi, Madrid, Bruxelles, Atene ecc.), è attualmente quello utilizzato in Italia per la realizzazione delle linee 2 e 3 di Firenze. Variando le caratteristiche delle gomme sottorotaia e dell'eventuale materassino sottoplatea il sistema consente una notevole gamma di soluzioni prestazionali. Le recenti applicazioni, quali per tutte quelle di Atene e Firenze, hanno consentito di perfezionare

la posa migliorando la precisione nell'allineamento delle rotaie nonché alcuni dettagli costruttivi, rendendolo sicuro e affidabile.

L'ERS è un sistema di binario isolato su appoggio continuo con elasticità omogenea senza fissaggio meccanico. Il rivestimento elastico delle rotaie consiste in profili realizzati in un elastomero granulare sinterizzato ad alta densità. Incastrato nella piastra di calcestruzzo superiore del binario, fino uno spessore libero di 100 mm sotto il Piano del Ferro per la posa del rivestimento, l'ERS garantisce la tenuta geometrica e meccanica della via (posizione e scartamento) senza sistemi di fissaggio.

Con il sistema a “rotaie rivestite”, si provvede mediante portalini metallici al fissaggio ed alla calibrazione dei binari. L'allineamento del binario in orizzontale e verticale lungo gli assi X,Y,Z, viene realizzato prima di effettuare il getto di calcestruzzo nei vari strati. Lo strato finale di rivestimento può essere scelto in funzione delle esigenze architettoniche del contesto.

Per ogni tipo di rotaia (nel nostro caso la 60R2) viene realizzata su misura una specifica forma di profilo avvolgente, che assicura una trasmissione ottimale di carico verso la struttura portante. Il principio è applicato soprattutto per binari interrati che utilizzano rotaie a gola in ambiente urbano con uso multi-modale (traffico tranviario ed altro).

La forma del rivestimento elastico è adatta al tipo di rotaia e garantisce:

- un trasferimento ottimale del carico;
- un isolamento vibro-acustico;
- un isolamento elettrico;
- un isolamento termico.

Le dimensioni e la rigidità finali di profili di rivestimento in elastomero granulare saranno determinati sulla base delle prestazioni richieste per l'attenuazione delle vibrazioni.

Nel presente progetto vengono previste 3 diverse tipologie di sezioni di armamento:

- Sezione tipo L0 – “livello 0”;

- Sezione tipo L2 – “livello 2”;
- Sezione tipo L3 – “livello 3”.

16.1 SEZIONE TIPO L0

La sezione tipo dell'armamento della tranvia definita L0 è composta da una rotaia incamiciata in profili avvolgenti in gomma che determinano un appoggio continuo elastico (definita con termine inglese “ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System”). Il bloccaggio del binario avviene senza fissaggio meccanico, incastrando semplicemente le rotaie incamiciate in un getto di calcestruzzo, che a sua volta poggia su una piattaforma (piastra di fondazione). Il tutto viene posato su un suolo eventualmente bonificato qualora la resistenza del terreno di sedime non rispondesse alle prescrizioni di capitolato.

Si assume che la sezione tipo L0 non abbia uno specifico smorzamento delle vibrazioni malgrado la gomma che riveste le rotaie dia comunque un certo contributo in tal senso.

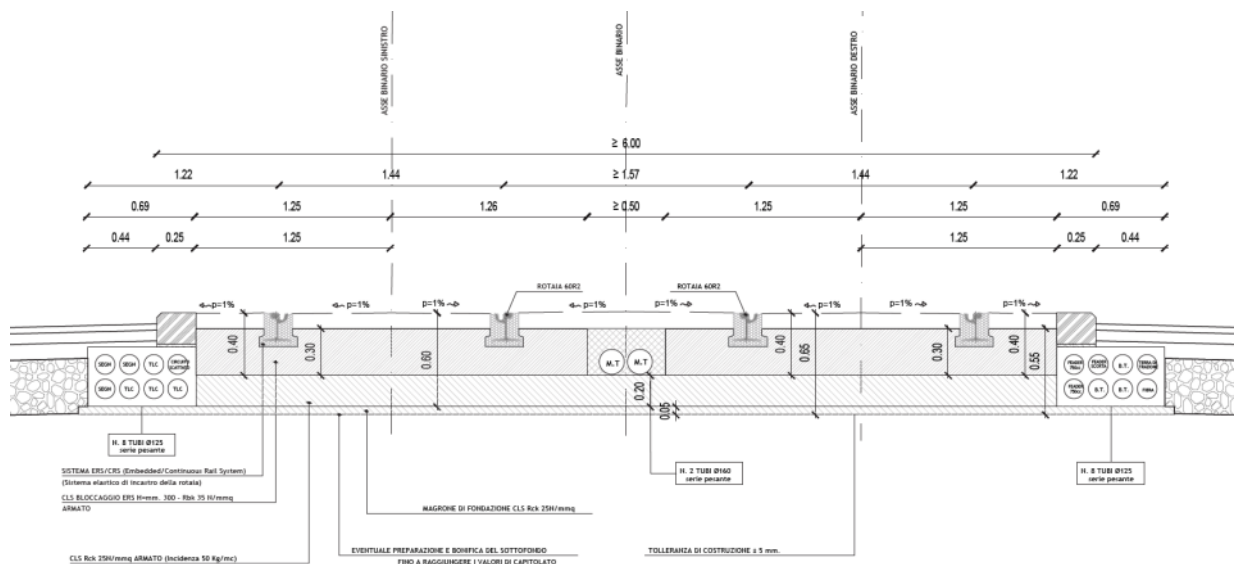


Figura 16.1 – Sezione trasversale tipo L0

16.2 SEZIONI TIPO L2 E L3

A partire dalla sezione tipo L0 corrispondente al livello 0 di smorzamento, semplicemente interponendo materiali resilienti tra la piastra di fondazione ed il getto di bloccaggio, si determinano due sezioni ammortizzate con performance ordinate in base al grado di smorzamento richiesto:

- il livello cosiddetto L2 «Livello 2» che corrisponde a uno smorzamento medio delle vibrazioni;
- il livello cosiddetto L3 «Livello 3» che corrisponde a uno smorzamento elevato delle vibrazioni.

La sezione tipo L2 “Livello 2” si ottiene interponendo tra la piastra di fondazione ed il getto di bloccaggio un materassino elastomerico a medio smorzamento.

Il “Livello 3” è tipologicamente simile al “Livello 2”.

La sezione tipo L3 pertanto si distingue rispetto alla L2 per l'inserimento di un materassino elastomerico più efficiente sotto la soletta di calcestruzzo del binario.

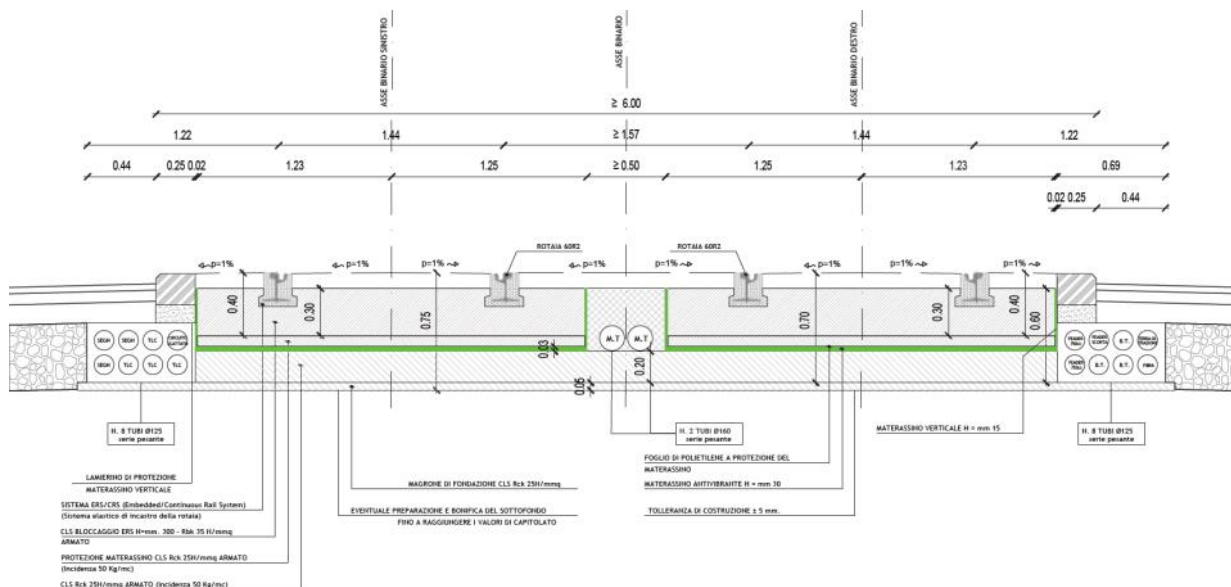


Figura 16.2 – Sezione trasversale tipo L2 con materassino



17. RICOVERO MEZZI CAPOLINEA CASTEL MAGGIORE

In corrispondenza del capolinea nord di Castel Maggiore, in analogia a quanto già progettato per la linea Rossa con il deposito ausiliario Pilastro, è stata prevista un'area da destinare a ricovero mezzi per la sosta notturna delle vetture che terminano il servizio sul lato nord della linea.

L'area dove realizzarlo è stata individuata in comune di Castel Maggiore in un'area agricola tra la linea ferroviaria esistente, la via Di Vittorio e il Canale Navile.

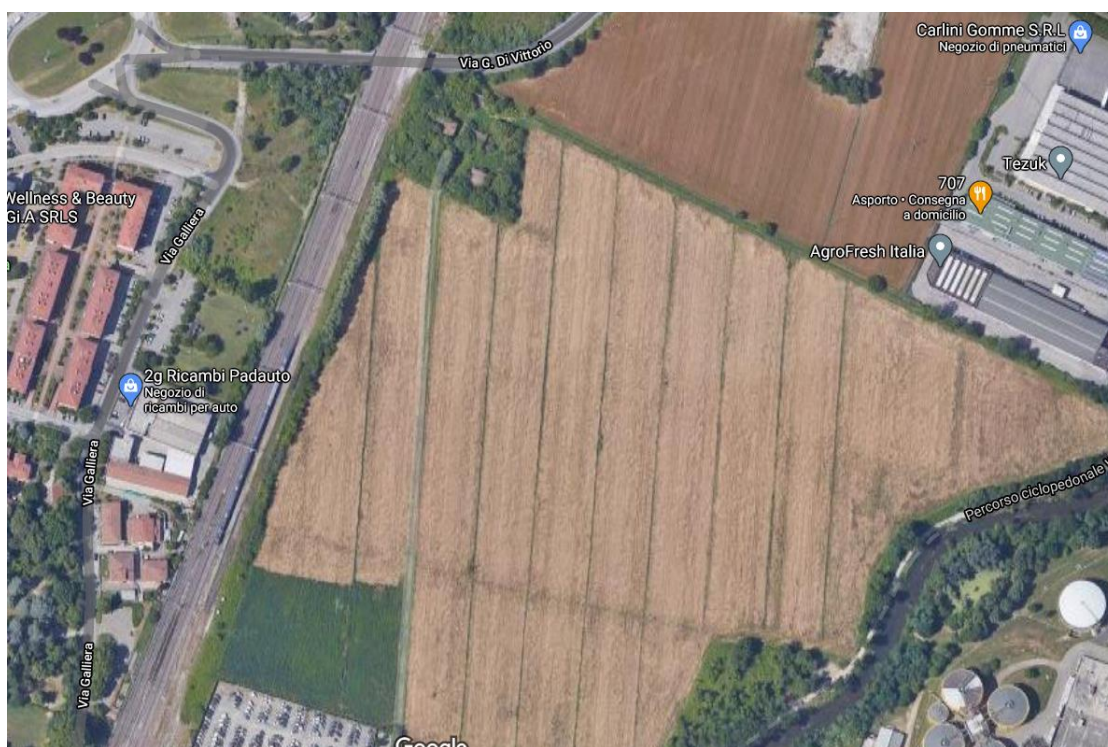


Figura 17.1 – Area di ubicazione ricovero mezzi Castel Maggiore

Come detto l'area serve per il ricovero notturno delle vetture che il giorno successivo potranno comodamente riprendere il servizio senza dover percorrere “a vuoto” tutta la linea, con una significativa riduzione sui costi di esercizio.



Figura 17.2 – Planimetria di progetto Ricovero mezzi Castel Maggiore

L'accesso al deposito per i veicoli tranviari alla fine delle banchine del Capolinea nord: i due binari di corsa permettono l'accesso all'area di ricovero costituita da quattro stalli paralleli dove sarà possibile ricoverare altrettante vetture.

17.1 FUNZIONI INTERNE

All'interno dell'area recintata si svolgeranno attività manutentive secondarie, come il lavaggio delle parti esterne dei veicoli e la pulizia degli interni, oltre chiaramente al ricovero protetto del materiale rotabile: i veicoli che dovranno sottoporsi a revisione e manutenzione programmata verranno ricondotti al deposito-officina principale della linea Rossa collocato a Borgo Panigale.

17.2 EDIFICI ED AREE FUNZIONALI

17.2.1 Rimessa tram

La rimessa coperta occupa una superficie di circa 1.100 mq: le attività di pulizia giornaliera manuale dei veicoli verrà effettuata durante le ore notturne a fine servizio.

Sono previste banchinette di accesso ai veicoli che servono i binari esterni: i punti di alimentazione elettrica e di approvvigionamento idrico saranno distanziati lungo le banchinette in modo tale che la lunghezza dei cavi e dei tubi non superi i 15 metri.

L'illuminazione di stazionamento deve consentire uno spostamento sicuro del personale e l'esecuzione delle attività di pulizia anche quando il veicolo è in arresto.

Gli scarichi grigliati saranno collegati con la rete di drenaggio per garantire il drenaggio dell'acqua piovana nell'area di sosta.

Il tipo di pavimentazione superficiale consente ai conducenti ed al personale addetto alle pulizie di accedere facilmente ai veicoli e di spostare agevolmente le diverse attrezzature mobili utilizzate.

17.2.2 Edificio tecnico di servizio

Il fabbricato è di circa 150mq, ed è suddiviso in tre zone:

- il magazzino di stoccaggio dei prodotti e delle attrezzature per la pulizia di circa 32mq;
- un locale dedicato alla cabina elettrica per l'alimentazione del deposito
- un locale destinato a posto di sorveglianza, in cui si controllerà, identificherà e registrerà l'entrata e l'uscita dei veicoli stradali e dei pedoni. Deve essere dotata di:

- monitor video con sistema di commutazione per le diverse telecamere posizionate attorno al deposito;
- centrale telefonica per le comunicazioni interne ed esterne;
- centrale di ricezione dei sistemi di allarme del deposito;
- sistema di telecomando dei cancelli;
- servizi igienici riservati al personale addetto
- Servizio igienico accessibile dall'esterno

Il deposito è dotato di un parcheggio per il personale e per i visitatori localizzato all'interno del perimetro sorvegliato la cui capacità massima prevista è di circa 8 veicoli.