

RTI Progettisti:



PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA PRIMA LINEA TRANVIARIA DI BRESCIA "T2" (PENDOLINA - FIERA)

CUP: C81B21013200005 - CIG: 9101132BB5

ELABORATI DI CARATTERE GENERALE

RELAZIONE GENERALE

BRESCIA MOBILITA'

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ARCH. VERA SABATTI

DIRETTORE GENERALE
ING. MARCO MEDEGHINI

ASSISTENZA AL RUP E ASPETTI TECNICI
ING. CLAUDIO ORLANDI, ING. ROBERTO PANSI
ING. MARCO CORTI

DEC. E MOBILITY MANAGER
ING. MICHELA BONERA

COMUNE DI BRESCIA - Assessorato alla Mobilità,
Eliminazione Barriere Architettoniche e Trasporto Pubblico

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. STEFANO SBARDELLA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

CAPO PROGETTO COORDINATORE RESPONSABILE
INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
ING. SANTI CAMINITI

COORDINATORE TECNICO
ING. DANILO RUSSO

BIM MANAGER
GEOM. MIRKO CASAROLI

INFRASTRUTTURA TRANVIARIA
ING. SANTI CAMINITI

ARCHITETTURA E INSERIMENTO URBANISTICO
ARCH. SEBASTIANO FULCI DE SARNO

OPERE STRUTTURALI
ING. ERICA CALATOZZO

IMPIANTI TECNOLOGICI
ING. ALBERTO FORCHINO

IMPIANTI CIVILI ED INDUSTRIALI
ING. DOMENICO D'APOLLONIO

ANTINCENDIO
ING. MASSIMILIANO CAPACI

ESERCIZIO E MANUTENZIONE
ING. GIORGIO COLETTI

RESPONSABILE DI COMMESSA
ING. PAOLO MARCHETTI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA
ING. LUCA CUCINO

RESPONSABILE QUALITA' E PROCEDURE
ING. ANDREA DANZI

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE
PROF. MATTEO MATTIOLI

IDRAULICA E IDROLOGIA
ING. DOMENICO NAVE

GEOLOGIA
PROF. MATTEO MATTIOLI

GEOTECNICA
ING. ANDREA OSS

ACUSTICA E VIBRAZIONI
GEOL. DAVIDE SASDELLI

CANTIERIZZAZIONE E RISOLUZIONE INTERFERENZE
ING. PIETRO CAMINITI

ARCHEOLOGIA
DOTT. Z. X. GONZALEZ MURO

COMMESSA	FASE	LOTTO/SUBLOTTO	WBS	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	LAVOR./APPROV.	REV.	SCALA
BST2	PD	LG00	COM	GEN	R002	A1	C	-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
A	16/12/2022	Prima emissione	RTP	C. Gai Via	D. Russo	S. Caminiti
B	31/01/2023	Revisione a seguito riscontri della S.A.	RTP	C. Gai Via	D. Russo	S. Caminiti
C	28/02/2023	Revisione interna	RTP	C. Gai Via	D. Russo	S. Caminiti
D	13/04/2023	Revisione a seguito riscontri della S.A.	RTP	C. Gai Via	D. Russo	S. Caminiti



INDICE

1.	PREMESSA	12
1.1	ITER AMMINISTRATIVO	12
1.2	PIANO DI GESTIONE INFORMATIVA	12
2.	RISPONDEZZA DEL PROGETTO ALLE FINALITÀ DELL'INTERVENTO E ALLE PRESCRIZIONI	13
2.1	INTEGRAZIONI RICHIESTE DALL'AMMINISTRAZIONE COMUNALE	13
2.2	ALTRE MODIFICHE EFFETTUATE NEL PRESENTE QUADRO PROGETTUALE	14
2.2.1	LINEA	14
2.2.2	DEPOSITO PRINCIPALE FIERA	15
3.	INQUADRAMENTO GENERALE	15
3.1	LA CITTÀ DI BRESCIA	15
3.2	OBIETTIVI PRINCIPALI DELLA LINEA T2	16
3.3	DESCRIZIONE DELLA LINEA T2	17
3.4	APPLICAZIONE DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI	24
3.4.1	SPECIFICHE TECNICHE PER I PRODOTTI DA COSTRUZIONE	26
3.4.1.1	Emissioni negli ambienti confinati (inquinamento indoor)	27
3.4.1.2	Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati	28
3.4.1.3	Prodotti prefabbricati in calcestruzzo, in calcestruzzo aerato autoclavato e in calcestruzzo vibrocompresso	29
3.4.1.4	Acciaio	29
3.4.1.5	Laterizi	29
3.4.1.6	Prodotti legnosi	30
3.4.1.7	Isolanti Termici e acustici	30
3.4.1.8	Tramezzature, contropareti perimetrali e controsoffitti	33
3.4.1.9	Murature in pietrame e miste	33
3.4.1.10	Pavimenti	33
3.4.1.10.1	Pavimentazioni dure	33
3.4.1.10.2	Pavimentazioni resilienti	34
3.4.1.11	Serramenti e oscuranti in PVC	34
3.4.1.12	Tubazioni in PVC e Polipropilene	35
3.4.1.13	Pitture e vernici	35
3.5	RILIEVO E INDAGINI TOPOGRAFICHE	36
4.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PAESAGGISTICO	36
4.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	36
4.1.1	PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DI BRESCIA	36



4.2	INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO	41
4.3	ANALISI DEI VINCOLI AMBIENTALI, ARCHEOLOGICI, ARCHITETTONICI, ARTISTICI E STORICI	42
5.	ESERCIZIO TRAMVIARIO	52
5.1	PREMESSA	52
5.2	MODELLO DI ESERCIZIO E OFFERTA DI TRASPORTO	52
5.3	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI	53
5.4	PERCORRENZA IN MARCIA TESA	53
5.5	ULTERIORI CONTRIBUTI DI ESERCIZIO	54
5.5.1	TEMPI DI SOSTA ALLE FERMATE	54
5.5.2	TEMPI DI ATTESA PER MANCATA PRIORITÀ SEMAFORICA	54
5.5.3	MARGINE DI RECUPERO IN LINEA	54
5.5.4	TEMPO DI INVERSIONE AI TERMINALI	54
5.5.5	INCREMENTO DEI TEMPI AI CAPOLINEA	54
5.6	CALCOLO DEL TEMPO DI GIRO	54
5.7	CAPACITÀ DI TRASPORTO E DIMENSIONAMENTO PARCO ROTABILI	55
6.	MANUTENZIONE	55
6.1	PIANO DI MANUTENZIONE	55
6.1.1	MANUALE DI MANUTENZIONE	56
6.1.2	ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE	56
6.1.3	POLITICHE DI MANUTENZIONE	56
6.1.3.1	Manutenzione ordinaria	57
6.1.3.2	Manutenzione straordinaria	57
6.1.3.3	Manutenzione correttiva	58
6.1.3.4	Manutenzione migliorativa	58
6.1.3.5	Manutenzione preventiva	58
6.1.3.6	Manutenzione ciclica	58
6.1.3.7	Manutenzione ispettiva	58
6.1.3.8	Manutenzione su condizione	58
6.1.3.9	Manutenzione predittiva	59
6.2	MATERIALE ROTABILE	59
6.3	INFRASTRUTTURA	60
7.	CORRIDOIO DI INTERVENTO	61
7.1	INFRASTRUTTURA TRANVIARIA	61
7.1.1	CRITERI PROGETTUALI DEL TRACCIATO	63
7.2	INSERIMENTO URBANISTICO E VIABILITÀ	63
7.2.1	AREA DEPOSITO FIERA E PARCHEGGIO SCAMBIATORE	66
7.2.2	LOTTO SUD	67
7.2.2.1	Via Orzinuovi	67



7.2.2.2	Via Salgari	69
7.2.2.3	Via Corsica	69
7.2.3	LOTTO CENTRO STORICO	71
7.2.3.1	Piazza della Repubblica e viale della Stazione	71
7.2.3.2	Area Stazione FS	71
7.2.3.3	Centro Storico	73
7.2.3.4	Fossa Bagni, Pusterla e Da Vinci	73
7.2.4	LOTTO NORD	74
7.2.4.1	Via Volturno	74
7.2.4.2	L'Oltremella	74
7.2.5	AREA DEPOSITO PENDOLINA	75
7.3	CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI DELLA VIABILITÀ CONNESSA	76
7.3.1	NORMATIVE	77
7.4	SISTEMAZIONE ARCHITETTONICA	77
7.4.1	AREA DEPOSITO FIERA E PARCHEGGIO SCAMBIATORE	77
7.4.2	AREA STAZIONE FS	80
7.4.3	AREA DEPOSITO PENDOLINA	82
7.4.4	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	82
7.4.5	FERMATE	83
7.5	ACCESSIBILITÀ	86
7.5.1	DEPOSITO FIERA	86
7.5.2	PARCHEGGIO FIERA	87
7.5.3	DEPOSITO PENDOLINA	87
7.5.4	SISTEMAZIONI URBANE	87
7.5.5	BANCHINE DI FERMATA	87
7.6	SISTEMAZIONI A VERDE DI PROGETTO E COMPENSAZIONE DEGLI ABBATTIMENTI	88
7.6.1	RIFERIMENTI PROGETTUALI	88
7.6.2	METODOLOGIA PROGETTUALE	89
7.6.3	ANALISI DEL VERDE URBANO	90
7.6.4	PROGETTO DELLE OPERE A VERDE	92
7.6.5	BILANCIO ARBOREO FINALIZZATO ALLA COMPENSAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO ₂	97
7.6.5.1	Bilancio di CO ₂ degli abbattimenti	107
7.6.5.2	Bilancio di CO ₂ dei nuovi impianti	109
8.	GEOLOGIA	112
8.1	GENERALITÀ	113
8.2	SEDIMENTOLOGIA DEL SUBSTRATO	113
8.3	ANALISI GEOMORFOLOGICA	114
8.4	IDROGEOLOGIA	114
9.	GEOTECNICA	115
9.1	MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO	115



9.2	LIVELLO DI FALDA	116
9.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	116
9.4	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI TUTTE LE UNITÀ GEOTECNICHE	116
9.5	INDAGINI INTEGRATIVE	117
10.	SISMICA	117
10.1	DATI SISMOTETTONICI	117
10.2	SORGENTI SISMOGENETICHE	118
10.3	DATI SISMOLOGICI STORICO-INVENTARIALI	119
11.	IDROLOGIA E IDRAULICA	119
12.	ARCHEOLOGIA	122
12.1	INTRODUZIONE	122
12.2	METODOLOGIA DI INDAGINE	122
12.3	ATTIVITÀ DI SURVEY	124
13.	INTERFERENZE	125
13.1	SOTTOSERVIZI	125
13.2	RETICOLO IDRAULICO SECONDARIO	126
14.	STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE	128
14.1.1	ACUSTICA E VIBRAZIONI	128
14.1.2	CAMPI ELETTROMAGNETICI	129
14.1.3	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	129
15.	ARMAMENTO	130
15.1	GENERALITÀ	130
15.2	VIBRAZIONI, CORRENTI VAGANTI, RUMORI ED EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	131
15.3	TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI ARMAMENTO	132
15.3.1	SEZIONE TIPO BD-L0	132
15.3.2	SEZIONE TIPO BD-LP	133
15.3.3	SEZIONE TIPO BD-L2	133
15.3.4	SEZIONE TIPO BD-L3	133
15.3.5	SEZIONE TIPO BS-L3-M	133
16.	OPERE CIVILI DI LINEA	134
16.1	SEDE TRAMVIARIA	134
16.1.1	TIPO 1 – SEDE RISERVATA E PROTETTA	134
16.1.2	TIPO 2 – SEDE “MARCIA TRAM”	135



16.1.3	TIPO 3 – SEDE A RASO	136
16.2	INTERVENTI SU OPERE ESISTENTI	136
16.2.1	PARCHEGGIO STAZIONE	136
16.2.2	PARCHEGGIO FOSSA BAGNI	137
16.2.3	PONTE MELLA SU TANGENZIALE	139
16.2.4	PONTE MELLA SCAVALCO FIUME	140
16.3	OPERE D'ARTE RELATIVE ALLA LINEA TRAMVIARIA	141
16.3.1	PONTE NUOVO TANGENZIALE FIERA	141
16.3.2	PASSERELLA CICLO-PEDONALE NUOVA MELLA	143
17.	DEMOLIZIONI	144
17.1	OPERE CIVILI	144
17.1.1	PENDOLINA	144
17.1.2	PARCHEGGIO FOSSA BAGNI	147
17.1.3	CICLOSTAZIONE	148
17.1.4	PARCHEGGIO STAZIONE	149
18.	IMPIANTI ELETTROFERROVIARI	149
18.1	TRAZIONE ELETTRICA E LINEA DI CONTATTO	149
18.1.1	ALIMENTAZIONE ELETTRICA	149
18.1.1.1	Sistema di alimentazione della trazione elettrica	150
18.1.1.2	Distribuzione BT	150
18.1.2	LINEA DI CONTATTO	151
18.1.2.1	Circuito di ritorno e circuito di terra	152
18.2	SEGNALAMENTO	152
18.2.1	SISTEMA DI SUPERVISIONE E CONTROLLO	153
18.2.2	SISTEMA DI SEGNALAMENTO	154
18.2.3	SISTEMA DI REGOLAZIONE E SUPERVISIONE SEMAFORICA	155
18.2.4	PRIORITÀ SEMAFORICA	156
18.3	TELECOMUNICAZIONI	157
18.3.1	DORSALE DI COMUNICAZIONE	157
18.3.2	SISTEMA RADIO	157
18.3.3	SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA, INFORMAZIONE ALL'UTENZA E COMUNICAZIONI DI BANCHINA	158
19.	IMPIANTI CIVILI E ILLUMINAZIONE PUBBLICA	159
19.1	IMPIANTI CIVILI	159
19.1.1	IMPIANTO IDRICO-SANITARIO, ACQUE REFLUE E PIOVANE	159
19.1.2	IMPIANTI MECCANICI DI DEPOSITO	160
19.2	IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA	161
20.	DEPOSITO PRINCIPALE FIERA	161
20.1	PERMESSA INTRODUTTIVA	161
20.1.1	CAPACITÀ DEL DEPOSITO	161



20.2	ORGANIZZAZIONE GESTIONALE	162
20.2.1	FUNZIONI DEL DEPOSITO	162
20.2.2	MANUTENZIONE DEL MATERIALE ROTABILE	162
20.2.3	MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI FISSI	162
20.3	DESCRIZIONE FUNZIONALE DEL DEPOSITO	163
20.3.1	CIRCOLAZIONE DEI VEICOLI TRAMVIARI	163
20.3.2	CIRCOLAZIONE DEI VEICOLI SU GOMMA E DEI PEDONI	163
20.4	EDIFICIO UFFICI E PCC (D01)	164
20.5	OFFICINA IMPIANTI FISSI (D02)	164
20.6	GUARDIANA (D03)	165
20.7	RIMESSA TRAM E LOCALE PULIZIE (D04)	166
20.8	AREA DI LAVAGGIO (D05)	166
20.9	OFFICINA MANUTENZIONE MATERIALE ROTABILE E CENTRALE IMPIANTI (D06)	166
20.10	TORNIO IN FOSSA (D07)	167
20.11	DEPOSITO RIFIUTI INFIAMMABILI (D08)	168
20.12	AREA DI STOCCAGGIO DEI MATERIALI INGOMBRANTI	168
20.13	PARCHEGGIO	168
20.14	SISTEMA DI TRATTAMENTO ACQUE	168
21.	PARCHEGGIO SCAMBIATORE FIERA	169
22.	RIMESSA PENDOLINA	169
22.1	PERMESSA	169
22.1.1	CAPACITÀ DELLA RIMESSA	170
22.1.2	LOCALI DI SERVIZIO	170
23.	CANTIERIZZAZIONE	171
23.1	MACROCANTIERI	172
23.2	CANTIERI	173
23.3	FASI PRINCIPALI DEL CANTIERE DI LINEA	187
24.	PIANO DI GESTIONE TERRE	190
25.	CAVE E DISCARICHE	192
25.1	INDIVIDUAZIONE DEI SITI DI RECUPERO SMALTIMENTO	192
26.	IMPIANTI DI CONFERIMENTO RIFIUTI	192
26.1	INDIVIDUAZIONE CAVE DI APPROVVIGIONAMENTO	192
26.2	IMPIANTI DI APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI	192



27.	ESPROPRI	193
28.	CRONOPROGRAMMA	195



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Stralcio delle principali viabilità dell'area di Brescia	16
Figura 2.	Tracciato Linea T2	19
Figura 3.	Layout funzionale di linea	20
Figura 4.	Parcheggio d'interscambio	23
Figura 5.	Limiti di emissione a 28 giorni	27
Figura 6.	Contenuto di materiale recuperato, riciclato o sottoprodotti negli isolanti	32
Figura 7.	Tavola 1.2 "Struttura e mobilità – Ambiti territoriali (Sezione A)", PTCP	38
Figura 8.	Tavola 1.2 "Struttura e mobilità – Ambiti territoriali (Sezione A)", PTCP – Legenda sistema insediativo – parte 1	39
Figura 9.	Tavola 1.2 "Struttura e mobilità – Ambiti territoriali (Sezione A)", PTCP – Legenda sistema insediativo – parte 2	40
Figura 10.	Tavola V-PR03 "Classe di sensibilità paesaggistica", Piano delle Regole, PGT	43
Figura 11.	Tavola V-PR07.1A "Valenze architettoniche – Urbanistiche (Percorsi storici, nucleo antico principale)", Piano delle Regole, PGT	45
Figura 12.	Estratto tavola V-PR08.1B Vincoli di Tutela e Salvaguardia – Centro Storico – Proprietà pubbliche, Piano delle Regole, PGT	48
Figura 13.	Dati di servizio	53
Figura 14.	Inquadramento dell'area di intervento	78
Figura 15.	Inserimento del Progetto dell'area di intervento	79
Figura 16.	Pianta di progetto Deposito Principale Fiera	80
Figura 17.	alberature interferenti con il tracciato di progetto in via Orzinuovi	90
Figura 18.	Superfici boscate interferenti con il progetto	92
Figura 19.	Schemi tipologici arredo del verde in corrispondenza delle rotatorie	94
Figura 20.	Effetto esemplificativo dell'uso di erbacee perenni in aiuole stradali	95
Figura 21.	Parcheggio Stazione – sistemazioni superficiali e ciclostazione	137
Figura 22.	Parcheggio Fossa Bagni – Ingresso est – Stato di fatto	138
Figura 23.	Parcheggio Fossa Bagni – Ingresso est – Stato di progetto	139
Figura 24.	Profilo longitudinale ponte esistente tangenziale	139
Figura 25.	Sezione trasversale ponte esistente tangenziale	140
Figura 26.	Profilo longitudinale ponte Mella esistente	141
Figura 27.	Sezione trasversale ponte Mella esistente	141
Figura 28.	Sezione trasversale nuovo ponte tangenziale	142
Figura 29.	Prospetto nuovo ponte tangenziale	142
Figura 30.	Passerella sul Mella - prospetto	143
Figura 31.	Passerella sul Mella – sezione	144
Figura 32.	Area di ubicazione del deposito	145
Figura 33.	Viste del capannone	145
Figura 34.	Estratto mappa catastale	146
Figura 35.	Parcheggio fossa bagni – stato attuale rampa da demolire	147
Figura 36.	Parcheggio fossa bagni – stato attuale solaio da demolire	147
Figura 37.	Ciclostazione esistente - esterni	148
Figura 38.	Ciclostazione esistente - interni	148
Figura 39.	Architettura generale	153
Figura 40.	Priorità semaforica	156



Figura 41.	Assonometria Officina MR D06	167
Figura 42.	Assonometria carpenteria metallica deposito ausiliario Pendolina	171



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Elenco fermate	22
Tabella 2.	Binario dispari - Calcolo del tempo di giro e della velocità commerciale	55
Tabella 3.	bilancio arboreo	106
Tabella 4.	Potenziale CO ₂ stoccata ed assimilata da esemplari giovani o maturi da abbattere	109
Tabella 5.	output del modello per gli abbattimenti	109
Tabella 6.	Potenziale CO ₂ stoccata ed assimilata dai nuovi impianti considerati esemplari giovani o maturi	111
Tabella 7.	output del modello per le nuove alberature	112
Tabella 8.	Elenco degli scarichi acque nere dei singoli edifici	121
Tabella 9.	Elenco delle interferenze sul reticolo idrico minore	126



1. PREMESSA

1.1 Iter amministrativo

Con Delibera di Giunta n. 35 del 2 febbraio 2022 l'Amministrazione comunale di Brescia ha preso atto dell'assegnazione in suo favore del finanziamento di € 359.545.887,07 – a valere sulle risorse per il trasporto rapido di massa di cui al Decreto del Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili 22 novembre 2021 n. 464 – per la realizzazione della tramvia T2 Pendolina-Fiera; dando mandato a Brescia Mobilità S.p.A. di procedere allo sviluppo del progetto definitivo.

Con determina a contrarre n. 1053 del 16.2.2022, Brescia Mobilità S.p.A. ("Brescia Mobilità" e/o la "Società" e/o la "Stazione Appaltante" e/o la "Committente") ha determinato di procedere con l'affidamento di servizi tecnici di ingegneria e architettura per la progettazione definitiva e per il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione definitiva, ivi compresa la predisposizione del Piano di Sicurezza e Coordinamento, relativi alla realizzazione della prima linea tranviaria di Brescia "T2" (Pendolina - Fiera) (il "Servizio").

L'affidamento del Servizio è stato affidato mediante procedura aperta (la "Gara" e/o la "Procedura") e con l'applicazione del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, individuata sulla base del miglior rapporto qualità prezzo, ai sensi degli articoli 60, 95, co. 3, lett. b), e 157 del Decreto Legislativo 18.4.2016, n. 50 e ss.mm.ii. (il "Codice") nonché nel rispetto degli indirizzi forniti dalle Linee Guida n. 1 dell'Autorità Nazionale Anticorruzione (l'"A.N.A.C."), recanti "*Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria*" (le "Linee Guida n. 1").

Il Raggruppamento Temporaneo di Progettazione composto da Systra-Sotecni (mandataria), Systra-SWS, Architecna e Studio Mattioli (mandanti) ha vinto la gara e le attività per la progettazione definitiva della linea tranviaria T2 sono iniziate il 06/07/2022 sulla base dell'OdS n°1 della Stazione Appaltante.

1.2 Piano di Gestione Informativa

Il documento denominato **Piano di Gestione Informativa** o **pGI**, redatto e approvato dall'intero RTP di progettazione, fornisce una descrizione dettagliata, con lo scopo di illustrare come si intendono raggiungere e rispettare gli obiettivi e i requisiti definiti dalla Stazione Appaltante nel Capitolato Informativo dettagliando ed integrando quanto già indicato nell'oGI a base di gara.

Il documento è redatto e consegnato alla committenza secondo le modalità previste dalla normativa italiana (UNI 11337) e segue ulteriori linee guida fornite all'interno delle norme britanniche PAS 1192; infine, asseconda i principi dell'interoperabilità aperta, così come prescritto nella norma UNI EN ISO 16739. Sono stati sviluppati in particolare gli aspetti legati alla struttura del processo in funzione degli obiettivi e utilizzi condivisi con la Committenza, alle modalità di condivisione di documenti e informazioni tra i vari attori della filiera e ai riferimenti di standardizzazione per la produzione di modelli BIM, contenuti informativi ed output grafici. Nella natura del Piano di Gestione Informativa (pGI) è prevista l'implementazione di determinati aspetti gestionali e operativi nel corso delle lavorazioni. Ad esempio, la reale suddivisione operativa dei modelli, la modalità di verifica e il flusso di revisione di modelli ed elaborati grafici, così come la matrice di Clash Detection o il sistema di naming convention. Il pGI è un documento in costante aggiornamento e quindi subirà modifiche nel corso del tempo; dunque per ogni variazione, significativa ai fini del processo, sarà cura del BIM Manager del



gruppo di progettazione emettere una nuova versione del documento e condividerla con la Committenza.

Nel dettaglio il piano di Gestione Informativa condiviso con la stazione appaltante si riferisce al servizio delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso l'uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture (art.23, comma 13, D.lgs. n. 50/2016), per la redazione del progetto definitivo dell'opera e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione definitiva relativi alla realizzazione della prima linea tranviaria di Brescia "T2" (Pendolina - Fiera). Il progetto prevede la realizzazione di una nuova tramvia nel Comune di Brescia (denominata linea T2), con un'estensione di circa 11,65 km, 2 capolinea e 22 fermate intermedie. Dal punto di vista della fase del processo informativo delle costruzioni, con riferimento a quanto definito nella UNI 11337-1:2017, le attività di progettazione definitiva ricadono all'interno della **Fase Autorizzativa**.

2. RISPONDEZZA DEL PROGETTO ALLE FINALITÀ DELL'INTERVENTO E ALLE PRESCRIZIONI

Il presente progetto non è stato oggetto di prescrizioni in fase progettuale PFTE, si riportano invece qui di seguito i punti di evoluzione rispetto al PFTE richiesti dall'Amministrazione Comunale e le modifiche progettuali inerenti alla fase di progetto definitivo.

2.1 Integrazioni richieste dall'Amministrazione Comunale

A causa del mutato quadro ambientale e residenziale del quadrante cittadino interessato dal servizio della linea 2, nel presente progetto sono state valutate ed opportunamente definite le integrazioni richieste dall'Amministrazione, comprese nel documento di indirizzo alla progettazione "Indicazioni di modifica e integrazione del PFTE della linea nuova tranviaria T2 Pendolina-Fiera" trasmesso al RTP il 6/07/2022.

Si riporta nel seguito un elenco delle differenze significative, intervenute nel Progetto definitivo della tramvia rispetto al Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica approvato.

- Via Orzinuovi (svincoli tangenziale Ovest) → riorganizzazione viabilistica rispetto a quanto proposto nel PFTE con conseguente ridisegno del tracciato e lo spostamento del ponte di scavalco sulla tangenziale.
- Via Orzinuovi/via Salgari → richiesta di creazione nodo interscambio tra TPL e tram in corrispondenza delle fermate Chiesanuova e Dalmazia; inserimento percorsi ciclabili; inserimento filare verde lato sud di via Orzinuovi; ridisegno nodo viabilistico via Orzinuovi/via Dalmazia, rinomina della fermata Salgari in fermata Dalmazia
- Via Corsica → riorganizzazione viabilistica, inserimento percorsi ciclabili.
- Piazzale Stazione Ferroviaria → richiesta di creazione nodo interscambio tra TPL e tram in corrispondenza della fermata stazione, riorganizzazione viabilistica, del verde pubblico, dei percorsi ciclabili, area sosta taxi e kiss&ride.



- Via Gambara → richiesta studio variante di tracciato rispetto agli assi via Romanino e via Solferino, privilegiando gli assi via Gambara e via Ferramola ponendo sempre attenzione ai percorsi ciclabili e alla connessione con la futura linea T3.
- Attraversamento Centro Storico → inserimento delle fermate tram garantendo passaggio veicolare e TPL
- Galleria Tito Speri/Fossa Bagni/Pusterla → riorganizzazione viabilistica rispetto a quanto proposto nel PFTE, risoluzione svolta su via Fossabagni risolvendo interferenza con rampa di parcheggio, accesso passi carrai, garantendo passaggi pedonali e ciclabili e rivedendo la posizione delle fermate tram e TPL.
- Via Leonardo Da Vinci → richiesta di creazione nodo interscambio tra TPL e tram
- Via Volturno/svincolo tangenziale Ovest → riorganizzazione viabilistica rispetto a quanto proposto nel PFTE, con spostamento fermata tram, garantendo percorsi ciclabili e pedonali e inserendo filare alberato sul lato nord. Lo spostamento della Fermata ha comportato la soppressione
- Via Colombo/via Caduti del Lavoro/via Chiusure/via Della Chiesa → riorganizzazione viabilistica rispetto a quanto proposto nel PFTE, ponendo sempre attenzione ai percorsi ciclabili, al verde e alla connessione con la futura linea T3.
- Via Tiboni e Interna → richiesta studio variante di tracciato rispetto agli assi Risorgimento e Collebeato.
- Deposito Pendolina → ricollocazione deposito ausiliario in posizione diversa rispetto al PFTE. con conseguente prolungamento della linea verso nord per circa 268m.

Tali richieste hanno portato alla riduzione o rinomina delle fermate. Nel dettaglio:

- la fermata Palagiustizia è stata splittata in Palagiustizia Nord e Sud a seguito della variante di tracciato su via Gambara;
- la fermata XX Settembre è stata soppressa vista la vicinanza con alla nuova fermata Palagiustizia Nord;
- La fermata Volturno è stata soppressa e quella Volturno Iveco è stata rinominata Volturno;
- Le fermate Risorgimento e Polivalente sono state soppresse a seguito della variante di tracciato su via Tiboni/via Interna e la fermata Tiboni è stata aggiunta sulla via omonima.

2.2 Altre modifiche effettuate nel presente quadro progettuale

Indipendentemente dalle richieste del Cliente altre modifiche sono state effettuate, rispetto al PFTE, conseguentemente all'approfondimento degli studi. Nel dettaglio:

2.2.1 Linea

- Riadeguamento dell'intero tracciato planimetrico visto che in molti punti l'interbinario definito nel progetto a base gara era minore del minimo definito da normativa (UNI 7156), al pari della



distanza tra sagoma tram e marciapiede, tra sagoma tram e un ostacolo discontinuo o continuo (Profilo minimo ostacoli non rispettato)

- la fermata Zanardelli è stata splittata in Zanardelli Nord e Sud, le due fermate sono sfalsate non essendoci spazio sufficiente su via San Martino della Battaglia per metterle affiancate;
- i raggi di curvatura da 18m, previsti nel PFTE, sono stati ampliati per ridurre al minimo i disagi sul confort di viaggio e i costi di manutenzione sulle tratte interessate
- Ridefinizione del numero delle Sottostazioni elettriche, dei punti di consegna da parte dell'Ente erogatore e loro distribuzione lungo la linea.

2.2.2 Deposito principale Fiera

- completare ed ottimizzare la circuitazione interna dei veicoli tranviari, aggiungendo un binario esterno;
- verificare la corretta localizzazione reciproca delle diverse funzioni manutentive, migliorando, in particolare, la relazione tra magazzino ed officina;
- localizzare un edificio sia per gli uffici che per la mensa al di fuori dei binari di circuitazione;
- prevedere locali di adeguate caratteristiche, funzionalmente localizzati e serviti da un binario dedicato, per la manutenzione degli impianti fissi;
- prevedere in deposito un locale adibito a guardiania, la centrale impianti e la SSE;
- separare il tornio in fossa dalle altre funzioni dell'officina.

3. INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 La città di Brescia

Brescia si può considerare la seconda città della Lombardia per numero di spostamenti generati ed attratti. Con i suoi 200mila residenti ha una domanda sistematica, con origine o destinazione all'interno dei confini comunali, che raggiunge circa i 400 mila spostamenti/giorno, accresciutasi nell'ultimo decennio per oltre il 10%, specialmente nella zona ovest del territorio comunale. Brescia, inoltre, si trova al centro di una conurbazione, che nella sua accezione più consolidata (la "Grande Brescia", con 14 Comuni di cintura) si approssima ai 350 mila abitanti, ma che in anni recenti è andata saldandosi con l'ampia fascia urbanizzata pedemontana, il cui peso demografico supera le 800 mila unità, formando un continuum in direzione sia di Bergamo, sia di Verona. Infine, il territorio provinciale di Brescia con quasi 1,3 milioni di abitanti supera per peso demografico realtà quali Bologna, Venezia o Firenze. Di seguito è riportato un estratto delle principali viabilità che interessano l'area di Brescia.

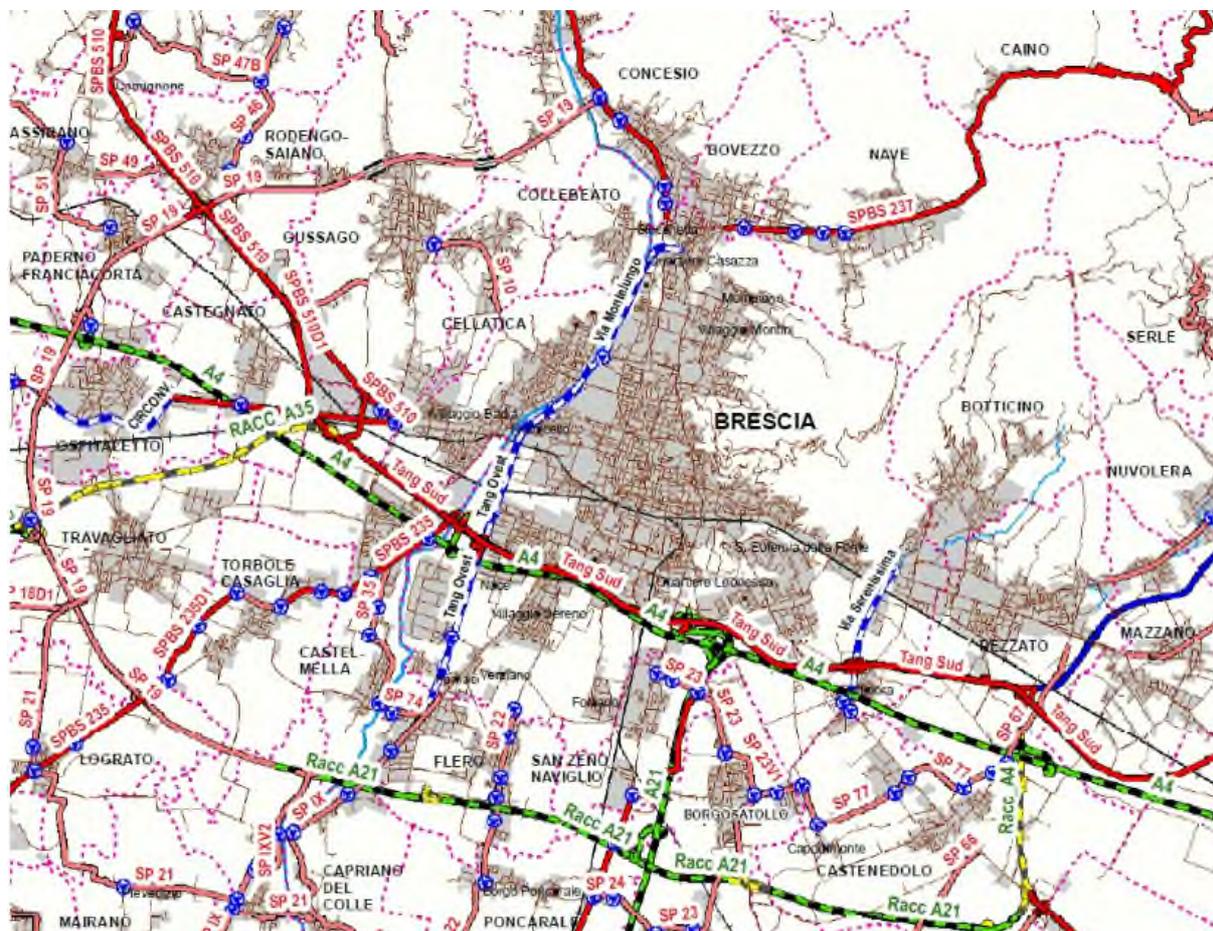


Figura 1. Stralcio delle principali viabilità dell'area di Brescia

Il potenziamento del trasporto pubblico diventa quindi una condizione obbligatoria per ottimizzare gli spostamenti degli utenti che vivono, studiano e lavorano in quest'area.

In questo contesto quindi si inserisce la progettazione della prima linea tranviaria di Brescia.

3.2 Obiettivi principali della linea T2

Secondo le linee guida ministeriali, il PUMS perseguendo i macro-obiettivi di efficacia ed efficienza del sistema della mobilità, sostenibilità energetica ed ambientale, sicurezza della mobilità stradale e sostenibilità socioeconomica e attraverso strategie di:

- integrazione tra i sistemi di trasporto;
- sviluppo della mobilità collettiva;
- sviluppo di sistemi di mobilità pedonale e ciclistica;
- introduzione di sistemi di mobilità motorizzata condivisa;
- rinnovo del parco mezzi;
- razionalizzazione della logistica urbana;
- diffusione della cultura connessa alla sicurezza della mobilità;



ha individuato delle linee di forza da sviluppare per il trasporto pubblico.

Nello Scenario di Piano, il PUMS individua tali linee in configurazione Tram su ferro, strutturato su tre distinte antenne tramviarie disposte ad Y e convergenti sul nodo centrale di via Solferino presso la stazione ferroviaria (sulle quali sarà possibile, come sviluppo futuro, mettere in esercizio tre differenti linee di servizio).

Tale configurazione è stata ritenuta migliore perché potrebbe portare la Città a raggiungere gli obiettivi del PUMS sia in termini di capacità di trasporto sia in termini di integrazione tra le diverse modalità (Metro e trasporto su gomma).

In una prima fase attuativa, si è deciso di procedere con la realizzazione di una sola linea (T2), già corrispondente alla linea urbana su gomma di massimo carico in termini di passeggeri, che unisce:

- l'antenna Nord-Ovest di connessione tra il centro e i popolosi quartieri dell'Oltremella;
- l'antenna Sud-Ovest, di collegamento con il parcheggio di interscambio della Fiera.

Tale progetto è stato altresì ottimizzato rafforzando la connessione con il nodo stazione (interscambio con servizi ferroviari e linea M1), che, secondo lo schema di intervento fatto proprio dal PUMS, è destinato a divenire il fulcro di un nuovo comparto urbano fortemente attrattivo nei confronti della domanda di mobilità generata dalle altre zone della città, e più in generale dell'area metropolitana.

3.3 Descrizione della linea T2

La linea si sviluppa tra i capolinea Fiera (zona sud-ovest della città), e Pendolina (zona nord-ovest) ed è per tutta la sua estensione in doppio binario. Lo sviluppo dei binari è di 11,298.01 km (binario pari - direzione Pendolina) e 11,206.77 km (binario dispari - direzione Fiera) esclusi i percorsi per raggiungere i depositi. In adiacenza alla fermata Fiera è collocato il deposito principale, mentre in prossimità di Pendolina si trova il deposito ausiliario. Oltre ai 2 capolinea sono presenti 19 fermate intermedie per un totale di 21 fermate.

La linea si suddivide in tratte a sede propria (22,56%), in sede riservata (50,67%) e in sede promiscua libera (26,77%).

Andando da sud verso nord, la linea parte dal centro fieristico, oltrepassa la tangenziale ovest e si innesta sull'asse di via Orzinuovi - via Salgari. Su questa direttrice di traffico corre in centro strada, su sede propria superando il nodo di via Dalmazia per poi deviare verso nord su via Corsica. Lungo la prima tratta di via Corsica, che si sviluppa da via Salgari a via Cefalonia, il tracciato, in entrambi i sensi di marcia è in sede riservata, mentre nel tratto successivo, tra via Cefalonia e via Sardegna passa a sede promiscua libera. Tale configurazione prosegue fino a Piazza della Repubblica per il binario dispari, mentre il binario pari passa in sede promiscua riservata (solo TPL). Giunti a Piazza della Repubblica il tracciato curva a est su Viale della Stazione e raggiunge il piazzale della Stazione FS dove sarà possibile scambiare con la metropolitana, le linee bus extraurbane e la ferrovia.

A valle della fermata stazione FS si sdoppia proseguendo con il binario dispari su via Romanino e successivamente su via Solferino e con il binario pari su via Gambara e via Ferramola.



Questa nuova configurazione migliora la connessione con il Tribunale e allo stesso tempo non aggrava il traffico sul nodo via Solferino e il cavalcavia J. F. Kennedy, arteria principale di ingresso alla città.

Il tracciato riprende a doppio binario in via Ferramola superata via Solferino. Dal nodo di via XX Settembre (attraversamento ring) la linea entra nel centro storico in via S. Martino della Battaglia in sede promiscua libera. Attraversata la galleria Tito Speri e il tracciato si biforca nuovamente verso ovest. Il binario dispari si attesta su via Fossa Bagni e il binario pari su via Pusterla. In entrambi i casi le tratte saranno in sede riservata.

Il tracciato riprende a doppio binario superata la fermata S. Faustino, altro nodo di interscambio con la fermata della metropolitana. Prosegue lungo via Leonardo da Vinci, nodo ring Canton d'Albera, via Volturno (zona Iveco / Fiumicello), superando la tangenziale Ovest e il fiume Mella attraverso i ponti esistenti per entrare nell'abitato di Urago Mella lungo l'asse di via Colombo e svoltare verso Nord in via Caduti del lavoro. Trovandoci in vie di quartiere di dimensioni ridotte (via Chiusure, via della Chiesa, via Risorgimento) il tracciato passa in modo alterno da sede promiscua libera a riservata.

La parte terminale della linea si snoda su via Tiboni / via Interna per poi portarsi su via Collebeato in posizione laterale rispetto alla carreggiata stradale.

Infine la svolta in via del Molino dove è ubicato il capolinea Pendolina.

A nord di via del Molino prosegue il ramo di collegamento con il deposito ausiliario, ubicato in un'area sul fronte est di via Collebeato, ricompresa tra questa e il fiume Mella. Il lotto interessato, attualmente privato e occupato da un capannone in disuso, sarà acquisito da parte del Comune di Brescia per lo scopo.

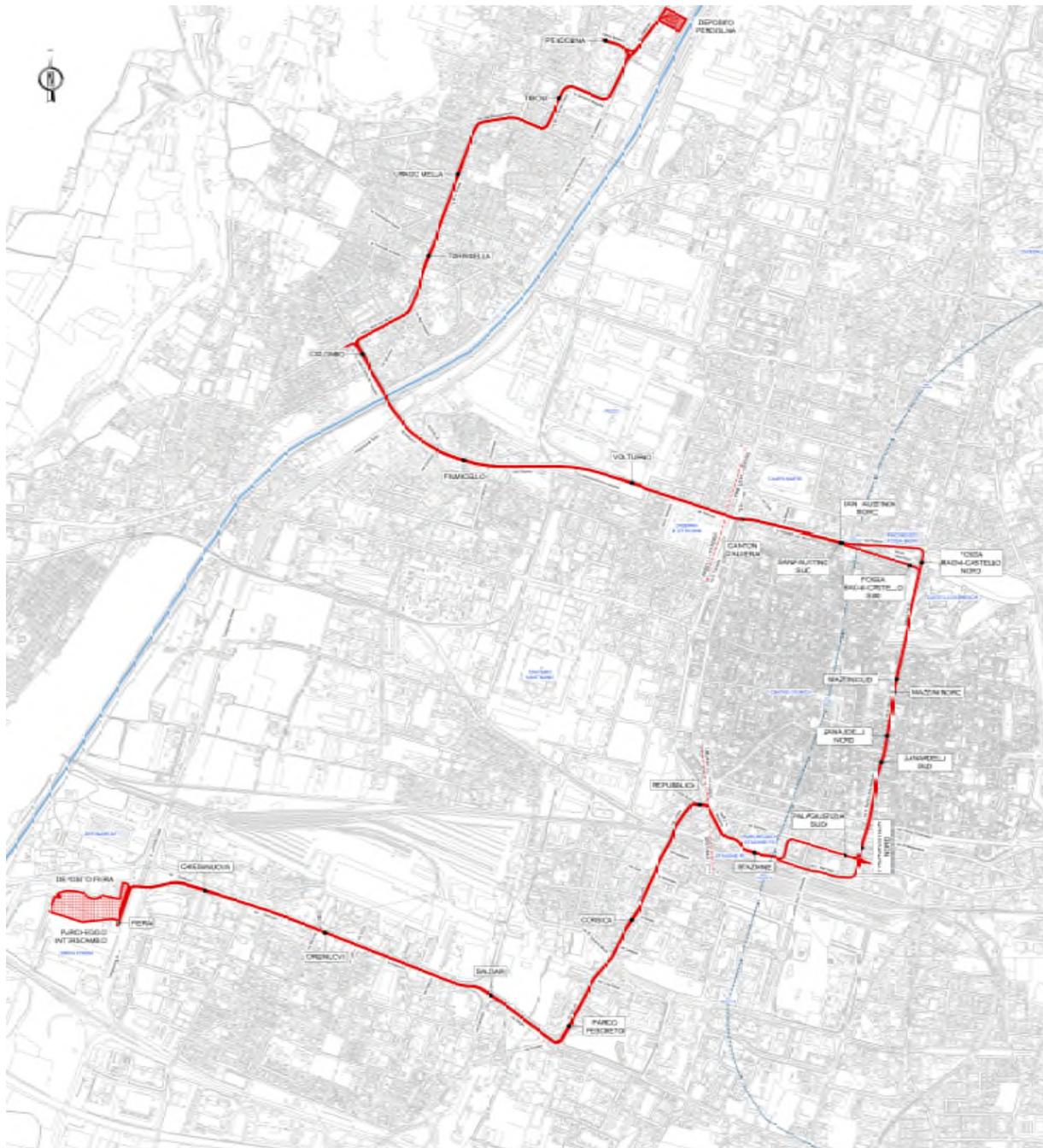


Figura 2. Tracciato Linea T2

LUNGHEZZA LINEA	22,56% in sede propria
11,206.77 km (binario dispari)	50,67% in sede riservata
11.298.01 km (binario pari)	26,77% in sede promiscua libera



La tranvia viene alimentata elettricamente, in prevalenza tramite linea di contatto aerea e in alcuni tratti, per necessità funzionali o per esigenze urbanistiche si procederà a batteria.

Nello specifico si segnalano limiti di altezza a livello del sottopasso Corsica, limiti di spessore d'impalcato quando si attraversano i ponti esistenti e minimizzazione degli impatti quando si attraversa il centro storico.

ALIMENTAZIONE ELETTRICA	Tramite line di contatto aerea per 8.37km
	Tramite batteria per 3.28km

Come meglio specificato nell'elaborato "Relazione di esercizio", oltre alle comunicazioni previste ai capolinea per inversione di marcia, sono stati previsti deviatori di servizio lungo la linea al fine di garantire la necessaria flessibilità in caso di esercizio degradato.

Tutti i gruppi scambi saranno composti da deviatori movimentati elettricamente.

Si riporta di seguito uno stralcio dell'elaborato relativo al piano schematico della linea:

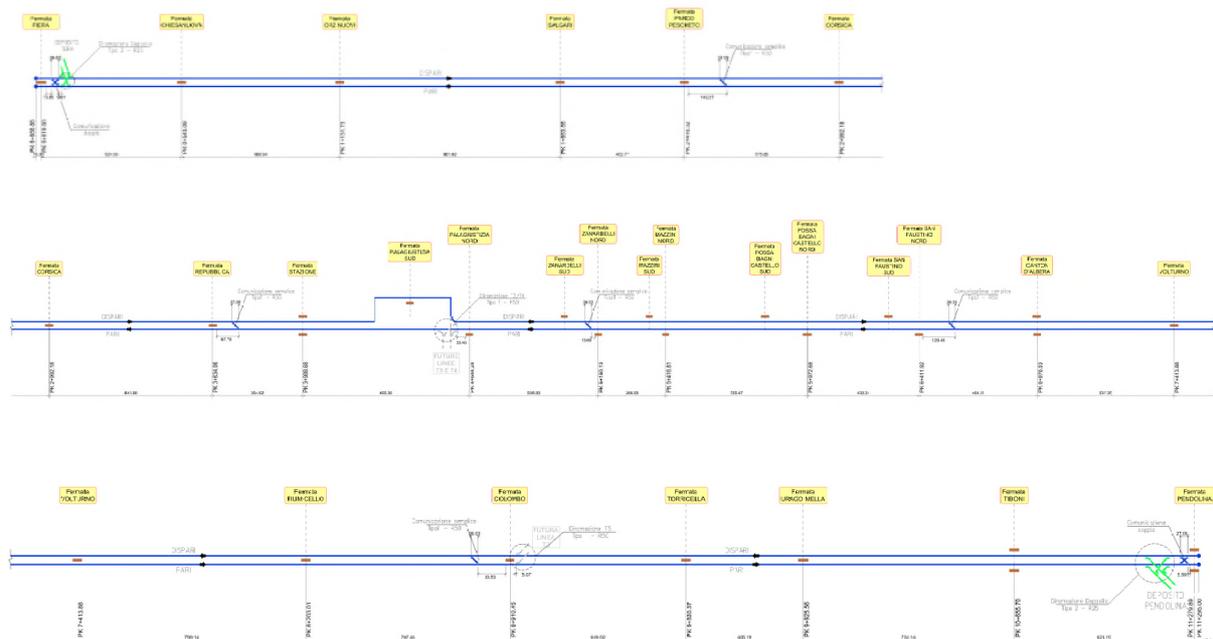


Figura 3. Layout funzionale di linea

Per alimentare l'intera linea sono state previste 8 sottostazioni elettriche distribuite lungo la linea in modo equidistante sempre compatibilmente con lo spazio a disposizione. Due tipologie prevalenti sono state studiate, una fuori terra e una interrata per minimizzare gli impatti in superficie all'interno dell'area urbanizzata.



S01 - Fiera	Tipologia A (fuori terra)	Punto di consegna
S02 – Orzinuovi/Dalmazia	Tipologia C (interrata)	
S03 - Corsica	Tipologia C (interrata)	
S04 – Ring	Tipologia E (interrata)	Punto di consegna
S05 – San Faustino	Tipologia C (interrata)	
S06 - Volturno	Tipologia B (fuori terra)	
S07 – Caduti del Lavoro	Tipologia C (interrata)	
S08 - Pendolina	Tipologia D (fuori terra)	Punto di consegna

Relativamente alle fermate sono previste due tipologie:

- a banchina centrale
- a banchina laterale
- La lunghezza delle banchine è di 32m, oltre alle rampe di raccordo con i percorsi pedonali circostanti, salvo casi eccezionali in cui a causa dei vincoli del sito sono state inserite banchine di lunghezza ridotta.
- La larghezza della banchina centrale sarà di 3.5m, quella laterale di 2.5m. In casi particolari, dove il tracciato passerà in centro storico, tale larghezza potrà essere ridotta, garantendo sempre l'accessibilità minima richiesta da normativa.

	NOME FERMATA	PROGRESSIVA (binario pari)	TIPO BANCHINA	LARGHEZZA	LUNGHEZZA
1	Fiera (Capolinea)	0+019.00	Centrale	3.5	38
2	Chiesanuova	0+543.09	Centrale	3.5	32
3	Orzinuovi	1+131.73	Centrale	3	32
4	Salgari	1+953.55	Centrale	3.5	32
5	Parco Pescheto	2+416.64	Centrale	3	32
6	Corsica	2+992.50	Centrale	3	32
7	Repubblica	3+633.04	Centrale	3.5	32



8	Stazione	3+986.17	Laterale	2.5	32
9	Palagiustizia Sud		Laterale	2.5	32
9	Palagiustizia Nord	4+643.65	Laterale	2.5	29
10	Zanardelli Sud		Laterale	1.8	32
10	Zanardelli Nord	5+149.64	Laterale	1.8	30
11	Mazzini Sud		Laterale	1.8	32
11	Mazzini Nord	5+412.19	Laterale	1.8	30
12	Fossa Bagni-Castello Sud		Laterale	2.5	32
12	Fossa Bagni-Castello Nord	5+972.08	Laterale	2.5	32
13	San Faustino Sud		Laterale	2	32
13	San Faustino Nord	6+414.32	Laterale	2	32
14	Canton D'Albera	6+875.93	Laterale	2.5	32
15	Volturno	7+413.27	Centrale	3	32
16	Fiumicello	8+202.40	Centrale	3	32
17	Colombo	8+909.91	Centrale	3	32
18	Torricella	9+519.83	Centrale	3	32
19	Urago Mella	9+925.02	Centrale	3	32
20	Tiboni	10+655.16	Laterale	2.5	32
21	Pendolina (Capolinea)	11+298.01	Laterale	2.5	34

Tabella 1.Elenco fermate

Le opere d'arte esistenti attraversate dalla linea sono:

- Sottopasso Corsica
- Parcheggio interrato del piazzale Stazione FS
- Galleria Tito Speri
- Parcheggio interrato Fossabagni

- Ponte esistente sulla tangenziale e sul Fiume Mella (quadrante Oltremella)

Le nuove opere d'arte previste dal progetto riguardano invece:

- Ponte sulla tangenziale Ovest (zona Fiera)
- Passerella ciclabile (in adiacenza al ponte Mella)
- Parcheggio scambiatore Fiera

Relativamente al parcheggio si precisa che coprirà un'area di circa 27000 mq e avrà una capienza totale di 1130 posti auto. I limiti dell'intervento riguardano via Caprera a ovest, il Centro Fieristico a sud, la tangenziale a est e il deposito Fiera a nord. Rispetto al PFTE l'area è stata ampliata in quanto nella fase preliminare non era contemplata l'area ad ovest in adiacenza a via Caprera.

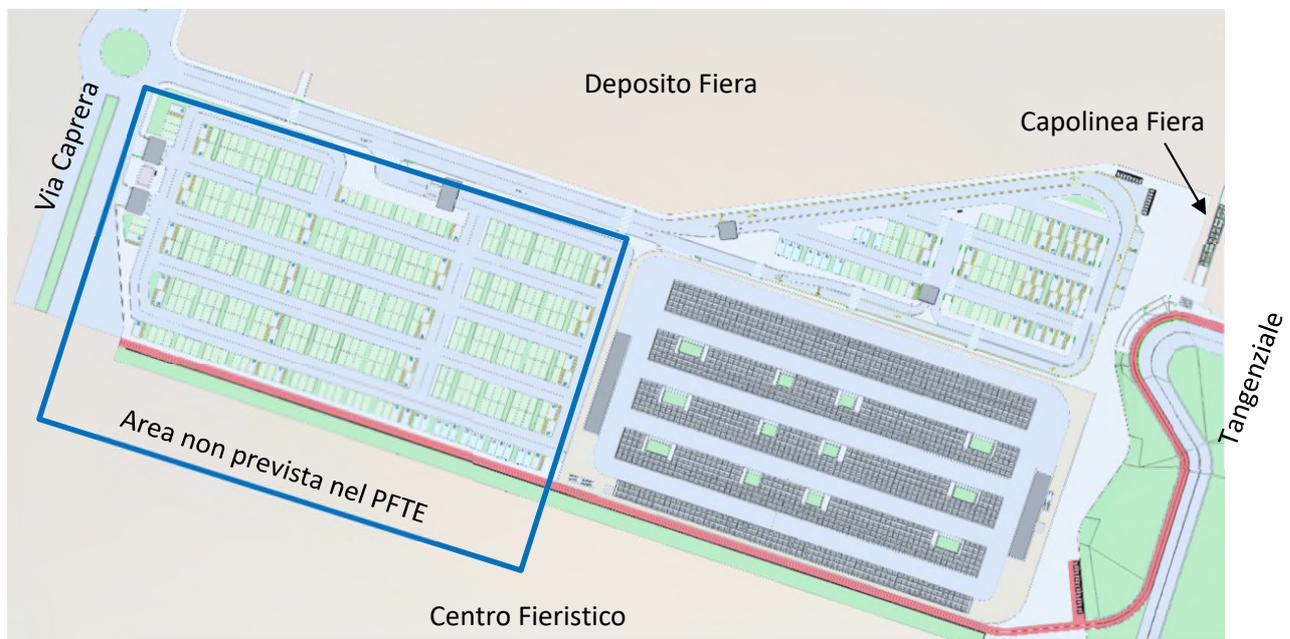


Figura 4. Parcheggio d'interscambio

Il parcheggio, da un punto di vista funzionale, sarà caratterizzato da due aree distinte: la prima, di forma triangolare, posta in adiacenza al capolinea Fiera, la seconda, di forma rettangolare che copre tutto il fronte sud. Tra i due parcheggi correrà una strada pubblica a servizio del capolinea dove si potranno attestare i mezzi pubblici oltre a servire come via di accesso ai parcheggi stessi. Ogni parcheggio sarà dotato di sistemi di apertura/chiusura e di pagamento pedaggio.

I parcheggi saranno a raso nella porzione triangolare e nell'area a ovest che si attesta su via Caprera. Un parcheggio sopraelevato, ad un solo livello, coprirà la porzione restante. Il primo piano sarà completamente aperto salvo per pensiline leggere con duplice funzione, riparo per le vetture e base per posizionare i pannelli fotovoltaici.



3.4 Applicazione dei Criteri Ambientali Minimi

Le disposizioni del DM 23 giugno 2022 si applicano a tutti gli interventi edilizi di lavori disciplinati dal Codice dei Contratti pubblici, ai sensi dell'art. 3 comma 1 lettera nn), oo quater) e oo quinquies). Nell'applicazione dei criteri si intendono fatti salvi i vincoli e le tutele, i piani, le norme e i regolamenti, qualora più restrittivi.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) si basano sui principi e i modelli di sviluppo dell'economia circolare, in sintonia con i più recenti atti di indirizzo comunitari, tra i quali la comunicazione COM (2020) 98 "Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva".

I CAM sono coerenti con un approccio di architettura bio-ecosostenibile che si basa sull'integrazione di conoscenze e valori rispettosi del paesaggio, dell'ambiente e della biologia di tutti gli esseri viventi che ne fanno parte e consentono quindi alla stazione appaltante di ridurre gli impatti ambientali generati dai lavori per la costruzione e dalla gestione dei relativi cantieri. Le competenze, gli accorgimenti progettuali e le tecnologie riguardo il tema dell'efficientamento energetico costituiscono solo una parte della sostenibilità, che invece riguarda diversi aspetti, indagati nell'ambito di un'analisi del ciclo di vita, della sfera ambientale, economica e sociale di un materiale o edificio. Il pensiero progettuale con "approccio bio-eco-sostenibile" implica concetti molto più ampi che considerano la salubrità quale valore aggiunto di una progettazione non basata soltanto su una somma di tecnologie, ma su un insieme dialogante tra materiali a basso impatto ambientale (rinnovabili, durevoli, riutilizzabili, riciclabili) e conoscenze tecnologiche che sono attualmente a disposizione.

Pertanto, una progettazione realmente sostenibile parte da presupposti di conoscenze che riguardano la bioclimatica, il "sapere", l'uso e la conservazione delle risorse materiche, la loro salubrità ed emissività e, infine, la loro corretta posa in opera nella fase realizzativa. Tali concetti devono essere presi in considerazione nella loro interezza e sin dalle prime fasi del progetto in modo da essere amalgamate e integrate in modo organico nella concezione dell'intervento, non "aggiunti" e adattati a posteriori. Gli edifici a basso impatto ambientale, di nuova realizzazione, devono potersi avvalere dell'utilizzo di materiali per l'edilizia sostenibile che attivino filiere virtuose, promotrici della transizione verso un'economia circolare e, allo stesso tempo, siano occasioni occupazionali etiche.

La transizione ecologica passa anche dall'edilizia che rappresenta uno dei settori a maggior impatto ambientale e, negli appalti pubblici in particolare, tale orientamento dovrebbe essere attentamente considerato per quella tipologia di edifici più "sensibili" ovvero frequentati dalle categorie di utenti più vulnerabili, quali ad esempio, i bambini delle scuole materne-elementari, i degenti negli ospedali o gli anziani in strutture adatte alla loro permanenza e cura. In queste situazioni, la qualità e la salubrità degli spazi e dei materiali, riveste particolare importanza per la crescita sana dell'individuo in sintonia con i principi di una edilizia a basso impatto ambientale volta alla mitigazione dei cambiamenti climatici e al miglioramento della qualità della vita. La Commissione europea ha introdotto da molto tempo il concetto di Life-cycle assessment (analisi del ciclo di vita) nelle politiche per la sostenibilità, già con la Comunicazione "Politica integrata dei prodotti-Sviluppare il concetto di "ciclo di vita ambientale", COM (2003) 302, specificando come questo costituisca la migliore metodologia disponibile per la valutazione degli impatti ambientali potenziali dei prodotti. Il metodo di calcolo, descritto nelle norme tecniche EN 15804 (prodotti edilizi) e EN 15978 (edifici) costituisce, invece, la metodologia LCA specifica per il settore delle costruzioni ed è richiamata all'interno del documento nei criteri premianti relativi alle "Metodologie di ottimizzazione delle soluzioni progettuali per la sostenibilità". L'approccio LCA è anche alla base del programma "Level(s) – A common EU framework of core sustainability



indicators for office and residential buildings”, pubblicato nel 2017 ed attualmente in fase pilota. Level(s) è uno strumento volontario di valutazione e rendicontazione delle prestazioni di sostenibilità degli edifici, basato sulla circolarità. La sostenibilità degli edifici viene valutata sulla base delle prestazioni ambientali, ma anche sulla base di indicatori per la salute ed il comfort, il costo del ciclo di vita e i potenziali rischi futuri per il mantenimento di tali prestazioni. Si tratta in sostanza di una metodologia complessiva e sistematica che aiuta i tecnici a progettare correttamente un edificio sostenibile. È quindi uno strumento utile per affrontare in modo organico tutte le fasi necessarie a tenere conto degli obiettivi di sostenibilità in un progetto. La stazione appaltante dovrebbe quindi considerare la progettazione e l’uso dei materiali secondo un approccio LCA (Life Cycle Assessment- analisi del ciclo di vita) e considerare il “sistema edificio” nel suo insieme di aspetti prestazionali coerentemente al processo di rendicontazione ambientale anche operato mediante protocolli energetico ambientali (rating system) nazionali ed internazionali.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM), in base a quanto previsto dall’art 34 del decreto legislativo 18 aprile 2016 n. 50:

- costituiscono criteri progettuali obbligatori che il progettista affidatario o gli uffici tecnici della stazione appaltante (nel caso in cui il progetto sia redatto da progettisti interni) utilizzano per la redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica e dei successivi livelli di progettazione;
- costituiscono criteri progettuali obbligatori che l’operatore economico utilizza per la redazione del progetto definitivo o esecutivo nei casi consentiti dal Codice dei Contratti o di affidamento congiunto di progettazione ed esecuzione lavori, sulla base del progetto posto a base di gara.

Nella sola ipotesi di affidamento congiunto di progettazione ed esecuzione lavori, nella documentazione di gara, con riferimento all’offerta tecnica, la stazione appaltante richiede agli operatori economici di illustrare:

- il piano di lavoro attraverso il quale intende integrare i criteri nel progetto;
- le metodologie che utilizzerà per l’integrazione dei criteri di tipo naturalistico-ambientale. In particolare, la stazione appaltante, negli atti di gara prevede, tra le prestazioni tecniche di cui agli artt. da 14 a 43 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010 n. 207 anche una “Relazione tecnica e relativi elaborati di applicazione CAM”, di seguito, “Relazione CAM”, in cui il progettista indica, per ogni criterio, le scelte progettuali inerenti le modalità di applicazione, integrazione di materiali, componenti e tecnologie adottati, l’elenco degli elaborati grafici, schemi, tabelle di calcolo, elenchi ecc. nei quali sia evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam e che evidenzia il rispetto dei criteri contenuti in questo documento. Nella relazione CAM il progettista dà evidenza anche delle modalità di contestualizzazione delle specifiche tecniche alla tipologia di opere oggetto dell’affidamento. Inoltre, il progettista, dà evidenza dei motivi di carattere tecnico che hanno portato all’eventuale applicazione parziale o mancata applicazione delle specifiche tecniche, tenendo conto di quanto previsto dall’art.34 comma 2 del decreto legislativo 18 aprile 2016 n. 50, che prevede l’applicazione obbligatoria delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali. Ciò può avvenire, ad esempio, per i seguenti motivi:
- prodotto da costruzione o impianto non previsto dal progetto;



- particolari condizioni del sito che impediscono la piena applicazione di uno o più specifiche tecniche, ad esempio una ridotta superficie di intervento in aree urbane consolidate che ostacola la piena osservanza della percentuale di suolo permeabile o impossibilità di modifica delle facciate di edifici esistenti per garantire la prestazione richiesta sull'illuminazione naturale;
- particolari destinazioni d'uso ad utilizzo saltuario, quali locali tecnici o di servizio magazzini, strutture ricettive a bassa frequentazione, per le quali non sono congruenti le specifiche relative alla qualità ambientale interna e alla prestazione energetica.

In tali casi è fornita, nella Relazione tecnica CAM, dettagliata descrizione del contesto progettuale e delle motivazioni tecniche per la parziale o mancata applicazione del o dei criteri contenuti in questo documento. Resta inteso che le stazioni appaltanti hanno l'obiettivo di applicare sempre e nella misura maggiore possibile i CAM in ottemperanza all'art.34 del decreto legislativo 18 aprile 2016 n. 50.

Il progettista indica, già a partire dal progetto di fattibilità tecnico-economica, i requisiti dei prodotti da costruzione in conformità alle specifiche tecniche contenute nel presente documento e indicare, inoltre, i mezzi di prova che l'appaltatore dei lavori dovrà presentare alla direzione lavori.

Per l'applicazione dei CAM al progetto in esame si rimanda all'elaborato BST2-PD-LG00-COM-GEN-R005-A1 nel quale vengono affrontati i seguenti temi progettuali:

- 2.3 specifiche tecniche progettuali di livello territoriale urbanistico;
- 2.4 specifiche tecniche progettuali per gli edifici;
- 2.5 specifiche tecniche per i prodotti da costruzione;
- 2.6 specifiche tecniche progettuali relative al cantiere.

In riferimento alle caratteristiche prestazionali dei materiali

3.4.1 SPECIFICHE TECNICHE PER I PRODOTTI DA COSTRUZIONE

Indicazioni alla stazione appaltante: i criteri contenuti in questo capitolo sono obbligatori in base a quanto previsto dall'art 34 del decreto legislativo 18 aprile 2016 n. 50. Nel capitolato speciale di appalto del progetto esecutivo sono da riportare le specifiche tecniche e i relativi mezzi di prova. Per i prodotti da costruzione dotati di norma armonizzata, devono essere rese le dichiarazioni di prestazione (DoP) in accordo con il regolamento prodotti da costruzione 9 marzo 2011, n. 305 ed il decreto legislativo 16 giugno 2017 n. 106.

Ove nei singoli criteri contenuti in questo capitolo si preveda l'uso di materiali provenienti da processi di recupero, riciclo, o costituiti da sottoprodotti, si fa riferimento alle definizioni previste dal decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 «Norme in materia ambientale», così come integrato dal decreto legislativo 3 dicembre 2010 n. 205 ed alle specifiche procedure di cui al decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017 n. 120. Il valore percentuale del contenuto di materia riciclata ovvero recuperata ovvero di sottoprodotti, indicato nei seguenti criteri, è dimostrato tramite una delle seguenti opzioni, producendo il relativo certificato nel quale sia chiaramente riportato il numero dello stesso, il valore percentuale richiesto, il nome del prodotto certificato, le date di rilascio e di scadenza:

1. una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma UNI EN ISO 14025, quali ad esempio lo schema internazionale EPD® o EPDIItaly®, con indicazione della percentuale di materiale riciclato ovvero recuperato ovvero di sottoprodotti, specificandone la metodologia di calcolo;
2. certificazione "ReMade in Italy®" con indicazione in etichetta della percentuale di materiale riciclato ovvero di sottoprodotto;



3. marchio "Plastica seconda vita" con indicazione della percentuale di materiale riciclato sul certificato.
4. per i prodotti in PVC, una certificazione di prodotto basata sui criteri 4.1 "Use of recycled PVC" e 4.2 "Use of PVC by-product", del marchio VinylPlus Product Label, con attestato della specifica fornitura;
5. una certificazione di prodotto, basata sulla tracciabilità dei materiali e sul bilancio di massa, rilasciata da un organismo di valutazione della conformità, con l'indicazione della percentuale di materiale riciclato ovvero recuperato ovvero di sottoprodotti.
6. una certificazione di prodotto, rilasciata da un Organismo di valutazione della conformità, in conformità alla prassi UNI/PdR 88 "Requisiti di verifica del contenuto di riciclato e/o recuperato e/o sottoprodotto, presente nei prodotti", qualora il materiale rientri nel campo di applicazione di tale prassi. Per quanto riguarda i materiali plastici, questi possono anche derivare da biomassa, conforme alla norma tecnica UNI-EN 16640. Le plastiche a base biologica consentite sono quelle la cui materia prima sia derivante da una attività di recupero o sia un sottoprodotto generato da altri processi produttivi. Sono fatte salve le asserzioni ambientali auto-dichiarate, conformi alla norma UNI EN ISO 14021, validate da un organismo di valutazione della conformità, in corso di validità alla data di entrata in vigore del presente documento e fino alla scadenza della convalida stessa. I mezzi di prova della conformità qui indicati sono presentati dall'appaltatore al direttore dei lavori per le necessarie verifiche prima dell'accettazione dei materiali in cantiere.

3.4.1.1 Emissioni negli ambienti confinati (inquinamento indoor)

Criterio - le categorie di materiali elencate di seguito rispettano le prescrizioni sui limiti di emissione esposti nella successiva tabella: a. pitture e vernici per interni; b. pavimentazioni (sono escluse le piastrelle di ceramica e i laterizi, qualora non abbiano subito una lavorazione post cottura con applicazioni di vernici, resine o altre sostanze di natura organica), incluso le resine liquide; c. adesivi e sigillanti; d. rivestimenti interni (escluse le piastrelle di ceramica e i laterizi); e. pannelli di finitura interni (comprensivi di eventuali isolanti a vista); f. controsoffitti; g. schermi al vapore sintetici per la protezione interna del pacchetto di isolamento.

Limite di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni	
Benzene Tricloroetilene (trielina) di-2-etilesilftalato (DEHP) Dibutilftalato (DBP)	1 (per ogni sostanza)
COV totali	1500
Formaldeide	<60
Acetaldeide	<300
Toluene	<450
Tetracloroetilene	<350
Xilene	<300
1,2,4-Trimetilbenzene	<1500
1,4-diclorobenzene	<90
Etilbenzene	<1000
2-Butossietanolo	<1500
Stirene	<350

Figura 5. Limiti di emissione a 28 giorni



Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale. La determinazione delle emissioni avviene in conformità alla norma UNI EN 16516 o UNI EN ISO 16000-9. Per qualunque metodo di prova o norma da utilizzare, si applicano i seguenti minimi fattori di carico considerando 0,5 ricambi d’aria per ora (a parità di ricambi d'aria, sono ammessi fattori di carico superiori): 1,0 m² /m³ per le pareti 0,4 m² /m³ per pavimenti o soffitto 0,05 m² /m³ per piccole superfici, ad esempio porte; 0,07 m² /m³ per le finestre; 0,007 m² /m³ per superfici molto limitate, per esempio sigillanti. Per le pitture e le vernici, il periodo di pre-condizionamento, prima dell’inserimento in camera di emissione, è di 3 giorni. Per dimostrare la conformità sull’emissione di DBP e DEHP sono ammessi metodi alternativi di campionamento ed analisi (materiali con contenuti di DBP e DEHP inferiori a 1 mg/kg, limite di rilevabilità strumentale, sono considerati conformi al requisito di emissione a 28 giorni. Il contenuto di DBP e DEHP su prodotti liquidi o in pasta è determinato dopo il periodo di indurimento o essiccazione a 20±10°C, come da scheda tecnica del prodotto).

La dimostrazione del rispetto di questo criterio può avvenire tramite la presentazione di rapporti di prova rilasciati da laboratori accreditati e accompagnati da un documento che faccia esplicito riferimento alla conformità rispetto al presente criterio. In alternativa possono essere scelti prodotti dotati di una etichetta o certificazione tra le seguenti:

- AgBB (Germania)
- Blue Angel nelle specifiche: RAL UZ 113/120/128/132 (Germania)
- Eco INSTITUT-Label (Germania)
- EMICODE EC1/EC1+ (GEV) (Germania) - Indoor Air Comfort di Eurofins (Belgio)
- Indoor Air Comfort Gold di Eurofins (Belgio)
- M1 Emission Classification of Building Materials (Finlandia)
- CATAS quality award (CQA) CAM edilizia (Italia)
- CATAS quality award Plus (CQA) CAM edilizia Plus (Italia)
- Cosmob Qualitas Praemium - INDOOR HI-QUALITY Standard (Italia)
- Cosmob Qualitas Praemium - INDOOR HI-QUALITY Plus (Italia).

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.2 Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati

Criterio - i calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati hanno un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti, di almeno il 5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. Tale percentuale è calcolata come rapporto tra il peso secco delle materie riciclate, recuperate e dei sottoprodotti e il peso del calcestruzzo al netto dell’acqua (acqua efficace e acqua di assorbimento). Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato, recuperato o sottoprodotto, va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.



3.4.1.3 Prodotti prefabbricati in calcestruzzo, in calcestruzzo aerato autoclavato e in calcestruzzo vibrocompresso

Criterio - i prodotti prefabbricati in calcestruzzo sono prodotti con un contenuto di materia recuperata, ovvero riciclata, ovvero di sottoprodotti di almeno il 5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. I blocchi per muratura in calcestruzzo aerato autoclavato sono prodotti con un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti di almeno il 7,5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. Le percentuali indicate si intendono come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.4 Acciaio

Criterio - per gli usi strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materia recuperata, ovvero riciclata, ovvero di sottoprodotti, inteso come somma delle tre frazioni, come di seguito specificato: - acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 75%. - acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%; - acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%. Per gli usi non strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materie riciclate ovvero recuperate ovvero di sottoprodotti come di seguito specificato: - acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 65%; - acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%; - acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%. Con il termine "acciaio da forno elettrico legato" si intendono gli "acciai inossidabili" e gli "altri acciai legati" ai sensi della norma tecnica UNI EN 10020, e gli "acciai alto legati da EAF" ai sensi del Regolamento delegato (UE) 2019/331 della Commissione. Le percentuali indicate si intendono come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.5 Laterizi

Criterio - i laterizi usati per muratura e solai hanno un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti (sul secco) di almeno il 15% sul peso del prodotto. Qualora i laterizi contengano solo materia riciclata ovvero recuperata, la percentuale è di almeno il 10% sul peso del prodotto. I laterizi per coperture, pavimenti e muratura faccia vista hanno un contenuto di materie riciclate ovvero recuperate ovvero di sottoprodotti (sul secco) di almeno il 7,5% sul peso del prodotto. Qualora i laterizi contengano solo materia riciclata ovvero recuperata, la percentuale è di almeno il 5% sul peso del prodotto. Le percentuali indicate si intendono come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.



Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.6 Prodotti legnosi

Criterio - tutti i prodotti in legno utilizzati nel progetto devono provenire da foreste gestite in maniera sostenibile come indicato nel punto “a” della verifica se costituiti da materie prime vergini, come nel caso degli elementi strutturali o rispettare le percentuali di riciclato come indicato nel punto “b” della verifica se costituiti prevalentemente da materie prime seconde, come nel caso degli isolanti. Verifica Certificati di catena di custodia nei quali siano chiaramente riportati, il codice di registrazione o di certificazione, il tipo di prodotto oggetto della fornitura, le date di rilascio e di scadenza dei relativi fornitori e subappaltatori. a) Per la prova di origine sostenibile ovvero responsabile: Una certificazione di catena di custodia rilasciata da organismi di valutazione della conformità che garantisca il controllo della «catena di custodia», quale quella del Forest Stewardship Council® (FSC®) o del Programme for Endorsement of Forest Certification schemes (PEFC); b) Per il legno riciclato, una certificazione di catena di custodia rilasciata da organismi di valutazione della conformità che attesti almeno il 70% di materiale riciclato, quali: FSC® Riciclato” (“FSC® Recycled”) che attesta il 100% di contenuto di materiale riciclato, oppure “FSC® Misto” (“FSC® Mix”) con indicazione della percentuale di riciclato con il simbolo del Ciclo di Moebius all’interno dell’etichetta stessa o l’etichetta Riciclato PEFC che attesta almeno il 70% di contenuto di materiale riciclato. Il requisito può essere verificato anche con i seguenti mezzi di prova: certificazione ReMade in Italy® con indicazione della percentuale di materiale riciclato in etichetta; Marchio di qualità ecologica Ecolabel EU. Per quanto riguarda le certificazioni FSC o PEFC, tali certificazioni, in presenza o meno di etichetta sul prodotto, devono essere supportate, in fase di consegna, da un documento di vendita o di trasporto riportante la dichiarazione di certificazione (con apposito codice di certificazione dell’offerente) in relazione ai prodotti oggetto della fornitura.

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.7 Isolanti Termici e acustici

Criterio - ai fini del presente criterio, per isolanti si intendono quei prodotti da costruzione aventi funzione di isolante termico ovvero acustico, che sono costituiti:

a) da uno o più materiali isolanti. Nel qual caso ogni singolo materiale isolante utilizzato, rispetta i requisiti qui previsti;

b) da un insieme integrato di materiali non isolanti e isolanti, p.es laterizio e isolante. In questo caso solo i materiali isolanti rispettano i requisiti qui previsti. Gli isolanti, con esclusione di eventuali



rivestimenti, carpenterie metalliche e altri possibili accessori presenti nei prodotti finiti, rispettano i seguenti requisiti:

c) I materiali isolanti termici utilizzati per l'isolamento dell'involucro dell'edificio, esclusi, quindi, quelli usati per l'isolamento degli impianti, devono possedere la marcatura CE, grazie all'applicazione di una norma di prodotto armonizzata come materiale isolante o grazie ad un ETA per cui il fabbricante può redigere la DoP (dichiarazione di prestazione) e apporre la marcatura CE. La marcatura CE prevede la dichiarazione delle caratteristiche essenziali riferite al Requisito di base 6 "risparmio energetico e ritenzione del calore". In questi casi il produttore indica nella DoP, la conduttività termica con valori di λ dichiarati λ_D (o resistenza termica RD). Per i prodotti pre-acoppiati o i kit è possibile fare riferimento alla DoP dei singoli materiali isolanti termici presenti o alla DoP del sistema nel suo complesso. Nel caso di marcatura CE tramite un ETA, nel periodo transitorio in cui un ETA sia in fase di rilascio oppure la pubblicazione dei relativi riferimenti dell'EAD per un ETA già rilasciato non sia ancora avvenuta sulla GUUE, il materiale ovvero componente può essere utilizzato purché il fabbricante produca formale comunicazione del TAB (Technical Assessment Body) che attesti lo stato di procedura in corso per il rilascio dell'ETA e la prestazione determinata per quanto attiene alla sopraccitata conduttività termica (o resistenza termica).

d) non sono aggiunte sostanze incluse nell'elenco di sostanze estremamente preoccupanti candidate all'autorizzazione (Substances of Very High Concern-SVHC), secondo il regolamento REACH (Regolamento (CE) n. 1907/2006), in concentrazione superiore allo 0,1 % (peso/peso). Sono fatte salve le eventuali specifiche autorizzazioni all'uso previste dallo stesso Regolamento per le sostanze inserite nell'Allegato XIV e specifiche restrizioni previste nell'Allegato XVII del Regolamento.

e) Non sono prodotti con agenti espandenti che causino la riduzione dello strato di ozono (ODP), come per esempio gli HCFC;

f) Non sono prodotti o formulati utilizzando catalizzatori al piombo quando spruzzati o nel corso della formazione della schiuma di plastica;

g) Se prodotti da una resina di polistirene espandibile gli agenti espandenti devono essere inferiori al 6% del peso del prodotto finito; h) Se costituiti da lane minerali, sono conformi alla Nota Q o alla Nota R di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i.; i) Se sono costituiti da uno o più dei materiali elencati nella seguente tabella, tali materiali devono contenere le quantità minime di materiale riciclato ovvero recuperato o di sottoprodotti ivi indicate, misurate sul peso, come somma delle tre frazioni. I materiali isolanti non elencati in tabella si possono ugualmente usare e per essi non è richiesto un contenuto minimo di una delle tre frazioni anzidette.

h) Se costituiti da lane minerali, sono conformi alla Nota Q o alla Nota R di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i.;

i) Se sono costituiti da uno o più dei materiali elencati nella seguente tabella, tali materiali devono contenere le quantità minime di materiale riciclato ovvero recuperato o di sottoprodotti ivi indicate, misurate sul peso, come somma delle tre frazioni. I materiali isolanti non elencati in tabella si possono ugualmente usare e per essi non è richiesto un contenuto minimo di una delle tre frazioni anzidette.

Materiale	Contenuto cumulativo di materiale recuperato, riciclato ovvero sottoprodotti
Cellulosa (Gli altri materiali di origine legnosa rispondono ai requisiti di cui al criterio "2.5.6-Prodotti legnosi").	80%
Lana di vetro	60%
Lana di roccia	15%
Vetro cellulare	60%
Fibre in poliestere ⁷	50% (per gli isolanti composti da fibre di poliestere e materiale rinnovabile, tale percentuale minima può essere del 20% se il contenuto di materiale da fonte rinnovabile è almeno pari all'85% del peso totale del prodotto. Secondo la norma UNI EN ISO 14021 i materiali rinnovabili sono composti da biomasse provenienti da una fonte vivente e che può essere continuamente reintegrata.)
Polistirene espanso sinterizzato (di cui quantità minima di riciclato 10%)	15%
Polistirene espanso estruso (di cui quantità minima di riciclato 5%)	10%
Poliuretano espanso rigido	2%
Poliuretano espanso flessibile	20%
Agglomerato di poliuretano	70%
Agglomerato di gomma	60%
Fibre tessili	60%

Figura 6. Contenuto di materiale recuperato, riciclato o sottoprodotti negli isolanti

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale e include: -per i punti da "c" a "g", una dichiarazione del legale rappresentante del produttore, supportata dalla documentazione tecnica quali le schede dei dati di sicurezza (SDS), se previste dalle norme vigenti, o rapporti di prova; -per il punto "h", le informazioni riguardanti la conformità della fibra minerale alla Nota Q o alla Nota R sono contenute nella scheda informativa redatta ai sensi dell'articolo 32 del Regolamento REACH (Regolamento (CE) n. 1907/2006). La conformità alla Nota Q si verifica tramite una certificazione (per esempio EUCEB) conforme alla norma ISO 17065 che dimostri, tramite almeno una visita ispettiva all'anno, che la fibra è conforme a quella campione sottoposta al test di biosolubilità; -per il punto "i", le percentuali di riciclato indicate sono verificate secondo quanto previsto al paragrafo "2.5-Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione-indicazioni alla stazione appaltante".

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.



3.4.1.8 Tramezzature, contropareti perimetrali e controsoffitti

Criterio - le tramezzature, le contropareti perimetrali e i controsoffitti, realizzati con sistemi a secco, hanno un contenuto di almeno il 10% (5% in caso di prodotti a base gesso) in peso di materiale recuperato, ovvero riciclato, ovvero di sottoprodotti. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate. I materiali di origine legnosa rispondono ai requisiti di cui al criterio "2.5.6-Prodotti legnosi".

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo** e **BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.9 Murature in pietrame e miste

Criterio - il progetto, per le murature in pietrame e miste, prevede l'uso di solo materiale riutilizzato o di recupero (pietrame e blocchetti).

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo** e **BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.10 Pavimenti

3.4.1.10.1 Pavimentazioni dure

Criterio - per le pavimentazioni in legno si fa riferimento al criterio "2.5.6-Prodotti legnosi". Le piastrelle di ceramica devono essere conformi almeno ai seguenti criteri inclusi nella Decisione 2009/607/CE, che stabilisce i criteri ecologici per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica alle coperture dure, e s.m.i: 1. Estrazione delle materie prime 2.2. Limitazione della presenza di alcune sostanze negli additivi (solo piastrelle smaltate), quali metalli pesanti come piombo, cadmio e antimonio 4.2. Consumo e uso di acqua 4.3. Emissioni nell'aria (solo per i parametri Particolato e Fluoruri) 4.4. Emissioni nell'acqua 5.2. Recupero dei rifiuti 6.1. Rilascio di sostanze pericolose (solo piastrelle vetrificate) A partire dal primo gennaio 2024, le piastrelle di ceramica dovranno essere conformi ai criteri inclusi della Decisione 2021/476 che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio di qualità ecologica dell'Unione europea (Ecolabel UE) ai prodotti per coperture dure.

Verifica - Il progetto indica che in fase di consegna dei materiali la rispondenza al criterio sarà verificata utilizzando prodotti recanti alternativamente: - il Marchio Ecolabel UE; - una dichiarazione ambientale ISO di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025 da cui si evinca il rispetto del presente criterio; - una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma UNI EN ISO 14025, quali ad esempio lo schema internazionale EPD® o EPDIItaly®, qualora nella dichiarazione ambientale siano presenti le informazioni specifiche relative ai criteri sopra richiamati. In mancanza di questi, la documentazione comprovante il rispetto del presente criterio validata da un organismo di valutazione della conformità, dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel relativo capitolato. La Relazione



CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.10.2 Pavimentazioni resilienti¹

Criterio - le pavimentazioni costituite da materie plastiche, devono avere un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti di almeno il 20% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate. Sono esclusi dall’applicazione del presente criterio i prodotti con spessore inferiore a 1mm. Le pavimentazioni costituite da gomma, devono avere un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti di almeno il 10% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. Sono esclusi dall’applicazione di tale criterio i prodotti con spessore inferiore a 1mm. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate. Le pavimentazioni non devono essere prodotte utilizzando ritardanti di fiamma che siano classificati pericolosi ai sensi del Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i. Tale requisito è verificato tramite la documentazione tecnica del fabbricante con allegate le schede dei dati di sicurezza (SDS), se previste dalle norme vigenti, rapporti di prova o altra documentazione tecnica di supporto.

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.11 Serramenti e oscuranti in PVC

Criterio - i serramenti oscuranti in PVC sono prodotti con un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti di almeno il 20% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d’Appalto – Parte Seconda**” riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

¹ *pavimentazioni le cui caratteristiche essenziali sono descritte nella norma UNI EN 14041. Ne esistono diverse tipologie, fra cui: pavimenti e Rivestimenti Resilienti in PVC, composti da Polivinilcloruro (Polyvinyl chloride). Pavimenti e rivestimenti resilienti in linoleum (rif. Norma ISO 24011:2012) o in gomma (rif. Norme UNI EN 12199, UNI EN1816 e UNI EN 1817) sono resilienti che possono anche essere naturali.*



3.4.1.12 Tubazioni in PVC e Polipropilene

Criterio - le tubazioni in PVC e polipropilene sono prodotte con un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti di almeno il 20% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate ed è verificata secondo quanto previsto al paragrafo "2.5-Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione-indicazioni alla stazione appaltante".

Verifica - la Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.

3.4.1.13 Pitture e vernici

Criterio - il progetto prevede l'utilizzo di pitture e vernici che rispondono ad uno o più dei seguenti requisiti (la stazione appaltante deciderà, in base ai propri obiettivi ambientali ed in base alla destinazione d'uso dell'edificio): a) recano il marchio di qualità ecologica Ecolabel UE; b) non contengono alcun additivo a base di cadmio, piombo, cromo esavalente, mercurio, arsenico o selenio che determini una concentrazione superiore allo 0,010 % in peso, per ciascun metallo sulla vernice secca. c) non contengono sostanze ovvero miscele classificate come pericolose per l'ambiente acquatico di categoria 1 e 2 con i seguenti codici: H400, H410, H411 ai sensi del regolamento (CE) n.1272/2008 (CLP) e s.m.i. (tale criterio va utilizzato, qualora ritenuto opportuno dalla stazione appaltante).

Verifica - la dimostrazione del rispetto di questo criterio può avvenire tramite, rispettivamente:

- a) l'utilizzo di prodotti recanti il Marchio Ecolabel UE.
- b) rapporti di prova rilasciati da laboratori accreditati, con evidenza delle concentrazioni dei singoli metalli pesanti sulla vernice secca.
- c) dichiarazione del legale rappresentante, con allegato un fascicolo tecnico datato e firmato con evidenza del nome commerciale della vernice e relativa lista delle sostanze o miscele usate per preparare la stessa (pericolose o non pericolose e senza indicarne la percentuale).

Per dimostrare l'assenza di sostanze o miscele classificate come sopra specificato, per ogni sostanza o miscela indicata, andrà fornita identificazione (nome chimico, CAS o numero CE) e Classificazione della sostanza o della miscela con indicazione di pericolo, qualora presente. Al fascicolo andranno poi allegate le schede di dati di sicurezza (SDS), se previste dalle norme vigenti, o altra documentazione tecnica di supporto, utile alla verifica di quanto descritto.

Progetto Definitivo: gli elaborati **BST2-PD-LG00-COM-DTE-R001-A1 Computo Metrico Estimativo e BST2-PD-LG00-COM-CDP-R002-A1 Capitolato speciale d'Appalto – Parte Seconda** riportano i requisiti richiesti dal presente criterio.



3.5 Rilievo e indagini topografiche

La progettazione si è basata su un rilievo topografico realizzato per conto di Brescia Mobilità e integrato dal RTP dove erano presenti lacune o mancanze dovute al cambio di tracciato definito a valle del PFTE.

Il rilievo dell'area è stato effettuato con Laser Scanner Mobile, integrato, ove il segnale GNSS risultava scarso con Laser Scanner Statico e Stazione Totale. Alcune aree risultavano, al momento del rilievo non accessibili a causa della fitta vegetazione, presenza di recinzioni private o di cantieri operativi. Ove possibile tali aree sono state integrate con GPS, stazione totale e drone.

A seguito della campagna di rilevamento si è passati alla post produzione, i dati provenienti da laser scanner sono stati processati con adeguati software in modo da ottenere le nuvole di punti dell'area. Tali nuvole sono state usate come base per le attività di modellazione. La modellazione delle superfici è stata effettuata ricavando, direttamente sulle nuvole da laser scanner, punti 3D e polilinee 3D che sono stati poi usati per effettuare una triangolazione sugli elementi superficiali (strade, marciapiedi, terreni) creando facce 3D.

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PAESAGGISTICO

4.1 Inquadramento territoriale

Il tracciato della nuova linea tranviaria di Brescia prende origine dal quadrante sud-ovest della città, in corrispondenza del Polo fieristico e del palazzo dello sport denominato "Palaeonessa", si sviluppa in doppio binario sull'asse delle vie Orzinuovi, Salgari e Corsica per giungere in Viale della Stazione, fino ad incontrare la stazione ferroviaria e la fermata metro FS su via Gambara. Superata la stazione la linea si sdoppia, un binario segue via Gambara, costeggia il Tribunale e svolta su via Ferrmola, l'altro svolta su via Romanino Gerolamo e via Solferino per poi riallacciarsi, in via Ferromola, al primo binario. Da qui si punta quindi verso nord, penetrando nel centro cittadino ed attraversandolo sulle vie San Martino della Battaglia, G. Mazzini e la galleria Tito Speri, dove i binari si sdoppiano nuovamente e percorrono rispettivamente la via Pusterla (in direzione nord-ovest) e la via Fossa Bagni in direzione del centro. Presso la fermata San Faustino le due direttrici si ricongiungono e percorrono parallelamente la via L. Da Vinci, via Volturmo, via C. Colombo per deviare poi sul viale Caduti del Lavoro, e proseguire sulle vie Chiusure, della Chiesa, Risorgimento, via Tiboni, via Interna, via Collebeato, fino al capolinea nord Pendolina in via del Molino.

L'intervento in progetto ricade negli ambiti di verifica di compatibilità con gli strumenti urbanistici vigenti e, precisamente, il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Brescia e la Terza variante al PGT – Variante particolare al Piano delle Regole e alle NTA.

4.1.1 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Brescia

Ai sensi dell'art. 15 della LR 12/05 ed in coerenza con i contenuti della pianificazione e programmazione sovraordinata, il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale definisce l'assetto generale delle maggiori infrastrutture di mobilità in rapporto all'assetto del territorio provinciale. Questa tavola o mappa evidenzia i principali elementi del sistema infrastrutturale della provincia:

- a. rete viaria con relative intersezioni e parcheggi



- b. rete ferroviaria con relative stazioni e fermate
- c. sistema di trasporto pubblico a guida vincolata e su gomma con relative stazioni e fermate
- d. aeroporti
- e. porti, approdi ed installazioni per il trasporto pubblico su natante
- f. centri di interscambio merci e passeggeri
- g. linee di mobilità dolce (piste ciclabili)

La rete viaria è classificata in relazione al tipo prevalente di movimento servito o di servizio, mentre le sue intersezioni sono classificate in funzione della tipologia. Le infrastrutture sono anche classificate in relazione allo stato di avanzamento progettuale ed operativo. Nella tavola, al fine di favorire la lettura della connettività delle reti infrastrutturali, è rappresentato il sistema insediativo nelle sue componenti di specializzazione d'uso.

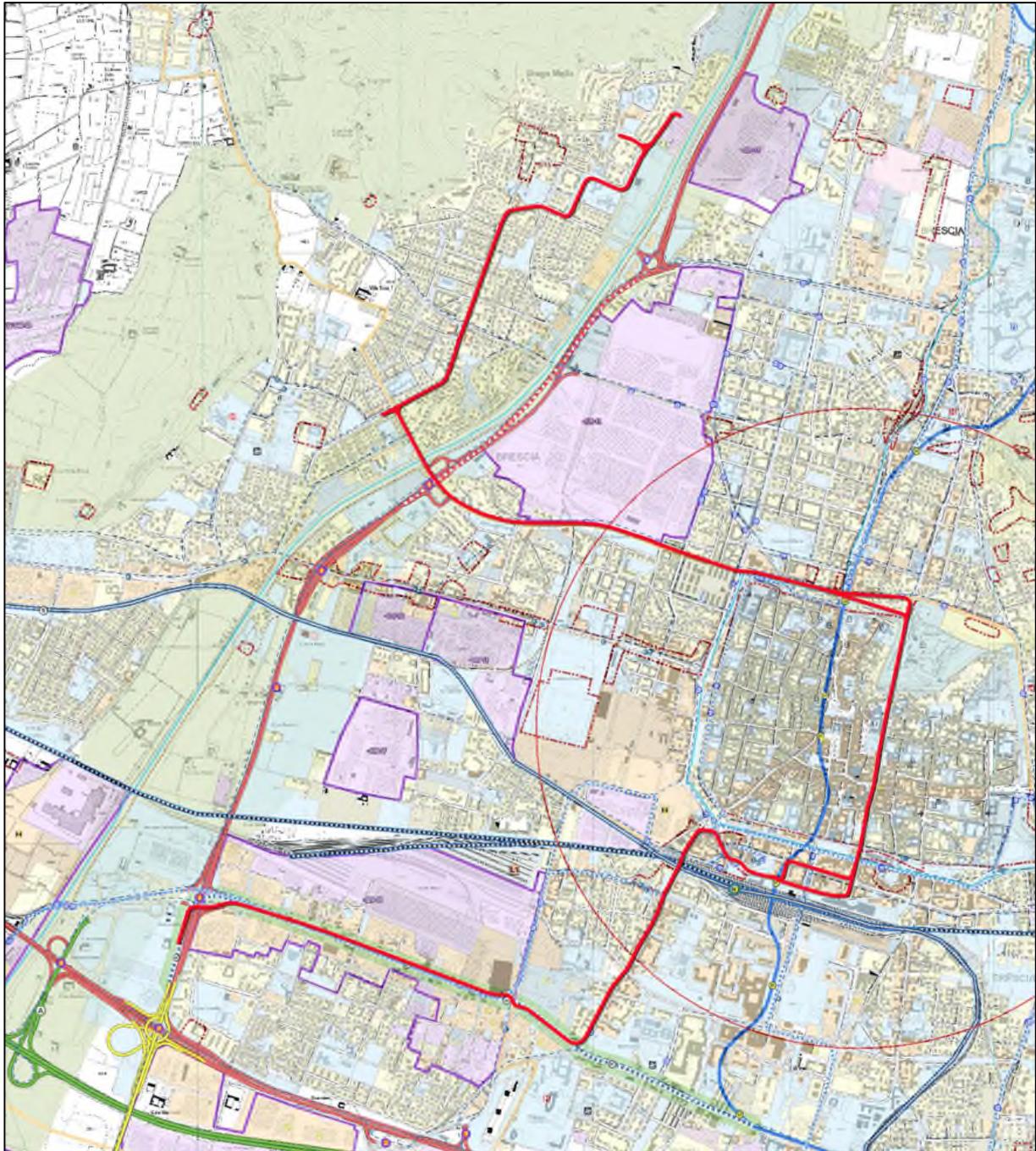
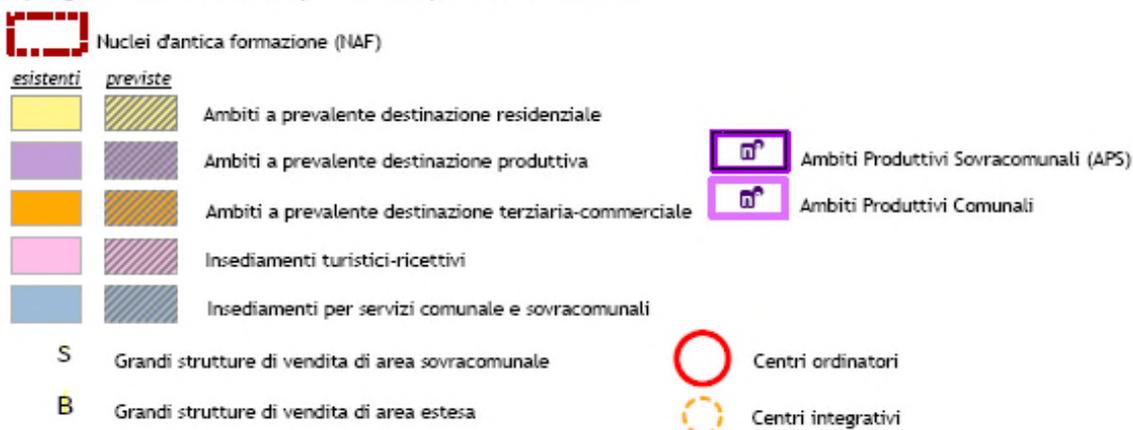


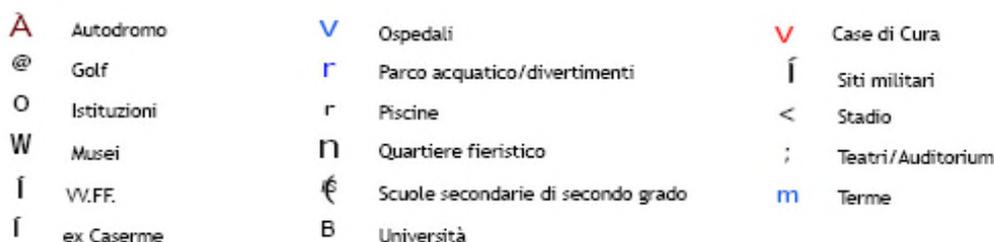
Figura 7. Tavola 1.2 “Struttura e mobilità – Ambiti territoriali (Sezione A)”, PTCP

SISTEMA INSEDIATIVO

Tipologie insediative esistenti o previste dalla pianificazione comunale



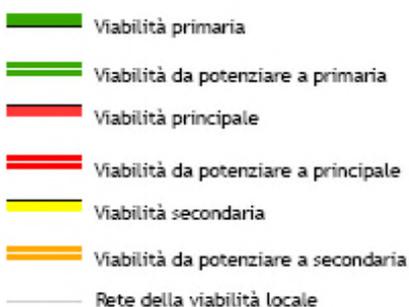
Servizi di livello sovracomunale



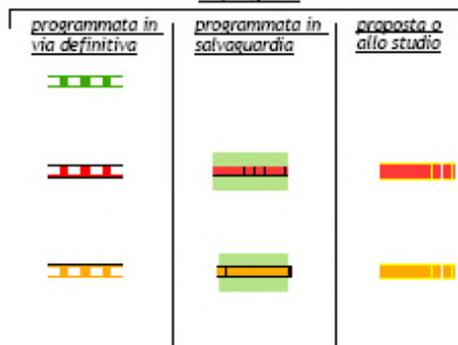
SISTEMA INFRASTRUTTURALE

Rete viaria

esistente o in costruzione

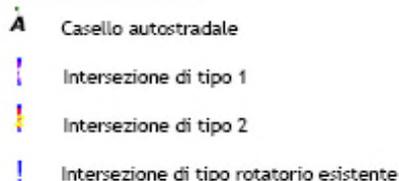


di progetto

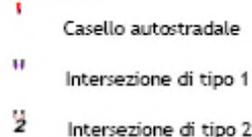


Intersezioni della rete viaria

esistente o in costruzione



di progetto



Rete del trasporto pubblico

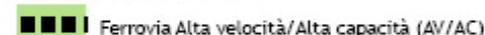


Figura 8. Tavola 1.2 "Struttura e mobilità – Ambiti territoriali (Sezione A)", PTCP – Legenda sistema insediativo – parte 1

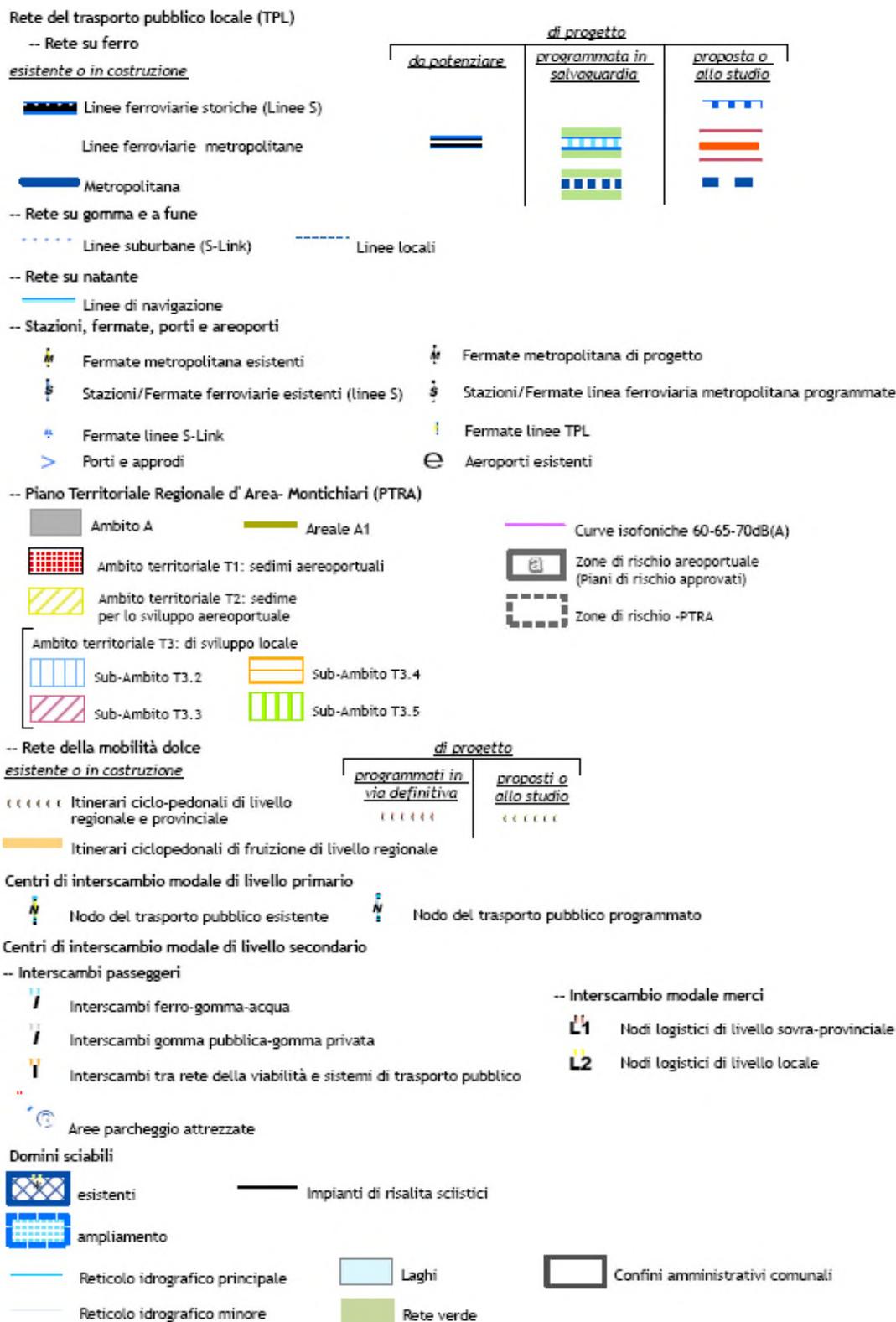


Figura 9. Tavola 1.2 “Struttura e mobilità – Ambiti territoriali (Sezione A)”, PTCP – Legenda sistema insediativo – parte 2



Il tracciato in esame parte seguendo la viabilità principale e quella che viene definita dalla tavola “metropolitana di progetto proposta o allo studio”; successivamente, prima della fermata “Parco Pescheto”, si sovrappone alle linee locali e, nei pressi della fermata “Corsica” della linea ferroviaria storica (Linee S) di progetto. Nei pressi del centro storico il tracciato si inserisce nel nucleo d’antica formazione, e in quello che viene definito dalla tavola in oggetto il centro ordinatore. A seguito dell’attraversamento del centro, il tracciato segue il suo percorso assieme ad Itinerari ciclopedonali di fruizione di livello regionale. Nei pressi dell’attraversamento del fiume Mella il tracciato oltrepassa la viabilità principale di progetto programmata in via definitiva. In linea generale il tracciato si inserisce prevalentemente, per quanto riguarda il sistema insediativo, in ambiti a prevalente destinazione residenziale, terziaria-commerciale e insediamenti per servizi comunali e sovracomunali, sia esistenti che previsti. Inoltre affianca e si inserisce in ambiti produttivi sovracomunali.

4.2 Inquadramento paesaggistico

Il progetto della nuova tramvia si snoda in un panorama caratterizzato da contesti paesaggistici e vincolistici numericamente consistenti, interessando da un lato il sistema urbano di Brescia, caratterizzato da una struttura urbana che vede l’alternanza di tessuti storici, aree in dismissione o aree in trasformazione, aree soggette a marginalizzazione o in contesti urbani degradati. L’inserimento della nuova infrastruttura rappresenta un’opportunità per il raggiungimento di consistenti benefici urbanistici, coerentemente con gli indirizzi e le strategie del PGT, in relazione a:

- Raggiungimento di una maggior permeabilità e fruibilità dei tessuti storici mediante l’utilizzo del mezzo pubblico, a fronte di una riduzione dell’utilizzo del mezzo privato;
- Potenziamento dell’attrattività e della valorizzazione economica dei tessuti della città in trasformazione;
- Miglioramento della qualità della vita e di riqualificazione sociale per i tessuti urbani soggetti a dismissione, marginalizzazione o situati in contesti degradati.

Nell’ambito dell’analisi vincolistica e in particolare dei Beni paesaggistici, le situazioni di interessamento diretto con le opere in progetto sono rappresentate da:

- Beni paesaggistici di cui alla Parte Terza del D.lgs. 42/2004 e s.m.i., riferibili all’articolo 136 co. 1 lett. c) e d): Cono panoramico (DM 14/01/63), interessato dal tratto in e della Zona Circostante il Castello (DM 06/06/52), interessato dal tratto in progetto
- Beni paesaggistici di cui alla Parte Terza del D.lgs. 42/2004 e s.m.i., e, nello specifico, i fiumi, i torrenti, i corsi d’acqua e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna (co. 1 lett. c), interessati dalla linea tramviaria e relative opere
- Aree naturali protette così come definite dalla LR n. 86 del 30 novembre 1983, rappresentate dal PLIS “Parco delle Colline di Brescia” riconosciuto con DGR n. 6/13877 del 31 maggio 1996 e successive ripermetrazioni, interessato dal tratto tramviario



4.3 Analisi dei vincoli ambientali, archeologici, architettonici, artistici e storici

L'analisi dei vincoli ambientali, archeologici e architettonici ha riguardato differenti tipologie di beni, corredati di loro riferimenti normativi regionali e nazionali, tra cui:

- Aree soggette a Vincolo Idrogeologico (RD 3267/1923)
- Beni paesaggistici (D Lgs 42/2004, parte III)
- Aree naturali protette (L 394/91, Piano generale delle aree protette lombarde, LR n. 86 del 30/11/1983) e Rete Natura 2000
- Beni culturali (D Lgs 42/2004, parte II)
- Siti UNESCO (Convenzione sulla Protezione del Patrimonio Mondiale culturale e naturale, 1972).

Per quanto concerne i vincoli per la difesa del suolo, il tracciato in questione si inserisce in parte nel Sito di Interesse Nazionale Brescia – Caffaro, specificatamente nell'area a vincolo della falda e nella zona delle rogge; occupa fasce di rispetto dei corsi idrici, appartenenti sia al reticolo idrico minore che a quello principale di competenza regionale.

Il tracciato di progetto, in gran parte coincidente con la sede della rete stradale esistente, quindi intercetta in numerosi tratti, già completamente tombati, il reticolo idrico minore di competenza comunale, in area potenzialmente interessata da alluvioni rare (aree P1/L), ai sensi della classificazione del PGRA, approvato con DPCM 27 ottobre 2016. In generale, non sono previsti nuovi interventi di tombinamento o loro prolungamenti, ma solamente di adeguamento dei manufatti esistenti laddove le quote altimetriche non risultano compatibili con il ricoprimento necessario per l'intervento in oggetto. In questi casi, a partire dalle informazioni del rilievo effettuato e dai fogli della cartografia del 1972, sono stati quindi dimensionati tombini scatolari con sezione idraulicamente equivalente per garantire sia il corretto deflusso delle correnti stimate, sia la corretta installazione dell'armamento tramviario.

Per quanto riguarda il reticolo principale, il tracciato della rete tramviaria in progetto interferisce con il Fiume Mella in corrispondenza di via Volturno, attraversandolo sul ponte esistente, e il Torrente Garza in corrispondenza di via XX Settembre e via Trento, in tratti già tombati, e lungo via Leonardo da Vinci, in affiancamento a un tratto a cielo aperto, senza interessarlo direttamente.

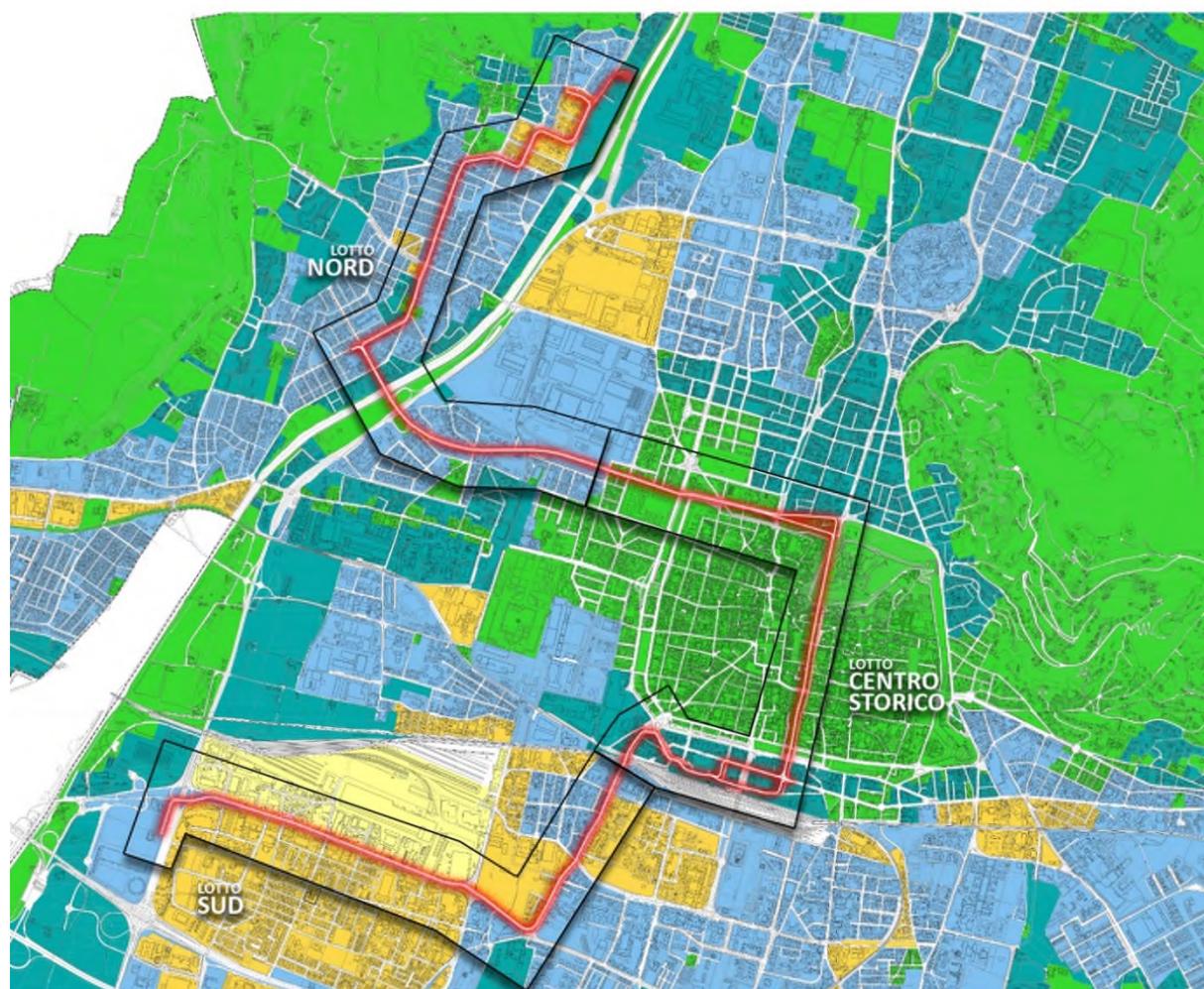
La compatibilità idraulica dell'opera esistente sul Fiume Mella è stata verificata considerando gli studi specifici contenuti nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) vigente: i valori dei tiranti, e dei relativi franchi (2.7 m per Tr 200 anni e 2.5 per Tr 500 anni), riportati per la sezione di studio risultano compatibili con quelli minimi indicati dalla normativa vigente.

Analogamente, per i tratti tombati interferenti con il Torrente Garza non sono previsti interventi di adeguamento in quanto, dall'analisi degli studi effettuati dall'autorità di bacino, le opere esistenti risultano idraulicamente compatibili.

Ai sensi della pianificazione di bacino (legge n. 183/89), il tracciato si introduce all'interno della fascia C e, nella zona di attraversamento del fiume Mella, oltrepassa il limite tra fascia B e fascia C, quindi subentra in fascia B e A. Nell'ultimo tratto nei pressi della fermata "Pendolina" affianca un'area potenzialmente interessata da alluvioni poco frequenti (aree P2/M). Si tratta di tratti inseriti in aree a pericolosità bassa (L) e rischio medio (R2), lambendo alcune zone di aree a pericolosità alta (H) o media (M), e rischio molto elevato (R4) e moderato (R1). Nello specifico: il tratto dalla fermata "Da Vinci" a "Urago Mella" rasenta una zona a pericolosità alta (H); il tratto che va da dopo la fermata

“Risorgimento” a dopo “Rimessa Pendolina” fiancheggia un’area a pericolosità media (M) e in principio a rischio molto elevato (R4) e successivamente moderato (R1).

L’inventario dei fenomeni franosi in Italia IFFI, che ha l’obiettivo non solo di censire le frane verificatisi sul territorio nazionale, secondo una metodologia standardizzata e condivisa, ma anche di essere uno strumento conoscitivo di base per la valutazione della pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), manifesta l’estraneità dell’area oggetto di studio da fenomeni riconducibili a eventi di frana di qualsiasi origine.



Il paesaggio del territorio di Brescia



Figura 10. Tavola V-PR03 “Classe di sensibilità paesaggistica”, Piano delle Regole, PGT



A seguito dell'analisi dei vincoli paesaggistici, si è desunto che il tracciato del tram in esame si inserisce all'interno di due aree di notevole interesse pubblico, di cui all'art. 136 del DLgs 42/2004 e smi, costituite dal Cono panoramico (DM 14/01/63) e dalla Zona circostante il Castello (DM 06/06/52). L'analisi sottolinea anche la presenza di aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142 del DLgs 42/2004 e smi, nello specifico la lettera c: i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna. Si evidenzia inoltre che, seppur non direttamente interferiti dalle opere in progetto e relative aree di cantiere, in prossimità del tracciato tramviario in progetto sono ubicati i seguenti immobili con cospicui caratteri di bellezza naturale, singolarità geologica o memoria storica, ai sensi del D. Lgs. 42/2004 e s.m.i., art. 136 lettere a, b, tali: Parco di Via Corsica 14 (DM 29/10/1951) e Bosco comunale di via Pusterla di Porta Trento (DM 25/10/1951).

E' stata redatta la Relazione Paesaggistica che costituisce la documentazione tecnico illustrativa da presentare a corredo della richiesta di rilascio di autorizzazione paesaggistica, ai sensi del D.Lgs. del 22 Gennaio 2004 n. 42 e conformemente al DPCM del 12 dicembre 2005 che ne indica i contenuti, i criteri di redazione, le finalità e gli obiettivi.

Riconosciuto con DGR n. 6/13877 del 31 maggio 1996 e successive ripermetrazioni, il Parco di Interesse Sovracomunale (PLIS) "Parco delle Colline di Brescia" risulta essere toccato dall'intervento progettuale in oggetto, in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Mella. Nello specifico viene segnalato il corridoio ecologico primario della Rete Ecologica Regionale, con l'obiettivo di salvaguardare e valorizzare le potenzialità di collegamento ambientale e fruitivo verso la Val Trompia a nord e il Parco Regionale del Monte Netto e la bassa pianura a sud.

L'analisi dei vincoli archeologici ha evidenziato l'inserimento del tracciato di progetto all'interno dell'area di interesse archeologico, con percorrenza di un percorso storico. I progetti ricadenti nelle aree individuate quali Aree a rischio archeologico comportanti movimento terra e scavi, sono trasmessi alla Soprintendenza Archeologica per l'espressione del parere di competenza, come riportato dalle Norme Tecniche di Attuazione del PGT, PARTE I Norme generali, TITOLO I Disposizioni preliminari, all'Art. 6bis. A partire approssimativamente da dopo la fermata "Salgari" il tracciato si inserisce nella zona di interesse archeologico, fino circa all'attraversamento del fiume Mella, percorrendo fino alla fermata "Repubblica" e da dopo la fermata "Pusterla" alla fermata "San Faustino pari" un percorso storico. Per quanto riguarda la sezione del nucleo storico principale il tracciato affianca un sito puntuale di interesse archeologico (n. 5 – La Rotonda) e, nei pressi del parco del Castello, si inserisce nell'area a destinazione urbanistica a futuro ampliamento del Parco Archeologico D. Lgs. 42 del 2004, art. 101. Viene in seguito riportato uno stralcio della tavola.

Di seguito si riporta la rappresentazione delle interferenze che il tracciato tranviario esercita in corrispondenza degli Ambiti tutelati ai sensi art. 10, comm. 4, lettera G



Figura 11. Tavola V-PR07.1A “Valenze architettoniche – Urbanistiche (Percorsi storici, nucleo antico principale)”, Piano delle Regole, PGT

Con focus al nucleo storico principale, di notevole importanza risulta essere il passaggio del tracciato tranviario nella zona buffer del complesso monastico di San Salvatore e Santa Giulia, inseriti all'interno del sito UNESCO denominato “I Longobardi in Italia. I luoghi del potere (568 – 774 d.C)”, iscritto alla Lista del Patrimonio Mondiale in data 19-29 giugno 2011. L'area comprensiva del Parco del Castello, attraversata dal tracciato in progetto, viene definita come area a destinazione urbanistica a futuro ampliamento del Parco Archeologico D. Lgs. 42 del 2004, art. 101.

Per quanto riguarda i beni culturali e la loro tutela, risulta opportuno specificare che il tratto che il tram in progetto percorre all'interno del nucleo storico principale (Via Mazzini e Salita della Memoria prima dell'ingresso della galleria) è caratterizzato dalla presenza di beni architettonici ed archeologici di interesse culturale dichiarato. Si tratta di proprietà pubbliche e private che il tram affianca nel suo percorso.

Si riporta in seguito una tabella rappresentativa degli edifici privati affiancanti il percorso del tracciato in oggetto.



Id	Tipologia	Vincolo	Ubicazione	Denominazione	Decreto
12	Edificio privato	Vincolo diretto	Corso G. Zanardelli, 23	Edificio	DM 31/08/1937
35	Edificio privato	Vincolo diretto	Via San Martino della Battaglia, 15-15/a	Edifici civ. 13 diretto, 15 indiretto	DM 23/02/1957
204	Edificio privato	Vincolo diretto	Via San Martino della Battaglia	Ristorante la Sosta	DM 06/06/1942
301	Edificio privato	Vincolo diretto	Via Moretto, 64	Palazzo	DM 15/10/1954
307	Edificio privato	Piano del Governo Provinciale	Via Mazzini, 6	Edificio	
415	Edificio privato	Piano del Governo Provinciale	Corso Magenta, 2	Edificio	

Si riporta inoltre di seguito uno stralcio della tavola in oggetto e una tabella con l'elenco e le caratteristiche degli edifici pubblici che il tracciato di linea affianca o attraversa nella sezione di centro storico.

id	Tipologia	Vincolo	Ubicazione	Denominazione	Decreto
110	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Via del Castello 9	Castello	DM 22/03/1912
126	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Piazza Duomo, Via Cardinal Querini, Piazza Martiri Belfiore	Palazzo Broletto	DM 08/08/1913
127	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Via Mazzini, 2	Canonica della Cattedrale	DM 09/02/2011
128	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Via Mazzini, 1-3	Biblioteca Queriniana	DM 22/03/1912
129	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Angolo fra Via Mazzini e Via Carlo Cattaneo	Vescovado	DM 2/04/1912
131	Edificio pubblico	Ex art 4	Via Antiche Mura, 3	Servizi sociali comune Brescia	



id	Tipologia	Vincolo	Ubicazione	Denominazione	Decreto
136	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Via San Martino delle Battaglie, 18-20	Palazzo Martinengo delle Palle	DM 06/06/42
137	Edificio pubblico	Ex art 4	Via San Martino delle Battaglie, 13	Palazzo Maiorana	
177	Edificio pubblico	Vincolo diretto	Via Musei, 41	Monastero Buono Pastore o Oratorio della Carità	DM 25/02/1993

La tavola **V-PR08.1B Vincoli di Tutela e Salvaguardia – Centro Storico – Proprietà pubbliche**, individua i beni potenzialmente interferiti e assoggettati a vincolo di tutela diretta ai sensi dell'art. 10 del D. Lgs 42/2004 (Duomo Nuovo e Palazzo del Broletto); il codice dei Beni Culturali li classifica con il Vincolo Monumentale e si tratta di cose immobili che:

- presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico particolarmente importante (art. 10, comma 3, lettera a);
- rivestono un interesse particolarmente importante a causa del loro riferimento alla storia politica, militare, della letteratura, dell'arte, della scienza, della tecnica, dell'industria e della cultura in genere, ovvero quali testimonianze dell'identità e della storia delle istituzioni pubbliche, collettive o religiose (art. 10, comma 3, lettera d);
- le ville, i parchi e i giardini che abbiano interesse artistico e storico (art. 10, comma 4, lettera f);
- le architetture rurali aventi interesse storico od etnoantropologico quali testimonianze dell'economia rurale tradizionale (art.10, comma 4, lettera l).

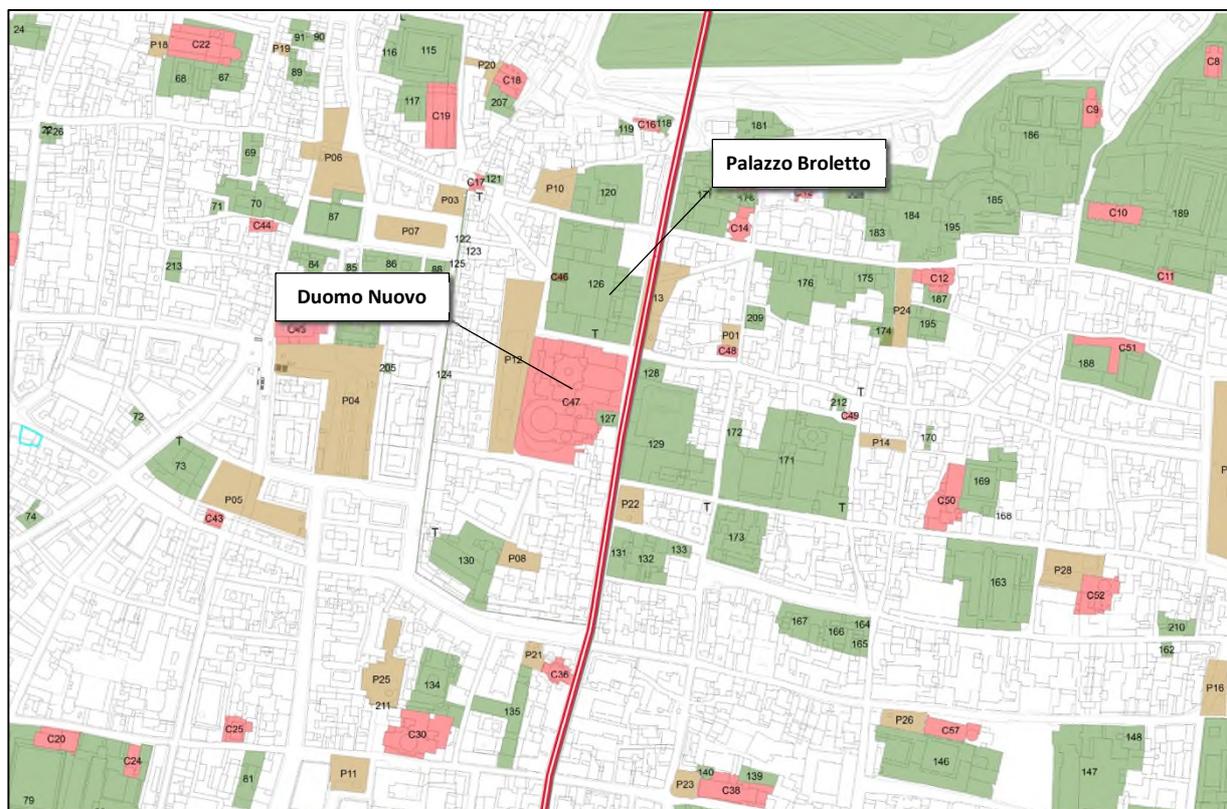


Figura 12. Estratto tavola V-PR08.1B Vincoli di Tutela e Salvaguardia – Centro Storico – Proprietà pubbliche, Piano delle Regole, PGT

In relazione all'analisi dei Siti Rete Natura 2000, non si evincono sovrapposizioni o interferenze tra questi e il tracciato della tranvia. In particolare, il sito Rete Natura 2000 più prossimo all'intervento è rappresentato dalla ZSC IT2070018 – Altopiano di Cariadeghe, che si trova a circa 10,00 km, non comportando pertanto la necessità di predisporre una Valutazione di Incidenza ambientale.

Dalla Carta di Governo del Bosco, tratta dal Geoportale della Regione Lombardia, come anche dall'individuazione degli Alberi Monumentali, non si rilevano interferenze né con sezioni boscate, né con esemplari arborei monumentali.

I vincoli amministrativi che interessano le aree di passaggio del progetto in questione riguardano fasce di rispetto TAV e di linee ferroviarie (30 m) e la fascia di rispetto della Metrobus (6 m).

Al fine di rispondere ai vincoli sopra citati, il progetto si attua mediante le seguenti scelte di carattere tipologico:

Lotto sud

Via Orzinuovi – Via Salgari

La sede tramviaria si colloca in posizione baricentrica rispetto all'asse stradale, continuando così per tutta via Orzinuovi e via Salgari; la sede tramviaria prevista è inerbita su basamento verde naturale, con miglioramento della capacità di drenaggio delle acque meteoriche e notevole mitigazione



dell'effetto "isola di calore; a quanto sopra si accompagna la realizzazione di un nuovo filare alberato sul lato nord dell'asse stradale e l'integrazione, sul versante sud, del filare di alberi esistente al fine di dare continuità alla sistemazione urbana a verde.

Il paesaggio attraversato in questo tratto di città ha una classe di sensibilità paesaggistica relativamente bassa (classe 1 a nord e classe 2 a sud).

Via Corsica

Superata la via Salgari il tracciato tranviario si dirige in direzione nord verso il centro, percorrendo da cima a fondo la via Corsica per giungere, sottopassando la linea ferroviaria, al margine sud-ovest di Piazza Repubblica.

Il paesaggio attraversato in questo tratto di città ha una classe di sensibilità paesaggistica variabile da bassa a media (tratto a sud di via Cefalonia - classe 2 a ovest e classe 3 a est; tratto tra via Cefalonia e via Sardegna – classe 3 a ovest e classe 2 a est; tratto a nord di via Sardegna – classe 3 su entrambi i lati).

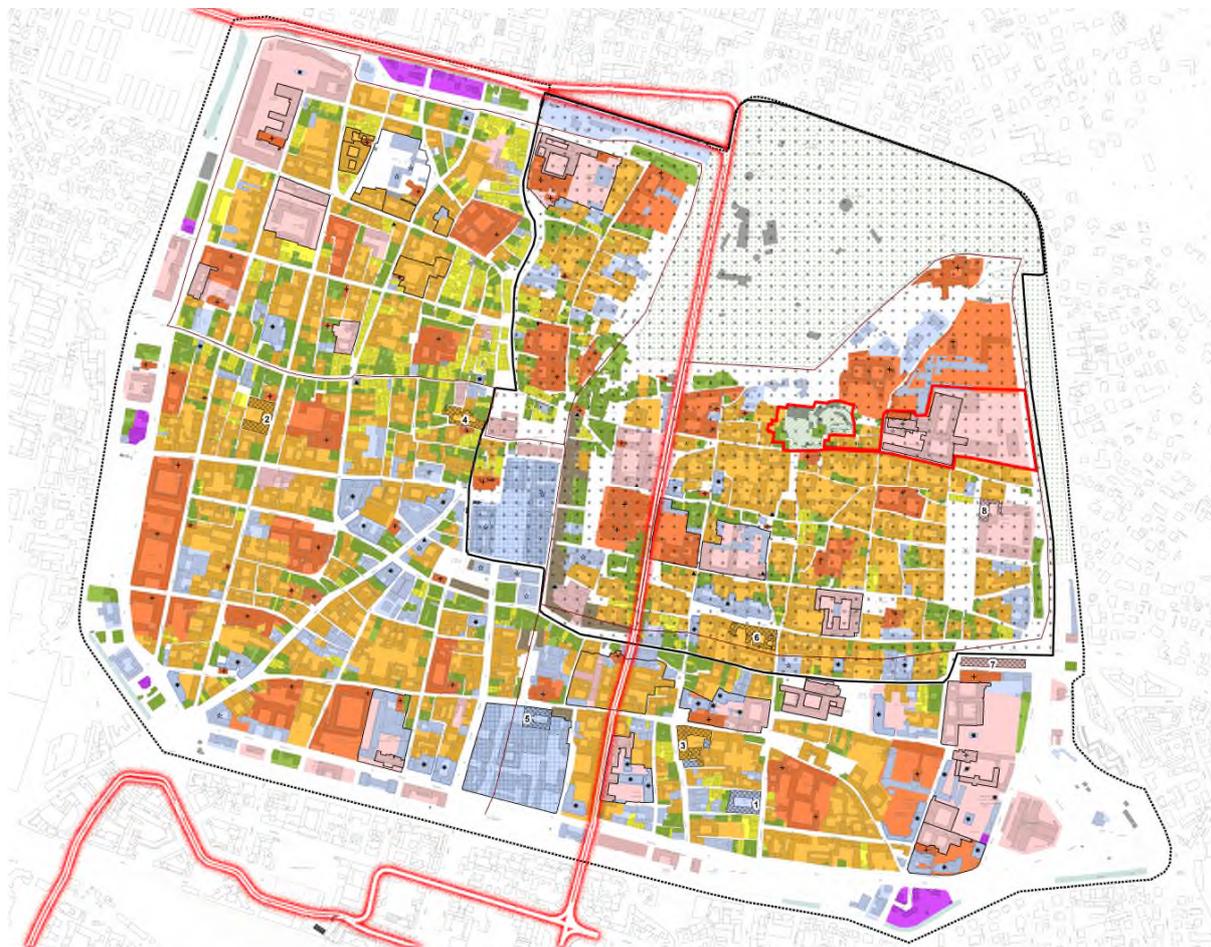
Al fine del rispetto dei livelli di tutela prescritti si evidenzia che in tale tratto la tramvia viene esercitata senza presenza di linea aerea di contatto; la tipologia di armamento in tale zona prevista è di tipo L3 con il massimo abbattimento delle vibrazioni indotte dal sistema tramviario.

Lotto Centro Storico

Piazza della Repubblica e viale della Stazione

La pavimentazione pedonale di piazza della Stazione, è oggi caratterizzata da un insieme di elementi di pregio risalenti a diverse epoche (quelle maggiormente risalenti sono le pavimentazioni in basole/lastre di granito e quelle in cubetti oggi presenti sul fronte nord del fabbricato principale di stazione; quelle più nuove sono, invece, costituite da lastre di diorite, poste in opera al tempo della realizzazione della fermata della linea metropolitana); il progetto prevede, pertanto, il recupero, l'armonizzazione e l'estensione delle pavimentazioni di pregio esistenti fino a comprendere l'intero comparto pedonale della nuova piazza, fino a via Solferino.

Il Centro Storico



Tipologie edilizie non residenziali

- Edifici speciali civili (2.4.1)
- Chiese (2.4.2)
- Edifici speciali religiosi (2.4.3)

Sito Unesco

- Core zone
- Buffer zone

Città storica

- Nucleo storico principale

Tipologie edilizie residenziali

- Palazzi e case a corte (2.4.4)
- Case a torre e resti di case a torre (2.4.5)
- Edifici con portico pubblico (2.4.6)
- Palazzetti (2.4.7)
- Edilizia di base con preminenza di caratteri a schiera o in linea (2.4.8)
- Complessi unitari derivanti da grandi trasformazioni urbanistiche (2.4.9)

Tipologie edilizie moderne

- Villini (2.4.10)
- Edifici moderni con caratteri equivalenti all'edificato tradizionale (2.4.11)
- Edifici moderni di valore (2.4.12)
- Edifici moderni con caratteri difformi dall'edificato tradizionale (2.4.13)

Elementi significativi

- Colle cidneo e castello
- Area archeologica
- Quadre

Il Centro Storico di Brescia rappresenta il cuore pulsante della città. La tranvia lo attraversa nella direzione longitudinale nord-sud, percorrendo le vie San Martino della Battaglia e G. Mazzini fino a lasciarsi alle spalle il nucleo antico dopo aver attraversato la Galleria Tito Speri.

L'attenzione al passaggio dell'infrastruttura su questo contesto ha tenuto conto delle peculiarità che vi si incontrano lungo via della Battaglia e via Mazzini, prevedendo l'utilizzo di pavimentazione di pregio in linea con gli interventi già realizzati attorno a via Mazzini ed in corso Magenta, e prevedendo un esercizio catenary-free (senza linea aerea di contatto). Viene, inoltre, prevista la dissimulazione delle fermate tranviarie con la soppressione delle pensiline ed un particolare focus sull'accessibilità al fine di rendere il meno invasivo possibile l'impatto della nuova linea tranviaria.



In questo tratto di città sono presenti numerosi edifici storici sensibili pertanto, come avviene ormai in tutte le realizzazioni di trasporto pubblico di massa su rotaia, le vibrazioni propagate attraverso l'aria, il suolo e le strutture devono essere mitigate per ridurre il disturbo arrecato agli edifici limitrofi; in queste zone, con sezioni particolarmente sensibili lungo la linea tranviaria, verrà utilizzato un armamento tramviario ad elevate prestazioni antivibranti (Livello L3) con rotaie fissate su piastra antivibrante e finitura di superficie lapidea. La prestazione antivibrante è garantita dalla presenza di un particolare materassino in elastomero ad alta efficienza sotto ed ai lati della suddetta platea.

Lo strato finale di rivestimento è stato scelto in funzione delle esigenze architettoniche del contesto, in modo da restituire un'immagine univoca e riconoscibile a questa arteria che allo stato odierno, con la discontinuità del sedime carrabile e dei marciapiedi frammentati da asfalto e porzioni di finiture in pietra, si presenta come un tessuto non continuo; la nuova finitura in porfido dell'asse viario e soprattutto dei marciapiedi ripropone e unifica il disegno già presente in tratti sparsi lungo l'asse, mantenendo il disegno delle aree già oggi caratterizzate dalle geometrie dei lastroni in granito (come l'intersezione tra Corso Zanardelli e Corso Magenta) sottolineando gli attraversamenti pedonali con un'attenzione all'accessibilità.

Da evidenziare nuovamente l'assenza di linea aerea di contatto a partire dalle banchine di fermata "Palazzo di Giustizia – Nord e Sud" fino alla fermata San Faustino, e, pertanto, la mancata previsioni di interventi sulle facciate di edifici vincolati e non per tutta la suddetta tratta.

Lotto Nord

Via Volturno

Superata la fermata di Canton d'Albera il tracciato tramviario si inserisce nel primo tratto di via Volturno, alle spalle della caserma Ottaviani; vengono mantenuti i filari alberati esistenti, così come le finiture.

L'Oltremella

A partire dallo svincolo in direzione sud della tangenziale sul ponte di via Volturno, il tracciato tramviario, giunto all'incrocio fra via C. Colombo e via Caduti del Lavoro, penetra nei popolosi quartieri dell'Oltremella, attraversandoli in direzione nord-est fino a giungere al capolinea nord "Pendolina".

In tale lotto, il progetto tramviario comprende la linea aerea di contatto (compatibile con l'assetto urbanistico rado di tale porzione di città) e si articola mediante l'inserimento in sede riservata (vie Volturno, Colombo, del Risorgimento, Tiboni, Interna e Collebeato) o promiscua (vie Caduti del Lavoro, Chiusure e via della Chiesa), con sistemi di armamento congruenti con la distanza tra i binari ed i ricettori.



5. ESERCIZIO TRAMVIARIO

5.1 Premessa

Scopo del documento è quantificare, in base al calcolo dei tempi di percorrenza nelle varie tratte, i requisiti di velocità commerciale e di consistenza del parco del materiale rotabile. Nell'ambito dei seguenti capitoli sono quindi analizzati i seguenti aspetti:

- calcolo dei tempi netti di percorrenza della linea;
- analisi e quantificazione dei parametri di esercizio e verifica della velocità commerciale;
- dimensionamento della flotta.

5.2 Modello di esercizio e offerta di trasporto

L'offerta di servizio risulta invariata rispetto a quella prevista nel PFTE della linea. Il modello di esercizio, sviluppato con riferimento ad un anno "tipo" e previsto in funzione della domanda stimata, si basa, per quanto riguarda le diverse tipologie di giornata su quanto già attualmente programmato negli altri sistemi di mobilità urbana a Brescia:

- Feriale;
- Sabato;
- Feriale non Scolastico;
- Sabato non Scolastico;
- Festivo.

Intervallo di passaggio [minuti]	FERIALE	SABATO	FERIALE NON	SABATO NON	FESTIVO
	-	-	SCOLASTICO	SCOLASTICO	-
05:00-07:00	12	12	12	12	12
07:00-09:00	6	8	6	8	12
09:00-11:30	8	8	8	8	12
11:30-14:30	6	8	6	8	12
14:30-17:30	8	8	8	8	10
17:30-20:00	8	8	8	8	10
20:00-21:00	8	8	8	8	10
21:00-22:30	12	12	12	12	12
22:30-00:00	12	12	12	12	12
00:00-01:00	-	12	-	12	-
Corse a orario per direzione	144	136	144	136	103
Corse carico/scarico linea	10	4	10	4	2
Totale corse/giorno	298	276	298	276	208
Totale km prodotti/giorno	3'353.2	3'105.7	3'353.2	3'105.7	2'340.5
Giorni equivalenti	177	34	75	15	64
km in linea annui	593'518	105'592	251'491	46'585	149'792



Figura 13. Dati di servizio

5.3 Criteri per la valutazione delle prestazioni

I parametri di esercizio sono stati configurati tenendo conto che:

- La marcia dei veicoli è “a vista”, assistita da impianto di segnalamento, nel rispetto del Codice della Strada: il guidatore procede ad una velocità tale da consentire l’arresto della vettura in uno spazio non superiore alla visuale libera;
- Agli incroci con la viabilità cittadina è previsto un sistema di “priorità semaforica” che consente ai veicoli della Tramvia di transitare agli incroci stessi con priorità rispetto agli altri veicoli stradali, limitando quindi i possibili rallentamenti dovuti al traffico cittadino.
- Il raggiungimento delle prestazioni della Linea dipende quindi, oltre che dalle sue caratteristiche intrinseche (tracciato, accelerazioni, decelerazioni, velocità massima, ecc.), anche dal modo con cui è organizzata la circolazione veicolare, pedonale e la disciplina delle occupazioni dei suoli (soprattutto quelli adiacenti alla linea), in tutta l’area di influenza del tracciato.

5.4 Percorrenza in marcia tesa

La marcia tesa è il diagramma spazio-velocità che mostra l’andamento della percorrenza del veicolo considerato, dati i vincoli plano-altimetrici e di esercizio, i limiti di velocità che ne conseguono e le caratteristiche meccaniche del mezzo. Non corrisponde al tempo effettivo del servizio offerto agli utenti, ma al minimo tempo teorico di percorrenza del tracciato in assenza di servizio passeggeri (quindi con arresto alle fermate ma senza sosta alle stesse) e di interferenze esterne.

Ai fini del calcolo della velocità reale v_r , punto per punto vengono innanzitutto calcolate le velocità ipotizzando i tre possibili modi in cui può trovarsi il rotabile:

1. in movimento a velocità costante v_c pari alla massima consentita nel tratto;
2. in fase di accelerazione $a_r(v)$, velocità puntuale pari a v_a
3. rotabile in fase di frenatura f_r , velocità puntuale pari a v_f
4. rotabile fermo, in stop, con $v_r = 0$

Tra le tre velocità v_c , v_a e v_f si individua la minore come velocità reale v_r e quindi anche il modo in cui si trova il rotabile in quel punto, di velocità costante, in accelerazione o in frenatura, e quindi il tempo necessario a percorrere lo spazio tra due punti successivi.

Il tempo netto di percorrenza della linea in marcia tesa è pari a 1'456 s (0:24:16) in direzione Sud-Nord (binario pari) e 1'523 s (0:25:23) in direzione Nord-Sud (binario dispari).



5.5 Ulteriori contributi di esercizio

5.5.1 Tempi di sosta alle fermate

Sono stati ipotizzati tempi di sosta differenti nelle diverse fermate, in funzione del numero di saliti/discesi stimati pari a:

- **20 s** sosta standard per la maggior parte delle fermate;
- **30 s** sosta lunga nelle fermate di CHIESANUOVA e STAZIONE, dovuta ai flussi maggiori nell'ora di punta dati rispettivamente dal plesso scolastico e dallo scambio con altri sistemi di trasporto presenti.

5.5.2 Tempi di attesa per mancata priorità semaforica

Tale tempo è stato assunto pari a **20 s ad intersezione sul 25% delle intersezioni** per un totale di 240 s a verso di marcia, mediamente 5 s ad intersezione.

5.5.3 Margine di recupero in linea

Si considera un tempo aggiuntivo per garantire la regolarità del servizio e recuperare eventuali ritardi corrispondente a **5 s per km** di linea percorso per un totale di **56 s** a verso di marcia.

5.5.4 Tempo di inversione ai terminali

Per entrambi i terminali, il tempo minimo di sosta deve prevedere la discesa dei passeggeri, l'inversione della cabina, la salita passeggeri (**150 s**), al quale si aggiunge una riserva aggiuntiva di perditempo minimo pari a **30 s** dovuto al passaggio sullo scambio in deviateda immediatamente prima l'attestazione al Capolinea.

5.5.5 Incremento dei tempi ai capolinea

È necessario inoltre aumentare i tempi di sosta al capolinea, per poter garantire un necessario polmone di secondi atto ad assicurare la possibilità per il tram di ripartire in orario, anche se arrivato in lieve ritardo al capolinea. L'esperienza di gestione su linee in esercizio conferma che gli incrementi di tempo al capolinea non possono essere inferiori a **180 s** per linea (somma dei due capolinea), pena un eccessivo propagarsi dei ritardi e conseguenti irregolarità di servizio.

5.6 Calcolo del tempo di giro

Il tempo di giro è stato calcolato come la somma dei contributi presentati ai paragrafi precedenti:

- Tempo di marcia tesa;
- Tempi di sosta alle fermate;
- Perditempo agli incroci semaforizzati;
- Tempi di inversione ai terminali;
- Allungamento di regolarità in linea ed ai capolinea.

Per il **tempo di giro** totale, che include i tempi di sosta ed inversione ai capolinea si ha:

	BINARIO		GIRO
	PARI	DISPARI	TOTALE
$L_{TOT} =$	11'261	11'170	22'431 m
$t_{TOT,id} =$	2'036	2'103	4'139 s
$t_{TOT,eff} =$	2'422	2'489	4'912 s
$V_{comm,id} =$	19.9	19.1	19.5 km/h
$V_{comm,eff} =$	16.7	16.2	16.4 km/h

Tabella 2. Binario dispari - Calcolo del tempo di giro e della velocità commerciale

Il tempo di percorrenza capolinea-capolinea da considerare per il calcolo della velocità commerciale è dato dalla somma del tempo di percorrenza in marcia tesa e del tempo di fermata, in un esercizio senza perditempo di regolarità (tempi di attesa per mancata priorità semaforica, margine di recupero in linea e incremento dei tempi ai capolinea):

$$2'036 \text{ s} + 2'103 \text{ s} = 4'139 \text{ s} = 1:08:59$$

$$V_{comm,id} = \mathbf{19.5 \text{ km/h}}$$

Tuttavia la velocità commerciale effettiva di servizio al pubblico risente dei perditempo di regolarità e dei margini di recupero:

$$2'422 \text{ s} + 2'489 \text{ s} = 4'912 \text{ s} = 1:21:52$$

$$V_{comm,eff} = \mathbf{16.4 \text{ km/h}}$$

5.7 Capacità di trasporto e dimensionamento parco rotabili

La stima della flotta necessaria per poter operare il servizio è basata sul tempo di giro e sul cadenzamento minimo previsto dal servizio (6 minuti). Sulla base dei risultati ottenuti, sono stati stimati necessari per effettuare il servizio a 6 minuti nell'ora di punta 14 treni in linea. A questi, vanno aggiunti 2 veicoli in riserva calda e, mediamente, 2 veicoli indisponibili causa manutenzione. Pertanto, è stata stimata una flotta totale pari a 18 treni.

Tale stima è stata effettuata con riferimento allo studio di trasporto svolto per la redazione del PFTE, dal quale è emerso che la sezione critica presenta una domanda pari a 2055 ovvero circa 2000 pax/ora per senso di marcia. Essendo la capacità massima del sistema, considerando i 6 minuti di cadenzamento, pari a 2200 il coefficiente di saturazione è del 91%.

6. MANUTENZIONE

6.1 Piano di manutenzione

Il Piano di Manutenzione dovrà illustrare le attività di manutenzione e la loro pianificazione temporale necessarie al fine di mantenere nel tempo le funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico di tutti i sottosistemi della linea tranviaria.



Le attività di manutenzione dovranno essere svolte utilizzando le metodologie più confacenti con una gestione che coniughi economicità di manutenzione e durabilità del bene.

Il Piano di Manutenzione dovrà definire una serie strutturata di impegni da cui possono essere desunte le attività, le risorse e il tempo necessario per eseguire le manutenzioni.

L'insieme delle modalità di manutenzione, ispezione e controllo di componenti sarà raccolto nel Manuale di Manutenzione

6.1.1 Manuale di manutenzione

Il Manuale di Manutenzione è una raccolta organica e sistematica di documenti attinenti all'insieme delle modalità di manutenzione, ispezione e controllo di componenti, elementi tecnici e "unità funzionali" del bene e si articola nelle seguenti parti:

- classificazione e descrizione degli oggetti del sistema da mantenere;
- consistenza degli oggetti e loro ubicazione;
- attività di manutenzione;
- politiche di manutenzione;
- individuazione dei guasti, cause, effetti e relativi interventi;
- interventi manutentivi e ispettivi.

6.1.2 Attività di manutenzione

L'obiettivo delle attività di manutenzione è la riduzione delle cause di guasto e, conseguentemente, la riduzione delle stesse necessità manutentive.

In coerenza con tale obiettivo gli interventi manutentivi sono raggruppati nelle seguenti due tipologie:

- manutentivi, mirati all'eliminazione dell'avaria;
- ispettivi, mirati a verificare la conformità mediante misurazione, osservazione, prova o rilevazione
- dimensionale delle caratteristiche dell'oggetto manutentivo. Ogni intervento:
- è eseguito secondo una precisa politica di manutenzione;
- è eseguito per fronteggiare un modo di guasto;
- ha un codice di priorità;
- ha un costo (uomini, mezzi, materiali, durata, tempo di lavoro).

Nell'ambito del servizio di assistenza e manutenzione, dovranno essere documentati in modo opportuno e registrati a cura del manutentore gli interventi di manutenzione effettuati (interventi di manutenzione svolti, calendario delle operazioni di manutenzione preventiva programmata, segnalazione di eventuali anomalie riscontrate).

A questo fine si suppone che il gestore della manutenzione predisponga opportuna modulistica, basata essenzialmente sull'uso di moduli, schede e rapporti.

6.1.3 Politiche di manutenzione



La Politica di Manutenzione è il modo di governare la manutenzione degli oggetti del sistema al fine di raggiungere nel modo migliore gli obiettivi.

Per le politiche di manutenzione viene adottata la seguente classificazione:

- Manutenzione ordinaria
- Manutenzione correttiva
- Manutenzione preventiva
- Manutenzione migliorativa
- Manutenzione ispettiva
- Manutenzione ciclica
- Manutenzione predittiva
- Manutenzione su condizione

6.1.3.1 *Manutenzione ordinaria*

Tipologia d'intervento manutentivo durante il ciclo di vita, atto a:

- mantenere l'integrità del bene;
- mantenere o ripristinare l'efficienza del bene;
- mantenere la vita utile del bene;
- far fronte ad eventi accidentali.

Generalmente gli interventi sono richiesti a seguito di:

- rilevazione di guasti o avarie (manutenzione a guasto o correttive);
- attuazione di politiche di manutenzione (manutenzione preventiva, ciclica, predittiva secondo condizione);
- esigenza di ottimizzare la disponibilità del bene e migliorarne l'efficienza (interventi di miglioramento

o di piccola modifica che non comportano incremento del valore patrimoniale del bene).

6.1.3.2 *Manutenzione straordinaria*

Tipologia di interventi non ricorrenti e d'elevato costo, in confronto al valore di rimpiazzo del bene e ai costi di manutenzione ordinaria dello stesso.

Gli interventi inoltre:

- possono prolungare la vita utile e/o, in via subordinata, migliorare l'efficienza, l'affidabilità, la produttività, la manutenibilità e l'ispezionabilità;
- non modificano le caratteristiche originarie del bene (dimensionamento, valori costruttivi ecc.) e la struttura essenziale.



6.1.3.3 *Manutenzione correttiva*

Per manutenzione correttiva (a guasto) si intende quell'insieme di interventi che, in seguito alla rilevazione di un'anomalia del sistema, mirano ad eliminare l'eventuale guasto e a ripristinare il corretto e regolare funzionamento dello stesso.

6.1.3.4 *Manutenzione migliorativa*

Per manutenzione migliorativa si intende un intervento di revisione, finalizzato a migliorare il valore o la prestazione di un sistema o di una parte di esso. L'azione manutentiva non è subordinata a malfunzionamenti, ma deriva da esigenze di miglioramento espresse sia dall'utilizzatore sia dal manutentore.

6.1.3.5 *Manutenzione preventiva*

La manutenzione preventiva si basa sull'esecuzione di interventi sul sistema sia di tipo manutentivo che di tipo ispettivo per raccolta dati, prima che si verifichino guasti, sulla base di considerazioni sul ciclo di vita dei sistemi stessi.

La manutenzione preventiva può essere ulteriormente distinta in Manutenzione Ciclica e Manutenzione Ispettiva.

6.1.3.6 *Manutenzione ciclica*

Per manutenzione ciclica si intende una manutenzione di tipo preventivo basato su un insieme di interventi cadenzati nel tempo che, secondo un piano temporale prestabilito, mirano a: monitorare il degrado d'uso e l'invecchiamento dei sistemi; controllare e garantire il corretto funzionamento e la continuità di esercizio dei sistemi; limitare le rotture ed i guasti; assicurare che i sistemi forniscano in sicurezza le prestazioni richieste.

6.1.3.7 *Manutenzione ispettiva*

La manutenzione ispettiva è una manutenzione di tipo preventivo che si basa sull'esecuzione di ispezioni per la raccolta di dati sui sistemi da mantenere, al fine sia di verificare il superamento di condizioni predefinite sui parametri, che stati di funzionamento che inducono a stimare guasti. La manutenzione ispettiva si distingue ulteriormente in: Manutenzione su Condizione e Manutenzione Predittiva.

6.1.3.8 *Manutenzione su condizione*

La manutenzione su condizione consente la pianificazione di attività di manutenzione sulla base del valore delle misure di parametri provenienti direttamente dai sistemi rispetto a delle regole note.



6.1.3.9 *Manutenzione predittiva*

La manutenzione predittiva viene effettuata a seguito dell'individuazione di uno o più parametri che vengono misurati ed estrapolati utilizzando appropriati modelli matematici allo scopo di individuare il tempo residuo prima del guasto.

6.2 **Materiale rotabile**

Tenuto conto del grado di approfondimento richiesto per il presente sviluppo della progettazione occorre, in ogni caso, evitare che particolari scelte specifiche possano condizionare gli sviluppi della ulteriore fase progettuale per quanto riguarda il materiale rotabile.

Ai fini della definizione degli elementi di progetto legati alle caratteristiche del materiale rotabile si è dunque optato per la definizione sommaria delle seguenti caratteristiche:

- lunghezza veicolo indicativa: da 32 a 33.50 cm;
- capienza viaggiatori indicativamente: 220 pax;
- alimentazione: elettrica con presa da linea aerea di contatto e a batteria;
- parco per la sola linea T2: n. 18 veicoli.

Il veicolo sarà inoltre di tipo bidirezionale, a piano interamente ribassato, nel rispetto di quanto richiamato nella norma UNI 11174/2022, con una altezza da terra della cassa rispetto al piano del ferro intorno ai 350 mm.

La cassa sarà di tipo modulare e si considera articolata indicativamente su quattro carrelli. La tipologia dei carrelli dovrà essere definita a seguito della scelta del veicolo. I carrelli dovranno avere preferibilmente sospensioni secondarie di tipo pneumatico

Il sistema propulsivo sarà costituito da motori elettrici alimentati a mezzo inverter.

Un dato che potrebbe influenzare significativamente le dotazioni dell'officina sarà la posizione delle principali apparecchiature.

Attualmente i veicoli tramviari presentano la maggior parte delle attrezzature sull'imperiale; in proposito si considerano installate sull'imperiale del veicolo le principali componenti:

- Azionamenti di trazione;
- Pantografo;
- Cassa contattori.

Il sottocassa dei moduli di estremità potrà ospitare oltre ai carrelli portanti, le casse batteria o condensatori di potenza e la centralina dei freni a dischi.

I tipi di manutenzione che verranno eseguiti, come specificato nella relazione funzionale riguardante il deposito-officina Fiera, sono i seguenti:

- Manutenzione giornaliera
- Manutenzione preventiva
- Manutenzione correttiva



La manutenzione giornaliera include:

- Operazioni che contribuiscono ad assicurare un viaggio confortevole, anche dal punto di vista dell'immagine del trasporto pubblico, come il lavaggio degli esterni dei veicoli e la pulizia degli interni;
- Operazioni periodiche di manutenzione, come il riempimento delle sabbiere, il riempimento dei serbatoi del tergicristallo e del sistema di lubrificazione della flangia della ruota;
- Rifornimento di altri materiali di consumo.

La manutenzione preventiva include:

- Manutenzione ordinaria mirata a mantenere i componenti del sistema in condizioni operative corrette;
- Manutenzione programmata consistente in ispezioni, pulizie, registrazioni, lubrificazione, sostituzione di parti a intervalli prestabiliti. Il programma è una funzione del tempo e/o di altri parametri relativi all'uso (ore di funzionamento, km percorsi);
- Manutenzione straordinaria consistente in interventi necessari quando i componenti o parti di essi hanno raggiunto uno stadio in cui la probabilità di guasto non è più compatibile con gli obiettivi di disponibilità ed affidabilità del sistema.

La manutenzione correttiva comprende attività volte a correggere guasti o malfunzionamenti che influiscono sul funzionamento del sistema:

- Sostituzione o riparazione di componenti difettosi;
- Sostituzione o riparazione di componenti da far funzionare in determinate condizioni per il rispetto dei limiti consentiti;
- Sostituzione o riparazione di componenti usurati a seguito di uso normale;
- Riparazioni di danni causati da incidenti o vandalismo.

6.3 Infrastruttura

Tutte le attività di manutenzione devono essere realizzate seguendo delle specifiche procedure finalizzate a fornire tutte le informazioni necessarie per l'espletamento di un corretto e sicuro intervento manutentivo compresa l'indicazione delle attrezzature necessarie.

Tenendo conto della presente fase progettuale le informazioni riportate di seguito si riferiscono ad una tramvia tipologica e pertanto dovranno essere aggiornate e dettagliate nella successiva fase di sviluppo del progetto e di fornitura, in relazione ai dettagli tecnico/progettuali di carattere costruttivo che saranno definiti e consolidati.

L'approccio seguito è quello di assicurare l'efficienza e la disponibilità delle varie componenti del sistema secondo una politica manutentiva che preveda:

- una manutenzione predittiva caratterizzata dalla messa in campo di interventi prima che nel componente si manifesti il guasto o il degrado, suddivisa a sua volta in:
 - manutenzione eseguita ad intervalli predeterminati in accordo a criteri prescritti e volti a ridurre la probabilità di guasto o la degradazione del funzionamento di un componente;



- manutenzione effettuata a seguito della individuazione e della misurazione di uno o più parametri e dell'extrapolazione, secondo i modelli appropriati, del tempo residuo prima del guasto;
- manutenzione subordinata al raggiungimento di un valore limite predeterminato (tale valore strumentale o visivo può essere acquisito in maniera automatica o meno)
- una manutenzione correttiva effettuata a seguito della rilevazione di un'avaria e volta a riportare il sottosistema nello stato in cui esso possa eseguire una funzione richiesta.

A partire da queste linee di principio, per ogni singolo componente del sistema di impianti civili e tecnologici deve essere individuato un piano di attività (controlli, verifiche etc.) comprensivo delle indicazioni sulle periodicità delle stesse.

Gli impianti dei quali deve essere assicurata la manutenzione sono essenzialmente i seguenti:

- Edifici e opere d'arte
- Binari e scambi
- Sistema di rilevamento dei veicoli
- Impianti di telecomunicazione
- Linea aerea di contatto
- Segnalamento
- Stazioni e fermate
- Sistema di distribuzione e controllo dei titoli di viaggio
- Sistema di informazione per i passeggeri
- Sistemi di comunicazione pubblica
- Sistema televisivo a circuito chiuso
- Impianti in alta tensione
- Impianti in bassa tensione
- Illuminazione
- Impianti speciali
- Sistemi di sicurezza

7. CORRIDOIO DI INTERVENTO

7.1 Infrastruttura tranviaria

La linea T2 si sviluppa per circa 11+200 m dalla stazione capolinea Fiera, fino stazione capolinea Pendolina.

Nella definizione della presente fase progettuale si è tenuto in considerazione:

- il Progetto Preliminare della linea T2
- le prescrizioni derivate dall'approvazione del Progetto Preliminare (Documento di indirizzo al Progetto Definitivo del Comune di Brescia)
- la progettazione delle viabilità adiacenti alla tranvia
- le indicazioni e le conclusioni tratte nel corso della progettazione nell'ambito di riunioni e tavoli tecnici con il Comune di Brescia



- i vari dati e le valutazioni progettuali pervenuti dall'Amministrazione comunale (es. nuovi rilievi)

Sono previste n. 21 fermate a distanza variabile fra un minimo 266 m e un massimo di 820 m, la cui posizione è stata attentamente studiata sulla base del PFTE e delle indicazioni presenti sul Documento di Indirizzo alla Progettazione Definitiva, con l'obiettivo specifico di ottimizzare la possibilità di fruibilità da parte degli utenti.

Il tracciato per la maggior parte del percorso si trova sul sedime stradale esistente.

Rispetto al PFTE presenta delle variazioni planimetriche in parte dovute ad una ottimizzazione del tracciato a seguito della ricezione del nuovo rilievo, al rispetto della normativa vigente e alle richieste del Comune.

I tratti in cui il tracciato si discosta in maniera più evidente da quello di PFTE sono i seguenti:

- Spostamento del tracciato nella zona di attraversamento della Tangenziale Ovest esistente (pk 0+150 – 0+500 circa)
- Nella zona della Stazione Ferroviaria, sdoppiamento dei binari su tracciati differenti nelle due direzioni: il binario dispari su via Gerolamo Romanino e successivamente su via Solferino e con il binario pari su via Gambara e via Ferramola (pk 4+100 – 4+600 circa)
- Modifica delle curve di uscita dalla galleria Tito Speri (pk 5+900 – 6+000 circa)
- Da via Risorgimento, deviazione su via Tiboni e Via Interna per ricollegarsi su Via Collebeato, anziché percorrere interamente via Risorgimento e, alla rotatoria, svoltare su via Collebeato. (pk 10+375 – 10+900 circa)

Altimetricamente, il tracciato segue la piattaforma stradale esistente, presentando delle livellette più accentuate nelle zone del sottopasso di via Corsica fino a piazza della Repubblica (pk 3+300 – 3+700), del centro storico e del ponte su tangenziale esistente (pk 8+470 circa).

Il tracciato è stato studiato per accogliere le predisposizioni dei bivi con le future linee T3 e T4 in prossimità della pk 4+550 e con la linea T3 in prossimità della pk 8+850. In entrambi i punti sono stati previsti degli scambi.

Alla pk 0+100 la linea è collegata al deposito funzionale Fiera, di nuova realizzazione, mentre alla pk 11+025 è ubicata la connessione al rimessaggio Pendolina, su via Collebeato.

Il percorso della linea T2 intercetta i seguenti manufatti esistenti: il sottopasso di via Corsica, il parcheggio Stazione FS, la ciclostazione in piazzale della stazione, la stazione metro FS, il sottopasso di via Gambara, la Galleria Tito Speri, il parcheggio Fossa Bagni, il ponte su Tangenziale Ovest e il ponte sul Mella.

Il tracciato scelto è il risultato di un processo di approfondimento del PFTE teso a risolvere alcune problematiche ed ottimizzare l'inserimento dell'opera sul territorio.



La condivisione nel corso della progettazione con l'Amministrazione ha permesso di approfondire e migliorare lo sviluppo progettuale, che si è così via via evoluto dal concept iniziale del PFTE, fino allo stato di Progetto Definitivo.

7.1.1 Criteri progettuali del tracciato

Il tracciato tranviario è stato progettato nel rispetto delle norme attualmente in vigore sulle linee tranviarie:

- **UNI 8379:2000:** Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) - Termini e definizioni
- **UNI 7836:2018:** Metropolitane e tranvie – Andamento plano-altimetrico dei binari
- **UNI 7156:2020:** Tranvie e tranvie veloci. Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario. Altezza della linea aerea di contatto
- **UNI 11174:2014:** Materiale rotabile per tramvie e tramvie veloci

Per i dettagli sui parametri di comfort adottati e sulle specifiche tecniche di tracciamento si consulti l'elaborato BST2-PD-LG00-LIN-TRC-R001.

7.2 Inserimento urbanistico e viabilità

Il tracciato della nuova linea tranviaria di Brescia prende origine dal quadrante sud-ovest della città, in corrispondenza del Polo fieristico e del palazzo dello sport denominato "Palaleonessa", si sviluppa in doppio binario sull'asse delle vie Orzinuovi, Salgari e Corsica per giungere in Viale della Stazione, fino ad incontrare la stazione ferroviaria e la fermata metro FS su via Gambara. Da qui prosegue con un loop in singolo binario lungo via Gambara e via Ferramola (per il binario in direzione Pendolina) e lungo via Romanino e via Solferino (per il binario in direzione Fiera), per poi ricongiungersi in doppio binario lungo il tratto nord di via Ferramola (a nord di via Solferino) ed immettersi nel centro cittadino lungo le vie San Martino della Battaglia, G. Mazzini e la galleria Tito Speri; immediatamente a nord della galleria, i binari si sdoppiano e percorrono rispettivamente la via Pusterla (in direzione Pendolina) e la via Fossa Bagni in direzione Fiera. Presso la fermata San Faustino le due direttrici si ricongiungono e percorrono parallelamente la via L. Da Vinci, via Volturmo, via C. Colombo per deviare poi sul viale Caduti del Lavoro, e proseguire sulle vie Chiusure, della Chiesa, Risorgimento, via Collebeato, fino al capolinea nord Pendolina.

Il PFTE a base della presente progettazione prevedeva una ripartizione della sede tra propria, riservata e promiscua come da seguente tabella:

PERCENTUALE SUDDIVISIONE PERCORSO TOTALE				
tipologia	lunghezza parziale	lunghezza totale	percentuale	
SEDE PROPRIA	2301 m	16373 m	9,9%	70,3%
SEDE RISERVATA	14072 m		60,4%	
SEDE PROMISCUA	6928 m		29,7%	

La sezione stradale di progetto è stata definita in funzione della tipologia di tracciato di progetto del TRAM, ovvero se in sede propria, in sede riservata o in sede promiscua. Nell'elaborato BST2-PD-LG00-COM-GEN-T006-A1-A "Tipologie sede tramviaria" è stata riportata tutta la suddivisione del percorso con l'evidenziazione tratta per tratta del raggiungimento del requisito previsto dall' ADDENDUM del MIT, ovvero **"Sede dedicata > 70% della lunghezza totale eccezionalmente percorsa da veicoli autorizzati, delimitata da elementi atti a minimizzare il rischio di invasione"**. Di seguito si riporta la tabella di sintesi:

PERCENTUALE SUDDIVISIONE PERCORSO TOTALE				
TIPOLOGIA	LUNGHEZZA PARZIALE	LUNGHEZZA TOTALE	PERCENTUALE	
SEDE PROPRIA	5075	16475	22,56%	73,23%
SEDE PROMISCUA RISERVATA	11400		50,67%	
SEDE PROMISCUA LIBERA	6025		26,77%	

Da evidenziarsi come la ripartizione delle sedi di cui alla precedente tabella contempla un incremento della percentuale di sede propria/riservata dal 70,3% al 73,23%, con un incremento della sede propria dal 9,9% al 22,56%.

Lungo lo sviluppo del percorso la linea tranviaria mette in comunicazione i seguenti poli attrattori della città:

Il quartiere fieristico e Chiesanuova

La zona fieristica di Brescia si colloca nel quadrante sud-ovest della città, in posizione direttamente connessa con l'asse autostradale A4 Torino-Venezia (uscita Brescia Ovest) e le maggiori direttrici di traffico della provincia (Tangenziale Sud e Tangenziale Ovest) in un tessuto urbano poco costruito ma caratterizzato da grandi flussi di traffico e che, attraversata in direzione est la cesura fisica rappresentata dalla tangenziale ovest che corre ad una quota più bassa, passa ad essere, sul fronte dell'asse principale di penetrazione della città costituito dalla via Orzinuovi, un tessuto a prevalente destinazione terziaria ed, immediatamente dopo, si trasforma nel quartiere residenziale di Chiesanuova. Lungo l'asse della linea tramviaria sono prevalentemente dislocate attività commerciali di piccole medie dimensioni e magazzini di store, mentre immediatamente a nord insiste lo scalo ferroviario commerciale denominato "La Piccola".



Sull'asse di via Orzinuovi sono dislocate inoltre la sede Provinciale di Confartigianato e la sede Territoriale di Regione Lombardia, servite dalla fermata "Salgari"

Il Capolinea "Fiera-Palaeonessa" è collocato appunto in posizione baricentrica rispetto alle due strutture attrattive e facilmente collegato alla zona estremo ovest del quartiere denominata "la Noce" mediante un percorso pedonale in attraversamento alla tangenziale Sud che passa ad una quota inferiore.

La fermata "Chiesanuova", collocata all'inizio della via Orzinuovi, serve le aree commerciali presenti e, grazie anche all'apposito interscambio modale bus/tram, garantisce il collegamento con gli istituti scolastici posti a sud della strada.

La fermata Orzinuovi, collocata nei pressi della rotatoria di via Genova, serve invece in maniera più sostanziosa il quartiere.

All'estremo est della zona la via Orzinuovi si incrocia con via Salgari e via Dalmazia in un polo terziario e commerciale servito viabilisticamente da due grosse rotatorie appaiate che verranno trasformate per effetto dell'inserimento dell'infrastruttura tramviaria. Esse verranno sostituite da un'unica rotatoria con al margine la nuova fermata Salgari.

Zona Corsica e la Stazione Ferroviaria

Correndo verso il centro, l'infrastruttura si sviluppa lungo l'intera via Corsica attraversandone da sud a nord il quartiere densamente abitato posto immediatamente a sud della Stazione Ferroviaria ed oggetto di recenti interventi di riqualificazione. Superata la cesura rappresentata dalla linea ferroviaria, che divide il quartiere dal centro storico, mediante il sottopasso che porta a Piazza della Repubblica, il tram giunge alla Stazione Ferroviaria, quale polo di interscambio principale e che nel corso degli anni, grazie ad interventi di riqualificazione stradale, la realizzazione della stazione metropolitana, la presenza del parcheggio pubblico interrato, dei capolinea delle linee extraurbane, della bike Station, ha assunto sempre più la connotazione di vero e proprio hub della mobilità.

La Stazione di Brescia è tra le principali stazioni ferroviarie della Lombardia per numero di passeggeri, registrando annualmente un flusso medio di viaggiatori compreso tra i 18 e i 22 milioni (pari a 50/60.000 passeggeri al giorno), corrispondente al 10% del totale regionale.

La stazione è posta immediatamente a sud del Centro Storico ed è funzionale all'interscambio multiplo tra diversi sistemi di trasporto che qui si connettono su diversi piani/livelli:

- la metropolitana leggera automatica della linea Prealpino – Sant'Eufemia che collega la zona nord di Brescia con la zona est;
- la linea ferroviaria Milano-Venezia;
- l'Alta Velocità tra la stazione di Milano Lambrate e la stazione di Brescia;
- le linee per Lecco, per Cremona, per Parma, oltre che la linea per Edolo di Ferrovie Nord rispetto alle quali la Stazione di Brescia è capo-tronco.

Centro Storico



Il Centro Storico di Brescia rappresenta il cuore pulsante della città. La tranvia attraversa a raso il Centro Storico nella direzione longitudinale nord-sud, percorrendo le vie San Martino della Battaglia e G. Mazzini fino a lasciarsi alle spalle il nucleo antico dopo aver attraversato la Galleria Tito Speri.

Da sud verso nord, la fermata “G. Zanardelli” si insinua nel salotto buono della città. Pedonalizzato a partire dal 2016, Corso Zanardelli è la via dei portici e dei negozi su cui si affaccia anche “Il Teatro Grande”, il principale teatro di Brescia, e che connette la parte est del centro storico con le principali piazze cittadine: Loggia, Vittoria, Duomo.

Proseguendo verso nord, la fermata “G. Mazzini” intercetta significativi attrattori, quali:

- gli uffici governativi del Broletto dove ha sede l'Amministrazione Provinciale, la Prefettura di Brescia e alcuni uffici del Comune di Brescia;
- la biblioteca Queriniana che sorge all'interno del complesso del Palazzo Vescovile di Brescia. Donata all'Amministrazione Comunale nel 1750, costituisce la più importante biblioteca nel Comune di Brescia;
- il Duomo Nuovo, chiesa madre della diocesi di Brescia e il Duomo Vecchio;
- la via dei Musei che, attraverso piazza del Foro, dà accesso alla più vasta area archeologica romana dell'intero Nord Italia “Patrimonio Mondiale dell'Umanità”, dal 2011, insieme al vicino complesso monumentale di San Salvatore e Santa Giulia.
- A poca distanza, le sedi dell'“Università degli Studi di Brescia” e dell'“Università Cattolica del Sacro Cuore”.

La zona dell'Oltre Mella

Superato il ponte sul fiume Mella e sulla Tangenziale Ovest, il percorso della tramvia verso il capolinea nord “Pendolina” incontra i quartieri di Torricella, Urago Mella e Pendolina, tutti a prevalente destinazione residenziale, soprattutto di tipologia popolare, sviluppatasi in modo considerevole a partire dagli anni '60 e caratterizzati da tipologie edilizie che vanno dalle batterie di schiere dei villaggi tipo Marcolini, agli interventi di edilizia massiva dei complessi condominiali pluripiano.

In totale le zone attraversate in maniera pressochè baricentrica dalla linea tranviaria, contano attualmente una popolazione residente nel raggio di 500 m dalle stazioni di circa 68.000 abitanti, con una previsione di incremento al 2032 pari a circa 73.000 abitanti.

7.2.1 Area Deposito Fiera e Parcheggio Scambiatore

Il primo tratto di linea compreso fra il capolinea “Fiera-Palaleonessa” e l'intersezione di via Orzinuovi con gli svincoli della Tangenziale Ovest insiste su sede propria, nella fascia di area compresa fra i muri di contenimento della Tangenziale, in lato est, e l'area (oggi di proprietà privata destinata alla cessione all'Amministrazione Comunale risultante da convenzione già formalizzata) su cui insisteranno il deposito ed il nuovo parcheggio scambiatore.

Le sistemazioni al contorno della linea in questo caso prevedono principalmente la definizione dei percorsi pedonali che consentano il collegamento con il futuro parcheggio scambiatore, con il



quartiere la Noce, collocato appena al di là della tangenziale e raggiungibile attraverso un sovrappasso della tangenziale esistente, con la Fiera “Brixia Forum” e con il Palazzo dello sport “Palaleonessa” posto a sud del Capolinea.

Il capolinea è previsto immediatamente a nord della rampa stradale che oggi connette il quartiere fieristico con il quartiere La Noce; il progetto prevede allo scopo la realizzazione di un unico parterre pedonale che comprende l’accesso alla banchina del capolinea tramviario, il capolinea degli autobus che interscambiano con il tram, nonché l’accesso da nord al Palaleonessa (predisposto in vista di un futuro accordo che garantisca il passaggio diretto dell’utenza attraverso il margine orientale dell’area fieristica e fino ai cancelli del palazzetto dello sport).

Il parterre pedonale è dotato di connessioni dirette sia con il quartiere La Noce (mediante rampe e scale che superano il salto di quota esistente) che con il parcheggio d’interscambio (mediante percorsi pedonali che si innestano sia dentro il parcheggio multipiano sia a sud di esso – a margine del quartiere fieristico – fino a via Caprera.

Nell’ambito di tale sistemazione sono anche stati studiati i percorsi ciclabili garantendo il collegamento diretto tra il quartiere La Noce e via Caprera (con accesso al quartiere fieristico).

Da evidenziarsi che, contrariamente alla previsione originaria del PFTE comprendente la realizzazione di un parcheggio in struttura a 2 piani interrati, il progetto definitivo prevede la realizzazione di un nuovo parcheggio multipiano (piano terra e piano primo) oltre a due parcheggi a raso, con un notevole minore impatto sulla movimentazione delle terre e, conseguente, minore impegno di superficie coperta.

7.2.2 Lotto Sud

7.2.2.1 Via Orzinuovi

Giunti allo svincolo della tangenziale, la linea interseca le rampe di immissione (direzione sud) e di uscita (da sud) della tangenziale, attraversando quest’ultima con un nuovo manufatto dedicato esclusivamente alla tramvia.

Una volta intersecata la semicarreggiata sud di via Orzinuovi, la sede tramviaria si colloca in posizione baricentrica rispetto all’asse stradale, continuando così per tutta via Orzinuovi e via Salgari.

La scelta del preciso posizionamento del ponte rispetto al diametro della rotatoria è stata determinata dopo attento studio, tenuto conto dei carichi di traffico presenti sui diversi rami della rotatoria, al fine di contenere gli impatti determinati dalla necessaria introduzione di regolazione semaforica per dare la precedenza alla nuova linea di superficie.

Lungo la via Orzinuovi il tracciato è stato impostato tenendo conto di almeno tre input principali specifici:

- La necessità di mantenimento, ovvero ricollocazione, delle due corsie stradali per senso di marcia;
- Collocare la linea tram in sede riservata;
- Salvaguardare il più possibile il filare alberato posto in lato sud della via, dove peraltro anche i fabbricati risultano ubicati più a ridosso della sede stradale rispetto al lato nord.



Nella ridefinizione delle sezioni stradali si è pertanto tenuto il più possibile fisso il limite sud rappresentato dal cordolo del marciapiede alberato esistente per ricollocare due corsie carraie, la linea tranviaria in sede riservata, l'ulteriore doppia corsia carraia, il marciapiede in lato nord.

La sistemazione superficiale tiene conto delle indicazioni ricevute dal Comune di Brescia in corso di progettazione, con il recepimento delle seguenti indicazioni:

- Analisi ed ottimizzazione delle svolte in sinistra alle intersezioni (ripristinando l'incrocio esistente di via Torino ed introducendo una nuova rotatoria all'incrocio con via della Noce);
- manovre di torna indietro e inversione di marcia (in ragione di divieti alle svolte in sinistra per le immissioni su via Orzinuovi);
- riorganizzazione spazi di sosta e accessi carrai lato nord (in conseguenza delle riconfigurazioni degli stessi dovute all'ampliamento della sede stradale).
- Spostamento della fermata Chiesanuova nell'aiuola centrale posta a margine degli svincoli della tangenziale, con integrazione delle funzionalità di interscambio modale con gli autobus (portando anche le fermate bus all'interno del parterre centrale) e rimodulando gli attraversamenti pedonali sulle carreggiate stradali.
- Spostamento della fermata Orzinuovi innestandola immediatamente ad est della rotatoria esistente;
- Spostamento della fermata Salgari in corrispondenza dell'intersezione a rotatoria di via Dalmazia, ristudiando l'interscambio modale bus/tram attestando le fermate bus in corrispondenza delle grandi aiuole di separazione tra i flussi carrabili nord/sud e l'asse di via Salgari/Orzinuovi.

Le fermate lungo la via saranno a banchina centrale, quindi inevitabilmente in tali punti è previsto uno "allargamento" delle sezioni di larghezza corrispondente alla banchina.

È inoltre previsto l'idoneo riposizionamento degli attraversamenti pedonali sia in prossimità della fermata che lungo le tratte intermedie, in modo da garantire la massima sicurezza agli utenti della strada, dotandoli di salvagente adeguati a garantire anche la differenziazione delle fasi semaforiche. Giungendo alle rotatorie contigue di intersezione fra le vie Orzinuovi-Dalmazia-Fura- Salgari, necessariamente semaforizzate per consentire la priorità al passaggio del tram in attraversamento del nodo verso via Salgari, la conformazione planimetrica e funzionale delle aree viene modificata in modo che siano favoriti gli svincoli in mano destra sui diversi rami al fine di sgravare il carico di accodamento agli incroci semaforizzati.

In assenza di spazi adeguati, nei limiti degli ingombri previsti da PFTE il progetto di riconfigurazione della strada esclude la realizzazione di un percorso ciclabile sulla via. Egualmente, sui due lati esterni della carreggiata vengono riproposti marciapiedi pedonali continui di sezione minima 150cm libera da ostacoli. A tal fine è stato studiato il posizionamento delle palificazioni di sostegno della linea aerea del tram in asse con le nuove alberature previste sul lato nord e sud della carreggiata.

La sezione stradale di progetto dovrà considerare il completamento del filare verde in lato sud, ove oggi inesistente.

Ad eccezione dei tratti in cui vi sono particolari vincoli all'esproprio, il progetto prevede, ancora, un ulteriore ampliamento della sede stradale sul fronte nord rispetto a quanto previsto dal PFTE, al fine



di introdurre un filare verde di mitigazione, caratterizzazione urbanistica, riqualificazione ambientale e ricucitura del fronte.

Analogamente, sul lato sud, è stata prevista l'integrazione ove possibile del filare di alberi esistente al fine di dare continuità alla sistemazione urbana a verde.

Come da indicazioni del comune di Brescia, infine, è stata prevista una sede tramviaria inerbita su basamento verde naturale, con capacità di drenaggio delle acque e mitigazione dell'effetto "isola di calore".

Dal punto di vista delle finiture, non si prevede l'utilizzo di materiali e/o di elementi tipologici diversi da quelli esistenti in loco, tenuto conto del carattere discontinuo fra edilizia residenziale e terziaria tipica delle prime periferie. La risistemazione interessa comunque l'intera sezione stradale dei tratti interessati, con il rifacimento integrale dei marciapiedi in asfalto colato con cigli in granito.

7.2.2.2 Via Salgari

Lungo via Salgari sono state mantenute le due corsie per senso di marcia esistenti in via Corsica a scapito delle aiuole oggi poste ai lati della sede stradale che sono state parzialmente trasformate in cordolo di separazione tra le ciclabili esistenti e la strada.

Sono stati mantenuti i percorsi ciclabili esistenti sui due lati della carreggiata collocando nelle aiuole ai lati le palificazioni della linea di trazione elettrica tramviaria.

Analogamente a quanto previsto per la via Orzinuovi, anche in via Salgari è stato previsto l'inerbimento della sede tramviaria.

Giunti all'intersezione tra via Salgari e via Corsica, infine, è stato ristudiato l'anello circolatorio in modo da garantire un corretto inserimento della curva del tracciato tramviario all'interno del centro della rotatoria.

Dal punto di vista delle finiture, non si prevede l'utilizzo di materiali e/o di elementi tipologici diversi da quelli esistenti in loco, tenuto conto del carattere discontinuo fra edilizia residenziale e terziaria tipica delle prime periferie. La risistemazione interessa comunque l'intera sezione stradale dei tratti interessati, con il recupero e l'omogenizzazione delle pavimentazioni pedonali, con il rifacimento integrale dei marciapiedi in asfalto colato con cigli in granito.

7.2.2.3 Via Corsica

Superata la via Salgari il tracciato tranviario si dirige in direzione nord verso il centro, percorrendo da cima a fondo la via Corsica per giungere, sottopassando la linea ferroviaria, al margine sud-ovest di Piazza Repubblica.

Via Corsica è stata oggetto negli ultimi anni di una sostanziosa riqualificazione, soprattutto nel tratto centrale e nord, con la riduzione della sosta a favore dell'ampliamento degli spazi pedonali con l'obiettivo di valorizzare la funzione di via di quartiere, con i suoi slarghi e le attività commerciali, rispetto alla funzione di via di attraversamento per l'avvicinamento al centro.



La linea tranviaria corre in sede propria fino all'incrocio con la via Cefalonia, lasciandosi alle spalle la fermata "Parco Pescheto", per poi proseguire in sede promiscua fino a P.zza Repubblica, inserendosi nelle recenti riqualificazioni senza alterarne di fatto la sostanza e cercando di contenere al massimo le superfici impattate. Appena a sud dell'incrocio con via Nisida e della sede territoriale dell'ATS Spedali Civili, è collocata la fermata "Corsica" a banchina centrale in modo da garantire continuità ai marciapiedi.

Nel tratto compreso tra le rotatorie con via Salgari e via Cefalonia, è previsto il rifacimento dell'intera sezione stradale, con l'obiettivo di portare a completamento gli interventi di riqualificazione già eseguiti nel tratto successivo.

Lungo l'intero asse di via Corsica è stata studiata una generale risistemazione delle pavimentazioni stradali considerando la realizzazione di corsie di marcia aventi larghezza > 4,30m, comprensive di bike lane in lato destro carreggiata, su entrambi le direzioni.

Giunti alla fermata Repubblica, collocata sul lato sud-ovest dell'omonima piazza, la linea occupa l'intera superficie stradale su cui fino ad oggi è consentito il transito in direzione sud di auto e mezzi pubblici.

Tale spazio sarà dedicato quindi all'esclusivo transito del tram e dei bus, mentre il traffico privato proveniente da via Corsica si immetterà direttamente in rotatoria.

Più oltre, in direzione della stazione ferroviaria la linea corre centralmente alla carreggiata di viale della Stazione, rendendo necessario il rifacimento dell'intera sezione stradale per la riorganizzazione delle funzioni su di essa previste.

Dal punto di vista delle finiture, il progetto definitivo prevede una generale riqualificazione dell'intera via Corsica mediante la differenziazione della sede tramviaria (nel tratto tra Salgari e Cefalonia) pavimentandola in pietra e la sostituzione delle pavimentazioni bituminose oggi presenti sui marciapiedi con nuove pavimentazioni lapidee in continuità con quanto già presente nel tratto a nord di Cefalonia.

Nel tratto di via Corsica tra via Cefalonia ed il sottopasso ferroviario, la sede stradale sarà complanare ai marciapiedi inserendo, quale soluzione di continuità, canalette grigliate longitudinali ed integrando dissuasori in acciaio inox a protezione dei percorsi pedonali.

Le nuove bike lane, da realizzarsi a raso con le corsie stradali, condivideranno la stessa finitura in conglomerato bituminoso; la demarcazione delle stesse verrà fatta con apposita segnaletica orizzontale e verticale.

Lungo tutta via Corsica verrà realizzata la palificata dedicata alla trazione elettrica (ad eccezione del tratto tra la fermata Corsica e Piazza della Repubblica per evidente impossibilità di garantire i franchi minimi necessari per l'attestazione della linea di contatto in corrispondenza del sottopasso ferroviario) che, in analogia con quanto già previsto lungo le vie Orzinuovi e Salgari, verrà posta ai lati della sede stradale, sui marciapiedi.

Dal sottopasso ferroviario il tracciato prosegue in sede promiscua con pavimentazione in conglomerato bituminoso; allo stesso modo i marciapiedi esistenti, opportunamente riprofilati in



funzione dell'inserimento dell'infrastruttura tramviaria, manterranno le finiture esistenti (in asfalto colato).

Giunti a Piazza della Repubblica, il progetto prevede una generale riqualificazione degli spazi pedonali posti nell'area d'intervento, con la sostituzione delle pavimentazioni bituminose dei marciapiedi con una nuova pavimentazione lapidea in continuità materica con la finitura prescelta per il tratto di sede tramviaria riservata posto tra via Corsica e viale della Stazione. All'interno di tale area verrà collocata anche la fermata tramviaria Repubblica, a banchina centrale.

7.2.3 Lotto Centro Storico

7.2.3.1 Piazza della Repubblica e viale della Stazione

Giunti a Piazza della Repubblica, il progetto prevede una generale riqualificazione degli spazi pedonali posti nell'area d'intervento, con la sostituzione delle pavimentazioni bituminose dei marciapiedi con una nuova pavimentazione lapidea in continuità materica con la finitura prescelta per il tratto di sede tramviaria riservata posto tra via Corsica e viale della Stazione. All'interno di tale area verrà collocata anche la fermata tramviaria Repubblica, a banchina centrale.

Su viale della Stazione la sede tramviaria viene posta al centro strada, in promiscuo con gli altri mezzi del TPL.

In corrispondenza dell'innesto di viale della Stazione su piazza della Repubblica sono state individuate le fermate bus per garantire l'interscambio modale tra gommato e tram (limitatamente ai mezzi che non confluiscono in piazza della Stazione).

L'intersezione con via Solferino è stata studiata al fine di garantire i flussi di attraversamento della sede tramviaria e diretti verso via Togni (e viceversa).

Il progetto prevede la riorganizzazione della sede stradale mediante la riprofilatura dei marciapiedi lato ovest e l'implementazione di un nuovo percorso ciclabile bidirezionale protetto per completare l'anello ciclabile attorno a piazza della Repubblica e, così, connettere i flussi ciclabili provenienti dal quadrante sud-ovest (via Corsica) e nord-ovest con il nodo di piazza della Stazione.

Dal punto di vista delle finiture, non si prevede l'utilizzo di materiali e/o di elementi tipologici diversi da quelli esistenti in loco, tenuto conto del carattere discontinuo fra edilizia residenziale e terziaria tipica delle prime periferie. La risistemazione interessa comunque l'intera sezione stradale dei tratti interessati.

Il progetto prevede, infine, la ripresa del sistema di trazione elettrica con palificazioni poste ai lati della sede tramviaria/stradale con tesate concepite al fine di minimizzare l'impatto visivo della linea di contatto.

7.2.3.2 Area Stazione FS

Su preciso input dell'Amministrazione di collocare il punto di intercambio della nuova linea con la ferrovia, la linea metropolitana e la rete bus in zona immediatamente antistante alle due infrastrutture su ferro, rispetto ad una soluzione precedentemente sviluppata di fermata su via Solferino, la fermata è prevista in posizione pressoché baricentrica rispetto alla stazione metro FS e all'ingresso est della



stazione ferroviaria, precisamente nell'areaprospiciente la ciclostazione esistente; le fermate bus vengono, invece, posizionate nell'area attualmente sistemata a verde di copertura del sottostante parcheggio pubblico interrato "Stazione".

Il transito della linea, sul fronte della stazione ferroviaria, rende necessario una complessiva rivisitazione della viabilità al contorno, con particolare riferimento alla viabilità privata, la quale non transiterà più in direzione ovest-est, ma lambirà in lato ovest la stazione ferroviaria per poi ritornare sul tratto di viale della stazione verso la piazza della Repubblica. La sistemazione così proposta si inserisce in un contesto più ampio di riorganizzazione della viabilità, che ha già preso corpo negli ultimi mesi con la decisione dell'Amministrazione Comunale di concentrare i capolinea delle linee extraurbane bus in corrispondenza della stazione bus di via Solferino, liberando da tale funzione il tratto di Viale della Stazione trasformato a stazione coperta delle linee Nord extraurbane.

Rispetto al PFTE il progetto definitivo prevede il posizionamento della fermata (a banchine laterali) in posizione esterna rispetto alla sagoma degli interrati del parcheggio; al fine di rendere compatibile il transito e la fermata dei bus, però, si rende necessario procedere all'adeguamento delle strutture verticali ed il rifacimento della soletta di copertura del settore B del parcheggio medesimo.

Al fine di riequilibrare le funzioni all'interno della piazza, il progetto definitivo prevede la demolizione dell'attuale ciclostazione posta immediatamente a nord degli edifici ferroviari e lo svuotamento di parte del piano terra dell'edificio ex Ferrovie dello Stato posto immediatamente ad est della stessa ciclostazione. La spazialità della piazza viene, così, migliorata garantendo la piena visibilità di tutte le funzioni modali (ferrovia, metropolitana, tram, bus, parcheggio, ecc) nell'ambito di un piano unico ed unitario avente, al centro, il TPL.

La nuova ciclostazione verrà realizzata nella porzione nord-est dell'attuale copertura del parcheggio interrato (opportunamente rinforzato anche per reggere i nuovi carichi derivanti dal passaggio dei bus). Essa sarà costituita da un fabbricato ad unica elevazione con struttura metallica e copertura piana ed avrà una capienza di 372 biciclette; all'interno trova spazio un locale per il gestore, dotato di servizio igienico, ed una ciclo-officina per la riparazione delle bici. I tamponamenti esterni saranno costituiti da grigliati metallici (per la zona di deposito) e da pareti cieche dotate di opportune finestrature per i locali adibiti al lavoro (ufficio/officina). La pavimentazione della ciclostazione sarà realizzata con battuto di cemento in diretto collegamento con la zona di arrivo della pista ciclabile bidirezionale prevista sul lato nord della piazza.

La pavimentazione pedonale della piazza, oggi caratterizzata da un insieme di elementi di pregio (pavè di recupero e sanpietrini nella zona di fronte al fabbricato viaggiatori della stazione ferroviaria ed alla ciclostazione; pavimentazioni lapidee più moderne nella zona dell'ingresso della metropolitana) e non (marciapiedi in asfalto colato attorno al parcheggio interrato ed in corrispondenza dell'accesso pedonale est della stazione) verrà armonizzata mediante un unico concept che estenda quanto già realizzato con gli interventi eseguiti nel 2012-2013 intorno alla fermata FS della linea metropolitana, nel rispetto della qualità materica originaria.

Analogamente a quanto riferito per viale della Stazione, anche lungo la piazza sarà presente la linea di contatto, sorretta da tesate attestate su palificazioni poste ai margini della sede tramviaria.



7.2.3.3 Centro Storico

Lasciata alle spalle la fermata “stazione” il tracciato tranviario si sviluppa a singolo binario sull’asse via Romanino e via Solferino (per le vetture in direzione Fiera) e su via Gambarà e via Ferramola (per le vetture in direzione Pendolina); i binari si incontrano all’incrocio tra via Ferramola e via Solferino proseguendo poi verso nord per entrare nel centro storico una volta superata la via XX Settembre.

I binari che corrono lungo le vie Romanino, Solferino e Gambarà (dalla piazza Stazione fino a via Saffi (ovest) sono in sede riservata mentre quelli nel tratto successivo di via Gambarà e via Ferramola (a sud di via Solferino) sono in sede protetta ma promiscua (limitatamente all’accessibilità al parcheggio dipendenti del tribunale ed ai passi carrai presenti oggi lungo le due strade).

Da evidenziarsi che il progetto prevede, tra l’altro, la predisposizione degli innesti della futura linea tramviaria T3 (così come per via Colombo) con la realizzazione di piccoli tratti in direzione est.

Superato l’incrocio tra Ferramola e Solferino, la sede tramviaria rimane protetta (con promiscuità limitata al TPL per il binario che corre in direzione Pendolina fino a via XX Settembre).

In tale tratto il progetto prevede la realizzazione della fermata in direzione Fiera lungo via Solferino (banchina laterale standard) mentre quella in direzione Pendolina viene posizionata nel tratto nord di via Ferramola (banchina laterale su marciapiede, priva di pensilina come nel resto del centro storico).

In corrispondenza delle due fermate suddette, termina il sistema di linea di contatto con catenaria aerea, lasciando posto all’esercizio tramviario catenary-free per tutto il resto del centro storico fino alla fermata San Faustino. Ciò al fine contenere al massimo gli impatti sul paesaggio e sul patrimonio storico-edilizio incontrato.

Imboccata via San Martino della battaglia, i due binari proseguono appaiati lungo via G. Mazzini fin oltre la galleria Tito Speri. Lungo tale tratta il tram corre in sede promiscua per garantire l’accessibilità di mezzi pubblici ed autorizzati al centro storico.

Le fermate ubicate lungo il tragitto si confondono con l’esistente, occupando in maniera quasi del tutto anonima (eccezion fatta per la presenza della pavimentazione Loges) i tratti di marciapiede interessati dalla salita e discesa dai mezzi.

7.2.3.4 Fossa Bagni, Pusterla e Da Vinci

Superata la Galleria Tito Speri i binari si separano. Mentre quelli in direzione del capolinea nord proseguono dritti per poi svoltare su via Pusterla, quelli in direzione centro si sviluppano lungo la via Fossa Bagni lambendo in senso longitudinale il parcheggio pubblico interrato che prende nome dall’omonima via, fino a ricongiungersi alla fermata “S. Faustino” all’imbocco di via L. Da Vinci.

Da evidenziarsi che per consentire l’inserimento della tramvia in via Fossabagni, si è reso necessario prevedere, non solo, l’adeguamento delle strutture di copertura del parcheggio ma, anche, la modifica delle rampe di accesso/uscita al parcheggio stesso che vengono spostate verso sud.

Tutta la tratta è in sede riservata e su via L. Da Vinci occupa in senso longitudinale la corsia oggi riservata al transito della rete bus.



Anche in questo caso le sistemazioni si innestano nell'esistente cercando di omogeneizzarsi con esso. Le risistemazioni superficiali riguardano le intere sezioni stradali con interventi più o meno intensivi, dal rifacimento dell'intero cassonetto alla semplice riasfaltatura e rifacimento della segnaletica.

Da segnalare la scelta di caratterizzazione con pavimentazione lapidea della sede tramviaria di via Leonardo Da Vinci, ivi comprese le superfici stradali poste a sud della fermata di Canton d'albera; quanto sopra per evidenziare la funzione di margine settentrionale già un tempo costituito dal circuito delle mura urbane e dallo stesso torrente Garza. La pavimentazione lapidea va a caratterizzare, inoltre, le superfici pedonali della passeggiata alberata lungo Garza, contribuendo, in continuità con le opere di sistemazione già eseguite negli ultimi anni, a far acquisire alla via Leonardo da Vinci un aspetto maggiormente urbano e misurato.

7.2.4 Lotto Nord

7.2.4.1 Via Volturno

Superata la fermata di Canton d'Albera il tracciato tramviario si inserisce nel primo tratto di via Volturno, alle spalle della caserma Ottaviani. Qui il tracciato viene si inserisce "in promiscuo" all'interno della sede stradale esistente – con corsia sud ad uso esclusivo del TPL, mantenendo sul lato sud la pista ciclabile bidirezionale ed eliminando la sosta oggi esistente lungo la via.

Vengono mantenuti i filari alberati esistenti, così come le finiture che vengono semplicemente recuperate e/o rinnovate.

Superato l'incrocio con via Col di Lana, si ripropone il tema dell'inserimento della linea tranviaria in sede riservata, salvaguardando le due corsie stradali per senso di marcia.

Anche in questo caso, tenuto conto della presenza del lungo filare di alberature datate sul lato sud della via, si è ritenuto di tenere come punto fisso per la riorganizzazione delle sezioni e delle funzioni stradali proprio il cordolo di contenimento della zona alberata, trasferendo a sud di esso il marciapiede e la pista ciclabile (togliendo così la prima fila di posti auto del parcheggio pubblico esistente) e procedere, per il tratto più consistente della via, all'ampliamento della sezione stradale solo sul lato nord, in coincidenza del polo industriale IVECO SpA.

A cominciare dall'estremo ovest del parcheggio la linea tranviaria si sposta a mano a mano verso sud, prendendo questa volta come filo fisso per l'impostazione delle sezioni stradali il limite interno del marciapiedi esistente. Ciò consente alla linea di inserirsi sul ponte di attraversamento della Tangenziale Ovest non perdendo lo spazio necessario per le corsie di immissione all'arteria principale, sia in direzione sud che in direzione nord.

7.2.4.2 L'Oltremella

A partire dallo svincolo in direzione sud della tangenziale sul ponte di via Volturno, il tracciato tramviario, giunto all'incrocio fra via C. Colombo e via Caduti del Lavoro, penetra nei popolosi quartieri dell'Oltremella, attraversandoli in direzione nord-est fino a giungere al capolinea nord "Pendolina".

Il percorso si sviluppa in sede promiscua fino all'inizio di via del Risorgimento, a meno di un tratto in sede riservata per la sola direzione centro, lungo l'asse di via della Chiesa e lungo il viale Caduti del Lavoro.



Per l'inserimento di tale previsione, espressamente voluta dall'Amministrazione Comunale al fine di garantire un livello di marcia regolare in direzione centro, in un tratto di percorso caratterizzato da vie non troppo larghe e da una circolazione che penetra nella scacchiera dei fitti isolati residenziali, viene sacrificato inevitabilmente il filare di alberi che oggi divide i due sensi di marcia veicolare sulla via della Chiesa.

Dalla via del Risorgimento in poi, fino al capolinea, il tracciato si sviluppa in sede protetta e, specificamente, a centro strada lungo il tratto fino a via Tiboni e sul lato ovest lungo le vie Collebeato e Molino, garantendo comunque una corsia per senso di marcia, insistendo in maniera preponderante sulle ampie aree ciclopedonale e verdi esistenti.

Al fine della ricollocazione di tutte le funzioni oggi previste sulla via, oltre che al tram in sede propria, si prevede quanto segue:

- via del Risorgimento (da via della Chiesa a via Levi): prolungamento dei percorsi ciclabili esistenti su via del Risorgimento e realizzazione di una corsia stradale per senso di marcia con posizionamento centrale della sede tramviaria;
- via del Risorgimento (da via Levi a via Tiboni): mantenimento dei percorsi ciclabili esistenti, riduzione delle sezioni stradali veicolari in favore dell'inserimento dell'infrastruttura tramviaria pur garantendo i livelli di sosta attuali.
- Via Tiboni: eliminazione della fascia di sosta a centro strada in favore dell'inserimento della sede tramviaria; rimodulazione della sosta ai lati con inserimento di stalli a spina di pesce invertita ai fini di una maggiore sicurezza stradale, e realizzazione di due bike lane per migliorare l'accessibilità all'istituto scolastico di via Tiboni.
- Via Interna: chiusura al traffico della strada (ad eccezione degli accessi per manutenzione dell'istituto scolastico) e posizionamento della tramvia sul lato nord in sede inerbita (che prosegue poi su via Collebeato fino all'intersezione con la viabilità di uscita dal condominio di Rotonda Montiglio).
- Via Collebeato: posizionamento laterale della tramvia in sede asfaltata (dall'uscita di Rotonda Montiglio e fino al capolinea Pendolina), ricollocando da est verso ovest rispettivamente un marciapiede di larghezza minima regolamentare di 1,5 mt, la sede tramviaria, la sede stradale con una corsia per senso di marcia, e la pista ciclabile a doppio senso di marcia, sempre nelle dimensioni minime regolamentari e prevedendone l'ampliamento ove si spazi esistenti a disposizione lo consentano ed il mantenimento del marciapiede esistente.

7.2.5 Area Deposito Pendolina

L'ultimo tratto di linea compreso fra il capolinea "Pendolina" di via del Molino ed il deposito ausiliario si colloca, in promiscuo, lungo il tratto terminale di via Collebeato, senza particolari interventi di sistemazione urbana.

Arrivati in prossimità del deposito ausiliario, il tracciato tramviario passa dapprima da doppio a singolo binario per poi immettersi nell'area del deposito stesso mediante una serie di deviatori che garantiscono l'accesso ai binari di ricovero vetture.

Rispetto al PFTE, il progetto definitivo adotta una soluzione diversa che predilige il recupero di un'area industriale oggi dismessa, con la demolizione e ricostruzione del capannone esistente. Ciò al fine di



minimizzare il consumo di terreno e, soprattutto, l'impatto sui livelli di sosta esistenti nel quartiere (il PFTE prevedeva l'utilizzo del parcheggio di via Collebeato).

L'area del deposito, già dotata di recinzione, verrà schermata con un filare di alberi su ogni lato al fine di minimizzare l'impatto sul quartiere.

7.3 Criteri e caratteristiche progettuali della viabilità connessa

Il presente paragrafo descrive gli interventi previsti sulla rete stradale di Brescia nell'ambito della realizzazione della prima linea tranviaria denominata "Pendolina-Fiera".

La nuova infrastruttura si colloca infatti lungo corridoi viabilistici esistenti, modificandone le dimensioni e in alcuni casi alterandone la funzionalità o riducendone la capacità complessiva.

In linea generale è possibile dividere due tipologie di interventi: interventi di adeguamento di viabilità esistenti, che rappresentano la maggior parte di quelli previsti, e interventi per la realizzazione di nuove viabilità, le cui caratteristiche funzionali e dimensionali sono descritte nei paragrafi successivi.

Lungo le strade, le carreggiate stradali esistenti vengono modificate a seguito dell'inserimento del corridoio tranviario destinato all'esclusivo transito delle vetture su ferro.

Per quasi la totalità dell'intervento, la nuova sede è collocata al centro della sezione esistente, comportando inevitabilmente un ridisegno complessivo della fascia oggi delimitata dai fabbricati o muri di recinzione contrapposti.

In linea generale il progetto genera una riorganizzazione complessiva degli ambiti attraversati, permettendo una razionalizzazione degli spazi destinati alle diverse componenti di mobilità cittadina (traffico privato, TPL, ciclabile, pedonale).

È chiaro che in linea generale, l'inserimento della sede tranviaria porterà ad una riduzione della capacità delle strade attraversate dal tram, compensata con una auspicata riduzione del numero di vetture circolanti o con l'individuazione di itinerari alternativi che permettano comunque sempre di raggiungere con la macchina gli ambiti oggi raggiungibili con i mezzi su gomma.

L'andamento plano-altimetrico delle viabilità modificate sarà pressoché coincidente con quello attuale, a meno di piccoli aggiustamenti legati alla realizzazione del tram.

Infatti, per la quasi totalità dell'intervento le viabilità correranno parallele al tram, seguendone l'andamento planimetrico con la sua successione di rettili e curve, e assecondando altimetricamente le necessità dettate dalla rigidità di un sistema vincolato come il tram da una parte ma al tempo stesso le quote altimetriche delle fasce laterali delle strade esistenti condizionate da accessi pedonali e passi carrabili.

Da un punto di vista dimensionale, in linea generale si è cercato sempre di garantire una larghezza minima della corsia carrabile pari a 3.00 m (in alcuni casi 2.75 m per le corsie di accumulo), in strade a carattere prevalentemente "locale".



Lateralmente le corsie saranno delimitate sul lato interno da una banchina di larghezza pari a 50 cm o 25 cm qualora la larghezza complessiva della sezione non permetta di prevedere la prima dimensione, e sul lato esterno, a seconda degli ambiti attraversati, o da una banchina da 50 cm o 25 cm nel caso degli adeguamenti di strade esistenti).

7.3.1 Normative

- D.Lgs. n 285 del 30/04/1992 e relativo Regolamento emanato con D.P.R. n°495 del 16/12/1992 e s.m.i: "Nuovo codice della strada"
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - D.M. 05/11/2001: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - D.M. 22/04/2004: modifica del decreto 05/11/2001, n. 6792, recante "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade"
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - D.M. 19/04/2006: "Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali"
- DM 05-06-01, G.U. n.217: "Sicurezza nelle Gallerie Stradali";
- DM 18-02-92, n. 223: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza", così come aggiornato dal DM 21/06/04: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza".
- DM 28-06-2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale", pubblicato sulla G.U. n. 233 del 06-10-2011.

Si precisa che, conformemente al dettato normativo, ed in particolare al D.M. 22.04.2004, le norme statali non devono essere applicate ai progetti di adeguamento delle strade esistenti. Questa circostanza permette di non considerare cogenti le norme del D.M. per gli interventi di adeguamento delle viabilità esistenti.

Si precisa tuttavia che nella progettazione si è tentato, pur con i vincoli imposti dalle caratteristiche degli ambiti urbani attraversati, di rispettare nella misura maggiore possibile i criteri delle normative sopra riportate.

7.4 Sistemazione architettonica

7.4.1 Area Deposito Fiera e Parcheggio Scambiatore

L'area Deposito Fiera si trova nel quartiere Chiesanuova, posto nella zona sudoccidentale della città caratterizzato da un tessuto di piccole attività produttive e residenze, che ha visto negli anni '60 un'espansione edilizia e un concentramento di attività ricettive che sottolineandone le potenzialità urbanistiche dell'area in termini di visione di sviluppo della città. L'inserimento degli edifici del Deposito, nell'ambito in analisi, misurandosi con quinte come il prospetto Nord della Fiera e lo scorcio dello stadio "Palaleonessa" a Sud, inserite nel contesto della periferia bresciana, cerca un dialogo armonico, calibrando le esigenze dimensionali peculiari per le attività a cui sono destinati gli edifici con un'attenzione architettonica capace di integrare l'impatto visivo dell'inserimento del Deposito nell'area scelta.

L'area, di circa 70000mq, confina a Sud con il complesso della Fiera; ad Est con la trincea del sottopasso della tangenziale e il piano di copertura dello stesso con la stradina di servizio, che da via Fura,

scavalcando la tangenziale, arriva sul piazzale retrostante della Fiera; ad Ovest con l'asse di via Caprera a servizio delle attrezzature ricettive, e a Nord con la bretella di raccordo della Strada statale 235 di Orzinuovi, e con il limite della proprietà dell'Hotel "Fiera di Brescia".



Figura 14. Inquadramento dell'area di intervento

L'area attualmente non è edificata ad eccezione di un rudere posto al centro del lotto, sul lato ovest verso la tangenziale, che dovrà essere demolito per lasciar spazio al parcheggio scambiatore.

L'intervento progettuale mira a ridefinire un ambito periferico della città in un HUB della mobilità del TPL, oltre ad ospitare l'area destinata al governo dell'infrastruttura, al suo funzionamento, ricovero e manutenzione, rivestirà il ruolo di interscambio con il capolinea Fiera e il sistema di parcheggi a supporto del tram e delle attività ricreative che gravitano nell'area.

Il complesso del Deposito Principale rappresenta un sistema molto articolato che necessita di una razionalizzazione funzionale e spaziale rispondente ad esigenze di esercizio del sistema tranviario nelle sue varie componenti.

L'accesso è garantito da via Caprera in prossimità della rotonda a Nord della via, prevedendo una recinzione a contorno delle aree verdi alberate che perimetrano l'area di intervento, con un passaggio pedonale in corrispondenza del nuovo sistema di parcheggi a Sud dell'area in oggetto, a potenziamento ed integrazione dell'area del parcheggio esistente, al fine di creare un unico parcheggio di interscambio funzionale al nuovo sistema di TPL, dotato di circa 1100 posti auto.



Figura 15. Inserimento del Progetto dell'area di intervento

Il sistema di fabbricati viene organizzato mediante un'articolazione interna che prevede l'edificio dirigenziale (D01-Uffici-PCC) all'ingresso con fronte parallelo a via Caprera, e la distribuzione dei restanti all'interno dell'area in funzione alle esigenze di esercizio delle attività con attenzione al porre le attività più impattanti, per acustica e lavorazioni, distanti da zone fruibili. Tutti gli edifici sono collegati da una viabilità in conglomerato bituminoso, integrata nell'ambito dei tracciati dei binari di servizio collocati, per lo più, all'interno di aree permeabili finite a calcestruzzo.

L'idea progettuale, per esigenze logistiche e di esercizio, vuole restituire un'immagine coordinata ed identitaria al Complesso, palesandone la funzionalità alla quale è destinata, e in parti di alcuni edifici, rafforzandone il carattere in facciata con l'uso di pannelli di facciata in pannelli realizzati in lamiera forata a tutt'altezza e con profili verticali in acciaio che richiamano in verticale l'orizzontalità dei binari della tranvia, secondo passi variabili che ne dissimulano la matericità, cercando un dialogo con le diverse cromie e le ombre.

I prospetti di tutti gli edifici avranno finitura ad intonaco e tinteggiatura grigio chiaro, in modo da sottolineare l'inserimento neutro degli edifici nel contesto urbano; eccezione fatta per i prospetti degli edifici D01 – D02 – D06, apprezzabili dalla Strada statale 235 di Orzinuovi e da via Caprera.

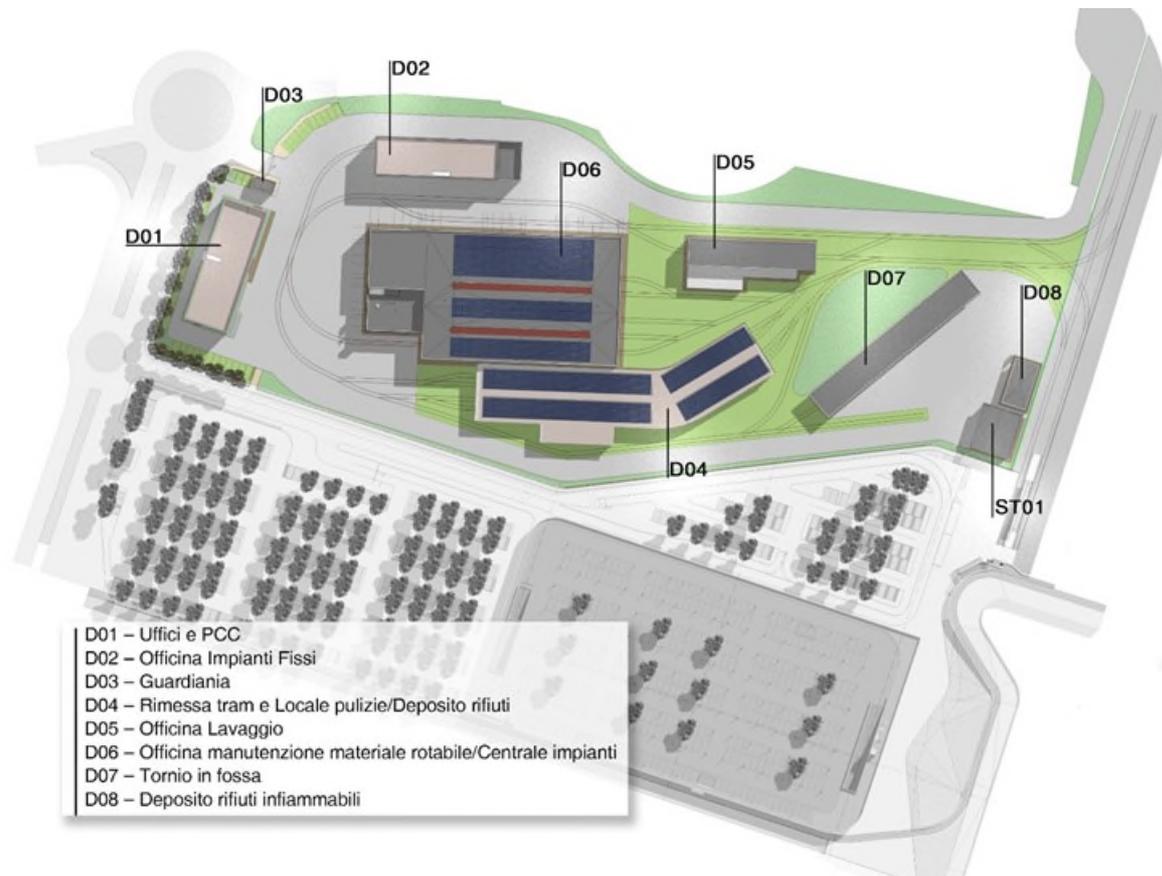


Figura 16. Pianta di progetto Deposito Principale Fiera

Per una più specifica trattazione degli edifici si rimanda alla relazione tecnica specialistica e ai relativi elaborati grafici di progetto.

7.4.2 Area Stazione FS

Il recupero del piano della Stazione Ferroviaria si inserisce in un ragionamento molto ampio che abbraccia sia gli aspetti meramente trasportistiche che quelli eminentemente architettonici.

Come indicato già nel PFTE e nel documento d'indirizzo fornito dal Comune di Brescia, la nuova piazza della Stazione si configura come punto di intercambio della nuova linea con la ferrovia, la linea metropolitana e la rete bus, concentrando le fermate nel piano della Stazione, in posizione pressoché baricentrica rispetto alla stazione metro FS e all'ingresso est della stazione ferroviaria, precisamente nell'area frontistante la ciclostazione esistente; le fermate bus vengono, invece, posizionate nell'area attualmente sistemata a verde di copertura del sottostante parcheggio pubblico interrato "Stazione".

Il transito della linea, sul fronte della stazione ferroviaria, rende necessario una complessiva rivisitazione della viabilità al contorno, con particolare riferimento alla viabilità privata, la quale non transiterà più in direzione ovest-est, ma lambrà in lato ovest la stazione ferroviaria per poi ritornare sul tratto di viale della stazione verso la piazza della Repubblica. La sistemazione così proposta si



inserisce in un contesto più ampio di riorganizzazione della viabilità, che ha già preso corpo negli ultimi mesi con la decisione dell'Amministrazione Comunale di concentrare i capolinea delle linee extraurbane bus in corrispondenza della stazione bus di via Solferino, liberando da tale funzione il tratto di Viale della Stazione trasformato a stazione coperta delle linee Nord extraurbane.

Rispetto al PFTE il progetto definitivo prevede il posizionamento della fermata (a banchine laterali) in posizione esterna rispetto alla sagoma degli interrati del parcheggio; al fine di rendere compatibile il transito e la fermata dei bus, però, si rende necessario procedere all'adeguamento delle strutture verticali ed il rifacimento della soletta di copertura del settore B del parcheggio medesimo.

Al fine di riequilibrare le funzioni all'interno della piazza, il progetto definitivo prevede la demolizione dell'attuale ciclostazione posta immediatamente a nord degli edifici ferroviari e lo svuotamento di parte del piano terra dell'edificio ex Ferrovie dello Stato posto immediatamente ad est della stessa ciclostazione. La spazialità della piazza viene, così, migliorata garantendo la piena visibilità di tutte le funzioni modali (ferrovia, metropolitana, tram, bus, parcheggio, ecc) nell'ambito di un piano unico ed unitario avente, al centro, il TPL.

La nuova ciclostazione verrà realizzata nella porzione nord-est dell'attuale copertura del parcheggio interrato (opportunamente rinforzato anche per reggere i nuovi carichi derivanti dal passaggio dei bus). Essa sarà costituita da un fabbricato ad unica elevazione con struttura metallica e copertura piana ed avrà una capienza di 372 biciclette; all'interno trova spazio un locale per il gestore, dotato di servizio igienico, ed una ciclo-officina per la riparazione delle bici. I tamponamenti esterni saranno costituiti da grigliati metallici (per la zona di deposito) e da pareti cieche dotate di opportune finestrate per i locali adibiti al lavoro (ufficio/officina). La pavimentazione della ciclostazione sarà realizzata con battuto di cemento in diretto collegamento con la zona di arrivo della pista ciclabile bidirezionale prevista sul lato nord della piazza.





La pavimentazione pedonale della piazza, oggi caratterizzata da un insieme di elementi di pregio (pavè di recupero e tozzetti di granito nella zona di fronte al fabbricato viaggiatori della stazione ferroviaria ed alla ciclostazione; pavimentazioni lapidee più moderne nella zona dell'ingresso della metropolitana) e non (marciapiedi in asfalto colato attorno al parcheggio interrato ed in corrispondenza dell'accesso pedonale est della stazione) verrà armonizzata mediante un unico concept che estenda quanto già realizzato con gli interventi eseguiti nel 2012-2013 intorno alla fermata FS della linea metropolitana, nel rispetto della qualità materica originaria.

Analogamente a quanto riferito per viale della Stazione, anche lungo la piazza sarà presente la linea di contatto, sorretta da tesate attestate su palificazioni poste ai margini della sede tramviaria.

7.4.3 Area Deposito Pendolina

Come richiesto dal Comune di Brescia, il deposito ausiliario Pendolina è stato spostato rispetto alla posizione individuata nel PFTE; ciò al fine di non interferire con il parco e gli ambiti di servizio e a verde pubblico prospicienti il Polivalente e il parco del Mella.

A tal fine, specificamente, si è concordato l'utilizzo delle aree attualmente dismesse presso i civici 30/32 della stessa Via Collebeato, da acquisirsi tramite esproprio. L'area in oggetto è di circa 6800mq.

L'area sopra indicata comprende attualmente un capannone a tre luci che garantisce la volumetria necessaria al rimessaggio delle vetture previste in fase di morbida.

Stante la qualità delle strutture edilizie, però, si è scelto di sfruttare tale volumetria per mezzo di demolizione e ricostruzione della stessa, con piena garanzia di compatibilità del nuovo edificio ai fini di progetto.

La nuova rimessa manterrà le dimensioni dell'edificio attuale ma verrà realizzata con struttura in acciaio e comprenderà un grande locale a doppia altezza (ove sosteranno le vetture per un numero massimo di 9) ed un insieme di locali di servizio (spogliatoi, magazzini, servizi igienici, teleriscaldamento, pulizie - al piano terra - e locale conducenti, area ristoro, spogliatoi e uffici - al piano primo).

Le pareti di tamponamento saranno rivestite, all'esterno, da un cappotto termico con finitura in intonaco. La copertura piana sarà dotata di parapetto in modo da mascherare gli impianti posati sulla copertura.

Per i dati dimensionali fare riferimento ai relativi elaborati grafici di progetto.

7.4.4 Sottostazioni elettriche

Gli edifici lungo linea da adibire a Sottostazione elettriche (SSE) sono previsti in cinque tipi, che possono essere suddivisi sommariamente in due macrocategorie: SSE interrate e SSE fuori terra.

Entrambe le tipologie di SSE saranno ulteriormente suddivise in sotto tipi che tra loro si distingueranno per la presenza o meno del locale di consegna A2A e per il numero di trasformatori.



Le sottostazioni elettriche interrate di forma parallelepipedica, saranno ricavate mediante scavo successivo alla realizzazione della palificata perimetrale di contenimento, le pareti in calcestruzzo armato ed i soffitti saranno rifiniti con intonaco civile per interni rasato e tinteggiato con idropittura lavabile, le pavimentazioni saranno flottanti per permettere il passaggio delle cablature, mentre alcune zone sovrastate da attrezzature pesanti (TRAFO) saranno riempite in calcestruzzo fino alla quota di finitura.

Il manufatto sarà suddiviso in due ambienti, uno di accesso coperto da griglie di accesso ribaltabili e carrabili in acciaio zincato elettrosaldato, una per l'accesso pedonale e l'altra per il passaggio delle attrezzature. In questo vano si troveranno la scala metallica di collegamento ed il vano a pavimento per la pompa di sollevamento. Il secondo ambiente, destinato agli impianti elettrici e sarà protetto da una porta di emergenza in acciaio con maniglione antipánico, di ampie dimensioni per il passaggio delle attrezzature. La cabina prenderà aria e luce da griglie a bocca di lupo in metallo, poste sulle pareti perimetrali più lunghe. Gli elementi controterra saranno impermeabilizzati con doppio strato di teli bituminosi da 4mm.

Per i dati dimensionali fare riferimento ai relativi elaborati grafici di progetto.

7.4.5 Fermate

Il progetto distingue, principalmente, due tipologie di fermata –laterale e centrale – che si adattano di volta in volta alle sistemazioni urbanistiche di linea in modo da integrarsi, al meglio, con il contesto urbano toccato.

Banchine di tipo laterale

Le fermate con banchina laterale sono:

- Piazza Stazione (n°2 banchine)
- Palazzo di Giustizia Nord (n°1 banchina)
- Palazzo di Giustizia Sud (n°1 banchina)
- Zanardelli Sud (n°1 banchina)
- Zanardelli Nord (n°1 banchina)
- Mazzini Sud (n°1 banchina)
- Mazzini Nord (n°1 banchina)
- Pusterla (n°1 banchina)
- Fossa Bagni (n°1 banchina)
- San Faustino (n°2 banchine)
- Canton d'Albera (n°2 banchine)



- Torricella (n°2 banchine)
- Capolinea Pendolina (n°2 banchine)

La banchina presenta un'altezza dal piano del ferro pari a 30 cm, una larghezza di 2,5 m ed una lunghezza di 32 m, cui si aggiungono le due rampe di testa aventi, ognuna uno sviluppo variabile con pendenza costante del 5% (lo sviluppo della rampa dipende dal dislivello che essa deve coprire (su strada o marciapiede)).

Da tale tipologia di fermata derivano alcune varianti corrispondenti alle fermate Palazzo di Giustizia Nord, Zanardelli Sud, Zanardelli Nord, Mazzini Sud e Mazzini Nord, Fossa Bagni, San Faustino Nord, ma con dimensioni diverse per adattarsi al contesto urbano circostante.

Banchine di tipo centrale

La fermata con banchina centrale sono:

- Capolinea Fiera,
- Chiesanuova
- Orzinuovi
- Dalmazia (Salgari)
- Parco Pescheto
- Corsica
- Volturno
- Fiumicello
- Colombo
- Torricella
- Urago Mella

La banchina presenta una larghezza di 3,5 m o 3,0 m ed una lunghezza di 32 m, cui si aggiungono le due rampe di testa aventi, ognuna con pendenza costante al 5% ed uno sviluppo variabile in funzione dell'inserimento nel contesto urbano. Essa presenta il doppio accosto per permettere la fermata di una vettura per ogni lato in contemporanea.

Finiture

La pavimentazione prevista per tutte le tipologie di fermata è in granito chiaro 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.

Sul bordo delle banchine laterali, 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.

La pensilina

Il progetto per la pensilina del Tram di Brescia è frutto della ricerca di un linguaggio assolutamente contemporaneo e leggero che trova nella minimizzazione degli elementi verticali che la costituiscono il metodo di approccio più adatto ai contesti variegati attraversati dal tram.

Il design della pensilina cerca e trova nella forma e nelle cromie un dialogo neutro con il contesto mantenendo un carattere distintivo forte e adattabile alle quinte di una città mutevole.

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 un sistema di piedritti metallici che inquadrano visivamente l'intorno con una lettura modulare che misura lo spazio dell'utenza garantendo, al contempo, l'alloggiamento di tutte quelle funzioni necessari (sedute, totem informativi, apparati di fermata, pannelli informativi e pubblicitari).

La "Pensilina" può essere monofacciale (per banchine laterali) o bifacciale (per banchine centrali) ed è declinata attraverso l'insieme di moduli aventi misure calibrate rispetto alle funzioni cui si collegano

- 300 cm sedute a 4 posti
- 183 cm sedute a 2 posti
- 166 cm modulo tecnico per totem di fermata
- 116 cm modulo di testata con emettitrice di biglietti.

Nella sua configurazione base la lunghezza totale prevista è pari a 1963 cm fuori tutto; la larghezza varia dai 144 cm (per banchine laterali) ai 276 cm (per le banchine centrali). La pensilina può essere, quindi, prolungata in funzione di specifiche esigenze del gestore (particolare affollamento previsto in fermata; garanzia di maggior riparo in aree in cui il contesto urbano è maggiormente diradato, ecc) oppure ridotta eliminando uno o più moduli (pur mantenendo quelli tecnici sempre necessari in fermata).

La copertura è in pannelli di vetro stratificato colorato (con interposta pellicola blu al fine di migliorare l'ombreggiamento dell'area sottostante) montati a pannelli modulari con sottostruttura metallica. Lo smaltimento delle acque meteoriche avviene mediante canaletta metallica posta a tergo (nelle pensiline laterali) o in asse (nelle pensiline centrali) alla copertura, dotata di pluviali sulle testate della banchina.

Gli arredi di fermata sono costituiti da panchine modulari (a 2 o 4 posti, mono e bifacciali) con sedute e spalliere lignee montate su supporti metallici solidali con la pensilina.



Gli altri elementi caratterizzanti le fermate sono i 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 contenente gli apparati tecnologici di fermata (centraline/server accessibili dal retro), gli elementi ed apparati informativi della città e del trasporto pubblico, della fermata, e la macchina distributrice automatica; il secondo 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.

7.5 Accessibilità

Il progetto architettonico è stato redatto con riferimento alle prescrizioni della L. 09/1/1989 n.13 e D.M. 14.06.1989 n.236 E DGRV. N.1428 del 6 settembre 2011.

Garantendo l'accessibilità degli spazi esterni, delle parti comuni e degli edifici (o parti di essi) aperti al pubblico e la visibilità delle parti funzionali all'esercizio e manutenzione del servizio.

Con riferimento alle prescrizioni di cui al D.M. 236/89, è garantita l'accessibilità agli spazi esterni (marciapiedi e percorsi di collegamento tra lo spazio pubblico (strada, marciapiede, parcheggio, piazza, ecc.) e l'ingresso agli edifici aperti al pubblico (o parti di essi), attraverso la realizzazione di almeno un percorso agevolmente fruibile (marciapiedi, rampe, ascensore, ecc.) anche da parte di persone con ridotte o impedito capacità motorie o sensoriali. In particolare, è stata garantita la rispondenza ai criteri di progettazione di cui al punto 4.2 (spazi esterni) e alle relative specifiche dimensionali e/o soluzioni tecniche, del citato Decreto.

E' stato prodotto, come da norma, un apposito elaborato esplicativo, corredato da numerosi disegni specifici descrittivi degli approntamenti messi in atto per l'abbattimento delle barriere architettoniche e l'utilizzo degli spazi pubblici ed edifici (o parti di essi) aperti al pubblico, anche da parte di utenti, o lavoratori, diversamente abili.

7.5.1 Deposito Fiera

Il progetto degli edifici è stato redatto nel rispetto della normativa vigente secondo le seguenti azioni:

- Previsione di percorsi orizzontali aventi larghezza minima di 150 cm, senza salti di quota ovvero con presenza di rampe aventi pendenza non superiore al 5%;
- Larghezza dei vani porta maggiore o uguale a 80 cm per tutti gli ambienti;
- Presenza di sistemi di collegamento verticale a norma per disabili in tutti gli edifici per i quali sono previsti più elevazioni;
- Presenza di servizi igienici per disabili nel numero previsto dalla norma in funzione del numero di addetti.



7.5.2 Parcheggio Fiera

Il nuovo parcheggio Fiera è dotato di una sezione a due elevazioni; all'interna di essa sono presenti sistemi di collegamento verticale a norma per disabili.

Ciononostante, tutti gli stalli dedicati ai disabili sono stati concentrati al piano terra, in posizione prospiciente il nuovo capolinea tramviario e le fermate dei bus.

7.5.3 Deposito Pendolina

Il progetto degli edifici è stato redatto nel rispetto della normativa vigente secondo le seguenti azioni:

- Previsione di percorsi orizzontali aventi larghezza minima di 150 cm, senza salti di quota ovvero con presenza di rampe aventi pendenza non superiore al 5%;
- Larghezza dei vani porta maggiore o uguale a 80 cm per tutti gli ambienti;
- Presenza di sistemi di collegamento verticale a norma per disabili in tutti gli edifici per i quali sono previsti più elevazioni;
- Presenza di servizi igienici per disabili nel numero previsto dalla norma in funzione del numero di addetti.

7.5.4 Sistemazioni Urbane

Il progetto definitivo, pur confrontandosi con assetti stradali diversi per tipologia e dimensioni, prevede l'abbattimento delle barriere architettoniche lungo l'intero tracciato tramviario.

Quanto sopra viene effettuato adottando le seguenti strategie:

- Larghezza marciapiedi: tutti i marciapiedi di progetto sono stati sviluppati nell'ottica del rispetto delle dimensioni minime previste dalla norma per l'abbattimento delle barriere architettoniche (minimo 150 cm); in particolari situazioni, come ad esempio nel centro storico, non si è sempre potuto adottare tale criterio. Di comune accordo con il Comune e la Committente si è pertanto scelto di derogare a tale dimensione pur garantendo sempre almeno 100 cm di passaggio netto.
- Rampe per disabili: tutti i marciapiedi sono stati dotati di appositi scivoli, posti in corrispondenza degli attraversamenti pedonali, con una pendenza massima del 5%;
- pavimentazione Loges: in corrispondenza di tutti gli attraversamenti pedonali sono state previste specifiche segnalazioni loges onde garantire il corretto approccio all'attraversamento e, di conseguenza, la massima sicurezza dei pedoni.
- impianti semaforici a chiamata in prossimità delle fermate, completi di segnalazione acustica per non vedenti e countdown, al fine di rendere sicuro l'attraversamento all'utente che deve raggiungere la fermata."

7.5.5 Banchine di fermata

Le fermate saranno accessibili in tutta la loro estensione ai disabili (in osservanza degli standard oggi vigenti) come di seguito specificato:



- Rampe per disabili: tutte le banchine di fermata sono provviste di apposite rampe, poste sulle testate in corrispondenza degli attraversamenti pedonali, di lunghezza massima di 5 metri e dislivello 30 cm per una pendenza massima del 6%;
- pavimentazione Loges: tutte le banchine sono dotate di pavimentazione speciale per ipovedenti/non vedenti costituita da segnali di direzione rettilinea su tutte le rampe di accesso; segnali di attenzione/servizio in corrispondenza di pannelli informativi, biglietterie/obliteratrici, rampe di accesso; attenzione/pericolo sui bordi di banchina; tali pavimentazioni verranno inserite, inoltre, su tutti gli attraversamenti pedonali collegati alle fermate;
- mappe tattili per non vedenti (una per ogni fermata) con rappresentazione (in analogia a quanto viene realizzato nelle stazioni ferroviarie) della posizione dei punti di imbarco, delle rampe e degli attraversamenti;
- impianti semaforici a chiamata in prossimità delle fermate, completi di segnalazione acustica per non vedenti e countdown, al fine di rendere sicuro l'attraversamento all'utente che deve raggiungere la fermata."

7.6 Sistemazioni a verde di progetto e compensazione degli abbattimenti

7.6.1 Riferimenti progettuali

Il progetto delle opere a verde è stato redatto in conformità a:

- Strategia di Transizione climatica del Comune di Brescia;
- NTA del PGT vigente del Comune di Brescia;
- **art. 11. Superficie permeabile (SPer), superficie a verde profondo e verde di mitigazione –**
[...] Si definisce verde di mitigazione quella particolare superficie verde che, per le sue caratteristiche morfologiche, di impianto arboreo-arbustivo e di collocazione, è idonea a minimizzare gli impatti negativi (ambientali e paesistici) dell'intervento. La superficie permeabile, la superficie a verde profondo ed il verde di mitigazione debbono essere opportunamente progettati in modo da assicurare caratteri di qualità e di disegno unitario e debbono comunque avere sviluppo e sezione consistenti. Limitatamente a modesti tratti dell'area destinata a verde profondo sono ammesse sezioni con larghezza minima di mt. 2. L'area da riservare a verde di mitigazione deve essere adeguatamente piantumata con la messa a dimora di specie autoctone arboree e/o arbustive sia per conseguire gli effetti di mitigazione ambientale dell'insediamento, sia per creare, al contempo, connessioni ecologiche anche minori, con aree o elementi lineari verdi all'intorno o prossimi all'area di intervento, eventualmente già individuati nel progetto di REC [...];
- **art. 28. Determinazione degli spazi pertinenziali a parcheggio. Requisiti e caratteristiche -**
[...] Gli spazi di sosta scoperti, privati e pubblici, nel caso di postazioni superiori a 6 posti auto, dovranno essere adeguatamente piantumati con dotazione minima di un albero ogni tre posti auto scoperti.



- **art. 39. Rete verde** – *La rete verde (RV) è riconosciuta dal Piano Paesaggistico Regionale (PPR) fra le infrastrutture strategiche per il territorio regionale, quale sistema integrato di boschi, alberate e spazi verdi, ai fini della riqualificazione e ricomposizione paesaggistica dei contesti urbani e rurali, della tutela dei valori ecologici e naturali del territorio, del contenimento del consumo di suolo e della promozione di una migliore fruizione del paesaggio.*
- **art. 98. Disposizioni per i parcheggi** - [...] *I parcheggi a raso con più di 10 posti auto debbono essere adeguatamente piantumati, normalmente in ragione di un albero di media grandezza ogni n. 3 posti auto.*
- Regolamento Edilizio del Comune di Brescia, approvato con D.C.C. 30 del 09/06/2022,
- **art. 31 SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI** – [...] *l'obiettivo principale del presente articolo è orientare le trasformazioni urbane verso la riduzione dei consumi energetici, la sostenibilità urbana e il miglioramento della qualità dell'abitare e, più in generale, alla resilienza urbana al cambiamento climatico. Tale articolo riprende i contenuti dei CAM di cui al DM 23/06/2022.*

7.6.2 Metodologia progettuale

La progettazione è stata preceduta da un approfondito rilievo del verde presente nelle aree di possibile interferenza dell'opera.

I dati messi a disposizione dal Comune di Brescia in formato .shp sono stati verificati in loco ed integrati con tutti gli alberi originariamente non censiti.

Ogni albero è stato descritto con nome scientifico (nomenclatura binomia) e con i principali dati morfometrici utili per le successive valutazioni.

Con il supporto del Settore verde del Comune di Brescia sono state definite le strategie di fondo per la realizzazione dei nuovi impianti, con riferimento al Regolamento edilizio comunale ed al progetto strategico "Filo naturale".

Sono anche state analizzate situazioni di filari problematici ormai a fine ciclo o con problemi fitostatici importanti.

Nella complessiva riqualificazione urbanistica dell'ambiente stradale sono previste nuove aree verdi e, soprattutto, nuove alberate di estrema importanza non solo paesaggistica, ma anche in un'ottica di miglioramento del microclima urbano.

In corrispondenza degli assi stradali la ridefinizione delle dimensioni della carreggiata per garantire il transito dei tram e la localizzazione di fermate dedicate, la realizzazione di nuove piste ciclabili, percorsi pedonali e stalli di sosta ha determinato:

- abbattimenti di alberi di varia dimensione;
- riprogettazione delle alberate stradali,
- l'inserimento di nuove aree verdi a servizio della mobilità (aiuole stradali e rotatorie).

7.6.3 Analisi del verde urbano



Figura 17. alberature interferenti con il tracciato di progetto in via Orzinuovi

Di seguito viene analizzata la situazione della componente verde lungo il tracciato a partire dalla zona fiera e ripercorrendo il tracciato in direzione nord, sono emerse situazioni diverse con specifiche attenzioni di tutela e di rigenerazione urbana:

1. via Orzinuovi - nell'ampia aiuola centrale verde radicano numerosi alberi ancora in fase giovanile. Si tratta soprattutto di latifoglie (*Tilia spp*, *Fraxinus excelsa*, *Acer platanoides*, ecc.). La struttura tramviaria interferirà direttamente (sede armamenti) e indirettamente con il cantiere. Oltre ad integrare le perdite si dovrà prestare attenzione alla tutela degli esemplari da conservare;
2. via Orzinuovi - sul marciapiede del lato sud di via Orzinuovi radica un filare storico di *Tilia spp.*. Gli alberi sono già inseriti in un piano di monitoraggio e controllo per gli aspetti della stabilità. Infatti, le strutture arboree sono colpite da fenomeni degradativi ad opera di crittogame xilofaghe. Indispensabile garantire misure di protezione, sia per il sistema radicale, sia per la struttura arborea. Nuovi danni potrebbero incrementare la pericolosità delle piante e di conseguenza della rischiosità di procurare danni a cose e persone in caso di cedimento;
3. via Salgari - filare centrale di Acero riccio (*Acer platanoides*) in fase giovanile anche se di scarsa vigoria vegetativa. In corrispondenza del parco si rinvengono alberi di nuovo impianto;
4. Parco Pescheto - nelle aiuole di svincolo sono radicati aceri americani (*Acer saccharinum*). Considerate le interferenze è programmata la loro sostituzione con specie più adatte al contesto;
5. via Corsica - si rinvengono piante di recente impianto (*Carpinus betulus* e *Lagerstroemia indica*) che potranno essere recuperate;
6. Piazzale Repubblica - nelle storiche aiuole di Piazza Repubblica radicano esemplari di Cedro (*Cedrus deodara*). I lavori dovranno assicurare adeguata distanza dai sistemi radicali ed equa protezione della struttura epigea. Dato che gli scavi potrebbero danneggiare irreparabilmente gli esemplari arborei che, nella fase adulta in cui si trovano, sono caratterizzati da un sistema radicale fascicolato a svantaggio di quello fittonante, caratteristico della fase giovanile, saranno attuati tutti i sistemi di protezione e tutela del caso;



7. Procedendo verso stazione ferroviaria la via tramviaria intercetterà un doppio filare di Lecci (*Quercus ilex*) consolidato su cui prestare attenzione per la tutela delle parti aeree ed ipogee;
8. Stazione - il lato nord del piazzale filari di Lecci (*Quercus ilex*) della medesima fase morfofisiologica della zona precedente a cui prestare le stesse attenzioni. Nel piazzale, invece, radicano Lecci (*Quercus ilex*) relativamente giovani, allevati in forma obbligata geometrica. Proseguendo su Via Romanino e via Solferino i marciapiedi sono dotati di doppio filare di Biancospino (*Crataegus monogina*). I ridotti spazi disponibili potrebbero anche far rivalutare in fase di progettazione una ristrutturazione funzionale e prestazionale dei filari stessi;
9. Palagiustizia - su via Solferino è presente un doppio filare di Acero negundo (*Acer negundo*) e *Sophora japonica* ormai in fase di senescenza. Interessante un progetto di rinnovo delle alberate per inserire nuovi esemplari secondo un modello d'impianto confacente alle esigenze della nuova specie, che dovrà essere selezionate in base alle prestazioni paesaggistiche, ma anche ecosistemiche;
10. Via San Martino della Battaglia - componente arborea assente.
11. via Mazzini - in corrispondenza di piazza vescovado radicano Ippocastani (*Aesculus hippocastanum*) storici, già inseriti in un piano di monitoraggio da comune per importanti problematiche strutturali al legno. Il progetto detterà attentamente la prevenzione da ulteriori danni, mantenendo opportune distanze ed attivando misure di protezione. Proseguendo verso la galleria Tito Speri, sui marciapiedi radicano dei Ligustri (*Ligustrum lucidum*) e giovani *Prunus caroliniana* di recente impianto che potranno essere recuperati in caso di interferenza;
12. Via Leonardo da Vinci - il lato sud del viale, oltre l'attuale corsia dedicata ai bus, è caratterizzato da un filare monospecifico di Tiglio (*Tilia spp.*) in fase di pienezza. Scontate le misure di protezione già anticipate per altri filari.
13. Via Volturno - sul tratto radica un filare prima semplice e poi doppio di Tiglio (*Tilia spp.*). Trattandosi filari storici valgono le precauzioni già descritte per la stazione 2 Orzinuovi.
14. via Volturno (Iveco) - In corrispondenza di IVECO, tra via Volturno ed il parcheggio, radicano dei platani ancora in fase di crescita. Per i lavori si manterranno distanze di sicurezza per evitare danneggiamenti.
15. Fiumicello - sui marciapiedi troviamo giovani esemplari di *Parrotia persica* "Vanessa" di recente impianto. Per essi è previsto un programma di trapianto.
16. via Caduti del lavoro - sono presenti un doppio filare di giovani Tigli (*Tilia spp.*). Anche per essi è programmato il trapianto.
17. Urigo Mella - si segnala particolare attenzione ad un filare di Quercia rossa (*Quercus rubra*) che radica in uno stretto spartitraffico. Gli alberi di notevoli dimensioni già ora manifestano importanti problemi interferenziali, sia per la porzione epigea, sia per quella ipogea con sollevamenti dei manufatti. Il progetto della tramvia dovrà necessariamente farsi carico della situazione individuando compensative conseguenti alla rimozione.
18. Via del Risorgimento - sui marciapiedi radicano giovani Biancospini (*Crataegus spp.*).
19. Polivalente - nell'aiuola est dell'asse viario radicano giovani: Aceri (*Acer platanoides/pseudoplatanus*) e Frassini (*Fraxinus excelsior*).
20. Pendolina - nelle aiuole del giardino limitrofo sono presenti alberi distribuiti senza un preciso disegno. Per le interferenze sono previste misure protettive.

Si segnalano anche due situazioni connesse alla presenza di superfici boscate interferenti con il progetto, in via Volturno e in corrispondenza delle pertinenze di edificio dismesso in corrispondenza del Deposito Principale Fiera. Si tratta di zone dismesse che negli ultimi anni sono state interessate da neocolonizzazione arboreo-arbustiva

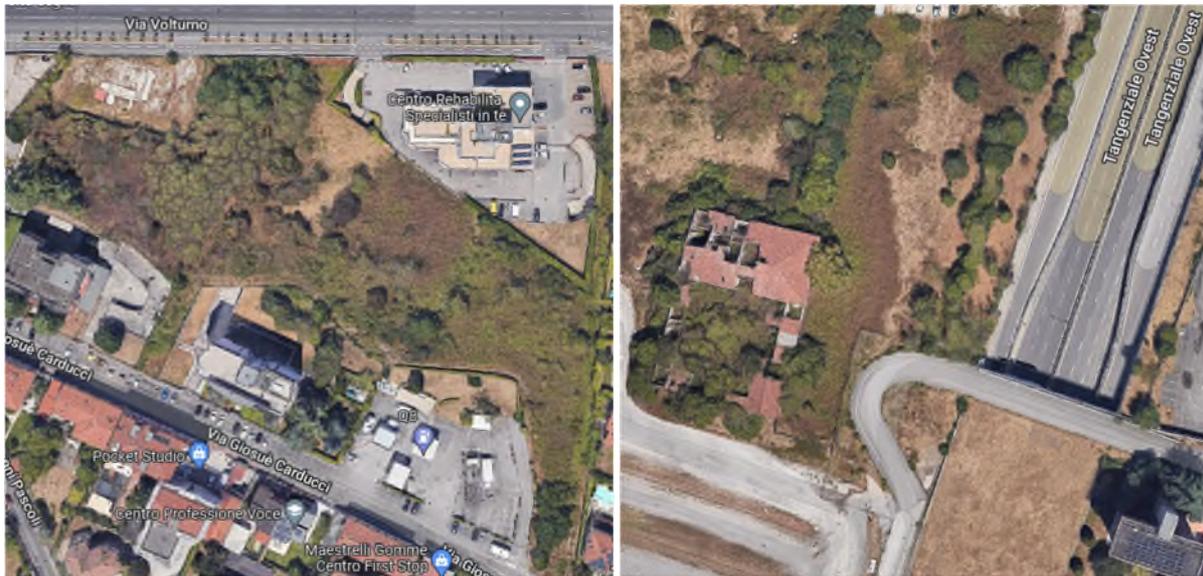


Figura 18. Superfici boscate interferenti con il progetto

Queste zone non sono ancora rilevate dal PIF (Piano di indirizzo forestale) della provincia di Brescia, ma assumono la classifica di bosco in base all'art.3 comma 3 D. L.vo 03/04/2018 n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali (TUFF) e conseguentemente vincolate paesaggisticamente ex articoli 134 e 142 del D. Lgs. n. 42/2004.

7.6.4 Progetto delle Opere a Verde

Alberate stradali

L'inserimento e il completamento dei filari alberati lungo la viabilità interessata dal progetto dalla linea tranviaria hanno seguito i criteri paesaggistici ed ecologici propri della progettazione urbana.

Le scelte hanno tenuto conto degli spazi disponibili per lo sviluppo radicale e delle chiome, nonché delle prescrizioni in materia di distanziamento dalla linea tranviaria stessa e dagli impianti elettrici di supporto.

Il filare arboreo inserito nel contesto urbano assume un ruolo fondamentale nell'aspetto paesaggistico, diventando un tratto caratteristico ed irrinunciabile delle città moderne.

L'accostamento di un filare alberato in corrispondenza del percorso di un mezzo pubblico di nuova generazione, inoltre, caratterizza paesaggisticamente le tratte, conferendo un carattere moderno e dinamico alla tramvia.

Perseguendo l'obiettivo di massimizzare i risultati paesaggistici ed ecologici, la progettazione dei nuovi filari e il completamento di quelli presenti ha tenuto conto di criteri di corretto impianto. A tal proposito, gli spazi di radicazione sono dimensionati per contenere correttamente ed adeguatamente i sistemi radicali degli alberi; le distanze sono bilanciate in base alla potenziale chioma della specie e, dunque, in modo da impedire l'interferenza con fabbricati e infrastrutture. I suddetti criteri di progettazione permettono, inoltre, di minimizzare i costi di gestione e manutenzione delle opere a verde prefigurando un sistema di allevamento delle chiome in forma semilibera.



Di concerto con il Settore verde Pubblico del Comune sono stati individuati alberi da poter inserire in un programma di trapianto, per essere recuperati per la realizzazione di nuove alberate.

Per aspetti legati alla fisiologia dell'albero ed alle sequenze temporali necessarie, il trapianto sarà limitato ai seguenti casi:

1. alberi giovani messi a dimora da 2-4 anni: trapianto immediato in zone esterne oppure in vivai temporanei per essere riposizionati a destinazione al termine del cantiere;
2. alberi di medio sviluppo messi dimora da non più di 10 anni: zollatura in loco l'anno precedente e successivo trasferimento in vivai temporanei per il completamento della preparazione. Successivo reimpiego nelle aree di progetto;
3. alberi esemplari: potranno essere valutati solo in presenza di esemplari di particolare pregio.

Le alberature individuate da trapiantare sono le seguenti:

1. **Via Dalmazia-via Orzinuovi** - *Pyrus calleriana Chanticleer* (diametro medio 18-20 cm) da zollare preliminarmente e da riposizionare poi in zona;
2. **Rotatoria via Solferino-Ferramola** - *Parrothia persica* policormica diam 16 da zollare preliminarmente;
3. **Via Mazzini - Piazza Martiri Belfiore** - recuperare n. 3 *Prunus caroliniana* diam. 6-7 cm) da riposizionare in loco a fine cantiere;
4. **Via Volturmo** - recuperare n. 68 *Parrothia persica* (diam medio 5-7 cm), messe a dimora da 2-3 anni. Queste potranno essere riposizionate in loco al termine dei lavori.
Via Caduti de lavoro - trapiantare n. 54 Tigli (diam 12-18 cm) messi a dimora da 8-10 anni, previa preparazione. Da trapiantare in altra posizione in quanto specie non idonea per i parcheggi. Potrebbero essere utilizzate in via Orzinuovi.
5. **Via Risorgimento** - trapiantare n. 22 *Hybiscus siriacus* (diam 7-8 cm), messi a dimora da pochi anni. Circa 12 possono essere riposizionati nello stesso viale. I rimanenti da riposizionare in altre zone.
6. **Via Risorgimento** - trapiantare n. 31 *Fraxinus excelsior* diam 12-20 messi a dimora da 6-8 anni, previa preparazione. Si rende necessaria rimozione in quanto interferenti con il cantiere. Circa 31 potranno essere ripiantati nelle nuove aiuole alla fine dei lavori.
7. **Via Corsica** - trapiantare n. 4 *lagerstroemia indica* diam 5-6 cm. Riposizionare a fine stesso viale ad integrazione.

Il progetto tramviario interseca filari arborei per i quali già si stava programmando il **rinnovo** in quanto a fine ciclo, oppure per evidenti problemi fitostatici.

Di seguito l'elencazione delle zone come da accordi preliminari con il Settore Verde pubblico:

1. **Via Solferino** - si coglie occasione della rimozione degli *Acer nigrum* e *Sophora japonica* a fine ciclo per rinnovare l'intero filare arboreo. Nuovo filare solo lato nord prevede l'utilizzo di *Pyrus calleriana Chanticleer*, in continuità con quanto già piantato nella via adiacente;
2. **Via Mazzini - Piazza Martiri Belfiore** - si coglie l'occasione per la completare il rinnovo degli alberi (*Ligustrum*) confermando la scelta di utilizzare *Prunus caroliniana* già sperimentati in zona;

3. **Via Orzinuovi** - si ipotizza un rinnovo parziale su due tratti, mentre nei tratti rimanenti si integreranno le fallanze per un rinnovo graduale in base alle problematiche già descritte. Si utilizzeranno tigli trapiantati da via Caduti del lavoro, opportunamente preparati.

Aiuole e rotonde stradali

Oltre agli elementi lineari verdi suddetti, si intende valorizzare anche le superfici orizzontali verdi lungo la tramvia.

Elemento distintivo sarà la composizione secondo forme semplici e riconoscibili che nell'alternanza di superfici a prato e superfici trattate con erbacee perenni conferiranno una variabilità di paesaggi. A seguire una esemplificazione della logica di progetto che dovrà essere adattata alle varie situazioni.

In alcune aiuole saranno impiantate rose, già diffusamente utilizzate in analoghe situazioni stradali nel Comune di Brescia (es. via Cefalonia).

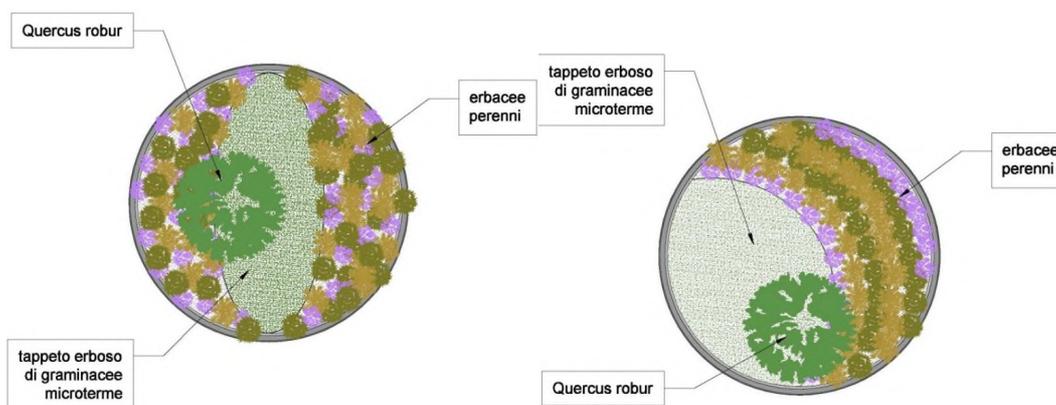


Figura 19. Schemi tipologici arredo del verde in corrispondenza delle rotonde

Parcheggi pubblici

Il progetto del verde in corrispondenza delle aree a parcheggio è stato sviluppato in un'ottica di applicazione dei principi di sostenibilità (drenaggio urbano sostenibile, qualità degli spazi pubblici, miglioramento del microclima urbano) definendo:

- specie idonee al contesto urbano;
- adeguati spazi per le alberature;
- miglioramento della qualità urbana dei parcheggi;
- criteri gestionali semplici.

Anche per i parcheggi principali, oltre agli inerbimenti, si propone di inserire **erbacee perenni** in grado di soddisfare gli obiettivi sopra esposti. Le tecniche costruttive, oltre a soddisfare un pronto risultato, assicureranno una semplicità ed economicità di gestione grazie alla predisposizione di teli pacciamanti ecologici e un sistema di irrigazione a goccia



Figura 20. Effetto esemplificativo dell'uso di erbacee perenni in aiuole stradali

Filari di mitigazione

I filari campestri, come le siepi, hanno sempre rappresentato elementi irrinunciabili per la costruzione del paesaggio agrario. Spesso sottovalutato il loro ruolo ecologico, trova invece un interessante riscontro in vari studi che hanno evidenziato il contributo significativo all'incremento della biodiversità delle zone coltivate.

Nella zona fiera sono previsti filari arborei perimetrali di mitigazione per meglio definire gli spazi.

Gli alberi avranno circonferenza 20-25 cm, forniti in zolla con rete, classificati di prima qualità vivaistica. Il sistema d'impianto prevede, oltre all'ancoraggio con pali tutori in legno impregnato. Il sesto d'impianto previsto è di 12 m.

Fasce boscate

Nella zona fiera, in sostituzione di una zona "boscata" formata da neocolonizzazione di un'area dismessa, si prevede di realizzare una fascia arboreo arbustiva al limite est verso la tangenziale.

Il progetto prevede di inserire popolamenti polispecifici, costituiti da consociazioni di specie arboree variamente strutturate e articolate in relazione alle caratteristiche stazionali e delle peculiarità del terreno che contraddistingue il sito d'impianto.

Gli schemi d'impianto e le consociazioni vegetali sono dettagliati nell'apposita tavola di progetto.

Prati ornamentali a bassa esigenza

Il tappeto erboso negli ultimi anni sta sensibilmente ampliando il proprio campo d'impiego, spaziando dal primo punto d'interesse, vale a dire l'uso ornamentale e sportivo, verso altri settori importanti definiti come inerbimenti tecnici (consolidamento scarpate, bonifica di ampie aree prima dismesse, miglioramento gestionale aree agricole, ecc.). Tutti gli inerbimenti offrono provati vantaggi ambientali, ma non tutte le specie graminacee si comportano allo stesso modo.

Un inerbimento a bassa esigenza idrica e manutentiva deve necessariamente assicurare la copertura completa e uniforme dell'area, il mantenimento negli anni di determinate caratteristiche qualitative,



ma soprattutto deve crescere poco, avere minime necessità nutrizionali, essere resistente alle fitopatologie ed avere contenute necessità idriche.

Sono previste fundamentalmente specie graminacee microterme che permettono una più vasta fruizione dell'area dal punto di vista sia spaziale, sia temporale.

Particolare attenzione alla bassa esigenza manutentiva, che pur trattandosi di un concetto di tipo soggettivo, può essere generalizzato a un tipo di prodotto che comporti minime spese d'investimento e di mantenimento (sia come prodotti che come operazioni necessarie per la conservazione del sistema).

Tralasciando volutamente il settore delle leguminose, tra le specie graminacee l'interesse verso questo tipo d'impiego risulta essere rivolto sostanzialmente verso la *Festuca arundinacea*, e il gruppo delle Festuche cosiddette a foglie fini (*Festuca rubra sub. Rubra*, *Festuca rubra sub. Trichophylla*, *Festuca rubra sub. Commutata*, *Festuca ovina*, *Festuca ovina duriuscula*)

La *Festuca arundinacea* è una specie microterma appartenente alla famiglia delle Poaceae caratterizzata da ampia adattabilità: è infatti adatta a climi moderatamente freddo-umidi o freddo-aridi e cresce bene anche nelle regioni con climi intermedi. Viene molto utilizzata nella realizzazione di tappeti erbosi poiché tollera caldo, siccità, luce e ombra, rimane verde tutto l'anno (durante l'inverno tende a decolorare leggermente), resiste a diverse malattie, sopporta molto bene l'usura ed è molto persistente anche in caso di scarsa manutenzione.

Predilige suoli fertili, con un pH di 6 – 6,5, anche se si adatta anche a pH fino a 8, ed è caratterizzata da un apparato radicale più profondo rispetto ad altre specie come *Poa pratensis* e *Lolium perenne*.

La dose di semina può passare dai 40 g/m² (tappeto erboso a uso ornamentale) ai 10-15 g/m² (inerbimento tecnico).

I tempi di germinazione del seme in pieno campo sono medio-brevi, vale a dire 10-15 giorni. Come tutte le essenze microterme, si avvantaggia di una semina tardo estiva – autunnale. Non sopporta tagli troppo bassi: è buona norma quindi non scendere al di sotto dei 4 cm come altezza di taglio.

La ricerca ha sviluppato nuove varietà con minime necessità nutrizionali (uno, massimo 2 interventi di fertilizzazione/anno) e con basse esigenze idriche. A tal proposito la fertilizzazione di mantenimento è da effettuare con fertilizzanti a lenta cessione, con un apporto bilanciato N/K del tipo 1:1.

Per un impiego tipo parco pubblico possono essere considerati 6 tagli/anno, mentre per un inerbimento di tipo tecnico 3 tagli/anno è la giusta quota d'intervento.

Interessante, sia per gli aspetti estetici, sia per quelli ecologici, l'applicazione della tecnica del mulching che consente a parità di costi di effettuare un numero di tagli superiore nella stagione vegetativa.

Festuche arundinacee possono essere miscelate con altre graminacee microterme per compensare le prestazioni nelle varie stagioni.



L'accorgimento per la creazione di tali miscele è quello di non scendere al di sotto di valori del 70% in peso di presenza di *Festuca arundinacea*. A titolo indica un miscuglio di riferimento da utilizzare per gli inerbimenti di aree ricreative ed ornamentali.

7.6.5 Bilancio arboreo finalizzato alla compensazione delle emissioni di CO2

Dal punto di vista strettamente numerico il progetto prevede:

- **200 alberature da trapiantare** lungo la linea, che pur essendo interferenti con la linea verranno mantenute attraverso il trapianto;
- **434 alberature da abbattere**;
- **690 alberature di nuovo impianto**.

La tabella seguente riporta alberature esistenti, alberature da abbattere per interferenze con il progetto, nuove alberature e alberature che verranno mantenute attraverso il trapianto.

LS1	1/26					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Apl1	Acer platanoides "Crimson King"	6				
Aei	Aesculus hippocastanum	7				
Qurb	Quercus rubra	1				
Rp	Robinia pseudoacacia		2			
Pon1	Populus nigra "Italica"		1			
Uls	Ulmus sp		1			
Jr	Juglans regia		1			
Pra	Prunus avium		1	19		
Koe	Koelreuteria paniculata (policornica)			2		
Frar	Fraxinus angustifolia Raywood			48		
Lir	Liriodendron tulipifera			110		
Gb	Gingko biloba			21		
Pla	Platanus acerifolia			69		
Cel	Celtis australis			11		
	Formazione arboreo arbustiva		4480 mq	800 mq		
LS2	2/27					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI



Pna	Pinus pinea	8				
Thor	Thuia orientalis	4				
Moa	Morus alba		2			
Cdd	Cedrus deodara		2			
Cel	Celtis australis		2	6		
Ac	Acer campestre	6	1	7		
Ce	Cercis siliquastrum	2		5		
Fre	Fraxinus excelsior	6		6		
Ulm1	Ulmus campestris	3		6		
Apl	Acer platanoides		8	8		
Fs3	Fagus sylvatica "Purpurea"		1			
Glt1	Gleditschia triacanthos "Sunburst"		5	6		
Acn	Acer negundo		5			
Pni	Pinus nigra		3			
Apl1	Acer platanoides "Crimson King"		4			
Qurb	Quercus rubra		2			
Pla	Platanus acerifolia		6			
Ln	Laurus nobilis		5			
Oc	Ostrya carpinifolia		3			
Aia	Ailanthus altissima		3			
Prl	Prunus laurocerasus	2				
Prvs	Prunus virginiana Shubert			18		
Fro	Fraxinus ornus			3		
Tgc	Tilia cordata			6		
Acer	Acer rubrum			5		
LS3	3/28					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Uls	Ulmus sp	1				
Hib	Hibiscus syriacus		3			
Cup	Cupressus sempervirens	3				
Pna	Pinus pinea	2				
Thor	Thuia orientalis		2			
Tgc	Tilia cordata	1	1			
Tisp	Tilia sspp	12	5	2		16
Moa	Morus alba		1			
Agl	Alnus glutinosa	2				



Prvs	Prunus virginiana Shubert			14		
LS4	4/29					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Cb1	Carpinus betulus "Fastigiata"	4	14			
Pon1	Populus nigra "Italica"		6			
Tisp	Tilia sspp	18	5			38
Cel	Celtis australis		1			
Thor	Thuia orientalis		2			
Ac	Acer campestre		1			
Ole	Olea europea		1			
Che	Chamaerops excelsa		1			
Cdd	Cedrus deodara	1				
LS5	5/30					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Tisp	Tilia sspp	5				
Uisp	Ulmus sp		1			
Lir	Liriodendron tulipifera	5	5	3		
Ac	Acer campestre	2	8	8		
Apl	Acer platanoides	24	67	2		
Pych	Pyrus callieriana	4		1	16	16
Cb	Carpinus betulus		1	8		
AcS	Acer saccharinum	4	4			
Pla	Platanus acerifolia	9				
LS6	6/31					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Moa	Morus alba	1				
Apl	Acer platanoides	8	13	5		
Aps	Acer pseudoplatanus		1			
Cup	Cupressus sempervirens	1	1			
Prl	Prunus laurocerasus	1				
Eri	Eriobotrya japonica	1				
Qur	Quercus robur	7				
Pra	Prunus avium	2				



Cb	Carpinus betulus		3	9		
Acs	Acer saccharinum		5			
Pych	Pyrus callieriana	1				
Pna	Pinus pinea	1				
Mg1	Magnolia grandiflora		1			
Prt	Parrotia persica					1
Pych1	Pyrus callieriana "chanticlaire"			15		
LS7	7/32					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Cb	Carpinus betulus		4			
Lai	Lagestroemia indica	1		12	4	4
Pna	Pinus pinea	1				
LC1	8/33					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Cr2	Crataegus monogyna		1			
Apl	Acer platanoides	1				
Fra	Fraxinus angustifolia	2				
Fs	Fagus sylvatica	1				
Cdd	Cedrus deodara	1				
Prt	Parrotia persica	1				
Soj	Sophora japonica	1				
Apl1	Acer platanoides "Crimson King"	1				
Tax	Taxus baccata	1				
Qui	Quercus ilex	73	16	4		
Qur	Quercus robur	2				
Cup	Cupressus sempervirens	3				
Lai	Lagestroemia indica			2		
LC2	9/34					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Fro	Fraxinus ornus	1				
Qui	Quercus ilex	15	4	7		
Tax	Taxus baccata		1			
Cup	Cupressus sempervirens	2				



Pych1	Pyrus calleriana "chanticlaire"	4	3			
Prsp	Prunus sp	2	2			
Prsk	Prunus serrulata "Kanzan"	2		3		
Tisp	Tilia sspp	11				
Lir	Liriodendron tulipifera	3				
Cr2	Crataegus monogyna	32	7			
LC3	10/35					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Cel	Celtis australis	10				
Soj	Sophora japonica		15			
Acn	Acer negundo		9			
Prt	Parrotia persica				1	
Aei	Aesculus hippocastanum	9				
Plas	Platanus spp	3				
Pych1	Pyrus calleriana "chanticlaire"			22		
Gbf	Gingko biloba Fastigiata			3		
LC4	11/36					
LC5	12/37					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Tisp	Tilia sspp	4				
Li4	Ligustrum ovalifolium		17			
Qur	Quercus robur	1				
Qur1	Quercus robur "Fastigiata"	1				
Prca	Prunus caroliniana	4		17		
LC6	13/38					
LC7	14/39					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Qur	Quercus robur	1	1	2		
Prsp	Prunus sp		1			
Ulsp	Ulmus sp		1			
Prsp	Prunus cerasifera "Pissardii"		7			
Cec1	Cercis siliquastrum		2			



Qus	Quercus petraea			1			
Prfg	Prunus fruticosa Globosa				32		
LC8	15/40						
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI	
Tisp	Tilia sspp	62	10				
Cel	Celtis australis	1					
Cr2	Crataegus monogyna			6			
LC9	16/41						
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI	
Plas	Platanus spp	2					
Cr2	Crataegus monogyna	8					
Tisp	Tilia sspp	62	5	6			
LN1	17/42						
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI	
Plas	Platanus spp	75	11	12			
Moa	Morus alba		1				
Cb	Carpinus betulus	8					
Cb1	Carpinus betulus "Fastigiata"	1	2				
Uisp	Ulmus sp		1				
Prt	Parrotia persica						26
LN2	18/43						
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI	
Prt	Parrotia persica				56		42
Ac	Acer campestre	11		8			
Pra	Prunus avium	2	6				
Cupa	Cupressus arizonica		17				
Cdd	Cedrus deodara	4	7				
Cda2	Cedrus atlantica "Glauca"		1				
Pa	Picea abies		1				
Pna	Pinus pinea	6					
Dksp	Diospyros sp	1					
Cdi	Cedrus ibridae		1				



Cb	Carpinus betulus	3		8		
	Formazione arboreo arbustiva		270mq			
LN3	19/44					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Prt	Parrotia persica				12	
Cb	Carpinus betulus	4	2			
Ac	Acer campestre	1	1			
Tige	Tilia x europea	2	4			
Cda	Cedrus atlantica		1			
Cda2	Cedrus atlantica "Glauca"	1				
Fs	Fagus sylvatica	1				
Mg1	Magnolia grandiflora	2				
Plas	Platanus spp	3				
Tisp	Tilia sspp	2				
Cel	Celtis australis	8		2		
Pon	Populus nigra	1	1			
Ulspp	Ulmus sp	3				
Tgc	Tilia cordata			4		
Ulm1	Ulmus campestris			5		
LN4	20/45					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Apl	Acer platanoides	1				
Ln	Laurus nobilis		2			
Li7	Ligustrum lucidum		1			
Dy	Diospyros Kaki		1			
Aia	Ailanthus altissima	1				
Mg1	Magnolia grandiflora	1				
Tisp	Tilia sspp				24	
Frar	Fraxinus angustifolia Raywood			4		
LN5	21/46					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Tisp	Tilia sspp				30	



Apl	Acer platanoides	3				
Jr	Juglans regia		1			
Oc	Ostrya carpinifolia		1			
Frar	Fraxinus angustifolia Raywood			7		
Prca	Prunus caroliniana			22		
LN6	22/47					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Cb1	Carpinus betulus "Fastigiata"	5				
Qurb	Quercus rubra		12			
LN7	23/48					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Qurb	Quercus rubra		1			
Aps	Acer pseudoplatanus	1				
Pon	Populus nigra	1				
Pna	Pinus pinea	3				
Hib	Hibiscus syriacus	3			25	12
LN8	24/49					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Hib	Hibiscus syriacus	27				
Aps	Acer pseudoplatanus	5		3		
Lir	Liriodendron tulipifera	1				
Pon	Populus nigra		1			
Cel	Celtis australis	13	2	1		
Apl	Acer platanoides	9	6	3		
Che	Chamaerops excelsa	1				
Tisp	Tilia sspp	1				
Cdd	Cedrus deodara	5				
Qur	Quercus robur	2		4		
Fro	Fraxinus ornus	1				
Ulsp	Ulmus sp	2				
Plh	Platanus x hispanica	1				
Tige	Tilia x europea	9				
Qurb	Quercus rubra	5				



Acn	Acer negundo	1				
Cup	Cupressus sempervirens	3				
Cb	Carpinus betulus	5				
Ziz	Zyziphus sativa		3			
Pte	Pterocarya frassinifolia	2				
Ulm1	Ulmus campestris	1				
Qur1	Quercus robur "Fastigiata"	17				
Fre	Fraxinus excelsior	22			13	2
Cda2	Cedrus atlantica "Glauca"	3				
Cda	Cedrus atlantica	3				
Moa	Morus alba	1				
Pla	Platanus acerifolia	1				
Soj	Sophora japonica	3				
Lai	Lagestroemia indica			20		
LN9	25/50					
SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	N°ALBERI DA TRAPIANTARE	N°ALBERI TRAPIANTATI
Apl	Acer platanoides	12	2			
Prsp	Prunus sp	1				
Cel	Celtis australis	1	4			
Fre	Fraxinus excelsior	9			19	16
Cb	Carpinus betulus	6	2	3		
Cdd	Cedrus deodara		4			
Fam	Fraxinus americana		1			
Cb1	Carpinus betulus "Fastigiata"		6			
Uls	Ulmus sp		1			
Aps	Acer pseudoplatanus		1			
Ziz	Zyziphus sativa		1			
Eri	Eriobotrya japonica		1			
Acn	Acer negundo	1	2			
Acm	Acer saccharum	1				
Pon1	Populus nigra "Italica"	3				
Tilp	Tilia platyphyllos	5				
Li7	Ligustrum lucidum	8				
Tax	Taxus baccata	2				
Ole	Olea europea	1				



Plas	Platanus spp	8				
Jn	Juglans nigra	7				
Pon	Populus nigra	2				
Pni	Pinus nigra	2				
Cdi	Cedrus ibridae		1			
Cat	Catalpa bignoniodes	1				
Qurb	Quercus rubra	2				
Pra	Prunus avium	1				
Cda2	Cedrus atlantica "Glauca"	1	1			
Lir	Liriodendron tulipifera	1				
Bp	Betula pendula	1				
Thor	Thuia orientalis	1				
Tisp	Tilia sspp	1	1			
Fro	Fraxinus ornus			45		
		874	434	690	200	173

Tabella 3.bilancio arboreo

Un progetto di trasformazione urbana articolato e complesso richiede un bilancio arboreo che non si limiti al mero confronto numerico tra i soggetti abbattuti e quelli di nuovo impianto, ma che metta in correlazione i principali servizi ecosistemici offerti dagli alberi con l'obiettivo progettuale di accrescerne il valore.

Si è applicato al progetto delle opere a verde della prima linea tranviaria il modello BENEFITS (*Benefici Ecosistemi dell'infrastruttura Verde Urbana*) di "REBUS – Renovation of public Buildings and Urban Spaces", progetto sviluppato da Regione Emilia Romagna nell'ambito di REPUBLIC-MED – Retrofitting Public spaces in Mediterranean cities. Utilizzando le schede tecniche redatte da Qualiviva, nel 2017 nel corso dei laboratori del progetto REBUS promosso da Regione Emilia Romagna sono stati creati due fogli elettronici:

- BENEFITS_elenco specie.xlsx che riporta i dati inerenti alle caratteristiche estetiche, agli aspetti dimensionali, tolleranza alle condizioni di suolo, ai patogeni e agli stress biologici;
- BENEFITS_valutazione.xlsx permette di stimare la CO₂ potenzialmente assimilata e stoccata e gli inquinanti rimossi in funzione della specie arborea.

REBUS[®]
REnovation of public Buildings
and Urban Spaces

Nel presente progetto sono stati compilati i due fogli di calcolo BENEFITS per il calcolo il bilancio in termini di CO₂ potenzialmente assorbita annualmente e stoccata dagli alberi che verranno abbattuti, raffrontata alle prestazioni dei nuovi impianti a maturità, basandosi sulle procedure di calcolo della stima dell'anidride carbonica stoccata, assimilata e degli inquinanti rimossi ogni anno dalle piante, in funzione della specie arborea sviluppate dal progetto REBUS promosso da Emilia Romagna. I fogli di calcolo sono stati implementati per le specie non presenti nel foglio del progetto REBUS utilizzando i



parametri di specie con analoghe caratteristiche agronomiche ed ambientali oltre che botaniche e ornamentali.

7.6.5.1 Bilancio di CO₂ degli abbattimenti

Lungo l'area di intervento sono previsti **434 abbattimenti**. Si rimanda alle tavole di rilievo dello stato di fatto delle opere a verde per l'individuazione degli stessi.

Si riporta nelle tabelle seguenti l'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie esistenti nel presente progetto. Il calcolo evidenzia la compensazione anche in termini di capacità di stoccaggio e assorbimento di CO₂ delle alberature esistente da abbattere con i nuovi impianti a maturità previsti dal progetto.

NOME LATINO	N	Potenziale CO2 stoccata nuovo impianto (kg)	Potenziale CO2 assimilata nuovo impianto (kg/y)	TOTALE CO2 STOCCATA nuovo impianto (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA nuovo impianto (kg/y)	Potenziale CO2 stoccata esemplare maturo (kg)	Potenziale CO2 assimilata esemplare maturo (kg/y)	TOTALE CO2 STOCCATA esemplari maturi (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA esemplari maturi (kg/y)
<i>Acer campestre</i>	11	8	3	88	33	499	120	5489	1320
<i>Acer negundo</i>	16	8	3	128	48	499	120	7984	1920
<i>Acer platanoides</i>	96	8	7	768	672	1644	189	157824	18144
<i>Acer platanoides "Crimson King"</i>	4	8	7	32	28	1644	189	6576	756
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2	8	4	16	8	1644	215	3288	430
<i>Acer saccharinum</i>	9	8	7	72	63	1644	238	14796	2142
<i>Ailanthus altissima</i>	3	6	5	18	15	1631	219	4893	657
<i>Carpinus betulus</i>	12	8	4	96	48	1644	358	19728	4296
<i>Carpinus betulus "Fastigiata"</i>	22	8	4	176	88	1644	358	36168	7876
<i>Cedrus atlantica</i>	1	1	4	1	4	119	49	119	49
<i>Cedrus atlantica "Glauca"</i>	2	1	4	2	8	119	49	238	98
<i>Cedrus deodara</i>	13	1	4	13	52	119	49	1547	637
<i>Cedrus ibridae</i>	2	1	4	2	8	119	49	238	98
<i>Celtis australis</i>	9	6	5	54	45	3730	325	33570	2925
<i>Cercis siliquastrum</i>	2	2	2	4	4	140	18	280	36



<i>Chamaerops excelsa</i>	1	1	1	1	1	19	10	19	10
<i>Crataegus monogyna</i>	8	1	1	8	8	19	10	152	80
<i>Cupressus arizonica</i>	17	1	4	17	68	119	49	2023	833
<i>Cupressus sempervirens</i>	1	1	4	1	4	119	49	119	49
<i>Diospyros Kaki</i>	1	8	4	8	4	1644	358	1644	358
<i>Eriobotrya japonica</i>	1	2	3	2	3	160	52	160	52
<i>Fagus sylvatica "Purpurea"</i>	1	6	5	6	5	1631	219	1631	219
<i>Fraxinus americana</i>	1	3	2	3	2	1828	135	1828	135
<i>Gleditschia triacanthos "Sunburst"</i>	5	6	5	30	25	1631	219	8155	1095
<i>Hibiscus syriacus</i>	3	5	5	15	15	599	77	1797	231
<i>Juglans regia</i>	2	8	4	16	8	1644	358	3288	716
<i>Laurus nobilis</i>	7	4	3	28	21	79	26	553	182
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	17	5	5	85	85	599	77	10183	1309
<i>Ligustrum lucidum</i>	1	5	5	5	5	599	77	599	77
<i>Liriodendron tulipifera</i>	5	6	5	30	25	6918	436	34590	2180
<i>Magnolia grandiflora</i>	1	1	2	1	2	1996	164	1996	164
<i>Morus alba</i>	4	8	4	32	16	499	142	1996	568
<i>Olea europaea</i>	1	3	3	3	3	283	76	283	76
<i>Ostrya carpinifolia</i>	4	8	4	32	16	499	142	1996	568
<i>Picea abies</i>	1	1	1	1	1	845	105	845	105
<i>Pinus nigra</i>	3	1	4	3	12	119	49	357	147
<i>Platanus spp</i>	11	6	5	66	55	6918	436	76098	4796
<i>Platanus x acerifolia</i>	6	6	5	36	30	6918	436	41508	2616
<i>Populus nigra</i>	2	8	4	16	8	3606	599	7212	1198
<i>Populus nigra "Italica"</i>	7	8	4	56	28	3606	599	25242	4193
<i>Prunus sp</i>	3	5	5	15	15	599	77	1797	231
<i>Prunus avium</i>	7	5	5	35	35	599	77	4193	539
<i>Prunus cerasifera 'Pissardii'</i>	7	5	5	35	35	599	77	4193	539
<i>Pyrus callieriana chanticlaire</i>	3	6	8	18	24	412	84	1236	252
<i>Quercus ilex</i>	20	4	4	80	80	4068	226	81360	4520
<i>Quercus petraea</i>	1	6	5	6	5	6918	436	6918	436



<i>Quercus robur</i>	1	6	5	6	5	6918	436	6918	436
<i>Quercus rubra</i>	15	6	11	90	165	3730	349	55950	5235
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2	8	4	16	8	499	142	998	284
<i>Sophora japonica</i>	15	4	8	60	120	3606	599	54090	8985
<i>Taxus baccata</i>	1	2	2	2	2	500	79	500	79
<i>Thuia orientalis</i>	4	1	4	4	16	119	49	476	196
<i>Tilia spp</i>	26	4	8	104	208	3606	599	93756	15574
<i>Tilia cordata</i>	1	4	8	4	8	3606	599	3606	599
<i>Tilia x europaea</i>	4	3	3	12	12	3237	231	12948	924
<i>Ulmus sp</i>	5	6	5	30	25	3730	325	18650	1625
<i>Zyziphus sativa</i>	4	5	5	20	20	599	77	2396	308
	TOTALE PIANTE			CO2 STOCCATA NUOVO IMPIANTO	CO2 ASSIMILAT A NUOVO IMPIANTO			CO2 STOCCAT A PIANTE MATURE	CO2 ASSIMILAT A PIANTE MATURE
	434			kg	kg/y			kg	kg/y
				2488	2337			864.601	103.795

Tabella 4. Potenziale CO₂ stoccata ed assimilata da esemplari giovani o maturi da abbattere

VALORI DI OUTPUT		
	Quantità	Unità di misura
ALBERI GIOVANI	87	
CO2 STOCCATA NUOVO IMPIANTO	497,6	kg
CO2 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO	467,4	kg/y
PIANTE MATURE	347	
CO2 STOCCATA PIANTE MATURE	691680,8	kg
CO2 ASSIMILATA PIANTE MATURE	83036	kg/y
O3 ABBATTUTO	47,544	kg/y
NO2 ABBATTUTO	47,544	kg/y
SO2 ABBATTUTO	101,336	kg/y
PM 10 ABBATTUTE	54,912	kg/y
BILANCIO IN/OUT CO2		
emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11200	km
emissione media annua per la percorrenza	1344	kg/y
CO2 stoccata nuovo impianto	498	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	0,37	n
CO2 stoccata piante mature	691.681	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	514,64	n

Tabella 5. output del modello per gli abbattimenti

7.6.5.2 Bilancio di CO₂ dei nuovi impianti

Il progetto generale prevede **690 nuovi alberi** lungo la linea. Si rimanda alle tavole di progetto per l'esatta collocazione ed individuazione degli stessi.



Si riporta nelle tabelle seguenti l'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, per le nuove alberature.

Gli alberi trapiantati si ritengono ininfluenti sul bilancio in quanto verranno tutti recuperati.

NOME LATINO	N	Potenziale CO2 stoccata nuovo impianto (kg):	Potenziale CO2 assimilato a nuovo impianto (kg/y):	TOTALE CO2 STOCCATA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA (kg/y)	Potenziale CO2 stoccata esemplare maturo (kg)	Potenziale CO2 assimilato esemplare maturo (kg/y)	TOTALE CO2 STOCCATA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA (kg/y)
<i>Acer campestre</i>	23	8	3	184	69	499	120	11477	2760
<i>Acer platanoides</i>	18	8	7	144	126	1644	189	29592	3402
<i>Acer pseudoplatanus</i>	3	8	4	24	12	1644	215	4932	645
<i>Acer rubrum</i>	5	8	8	40	40	1644	211	8220	1055
<i>Carpinus betulus</i>	28	8	4	224	112	1644	358	46032	10024
<i>Celtis australis</i>	20	6	5	120	100	3730	325	74600	6500
<i>Cercis siliquastrum</i>	5	2	2	10	10	140	18	700	90
<i>Crataegus monogyna</i>	6	1	1	6	6	513	37	3078	222
<i>Fraxinus angustifolia</i> Raywood	59	3	2	177	118	1828	135	107852	7965
<i>Fraxinus excelsior</i>	6	3	2	18	12	1828	135	10968	810
<i>Fraxinus ornus</i>	48	3	2	144	96	972	59	46656	2832
<i>Ginkgo biloba</i>	21	8	4	168	84	3606	599	75726	12579
<i>Ginkgo biloba</i> Fastigiata	3	8	4	24	12	3606	599	10818	1797
<i>Gleditsia triacanthos</i> "Sunburst"	6	6	5	36	30	1631	219	9786	1314
<i>Koelreuteria paniculata</i>	2	5	5	10	10	599	77	1198	154
<i>Lagostroemia indica</i>	34	1	1	34	34	513	37	17442	1258



<i>Liriodendron tulipifera</i>	113	6	5	678	565	6918	436	781734	49268
<i>Platanus spp</i>	12	6	5	72	60	6918	436	83016	5232
<i>Platanus x acerifolia</i>	69	6	5	414	345	6918	436	477342	30084
<i>Prunus avium</i>	19	5	5	95	95	599	77	11381	1463
<i>Prunus caroliniana</i>	39	5	5	195	195	599	77	23361	3003
<i>Prunus fruticosa Globosa</i>	32	5	5	160	160	599	77	19168	2464
<i>Prunus serrulata "Kanzan"</i>	3	5	5	15	15	599	77	1797	231
<i>Prunus virginiana shubert</i>	32	5	5	160	160	599	77	19168	2464
<i>Pyrus calleryana</i>	1	6	8	6	8	412	84	412	84
<i>Pyrus calleryana "chanticlaire"</i>	37	6	8	222	296	412	84	15244	3108
<i>Quercus ilex</i>	11	4	4	44	44	4068	226	44748	2486
<i>Quercus robur</i>	6	6	5	36	30	6918	436	41508	2616
<i>Tilia spp</i>	8	4	8	32	64	3606	599	28848	4792
<i>Tilia cordata</i>	10	4	8	40	80	3606	599	36060	5990
<i>Ulmus campestris</i>	11	6	5	66	55	3730	325	41030	3575
TOT.	690			3598	3043			2.083.894	170.267

Tabella 6. Potenziale CO₂ stoccata ed assimilata dai nuovi impianti considerati esemplari giovani o maturi



VALORI DI OUTPUT		
	Quantità	Unità di misura
ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	690	
CO2 STOCCATA NUOVO IMPIANTO	3598	kg
CO2 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO	3043	kg/y
PIANTE MATURE	690	
CO2 STOCCATA PIANTE MATURE	2083894	kg
CO2 ASSIMILATA PIANTE MATURE	170267	kg/y
O3 ABBATTUTO	121,35	kg/y
N02 ABBATTUTO	121,35	kg/y
S02 ABBATTUTO	119,03	kg/y
PM 10 ABBATTUTE	143,03	kg/y
BILANCIO IN/OUT CO2		
emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11200	km
emissione media annua per la percorrenza	1344	kg/y
CO2 stoccata nuovo impianto	3.598	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	2,68	n
CO2 stoccata piante mature	2.083.894	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	1550,52	n

Tabella 7.output del modello per le nuove alberature

8. GEOLOGIA

Lo studio geologico effettuato a corredo del Progetto Definitivo raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti da:

- fonti bibliografiche
- indagini geognostiche pregresse, in particolare le indagini effettuate nel 2018 da Italferr consistenti in n° 3 sondaggi geognostici alla profondità di 30 m da p.c. e n°3 prove geofisiche MASW;
- indagini geognostiche effettuate nel 2022 in fase di PD, consistenti in n° 13 sondaggi geognostici di profondità compresa tra 15 e 30m, con esecuzione di prove in situ quali prove penetrometriche SPT e prove di permeabilità Lefranc, e n° 13 prove geofisiche MASW.

Nel dettaglio, la relazione geologica ha posto l'attenzione su:

- Inquadramento geografico;
- Inquadramento generale dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
- Descrizione delle indagini geognostiche pregresse;
- Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione.

A partire dalle risultanze dello studio geologico è stato svolto lo studio geotecnico, che sulla scorta dei valori riscontrati in sito e di quelli registrati nelle precedenti campagne di indagini, è arrivato a definire i terreni tipo di interesse geotecnico lungo il tracciato e i relativi parametri da utili ai successivi stadi progettuali.



Il dettaglio delle analisi è riportato negli elaborati specialistici di riferimento (BST2-PD-LG00-COM-GEO-R002-A1_relazione geotecnica), BST2-PD-LG00-COM-GEO-R001-A1_relazione geologica).

8.1 Generalità

Il territorio di Brescia è caratterizzato da un'ampia zona pianeggiante riconducibile ai depositi fluviali o fluvioglaciali trasportati dai corsi d'acqua e principalmente dal fiume Mella; il suo conoide alluvionale è costituito prevalentemente da depositi grossolani ghiaiosi e sabbiosi, a tratti limosi, che nella porzione orientale del territorio si fonde con i depositi fluvioglaciali del conoide del fiume Chiese. Nella porzione occidentale del territorio i depositi fluviali sono caratterizzati dalla presenza di una matrice prevalentemente argillosa-limosa.

La zona in prossimità dei rilievi collinari è caratterizzata dalla presenza in superficie di coltri limoso-argilloso derivanti dal dilavamento dei depositi eluvio-colluviali, mentre la fascia di raccordo tra la pianura e i versanti montuosi è caratterizzata dalla presenza di depositi eluviali e/o colluviali e da falde e coni di detrito, quest'ultimi costituiti da depositi composti da elementi rocciosi a spigoli vivi immersi in matrice limoso-argillosa più o meno abbondante. Infine, i rilievi montuosi presenti all'interno del territorio comunale di Brescia sono costituiti da rocce prevalentemente calcaree e stratificate di età mesozoica con la sola eccezione del colle della Badia caratterizzato da depositi clastici cementati di età miocenica.

La caratteristica strutturale più significativa a livello locale è rappresentata dal sovrascorrimento del M. Maddalena, con piano di dislocazione orientato NNE-SSW localmente disturbato da faglie trasversali, che ha portato i litotipi della Corna ad accavallarsi, scorrendo verso Est, sui litotipi più recenti ripiegati a costituire la struttura sinclinalica di Botticino Sera.

I litotipi del Medolo si spingono fino a ridosso del centro storico della città, in corrispondenza del Colle Cidneo e nell'area di Mompiano (M. San Giuseppe). Quest'area è interessata da deformazioni anticlinaliche e sinclinaliche con assi orientati in senso NE-SW. Le pendici nord-orientali del M. San Giuseppe vedono il passaggio stratigrafico alla formazione di Concesio.

Nella zona a Nord-Est del centro storico di Brescia, in corrispondenza del M. Picastello e M. Ratto, i depositi mesozoici costituiscono una serie monoclinale dritta con immersione verso Nord, mentre il Colle della Badia, a Sud-Ovest del M. Picastello, risulta modellato in depositi clastici conglomeratici miocenici; tali depositi poggiano in discordanza erosiva su litotipi marini mesozoici che costituiscono l'ossatura delle Prealpi Bresciane.

8.2 Sedimentologia del substrato

In linea generale, l'area oggetto di studio è costituita da una zona pianeggiante caratterizzata da depositi quaternari fluviali e fluvioglaciali, derivanti dall'azione dei corsi d'acqua e principalmente dal Fiume Mella. La fascia di raccordo tra la pianura ed i versanti montuosi è caratterizzata invece dalla presenza di depositi eluviali e/o colluviali, mentre i rilievi presenti all'interno del territorio sono costituiti da rocce prevalentemente calcaree e stratificate.

Il tracciato di progetto interagisce essenzialmente con i soli depositi quaternari e con la formazione del Medolo nella sola area del rilievo dominato dal Castello di Brescia.



I depositi quaternari sono generalmente costituiti da:

- *Depositi di riporto (Ri)*;
- *Depositi eluviali e/o colluviali (ec)*: Sono costituiti da sabbie e ghiaie a supporto di matrice limosa e argillosa, che a tratti può divenire predominante;
- *Depositi alluvionali antichi (at), recenti o attuali (aa) del Fiume Mella*: Depositi che costituiscono il vasto conoide alluvionale del Fiume Mella;
- *Alluvioni fluvioglaciali e fluviali (fg)*: Si tratta di depositi alluvionali più antichi associati alle alluvioni fluvioglaciali dai quali frequentemente risultano indistinguibili, costituiti da depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi con strato di alterazione superficiale argilloso, localmente ricoperti da coltre limosa.

Il *Gruppo del Medolo (MED)*, unità più diffusa sul territorio di Brescia, è costituito da calcari marnosi ben stratificati, talora con letti e noduli di selce, con intercalazioni più o meno abbondanti in marne, marne argillose o argilliti grigio-verdastre.

8.3 Analisi geomorfologica

Il territorio del Comune di Brescia è situato in corrispondenza dello sbocco nell'alta pianura lombarda della valle del F. Mella. Esso presenta un massimo altimetrico pari a circa 874 m s.l.m. in corrispondenza del rilievo del Monte Maddalena ed un minimo di circa 104 m s.l.m. in corrispondenza del confine meridionale, a sud della località Folzano.

Dal punto di vista morfologico si riconoscono i seguenti settori:

- il Fondovalle del F. Mella e la pianura, a morfologia pianeggiante, caratterizzato da fitta urbanizzazione tranne alcune aree agricole poste a sud dell'autostrada A4 e le aree estrattive localizzate nella porzione sud-orientale;
- la fascia di raccordo tra i versanti montuosi e il fondovalle caratterizzata da acclività variabile e da terrazzamenti antropici, spesso urbanizzati;
- i versanti montuosi che occupano i settori nord-orientali con il rilievo del M. Maddalena e nord-occidentali con i rilievi del M. Ratto e M. Picastello fino al Colle della Badia o di S. Anna, separati dal corso del F. Mella.

La carta geomorfologica a corredo del P.G.T. comunale evidenzia che il tracciato della tramvia non incontra particolari criticità, ricadendo prevalentemente nell'unità geomorfologica "stabile", costituita da "aree subpianeggianti o con blande ondulazioni del piano campagna", ad eccezione del tratto interessato dal rilievo Colle Cidneo – Castello nel centro storico, che appartiene all'unità geomorfologica "area coincidente con le pendici montuose modellate in roccia affiorante o subaffiorante, dotata di acclività da media a elevata", che è definita come "complessivamente stabile".

8.4 Idrogeologia

Il modello idrogeologico di riferimento per il Comune di Brescia, nel settore di pianura, è quello di un acquifero multifalda definito da tre principali unità granulari separate da depositi fini (AAVV, Geologia degli Acquiferi padani della Regione Lombardia, Regione Lombardia 2002):

- Unità ghiaioso – sabbiosa – Gruppo Acquifero A (Pleistocene Medio – Sup.)



I depositi alluvionali che caratterizzano in superficie il territorio sono costituiti prevalentemente da ghiaie con sabbia, più o meno limose, con potenza media di 30m da p.c. e permeabilità elevata.

- Unità Conglomeratica – Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio)
Più in profondità è presente l'unità conglomeratica, costituita da materiali conglomeratici, sabbiosi ed arenacei con intercalazioni argillose e ghiaiose. Questa unità si spinge fino a circa 100 m di profondità e rappresenta la principale roccia serbatoio, dalla quale emungono i pozzi pubblici e privati presenti nel comune di Brescia.
- Unità Argillosa Sabbiosa – Gruppo Acquifero C e D (Pleistocene Medio – Inf.)
L'ultimo acquifero è rappresentato dall'unità Villafranchiana, costituita da argille ed argille limose con intercalazioni ghiaiose o ghiaioso-sabbiose e rare lenti torbose. Rinvenibile sino alla massima profondità di 170-200 m dal piano campagna.

In linea generale, il percorso tranviario, attraversa prevalentemente depositi ascrivibili al gruppo acquifero A che può ospitare falde libere più o meno protette. La permeabilità, mediamente elevata o molto elevata è comunque variabile in funzione della granulometria e del grado di cementazione e può risultare localmente molto ridotta in superficie, per via della presenza di coltri di alterazione argillose o di coperture di natura limosa.

9. GEOTECNICA

A partire dalle risultanze delle campagne di indagine è stato possibile definire il modello geotecnico del terreno lungo il tracciato, e i relativi parametri geotecnici da adottare per la progettazione delle opere.

I dettagli della caratterizzazione geotecnica sono riportati nell'elaborato specifico di riferimento (BST2-PD-LG00-COM-GEO-R002-A1_relazione geotecnica).

9.1 Modello geotecnico del terreno

Sono state individuate 4 principali Unità Geotecniche: UG1, UG2, UG3 e UG4, descritte nella tabella seguente.

Strato	Unità Geotecnica	Descrizione generale	Spessore massimo misurato (m)
Terreno di riporto	-	Limo sabbioso con ghiaia, sabbia e inclusi eterometrici	2
Sabbia limosa	UG1	Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli	8
Ghiaia sabbiosa	UG2	Ghiaia a tratti sabbiosa, con ciottoli	15

Sabbia limosa	UG3	Sabbia da debolmente limosa a limosa, a tratti argillosa, con ghiaia e ciottoli	22
Argilla	UG4	Argilla limosa addensata e limo argilloso	5

9.2 Livello di falda

Il livello di falda si attesta tra 110-115 m s.l.m. nel lotto Sud e tra 130-135 m s.l.m. nel lotto Nord.

9.3 Categoria di sottosuolo

Le prove geofisiche hanno consentito di determinare il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq,30}$, alla quale sono associate le diverse categorie di sottosuolo. Per dettagli si rimanda alla Relazione sismica (BST2-PD-LG00-COM-GEO-R005-A1-A). Le categorie di sottosuolo da adottare nella progettazione delle varie opere sono elencate nella tabella seguente.

Opera	Descrizione	Categoria sottosuolo (NTC2018)
ST01	Deposito Fiera	C
ST02	Parcheggio multipiano Fiera	C
ST03	Ponte su tangenziale	C
ST04	Ponte su fiume Mella	C
ST05	Passerella ciclabile su fiume Mella	C
ST06	Ponte tangenziale Fiera	B
ST07	Parcheggio stazione	C
ST08	Parcheggio Fossa Bagni	C
ST09	Rimessa ferroviaria Pendolina	B
ST11	Deposito Bicilette stazione	C
ST12	Sottostazioni elettriche	C
ST13	Fermate tram	C

9.4 Sintesi dei parametri geotecnici di tutte le Unità Geotecniche

Nella tabella seguente si sintetizzano i valori dei parametri geotecnici per tutte le Unità Geotecniche intercettate.



PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	CAMPO DI VARIABILITÀ			
		UG1	UG2	UG3	UG4
Peso dell'unità di volume	γ (kN/m ³)	19	19	19	20
Angolo di attrito	ϕ (°)	30 ÷ 32	34 ÷ 36	30 ÷ 32	22 ÷ 24
Coesione efficace	c' (kPa)	0	0	0	5 ÷ 15
Coesione non drenata	c_u (kPa)	-	-	-	100 ÷ 150
Modulo operativo di deformabilità	E' (MPa) = 1/10 di E_0	15 ÷ 20	30 ÷ 40	20 ÷ 30	15 ÷ 20
	E' (MPa) = 1/5 di E_0	30 ÷ 40	60 ÷ 80	40 ÷ 60	30 ÷ 40
Modulo di Young non drenato	E_u (MPa)	-	-	-	40 ÷ 60
Coefficiente di permeabilità	k (m/s)	$10^{-4} \div 10^{-5}$	$10^{-1} \div 10^{-3}$	$10^{-4} \div 10^{-5}$	$10^{-8} \div 10^{-9}$

9.5 Indagini integrative

In sede di progetto esecutivo dovrà essere valutata la necessità di procedere con approfondimenti specifici di natura attuativa, con lo scopo di investigare i terreni interessati dalle opere d'arte principali (depositi, viadotti, locali tecnologici di linea) e mirata ad integrare le informazioni già acquisite, approfondendo aspetti della caratterizzazione geotecnica potenzialmente rilevanti per l'esecuzione delle opere. Oltre all'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo ed ulteriori analisi di laboratorio, si ritiene determinante l'estensione del monitoraggio periodico dei livelli idrici all'interno dei fori di sondaggio attrezzati a piezometro, per la verifica delle oscillazioni del livello di falda di progetto.

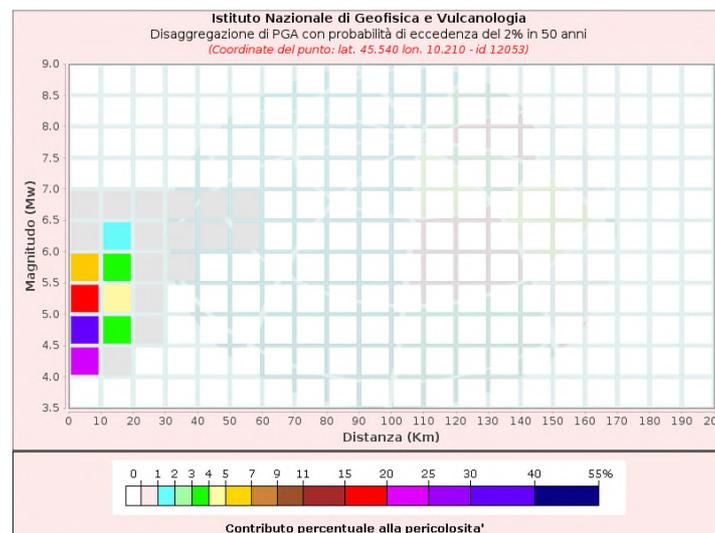
10. SISMICA

10.1 Dati sismotettonici

L'accelerazione di picco a_{max} da approccio probabilistico (e quindi relativa ad un certo TR) è il risultato non di un singolo valore di magnitudo ma del contributo delle differenti magnitudo che concorrono

alla pericolosità di un sito. Per la determinazione della Magnitudo rappresentativa dell'area in esame, si è fatto ricorso al metodo della disaggregazione di $a(g)$. Questo metodo consente di definire il contributo alla pericolosità di un sito di diverse sorgenti sismogenetiche a distanza D capaci di generare terremoti di magnitudo M . In altri termini il processo di disaggregazione in $M-D$ fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza D dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

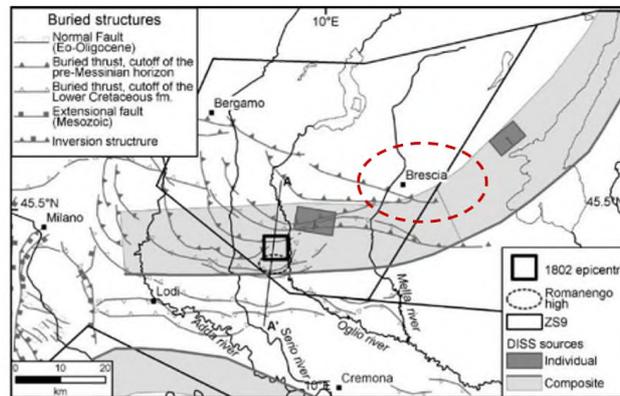
È stata eseguita la disaggregazione calcolando i valori di magnitudo e distanza epicentrale relativamente all'area in esame. La figura seguente mostra i risultati ottenuti. Come è evidente, i maggiori contributi alla magnitudo si concentrano in corrispondenza di una distanza epicentrale di 0-10 km e negli intervalli di M_w compresi tra $4.0 \div 4.5$, $4.5 \div 5.0$, e $5.0 \div 5.5$ (rispettivamente 23.2%, 37.7% e 17.3%). Il valore medio di M_w risulta pari a 4.9.



10.2 Sorgenti sismogenetiche

Le sorgenti sismogenetiche dell'area di progetto sono state valutate mediante la consultazione del Database of Individual Seismogenic Sources - DISS (Basili et al., 2008; DISS Working Group, 2015).

Nell'area di Brescia, come mostrato nella figura seguente, è presente un sistema composito di faglie inverse, generalmente orientate W-E e NW-SE, caratterizzate da una massima magnitudo nel range $5.9 \div 6.9$ Mw.



10.3 Dati sismologici storico-inventariali

Per la definizione della sismicità storica dell'area di progetto è stato consultato il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016). La figura seguente riporta gli eventi sismici registrati nel comune di Brescia. L'esame della storia sismica, nel catalogo, evidenzia che il massimo risentimento nell'area in esame con $I_s=8$ MCS, è stato raggiunto in occasione dei terremoti del 1065 e del 1222. È stato inoltre registrato un evento di intensità 7 MCS, 3 eventi di intensità circa 6MCS, mentre tutti gli altri terremoti registrati mostrano un'intensità tra 3 e 5 MCS.

11. IDROLOGIA E IDRAULICA

Le aree di intervento ricadono all'interno del distretto dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, che costituisce quindi l'ente di riferimento per la pianificazione e la programmazione delle risorse idriche. In particolare, i territori del Comune di Brescia interessati dallo studio rientrano nel sottobacino del Fiume Mella, affluente a sua volta del Fiume Oglio.

Gli strumenti di pianificazione e gestione del territorio dal punto di vista idraulico degli enti competenti (Autorità di Bacino, Distretto idrografico, Consorzi di bonifica e Comune) hanno permesso un'analisi dell'area di studio attraverso la mappa dei rischi idraulici cui esso è attualmente esposto e indicano una serie di norme al fine di ridurre le vulnerabilità esistenti. In particolare, al fine del presente studio sono stati quindi considerati il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI), il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e il regolamento di polizia idraulica del Comune di Brescia.

L'analisi idrologica-idraulica per il presente intervento è stata condotta dapprima attraverso uno studio della cartografia e della topografia al fine di individuare le principali interferenze con l'idrografia superficiale. Successivamente, a partire dai parametri pluviometrici indicati da ARPA Lombardia, sono state calcolate le altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno che, in seguito alla perimetrazione delle aree drenanti sottese e all'individuazione dei relativi recapiti, hanno permesso il calcolo delle portate di progetto per la verifica dei manufatti idraulici (per i dettagli si consulti la relazione idrologica BST2-PD-LG00-COM-GEO-R006-A1).

In particolare, sono stati considerati eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni, descritti dalla curva di possibilità pluviometrica con parametri:

$$a = 55.5 \text{ mm/h}$$



n=0.2775 (0.5 per eventi di durata inferiore all'ora)

Per quanto riguarda le interferenze con il reticolo idrografico, il tracciato di progetto, in gran parte coincidente con la sede della rete stradale esistente, intercetta il reticolo idrico minore di competenza comunale in numerosi tratti già completamente tombati. In generale quindi, non sono previsti nuovi interventi di tombinamento, ma solamente di adeguamento dei manufatti esistenti laddove le quote altimetriche non risultano compatibili con il ricoprimento necessario per l'intervento in oggetto. In questi casi sono stati quindi dimensionati tombini scatolari con sezione idraulicamente equivalente per garantire sia il corretto deflusso delle portate stimate sia la corretta installazione dell'armamento tramviario. Per quanto riguarda il reticolo principale invece, il tracciato di progetto attraversa il Fiume Mella sul viadotto di via Volturmo e il Torrente Garza in corrispondenza di via XX Settembre e via Trento, in tratti già tombati, e lungo via Leonardo da Vinci, in affiancamento a un tratto a cielo aperto, senza interessarlo direttamente. L'intervento in oggetto non modificherà l'attraversamento del fiume Mella, che risulta idraulicamente verificato, mentre per i tratti interferenti con il torrente Garza verrà adottata la medesima procedura del reticolo idrico minore.

Il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche destinate al drenaggio delle acque meteoriche dalle superfici di intervento sono stati condotti nel rispetto del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)", con particolare attenzione ai requisiti indicati dai Criteri Ambientali Minimi.

Gli interventi in oggetto prevedono quindi, dove possibile, l'impiego di pavimentazioni permeabili o semi-permeabili, al fine di preservare gli equilibri idrologici di ricarica della falda e non aggravare il contributo affluente al reticolo esistente ricettore.

Nelle aree dei depositi, è stato privilegiato, a valle della laminazione valutata secondo la normativa dell'invarianza idraulica, uno smaltimento mediante infiltrazione, dove le prove di permeabilità ne hanno confermato la possibilità, seguendo le indicazioni del regolamento regionale e comunale che favoriscono questa modalità. Sono inoltre stati previsti impianti di depurazione e disoleazione delle acque di prima pioggia (ovvero relative ai primi 5 mm di ogni evento di pioggia indipendente, uniformemente distribuiti sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta dalle acque meteoriche) provenienti da superfici scolanti soggette a inquinamento (strade carrabili, parcheggi). Quelle non soggette a inquinamento (aree pedonali, coperture, ecc) saranno invece convogliate direttamente nella rete di drenaggio e successivamente in vasche di raccolta, così come quelle depurate, per essere riutilizzate a scopo irriguo o per l'alimentazione delle cassette di accumulo dei servizi igienici.

In particolare, per quanto riguarda il Deposito Principale Fiera, che genera complessivamente i contributi più rilevanti, le acque meteoriche relative alle aree esterne saranno completamente inviate a impianti di trattamento di prima pioggia prima di essere infiltrate nel sottosuolo. Il contributo relativo alle coperture degli edifici invece verrà raccolto mediante una rete completamente separata e parzialmente riutilizzato per fini irrigui (apporto meteorico proveniente dagli edifici D01, D02, D03, D04, D06, per un totale di circa 326 l/s di picco per l'evento meteorico di progetto); la parte relativa alle altre coperture verrà invece convogliata verso il sistema di infiltrazione, per non gravare sul reticolo idrico minore e la rete fognaria esistente.



Il sistema di smaltimento delle fognature nere dei singoli edifici confluirà in una apposita rete che percorre tutta l'area di intervento, dimensionata considerando cautelativamente le portate massime scaricabili da ciascun elemento contemporanee e velocità nelle condotte tali da garantire i criteri di autopulizia. I contributi riportati nella tabella seguente confluiranno, attraverso due rami principali, uno più a nord (relativo agli edifici D01, D02, D03, D05, D06) e uno più a sud (per gli edifici D04, D07), in una vasca di sollevamento posta al limite orientale dell'area di intervento. Tale soluzione si rende necessarie per l'incompatibilità altimetrica della rete di fognatura mista esistente al di là della tramvia di progetto.

Tabella 8. Elenco degli scarichi acque nere dei singoli edifici

EDIFICIO	portata alla rete acque nere (l/s)
D01 + D03	6.16
D02	5.1
D04	1.9
D05	5.4
D06	5.18 + 4
D07	0.63
TOTALE	28.4

L'allacciamento alla rete fognaria del contributo totale avverrà quindi mediante impianto di sollevamento che scaricherà in un opportuno pozzetto di calma per la decompressione, seguito da un eventuale pozzetto di campionamento degli scarichi e un pozzetto con sifone tipo "Firenze" finale di connessione con la condotta esistente.

Infine, le opere relative al drenaggio della piattaforma includono sia l'adeguamento del sistema di smaltimento delle viabilità esistenti che subiranno modifiche per l'inserimento della tramvia, sia il drenaggio della sede tramviaria vera e propria, per i tratti in sede riservata. Trattandosi di opere relative a interventi di potenziamento stradale che non comportano significativi aumenti della superficie impermeabile, queste risultano escluse dall'applicazione della normativa dell'invarianza idraulica (art. 3, comma 3, lettera c del regolamento regionale 23 novembre 2017, n.7).

Il sistema di drenaggio stradale esistente risulta prevalentemente costituito da caditoie carrabili o bocche di lupo che convogliano le acque meteoriche alle condotte del reticolo esistente, in gran parte costituito da una rete di fognatura mista. In accordo con gli enti interessati quindi, si procederà al ripristino della configurazione attuale, adeguando la posizione delle caditoie alla nuova sistemazione superficiale e riallacciandole alla rete esistente.



Il sistema di raccolta della linea di progetto sarà costituito principalmente da canalette in calcestruzzo trasversali con griglia in ghisa sferoidale ad interasse di 25 m, che allontanano le acque dalla piattaforma e le convogliano in un pozzetto d'ispezione adiacente alla sede tramviaria. Dal pozzetto le acque vengono collegate ad un collettore di progetto che corre parallelo alla sede tramviaria e che recapita le acque raccolte nella pubblica fognatura, tramite pozzetti esistenti o di progetto, oppure, solo se questa non risulta compatibile o esistente, nel reticolo secondario.

Poiché il tracciato di progetto è in gran parte coincidente con la sede della rete stradale esistente senza aumentare significativamente l'entità delle superfici scolanti, tale approccio permette di gestire correttamente i deflussi della nuova piattaforma tramviaria, l'adeguamento e il ripristino della situazione attuale, senza aggravare il contributo afferente al sistema di smaltimento esistente.

12. ARCHEOLOGIA

12.1 Introduzione

Sulla base dell'importante lavoro di raccolta dei dati già realizzato nell'anno 2018, per la conduzione delle indagini archeologiche si sono considerati ulteriori dati di aggiornamento riferiti anche alle nuove indagini di sorveglianza archeologica realizzate sui saggi ambientali e sui sondaggi geologici eseguiti recentemente lungo il tracciato in progetto.

12.2 Metodologia di indagine

Lo studio ha preso avvio da un'accurata ricerca bibliografica, tenendo conto di quanto pubblicato sia in formato cartaceo sia in formato digitale, facendo riferimento tanto ai database di settore quanto ai documenti ufficiali redatti e resi fruibili dagli enti territoriali. I dati così raccolti, relativi sia alle presenze archeologiche che ad eventuali vincoli, sono stati integrati con ricerche d'archivio, con lo studio delle carte topografiche storiche e contemporanee e con i risultati dell'analisi delle foto aeree.

I dati raccolti sono stati rappresentati nella Carta delle presenze Archeologiche (cfr. Carta delle presenze archeologiche e dei vincoli, scala 1:10000 - codifiche BST2-PD-LG00-COM-IAR-T001-A1-A, BST2-PD-LG00-COM-IAR-T002-A1-A e BST2-PD-LG00-COM-IAR-T003-A1-A) nella quale sono stati riportati tutti i siti archeologici e le segnalazioni. In ottemperanza a quanto prescritto dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio competente per la provincia di Brescia lo studio ha interessato un areale di 100 metri per lato rispetto alla linea in progetto, per una superficie complessiva di circa 2,5 km quadrati. Lo studio bibliografico/documentario è stato arricchito dalle osservazioni derivanti dalla ricognizione sul terreno limitata alle poche zone ricognibili in area extraurbana. Le osservazioni e la cartografia legate alla ricognizione sul territorio sono state oggetto di una documentazione specifica (cfr. Relazione e carte della ricognizione e della visibilità dei suoli - codifica BST2-PD-LG00-COM-IAR-R003-A1-A e BST2-PD-LG00-COM-IAR-T020/T035-A1-A), completa di schede di ricognizione (codifica BST2-PD-LG00-COM-IAR-R003-A1-A). Nell'ambito dello stesso areale è stata elaborata la carta del rischio relativo (cfr. Carta del rischio archeologico relativo, scala 1:1000 - codifica BST2-PD-LG00-COM-IAR-T004/T019-A1-A).

Ricerca bibliografica



Per la ricerca bibliografica è stata innanzitutto consultata la *Carta Archeologica della Lombardia – Brescia. La città* (CALBS 1995), integrando poi con alcune pubblicazioni che, partendo dall’analisi di particolari contesti archeologici e architettonici cittadini (cfr. a esempio Brogiolo et al 2005 (a cura di), *Dalle domus alla corte regia*), hanno colto l’occasione per fare il punto dello stato delle ricerche; ulteriori informazioni sono state reperite dai volumi del Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia (NSAL) e dalle rassegne di storia locale, quali *Brixia Sacra e i Commentari dell’Ateneo di Brescia*. Si includono nella consultazione opere di più ampio respiro, che hanno preso in esame la città e il territorio di Brescia nel contesto lombardo quali *Archeologia Urbana in Lombardia*, per l’inquadramento generale delle problematiche archeologiche dell’area.

Ricerca d’archivio

Per i dati di archivio sono stati in primo luogo esaminati i database del MiBACT, in particolare il sistema VIR (<http://vincoliinrete.beniculturali.it>). La pertinenza e la completezza dei dati è stata poi integrata con i dati degli Archivi storico e corrente della Soprintendenza Archeologia belle arti e paesaggio per le province di Bergamo e Brescia. Ricadono all’interno dell’area oggetto di studio i vincoli della Rotonda (o Duomo Vecchio), Piazza del Duomo e del Credito Agrario Bresciano: di questi solo il vincolo sul Duomo Vecchio in stratta adiacenza al tracciato dell’opera a progetto, sul lato orientale di Via Mazzini, tra la pk 5+514 e 5+575.

Cartografia e documentazione aerofotogrammetrica

La cartografia consultata per la redazione del presente studio afferisce a due tipologie di strumenti: la cartografia storica e la cartografia ufficiale vigente su scala nazionale e regionale.

Per quanto riguarda la cartografia storica sono stati consultati: il secondo volume de *Il Volto Storico di Brescia* (1978); per l’analisi del tessuto urbanistico della città di Brescia, la mappa dell’Archivio di Stato di Torino (metà del XVI), attribuita all’Autore Verde (disegnatore di una serie di tavole appartenute a Emanuele Filiberto di Savoia ora all’archivio torinese, caratterizzate dal verde intenso che circonda le città rappresentate); la descrizione del territorio bresciano di Leone Pallavicino (1978) per l’area suburbana; i Catasti ottocenteschi; la Carta Topografica dell’Istituto Topografico Militare del Regno Lombardo Veneto (1833); la cartografia dell’Istituto Geografico Militare.

La cartografia pubblica più recente e accurata consultata per questa analisi è rappresentata dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia in scala 1:10000, edita nel 1981 e aggiornata nel 1994 e tra 2007 e 2009 e fornita in download dal Geoportale della Regione Lombardia. Ulteriori informazioni sono state desunte dai visualizzatori di immagini aerofotografiche e satellitari disponibili presso il Geoportale Nazionale del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e il Geoportale della Regione Lombardia.

Inquadramento geo-morfologico

Il nucleo più antico della città di Brescia si è sviluppato sul Colle Cidneo, la propaggine orientale del “Medolo”, una formazione costituita diverse varietà di calcari più o meno marnosi, con letti e noduli di selce e con intercalazioni di marne, di formazione Giurassica, che si sovrappone, a est, alla formazione più antica detta “Corna”, formata da calcari compatti, bianco avorio, in grosse bancate (Marmo di Botticino). I rilievi a est (zona della Badia e di Colle Beato) sono di origine più recente, risalente alle fasi più recenti al Miocene (Conglomerato di Montorfano). Ai piedi dei rilievi si è



accumulata, nelle epoche successive, una coltre detritica, che ne caratterizza le pendici e che assume spesso la morfologia di veri e propri conoidi. La maggior parte dell'area è dominata invece dalle formazioni di pianura, quaternarie, di origine fluvioglaciale e fluviale. Sono di formazione fluvioglaciale i depositi dell'area orientale, a est di Lamarmora, da alcuni ritenuti più antichi, pertinenti alle formazioni definite di alta pianura, e quelli a margine dell'attuale corso del fiume Mella, che sono riconoscibili in due ampie fasce nord-sud ai piedi del Cidneo e di Collebeato (media pianura) successivamente coperte dalle alluvioni del fiume Mella.

Inoltre, nell'ambito della progettazione definitiva, è stata realizzata una campagna di indagine geognostica ed ambientale mirata a qualificare e quantificare i numerosi parametri di natura litostratigrafia, geotecnica ed idrogeologica, dei terreni sottostanti il nuovo tracciato viario. Per tali indagini è stata effettuata l'attività di sorveglianza archeologica, così come richiesto dalla competente Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Bergamo e Brescia. Tale attività è finalizzata alla tutela di eventuali interferenze dei saggi e sondaggi ambientali e geologici programmati con eventuali livelli o strutture d'interesse archeologico presenti nel sottosuolo e, inoltre, utile al rilevamento della loro relativa profondità dal piano di calpestio attuale permettendo, là dove ad esito positivo, una migliore definizione dal punto di vista dell'ambiente di formazione delle unità stratigrafiche di riferimento, soprattutto nell'individuazione dei livelli antichi di frequentazione antropica, dei reciproci rapporti stratigrafici e sedimentologici tra i sostrati individuati e del loro significato dal punto di vista della potenzialità archeologica desunta.

Per i dettagli relativi alle risultanze di tale attività si rimanda all'elaborato BST2-PD-LG00-COM-IAR-R001-A1-A.

12.3 Attività di survey

La ricognizione è stata svolta contemporaneamente alle ricerche catastali, bibliografiche e d'archivio, ed è stata eseguita in maniera sistematica; sono state prese in considerazione tutte le aree accessibili e non urbanizzate, con particolare attenzione all'area del Mella.

La ricognizione di superficie è stata svolta da un unico operatore con la tecnica del field walking, verificando nella loro interezza i fondi accessibili compresi anche solo parzialmente all'interno della fascia prevista. In alcuni casi, l'identità di condizione/visibilità/coltura tra più fondi finitimi ha permesso la registrazione di U.R. composte da più terreni.

Le informazioni dell'unica Unità di Ricognizione (= U.R.) individuata nel corso dell'attività di survey sono contenute nelle Schede descrittive delle presenze archeologiche (codifica BST2-PD-LG00-COM-IAR-R004-A1-A), corredate della relativa documentazione fotografica.

Tali schede (BST2-PD-LG00-COM-IAR-R003-A1-A) sono articolate in due sezioni – una contenente informazioni sulle U.R. e l'altra sulle presenze archeologiche – non necessariamente collegate fra loro (ad es. nel caso di siti individuati al di fuori delle aree interessate dall'attività di survey). Il database è stato suddiviso pertanto in due tabelle principali relazionate tra di loro: in questo modo da ogni singola scheda di U.R. si evince immediatamente quali siti sono contenuti in essa e, viceversa, nella scheda della singola presenza, quale è la U.R. contenente il record in oggetto.

In base ai risultati dell'attività di ricognizione del territorio è stata redatta la Carta della ricognizione e della visibilità dei suoli, composta da 16 tavole (codifica BST2-PD-LG00-COM-IAR-T020/T035-A1-A).



L'attività di ricognizione ha portato alla schedatura di una sola unità di ricognizione, che non ha restituito evidenze archeologiche e che rappresenta un reliquiato lungo la sinistra orografica del Mella: l'appezzamento si presenta come un prato fitto, coltivato ad erba medica, come accade di frequente negli ambienti urbani.

13. INTERFERENZE

13.1 Sottoservizi

La costruzione di una linea tramviaria in un contesto urbano consolidato deve misurarsi con diverse problematiche che possono essere di tipo tecnico, sociale, ambientale, gestionale ed altri: 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 tramvia 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 tramviaria; 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 tramviario, 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 tramvia 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 tramvia. Nello specifico per la progettazione della linea tramviaria si è proceduto inizialmente acquisendo dal Comune di Brescia e dagli Enti Gestori dei sottoservizi le cartografie delle reti di pertinenza.

Inoltre, le aree più critiche, per la presenza di infrastrutture di grande rilevanza e/o di contraddizioni nelle cartografie dei diversi Enti Gestori, sono state indagate con l'ausilio di strumentazione georadar biantenna che ha consentito di rilevare la presenza e la posizione delle tubazioni in tali aree di interesse.

Infine, avendo la necessità di investigare alcune aree di maggiore complessità e di conoscere, in maniera più precisa possibile l'andamento altimetrico delle fognature interferenti (essendo queste condotte a gravità), ci si è avvalsi di ditta specializzata per l'apertura e il rilievo a vista dei pozzetti di maggior interesse.

Lo studio delle cartografie degli Enti, integrato con i rilievi e le indagini effettuate, ha consentito di individuare interferenze longitudinali e trasversali con le seguenti infrastrutture:

Reti trasporto fluidi

- Fognature e acquedotti
- Gasdotti BP, MP



- Oleodotto

Reti telefonia e energia

- Cavi elettrici BT e MT
- Infrastrutture telefoniche
- Cavi elettrici Alta Tensione

Si rimanda alla relazione tecnica specialistica per una trattazione completa e puntuale delle interferenze rilevate per le quali si è proceduto a progettarne la risoluzione, evidenziando sin d'ora la necessità di effettuare alcune lavorazioni per la risoluzione delle interferenze in specifici periodi dell'anno (ad esempio il teleriscaldamento che può essere disattivato nei mesi da maggio a ottobre).

Si rimanda, ulteriormente, alla relazione tecnica specialistica per dare evidenza dell'attività di confronto svolta con gli Enti gestori, nonché delle particolarità e delle criticità riscontrate.

13.2 Reticolo idraulico secondario

Il tracciato di progetto, in gran parte coincidente con la sede della rete stradale esistente, intercetta in numerosi tratti, già completamente tombati il reticolo idrico minore di competenza comunale. In generale quindi, non sono previsti nuovi interventi di tombinamento o un loro prolungamenti, ma solamente di adeguamento dei manufatti esistenti laddove le quote altimetriche non risultano compatibili con il ricoprimento necessario per l'intervento in oggetto. In questi casi, a partire dalle informazioni del rilievo effettuato e dai fogli della cartografia del 1972, sono stati quindi dimensionati tombini scatolari con sezione idraulicamente equivalente per garantire sia il corretto deflusso delle correnti stimate, sia la corretta installazione dell'armamento tramviario. Di seguito è riportato il censimento delle interferenze idrauliche individuate.

Tabella 9. Elenco delle interferenze sul reticolo idrico minore

INTERFERENZA	DENOMINAZIONE
IN01	Roggia Fiumicella
IN02	Ramo irriguo
IN03	<i>canale secondario</i>
IN04	Vaso irriguo
IN05	Vaso Fiume Grande Inferiore
IN06	Vaso Fiume Grande Inferiore
IN07	Vaso Fiume Grande Inferiore



IN08	Vaso Garzetta delle Fornaci
IN09	Vaso Fossetta Canalone
IN10	Vaso Fossetta Canalone
IN11	Vaso Fossetta Canalone
IN12	<i>canale secondario</i>
IN14	Vaso Fossetta Canalone
IN15	Vaso Fossetta Canalone
IN16	<i>canale secondario</i>
IN17	Vaso Dragone
IN18-A/B	Vaso Garzetta di San Zeno
IN19	Garza
IN20	Vaso Molin del Brolo
IN21-A/B	Vaso Celato
IN22	Torrente Garza
IN23	Vaso Bova
IN24	Vaso Fiume Grande Superiore
IN25	<i>canale secondario</i>
IN26	Roggia Uraga
IN27	Roggia Porcellaga
IN28	<i>canale secondario</i>
IN29	Roggia Uraga
IN30	Roggia Porcellaga
IN31	Roggia Porcellaga
IN32	Roggia Porcellaga



14. STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE

Lo Studio di Fattibilità Ambientale e lo Studio Preliminare Ambientale sono stati redatti nell'ambito del Progetto Definitivo riferito alla realizzazione della rete tramviaria di Brescia.

L'obiettivo di tali studi risiede nell'identificazione e nella stima degli effetti ambientali significativi determinati dall'opera in progetto, nella fase di cantiere e di esercizio.

Il documento è stato impostato tramite una struttura comprendente:

- inquadramento del progetto in termini di motivazioni e di descrizione delle sue caratteristiche;
- localizzazione del progetto sia in relazione al contesto pianificatorio e programmatico che in relazione alle caratteristiche ambientali delle aree interessate;
- analisi delle caratteristiche dell'impatto potenziale.

ed è stato pertanto articolato nelle seguenti parti:

- principali caratteristiche dell'intervento, di cui alla progettazione definitiva, ai cui elaborati si rimanda per una più completa ed approfondita trattazione;
- esame dei principali riferimenti pianificatori, programmatici, vincolistici e normativi, per l'esame di eventuali disallineamenti o incompatibilità tra le previsioni del progetto in analisi e le linee strategiche dei piani sovraordinati;
- ricostruzione dello stato attuale delle componenti ambientali, delle problematiche 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. Per l'individuazione degli impatti è stata predisposta una matrice, impostata mettendo in relazione gli interventi previsti con le componenti ambientali. A partire dall'individuazione e dall'analisi degli impatti, sono delineate le principali misure di mitigazione e il giudizio di compatibilità dell'opera;
- allegati esplicativi

Il dettaglio dello studio effettuato e delle risultanze è riportato negli elaborati specialistici di riferimento (BST2-PD-LG00-COM-AMB-R002-A1-B Relazione generale dello studio di fattibilità ambientale e relativi allegati e BST2-PD-LG00-COM-AMB-R003-A1-A "Studio Preliminare Ambientale).

14.1.1 Acustica e vibrazioni

In fase di esercizio, dalle simulazioni sviluppate, non si prevedono impatti sulla componente rumore, ad esclusione degli edifici scolastici ubicati in Via Interna, in quanto, nello scenario di progetto, ovvero con il passaggio della linea tramviaria, si stima il rispetto del valore limiti di emissione dell'infrastruttura per tutti i recettori ubicati all'interno della fascia di pertinenza infrastrutturale.

Per quanto riguarda le vibrazioni, sulla base dello studio effettuato si evince 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".



14.1.2 Campi elettromagnetici

In merito ai campi elettromagnetici in bassa frequenza, il progetto prevede la realizzazione di n. 8 Sotto-Stazioni Elettriche (SSE) necessarie per la conversione dell'energia da 15 kVA ca a 750 Vcc. Di queste SSE, 7 SSE saranno dedicate all'alimentazione dei veicoli di linea e delle utenze elettriche di fermate, mentre una sarà dedicata all'alimentazione della "Linea di Contatto in Deposito". Dalla SSE di Deposito sarà derivata l'alimentazione elettrica a 15 kV per la Cabina di trasformazione MT/BT di Deposito.

Dalle elaborazioni eseguite, per le n. 8 SSE e per la cabina di trasformazione, le "Fasce di Rispetto DPA" calcolate non investono aree con permanenza di persone superiore alle 4 ore.

Le DPA della Cabina Deposito e della SSE di Deposito ricadono entrambe all'interno dell'Area Deposito.

14.1.3 Piano di Monitoraggio Ambientale

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (di seguito PMA) è definito come l'insieme dei controlli da effettuare attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali identificate come sensibili e potenzialmente impattate dagli interventi per la realizzazione e/o l'esercizio dell'opera progettata.

Il monitoraggio dei diversi comparti di seguito dettagliati sarà così suddiviso:

- **Monitoraggio ante-operam (AO):** ha lo scopo di fornire il quadro attuale sulle condizioni dell'ambiente e sullo stato dei parametri considerati nello studio. Il posizionamento dei punti di monitoraggio garantirà un'adeguata descrizione dell'area e sarà tale da ottenere dati da postazioni che saranno monitorate anche in corso d'opera ed in post operam, così da seguire l'evoluzione dei parametri di indagine.
- **Monitoraggio in corso d'opera (CO):** ha lo scopo di consentire il controllo dell'evoluzione dei parametri in corrispondenza dei siti più interferiti dalle operazioni cantieristiche e documentare l'evolversi della situazione ambientale ante operam.
- **Monitoraggio post-operam (PO):** con riferimento agli standard di qualità e ai valori limite previsti dalla normativa in vigore, il monitoraggio post operam evidenzierà possibili influenze del progetto con l'evoluzione dei parametri rispetto ai risultati ottenuti nella fase di ante operam. Inoltre, permetterà di verificare, nel primo periodo d'esercizio della nuova infrastruttura, che le eventuali alterazioni temporanee intervenute durante la costruzione rientrino nei valori normali e che eventuali modificazioni permanenti siano compatibili e coerenti con l'ambiente preesistente.

Sulla base delle risultanze dello studio preliminare ambientale, le componenti ambientali potenzialmente interferite e che saranno oggetto di monitoraggio sono le seguenti:

- atmosfera;
- rumore;
- vibrazioni;
- acque superficiali;
- acque sotterranee;
- vegetazione;
- suolo.

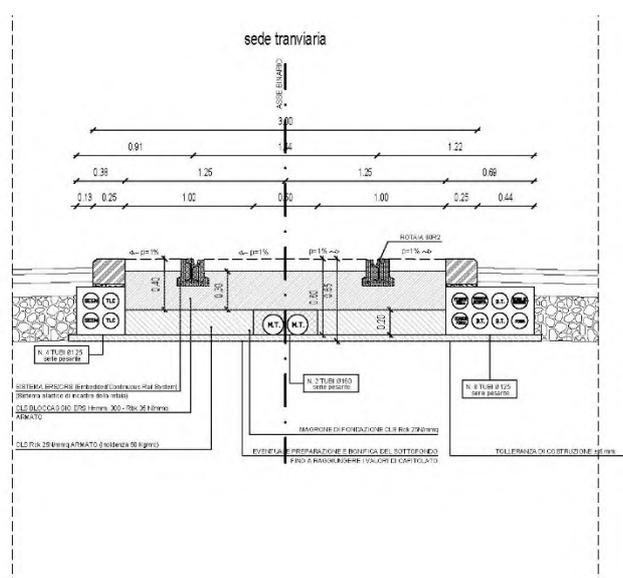
Il PMA prevede misure periodiche con frequenza differenziata a seconda della componente oggetto del monitoraggio e della fase in cui verranno effettuate (AO, CO, PO). Per maggior dettagli si rimanda all'elaborato BST2-PD-LG00-COM-AMB-R004-A1 "Piano di Monitoraggio ambientale Relazione generale" e BST2-PD-LG00-COM-AMB-T015-A1, BST2-PD-LG00-COM-AMB-T016-A1 e BST2-PD-LG00-COM-AMB-T017-A1 "Planimetrie di localizzazione dei punti di monitoraggio".

15. ARMAMENTO

15.1 Generalità

La linea ha uno sviluppo di 11.29 km ed è per tutta la sua estensione in doppio binario, i cui capilinea sono Fiera e Pendolina. In adiacenza alla fermata Fiera è sita la Rimessa Fiera, il deposito principale, mentre in prossimità di Pendolina è situata la Rimessa Pendolina.

Il sottosistema armamento si occupa della parte della sezione sottoterra che, a partire dalla soletta di appoggio predisposta dai civili, arriva sino all'estradosso della soletta di bloccaggio delle rotaie. Lo strato superiore di pavimentazione torna ad essere oggetto dei civili che, posizionati i ciglioni laterali alla sede possono completare le pavimentazioni.



Nella relazione tecnica specialistica (BST2-PD-LG00-INF-ARM-R001-A1), cui si rimanda, è contenuta una brevissima digressione sui sistemi di armamento attualmente utilizzati, facendo poi un particolare riferimento alle soluzioni scelte in relazione alle caratteristiche intrinseche del sistema ed alle esigenze funzionali di ogni singola tratta.

In particolare, verranno analizzati i singoli componenti e le modalità di posa e della successiva manutenzione del sistema.



15.2 Vibrazioni, correnti vaganti, rumori ed emissioni elettromagnetiche

La principale componente delle vibrazioni si trasmette attraverso il suolo mentre i rumori aerei che si propagano attraverso l'aria dipendono dal materiale rotabile e dalla finitura della superficie della sede.

La fonte delle vibrazioni è il risultato dell'interazione delle ruote con la rotaia e la loro trasmissione dipende da molti fattori quali, ad esempio:

- il tipo di fissaggio della rotaia alla sua sede;
- la piastra di appoggio della rotaia;
- i materassini antivibranti sotto il getto di calcestruzzo;
- eventuali cavità o i differenti gradi di compattazione del terreno di sedime;
- eventuali accorgimenti per lo smorzamento delle vibrazioni nelle opere civili;
- edifici con disposizioni antivibranti.

Le vibrazioni provenienti dal suolo, alla base di edifici sensibili, non dovrebbero superare i limiti fissati che vengono spesso normati mediante zonizzazioni specifiche. Tali valori dipenderanno dalla funzione dell'edificio e dalla sua distanza rispetto al binario.

Qualsiasi edificio le cui fondamenta si trovino ad una distanza inferiore ai 12 metri

dall'asse centrale del binario, richiederà delle speciali misure di attenuazione.

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).

Nei casi in cui il livello di vibrazioni in condizioni base sia ammissibile, si installerà un binario di riferimento (Livello 0) che, in ogni caso, consente una attenuazione di base rispetto ai sistemi massivi tradizionali. 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).

Oltre all'attenuazione delle vibrazioni ad un moderno sistema di armamento oggi è anche richiesta la protezione dalle correnti vaganti.

Relativamente all'isolamento elettrico delle rotaie utilizzate sia come mezzo di trasmissione dei segnali che di alimentazione di potenza risulta determinante evitare qualsiasi contatto con elementi di elevata conducibilità elettrica quali essenzialmente i metalli.

Per limitare al meglio i problemi connessi alla presenza di correnti elettromagnetiche risultano determinanti non solo gli elastomeri degli attacchi ed i profili di rivestimento delle rotaie ma anche l'eliminazione di ponti di elevata conduttanza elettrica tra le rotaie e tra queste e l'ambiente.



Nel fissaggio con componenti metallici delle singole rotaie alle traverse o alle platee e nella connessione tra le due rotaie si possono realizzare quelle situazioni che provocano sia cortocircuiti tra le rotaie che la dispersione di correnti di potenza all'ambiente.

L'isolamento del binario sarà garantito, a seconda della tipologia di armamento adottata, da:

- il sistema di fissaggio del binario, tale da garantire l'ancoraggio delle rotaie in modo continuo senza continuità elettrica con la base di calcestruzzo;
- i profili laterali in gomma lungo le rotaie con materiali a bassa resistenza, che, attraverso la loro forma e la posa, isolino la rotaia del binario rispetto alla piattaforma in calcestruzzo e rispetto al piano di finitura con un'eventuale interposizione di pellicola isolante in aderenza alla rotaia, nei casi in cui sia richiesto un isolamento più importante;
- collegamenti rotaia-rotaia e binario-binario ad intervalli regolari usando cavi isolati.
- utilizzo di giunti isolanti sulla rotaia che riducano la lunghezza dei circuiti di ritorno delle correnti di trazione.

Il rumore è provocato dal contatto ruota/rotaia e dipende dal grado di ammaloramento dei binari e delle ruote.

Anche la rumorosità di tipo "solido" – regolamentata dalla Legge n. 447/1995 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) e dai DPCM 01.03.91 (Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno) e DPCM 14.11.97 (Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore) - risulta soggetta agli stessi principi della vibrazione, per cui risultano determinanti gli elastomeri degli attacchi e della platea flottante.

Si debbono infatti limitare le eccitazioni locali della rotaia in corrispondenza degli organi di attacco per ridurre l'emissione acustica della stessa in particolare con le vibrazioni trasversali del gambo; allo stesso fine si utilizzano profili in gomma che la rivestono totalmente disaccoppiandola meccanicamente dall'ambiente.

15.3 Tipologia del sistema di armamento

Le planimetrie di armamento, serie BST2-PD-LG00-INF-ARM-T001-T025-A1-A, riportano l'indicazione delle diverse tipologie di armamento lungo l'intera linea. Di seguito una trattazione di maggior dettaglio delle sezioni tipo previste e delle relative prestazioni.

15.3.1 Sezione tipo BD-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 capitolari.



La tipologia specifica che viene utilizzata nel deposito è analoga alla L0 con la sola differenza che la soletta di bloccaggio non è armata ma realizzata con calcestruzzo fibrorinforzato ed una rete elettrosaldata posizionata all'intradosso, il più lontano possibile dalla superficie in cui si trovano gli apparati per il segnalamento.

Tale sistema verrà utilizzato lungolinea anche per la posa degli scambi (comunicazioni semplici e doppie) per evitare interferenze tra le armature ed i circuiti di binario del segnalamento.

15.3.2 Sezione tipo BD-LP

In corrispondenza di aree permeabili la sezione tipo dell'armamento della tranvia sarà quella definita LP, composta da rotaie, con profilo ERS affogato in un blocco di cls, intervallate da materiale permeabile, poggiate su adeguato sottofondo. Le stesse saranno collegate da cordoli in c.a. con un intervallo di circa 3m.

La finitura superficiale tra le rotaie potrà essere realizzata con manto erboso o ballast (in corrispondenza degli incroci potrà essere anche in conglomerato bituminoso).

15.3.3 Sezione tipo BD-L2

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» corrisponde a uno smorzamento medio 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 dello spessore di 30 mm usualmente ottenuto sovrapponendo due materassini dello spessore di 15 mm (lo stesso che viene utilizzato per le interposizioni verticali).

15.3.4 Sezione tipo BD-L3

La sezione tipo dell'armamento della tranvia definita L3 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 «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 (spessore 40 m) sotto la soletta di calcestruzzo del binario.

L'efficienza dello smorzamento della sezione è stata stimata mediante simulazioni con massa-molla che confrontano la filtrazione delle vibrazioni del livello 3 con quella del binario standard cosiddetto «di riferimento».

15.3.5 Sezione tipo BS-L3-M

In particolari condizioni, dove non è possibile installare l'ERS affondato nel calcestruzzo, si è deciso di utilizzare un sistema di armamento con attacchi diretti su piastra del tipo Nabla, che consente una



differenza di quota fra il PdF e la soletta di armamento tale da poter mantenere le lastre di pietra esistenti.

Questa tipologia di attacchi, più simile all'ambiente ferroviario, è di tipo indiretto, ovvero il fissaggio verticale viene assicurato da una molla che viene deformata elasticamente dal dado di estremità avvitato sulla chiavarda verticale. Le chiavarde sono affogate nel calcestruzzo gettato in opera della soletta di armamento sottostante.

La rotaia, rivestita da un profilo elastomerico che garantisce isolamento termico, elettrico e vibro-acustico, poggia su una piastra che può essere inglobata nel calcestruzzo della soletta di armamento.

Il sistema di attacco è provvisto di una protezione che lo isola elettricamente, previene il contatto con il calcestruzzo gettato e protegge dagli ammaloramenti della pavimentazione sovrastante.

16. OPERE CIVILI DI LINEA

16.1 Sede tramviaria

Il progetto definitivo comprende, tra gli altri elementi di progetto, la realizzazione della sede tramviaria intesa come insieme di opere civili di fondazione, armamento e finiture.

Scopo del presente paragrafo è presentare le scelte di progetto, differenziandole in base alla modalità d'uso della sede tramviaria.

16.1.1 Tipo 1 – sede riservata e protetta

Come disciplinato dalla norma, il progetto contempla la realizzazione di una sede riservata e protetta garantita dalla presenza di elementi di separazione tra la sede tramviaria e l'intorno urbano.

Si ha una sede riservata quando la sede tramviaria, comunque pavimentata, è delimitata da cordonature sopraelevate che segnalano la presenza di un'area riservata a mezzo di trasporto "altro" e che impediscono – fisicamente – l'intromissione di veicoli non autorizzati all'interno della sede tramviaria.

Come si evince dalla tabella che segue, la sede protetta si ha quando, come nel caso del capolinea Fiera, il tram si muove all'interno di un piazzale ad esso dedicato oppure quando il tram si muove lungo una sede inerbita (non percorribile da mezzi su gomma).

Tale sede è perimetrata da un cordolo sopraelevato sia rispetto alla sede tramviaria che rispetto alla sede stradale.

Il progetto definitivo individua le seguenti tratte con sede riservata e protetta; se ne riporta anche la tipologia di finitura:



da Capolinea fiera a via Orzinuovi (esclusa)	Conglomerato bituminoso
Via Orzinuovi	Inerbita
via Salgari	inerbita
Piazza della Stazione	Pavimentazione lapidea
Via Tiboni	Inerbita
Via Interna	Inerbita

16.1.2 Tipo 2 – sede “marcia tram”

Il progetto definitivo individua le seguenti tratte con sede riservata e protetta; se ne riporta anche la tipologia di finitura:

Via Corsica (da via Salgari a via Cefalonia)	Pavimentazione lapidea
Piazza della Repubblica (tra via Corsica e viale della Stazione)	Pavimentazione lapidea
Viale della Stazione	Conglomerato bituminoso
Via Romanino	Conglomerato bituminoso
Via Solferino	Conglomerato bituminoso
Via Leonardo da Vinci	Pavimentazione lapidea
Via Volturno (da via del Sebino a Tangenziale)	Conglomerato bituminoso
Via Cristoforo Colombo (da via Chiusure a via Caduti del Lavoro)	Conglomerato bituminoso
Via del Risorgimento	Conglomerato bituminoso
Via Collebeato (da via Interna a via del Molino)	Conglomerato bituminoso
Via del Molino	Conglomerato bituminoso

Con tale soluzione, in cui la sede tramviaria rimane sopraelevata di circa 5/7 cm rispetto al piano stradale, essa rimane valicabile sebbene con la necessità, per i veicoli che vi si immettono, di rallentare per poi salire il “gradino” costituito dal marciatram. Tala soluzione può pertanto garantire una certa protezione alla sede tramviaria.



16.1.3 Tipo 3 – sede a raso

In tutti i tratti in cui è prevista una marcia in promiscuo, il progetto prevede la realizzazione di una sede tramviaria “a raso”, ciò posta allo stesso livello delle pavimentazioni stradali circostanti. Tale soluzione è anche utilizzata in tutti gli incroci e gli attraversamenti della linea. Di seguito l’elenco dei tratti per i quali il progetto definitivo prevede una sede “a raso”.

Via Orzinuovi (da via Roma a via della Noce)	Conglomerato bituminoso
Via Corsica (da via Cefalonia a Piazza della Repubblica)	Conglomerato bituminoso
Via Gambara	Conglomerato bituminoso
Via Ferramola	Conglomerato bituminoso
Via San Martino della battaglia	Pavimentazione lapidea
Via Mazzini	Pavimentazione lapidea
Galleria Tito Speri e via Tito Speri	Conglomerato bituminoso
Via Fossa Bagni	Conglomerato bituminoso
Via Pusterla	Conglomerato bituminoso
Via Volturno (Aquileia)	Conglomerato bituminoso
Via Volturno (da Tangenziale a via Chiusure)	Conglomerato bituminoso
Via Caduti del Lavoro	Conglomerato bituminoso
Via Chiusure	Conglomerato bituminoso
Via della Chiesa	Conglomerato bituminoso
Via Collebeato (da via del Molino a Deposito)	Conglomerato bituminoso

16.2 Interventi su opere esistenti

16.2.1 Parcheggio Stazione

In zona stazione, la fermata è stata collocata in zona pressoché baricentrica ed interdistante fra la stazione ferroviaria e la stazione della metropolitana.

In corrispondenza del parcheggio stazione le sistemazioni del piano campagna, del tracciamento tranviario, della circolazione veicolare interferiscono con la presenza di un parcheggio esistente realizzato nel 1990. L’intervento in oggetto, in particolare, interferisce solamente con 2 (C-D, identificati con perimetro rosso nell’immagine seguente) dei 5 corpi (A-B-C-D-E) che costituiscono il complesso edilizio nella sua totalità e che sono separati da giunti strutturali. I corpi C-D, in particolare,

costituiscono un fabbricato realizzato per lo più in cemento armato, che si sviluppa su complessivi 3 livelli, 2 dei quali destinati a garage interrato e un piccolo volume emergente destinato a servizi e sbarco a piano campagna delle scale di accesso.

Dal punto di vista architettonico, l'intervento complessivo dell'area prevede il passaggio della linea tranviaria tra la progressiva 3+925 e la progressiva 4+071 in affiancamento al parcheggio interrato mentre il percorso della circolazione veicolare degli autobus insiste praticamente su tutta la soletta di copertura dei corpi C-D in maniera diagonale; a completamento della nuova redistribuzione funzionale della piazza è prevista poi la demolizione dell'attuale ciclostazione (denominata anche velostazione) con la ricostruzione della stessa con una nuova struttura leggera in acciaio al di sopra del corpo D del parcheggio.

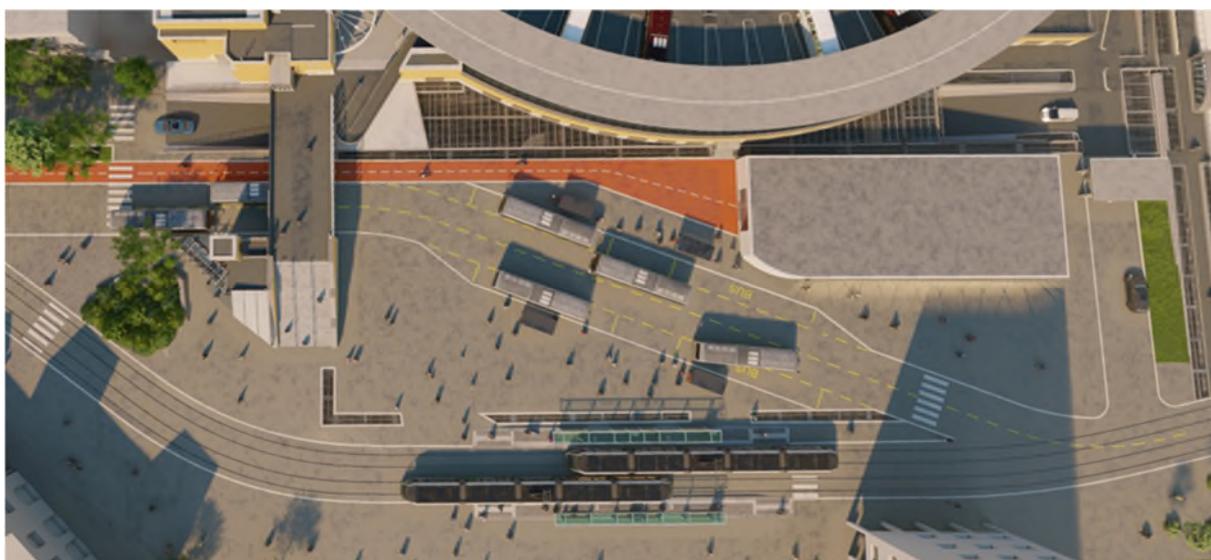


Figura 21. Parcheggio Stazione – sistemazioni superficiali e ciclostazione

Dal punto di vista strutturale, l'intervento interessa una porzione della strutta C-D interrata costituita da 2 impalcati posti alle quote 95.43m, 99.03m, secondo uno schema di travi e pilastri con solaio in calcestruzzo armato di tipo predalles con alleggerimenti in polistirolo, avente maglia 7.15m x 7.75 m. La superficie in pianta complessiva è di circa 2600mq.

L'aumento dei carichi per il solaio a piano campagna relativo al passaggio degli autobus (e relative fermate) ma soprattutto l'erezione della nuova ciclostazione in acciaio comportano una serie di interventi di ristrutturazione delle strutture esistenti con consolidamenti e demolizioni/ricostruzioni parziali per i quali si rimanda alle specifiche relazioni per maggiori dettagli.

16.2.2 Parcheggio Fossa Bagni

Il progetto prevede il passaggio della linea tram lungo la galleria "Tito Speri" e al di sopra della copertura del parcheggio pubblico interrato "Fossa Bagni" alla progressiva 5+950. Tale parcheggio è una struttura esistente realizzata nel 1999 con struttura interamente in cemento armato che si sviluppa su complessivi 4 livelli interrati ed un livello fuori terra per i volumi di sbarco a piano campagna (biglietteria e scale di accesso ai clienti) di dimensione approssimativa in pianta 290x18 metri.

Per permettere l'ideale sviluppo del tracciamento tranviario si rende necessaria la demolizione dell'attuale rampa est di accesso al parcheggio stesso ed una ridotta porzione di solaio a piano campagna di circa 133 mq in corrispondenza della rampa stessa; la rampa sarà quindi rimodulata con un nuovo sviluppo così come tale porzione di solaio, leggermente ingrandita di circa 35mq, per complessivi 168 mq (porzione retinata nelle immagini seguenti).

Le nuove strutture saranno interamente realizzate in cemento armato, sia per quanto riguarda le fondazioni, per le opere di elevazione che per il solaio; in particolare quest'ultimo sarà nella tipologia a soletta piena con localizzate travi intradossate di rinforzo.

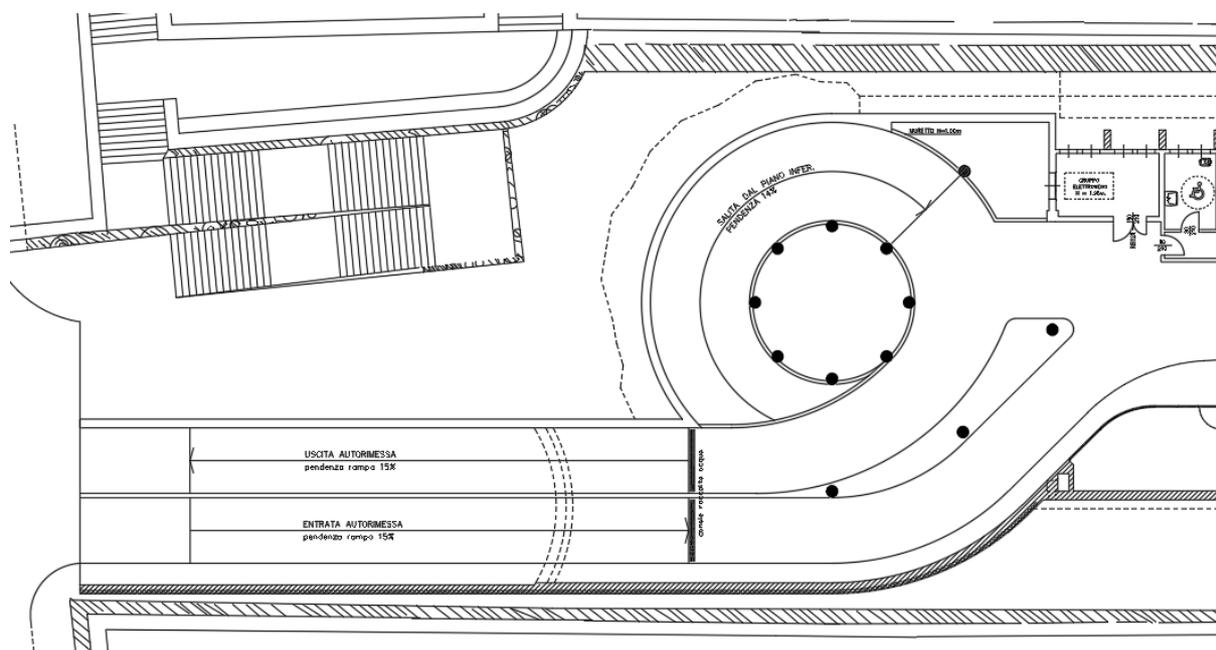


Figura 22. Parcheggio Fossa Bagni – Ingresso est – Stato di fatto

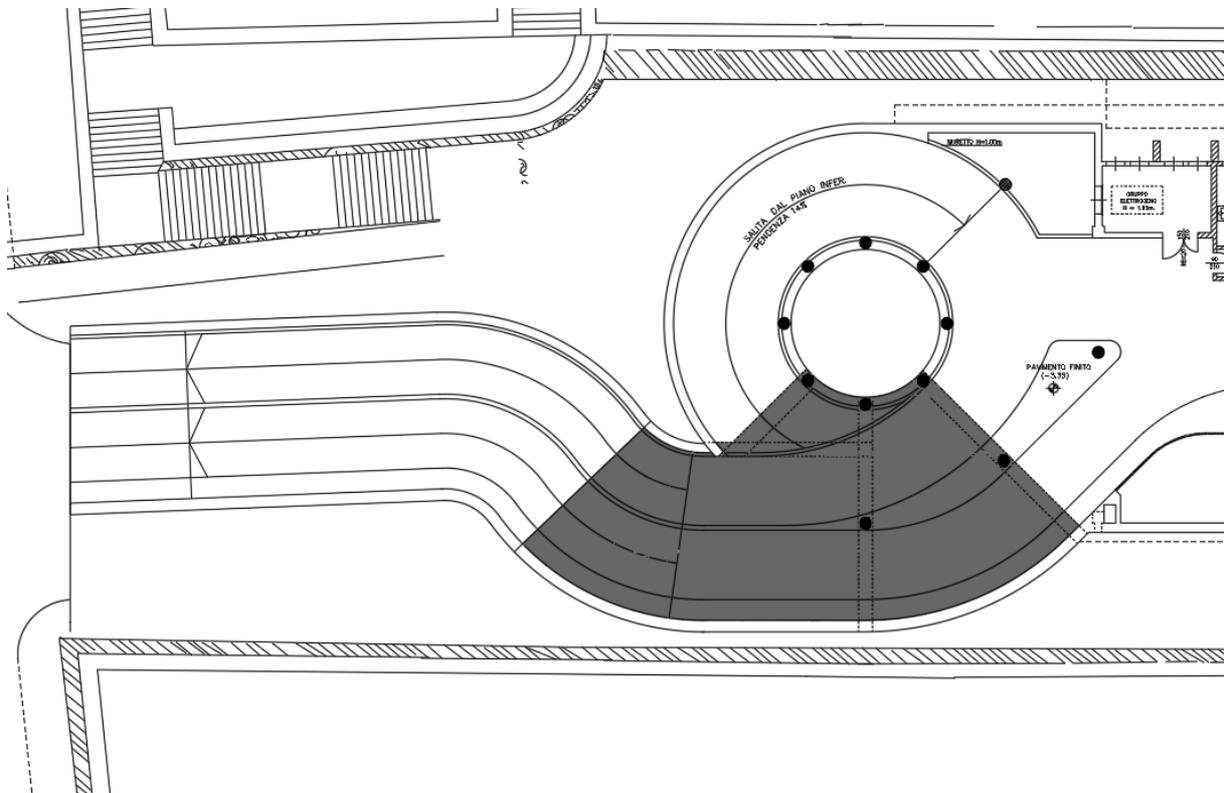


Figura 23. Parcheggio Fossa Bagni – Ingresso est – Stato di progetto

16.2.3 Ponte Mella su tangenziale

Il ponte esistente è costituito da 3 campate di luci, rispettivamente, 19+23+19 m. La campata centrale che presenta la luce maggiore. L'impalcato, di larghezza pari a 22.75 m, è composto da travi ad I in cls precompresso di altezza 120 cm e passo 150 cm per la campata centrale e 195 cm per quella laterale. Le travi sono collegate alla soletta in c.a. di spessore 21 cm.

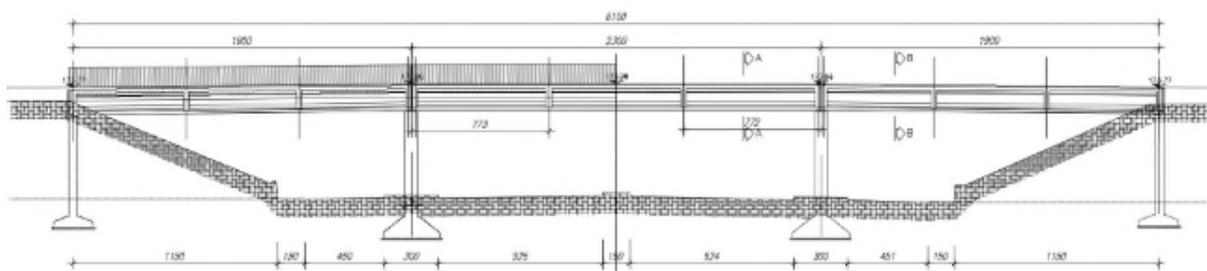


Figura 24. Profilo longitudinale ponte esistente tangenziale

Nel progetto l'opera è stata verificata e consolidata per poter ospitare le due corsie del tram come indicato nella figura seguente. Al fine di evitare ulteriori interventi strutturali all'impalcato del ponte, si è optato per l'alimentazione a bordo treno nel tratto in cui ricade l'opera.

Figura 26. Profilo longitudinale ponte Mella esistente

Nel progetto l'opera è stata verificata e consolidata per poter ospitare le due corsie del tram come indicato nella figura seguente. Al fine di evitare ulteriori interventi strutturali all'impalcato del ponte, si è optato per l'alimentazione a bordo treno nel tratto in cui ricade l'opera.

La piattaforma è stata rimodulata separandola carreggiata stradale dai marciapiedi mediante l'inserimento di nuove barriere di ritenuta di tipo H2 installate su nuovi cordoli in cemento armato di larghezza pari a 50cm. Mentre il marciapiede a nord avrà una dimensione di 150cm, il marciapiede sud di dimensione minore ospiterà solo la manutenzione in quanto la pista ciclabile e pedonale sarà convogliata sulla nuova passerella in acciaio in affiancamento al ponte stesso.

Il pacchetto di finitura è rimodulato in funzione del pacchetto di armamento (21 cm complessivi) includendo una guaina impermeabilizzante (non presente allo stato attuale) ed un massetto di protezione della stessa (4cm) al di sotto della pavimentazione stradale.

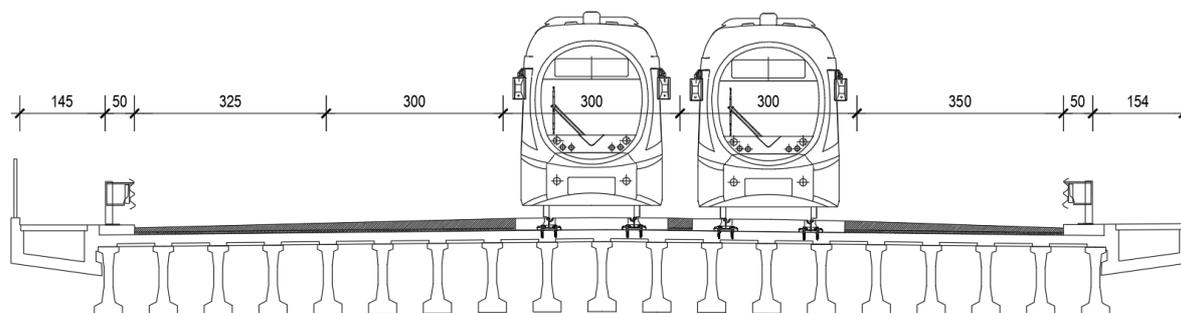


Figura 27. Sezione trasversale ponte Mella esistente

Per il dettaglio delle verifiche condotte si rimanda all'elaborato specifico.

16.3 Opere d'arte relative alla linea tramviaria

Le nuove opere d'arte progettate nell'ambito del progetto della linea tramviaria sono:

- Ponte tangenziale Fiera;
- Passerella sul Mella

16.3.1 Ponte nuovo tangenziale Fiera

L'opera in progetto consiste in un nuovo ponte tranviario posizionato nella prima parte del tracciato in zona Fiera alla progressiva 0+242.87 e consente lo scavalco della Tangenziale Ovest di Brescia. E' un'opera che si compone di un impalcato costituito da una sola campata di lunghezza pari a 23 m, completamente in acciaio, avente due travi principali come mostrato nelle figure seguenti.

Le travi sono ad altezza variabile da 1.5 m a 2.3 m con interasse trasversale di 8.31 m. La larghezza totale dell'impalcato è di 8.90 m con larghezza carrabile di 5.90 m. Lo spessore della soletta è di 0.23 m, i traversi hanno un interasse tra di loro di 4,0 m.

Al di sopra della soletta strutturale è prevista una guaina di impermeabilizzazione protetta da un massetto di spessore variabile al di sopra del quale è posizionato il pacchetto di armamento di circa 32-32 cm.

L'opera poggia su due spalle in c.a. aventi fondazioni su pali; tali spalle saranno rivestite, previa demolizione (per la realizzazione del ponte) e ricostruzione (con funzione di semplice paramento come "peso morto") dell'attuale muro di contenimento del terrapieno esistente.

Per il dettaglio delle verifiche strutturali condotte si rimanda ai relativi elaborati specialistici

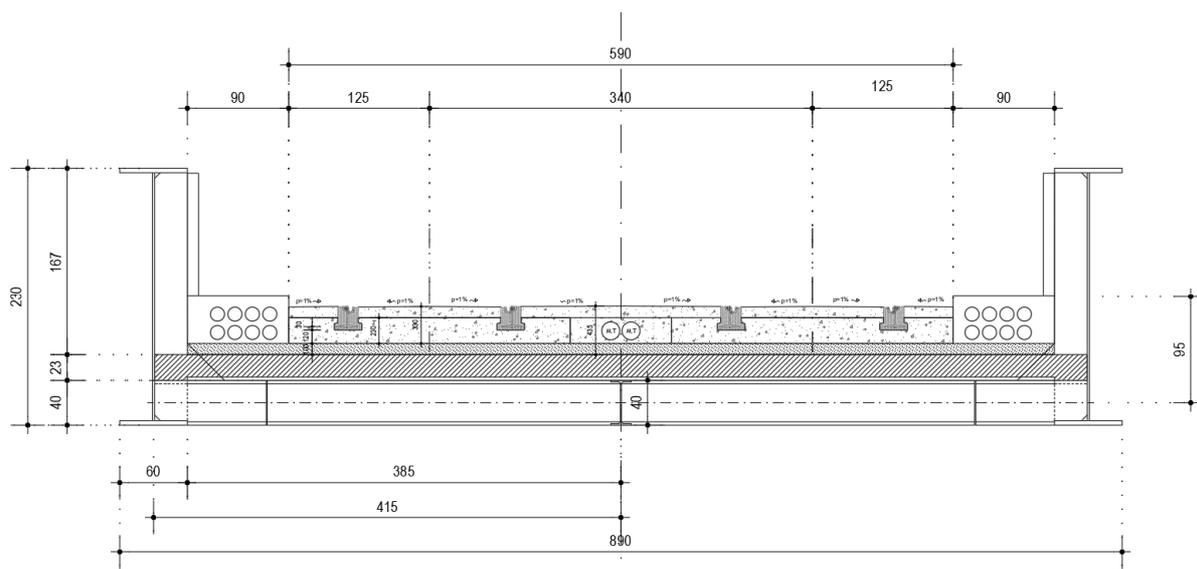


Figura 28. Sezione trasversale nuovo ponte tangenziale

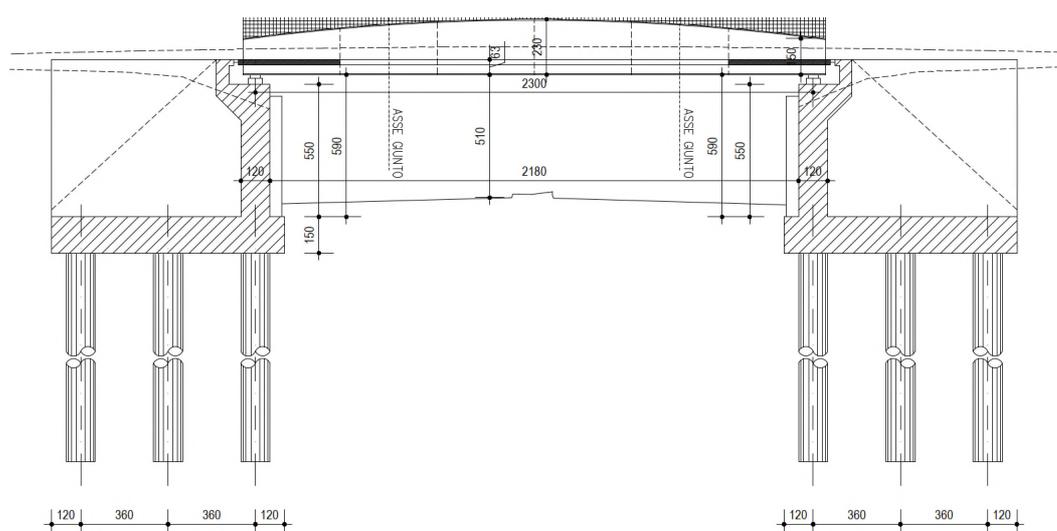


Figura 29. Prospetto nuovo ponte tangenziale

16.3.2 Passerella ciclo-pedonale nuova Mella

L'opera in progetto consiste in una passerella ciclopedonale di 3° categoria che consente lo scavalco del fiume Mella nel comune di Brescia alla progressiva 8+600.

L'impalcato è a campata singola in semplice appoggio, con luce di calcolo pari a 51.90 m e ha andamento planimetrico rettilineo. Le due file appoggi presentano altimetricamente un dislivello di 1.86 m.

L'impalcato è del tipo ad arco a spinta annullata, realizzato in profilati metallici in piatti saldati e soletta collaborante in c.a. gettato in opera. L'impalcato metallico può essere realizzato fuori opera in quattro conci separati, collegati in opera mediante unioni bullonate e saldate.

È composto da due archi a sezione rettangolare cava 400x550 mm e spessore 25 mm, collegati in sommità mediante profili a sezione rettangolare cava 250x250 mm e spessore 25 mm, e da controventi realizzati in profili a sezione circolare piena di raggio 20 mm. I due archi trasversalmente sono disposti inclinati di 8° sul loro asse verso l'interno della struttura.

Dai due archi principali partono dei pendini, anch'essi realizzati in profili a sezione circolare piena di raggio 20 mm, che sorreggono il piano di calpestio. Questo è costituito da due travi principali in piatti saldati, con sezione equivalente a profilati HEM 650, e traversi in profilati HEB 240, disposti ad interasse di circa 2.60 m, su cui vengono posizionate lastre predalles per il getto della soletta in c.a. dello spessore complessivo di 14 cm (lastre prefabbricate e getto in opera).

Sulla soletta è previsto uno strato di impermeabilizzazione, protetto con un massetto in cls alleggerito di 13 cm di spessore, che presenta una pendenza trasversale a schiena d'asino in modo da consentire il rapido deflusso delle acque meteoriche. È previsto infine uno strato di spessore pari a 2 cm di pavimentazione in asfalto colato.

L'impalcato è sostenuto da due spalle in cemento armato, costituite ciascuna da due baggioli, un pulvino e un paraghiaia, che possono essere gettati in opera o, alternativamente, realizzati prefabbricati e varati in opera. Le spalle sono sostenute da platee in c.a. in opera su micropali.

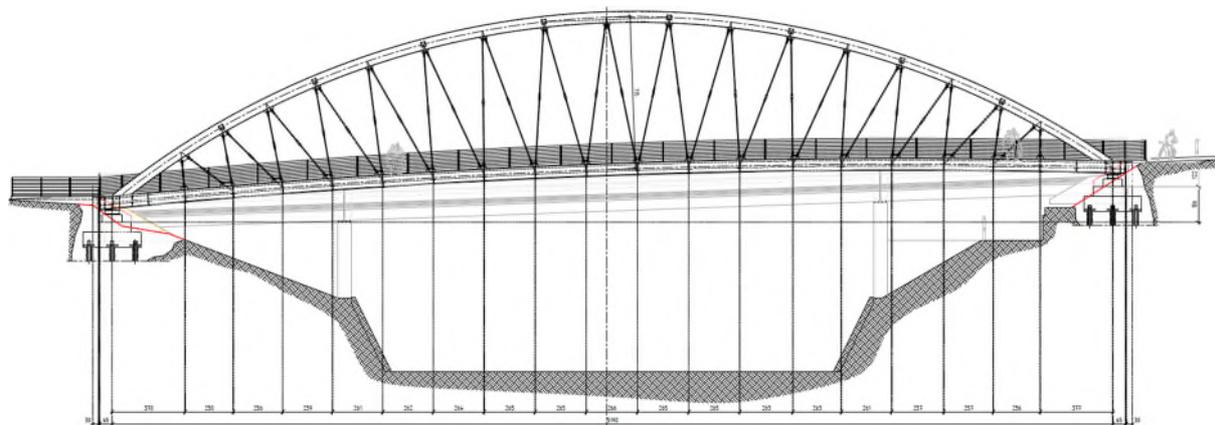


Figura 30. Passerella sul Mella - prospetto

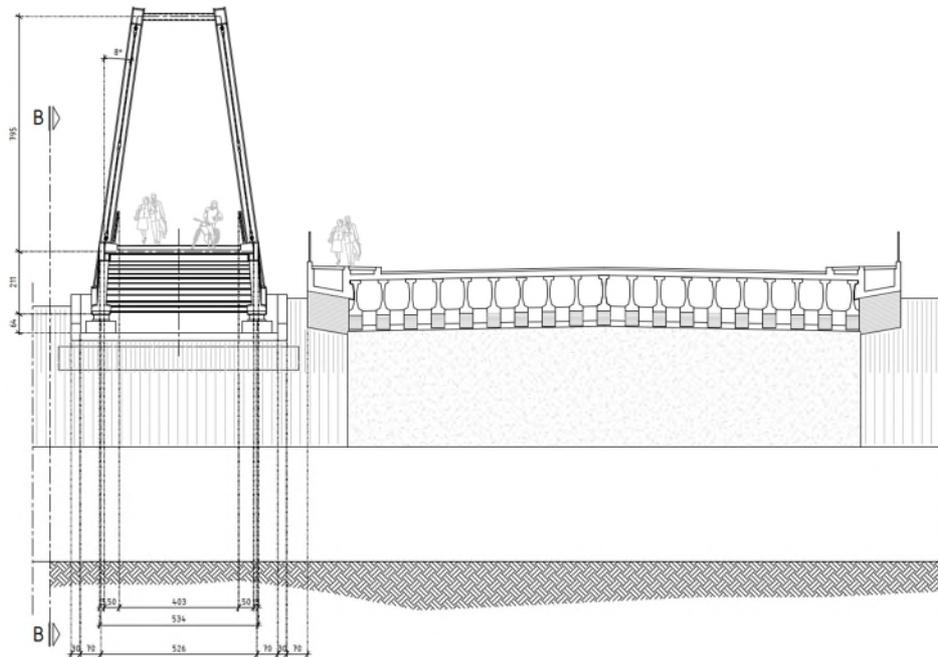


Figura 31. Passerella sul Mella – sezione

17. DEMOLIZIONI

17.1 Opere Civili

17.1.1 Pendolina

All'estremità nord-ovest della linea tranviaria T2, in località Pendolina, è ubicato il deposito secondario.

Nel PFTE la posizione di tale fabbricato era in prossimità dell'incrocio tra via Collebeato e via Interna, in una porzione del parcheggio Polivalente. L'estensione in pianta della rimessa era pari a circa 1.900 m², nei quali erano posizionati 3 stalli per il ricovero dei mezzi più alcuni locali tecnici e di servizio.

Il Comune di Brescia, nel documento di indirizzo alla progettazione definitiva "Indicazioni di modifica e integrazione del PFTE della linea nuova tranviaria T2 Pendolina-Fiera", ha richiesto di ricollocare il deposito secondario in altra area, al fine di non interferire con il parco e con gli ambiti di servizio e a verde pubblico prospicienti il Polivalente e il parco del Mella. La nuova area individuata è quella presso i civici 30/32 di Via Collebeato, attualmente dismessa.



Figura 32. Area di ubicazione del deposito

Quest'area, individuata nel piano particellare nel Foglio 16, mapp. 65-66-68 sarà oggetto di esproprio da parte del Comune di Brescia. Essa copre una superficie pari a 7.947mq e al suo interno è presente un capannone singolo produttivo con superficie pari a 3.280mq.

La struttura portante è in travi e pilastri in cemento armato; tamponamenti interni in materiale leggero e rimovibile dividono l'immobile in tre porzioni. La copertura è realizzata in struttura metallica voltata con un'altezza media pari a 7.65m.



Figura 33. Viste del capannone

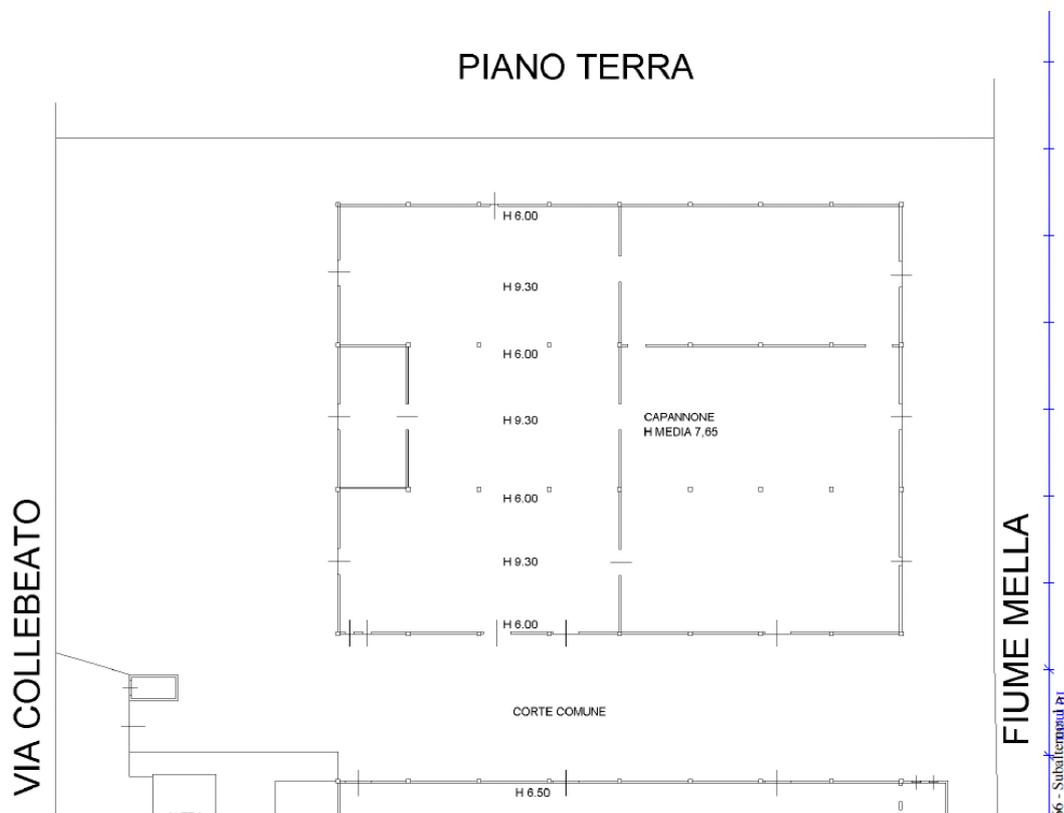


Figura 34. Estratto mappa catastale

Anche se l'edificio a livello di metratura e distribuzione interna poteva essere compatibile con la nuova destinazione d'uso come rimessa tranviaria, si è deciso di procedere alla sua demolizione perché non compatibile con la normativa sismica e con le richieste dei CAM (es. installazione pannelli fotovoltaici).

Nello specifico, infatti, all'atto della costruzione il fabbricato è stato concepito senza né accorgimenti di tipo antisismico, poiché la vecchia normativa non lo imponeva, né di tipo antincendio. Considerando inoltre l'aumento dei carichi in copertura (pannelli FV), al fine di rendere idoneo l'utilizzo dell'esistente, sarebbero stati necessari quindi:

- adeguamento statico per i carichi verticali;
- adeguamento sismico;
- adeguamento delle fondazioni;
- adeguamento antincendio.

Considerando poi la necessità di ottenere un fabbricato con un'ottimale fruibilità degli spazi e soprattutto dotato dei necessari standard di durabilità, una ponderata analisi di costi-benefici ha portato alla decisione di procedere ad una più efficiente demolizione e ricostruzione.

La scelta è stata quella di riproporre le stesse volumetrie compatibilmente con le necessità funzionali del progetto tranviario.

La superficie coperta esistente di 3.280mq è stata ridotta a 2.700mq, al fine di poter ampliare il piazzale prospiciente l'edificio, dove dovrà essere previsto un collegamento a pettine tra i binari di corsa e tutti i binari in ingresso al deposito.

17.1.2 Parcheggio Fossa Bagni

Il progetto prevede la demolizione dell'attuale rampa di accesso est al parcheggio interrato ed una piccola porzione di solaio in corrispondenza dello stesso. Si prevede quindi la ricostruzione di tale porzione di solaio e della rampa con geometria modificata in modo da permettere il tracciamento di progetto della linea tranviaria. Si tratta di opere interamente in cemento armato sia per lo stato di fatto, che di progetto.



Figura 35. Parcheggio fossa bagni – stato attuale rampa da demolire



Figura 36. Parcheggio fossa bagni – stato attuale solaio da demolire

17.1.3 Ciclostazione

Il progetto prevede la demolizione del fabbricato esistente attualmente adibito a ciclostazione in corrispondenza della stazione FS di Brescia: tale demolizione è stata dettata dalla riprogettazione della piazza, in accordo con il Comune, per garantire un migliore sviluppo e fruizione dell'area antistante la Stazione. Si prevede quindi la ricostruzione dell'opera al di sopra del parcheggio interrato Stazione (blocco C-D).

La struttura da demolire è una struttura semplice su due livelli interamente in acciaio fatta eccezione per il primo solaio il cui orizzontamento è caratterizzato da una lamiera in acciaio con getto collaborante in calcestruzzo.

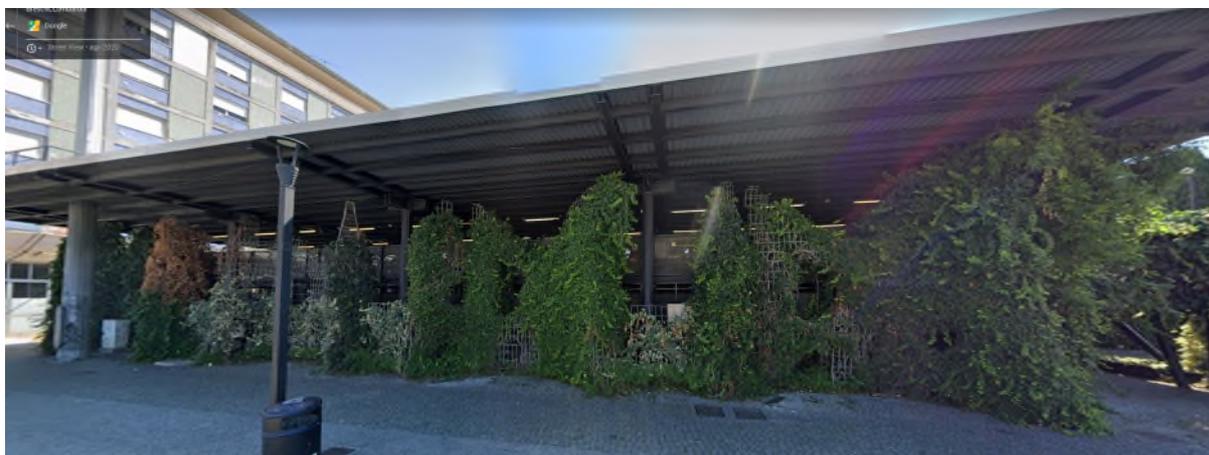


Figura 37. Ciclostazione esistente - esterni

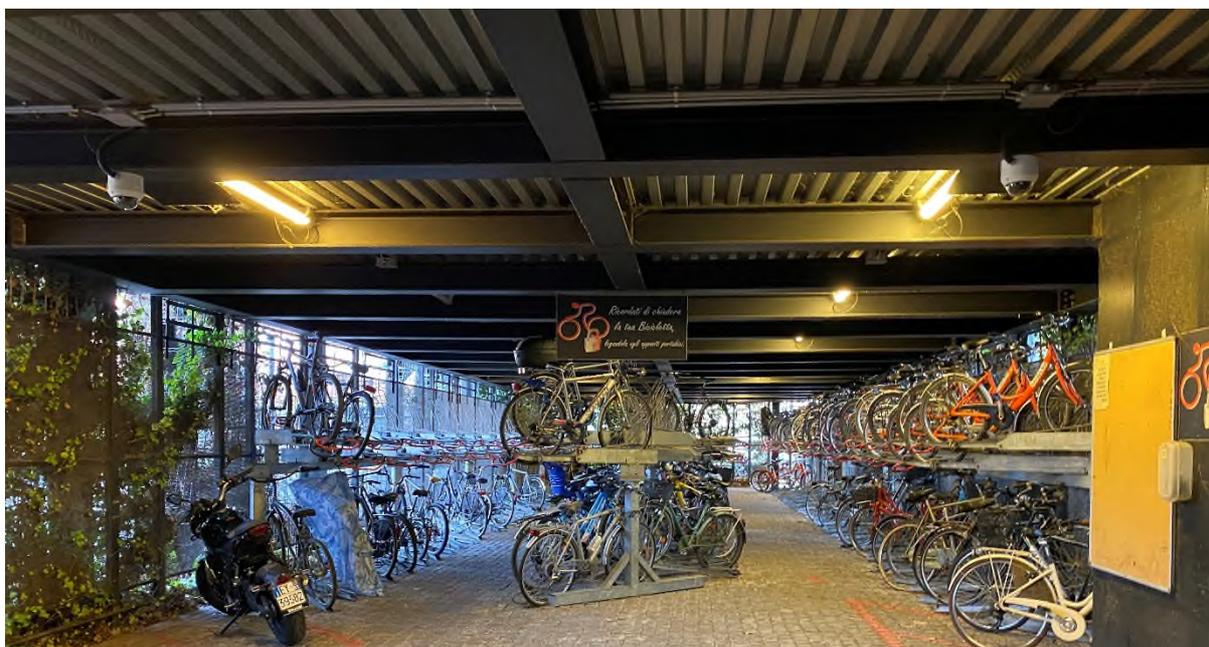


Figura 38. Ciclostazione esistente - interni



17.1.4 Parcheggio Stazione

Per motivazioni statiche si prevede la demolizione del solaio in cemento armato a piano campagna del corpo C-D del parcheggio Stazione. Tale demolizione è necessaria perché dal punto di vista statico l'attuale orizzontamento non è in grado di assorbire i nuovi carichi conseguenti al nuovo tracciato degli autobus (e relativa fermata) oltre all'alloggiamento della nuova ciclostazione al di opra dello stesso solaio. La struttura attuale da demolire è interamente in cemento armato e si realizzerà un nuovo solaio a soletta piena in cemento armato con comportamento bidirezionale.

Al piano inferiore saranno inoltre ricavate piccole aperture di solaio per garantire l'adeguata areazione del livello -2.

18. IMPIANTI ELETTROFERROVIARI

18.1 Trazione elettrica e linea di contatto

18.1.1 Alimentazione elettrica

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

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 e linea di contatto con relativi sezionamenti ed organi di manovra;
- sistema di distribuzione BT delle utenze di fermata, deposito/officina e posto centrale operativo (PCO);
- sistema di terra e correnti vaganti in cui vengono attuati i provvedimenti al fine della sicurezza elettrica per le persone e per la mitigazione degli effetti delle correnti vaganti generate dal sistema di trazione.

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione sarà costituito da 8 sottostazioni elettriche di conversione, di cui una al Deposito Fiera

Sono previsti tre punti di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 15 KV, rispettivamente nella sottostazione SSE 01 – Fiera, SSE 04 – Ring ed SSE 08 – Pendolina.

Dai punti di fornitura sopra indicati l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite una linea in media tensione in cavo ad anello aperto. Le forniture di energia primaria dell'ente distributore sono derivate da due distinte cabine primarie dell'ente fornitore, di modo che anche il "fuori servizio" di una primaria non comporterà alcun disservizio della linea tranviaria: la normale continuità di esercizio sarà garantita infatti dal punto di distribuzione rimasto in servizio. In normali condizioni di funzionamento,



entrambi i punti di alimentazione forniranno l'energia occorrente all'intero sistema evitando, attraverso opportuni interblocchi, il parallelo dei due. 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.

Il cavo di alimentazione in media tensione è posato in un cavidotto di adatto diametro, con un percorso parallelo al tracciato nell'interbinario lungo il quale, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro del cavo. Ciascuno dei quadri MT previsti in sottostazione è composto di un sistema di sbarre da cui sono derivate le alimentazioni per i trasformatori di gruppo, il trasformatore dei servizi ausiliari, e le linee di alimentazione che garantiscono la distribuzione della MT. Le sezioni estreme, corrispondenti con i punti di alimentazione ENEL, saranno provviste di interruttori tripolari MT, che dovranno assicurare la protezione del sistema e dei cavi MT nelle diverse configurazioni possibili, per sovraccarico, per corto circuito e guasto a terra.

18.1.1.1 Sistema di alimentazione della trazione elettrica

Il Sistema di alimentazione della Trazione Elettrica prevede la suddivisione della Linea di Contatto (ove prevista) in sezioni elettricamente separate per mezzo di isolatori di sezione. Ciascuna zona sarà alimentata in bilaterale da due SSE adiacenti. In corrispondenza di ogni isolatore di sezione, un sezionatore del tipo motorizzato, normalmente aperto, sarà in grado di riconfigurare il sistema di alimentazione in caso di fuori servizio e/o manutenzione di ciascuna SSE, in modo tale che le SSE adiacenti possano sobbarcarsi l'intero carico di trazione.

E' questa la condizione più gravosa dal punto di vista elettrico sia per quanto riguarda il dimensionamento del gruppo trasformatore/raddrizzatore di ciascuna SSE (deve poter sostenere il carico di un'intera tratta normalmente alimentata in bilaterale) sia per la Linea di Contatto (la caduta di tensione deve essere contenuta entro i limiti previsti dalle norme considerando il numero totale dei veicoli presenti in linea). Anche in caso di fuori servizio della SSE di Deposito, lo stesso potrà essere alimentato dalla SSE di Linea più vicina, mediante la chiusura di un sezionatore motorizzato all'ingresso del Deposito.

18.1.1.2 Distribuzione BT

Con riferimento allo schema di principio della distribuzione bassa tensione, le sottostazioni sono inserite in una configurazione MT in grado di garantire un'alta affidabilità e continuità. In ogni sottostazione tutte le utenze di bassa tensione sono alimentate da un trasformatore MT/BT. La sezione di distribuzione BT è costituita da un quadro di distribuzione generale al quale sono collegati gli impianti BT, sia per la stessa sottostazione, sia quelli relativi alle utenze di linea (QEF Quadri elettrici di fermata).

Il quadro di distribuzione generale è diviso in due sezioni: la prima sezione, detta sezione normale, collegata al trasformatore dei servizi ausiliari, alimenta tutte le utenze che in caso di mancanza



tensione MT possono essere senza tensione (illuminazione e forza motrice non necessaria per situazioni di emergenza) ed i quadri elettrici di fermata (sezione normale); la seconda sezione, detta sezione di emergenza, è alimentata da UPS con autonomia 30 min (gruppo di continuità con uscita in corrente alternata) per l'alimentazione in continuità degli impianti non di sistema che necessitano l'alimentazione senza soluzione di continuità, per esempio illuminazione di emergenza, rilevazione incendi, antintrusione, nonché per l'alimentazione in continuità della relativa sezione dei quadri elettrici di fermata e dei posti periferici del sistema SCADA. La sezione di emergenza per ogni sottostazione alimenta anche un carica batterie (gruppo di continuità con uscita in corrente continua) per l'alimentazione in continuità delle logiche di funzionamento, delle protezioni e delle segnalazioni delle cabine di stazione e delle sottostazioni.

In caso di mancanza della rete di fornitura, con la riconfigurazione della linea MT di interconnessione si garantisce il ripristino dell'alimentazione in tempi contenuti. La sezione di emergenza del QGBT è anche alimentata da una fornitura A2A in bassa tensione, che subentra in caso di fuori servizio del trafo AUX, per garantire la continuità del servizio tramviario.

18.1.2 Linea di contatto

Il sistema tramviario progettato è un sistema integrato a basso impatto ambientale, che coniuga la necessità dell'inserimento architettonico dell'infrastruttura nell'ambito cittadino con innovazione tecnica ed abbattimento dell'impatto ambientale dei componenti utilizzati.

É 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.

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 riservata, sia in corrispondenza degli incroci stradali.

La linea di contatto in posa aerea (Catenary) è prevista in tutto il tracciato, ad eccezione delle tratte comprese tra le fermate Colombo e Fiumicello, tra le fermate S. Faustino e XX Settembre e tra le fermate Repubblica e Corsica.

Nelle suddette tratte del percorso tramviario non è prevista la linea di contatto aerea (Catenary Free), in quanto il tram si muoverà in maniera autonoma con il sistema di alimentazione di bordo previsto dal rotabile.

Nell'officina di manutenzione rotabili del deposito è prevista l'utilizzazione della catenaria rigida mobile.

Nell'area del deposito, sia interna che esterna, ad eccezione dell'officina di manutenzione rotabili (dove è prevista catenaria rigida mobile), la LdC sarà con posa fissa, non regolata.

18.1.2.1 Circuito di ritorno e circuito di terra

Il circuito di ritorno di linea è del tipo con binario ad isolamento di terra ridotto, come previsto dalle norme CEI 50122-2, per limitare le correnti vaganti. A tale proposito si evidenzia che la conduttanza di dispersione complessiva verso terra dei binari di corsa sarà inferiore a 5/100S per ogni Km. Per raggiungere i valori di conduttanza sopra indicati, in fase di realizzazione del binario è prevista la posa di una guaina isolante in grado di garantire detti valori nel tempo.

Per la sicurezza delle persone contro i pericoli di tensionamento in caso di cedimento degli isolamenti, è previsto un impianto di messa a terra conforme a quanto previsto dalle norme vigenti, composto da una corda di rame da 120mmq per il collegamento di tutte le strutture metalliche collocate nella zona della linea aerea di contatto e del pantografo, da una presa di terra per ogni sostegno e da un collegamento, in ogni fermata del circuito di terra descritto, al circuito di ritorno con interposizione di apposito diodo.

18.2 Segnalamento

L'architettura del sistema di segnalamento previsto in progetto e la sua integrazione tra i vari sottosistemi ad esso interfacciati sono rappresentati nel diagramma sottostante

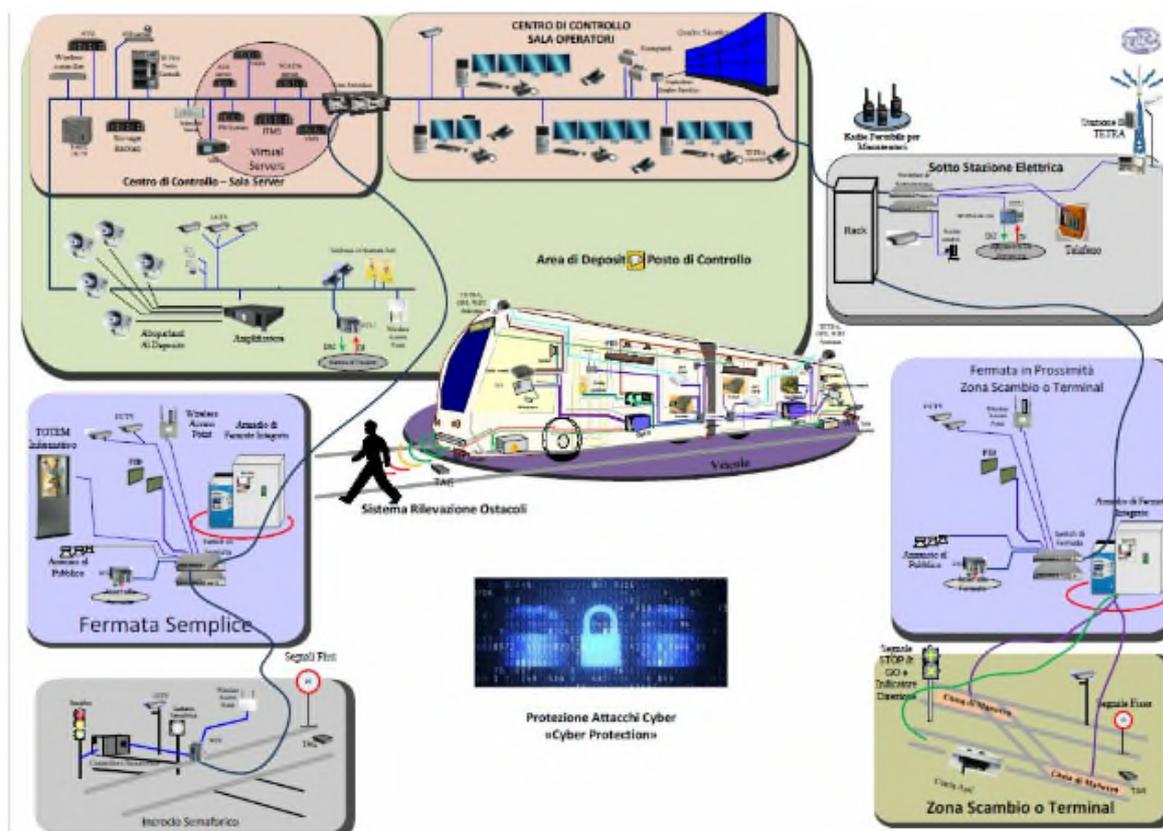




Figura 39. Architettura generale

Il sistema di comando e controllo permette all'operatore di supervisionare l'esercizio, dal punto di vista tecnico ed operativo, del sistema tram in piena linea, nel deposito, nella sala di controllo e nelle sottostazioni.

Il sistema di comando e controllo sarà collocato nella "controll room" ubicata presso il Deposito Fiera.

Il sistema nel suo complesso sarà costituito da:

- sistema di radio comunicazione altamente affidabile,
- sistema di informazione al pubblico,
- sicurezza dei passeggeri,
- sistema di segnalamento in grado di ridurre i rischi di incidenti (SCADA)
- sistema per il controllo dei deviatoi.

Inoltre, particolare attenzione è stata dedicata al sistema di priorità semaforica in tutti gli incroci ed ai sistemi per la fornitura "real time" delle informazioni al pubblico.

Nonostante la condotta dei tram sia caratterizzata dalla marcia a vista e dalla relativa responsabilità in capo al macchinista, è stato previsto un sistema di segnalamento specifico per le aree in cui esiste criticità in termini di collisione in linea (aree con deviatoi o nei depositi).

Per gli approfondimenti sull'argomento si rimanda alla relazione specialistica.

18.2.1 Sistema di supervisione e controllo

Il Posto Centrale di Controllo (PCC) del sistema di trasporto tramviario della città di Brescia è stato previsto presso appositi locali allo scopo dedicati negli edifici del Deposito Principale.

Si tratta di un unico sistema centrale in grado di gestire l'esercizio della Linea tranviaria, le esigenze dei viaggiatori, il controllo dei componenti del sistema di alimentazione della trazione elettrica e dei principali impianti di fermata consentendo:

- controllo dell'intero sistema di trasporto da un'unica postazione
- contenimento del numero di addetti all'esercizio ed alla supervisione della linea, mantenendo, allo stesso tempo, le prestazioni operative degli enti periferici, a garanzia delle condizioni di esercizio in sicurezza della linea
- possibilità di avere sotto controllo i parametri necessari per poter effettuare interventi coordinati e corretti nel caso di emergenze o perturbazioni all'esercizio
- supervisione della sicurezza dei passeggeri, disponendo della possibilità di intervento in tempo reale con sistemi efficaci di interazione col pubblico, quali l'acquisizione di immagini dalla linea e la possibilità di trasmissione di messaggi sonori e di informazioni
- riduzione dei tempi di riconfigurazione e di attivazione/disattivazione degli impianti e dell'esercizio.

Il PCC consente al personale della sala di controllo di interagire, mediante workstation, con tutti i sottosistemi di Segnalamento, di Localizzazione dei veicoli in linea, di telecomunicazioni e supervisione degli impianti situati al PCC stesso e lungo linea.



La progettazione definitiva del posto centrale di controllo tiene conto del fatto che le sale di controllo sono essenzialmente sistemi sociotecnici complessi che coinvolgono livelli significativi di interazioni computer-impianto, uomo-computer e uomo-uomo. Le sale di controllo gestiscono una varietà di attività che vanno dal reperimento di informazioni generali, al normale funzionamento, all'ottimizzazione e gestione di situazioni anomale. Gli operatori nelle sale di controllo lavorano spesso per lunghe ore gestire compiti estremamente impegnativi e sono responsabili del funzionamento sicuro ed efficiente di processi. Pertanto, sono stati tenuti principalmente in considerazione i fattori umani del funzionamento day-by-day di tale centrale adottando un approccio "operatore al primo posto" verso la progettazione delle sale di controllo come definito da diversi standard industriali (ISO 11064, EEMUA 201), in cui il design degli elementi e dell'architettura della sala di controllo si svolge con l'operatore come punto di partenza.

La progettazione definitiva della Sala Server è stata svolta in conformità alla Guida di riferimento TIER III dello standard ANSI / TIA 942 ogniqualvolta possibile.

18.2.2 Sistema di segnalamento

I principali componenti dell'impianto di segnalamento della Linea Tramviaria di Brescia sono:

- Posti Periferici di Controllo (PPC)
- Sistema di trasmissione Terra / Bordo
- Casse di manovra

Il segnalamento per la tramvia 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.

I Posti Periferici di Controllo sono realizzati in accordo alle specifiche BOStrab, VDE, VDV e specifiche a livello CEE con logica di controllo basata su microprocessore.

La funzione dei PPC è di garantire transiti in sicurezza in tutti i punti della linea e del deposito che possono essere potenzialmente critici, in quanto interessati da rotte incompatibili.

Le funzioni svolte dai PPC sono:

- ricezione delle richieste di prenotazione rotta da apparati di bordo attraverso loop di comunicazione o a apparati di terra quali circuiti di binario;
- rilevamento dei convogli tramite i CDB;
- verifica delle rotte incompatibili;
- movimentazione dei deviatori mediante comando delle casse di manovra;
- controllo posizione degli aghi scambi
- controllo e predisposizione dei segnali di stop e di indicazione di posizione deviatori;
- blocco delle rotte conflittuali;



- attuazione sequenziale delle rotte richieste e successiva liberazione.

Le rotte sono percorsi preconfigurati delimitati da apparati di binario ed eventualmente preparate movimentando dei deviatori in modo controllato, che consentono lo spostamento di un veicolo da un punto ad un altro del tracciato tranviario.

La logica programmata dei PPC prevede sempre una verifica degli eventi a partire da una qualsiasi richiesta: nel seguito sono riportate le indicazioni di carattere generale che definiscono le modalità di gestione delle rotte.

Le richieste di rotta possono essere effettuate nelle modalità sotto riportate:

- 1 In automatico al passaggio del veicolo sul CDB per accesso alle tratte banalizzate in linea
- 2 Apparati di bordo (joystick, pulsante RTS). Consentito al conducente in linea.
- 3 Operatore del PCC con il terminale

18.2.3 Sistema di regolazione e supervisione semaforica

Il sistema di controllo semaforico a Livello centrale è realizzata tramite un sistema UTC Tramvia, pensato come potenziamento/estensione del sistema UTC attualmente esistente, con lo specifico compito di realizzare un coordinamento funzionale nella regolazione delle intersezioni stradali lungo la tramvia, una gestione centralizzata di tutti i parametri, e consentire inoltre una visione globale del traffico pubblico e privato. Tale gestore ha il compito di:

- attuare i criteri di preferenziamento del trasporto su ferro
- effettuare la regolazione dei piani semaforici in funzione dei dati di traffico
- colloquiare con il sottosistema di localizzazione
- trasmettere e gestire le informazioni riguardanti i flussi di traffico verso l'UTC comunale

È così possibile implementare gli algoritmi per generare “onde verde” semaforiche con variazioni dinamiche in funzione dei dati di localizzazione dei tram in modo tale da consentire a quest'ultimi l'attraversamento degli incroci per quanto possibile senza fermata.

In particolare, l'impianto di localizzazione invia al sistema UTC i dati di localizzazione dei veicolo e quest'ultimo, tramite il collegamento in fibra tra il centro e i vari posti periferici, rende disponibili al regolatore semaforico di ciascun incrocio informazioni sulla presenza del tram nelle varie situazioni (anticipo, orario, ritardo, in prossimità dell'incrocio, oppure per quanto possibile con richiesta forzata della fase semaforica di bordo e liberazione dell'incrocio).

In caso di avaria dell'UTC tramvia o della comunicazione con PCC, ma in presenza di regolazione semaforica locale, il sistema prevede al funzionamento “ad isola” dell'incrocio provvedendo a servire tutte le fasi veicolari previste sul piano locale del regolatore.

Il sistema di controllo semaforico ha il compito di garantire il preferenziamento dei tram agli incroci per consentire una adeguata velocità commerciale.

Esso è costituito da:

- un sistema di localizzazione del veicolo mediante trasmissione sub-continua con AVM via telefonia pubblica;
- un sistema di richiesta di attuazione per il preferenziamento semaforico;
- una unità di elaborazione che svolge attività di sincronizzazione semaforica, richiesta di attuazione e comando dei segnali semaforici tramviari dell'incrocio;
- semaforo a barre per il tram e il semaforo a tre luci per i veicoli gommati

Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti:

BST2-PD-LG00-LIN-ISE-R001-A1 – Impianti semaforici – Relazione Tecnica descrittiva

18.2.4 Priorità semaforica

Data l'estensione ed il numero di incroci presenti sul tracciato tramviario, al fine di migliorare la regolarità e sicurezza del servizio, è stata valutata la necessità di installare un sistema di priorità semaforica, con lo scopo primario di favorire i veicoli tramviari nell'attraversamento di una intersezione e garantire la massima sicurezza nel transito a tutte le modalità di spostamento, a partire dagli utenti deboli della strada.

A tal fine è stato individuato un sistema di prioritizzazione semaforica altamente innovativo che si basa su una comunicazione continua tra terra e tram ottimizzando l'aspetto dei segnali semaforici secondo le esigenze.

I più comuni sistemi di regolazione prioritaria del traffico hanno, invece, una comunicazione puntuale tra terra e tram tramite boe, interrompendo la connessione quando il tram non si trova esattamente sulla boa stessa.

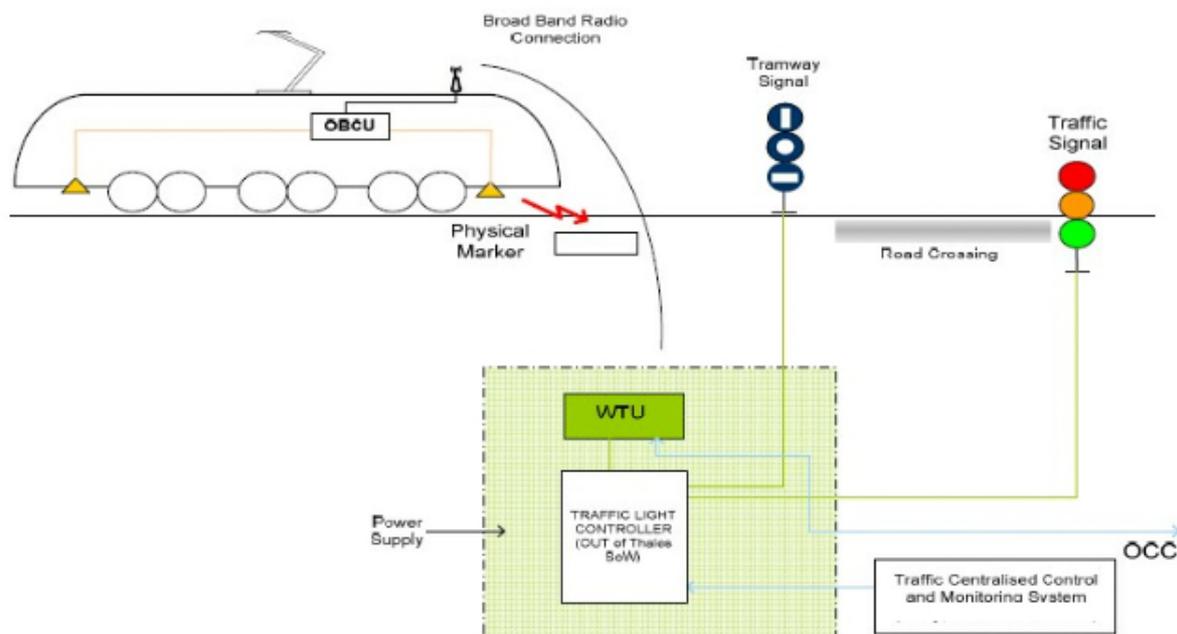


Figura 40. Priorità semaforica



Questa tecnologia verrà installata su tutti gli impianti semaforici ed è la soluzione ottimale per supportare un alto livello di bilanciamento delle prestazioni tra traffico pubblico prioritario e traffico privato.

18.3 Telecomunicazioni

Il sistema di comunicazione TRENTO-TERRA risulta particolarmente rilevante per la Linea Tramviaria di Brescia come per tutte le linee di trasporto di moderna concezione.

Nel corso del presente progetto definitivo 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 tutta la tratta della Linea tramviaria.

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 mettere in campo meccanismi di controllo della trasmissione che garantiscono ritrasmissione, persistenza, consegna ordinata ed eliminazione dei duplicati, risultando quindi adatti alla gestione di comunicazioni critiche.

18.3.1 Dorsale di comunicazione

La dorsale di rete tecnologica (RT), che connette tutti i sistemi di fermata e delle sottostazioni elettriche al centro di controllo e che garantisce i servizi vitali alla rete tramviaria. Essa trasporta i dati per i servizi essenziali alla linea tramviaria. È inoltre responsabile della rete di telefonia di emergenza. La capacità di trasporto tra gli apparati della RT è di 10Gb/sec.

La dorsale in fibra ottica costituisce il supporto fisico per la connessione dei diversi nodi di fermata e di PCC. In particolare, è previsto un cavo a 72 fibre monomodali sul lato pari, ed uno, con le stesse caratteristiche, sul lato dispari del sedime tranviario opportunamente sezionati per realizzare un anello di linea. In particolare, l'anello è realizzato con due fibre ottiche (due fibre in entrata e due fibre in uscita per ciascuna fermata); adeguati cassette ripartitori ottici all'interno degli armadi di telecontrollo siti al PCC e nelle fermate consentiranno l'estrazione delle fibre necessarie al collegamento degli apparati. La tecnologia impiegata è in grado di supportare le dorsali ottiche costituite dalle fibre più diffuse in commercio ed in particolare, le fibre monomodali 9/125mm (ITU-T G.652).

18.3.2 Sistema radio

La comunicazione Terra/Treno utilizzerà quindi come mezzo trasmissivo principale la tecnologia Wi-Fi.

La ridondanza verrà garantita tramite un Router installato all'interno dei treni collegato direttamente in HSRP con gli Access Point presenti sul Treno.

Ogni fermata/sottostazione sarà equipaggiata di apposito Switch IoT Rugged che, oltre a garantirne il funzionamento RAIL, avrà la capacità di poter interconnettere IP CAM, Pannelli Elettronici, ecc.....



Per quanto riguarda la trasmissione Wi-Fi il sistema di comunicazione sarà basato su tecnologia Wi-Fi 6 al fine di garantire i seguenti vantaggi: maggiore densità, maggiore throughput, più canali, efficienza energetica e maggiore sicurezza.

18.3.3 Sistema di videosorveglianza, informazione all'utenza e comunicazioni di banchina

Il tema della sicurezza è oggi di estrema attualità e richiede particolare attenzione soprattutto negli ambienti aperti al pubblico.

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 collocate al Posto di Controllo Centrale (PCC)
- 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.

I due principali elementi che caratterizzano l'architettura periferia-centro dell'impianto in oggetto sono la digitalizzazione delle informazioni video ed il loro trasporto su rete IP. La prima caratteristica consente ai flussi video di poter essere trattati con opportuni algoritmi di compressione, al fine di ridurre sia la banda trasmissiva necessaria al loro trasporto che lo spazio per il loro immagazzinamento.

L'utilizzo della rete IP, invece, permette la distribuzione delle immagini digitalizzate provenienti direttamente dalle telecamere delle fermate ai server di gestione e registrazione del PCC, eliminando la necessità di utilizzo di apposite matrici di commutazioni fisiche e di decodificatori digitali-analogici.

Nella redazione del Progetto Definitivo si è posta inoltre l'attenzione alla valutazione della "privacy by design" come richiesto dalla direttiva GDPR 679/2016. Tenendo in conto questo principio si è comunque posta attenzione ad avere una copertura completa delle fermate incrementando, rispetto a quanto previsto dal PFTE, il numero di telecamere a 5 per banchina opportunamente dislocate effettuando uno studio specifico di copertura video.

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 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. L'insieme delle apparecchiature diffusione sonora dislocate nelle fermate, è costituita esclusivamente da diffusori sonori ad incasso fissati nella struttura della pensilina. Essendo tali diffusori sonori di tipo PoE e VoIP non necessitano né di amplificatori di suono, né di convertitori analogico/digitali, né di alimentatori come negli impianti di diffusione sonora tradizionale. Tale scelta progettuale, in linea con le scelte effettuate per gli altri terminali di fermata, consente una maggiore semplicità architettonica e una conseguente maggiore manutenibilità del sistema.

L'indirizzamento dei messaggi audio potrà essere puntuale, cioè indirizzato ad una sola fermata, oppure di gruppo coinvolgendo più fermate, fino alla totalità delle fermate della linea.

Nelle fermate, inoltre, sono installati 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.

19. IMPIANTI CIVILI E ILLUMINAZIONE PUBBLICA

19.1 Impianti civili

19.1.1 Impianto idrico-sanitario, acque reflue e piovane

In accordo con le disposizioni del D.M. del 23/06/2022 sui Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) per la progettazione di interventi edilizi, verrà realizzata una rete separata per la raccolta delle acque meteoriche costituita dalla rete di pluviali a servizio delle coperture degli edifici principali e collegata alla vasca di recupero per il riuso delle stesse. L'acqua in esubero proveniente dalle altre coperture, ininfluenti ai fini dei fabbisogni dell'area, saranno collettate direttamente alla rete di raccolta delle acque superficiali.

La vasca di raccolta sarà dimensionata in modo da soddisfare i fabbisogni irrigui delle superfici a verde e contemporaneamente le richieste della rete di idranti e degli scarichi dei WC.

La ricarica di tale stoccaggio sarà garantita dalla raccolta delle acque meteoriche proveniente dai seguenti edifici: D01, D02, D03, D04 e D06; la vasca è dotata di opportuno sistema di "troppo pieno" collegato, tramite condotta a gravità, al corpo superficiale artificiale di raccolta, realizzato appositamente per il sito del deposito.

I pluviali saranno di tipo tradizionale con tubazioni in PVC. Alla base di ogni pluviale di tale sistema è previsto un pozzetto di ispezione. I pluviali saranno collegati alla base tra loro con un collettore avente una pendenza media dell'uno per cento e terminerà al pozzetto o ai pozzetti esterni all'edificio. Il pozzetto di recapito del collettore sarà quindi collegato alla vasca di raccolta delle acque meteoriche o direttamente alla rete di raccolta delle acque superficiali a seconda dei casi.

Per ciò che concerne la rete di scarico delle acque nere, tutte le colonne di scarico di ogni edificio saranno collegate tra loro alla base con un collettore avente una pendenza media dell'uno per cento e terminerà al pozzetto o ai pozzetti esterni all'edificio stesso. Da qui le acque nere verranno convogliate dalla rete esterna del deposito verso la vasca di sollevamento.



Tutti gli scarichi provenienti dalle superfici di drenaggio interne ove si svolgono attività caratterizzate da lavorazioni industriali avranno reti indipendenti dagli altri scarichi delle acque reflue domestiche. I reflui di tali reti verranno recapitati ad un pozzetto separatore di oli prima dell'immissione in fogna. Oltre a tale trattamento, si prevederà una tubazione di predisposizione che potrà convogliare le acque industriali verso il vicino impianto di lavaggio tram e carrelli (D05) dove è ubicato l'impianto di trattamento chimico-fisico. All'esterno di ogni singola attività è previsto un pozzetto predisposto sia per l'ispezione che per la misura dei parametri di scarico.

Nell'impianto di depurazione i reflui provenienti dalla platea di lavaggio dovranno essere raccolti in una vasca interrata posta sotto al locale tecnico e allo stesso impianto di depurazione. Dalla vasca di raccolta che funziona da dissabbiatore, tramite pompa sommersa, dovrà essere inviata l'acqua al trattamento per l'abbattimento degli inquinanti presenti. Questo sarà possibile mediante un processo chimico fisico che consente la formazione e la separazione di fanghi inviati alla disidratazione e successivamente stoccati in sacchi filtranti big-bags. Le acque in uscita dall'impianto dovranno confluire per gravità in una vasca interrata. La maggior parte delle acque trattate potrà essere riutilizzata dall'impianto di lavaggio (circa il 70%) e solo una parte residuale finirà in fognatura.

Si sottolinea che all'interno del Deposito di rifiuti infiammabili (D08) sono previste delle caditoie a pavimento per raccogliere i liquami che potrebbero generarsi dall'accumulo dei rifiuti; gli stessi verranno smaltiti in conformità alla norme vigenti tramite l'utilizzo di autospurghi che preleveranno periodicamente i liquami che si accumuleranno.

Per ulteriori informazioni, si rimanda alle relazioni tecniche specifiche.

19.1.2 Impianti meccanici di deposito

La progettazione degli impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli edifici del Deposito principale Fiera prevede l'adozione di accorgimenti che consentiranno di garantire il contenimento dell'utilizzo delle fonti non rinnovabili in accordo con la normativa vigente.

In particolare, i tre edifici principali dell'area (Officina Manutenzione, Uffici/PCC e Officina manutenzione impianti fissi) sono stati implementati sfruttando la rete di teleriscaldamento del Comune di Brescia: il fluido termovettore sarà convogliato verso lo scambiatore di calore situato nella centrale del teleriscaldamento del deposito e da qui verrà distribuito alle sottocentrali degli edifici summenzionati.

Per ciò che concerne gli altri fabbricati, si segnala che si è preferito l'impiego di pompe di calore ad alta efficienza tipo VRF con recupero termico; la batteria idronica delle UTA previste sarà alimentata grazie all'acqua calda/surriscaldata proveniente dalla rete di condotte del teleriscaldamento nelle stagioni invernali mentre nelle stagioni estive sarà apportata acqua refrigerata prodotta dai gruppi frigoriferi posti in corrispondenza della copertura dell'officina manutenzione.

Per ulteriori informazioni riguardanti i diversi sistemi previsti (ventilazione e condizionamento, idrico sanitario, impianti idrico antincendio e impianto aria compressa) si rimanda alle relazioni tecniche specifiche.



19.2 Impianti di illuminazione pubblica

Al fine di incrementare la sicurezza dell'opera e dei fruitori della stessa, sarà realizzato un impianto di pubblica illuminazione associato all'opera in progetto. Il sistema di illuminazione andrà a rimpiazzare l'attuale sistema presente in tutte quelle strade in cui l'intervento del tram, comporterà una rimozione del centro luminoso. Fanno, quindi, eccezione il tratto di via Corsica (fra via Nisida e Piazza della Repubblica) e di via San Martino della Battaglia.

Il sistema di illuminazione, che andrà ad illuminare sia la sede stradale che la sede tranviaria, sarà costituito da corpi illuminanti del tipo a led dotati di controllo elettronico, installati su tesata offerta dai pali della Trazione elettrica e sui pali stessi con o senza sbraccio (a seconda della tipologia di installazione).

Nelle zone in cui non sarà possibile l'utilizzo dei pali della TE, il sistema di illuminazione sarà composto da corpi illuminanti del tipo led con sistema di controllo del flusso luminoso, installati testa-palo su pali conici ai lati delle strade oggetto di intervento.

20. DEPOSITO PRINCIPALE FIERA

20.1 Permessa introduttiva

All'estremità sud-ovest della linea tranviaria T2, in località Fiera, è ubicato il deposito-officina principale a servizio della linea.

Il Comune di Brescia, nel documento di indirizzo alla progettazione definitiva "Indicazioni di modifica e integrazione del PFTE della linea nuova tranviaria T2 Pendolina-Fiera", ha richiesto, tra l'altro, una riconfigurazione spaziale dei principali edifici del deposito rispetto a quanto previsto nel PFTE.

20.1.1 Capacità del deposito

il deposito Fiera, seguendo le indicazioni della documentazione a base di gara e del PFTE ed in esito alla conferma avuta dal Committente, è stato dimensionato per permettere la manutenzione di 25 veicoli; gli stalli per il rimessaggio ricavati all'interno dell'area sono pari a 12.

Nel deposito ausiliario Pendolina, nella nuova ubicazione, è previsto il rimessaggio di 9 veicoli.

Considerando che:

- a regime, 2/3 veicoli saranno abitualmente in manutenzione nell'officina;
- i binari liberi del deposito Fiera offrono la possibilità, di parcheggiare, in ore notturne, almeno ulteriori 3 veicoli,

si ritiene che i due depositi Fiera e Pendolina siano sufficienti per svolgere le funzioni di rimessaggio e di manutenzione di tutti i veicoli prevedibili per l'esercizio della rete tranviaria.



20.2 Organizzazione gestionale

20.2.1 Funzioni del deposito

Nel prendere in esame le caratteristiche dell'organizzazione gestionale, il numero delle risorse considerate per le diverse caratteristiche professionali, individuate per una corretta gestione progressiva della rete tranviaria, è stato stabilito su base parametrica, in base all'esperienza di casi analoghi.

Pertanto, gli edifici e le aree funzionali individuati nel deposito sono complessivamente i seguenti:

- edificio uffici amministrativi, PCC e locale conducenti;
- officina manutenzione impianti fissi
- rimessa mezzi ausiliari;
- locale guardiania;
- rimessa tram;
- officina manutenzione materiale rotabile;
- centrale impianti;
- tornio in fossa;
- locale pulizie e deposito rifiuti;
- deposito materiali infiammabili;
- area di lavaggio;
- sottostazione elettrica;
- area di magazzinaggio all'aperto;
- parcheggio per dipendenti;
- parcheggio per visitatori.

20.2.2 Manutenzione del materiale rotabile

I tipi di manutenzione che verranno eseguiti sono i seguenti:

- Manutenzione giornaliera
- Manutenzione preventiva
- Manutenzione correttiva

20.2.3 Manutenzione degli impianti fissi

Gli impianti dei quali deve essere assicurata la manutenzione sono essenzialmente i seguenti:

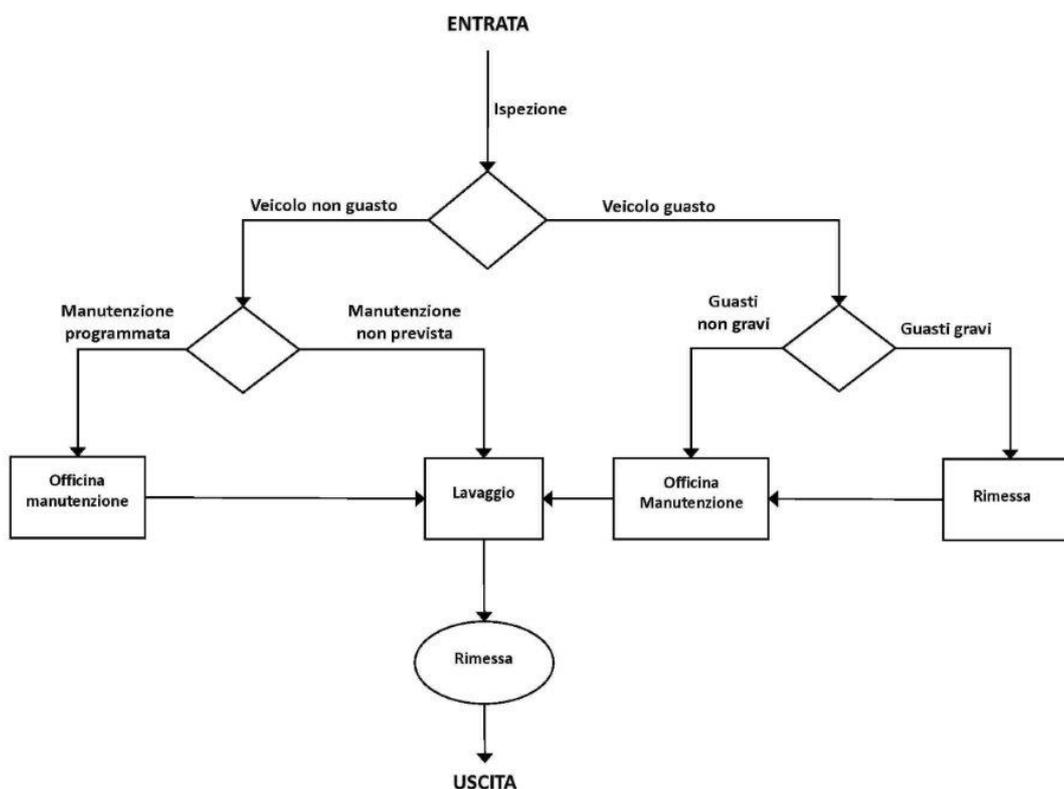
- Edifici e opere d'arte
- Binari e scambi
- Sistema di rilevamento dei veicoli
- Impianti di telecomunicazione
- Linea aerea di contatto
- Segnalamento
- Stazioni e fermate
- Sistema di distribuzione e controllo dei titoli di viaggio

- Sistema di informazione per i passeggeri
- Sistemi di comunicazione pubblica
- Sistema televisivo a circuito chiuso
- Impianti in alta tensione
- Impianti in bassa tensione
- Illuminazione
- Impianti speciali
- Sistemi di sicurezza

20.3 Descrizione funzionale del deposito

20.3.1 Circolazione dei veicoli tramviari

Il seguente diagramma di flusso descrive la successione logica delle operazioni al fine di regolare il movimento dei veicoli all'interno del deposito.



20.3.2 Circolazione dei veicoli su gomma e dei pedoni

I percorsi carrabili all'interno del deposito sono definiti in modo da evitare il più possibile di attraversare i binari e i percorsi pedonali. Laddove tale attraversamento sia inevitabile, tutti i potenziali punti di pericolo saranno privi di ostacoli, adeguatamente contrassegnati da segnali di attenzione e, se necessario, dotati di protezioni fisiche.



Un'attenzione particolare sarà prestata nel fornire una buona visibilità ai veicoli stradali ed ai pedoni, soprattutto negli attraversamenti dei binari.

I percorsi pedonali all'interno del deposito dovranno essere studiati per ridurre al minimo le distanze da percorrere, cercando di evitare, per quanto possibile, di attraversare i binari e le carreggiate stradali.

I bordi dei percorsi pedonali all'interno del deposito saranno evidenziati con adeguata verniciatura per una ulteriore forma di protezione.

I veicoli di servizio otterranno l'accesso attraverso il cancello di ingresso controllato, e da lì saranno guidati verso le diverse zone funzionali del deposito. Saranno inoltre previste zone di carico e scarico.

Saranno previsti spazi e strade di servizio per caricare e scaricare materiali ed attrezzature. Se necessario, i veicoli stradali di enti esterni potranno passare sui binari, accompagnati da un incaricato con funzioni di scorta.

Sarà previsto l'accesso per i veicoli di emergenza, che potranno raggiungere le officine, le zone di parcheggio e le parti principali del deposito, anche passando sui binari.

20.4 Edificio uffici e PCC (D01)

Si prevede un edificio a due livelli di circa 770 metri quadrati di superficie coperta.

Primo terra

Il piano terra comprende ingresso, sala di attesa, uffici, mensa, servizi igienici e locali tecnici.

Primo piano

Il primo piano comprende gli uffici destinati a dirigenti e responsabili di settore, Posto Centrale di Controllo, sale riunioni e formazione, servizi igienici e locali tecnici.

Piano copertura

In copertura saranno collocati gli impianti di condizionamento.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato è previsto con tipologia costruttiva in calcestruzzo armato gettato in opera, tipologia strutturale a telaio, due piani fuori terra; pianta di forma rettangolare, dimensioni planimetriche 46.50 x 16.40 m, altezza 9.35 m dallo spiccato di fondazione, fondazione a platea. La struttura è composta da una serie di telai a due piani e due campate, con presenza anche di alcune pareti controventanti e di un nucleo scale in c.a. Gli orizzontamenti sono stati ipotizzati come solette piene in cls armato.

20.5 Officina Impianti Fissi (D02)

Si prevede un edificio a due livelli di circa 760 metri quadrati di superficie coperta.

Piano terra



Il piano terra comprende i locali tecnici dedicati alla manutenzione degli impianti fissi:

- Magazzino
- Officine specializzate così ripartite:
 - Armamento
 - Opere d'arte e fabbricati
 - Linea aerea
 - Segnalamento e telecomunicazioni
 - Impianti elettromeccanici
- Area servita da carroponte adeguata alla movimentazione di parti di impianti di dimensioni e peso significative.
- Locali di servizio, locali tecnici, servizi igienici.
- Rimessa dei mezzi ausiliari, coperta ma aperto su un lato.

Primo piano

- Il primo piano comprende uffici, sala ristoro, locali tecnici, spogliatoi, servizi igienici e terrazza destinata agli impianti di condizionamento.

Piano Copertura

Sarà utilizzato per posizionare l'impianto fotovoltaico.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato è previsto con tipologia costruttiva in calcestruzzo armato gettato in opera, tipologia strutturale a telaio, due piani fuori terra per la quasi totalità del fabbricato fatta eccezione per un tratto terminale in cui il numero di piani si riduce ad uno per effetto della presenza di un terrazzo scoperto al piano primo; pianta di forma rettangolare, dimensioni planimetriche 53 x 14 m, altezza massima 10.30 m dallo spiccato di fondazione (al secondo orizzontamento di copertura) e di 6.10 m (al primo orizzontamento del terrazzo), fondazione a platea. La struttura è composta da una serie di telai prevalentemente a due piani e due campate, con alcune irregolarità in altezza determinate dalla presenza di un terrazzo e di un doppio volume; quest'ultimo, che ospita un carroponte e un magazzino, si trova sul lato opposto al terrazzo e comporta l'interruzione del primo orizzontamento. Sono presenti alcune pareti controventanti in c.a. E' presente un corpo scale anch'esso in c.a. gettato in opera. Gli orizzontamenti sono stati ipotizzati come solette piene in cls armato.

20.6 Guardiania (D03)

L'edificio comprende la portineria, in cui si controllerà, identificherà e registrerà l'entrata e l'uscita dei veicoli stradali e dei pedoni, oltre al controllo a distanza dell'accesso tram. La guardiania è dotata di servizi igienici.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato sarà realizzato mediante opere interamente in cemento armato.



20.7 Rimessa tram e locale pulizie (D04)

L'area rimessa, attrezzata per la pulizia interna giornaliera, occupa una superficie di circa 2400 mq; essa comprende binari sufficienti alla sosta di 12 veicoli e un edificio dedicato per la pulizia, posizionato in modo tale da ridurre il più possibile le distanze percorse dal personale addetto alle pulizie, suddiviso in due zone: un locale di raccolta dei rifiuti e un locale pulizie. Il locale pulizie è dedicato agli addetti alle pulizie dei veicoli in stazionamento e comprende magazzino di stoccaggio dei prodotti e delle attrezzature, locale per i rifiuti, spogliatoi e servizi igienici per il personale addetto.

Lungo tutto lo sviluppo della copertura sarà posizionato un impianto fotovoltaico.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato sarà realizzato mediante carpenteria metallica in appoggio su fondazioni in cemento armato.

20.8 Area di lavaggio (D05)

L'area di lavaggio è prevista chiusa in ottemperanza alle normative vigenti.

L'impianto comprende un dispositivo di trattamento per riciclare l'acqua utilizzata al fine di ridurre il consumo. Circa il 70% dell'acqua di lavaggio verrà riutilizzata. Il resto verrà incanalato nel sistema fognario del deposito. Gli scarichi grigliati assicurano il drenaggio delle acque reflue.

Le operazioni di lavaggio e sanificazione dei carrelli saranno effettuate realizzando una zona dedicata in adiacenza all'area di lavaggio dei veicoli.

20.9 Officina manutenzione materiale rotabile e centrale impianti (D06)

Il fabbricato occupa una superficie complessiva di circa 4000 mq, 3700mq dedicati a officina manutenzione materiale rotabile e i restanti 300mq a centrale impianti.

Piano terra

Officina manutenzione materiale rotabile

L'officina di manutenzione materiale rotabile include:

- tre binari con fosse di visita dotati di passerelle laterali mobili e carroponete;
- due binari su piattaforma senza fossa, dotati di carroponete, uno dei quali attrezzato con impianto di sollevamento composto da martinetti mobili sincronizzati;
- laboratori specializzati destinati alla riparazione e alla revisione di malfunzionamenti delle apparecchiature (officina flessibile, laboratorio elettronico ed elettromeccanico, laboratorio impianti di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione, laboratorio impianti idraulici e pneumatici, locale batterie, locale saldature);
- magazzino.

Centrale impianti

Questo edificio, di circa 300 metri quadrati coperti, conterrà le apparecchiature tecniche di servizio del deposito; in particolare:

- centrale aria compressa
- Centrale teleriscaldamento/Produzione ACS/Accumulo AFS/Trattamento acque potabili
- Centrale Antincendio e vasca stoccaggio acqua
- sale apparecchiature elettriche (MT e BT) e batterie UPS

Nell'area esterna, prospiciente alla centrale sarà installato un gruppo elettrogeno con relativo serbatoio (prefabbricato e interrato).

Piano Primo

Al piano primo dell'officina sono previsti i seguenti locali:

- Ufficio per il personale responsabile della manutenzione del materiale rotabile, sala riunioni, sala formazione, area ristoro, spogliato e, servizi igienici.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato sarà realizzato mediante l'accostamento di 3 blocchi resi strutturalmente indipendenti per la presenza di opportuni giunti: il corpo principale denominato D06a sarà realizzato con struttura metallica e fondazioni a platea in cemento armato, i corpi secondari D06b1 e D06b2 con struttura in cemento armato, in parte gettata in opera in parte prefabbricata.

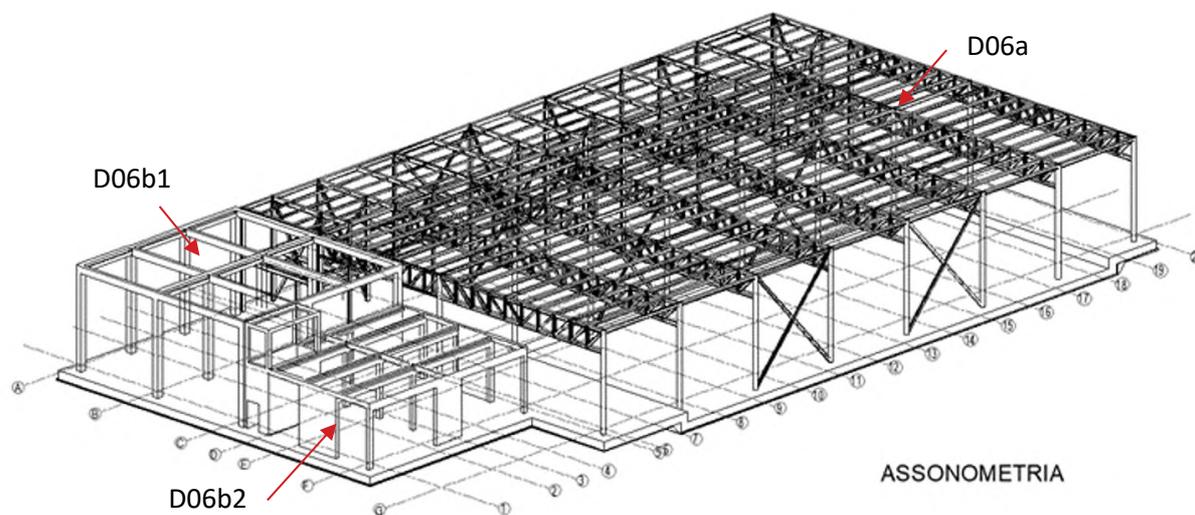


Figura 41. Assonometria Officina MR D06

20.10 Tornio in fossa (D07)

Il tornio in fossa, necessario per la riprofilatura delle ruote dei veicoli è previsto separato dall'officina è stata presa sulla base di alcune considerazioni:

- tutti i binari dell'officina rimangono liberi e disponibili per le operazioni di manutenzione programmate;
- sono attenuati gli effetti nocivi provocati da livelli di eccessiva rumorosità.



Dal punto di vista strutturale, il fabbricato sarà realizzato mediante opere interamente in cemento armato.

20.11 Deposito rifiuti infiammabili (D08)

Questo locale, di circa 120 mq, viene utilizzato per il deposito e la conservazione di vernici, solventi ed altri materiali infiammabili.

Le caratteristiche dell'edificio devono essere conformi alle leggi e ai regolamenti applicabili per lo stoccaggio di tali materiali. Il locale utilizzato per lo stoccaggio deve trovarsi al di fuori delle normali attività lavorative e deve essere costruito con compartimenti antincendio.

Deve essere dotato di armadi di sicurezza di adeguata resistenza al fuoco; i materiali infiammabili liquidi e solidi devono essere stoccati in appositi fusti e piccoli contenitori su scaffali o in blocchi, anche in relazione alle caratteristiche dei contenitori.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato sarà realizzato mediante opere interamente in cemento armato.

20.12 Area di stoccaggio dei materiali ingombranti

Un'area, di circa 500 mq, individuata tra il tornio in fossa e l'area di accesso tram, sarà usata per immagazzinare tutte le parti pesanti e voluminose che possono essere lasciate all'esterno, come pali della linea aerea, rotaie, traverse, rulli avvolgi cavi.

20.13 Parcheggio

Il deposito è dotato di un parcheggio per il personale e per i visitatori opportunamente localizzato all'interno del perimetro sorvegliato. Tale parcheggio è stimato per la capacità massima prevista di circa 35 veicoli. Di fronte al fabbricato uffici sono localizzati posti moto e biciclette.

Nel parcheggio d'intercambio limitrofo, aperto al pubblico, sono localizzati altri posti auto che, in caso di necessità, potranno essere utilizzati da personale dipendente.

20.14 Sistema di trattamento acque

Come previsto dai criteri ambientali minimi e dal Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n. 4. "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne" in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26, per le aree esterne del deposito e per il parcheggio, che possono essere soggette a inquinamento (strade carrabili, parcheggi), sono stati previsti impianti di depurazione e disoleazione delle acque di prima pioggia (ovvero relative ai primi 5 mm di ogni evento di pioggia indipendente, uniformemente distribuiti sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta dalle acque meteoriche), al fine di prevenire lo sversamento, anche accidentale, di inquinanti nei corsi idrici recettori, sul suolo e nelle acque sotterranee.



21. PARCHEGGIO SCAMBIATORE FIERA

L'intervento prevede dal punto di vista strutturale la realizzazione di un parcheggio da realizzarsi su due livelli (piano terra e piano primo) e la realizzazione di tettoie di copertura poste al piano primo aventi doppia funzione di ombreggiamento auto e di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

Il fabbricato ha dimensioni di circa 175 x75,5 mt. Le strutture del fabbricato sono prefabbricate ad esclusione delle strutture di fondazione e dei setti in c.a. È previsto un giunto a circa metà fabbricato con raddoppio di pilastri.

A livello fondazionale si prevede sotto i pilastri dei plinti di dimensione 300x300 cm. altezza 100 cm. collegati tra loro da travi di dimensione 50x60 cm. e delle travi continue di fondazione al di sotto dei setti di dimensione 180x80 cm.

I pilastri hanno dimensioni 40x60 mentre i setti gettati in opera hanno spessore di 30 cm. I pilastri prefabbricati ed i setti in c.a. dove contigui saranno realizzati con "cassette di ripresa di getto" tipo Arbox.

Le travi prefabbricate hanno sezione a T rovescia 80x65x40x30 e ad L 60x65x40x30.

Il solaio è di tipo alveolare H=30 cm con cappa di completamento h= 6 cm.

Il parcheggio comprenderà circa 1100 posti auto suddivisi tra la porzione a raso (posta a nordovest ed a nordest) e quella multipiano, a due elevazioni, posta nel quadrante sud-est.

Il nuovo parcheggio multipiano si configura come un'unica piastra avente, alle due estremità, le rampe di accesso delle auto; sul perimetro sono, inoltre, presenti i sistemi di collegamento verticale (scale ed ascensori).

A copertura degli stalli del piano primo sono, inoltre, previste, pensiline fotovoltaiche.

Non sono previste pareti perimetrali; il parcheggio verrà caratterizzato da una recinzione a griglia metallica zincata; il piano di copertura del parcheggio sarà, invece, dotato di parapetto in muratura intonacata.

22. RIMESSA PENDOLINA

22.1 Permessa

Il PFTE prevedeva, tra l'altro, un deposito secondario, da realizzare nei pressi dell'estremità della linea opposta, in località Pendolina.

Il deposito ausiliario Pendolina era ubicato, nel PFTE, in via del Molino. Il Comune di Brescia, nel sopra citato documento di indirizzo alla progettazione definitiva, ha richiesto, "al fine di non interferire con il parco e gli ambiti di servizio e a verde pubblico prospicienti il Polivalente e il parco del Mella", di



ricollocare il deposito ausiliario in altra area, utilizzando, “anche quale opportunità di rigenerazione urbana”, le aree con manufatti attualmente dismessi presso i civici 30/32 di Via Collebeato.

In fase di progettazione definitiva, pertanto, è stata stabilita per esso una nuova localizzazione, nell’area, indicata dal Committente, attualmente occupata da un capannone dismesso a precedente destinazione commerciale, del quale è prevista la demolizione e la ricostruzione.

22.1.1 Capacità della rimessa

Nel nuovo edificio è prevista la realizzazione di 9 stalli di rimessaggio, che si aggiungono a quelli previsti nel deposito Fiera.

22.1.2 Locali di servizio

Il deposito ausiliario sarà dotato di locali di servizio consistenti in:

- locale manutenzione corrente;
- locale magazzino;
- locale pulizia veicoli;
- sala ristoro;
- spogliatoi e servizi igienici.

Il deposito ausiliario Pendolina è un nuovo edificio isolato ubicato in corrispondenza del capolinea nord della linea T2. Le strutture in elevazione sono realizzate in carpenteria metallica con fondazione su platea in c.a. di spessore 0.80 m.

L’edificio ha forma rettangolare e una dimensione in pianta pari a 47.50x54.30 per una superficie pari a circa 2580 mq. Nella zona tra i picchetti 7 ed 8 è presente un impalcato di piano primo di dimensioni in pianta pari a 47.50x7.90 m per una superficie pari a circa 375 mq destinato ad uffici non aperti al pubblico. L’altezza totale dell’edificio è pari a circa 8.60 m.

Le colonne e le travi sono realizzati in profili tipo HE in S275 e S355, i controventi sono degli UPN in S275. Sia l’impalcato di copertura che l’impalcato del piano primo sono realizzati in lamiera grecata con getto collaborante di spessore totale pari a 120 mm.

Dal punto di vista sismico la tipologia strutturale è:

- strutture in acciaio intelaiate in direzione longitudinale
- strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva in direzione trasversale.

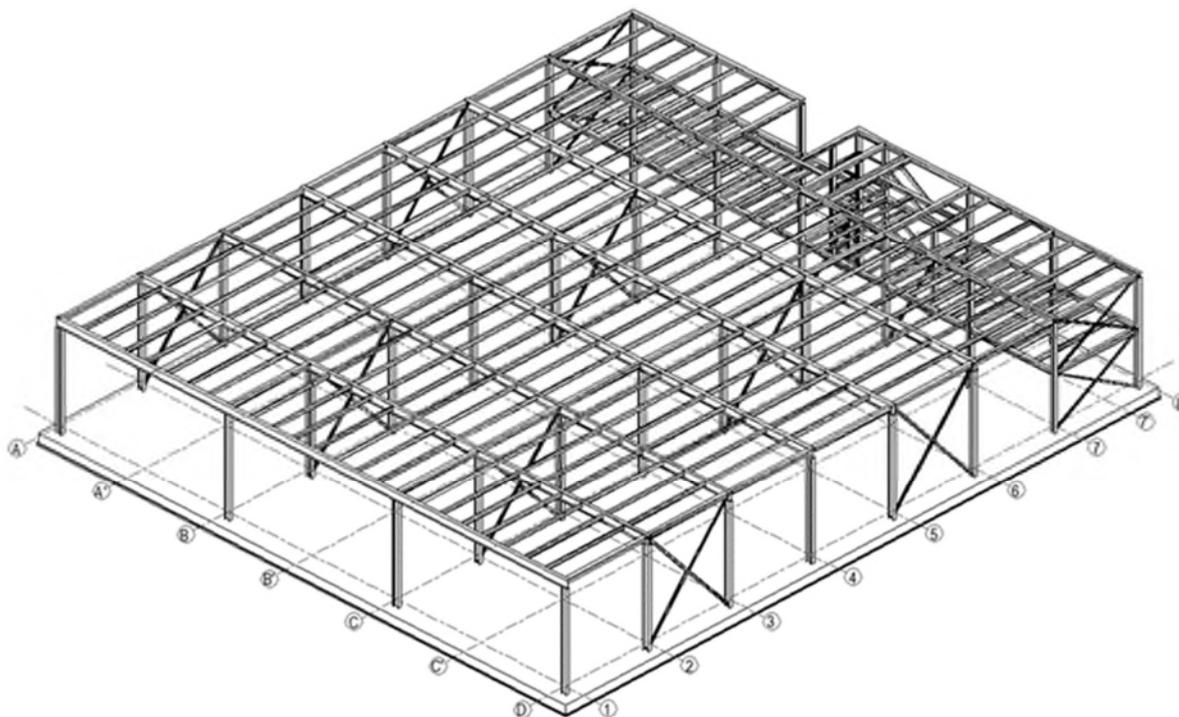


Figura 42. Assonometria carpenteria metallica deposito ausiliario Pendolina

23. CANTIERIZZAZIONE

Scopo del presente documento è illustrare, a partire da un'approfondita analisi del contesto urbano della città di Brescia in cui si inserisce, le soluzioni tecnico-progettuali trasposte nel progetto definitivo per la cantierizzazione della nuova linea tramviaria tra il capolinea sud Fiera ed i capolinea nord Pendolina.

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 ciclopedonali, il potenziamento delle alberature e del verde stradale nonché dell'arredo urbano.

Particolare attenzione è stata data all'integrazione dell'insieme dei sistemi costituenti l'infrastruttura tramviaria (armamento, trazione elettrica, segnalamento, etc) con i sistemi di illuminazione esistenti.

Le opere in oggetto si estendono per circa 11 km; la realizzazione di questa infrastruttura di trasporto in ambito urbano comporta delle inevitabili problematiche di invasività delle attività di cantiere nel tessuto urbano esistente, con l'induzione di una serie di disagi sia sui residenti che sulle attività produttive presenti nell'area di riferimento.

Nel seguito viene descritta l'impostazione data alle cantierizzazioni lungo l'intero tracciato, suddiviso, per comodità, nelle seguenti tratte:



1. Lotto Sud
 - a. Area Deposito Fiera e Parcheggio Scambiatore
 - b. Via Orzinuovi
 - c. Via Salgari
 - d. Via Corsica
2. Lotto Centro storico
 - a. Piazza della Repubblica e viale della Stazione
 - b. Area Stazione FS
 - c. Centro Storico
 - d. Fossa Bagni, Pusterla e Da Vinci
3. Lotto Nord
 - a. Via Volturno
 - b. L'Oltremella
 - c. Area deposito Pendolina

23.1 Macrocantieri

La cantierizzazione della nuova linea tramviaria è stata sviluppata considerando gli interventi principali previsti in progetto e relativi alla modifica delle sistemazioni urbanistiche (nelle tratte già urbanizzate) ed alla realizzazione dei manufatti tramviari. Il progetto di cantierizzazione prevede pertanto la suddivisione degli interventi per macrocantieri operativi, corrispondenti ognuno ad una macro WBS del progetto, come specificato nella tabella seguente:

Macrocantiere	WBS	POSIZIONE	tipologia cantiere
A	01.01	FIERA	CAMPO BASE
	01.02		OPERA D'ARTE - Ponte
	01.03		DEPOSITO
	01.04		PUNTUALE - Parcheggio multipiano
	01.05		PUNTUALE - Parcheggio a raso
	01.06		CAPOLINEA
	01.07		INTERSEZIONE - Rampa ovest
	01.08		LINEA SU PONTE
	01.09		INTERSEZIONE - Rampa est
B	02.01	1 CHIESANUOVA	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	02.02	2 ORZINUOVI OVEST	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	03.01	3 ORZINUOVI EST	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	03.02	4 DALMAZIA	CANTIERE DI LINEA TIPO B
	03.03	5 SALGARI	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	04.01	6 LAMARMORA	CANTIERE DI LINEA TIPO B
	04.02	7 CORSICA SUD	CANTIERE DI LINEA TIPO C
	04.03	8 CORSICA CENTRO	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	05.01	9 CORSICA NORD	CANTIERE DI LINEA TIPO D



C	06.01	1 REPUBBLICA	CANTIERE DI LINEA TIPO E
	06.02	2 VIALE DELLA STAZIONE	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	06.03	3 PIAZZA STAZIONE	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	06.04	4 GAMBARA FERRAMOLA	CANTIERE DI LINEA TIPO F
	06.05	5 ROMANINO	CANTIERE DI LINEA TIPO F
	06.06	6 SOLFERINO	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	07.01	7 FERRAMOLA	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	07.02	8 SAN MARTINO DELLA BATTAGLIA	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	07.03	9 MAZZINI	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	08.01	10 TITO SPERI	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	09.01	11 FOSSA BAGNI	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	09.02	12 PUSTERLA	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	10.01	13 DA VINCI	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	10.02	14 DA VINCI	PUNTUALE
	11.01	15 VOLTURNO CASERMA	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	11.02	16 VOLTURNO IVECO	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	12.01	17 VOLTURNO IVECO	CANTIERE DI LINEA TIPO A
D	12.02	1 VOLTURNO FIUMICELLO	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	12.03	2 COLOMBO	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	13.01	3 CADUTI DEL LAVORO	CANTIERE DI LINEA TIPO A
	14.01	4 CHIUSURE	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	14.02	5 DELLA CHIESA SUD	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	15.01	6 URAGO MELLA	CANTIERE DI LINEA TIPO C
	15.02	7 DELLA CHIESA NORD	CANTIERE DI LINEA TIPO D
	15.03	8 RISORGIMENTO	CANTIERE DI LINEA TIPO C
	15.04	9 TIBONI	CANTIERE DI LINEA TIPO C
	15.05	10 INTERNA	CANTIERE DI LINEA TIPO E
	15.06	11 COLLEBEATO	CANTIERE DI LINEA TIPO C
	15.07	12 MOLINO	CANTIERE DI LINEA TIPO C
E	16.01	1 PENDOLINA	PUNTUALE
	16.02	2 PENDOLINA	CANTIERE DI LINEA TIPO D

Ogni Macro cantiere è ulteriormente suddiviso in cantieri che, pur contenendo intersezioni ed incroci, sono stati concepiti invece come cantieri di linea con uno sviluppo longitudinale di lunghezza ridotta, tra i 100 ed i 500 m c.a, in modo da garantire la più completa transitabilità trasversale attraverso gli incroci più critici.

23.2 Cantieri

Di seguito la suddivisione dei macrocantieri in cantieri, con l'individuazione della tipologia ed il n° di fasi attuative (che tiene conto dell'articolazione individuata nei tipologici e dell'effettiva suddivisibilità dei cantieri in senso longitudinale in relazione alla presenza di intersezioni).



	WBS1 - MACROCANTIERE	WBS2 - TRATTA	WBS3 - FASE	WBS	tipologia cantiere	POSIZIONE	DESCRIZIONE
A	01	01	01	01.01.01	CAMPO BASE	FIERA	ALLESTIMENTO CAMPO BASE
							DEMOLIZIONE RUDERE ESISTENTE
	01	02	02	01.02.02	PUNTUALE		REALIZZAZIONE PONTE
	01	03	03	01.03.03	DEPOSITO		REALIZZAZIONE COMPLETA DEPOSITO
	01	04	04	01.04.04	PUNTUALE		REALIZZAZIONE PARCHEGGIO MULTIPIANO
	01	05	05	01.05.05	PUNTUALE		REALIZZAZIONE PARCHEGGIO A RASO
	01	06	06	01.06.06	CAPOLINEA		REALIZZAZIONE LINEA TRAMVIARIA E SSU
	01	07	07	01.07.07	INTERSEZIONE		REALIZZAZIONE INTERSEZIONE CON RAMPA W
	01	08	08	01.08.08	LINEA SU PONTE		REALIZZAZIONE LINEA TRAMVIARIA
	01	09	09	01.09.09	INTERSEZIONE	REALIZZAZIONE INTERSEZIONE CON RAMPA E	
B	02	01	01	02.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	1 CHIESANUOVA	ALLARGAMENTO SEDE LATO NORD E SSU
	02	01	02	02.01.02			RIFACIMENTO SSU LATO SUD
	02	01	03	02.01.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	02	01	04	02.01.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	02	01	05	02.01.05			INTERSEZIONE VIA DELLA NOCE
	02	01	06	02.01.06			POSA IMPIANTI
	02	02	01	02.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	2 ORZINUOVI OVEST	ALLARGAMENTO SEDE LATO NORD E SSU
	02	02	02	02.02.02			RIFACIMENTO SSU LATO SUD
	02	02	03	02.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	02	02	04	02.02.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	02	02	05	02.02.05			INTERSEZIONE VIA GENOVA
	02	02	06	02.02.06			POSA IMPIANTI
	03	01	01	03.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	3 ORZINUOVI EST	ALLARGAMENTO SEDE LATO NORD E SSU
	03	01	02	03.01.02			RIFACIMENTO SSU LATO SUD
	03	01	03	03.01.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	03	01	04	03.01.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	03	01	05	03.01.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
	03	01	06	03.01.06			POSA IMPIANTI
03	02	01	03.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO B	4 DAL MAY	DEMOLIZIONE ROTATORIA NORD	
03	02	02	03.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD-OVEST	



03	02	03	03.02.03			REALIZZAZIONE SSU ISOLA NORD-OVEST		
03	02	04	03.02.04			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD-EST		
03	02	05	03.02.05			REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONE INTERRATA		
03	02	06	03.02.06			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD-OVEST		
03	02	07	03.02.07			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD-EST		
03	02	08	03.02.08			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE TRAMVIARIA		
03	02	09	03.02.09			COMPLETAMENTO SSU		
03	02	10	03.02.10			POSA IMPIANTI		
03	03	01	03.03.01			CANTIERE DI LINEA TIPO A	5 SALGARI	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD
03	03	02	03.03.02					RIFACIMENTO SSU LATO SUD
03	03	03	03.03.03	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE				
03	03	04	03.03.04	POSA IMPIANTI				
04	01	01	04.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO B	6 LAMARMORA	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD		
04	01	02	04.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST		
04	01	03	04.01.03			REALIZZAZIONE SSU ISOLA NORD-EST		
04	01	04	04.01.04			REALIZZAZIONE SSU ISOLE LATO SUD E OVEST		
04	01	05	04.01.05			DEMOLIZIONE ROTATORIA		
04	01	06	04.01.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1		
04	01	07	04.01.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2		
04	01	08	04.01.08			COMPLETAMENTO SSU		
04	01	09	04.01.09			POSA IMPIANTI		
04	02	01	04.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO C	7 CORSICA SUD	REALIZZAZIONE SSU LATO EST		
04	02	02	04.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST		
04	02	03	04.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1		
04	02	04	04.02.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2		
04	02	05	04.02.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3		
04	02	06	04.02.06			POSA IMPIANTI		
04	03	01	04.03.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	8 CORSICA CENTRO	REALIZZAZIONE SSU LATO EST		
04	03	02	04.03.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST		
04	03	03	04.03.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1		
04	03	04	04.03.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2		
04	03	05	04.03.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3		
04	03	06	04.03.06			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE CEFALONIA		
04	03	07	04.03.07			COMPLETAMENTO SSU		
04	03	08	04.03.08			POSA IMPIANTI		
05	01	01	05.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	9 CORSICA NORD	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1		
05	01	02	05.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2		
05	01	03	05.01.03			REALIZZAZIONE SSE3 SARDEGNA		
05	01	04	05.01.04			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1		
05	01	05	05.01.05			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2		



	05	01	06	05.01.06			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 3			
	05	01	07	05.01.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1			
	05	01	08	05.01.08			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2			
	05	01	09	05.01.09			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3			
	05	01	10	05.01.10			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 4			
	05	01	11	05.01.11			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE SARDEGNA			
	05	01	12	05.01.12			COMPLETAMENTO SSU			
	05	01	13	05.01.13			POSA IMPIANTI			
	C	06	01	01			06.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO E	1 REP LIBB	REALIZZAZIONE LINEA E SSU
		06	01	02			06.01.02			POSA IMPIANTI
		06	02	01			06.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	2 VIALE DELLA STAZIONE	REALIZZAZIONE SSU LATO EST
		06	02	02			06.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST
		06	02	03			06.02.03			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD
06		02	04	06.02.04	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1					
06		02	05	06.02.05	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2					
06		02	06	06.02.06	POSA IMPIANTI					
06		03	01	06.03.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	3 PIAZZA STAZIONE	ADEGUAMENTO STRUTTURALE PARCHEGGIO, VELOSTAZIONE E SSU NORD-EST			
06		03	02	06.03.02			DEMOLIZIONE CICLOSTAZIONE E MODIFICHE EDIFICIO; REALIZZAZIONE SSU LATO SUD-EST			
06		03	03	06.03.03			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD E VIA FOPPA			
06		03	04	06.03.04			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD			
06		03	05	06.03.05			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD-OVEST			
06		03	06	06.03.06			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD-OVEST			
06		03	07	06.03.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1			
06		03	08	06.03.08			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2			
06		03	09	06.03.09			POSA IMPIANTI			
06		04	01	06.04.01	CANTIERE DI LINEA TIPO F	4 GAMBARA FERRAMOLA	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1			
06		04	02	06.04.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2			
06		04	03	06.04.03			REALIZZAZIONE LINEA LATERALE E SSU LATO SUD - TRATTO 1			
06		04	04	06.04.04			REALIZZAZIONE LINEA LATERALE E SSU LATO SUD - TRATTO 2			
06		04	05	06.04.05			SISTEMAZIONI STRADALI			
06		04	06	06.04.06			POSA IMPIANTI			
06		05	01	06.05.01	CANTIERE DI LINEA TIPO F	5 ROMANINO	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST			
06		05	02	06.05.02			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE			
06		05	03	06.05.03			SISTEMAZIONI STRADALI			
06		05	04	06.05.04			POSA IMPIANTI			
06		06	01	06.06.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	6 SOLFERINO	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1			
06		06	02	06.06.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2			
06		06	03	06.06.03			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 1			
06	06	04	06.06.04	REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 2						
06	06	05	06.06.05	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1						



06	06	06	06.06.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
06	06	07	06.06.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
06	06	08	06.06.08			POSA IMPIANTI
07	01	01	07.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	7 FERRAMOLA	REALIZZAZIONE SSE4
07	01	02	07.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1
07	01	03	07.01.03			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
07	01	04	07.01.04			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2
07	01	05	07.01.05			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
07	01	06	07.01.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
07	01	07	07.01.07			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE SOLFERINO-FERRAMOLA
07	01	08	07.01.08			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
07	01	09	07.01.09			SISTEMAZIONI STRADALI
07	01	10	07.01.10			POSA IMPIANTI
07	02	01	07.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	8 SAN MARTINO DELLA BATTAGLIA	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1
07	02	02	07.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
07	02	03	07.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
07	02	04	07.02.04			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2
07	02	05	07.02.05			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
07	02	06	07.02.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
07	02	07	07.02.07			POSA IMPIANTI
07	03	01	07.03.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	9 MAZZINI	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1
07	03	02	07.03.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
07	03	03	07.03.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
07	03	04	07.03.04			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2
07	03	05	07.03.05			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
07	03	06	07.03.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
07	03	07	07.03.07			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 3
07	03	08	07.03.08			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 3
07	03	09	07.03.09			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
07	03	10	07.03.10			POSA IMPIANTI
08	01	01	08.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	10 TITO SPERI	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1
08	01	02	08.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
08	01	03	08.01.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
08	01	04	08.01.04			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2
08	01	05	08.01.05			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
08	01	06	08.01.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
08	01	07	08.01.07			POSA IMPIANTI
09	01	01	09.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	11 FOSSA BAGNI	REALIZZAZIONE INTERVENTI STRUTTURALI PARCHEGGIO E SSU LATO SUD
09	01	02	09.01.02			REALIZZAZIONE LINEA TRATTO 1
09	01	03	09.01.03			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE TITO SPERI



09	01	04	09.01.04			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE SAN FAUSTINO		
09	01	05	09.01.05			SISTEMAZIONI STRADALI		
09	01	06	09.01.06			POSA IMPIANTI		
09	02	01	09.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	12 PUSTERLA	REALIZZAZIONE SSU LATO SUD		
09	02	02	09.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD		
09	02	03	09.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE		
09	02	04	09.02.04			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE PUSTERLA-SPERI		
09	02	05	09.02.05			REALIZZAZIONE INTERSEZIONE PUSTERLA-SAN FAUSTINO		
09	02	06	09.02.06			SISTEMAZIONI STRADALI		
09	02	07	09.02.07			POSA IMPIANTI		
10	01	01	10.01.01			CANTIERE DI LINEA TIPO A	13 DA VINCI	REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 1
10	01	02	10.01.02					REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 2
10	01	03	10.01.03					REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 3
10	01	04	10.01.04	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1				
10	01	05	10.01.05	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2				
10	01	06	10.01.06	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1				
10	01	07	10.01.07	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2				
10	01	08	10.01.08	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3				
10	01	09	10.01.09	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 4				
10	01	10	10.01.10	SISTEMAZIONI STRADALI				
10	01	11	10.01.11	POSA IMPIANTI				
10	02	01	10.02.01	PUNTUALE	14 DA VINCI	REALIZZAZIONE SSE5		
10	02	02	10.02.02			REALIZZAZIONE PARCHEGGIO		
11	01	01	11.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	15 VOLTURNO CASERMA	REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 1		
11	01	02	11.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 2		
11	01	03	11.01.03			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1		
11	01	04	11.01.04			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2		
11	01	05	11.01.05			REALIZZAZIONE LINEA LATERALE - TRATTO 1		
11	01	06	11.01.06			REALIZZAZIONE LINEA LATERALE - TRATTO 2		
11	01	07	11.01.07			REALIZZAZIONE LINEA LATERALE - TRATTO 3		
11	01	08	11.01.08			SISTEMAZIONI STRADALI		
11	01	09	11.01.09			POSA IMPIANTI		
11	02	01	11.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	16 VOLTURNO IVECO	REALIZZAZIONE CAMPO BASE		
11	02	02	11.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD		
11	02	03	11.02.03			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD		
11	02	04	11.02.04			REALIZZAZIONE SSU ISOLA SUD-OVEST E SSE6		
11	02	05	11.02.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1		
11	02	06	11.02.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2		
11	02	07	11.02.07			RIPRISTINO PARCHEGGIO		
11	02	08	11.02.08			POSA IMPIANTI		



D	12	01	01	12.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	17 VOLTURNO IVECO	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD
	12	01	02	12.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD
	12	01	03	12.01.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	12	01	04	12.01.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	12	01	05	12.01.05			POSA IMPIANTI
	12	02	01	12.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	1 VOLTURNO FIUMICELLO	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1
	12	02	02	12.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2
	12	02	03	12.02.03			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 1
	12	02	04	12.02.04			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 2
	12	02	05	12.02.05			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 3
	12	02	06	12.02.06			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 4
	12	02	07	12.02.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	12	02	08	12.02.08			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	12	02	09	12.02.09			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
	12	02	10	12.02.10			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 4
	12	02	11	12.02.11			POSA IMPIANTI
	12	03	01	12.03.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	2 COLOMBO	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1
	12	03	02	12.03.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2
	12	03	03	12.03.03			REALIZZAZIONE OPERE D'ARTE E SSU LATO SUD - TRATTO 1
	12	03	04	12.03.04			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 2
	12	03	05	12.03.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	12	03	06	12.03.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	12	03	07	12.03.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
	12	03	08	12.03.08			POSA IMPIANTI
	13	01	01	13.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO A	3 CADUTI DEL LAVORO	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD-OVEST
	13	01	02	13.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD-EST
	13	01	03	13.01.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	13	01	04	13.01.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	13	01	05	13.01.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
	13	01	06	13.01.06			REALIZZAZIONE SSE7
	13	01	07	13.01.07			POSA IMPIANTI
	14	01	01	14.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	4 CHIUSURE	REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
	14	01	02	14.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1
	14	01	03	14.01.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
	14	01	04	14.01.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
	14	01	05	14.01.05			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
14	01	06	14.01.06	REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3			
14	01	07	14.01.07	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2			
14	01	08	14.01.08	SISTEMAZIONE STRADALI			
14	01	09	14.01.09	POSA IMPIANTI			



14	02	01	14.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	5 DELLA CHIESA SUD	REALIZZAZIONE SSU LATO EST
14	02	02	14.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST
14	02	03	14.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
14	02	04	14.02.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2 - INTERSEZIONE TORRICELLA
14	02	05	14.02.05			SISTEMAZIONE STRADALI
14	02	06	14.02.06			POSA IMPIANTI
15	01	01	15.01.01	CANTIERE DI LINEA TIPO C	6 URAGO MELLA	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST
15	01	02	15.01.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
15	01	03	15.01.03			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
15	01	04	15.01.04			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
15	01	05	15.01.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
15	01	06	15.01.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3
15	01	07	15.01.07			SISTEMAZIONE STRADALI
15	01	08	15.01.08			POSA IMPIANTI
15	02	01	15.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	7 DELLA CHIESA NORD	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST
15	02	02	15.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST
15	02	03	15.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE
15	02	04	15.02.04			SISTEMAZIONE STRADALI
15	02	05	15.02.05			POSA IMPIANTI
15	03	01	15.03.01	CANTIERE DI LINEA TIPO C	8 RISORGIMENTO	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 1
15	03	02	15.03.02			REALIZZAZIONE SSU LATO NORD - TRATTO 2
15	03	03	15.03.03			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 1
15	03	04	15.03.04			REALIZZAZIONE SSU LATO SUD - TRATTO 2
15	03	05	15.03.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
15	03	06	15.03.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
15	03	07	15.03.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - INTERSEZIONE LEVI/LODRINI
15	03	08	15.03.08			POSA IMPIANTI
15	04	01	15.04.01	CANTIERE DI LINEA TIPO C	9 TIBONI	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 1
15	04	02	15.04.02			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST - TRATTO 2
15	04	03	15.04.03			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 1
15	04	04	15.04.04			REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2
15	04	05	15.04.05			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 1
15	04	06	15.04.06			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 2
15	04	07	15.04.07			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE - TRATTO 3 - INTERSEZIONE RISORGIMENTO
15	04	08	15.04.08			POSA IMPIANTI
15	05	01	15.05.01	CANTIERE DI LINEA TIPO E	10 INTERNA	REALIZZAZIONE LINEA
15	05	02	15.05.02			REALIZZAZIONE SSU
15	05	03	15.05.03			POSA IMPIANTI
15	06	01	15.06.01	CANTIERE DI LINEA TIPO C	11 C/OI	INSTALLAZIONE CAMPO BASE E REALIZZAZIONE SSE 8 E SSU LATO EST - TRATTO 1



E	15	06	02	15.06.02			ELIMINAZIONE ROTATORIA DEL MOLINO E REALIZZAZIONE SSU LATO EST - TRATTO 2	
	15	06	03	15.06.03			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST E LINEA LATERALE - TRATTO 1	
	15	06	04	15.06.04			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST E LINEA LATERALE - TRATTO 2	
	15	06	05	15.06.05			REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST E LINEA LATERALE - TRATTO 3	
	15	06	06	15.06.06			SISTEMAZIONE STRADALI	
	15	06	07	15.06.07			POSA IMPIANTI	
	15	07	01	15.07.01			CANTIERE DI LINEA TIPO C	12 MOLINO
	15	07	02	15.07.02	REALIZZAZIONE CAPOLINEA E SSU LATO SUD			
	15	07	03	15.07.03	REALIZZAZIONE SSU LATO NORD			
	15	07	04	15.07.04	SISTEMAZIONE STRADALI			
	15	07	05	15.07.05	POSA IMPIANTI			
	E	16	01	01	16.01.01	PUNTUALE	1 PENDOLINA	DEMOLIZIONE FABBRICATI E BONIFICA
		16	01	02	16.01.02			REALIZZAZIONE OPERE CIVILI DEPOSITO
		16	01	03	16.01.03			REALIZZAZIONE ARMAMENTO E IMPIANTI CIVILI E DI LINEA
		16	01	04	16.01.04			REALIZZAZIONE SISTEMAZIONI ESTERNE
16		01	05	16.01.05	POSA IMPIANTI			
16		02	01	16.02.01	CANTIERE DI LINEA TIPO D	2 PENDOLINA	REALIZZAZIONE SSU LATO OVEST	
16		02	02	16.02.02			REALIZZAZIONE SSU LATO EST	
16		02	03	16.02.03			REALIZZAZIONE LINEA CENTRALE	
16		02	04	16.02.04			REALIZZAZIONE RACCORDO OVEST	
16		02	05	16.02.05			REALIZZAZIONE RACCORDO SUD	
16		02	06	16.02.06			SISTEMAZIONE STRADALI	

- **Macro cantiere A – Campo Base**

Il cantiere A1 occupa l'area esistente a nord-est del complesso fieristico. All'interno di tale area sono previste 2 fasi operative relative, la prima, all'apprestamento del campo base necessario all'intera opera e, la seconda, alla realizzazione del deposito e del nuovo parcheggio d'interscambio (a raso e multipiano); all'interno di tale area verranno allocate le baracche per gli uffici complete di servizi igienici insieme a quella del presidio di controllo completo di wc, e saranno dotate di un parcheggio di pertinenza per complessivi 30 posti auto, il tutto recintato. All'esterno di tale enclave è prevista un'area logistica a servizio dei cantieri di linea, per il deposito dei materiali e dei mezzi di cantiere, dotata di magazzino/officina, spogliatoi, diesel tank; quest'ultima area avrà un accesso diretto su via Caprera. L'allestimento del campo base rispecchierà la configurazione dell'attuale parcheggio al fine di evitare la realizzazione di opere temporanee.

All'area destinata alla costruzione del deposito e del parcheggio di cui sopra si aggiungono, inoltre ulteriori due piccoli tratti necessari al collegamento tra i binari del capolinea e via Orzinuovi:



Il cantiere A2 comprende l'area destinata alla realizzazione del nuovo manufatto di attraversamento della Tangenziale che andrà realizzato in fase unica; le connessioni con i binari del capolinea avverranno mediante l'utilizzo di sistemi prefabbricati onde ridurre l'impatto sulla viabilità (corsia di innesto su Tangenziale in direzione sud) con necessaria deviazione della stessa su altra direttrice.

Il cantiere A3 è relativo, invece, all'innesto della linea su via Orzinuovi; analogamente al cantiere A2 esso sarà caratterizzato dall'uso di sistemi prefabbricati onde ridurre l'impatto sulla viabilità (corsia di uscita da Tangenziale in direzione nord) con necessaria deviazione della stessa su altra direttrice.

- **Macro cantiere B – Orzinuovi (B1 e B2)**

I due cantieri B1 e B2 occupano l'area corrispondente alla via Orzinuovi per tutto il tratto che va dalla Tangenziale alla rotatoria Dalmazia; essi sono suddivisi longitudinalmente in funzione delle intersezioni a T con le traverse.

Il progetto prevede le 4 fasi della tipologia B: smantellamento marciapiedi nord e ampliamento sede stradale con realizzazione della viabilità di progetto in direzione ovest e dei percorsi ciclabili e pedonali; modifica delle sistemazioni urbanistiche lato sud; realizzazione della sede tramviaria, e completamento degli incroci e delle rotatorie interessate.

- **Macro cantiere C – Orzinuovi (C1, C2 e C3)**

I cantieri di linea C1 e C3 occupano l'area corrispondente alle vie Orzinuovi e Salgari; essi sono suddivisi longitudinalmente in funzione delle intersezioni a T con le traverse.

Il progetto prevede per tali cantieri le 4 fasi della tipologia B: smantellamento marciapiedi nord e ampliamento sede stradale con realizzazione della viabilità di progetto in direzione ovest e dei percorsi ciclabili e pedonali; modifica delle sistemazioni urbanistiche lato sud; realizzazione della sede tramviaria, e completamento degli incroci e delle rotatorie interessate.

Il cantiere C2 è relativo, invece all'intersezione a rotatoria tra le vie Orzinuovi, Salgari e Dalmazia; per esso è prevista la cantierizzazione secondo la tipologia E con 8 fasi lavorative inerenti, dapprima, la demolizione della rotatoria nord ed il rifacimento delle sistemazioni urbanistiche all'intorno. Una volta realizzati i raccordi in mano destra previsti in progetto, verrà demolita la rotatoria sud e realizzata la sistemazione tramviaria al centro.

- **Macro cantiere D – Corsica (D1, D2 e D3)**

Il cantiere D12 è relativo all'intersezione a rotatoria tra le vie Salgari, Corsica e La Marmora; per esso è prevista la cantierizzazione secondo la tipologia E con 7 fasi lavorative inerenti, dapprima, la modifica delle sistemazioni urbanistiche all'intorno. Una volta realizzati i raccordi in mano destra previsti in progetto, verrà demolita la rotatoria esistente e realizzata la sistemazione tramviaria al centro.



I due cantieri D2 e D3 occupano l'area corrispondente alla via Corsica per tutto il tratto che va dal cantiere D1 fino alla rotatoria con via Sardegna.

Il cantiere D2 è riconducibile alla tipologia C e presenta 5 fasi in funzione delle intersezioni con le traverse.

Il cantiere D3 è, invece, riconducibile alla tipologia D in quanto per l'esecuzione delle opere tramviarie in senso stretto sarà necessario deviare il traffico sulle parallele vie Toscana (a est) e Corfù (a ovest) e presenta 9 fasi studiate per minimizzare l'impatto del cantiere sull'accessibilità agli edifici che oggi si affacciano su via Corsica.

Ad ogni buon conto, per entrambi i cantieri verranno dapprima realizzate le sistemazioni urbanistiche al contorno (a est ed a ovest), senza intaccare la viabilità, per poi passare alla realizzazione dell'asse tramviario.

- **Macro cantiere E – Corsica/Repubblica (E)**

Il cantiere E è riconducibile alla tipologia D in quanto per l'esecuzione delle opere tramviarie in senso stretto sarà necessario deviare il traffico sulle parallele vie Sardegna e Kennedy (a est) e Zara/Dalmazia (a ovest) e presenta 9 fasi studiate per minimizzare l'impatto del cantiere sull'accessibilità agli edifici che oggi si affacciano su via Corsica.

Verranno dapprima realizzate le sistemazioni urbanistiche al contorno (a est ed a ovest) senza intaccare la viabilità per poi passare alla realizzazione dell'asse tramviario.

- **Macro cantiere F – Centro (F1, F2, F3, F4, F5 ed F6)**

Il cantiere F1 occupa lo spicchio sud-ovest di Piazza della Repubblica (tra via Corsica e Viale della Stazione); il cantiere va ad occupare la porzione residua dell'anello viario esterno che verrà chiuso al traffico ed i marciapiedi posti nelle immediate vicinanze; il cantiere verrà realizzato in fase unica.

Il cantiere F2 occupa, invece, l'asse di viale della Stazione ed è riconducibile alla tipologia C; verranno dapprima cantierizzate le opere sul margine est della strada per poi proseguire con quelle sul lato ovest ed, infine, con la realizzazione dell'infrastruttura tramviaria a centro strada.

Il cantiere F3, occupa tutto il piano della stazione ferroviaria. Riconducibile alla tipologia D, esso si sviluppa in 8 fasi necessarie, dapprima, alla realizzazione delle opere di adeguamento strutturale della copertura del parcheggio interrato ed alla predisposizione delle nuove fermate bus, per poi proseguire con la realizzazione della nuova sistemazione della piazza. Una volta terminati i lavori sulle aree attorno al nuovo sedime tramviario verrà realizzato il nuovo armamento in due fasi studiate per garantire, sempre, l'accesso al parcheggio interrato.

Il cantiere F4 si sviluppa lungo le vie Gambara e Ferramola (fino all'intersezione con via Solferino). Esso verrà suddiviso in 5 fasi operative volte alla realizzazione, dapprima delle sistemazioni



urbanistiche a nord di via Gambara ed in via Ferramola (quest'ultima verrà chiusa al traffico durante i lavori, lasciando libera la corsia lato sud; verranno quindi realizzate le opere sul lato sud della strada avendo cura di mantenerla sempre aperta al traffico viario).

Il cantiere F5 riguarda, invece, le lavorazioni da effettuarsi lungo via Romanino. Verranno dapprima realizzate le opere sul lato ovest per poi proseguire con quelle dell'asse tramviario (le sistemazioni urbanistiche lato est verranno, invece, riqualficate nell'ambito della prima fase del cantiere di via Gambara).

Il cantiere F6, infine, è relativo alla realizzazione del binario su via Solferino; riconducibile alla tipologia C, il cantiere si svilupperà dapprima sul lato nord con la riprofilatura e riqualficazione dei marciapiedi esistenti, per poi proseguire con le lavorazioni previste per i marciapiedi a sud ed, infine, con la realizzazione dell'infrastruttura tramviaria declinata in più sottofasi in modo da garantire, sempre, l'attraversamento di via Solferino in corrispondenza del ponte Kennedy.

- **Macro Cantiere G – Centro (G1, G2, e G3)**

Il cantiere G1 occupa la porzione di via Ferramola tra gli incroci con via Solferino – a sud – e via Vittorio Emanuele II; esso presenta, inoltre un'appendice che occupa l'area del parcheggio esistente tra le vie Solferino e Gambara (in cui è prevista la realizzazione di un piccolo campo base e la successiva realizzazione di una sottostazione elettrica interrata).

Il cantiere – di tipologia D – verrà portato avanti previa deviazione delle correnti di traffico longitudinali in direzione nord-sud su via Ferramola.

Interessando flussi trasversali di notevole entità, la cantierizzazione è stata studiata prevedendo un generale frazionamento in due sub-ambiti nord e sud, tutte le lavorazioni: verranno realizzate dapprima le sistemazioni urbanistiche di via Ferramola lato est, proseguendo con quelle lato ovest ed, infine, con la realizzazione del corridoio tramviario. Ciò avviene sia nell'ambito a sud che in quello a nord di via XX Settembre, favorendo sempre la permeabilità trasversale.

Una volta completata l'infrastruttura verranno realizzate le lavorazioni all'incrocio con via Solferino riaprendo, quindi, al traffico gli assi stradali interessati.

Il cantiere G2, invece, coincide con l'asse di via S. Martino della Battaglia (tra via Vittorio Emanuele II e via Zanardelli); il cantiere G3, infine, coincide con l'asse di via Mazzini (tra corso Zanardelli e l'inizio della galleria Tito Speri).

Entrambi di tipologia D, essi verranno sviluppati secondo più sub-ambiti in modo da minimizzare l'impatto sull'accessibilità agli edifici. Dopo aver interessato i marciapiedi lato ovest, i cantieri interesseranno quelli lato est ed, infine, l'infrastruttura tramviaria che coincide con l'asse stradale.



Durante i lavori la viabilità dovrà essere deviata al fine di garantire il livello di accessibilità al centro storico esistente; la progettazione esecutiva dovrà approfondire tale aspetto individuando i corridoi alternativi per ognuna delle fasi di lavoro.

- **Macrocantiere H – Centro – (H)**

Il cantiere H occupa l'intero tracciato della galleria Tito Speri, nonché il tratto terminale dell'omonima via fino all'incrocio con via Pusterla.

Il cantiere – di tipologia D – verrà portato avanti previa deviazione delle correnti di traffico longitudinali in direzione nord-sud su itinerari alternativi da individuare in sede di progettazione esecutiva. Esso seguirà le fasi già previste per tale tipologia con la realizzazione, prima, delle sistemazioni stradali al contorno e, di seguito, dell'infrastruttura tramviaria in senso stretto.

- **Macrocantiere I – Centro – (I1 e I2)**

Il cantiere I1 occupa l'intero tracciato di via Fossa Bagni, nonché il tratto terminale dell'omonima via fino ad incrociare via San Faustino.

Il cantiere – di tipologia D – verrà portato avanti previa deviazione delle correnti di traffico TPL su itinerari alternativi da individuare in sede di progettazione esecutiva. Esso seguirà le fasi già previste per tale tipologia con la realizzazione, prima, dei lavori di risoluzione interferenze con le rampe di uscita del parcheggio pubblico sottostante ed, a seguire, dell'infrastruttura tramviaria.

Il cantiere I2, invece, si innesta all'interno di via Pusterla; di tipologia C, esso verrà sviluppato adeguando, dapprima le sistemazioni urbanistiche lato nord e, quindi, quelle lato sud. Una volta completate tali lavorazioni si potrà procedere a restringere la sede stradale alle 2 corsie previste in progetto (lato nord) e procedere alla realizzazione dell'infrastruttura tramviaria.

- **Macrocantiere L – Centro – (L)**

Il cantiere occupa l'intero tracciato dell'attuale corsia preferenziale bus posta sul lato sud di via Leonardo da Vinci.

Il cantiere – di tipologia C – si svilupperà dapprima sul lato nord con la riprofilatura e riqualificazione dei marciapiedi esistenti, per poi proseguire con le lavorazioni previste per i marciapiedi a sud ed, infine, con la realizzazione dell'infrastruttura tramviaria declinata in più sottofasi in modo da garantire, sempre, la percorribilità delle traverse.

- **Macrocantiere M – Volturno – (M1 e M2)**

Il cantiere M1 coincide con la via Volturno tra le vie Tartaglia e del Sebino. Di tipologia D ed in 8 fasi, esso verrà sviluppato, dapprima, lungo i marciapiedi lato nord per poi proseguire con le lavorazioni previste per i marciapiedi lato sud ed, infine, con la realizzazione dell'infrastruttura tramviaria declinata in più sottofasi in modo da garantire, sempre, la percorribilità delle traverse. Durante la realizzazione dei lavori inerenti all'infrastruttura tramviaria, la strada dovrà essere



chiusa al traffico, pur garantendo l'accesso ai residenti ed ai frontisti; il TPL dovrà essere deviato su altra direttrice così come il traffico privato in attraversamento da est verso ovest (utilizzando la parallela via Montebello).

Il cantiere M2, invece, comprende l'ampio tratto di via Volturno che dall'incrocio con via del Sebino e Col di Lana (a est) giunge fino alla rampa di accesso ovest al parcheggio Volturno. Il cantiere, di tipologia C, si sviluppa (in 4 fasi) preliminarmente a nord, con l'ampliamento della sede stradale in area oggetto di esproprio; seguono, quindi, i lavori di ampliamento della sede stradale verso sud (a scapito del parcheggio Volturno); il tutto per garantire la percorribilità di via Volturno in entrambi i sensi di marcia durante i lavori della successiva fase di posa dell'armamento tramviario e di realizzazione della nuova fermata. Da evidenziarsi che all'inizio dei lavori verrà occupata una parte del parcheggio Volturno che verrà adibito a campo base per tutta la durata dei lavori inerenti il centro urbano; al termine di tali lavori il parcheggio verrà ripristinato e riqualificato come da progetto.

- **Macro cantiere N – Volturno/Mella – (N1, N2 e N3)**

I cantieri N1, N2 ed N3, verranno sviluppati tutti secondo la fasizzazione prevista per il cantiere C, ovvero affrontando dapprima la realizzazione delle sistemazioni urbanistiche laterali per, poi, mettere in opera (a centro strada) la nuova infrastruttura tramviaria. Particolare attenzione verrà data al mantenimento della fruibilità degli svincoli della tangenziale che verranno salvaguardati in ogni fase di lavoro. Durante le lavorazioni di realizzazione dell'armamento tramviario (nei tratti antistanti l'uscita degli svincoli) che non interesseranno mai contemporaneamente i due svincoli, verranno garantiti i torna indietro, rispettivamente ad est delle rampe di uscita della carreggiata est della tangenziale e ad ovest delle rampe di uscita della carreggiata ovest della tangenziale stessa.

- **Macro cantiere O – Caduti del lavoro – (O)**

Il cantiere O verrà sviluppato in 5 fasi, previa deviazione della corrente di traffico da sud verso nord (su via Chiusure), mediante la riprofilatura e riqualificazione del marciapiede lato nord-ovest (1 e 2) e di quello sud-est (3); verrà quindi realizzata l'infrastruttura tramviaria (4) ed il collegamento di quest'ultima con i binari provenienti da via Cristoforo Colombo.

- **Macro cantiere P – Chiusure – (P1 e P2)**

Il cantiere P1, di tipologia D, verrà realizzato previa deviazione del traffico TPL e privato (di attraversamento) su altra direttrice (via Cominazzi); pur garantendo l'accesso carrabile e pedonale a tutti i residenti, il cantiere si svilupperà, dapprima, affrontando la realizzazione delle sistemazioni lato est per poi proseguire sul lato ovest ed, infine, lungo la direttrice centrale di via Chiusure. La realizzazione dell'armamento tramviario avverrà per sub-ambiti in modo da garantire, il più possibile, l'accesso ai passi carrai esistenti lungo la strada.



Il cantiere P2, anch'esso di tipologia D, verrà sviluppato con le stesse modalità del P1, deviando il traffico sulle parallele vie Torquato Tasso e Don Giacomo Vender.

- **Macro cantiere Q – Chiesa/Pendolina – (Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5)**

Il cantiere Q1 coincide con il tratto di via della Chiesa tra le vie Prima e Tredicesima. Data la sezione stradale interessata dal progetto, la cantierizzazione (di tipologia C ed in 6 fasi) verrà portata avanti mediante la realizzazione delle sistemazioni urbanistiche – alternativamente – sui lati nord-ovest e sud-est di via della Chiesa. Previa deviazione del traffico diretto verso nord su altra direttrice parallela (Don Giacomo Vender.), verrà posta in opera la nuova infrastruttura tramviaria.

Il cantiere Q2, invece, interessa il tratto terminale di via della Chiesa (tra via Tredicesima e via del Risorgimento). Data la ristrettezza della sede stradale interessata, la cantierizzazione viene delineata secondo le fasi della tipologia D (con deviazione delle correnti di traffico su altra direttrice parallela).

I cantieri Q3, Q4 e Q5 verranno declinati tutti secondo le fasi proprie della tipologia C, previa realizzazione delle sistemazioni urbane al contorno e, quindi, della nuova infrastruttura tramviaria.

23.3 Fasi principali del cantiere di linea

I cantieri sono distinguibili secondo le seguenti tipologie:

- **TIPOLOGIA 0:** Opere da realizzare all'interno di sedime pedonale e/o ciclopeditonale o in ambito non urbanizzato.

Questa tipologia non presenta particolari problemi di interferenze con l'ambiente circostante né in termini di traffico né in termini di accessi laterali. I cantieri di tipo A, infatti, prevedono una cantierizzazione in un'unica fase (salvo ovviamente una più dettagliata articolazione delle singole opere da realizzarsi).

- **TIPOLOGIA A:** Opere da realizzare centrale rispetto ad un asse stradale esistente, con allargamento della sede stradale.

La prima fase (fase A) generalmente prevede la cantierizzazione delle opere di allargamento della sede stradale e il mantenimento dei flussi viari sulle carreggiate esistenti. Le operazioni previste in questa fase sono lo spostamento dei sottoservizi interferenti (per la parte ricadente in progetto all'interno dell'area impegnata da tale fase), la modifica delle sistemazioni urbane e la realizzazione della nuova semicarreggiata da utilizzare, nella successiva fase di cantiere, per lo spostamento della viabilità dal lato ovest al lato est della sezione stradale.

La seconda fase (fase B), invece, prevede lo spostamento dei sottoservizi interferenti (per la parte ricadente in progetto all'interno dell'area impegnata da tale fase) e la modifica delle sistemazioni



urbane sul lato opposto rispetto alla fase A, mantenendo sempre operativa la viabilità longitudinale e tutti gli accessi trasversali.

La terza fase (fase C) è relativa alla costruzione della nuova sede tramviaria, comprensiva delle sue tecnologie, all'interno di un cantiere posto a centro carreggiata, con i flussi viari ai lati, che non interferisce con gli accessi trasversali. In questo modo l'impatto sul traffico viario si riduce al minimo, dato che i flussi di traffico, a meno di poche eccezioni individuate, non vengono interrotti.

La quarta fase (fase D) è una fase di raccordo, sulle testate e/o in presenza di incroci o rotatorie, e serve a completare tutte le connessioni con i cantieri limitrofi.

Una quinta fase (fase E) è prevista in attesa del collaudo, a lavori finiti, e comporta la recinzione leggera della linea a bordo cordolo.

- **TIPOLOGIA C:** Opere da realizzare centrale rispetto ad un asse stradale esistente, senza allargamento della sede stradale.

La prima fase (fase A) generalmente prevede lo spostamento dei sottoservizi interferenti (per la parte ricadente in progetto all'interno dell'area impegnata da tale fase) e la cantierizzazione delle opere di sistemazione urbana su di un lato della strada interessata, con la salvaguardia dei flussi veicolari e pedonali. Le operazioni previste in questa fase prevedono la modifica dei marciapiedi, delle aree di sosta e di tutte le dotazioni in termine di arredo urbano e verde, nonché la predisposizione della viabilità da utilizzare, nella successiva fase di cantiere.

La seconda fase (fase B) è relativa allo spostamento dei sottoservizi interferenti (per la parte ricadente in progetto all'interno dell'area impegnata da tale fase) ed alla cantierizzazione delle opere di sistemazione urbana sul lato opposto della strada interessata (rispetto alla fase precedente), con la salvaguardia dei flussi veicolari e pedonali. Le operazioni previste in questa fase prevedono la modifica dei marciapiedi, delle aree di sosta e di tutte le dotazioni in termine di arredo urbano e verde, nonché la predisposizione della viabilità da utilizzare, nella successiva fase di cantiere.

La terza fase (fase C), invece, prevede la costruzione della nuova sede tramviaria, comprensiva delle sue tecnologie, all'interno di un cantiere posto a centro carreggiata, con i flussi viari ai lati, che non interferisce con gli accessi trasversali. In questo modo l'impatto sul traffico viario si riduce al minimo, dato che i flussi di traffico, a meno di poche eccezioni individuate, non vengono interrotti.

La quarta fase (fase D) è una fase di raccordo, sulle testate e/o in presenza di incroci o rotatorie, e serve a completare tutte le connessioni con i cantieri limitrofi.

Una quinta fase (fase E) è prevista in attesa del collaudo, a lavori finiti, e comporta la recinzione leggera della linea a bordo cordolo.

- **TIPOLOGIA D:** Opere da realizzare centrale rispetto ad un asse stradale esistente, senza allargamento della sede stradale, con deviazione del traffico gommato su altra direttrice.

La prima fase (fase A) generalmente prevede lo spostamento dei sottoservizi interferenti e la costruzione della nuova sede tramviaria, comprensiva delle sue tecnologie, all'interno di un cantiere che va ad occupare l'intera sezione stradale (a meno dei marciapiedi che rimangono fruibili); durante



tale fase i flussi veicolari verranno deviati su altre direttrici, individuando ove necessario le aree da destinarsi al carico/scarico ed alla sosta dei residenti.

La seconda fase (fase B) prevede, invece, la cantierizzazione delle opere di sistemazione urbana su di un lato della strada interessata, con la riapertura dei flussi veicolari sul nastro stradale centrale e la salvaguardia di quelli pedonali. Le operazioni previste in questa fase prevedono la modifica dei marciapiedi, delle aree di sosta e di tutte le dotazioni in termine di arredo urbano e verde, nonché la predisposizione della viabilità da utilizzare, nella successiva fase di cantiere.

La terza fase (fase C), invece, prevede la cantierizzazione delle opere di sistemazione urbana sul lato opposto della strada interessata (rispetto alla fase precedente), con la salvaguardia dei flussi veicolari già riaperti nella precedente fase ed il mantenimento dei flussi pedonali. Le operazioni previste in questa fase prevedono la modifica dei marciapiedi, delle aree di sosta e di tutte le dotazioni in termine di arredo urbano e verde, nonché la predisposizione della viabilità da utilizzare, nella successiva fase di cantiere.

La quarta fase (fase D) è prevista in attesa del collaudo, a lavori finiti, e comporta – eventualmente – la recinzione leggera della linea a bordo cordolo.

- **TIPOLOGIA E:** Intersezione complessa a rotatoria, realizzazione delle connessioni tramviarie ed adeguamento delle sistemazioni urbane.

La prima fase (fase A) prevede la cantierizzazione delle sistemazioni superficiali al contorno, da declinare in funzione del numero di attestazioni viarie sul nodo in modo da mantenere sempre i flussi viari sulle carreggiate esistenti con le manovre già consentite oggi. Le operazioni previste in questa fase prevedono il riallineamento delle cordolature, il rifacimento dei marciapiedi ed il ripristino dei conglomerati bituminosi, il tutto in funzione della nuova rotatoria che verrà realizzata nella fase successiva.

La seconda fase (fase B) è relativa alla realizzazione delle opere al centro dell'incrocio; si prevede, pertanto, la realizzazione di una rotatoria con, al suo interno, l'area operativa per la posa dell'armamento. In tale fase vengono mantenute tutte le manovre oggi consentite.

La terza fase (fase C) è relativa alla connessione tra i rami tramviari a monte ed a valle dell'intersezione e quanto già realizzato al centro della rotatoria; il tutto ,eventualmente, mediante il varo di conci prefabbricati di armamento. Durante la presente fase verranno mantenute tutte le manovre oggi consentite.

La quarta fase (fase D) è invece prevista in attesa del collaudo, a lavori finiti e comporta la recinzione leggera della linea a bordo cordolo.

- **TIPOLOGIA F:** cantiere mobile, per la realizzazione di interventi su strada esistenti.

Tale cantiere, necessario per la deviazione dei sottoservizi, si svilupperà sempre per piccoli tratti al fine di minimizzarne l'impatto sulla circolazione stradale. Verranno infatti allestiti cantieri puntuali, secondo quanto disciplinato dalle norme vigenti, in corrispondenza dei pozzetti esistenti lungo i cavidotti di servizio della linea tramviaria e nei punti ove è previsto il posizionamento dei sezionatori di linea.



In tutte le fasi verrà garantito l'accesso pedonale agli edifici prospicienti, ai cantieri e ai passaggi pedonali provvisori per l'attraversamento delle strade.

L'accesso ai passi carrabili delle attività commerciali e dei principali insediamenti abitativi sarà subordinato all'avanzamento del cantiere e concertato assieme ai competenti uffici comunali.

Quando le operazioni di cantiere non permetteranno gli accessi (ad esempio quando le macchine interferiscono con il proprio raggio di azione o per motivi geometrici del cantiere) verranno concordate le modalità operative fra gli addetti del cantiere e i titolari dei passi carrabili, al fine di mitigare il più possibile il fastidio per le suddette attività.

In ogni caso verrà sempre mantenuta la possibilità di accesso ad eventuali mezzi di soccorso.

Verranno garantiti attraversamenti pedonali prima e dopo l'inizio del cantiere e in tutti i punti in cui risulteranno necessari per permettere le accessibilità private e pubbliche in funzione dell'avanzamento del cantiere.

Per quanto riguarda gli incroci e i flussi ortogonali al nuovo asse tramviario, si è cercato di ottimizzare le geometrie di cantiere e le relative fasi di lavorazione in maniera da garantire la possibilità di tutte le manovre attualmente esistenti.

Eventuali chiusure di strade saranno subordinate all'avanzamento del cantiere e puntualmente di volta in volta concertate assieme ai competenti uffici comunali.

Incroci prefabbricati

Il progetto prevede che, per la realizzazione della nuova linea tramviaria, vengano adottati sistemi di prefabbricazione per gli incroci maggiormente critici sotto il profilo cantieristico; nello specifico vengono eseguiti con tale metodo i seguenti incroci:

- Via Orzinuovi/Tangenziale – rampa Ovest, rampa Est ed attraversamento Orzinuovi
- Via Ferramola/via Solferino
- Via Ferramola/via XX Settembre
- Via Ferramola/via Vittorio Emanuele II
- Via Leonardo Da Vinci/via Tartaglia

La cantierizzazione di detti incroci prevede, in ogni caso, la modifica prima lo spostamento dei sottoservizi interferenti e la realizzazione delle sistemazioni urbanistiche sul bordo esterno degli incroci per poi intervenire, con un numero di fasi derivante dalla lunghezza dei tratti interessati dalla prefabbricazione, per ogni concio, con le lavorazioni di scavo, predisposizione dei basamenti, varo degli elementi prefabbricati, posa dei binari e completamento delle finiture. Al riguardo il progetto di cantierizzazione prevede l'ingombro massimo utilizzabile dal cantiere nel rispetto della funzionalità della viabilità interessata; all'interno delle recinzioni sono quindi ricavati tutti gli spazi necessari alla posa degli elementi prefabbricati.

24. PIANO DI GESTIONE TERRE

Nella tabella che segue si riportano le volumetrie attese dei materiali prodotti dai lavori in progetto, suddivisi per area di interesse:



Area Interesse	(A)	(B)
	Pacchetto stradale (mc)	Attività scavo (mc)
LS01	326,32	1 334,96
LS02	2 918,52	11 939,42
LS03	2 648,84	10 836,18
LS04	1 363,54	5 578,14
LS05	1 266,86	5 182,63
sub totale Lotto	8 524,10	34 871,31
LC01	1 029,98	4 213,53
LC02 BD	1 363,10	5 576,33
LC02 BP	666,73	2 727,51
LC03	897,66	3 672,24
LC04 BD	919,78	3 762,74
LC04 BP	385,75	1 578,08
LC05	811,04	3 317,90
sub totale Lotto	6 074,04	24 848,33
LN01	2 037,10	8 333,59
LN02	2 064,19	8 444,39
LN03	1 308,14	5 351,46
LN04	1 703,42	6 968,55
LN05	2 719,96	11 127,11
sub totale Lotto	9 832,80	40 225,11
TOTALE LINEA	24.430,94	99.944,75
DEPOSITI	-	35 040,00
DEMOLIZIONE MANUFATTI	18.500,00	-
Totale	42.930,94	134.984,75

Il piano ha come obiettivo primario il massimo riutilizzo del materiale scavato: nello svolgimento delle attività realizzative, pertanto, l'operato sarà improntato, se possibile, al principio di favorire il più possibile il recupero/riutilizzo dei materiali di risulta rispetto alla relativa gestione come rifiuti presso impianti di recupero/discarica.

Dall'esame della tabella sopra riportata, si stima una produzione di ca. 134.984 mc di terre e rocce da scavo, che potranno essere parzialmente riutilizzate all'interno del cantiere se conformi ai limiti delle CSC di riferimento.

I terreni in esubero potranno essere gestiti in qualità di sottoprodotto per rimodellazioni, rilevati, ecc. se conformi alla normativa vigente (DPR 120/2017 e/o D.Lgs. 152/06) o, in alternativa come rifiuto ai sensi della parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i..

Si stima inoltre una produzione di ca. 24.430 mc di materiale derivante dalla rimozione del pacchetto stradale e ca. 18.500 mc di materiali derivanti dalla demolizione di manufatti, per un totale di ca. 42.930 mc, che saranno gestiti in qualità di rifiuto ai sensi della parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.



25. CAVE E DISCARICHE

25.1 Individuazione dei siti di recupero smaltimento

Nella tabella riportata di seguito sono elencati gli impianti di conferimento rifiuti ricadenti nell'area oggetto di studio, con le relative attività previste per ogni impianto, le autorizzazioni e la distanza dal sito.

26. IMPIANTI DI CONFERIMENTO RIFIUTI

IMPIANTI CONFERIMENTO RIFIUTI				
Ditta	Indirizzo	Attività	Autorizzazione	Distanza dal sito
Ecology Transport s.r.l.	Via Badia, 35-43-Cellatico (BS)	Recupero e stoccaggio rifiuti R12, R13	Provvedimento Dirigenziale n. 1636 del 16/05/2018	ca. 7 km
Systema Ambiente s.p.a.	Via dei Santi, 58-Brescia (BS)	Recupero e stoccaggio rifiuti R12, R13	Provvedimento Dirigenziale n. 2353 del 16/08/2022	ca. 8 km
Mascarini	Strada Vicinale mezza campagna n.1 località Antica Idrovora – Calcinato (BS)	Recupero stoccaggio rifiuti R13, R5	Provvedimento Dirigenziale n. 2726 del 26/06/2010	ca. 17 km

26.1 Individuazione cave di approvvigionamento

Nella tabella riportata di seguito sono elencati gli impianti di approvvigionamento materiali, ricadenti nell'area oggetto di studio, con l'indicazione per ciascun sito della localizzazione, dei materiali disponibili e la distanza dal sito.

26.2 Impianti di approvvigionamento materiali

IMPIANTI APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI			
Ditta	Indirizzo	Attività	Distanza dal sito
Bettoni S.p.a. – Cava di Montirone	Via Circonvallazione s.n.c.- Montirone (BS)	Sabbia e ghiaia	ca. 14 km
Bettoni S.p.a. – Cava Bosco	Via Lunga,29- Castegnato, loc. Boscodella (BS)	Calcestruzzi	ca. 16 km
Mascarini s.r.l	Strada Vicinale mezza campagna n.1 località Antica Idrovora – Calcinato (BS)	Calcestruzzi	ca. 17 km



IMPIANTI APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI			
Ditta	Indirizzo	Attività	Distanza dal sito
Calcestruzzi S.p.a.	Levate, comune di Montichiari (BS)	Inerti e calcestruzzi	ca. 18 km

27. ESPROPRI

La nuova sede tramviaria si svilupperà principalmente su sedimi di strade pubbliche, all'interno del tessuto urbano, ad esclusioni di importanti aree e fabbricati posti agli estremi Nord e Sud del tracciato.

Per la realizzazione dell'opera non si ravvisano particolari criticità legate al territorio ed alle proprietà interessate, pur considerando la complessità determinata dall'operare in territorio urbanizzato, ad eccezione dell'espropriazione dei sedimi di proprietà ex Pietra S.p.a. - stabilimento industriale adibito alla produzione di acciai oggi dismesso e potenzialmente oggetto di bonifica.

La maggior area di espropriazione riguarda principalmente fregi di sedimi stradali urbani, ove in alcuni casi l'intestazione catastale è di soggetti privati, incoerente rispetto reale destinazione.

Da segnalare la presenza di importanti edificati, corrispondenti a:

- porzione di fabbricato direzionale di proprietà RETE FERROVIARIA ITALIANA SPA - esproprio c.a mq 275
- importante porzione di fabbricato industriale, con relativa area scoperta di pertinenza di proprietà CHIAPPINI intestati - esproprio c.a mq 7.947

In prossimità ed all'interno dei centri abitati la destinazione urbanistica assume le caratteristiche e la suscettibilità riferibile alle zone Residenziali e Produttive proprie del tessuto urbano

Di seguito sono sinteticamente riepilogate le destinazioni urbanistiche delle aree oggetto di esproprio o occupazione definitiva, con relativa superficie di esproprio prevista:

Comune di Brescia

- Ambiti di trasformazione disciplinati del Documento di Piano (NTA art.83b) mq 1.668
- Ambiti produttivi in tessuti residenziali consolidati (NTA art.81) mq 7.947
- Aree residenziali con rilevante presenza di commercio (NTA art.81) mq 1.086
- Attrezzature e spazi aperti ad uso e di interesse pubblico (NTA art.55) mq 3.687
- Attrezzature e spazi aperti ad uso e di interesse pubblico (NTA art.55) Piani attuativi vigenti (NTA art.83a) mq 30.834
- Grandi poli produttivi (NTA art.81) mq 5.834
- Tessuti storici (NTA Art.80) mq 488
- Tessuto a prevalente destinazione commerciale e distributiva (NTA art.81) mq 3.319
- Tessuto a prevalente destinazione residenziale (NTA art.81) mq 3.918
- Tessuto a prevalente destinazione residenziale (NTA art.81) Edifici isolati di valore storico e architettonico (NTA art.70) mq 149
- Tessuto a prevalente destinazione residenziale (NTA art.81) Piani attuativi vigenti (NTA art.83a) mq 1.880



• Tessuto a prevalente destinazione terziaria e direzionale (NTA art.81)	mq	4
• Tessuto a prevalente destinazione terziaria e direzionale (NTA art.81) Piani attuativi vigenti (NTA art.83a)	mq	46.021
• Strade e viabilità	mq	12.469

Il costo stimato delle espropriazioni è di circa **8 milioni di euro** come dettagliato nell'elaborato BST2-PD-LG00-COM-ESP-R001-A1.

L'importo stimato per le espropriazioni è così costituito e stimato sul costo di espropriazione per l'acquisizione dei sedimi:

• fabbricati/aree ad indirizzo industriale e direzionale	incidenza c.a 13%
• aree scoperte per attrezzature ed assimilabili	incidenza c.a 53%
• pertinenze di fabbricati residenziali, commerciali, direzionali	incidenza c.a 33%
• strade e viabilità	incidenza c.a 1%

Per il dettaglio si rimanda agli elaborati specialistici.



28. CRONOPROGRAMMA

Allo stato di sviluppo del progetto definitivo si prevede un'attività di cantiere di **1700gg** compresi 180 gg di collaudi, test e prove di esercizio.

Per ulteriori dettagli consultare l'elaborato progettuale BST2-PD-LG00-COM-CRO-K001-A1.