

ASTRAS

Associazione tram sostenibile

CSD INGEGNERI 
INGEGNOSI PER NATURA

STUDIO DI FATTIBILITÀ VARIANTE TRACCIATO TRAM - TRENO ASTA BIOGGIO - MANNO

RELAZIONE TECNICA

Lugano, 31 gennaio 2018

MB01035.100

CSD INGEGNERI SA

Via Lucchini 12

Casella postale

CH-6901 Lugano

t +41 91 913 91 00

f +41 91 913 91 19

e lugano@csd.ch

www.csd.ch

INDICE

| | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. | INTRODUZIONE | 6 |
| 1.1 | Contesto | 6 |
| 1.2 | Oggetto del mandato | 8 |
| 1.3 | Basi del mandato | 8 |
| 2. | VINCOLI PIANIFICATORI | 9 |
| 2.1 | Piano Direttore cantonale (PD) | 9 |
| 2.2 | Programma d'Agglomerato del Luganese di seconda generazione (PAL2) | 11 |
| 2.3 | Programma d'Agglomerato del Luganese di terza generazione (PAL3) | 12 |
| 2.4 | Il Nuovo Polo Vedeggio (NPV) e i Piani Regolatori (PR) vigenti | 15 |
| 3. | PROGETTO DEFINITIVO FLP: ASTA BIOGGIO - MANNO | 17 |
| 3.1 | Descrizione del progetto | 17 |
| 3.1.1 | Caratteristiche del nuovo materiale rotabile | 17 |
| 3.1.2 | Tracciato di PDef | 18 |
| 3.1.3 | Esercizio | 21 |
| 3.1.4 | Impatto viabilità | 21 |
| 3.1.5 | Ambiente | 21 |
| 3.1.6 | Realizzazione: fasi di cantiere sotto traffico | 22 |
| 3.1.7 | Estensioni future | 23 |
| 3.2 | Modifiche rispetto al progetto di massima | 24 |
| 3.2.1 | Comparto Cavezzolo | 24 |
| 4. | VARIANTI DI TRACCIATO | 26 |
| 4.1 | Variante "Riale Barboi" | 27 |
| 4.2 | Variante "Binario industriale" | 28 |
| 4.2.1 | Copertura della variante "Binario industriale" | 28 |
| 4.2.2 | Possibile futura estensione | 29 |
| 5. | PROGETTO PRELIMINARE: VARIANTE ASTA BIOGGIO-MANNO | 30 |
| 5.1 | Sagoma spazio libero, spazi di sicurezza, profili tipo | 30 |
| 5.1.1 | Linea di riferimento | 30 |
| 5.1.2 | Sagoma spazio libero C3 | 31 |
| 5.1.3 | Distanza tra i binari | 32 |
| 5.2 | Basi della tecnica ferroviaria | 33 |
| 5.2.1 | Geometria dei binari: parametri di tracciamento | 33 |
| 5.2.2 | Tipologia degli scambi | 33 |
| 5.2.3 | Azionamento degli scambi | 34 |
| 5.2.4 | Riscaldamento degli scambi | 34 |
| 5.2.5 | Binari con massicciata | 34 |

| | | |
|--------|-----------------------------------------------|-----------|
| 5.2.6 | Elementi principali d'armamento | 35 |
| 5.2.7 | Drenaggio | 36 |
| 5.2.8 | Fine dei binari | 36 |
| 5.2.9 | Alimentazione: corrente di trazione | 36 |
| 5.2.10 | Impianti di sicurezza | 36 |
| 5.3 | Vincolo di protezione delle acque sotterranee | 37 |
| 5.4 | Tracciato tranviario | 38 |
| 5.4.1 | Andamento planimetrico | 38 |
| 5.4.2 | Andamento altimetrico | 38 |
| 5.4.3 | Sezioni tipologiche | 39 |
| 5.5 | Manufatti | 42 |
| 5.5.1 | Muri di contenimento | 42 |
| 5.5.2 | Viadotto | 42 |
| 5.5.3 | Stazioni | 42 |
| 5.5.4 | Accessi alle stazioni | 42 |
| 5.5.5 | Terminal di Manno | 43 |
| 5.5.6 | Officina di manutenzione rotabili | 43 |
| 5.6 | Esercizio | 44 |
| 6. | CONFRONTO COSTI | 45 |
| 7. | ANALISI MULTICRITERI | 47 |
| 8. | RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE | 51 |

PIANI ALLEGATI

| N. | TITOLO |
|----|----------------------------------------------|
| 1 | Progetto Preliminare – Planimetria 1/3 |
| 2 | Progetto Preliminare – Planimetria 2/3 |
| 3 | Progetto Preliminare – Planimetria 3/3 |
| 4 | Progetto Preliminare – Profilo longitudinale |
| 5 | Progetto Preliminare – Sezioni tipo |

PREAMBOLO

CSD conferma con la presente di avere eseguito il suo mandato con la diligenza richiesta. I risultati e le conclusioni sono stati ottenuti secondo le regole riconosciute del settore e sono basati sullo stato delle conoscenze nel rapporto.

CSD presuppone che:

- il committente, o i terzi da lui designati, le hanno fornito informazioni e documenti esatti e completi per l'esecuzione del mandato,
- i risultati del suo lavoro non saranno utilizzati in modo parziale,
- i risultati del suo lavoro non saranno utilizzati per uno scopo diverso da quello convenuto o per un altro oggetto, né saranno trasposti a circostanze modificate, senza essere stati riesaminati.

In caso contrario, CSD declina esplicitamente ogni responsabilità verso il committente per i danni che ne potrebbero derivare.

Se un terzo utilizza i risultati del lavoro o se si basa su questi per prendere decisioni, è esclusa ogni responsabilità per i danni diretti e indiretti che ne potrebbero derivare.

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto

La Rete tram-treno del Luganese s'iscrive nel Piano dei Trasporti del Luganese (PTL) e costituisce un progetto strategico del Programma di Agglomerato del Luganese (PAL) che mette in relazione le aree strategiche dello sviluppo del Luganese mediante un'offerta alternativa ed efficace agli spostamenti in automobile.

La tappa prioritaria del progetto (prima tappa) prevede che la linea esistente di Ponte Tresa delle Ferrovie Luganesi SA (FLP) sia completata con il collegamento con Lugano Centro e con Manno. Nelle tappe successive la rete potrebbe essere completata con i prolungamenti verso Cornaredo e Pian Scairolo.

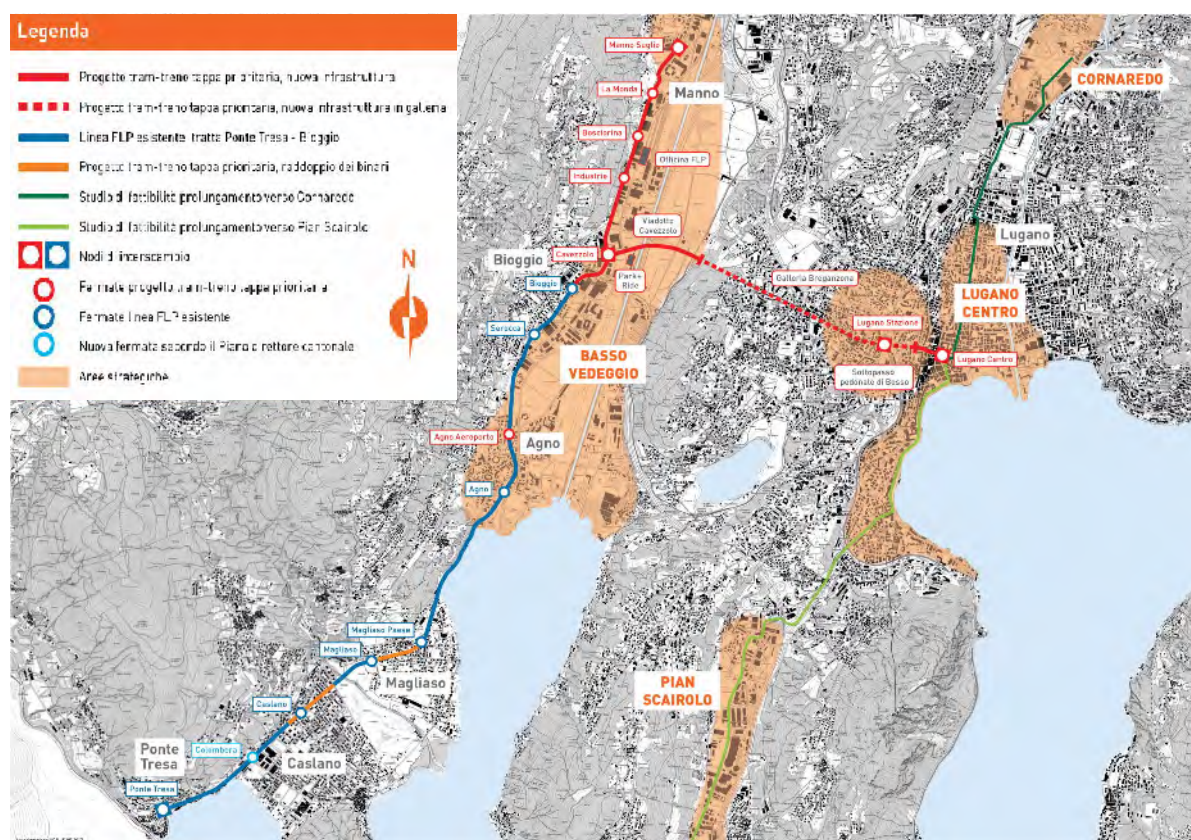


Figura 1: Tappa prioritaria (Fonte: Cartina progetto definitivo, TI-DT, settembre 2017)

Si deve osservare che il progetto prevede la dismissione della linea ferroviaria FLP esistente tra Bioggio Molinazzo e Lugano FFS.

Il progetto definitivo della tappa prioritaria del progetto Rete tram-treno del Luganese (RTL) prevede che la tratta Cavezzolo (Bioggio) - Suglio (Manno) sia ubicata in adiacenza della Via Cantonale, limitando l'accessibilità veicolare al solo incrocio di Via Industriale (rotonda).



Figura 2: Asta Bioggio - Manno (Fonte: Conferenza stampa Rete tram-treno del Luganese, TI-DT, 15 settembre 2017)

L'associazione per un tram sostenibile (ASTRAS), di cui fanno parte impresari e proprietari di immobili attivi nel comparto Bioggio-Manno, ma pure abitanti direttamente toccati dal tracciato, promuove un tracciato alternativo come indicato nella seguente figura, che dal nodo di Cavezzolo si colleghi alla linea merci esistente.

I principali obiettivi ricercati con questo tracciato discosto dalla strada cantonale sono di evitare il peggioramento ulteriore degli ingorghi sulla strada cantonale e permettere in futuro il collegamento del tram-treno con la stazione TILO di Taverne-Torricella.

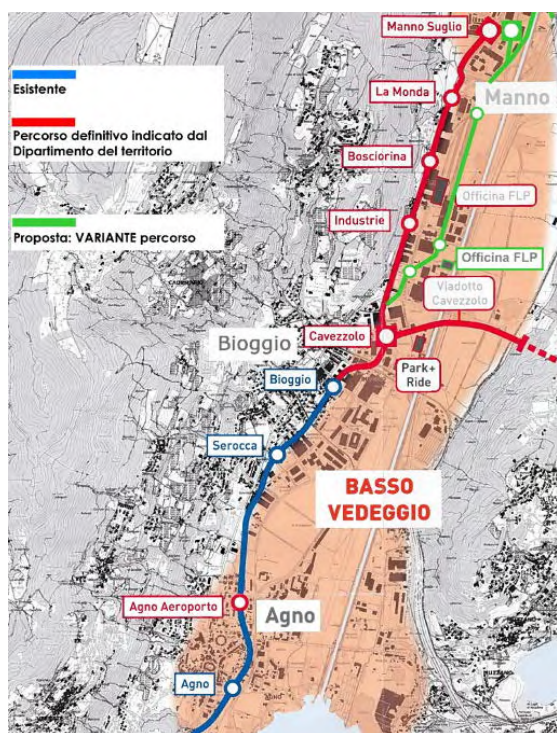


Figura 3: Proposta variante (Fonte: ASTRAS)

1.2 Oggetto del mandato

L'associazione tram sostenibile (ASTRAS) ha conferito a CSD INGENNERI SA il mandato per lo **studio di fattibilità della variante di tracciato tram-treno dell'asta Bioggio-Manno**, con l'obiettivo di ottimizzare il suo tracciato mediante progetto preliminare e, in seguito, confrontarlo mediante analisi multicriteri al progetto definitivo della FLP.

1.3 Basi del mandato

Costituiscono le principali basi dello studio di fattibilità i seguenti documenti:

- Disposizioni d'esecuzione dell'Ordinanza sulla costruzione e l'esercizio delle ferrovie (Oferr);
- Regolamenti in materia di tecnica ferroviaria (RTE) dell'Unione dei trasporti pubblici (UTP);
- Direttiva "Vorschriften und Richtlinien für die Dimensionierung von Tramanlagen der Verkehrsbetriebe Zürich" (Verkehrsbetriebe Zürich VBZ, 07.2013);
- Norme Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS);
- Norme Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA).

2. VINCOLI PIANIFICATORI

2.1 Piano Direttore cantonale (PD)

Il Piano Direttore cantonale identifica per il comparto di Bioggio-Manno oggetto dello studio due destinazioni d'uso prevalenti:

- una **Zona Industriale di Interesse Cantonale (ZIIC)**, in adiacenza alla strada cantonale e nella parte inferiore della stessa;
- una **Superficie per l'Avvicendamento Colturale (SAC)**, a nord-est del comparto, priva di ogni insediamento.

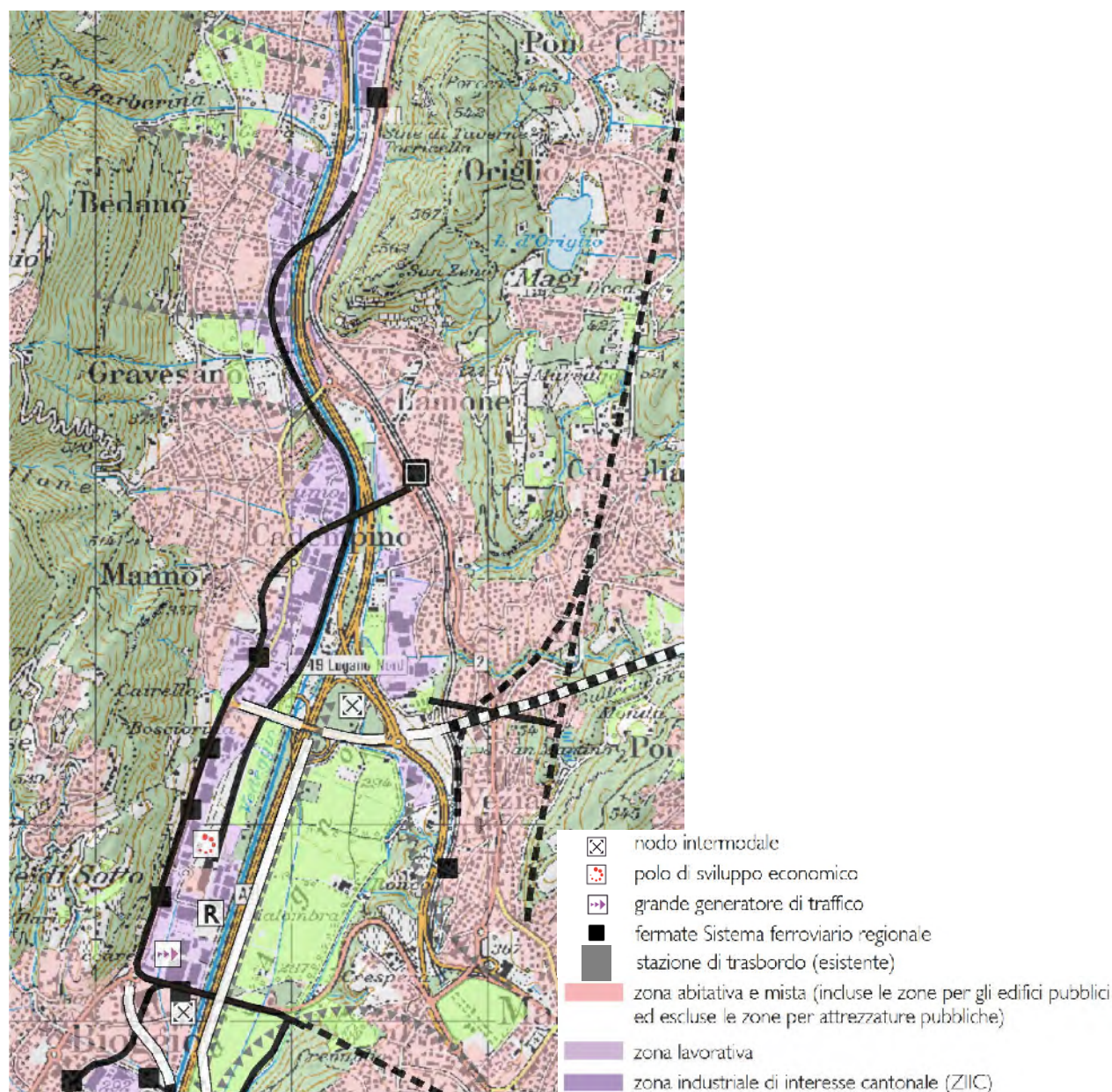


Figura 4: Stralcio del Piano Direttore del Canton Ticino (Fonte: portale cartografico on-line SITMAP)

L'area in questione si configura come un **Polo di Sviluppo Economico (PSE)** che, secondo le indicazioni contenute nella scheda R7¹ di PD nell'ambito tematico della Rete Urbana, integra il concetto di ZIIC e lo completa considerando non solo le attività industriali e artigianali, ma le attività economiche nel loro insieme.

Inoltre, l'ambito in oggetto è un **Grande Generatore di Traffico (GGT)**, come riportato nella scheda R8² di PD, per effetto della forte incidenza che determina sul territorio e sull'ambiente in termini di:

- grandi superficie per edifici e traffico;
- elevate densità di utilizzo;
- generazione di forti flussi di traffico;
- produzione di inquinamento atmosferico e fonico;
- ripercussioni sullo sviluppo urbano.

All'interno del comparto produttivo si individua una **Stazione di Trasbordo esistente** (simbolo R in figura 4), che corrisponde al punto di servizio FFS Cargo di Manno, con piazzale di carico.

A Cavezzolo, all'appendice sud del comparto di Bioggio-Manno, è indicata la previsione di **Nodo Intermodale** che acquisterà interesse con il completamento della tappa prioritaria della rete ferrotranviaria (Lugano Centro-Bioggio/Manno-Ponte Tresa), la costruzione della fermata di Cavezzolo e la realizzazione del Park & Ride.

Infine, nell'ambito tematico della vivibilità del PD, si osserva come l'intero comparto di Bioggio-Manno e Cavezzolo si configura come un'area potenzialmente interessata da fenomeni di **Alluvionamento**, riconducibili non soltanto a fenomeni di precipitazione piovosa, ma anche e soprattutto a fuoriuscite dai corsi d'acqua. L'area in esame è lambita dal fiume Vedeggio, che scorre in affiancamento al tracciato autostradale lungo il margine est del comparto, ed è percorsa internamente dal riale Barboi, che scorre a cielo aperto nella parte inferiore del comparto e verso Cavezzolo. La scheda V5³ di PD sottolinea la necessità, nel caso di insediamenti in zone critiche in presenza di corsi d'acqua, che siano promosse misure di prevenzione (protezioni contro le piene) e di rinaturalizzazione che assicurino gli spazi di pertinenza dei corsi d'acqua (linee di arretramento dai corsi d'acqua nei Piani Regolatori Comunali).

Il progetto della rete tram-treno è un intervento infrastrutturale del Programma di Agglomerato del Luganese, sulla base del Piano dei Trasporti del Luganese (PTL), ripreso dal Piano Direttore Cantonale. La scheda R/M3 di PD individua infatti nella Rete tram del Luganese una misura di grande interesse strategico, definita dal PTL, approfondita da PAL1 e confermata da PAL2⁴.

Al momento tale scheda si limita a riferimenti di PAL2 e non è stata ancora aggiornata con le indicazioni di PAL3. Pertanto, essa riprende il tracciato del PMax e non quello del PDef.

¹ Vedi PD, scheda R7 "Poli di sviluppo economico – PSE".

² Vedi PD, scheda R8 "Grandi generatori di traffico – GGT".

³ Vedi PD, scheda V5 "Pericoli naturali".

⁴ Vedi PD, scheda R/M3 "Rete urbana e mobilità".

2.2 Programma d'Agglomerato del Luganese di seconda generazione (PAL2)

Per quanto riguarda la rete TP su ferro, il PAL2 prevedeva:

- una possibile estensione del tram tra Suglio e la stazione TILO di Lamone;
- la trasformazione del binario industriale con nuova linea TILO tra Manno e Taverne - Torricella.

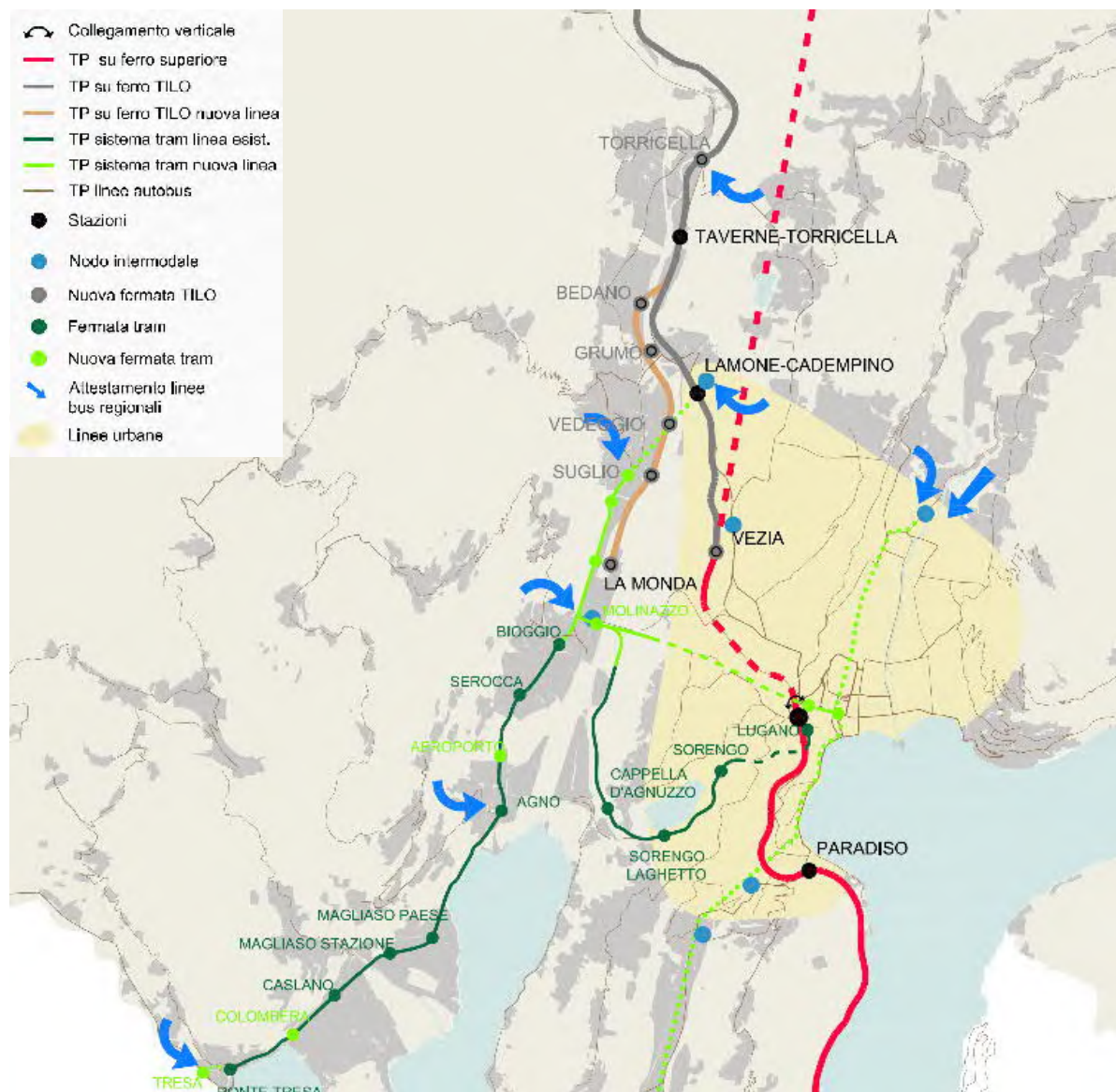


Figura 5: Strategia di intervento trasporto pubblico (Fonte: PAL 2, giugno 2012)

2.3 Programma d’Agglomerato del Luganese di terza generazione (PAL3)

Il PAL3, approvato dal Consiglio di Stato nel dicembre 2016, riprende e approfondisce alcuni dei temi di PAL2.

Per il **Trasporto Individuale Motorizzato (TIM)** il PAL3 conserva la gerarchia di **strada a grande capacità** per lo svincolo di Lugano Nord e le bretelle che lo compongono.

Inoltre, conferma il ruolo di **strada principale** per il tratto di strada cantonale PA398 (Strada Regina) a nord dell’incrocio di “5 vie”, dove andrà innestandosi il previsto nuovo collegamento stradale (circonvallazione Agno-Bioggio) che riprende in parte (e riqualifica) l’attuale via dei Mulini, complanare alla N2, in affiancamento al fiume Vedeggio. In questo modo, il tratto della stessa cantonale a sud dell’incrocio di “5 vie” e l’asse che collega Breganzona a Molinazzo si presentano di rango inferiore (**strada di collegamento**), mentre la viabilità interna al comparto di Bioggio-Manno (via Industria) è solo d’interesse locale (strade di raccolta e/o di servizio).

Il coordinamento con il Trasporto Pubblico è assicurato nel PAL3 grazie al potenziamento del sistema di nodi intermodali e parcheggi d’interscambio alle stazioni del sistema ferrotranviario: tra queste, il previsto **Park & Ride** (400 posti auto) in corrispondenza della stazione di Cavezzolo, alle porte della zona industriale.

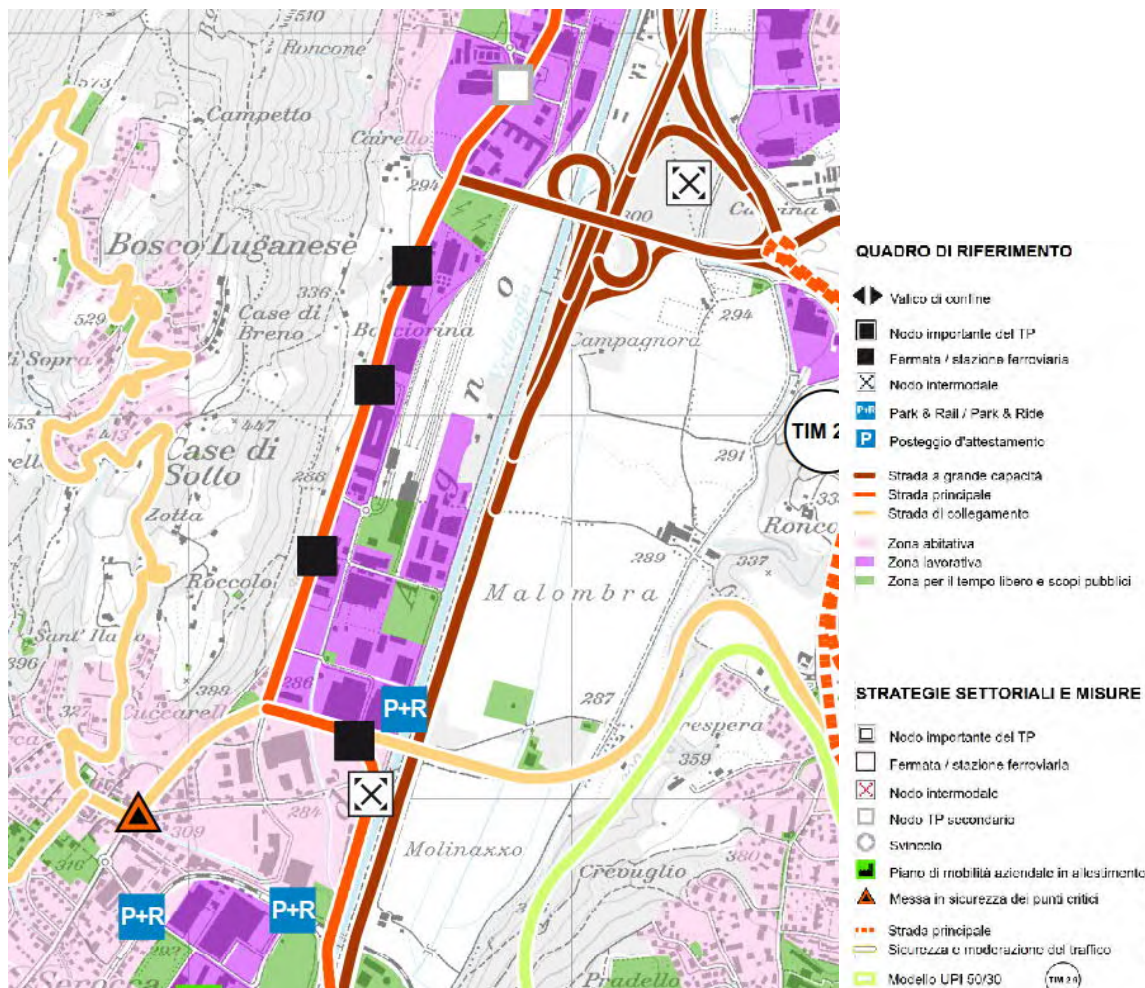


Figura 6: Estratto di “Rete viaria e stazionamento” (Fonte: carta tematica n.4 di PAL3)

Il concetto di rete strutturante per il **Trasporto Pubblico (TP)** del Luganese prevede la realizzazione della tappa prioritaria del tram-treno (misura TP 1.1). Con essa, è prevista la dismissione di parte dell'attuale tracciato ferroviario FLP, dalla stazione di Molinazzo a Lugano stazione, e l'attivazione della nuova **fermata di Cavezzolo**.

Il completamento dell'asse ferrotramviario lungo la cantonale garantisce la **copertura** del servizio: in figura 7 sono mostrati raggi di copertura dell'ordine di 500 m.

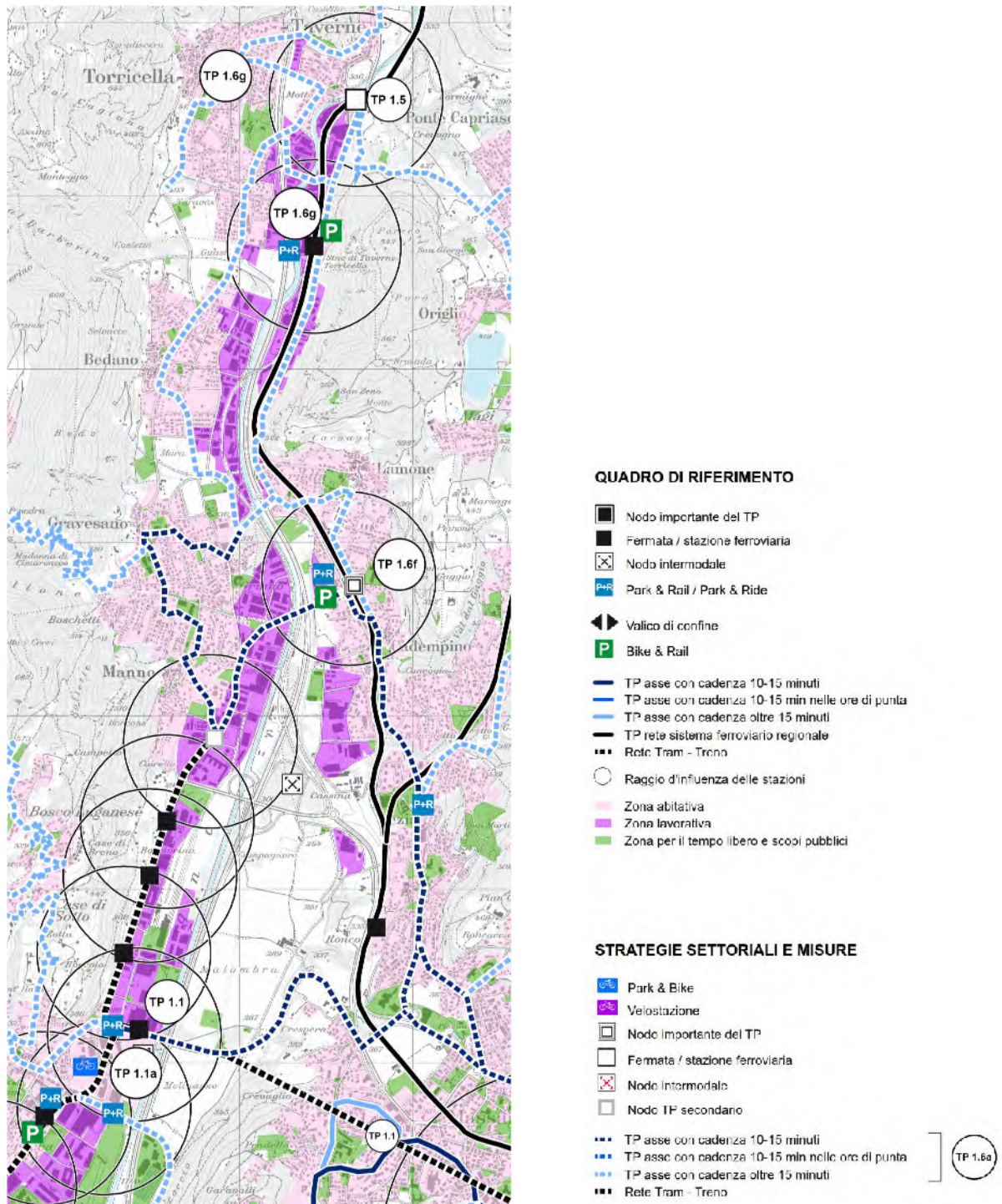


Figura 7: Estratto di "Trasporti pubblici: rete e nodi" (Fonte: carta tematica n.3 di PAL3)

Rispetto al PAL2, si osserva che il PAL3 mantiene lo stesso tracciato del tram di PMax, ma ha stralciato:

- il collegamento tram-treno tra Suglio (Manno) e la stazione TILO di Lamone, sostituito con un'offerta di TP su gomma;
- la trasformazione del binario industriale (che si stacca dal comparto produttivo di Bioggio-Manno) in nuova linea TILO tra Manno e Taverne-Torricella.

Per la **Mobilità Lenta (ML)** il PAL3 conferma le misure contenute nei PA di generazione precedente, che vengono gradualmente realizzate.

Il Piano del Vedeggio è interessato dal **percorso ciclabile nazionale N3** che collega Basilea a Chiasso e che attraversa il comparto di Bioggio-Manno in fregio ovest all'argine del fiume Vedeggio.

All'interno del comparto produttivo è invece previsto il passaggio del **percorso ciclabile regionale R6**, già pianificato dai Comuni di Manno e Bioggio in collaborazione con il Cantone. Il suo tracciato tocca sia il terminal di Suglio che la fermata di Cavezzolo per un'intermodalità ML-TP che è alla base del concetto di ML di PAL3, attraverso la realizzazione di migliori percorsi di accessibilità alle stazioni e di parcheggi bici sicuri per favorire l'interscambio con il TP. Inoltre, nel tratto terminal del comparto e verso Cavezzolo il sedime ciclabile è previsto in affiancamento al riale Barboi: questo rappresenta un'opportunità per un intervento di rinaturalizzazione del riale che verrebbe ad acquisire una valenza paesaggistica e di pubblica fruibilità.

A supporto ai percorsi nazionale e regionale descritti è prevista la realizzazione dell'**itinerario lungo il tracciato storico della Strada Regina**, che riprende parte dei percorsi annoverati nell'Inventario federale delle Vie Storiche (IVS) dal Monteceneri a Ponte Tresa, e la **riconversione dell'attuale tracciato FLP a pista ciclabile** tra Bioggio e Lugano, passando per la Piodella e Muzzano.

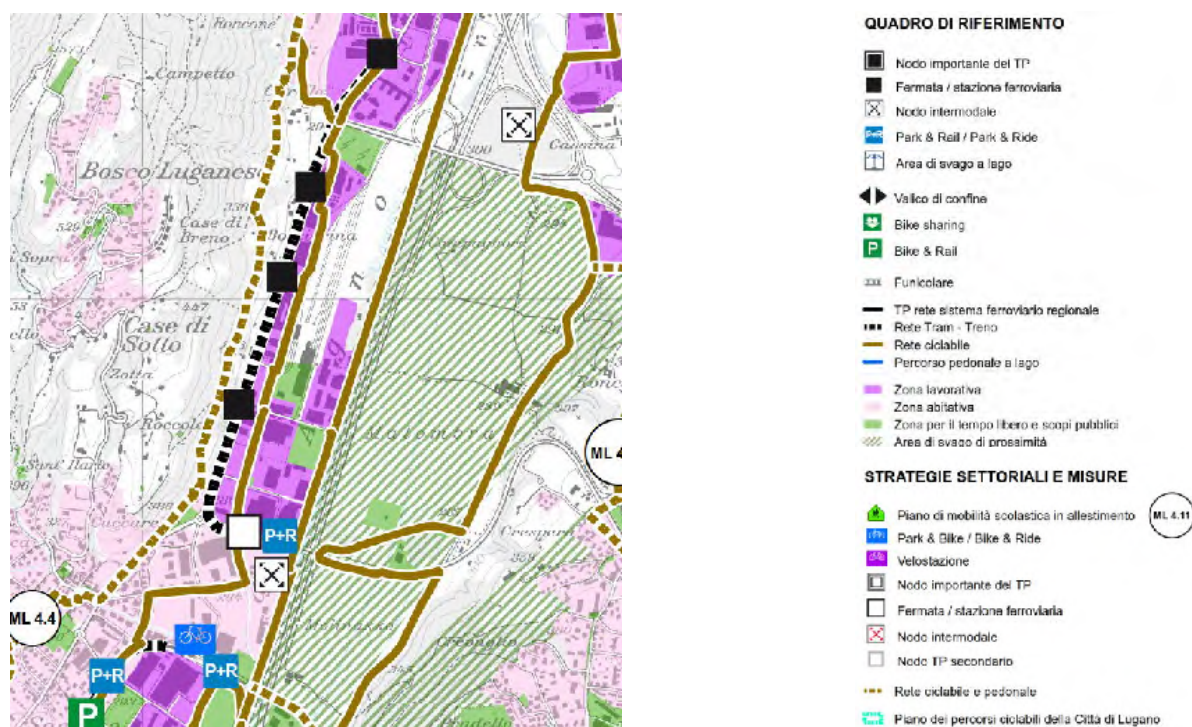


Figura 8: Estratto di "Mobilità lenta" (Fonte: carta tematica n.5 di PAL3)

2.4 Il Nuovo Polo Vedeggio (NPV) e i Piani Regolatori (PR) vigenti

Il progetto di sviluppo urbano del Nuovo Polo Vedeggio (NPV, gennaio 2012) consente di tradurre in un piano urbanistico specifico alcuni dei contenuti evidenziati all'interno delle schede R7, R8 e R/M3 di PD (cfr. cap. 2.1) per il Piano del Vedeggio.

Il progetto di sviluppo urbano NPV si inquadra all'interno di strumenti pianificatori di ordine superiore (PAL, PD) e rappresenta lo strumento di concretizzazione delle indicazioni contenute all'interno dei modelli di organizzazione territoriale del Luganese. Esso esula dal mero confine comunale e si riferisce ad un contesto intercomunale che interessa i Comuni di Agno, Bioggio e Manno, dal promontorio di Grumo al golfo di Agno, delimitato tra il fiume Vedeggio e la strada cantonale.

Alla base di ogni considerazione è la conoscenza dell'effettivo utilizzo dei terreni all'interno dei diversi Comuni per ogni successiva verifica ed eventuale necessità di modifica pianificatoria. La figura che segue riporta un **estratto dell'azzonamento** dei Comuni interessati, contenuto all'interno del concetto di sviluppo territoriale del NPV. Tale azzonamento sintetizza le informazioni contenute all'interno dei singoli Piani Regolatori (PR) comunali vigenti.

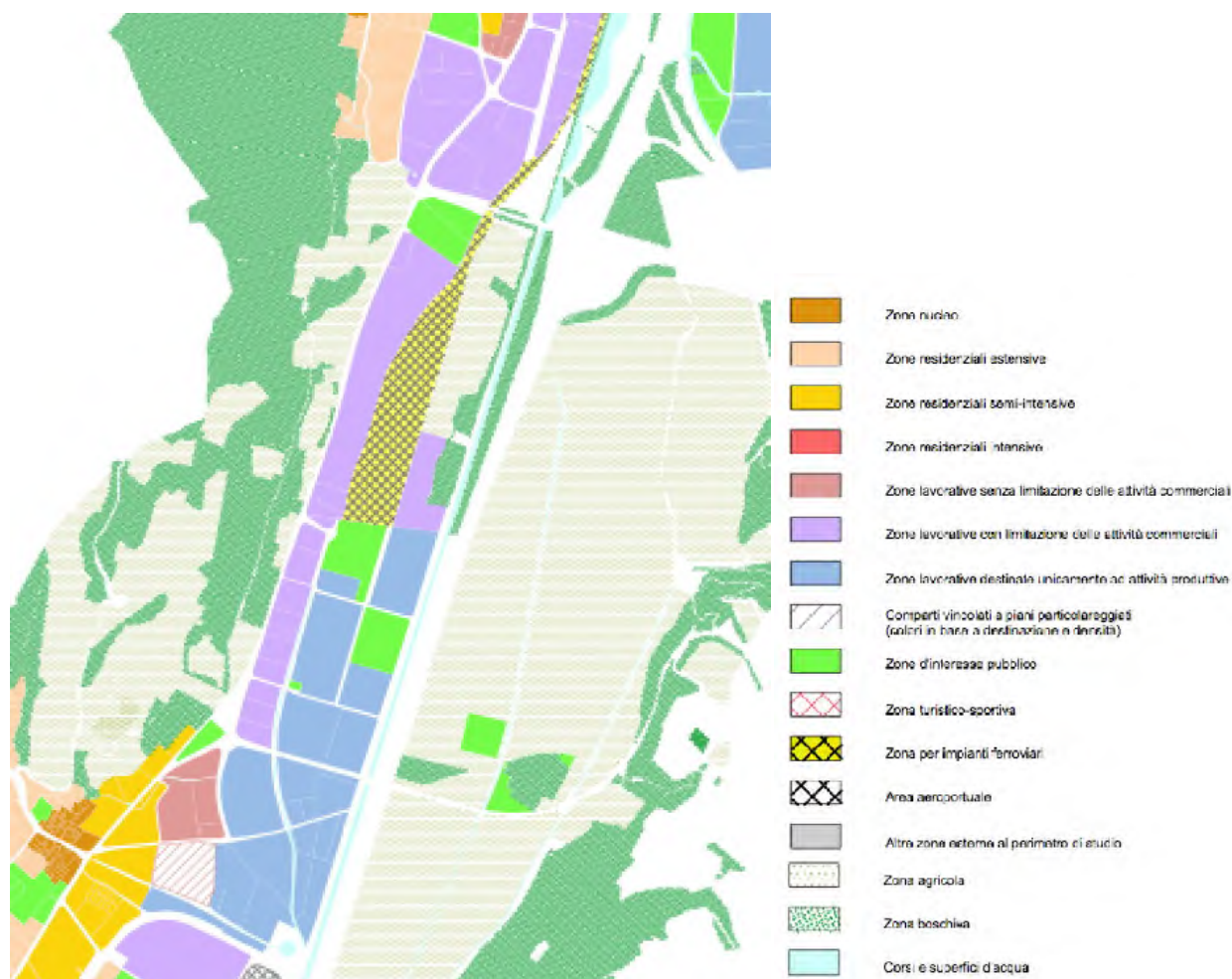


Figura 9: Estratto azzonamento in base ai PR vigenti (Fonte: Concetto di sviluppo territoriale del NPV, gennaio 2012)

Si evidenzia all'interno del comparto di Bioggio-Manno l'assenza di zone residenziali, tanto che il comparto si può dire esclusivamente produttivo. In particolare, si individuano essenzialmente due categorie di zone lavorative:

- con limitazioni delle attività commerciali, che si affacciano lungo la cantonale, ad eccezione di un lotto ubicato internamente;
- destinate unicamente ad attività produttive, nella parte inferiore del comparto e a Cavezzolo.

Per il resto, si individuano all'interno del comparto:

- una zona per impianti ferroviari, di proprietà di FFS Cargo, oggi adibita al trasporto merci;
- alcune zone d'interesse pubblico (una centrale elettrica in corrispondenza del semaforo di Suglio, un'area attualmente adibita alla sosta e movimentazione dei mezzi pesanti della Planzer, un'area parzialmente inutilizzata);
- una Superficie per l'Avvicendamento Colturale (SAC) e alcune limitate zone boschive a nord-est del comparto.

Per il comparto FFS Bioggio-Manno si è elaborato un concetto urbanistico (Studio Habitat, dicembre 2012) con l'obiettivo di creare un quartiere cittadino da destinare ad attività lavorative e di logistica.



Figura 10: Estratto del concetto urbanistico del comparto FFS Bioggio-Manno

(Fonte: Relazione Tecnica Traffico RTL.000 D / 003.2)

3. PROGETTO DEFINITIVO FLP: ASTA BIOGGIO - MANNO

3.1 Descrizione del progetto

Il Progetto Definitivo (PDef) della tappa prioritaria della Rete tram-treno con data 29 settembre 2017 è stato pubblicato l'8 gennaio 2018.

Il progetto è un intervento infrastrutturale del Programma di Agglomerato del Luganese, sulla base del Piano dei Trasporti del Luganese (PTL) e ripreso dal Piano Direttore Cantonale (vedi Scheda R/M3).

Formalmente il progetto definitivo è strutturato in 6 comparti, come segue:

- comparto A: Bioggio (Cavezzolo) – Lugano Centro;
- comparto B: Bioggio (Stazione) – Manno;
- comparto C: Bioggio (Stazione) – Ponte Tresa;
- comparto D: Park & Ride;
- comparto E: Officina;
- comparto F: Sottopasso pedonale di Besso.

L'asta del tram-treno Bioggio-Manno (comparto B) è inserita come misura infrastrutturale nella lista A del PAL2, con un cofinanziamento del 35% della Confederazione. I costi restanti sono coperti tra Cantone (58%) e Comuni della CRTL (42%).

3.1.1 Caratteristiche del nuovo materiale rotabile

- Direzione di guida: bidirezionale
- Lunghezza: circa 45 m
- Larghezza: 2,40 m
- Capacità posti a sedere: circa 70
- Capacità posti totali: circa 250
- Scartamento: 1000 mm



Per l'alimentazione della rete si mantiene la tensione della linea FLP esistente, pari a 1'200 V.

Il progetto ha adottato una sagoma di spazio libero C3 secondo la Direttiva "Vorschriften und Richtlinien für die Dimensionierung von Tramanlagen der Verkehrsbetriebe Zürich" (Verkehrsbetriebe Zürich VBZ, 07.2013).

3.1.2 Tracciato di PDef

Il tracciato del Progetto Definitivo si sviluppa dal nodo di Cavezzolo al terminal di Suglio per una lunghezza di 1'950 m.

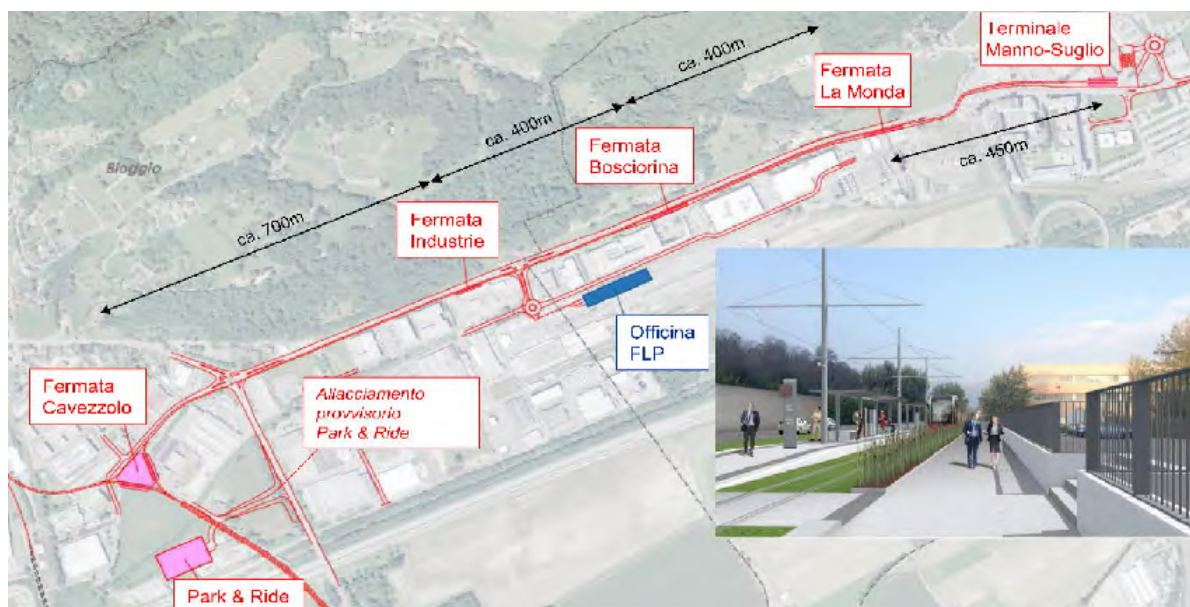


Figura 11: Vista d'insieme dell'asta tram-treno Bioggio – Manno (Fonte: Conferenza stampa Rete tram-treno del Luganese, TI-DT, 15 settembre 2017)

Sull'asta Bioggio-Manno, oltre al nodo intermodale di Cavezzolo (Bioggio) e al terminal di Suglio (Manno), si prevedono 3 nuove fermate intermedie, con una distanza tra le stesse che varia tra i 400 ed i 700 metri, ciò che permette un servizio capillare sul territorio in una zona a vocazione industriale e in forte espansione.

Le fermate previste sono quelle di:

- Industrie, poco a sud dell'intersezione di via Cantonale con via Industria;
- Bosciorina, tra l'incrocio con via Industria e l'accesso AGIP;
- La Monda, tra l'accesso AGIP e il semaforo di Suglio.

Va comunque osservato che la distanza di 700 m tra le fermate di Cavezzolo e Industrie è troppo elevata e lascia una parte del comparto non ottimamente coperta.

Dal nodo di Cavezzolo, dove la fermata presenta una forma triangolare in modo da permettere ai convogli di transitare in tutte le direzioni, l'asta tram-treno verso Manno si stacca a binario singolo e si mantiene con un tracciato a raso in fregio est a via Cantonale. Anche l'attraversamento del futuro incrocio semaforizzato "5 vie" (oggi regolamentato a rotonda) è previsto a raso.

A partire dalla fermata di Bosciorina il progetto di tranvia prevede il passaggio a doppio binario, che verrà mantenuto anche in attraversamento sud/est-nord/ovest del semaforo di Suglio fino al terminal di linea.

Si dimostra che la copertura del servizio tram-treno come da PDef è complessivamente buona: nella figura che segue si sono assunti raggi di copertura di 300 m.

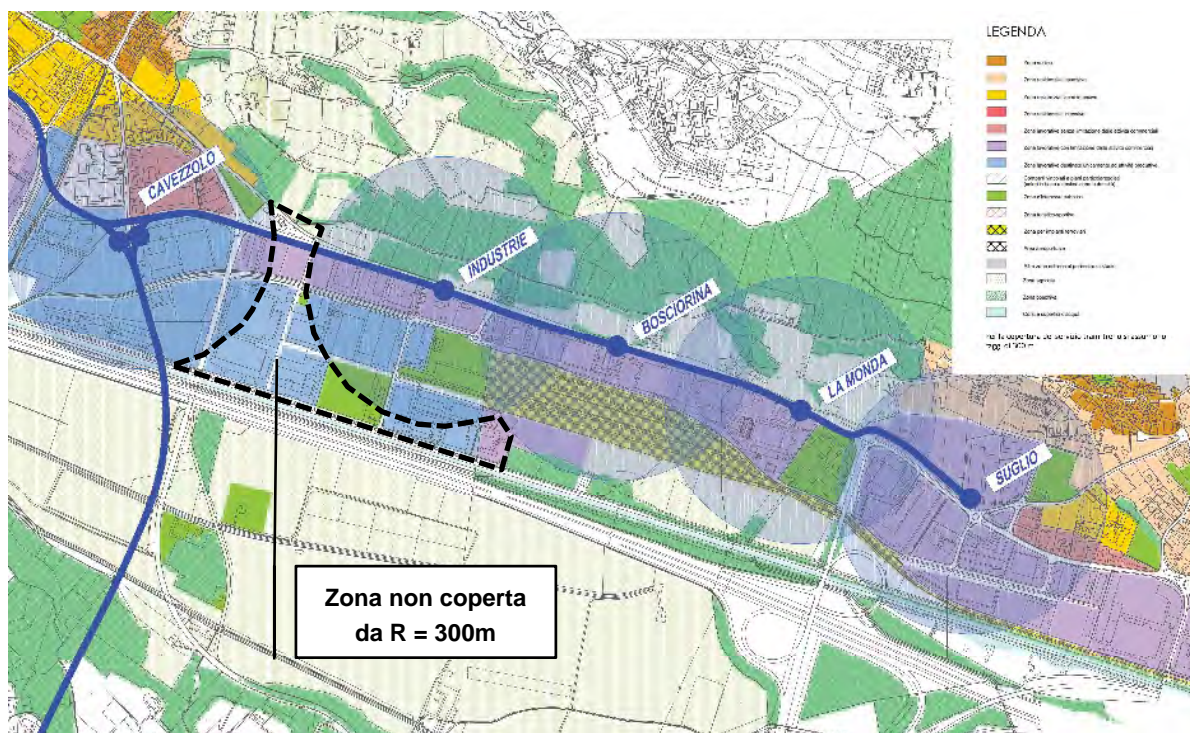


Figura 12: Copertura del servizio tram-treno secondo PDef (raggi di 300 m)

Il tracciato a raso della ferrotranvia, in allineamento al fronte degli edifici industriali e commerciali presenti, definisce un corridoio tra la via Cantonale e gli stessi edifici all'interno del quale si inserisce un tracciato di mobilità lenta che individua una continuità pedonale e ciclabile tra le fermate della tranvia. Per la realizzazione di tale corridoio, completato da elementi di verde (piantumazioni), si richiede un arretramento del limite stradale e la chiusura di 2 degli attuali 3 accessi veicolari dalla strada cantonale al comparto produttivo: via Strecce e via Industria all'altezza del distributore AGIP.

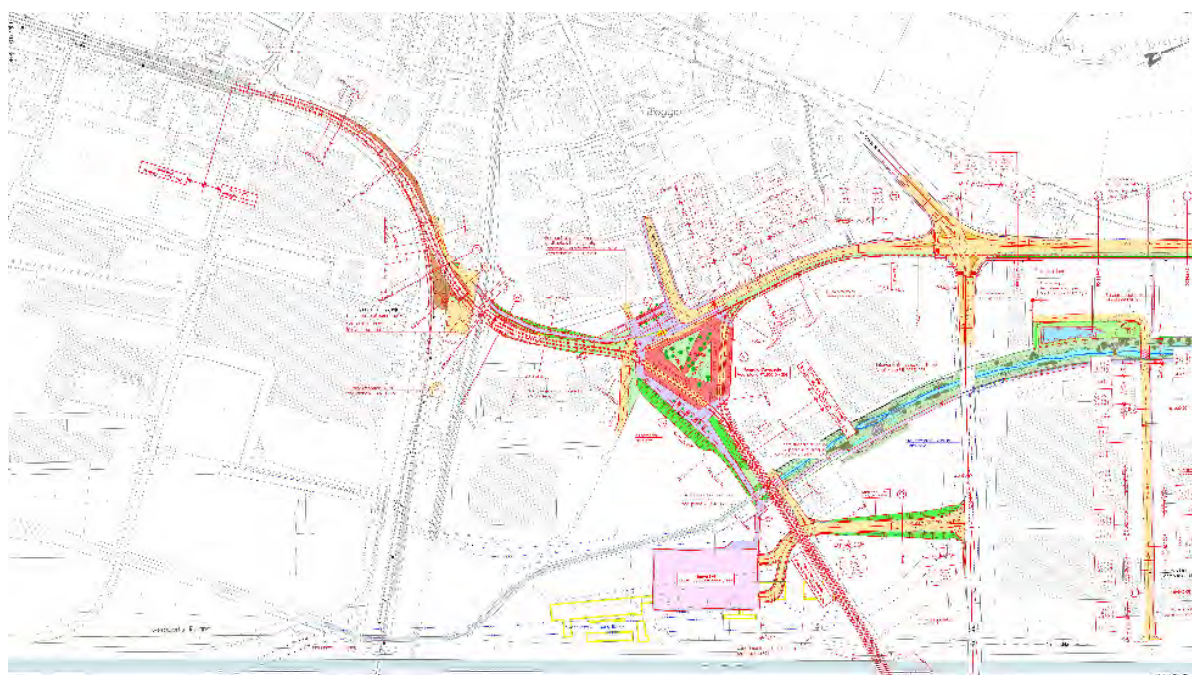


Figura 13a: Progetto definitivo asta Bioggio – Manno (tratta sud, nodo di Cavezzolo)

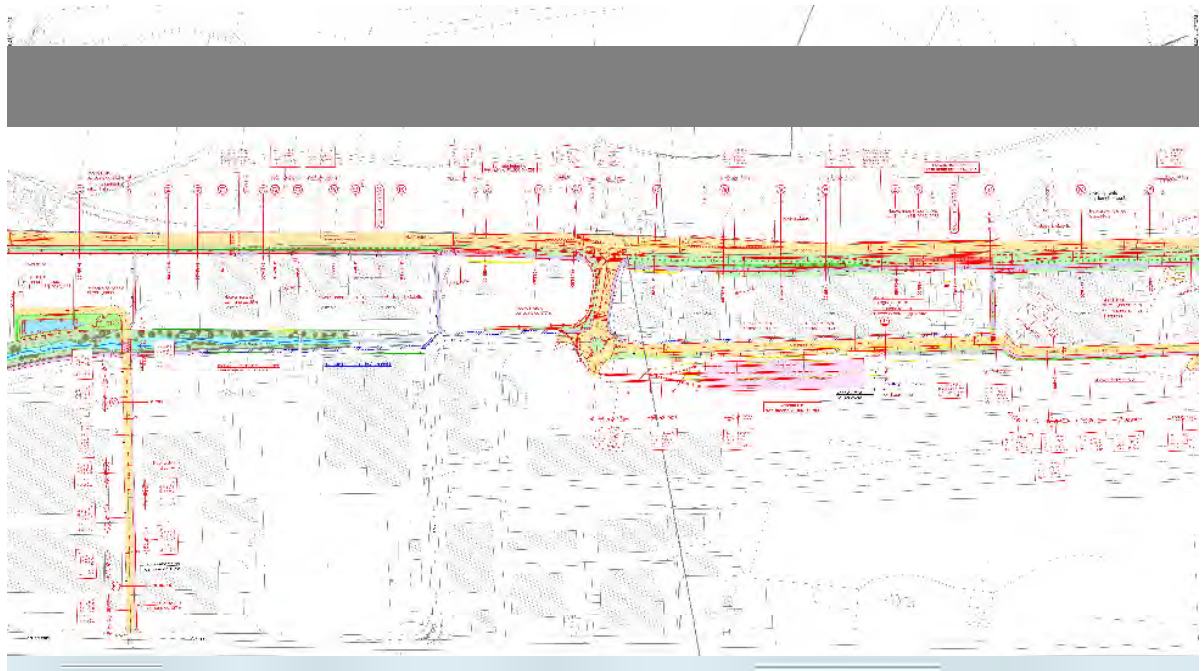


Figura 13b: Progetto definitivo asta Bioggio – Manno (tratta centrale)

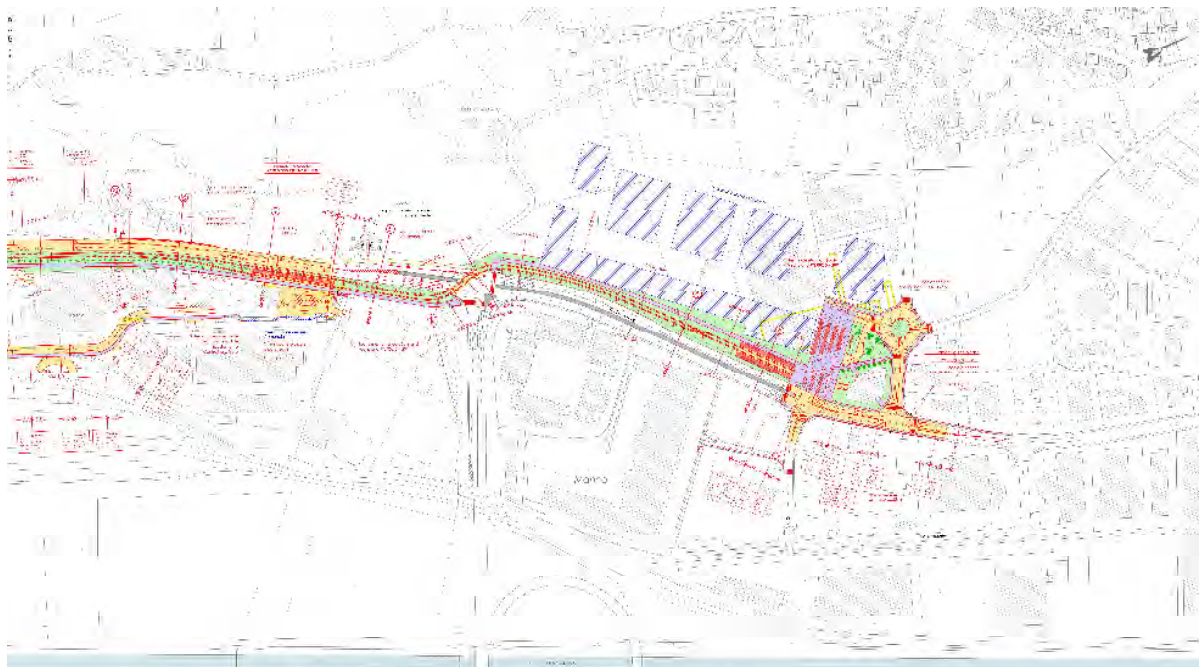


Figura 13c: Progetto definitivo asta Bioggio – Manno (tratta nord, terminal di Suglio)

3.1.3 Esercizio

Il concetto di esercizio prevede un sistema di **trasporto elettrico su rotaia a scartamento metrico che circola con cadenze di 10 minuti (nell'ora di punta)** sulle aste di Manno e Ponte Tresa e di 5 minuti (nell'ora di punta) tra la fermata intermodale di Cavezzolo e il Centro Città. Il tram-treno circolerà perlopiù in sede propria sull'asta Bioggio-Manno.

Sulla tratta il progetto prevede un **regime tranviario** con circolazione "a vista", dove il conducente è responsabile di definire la marcia come succede per un autobus. In questi casi il tram-treno entra nel sistema viario stradale e sottostà alle regole di circolazione stradali.

3.1.4 Impatto viabilità

Il tracciato del tram-treno è previsto a raso sull'intera tratta Cavezzolo-Suglio.

Gli sviluppi futuri di urbanizzazione per il comparto di Cavezzolo, in Comune di Bioggio, definiscono una viabilità di distribuzione e di servizio che inserisce il passaggio del tram a raso. Il Park & Ride è previsto a circa 170 m della fermata di Cavezzolo con accesso principale dalla futura circonvallazione Agno-Bioggio che s'innesterà all'incrocio "5 vie". Questo nodo, attualmente gestito in rotonda, sarà trasformato in incrocio semaforizzato per regolamentare il passaggio del tram-treno alla quota della strada insieme ai flussi veicolari.

Il passaggio della tranvia a raso in fregio est alla strada cantonale si traduce nella chiusura di due dei tre attuali accessi al comparto produttivo (via Strecce, via Industria AGIP), oltre che di tutti gli accessi privati che oggi si affacciano direttamente sulla cantonale. L'altra intersezione con via Industria resta l'unico punto di accesso al comparto di Bioggio-Manno.

Al nodo di Suglio il tram attraversa l'incrocio a raso e in diagonale passando dal lato est al lato ovest della cantonale: questo comporta una riprogrammazione del ciclo semaforico in modo da consentire il transito dei convogli tranviari in contemporanea con alcune manovre veicolari. Il futuro sviluppo del quartiere Cairelletto e del comparto FFS determina inoltre un adattamento ed una ridefinizione dei tempi di verde e dei percorsi di attraversamento pedonali e ciclabili.

3.1.5 Ambiente

Il PDef contempla il progetto di rivitalizzazione del riale Barboi su una lunghezza di 600 m, nel tratto in cui il corso d'acqua scorre a cielo aperto in Comune di Bioggio, in interazione con il progetto tram-treno (tratti in affiancamento e d'intersezione). La **rivitalizzazione del Barboi rappresenta una misura di compensazione ambientale agli impatti dovuti al progetto ferrotranviario** e, al contempo, una misura di riqualifica urbanistica dell'area attraversata. Indagini ambientali hanno permesso di impostare le specifiche misure di protezione da attuare al riale, tenuto conto dei tempi di costruzione dell'opera ferrotranviaria e della durata del cantiere:

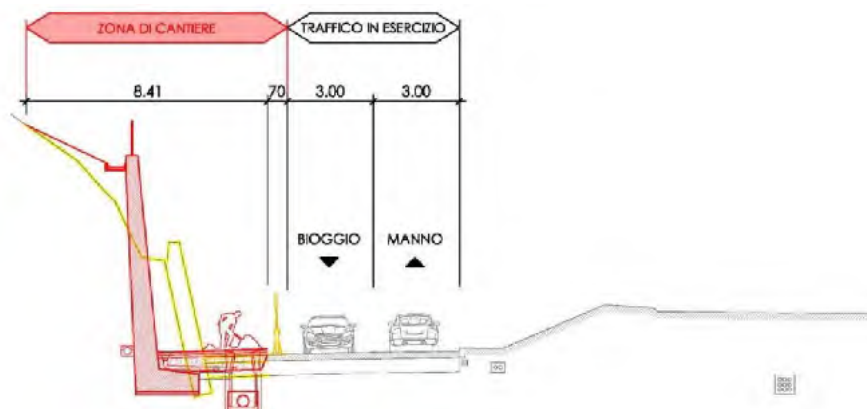
- sotto l'aspetto ecologico, si prevede una sistemazione che definisce una valorizzazione e protezione naturalistica delle specie vegetali e animali presenti (biotipi);
- sotto l'aspetto urbanistico, si valorizza il riale Barboi a livello paesaggistico quale luogo di svago previo inserimento di un percorso pedonale e ciclabile, già definito a livello comunale (Manno e Bioggio) e cantonale.

In tal modo, le misure individuate garantiscono il rispetto delle prescrizioni ambientali.

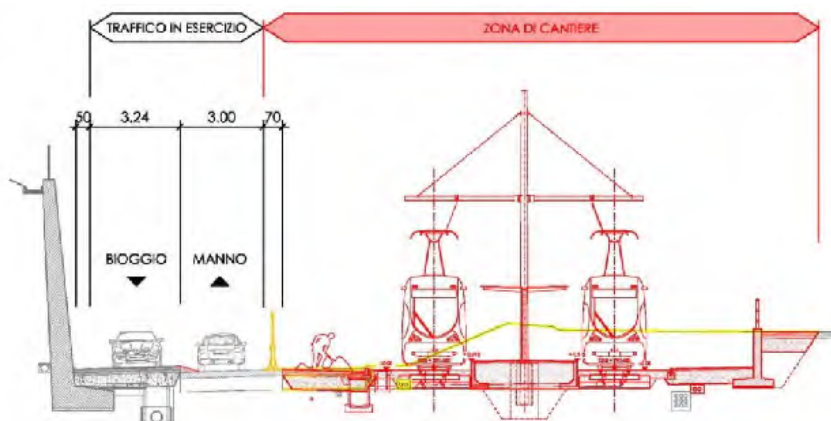
3.1.6 Realizzazione: fasi di cantiere sotto traffico

La strada cantonale tra Bioggio e Manno raggiunge già all'attualità in ora punta i valori limiti di capacità. Il progetto prevede la realizzazione dell'infrastruttura ferrotranviaria e la sistemazione stradale nelle seguenti tre fasi, per una durata del cantiere pari a 3,5 anni.

FASE 1



FASE 2



FASE 3

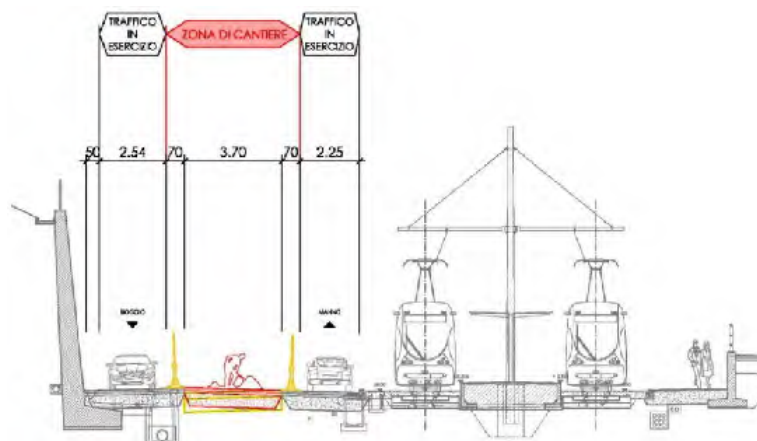


Figure 14a/b/c: Fasi realizzative previste dal progetto, tratta "5 vie" – terminal di Suglio

Nella fase 3 di cantiere, va osservato che la larghezza delle corsie sono insufficienti secondo quanto stabilito dalle norme VSS.

3.1.7 Estensioni future

Come già indicato, il PAL3 ha stralciato il collegamento diretto su ferro dal terminal di Suglio alla stazione FFS di Lamone (presente in PAL2). La definizione di un nodo intermodale al terminal di Suglio conferma la previsione di PAL3 di realizzare un interscambio ferro-gomma e quindi la possibilità di raggiungere la stazione TILO di Lamone per mezzo di bus.

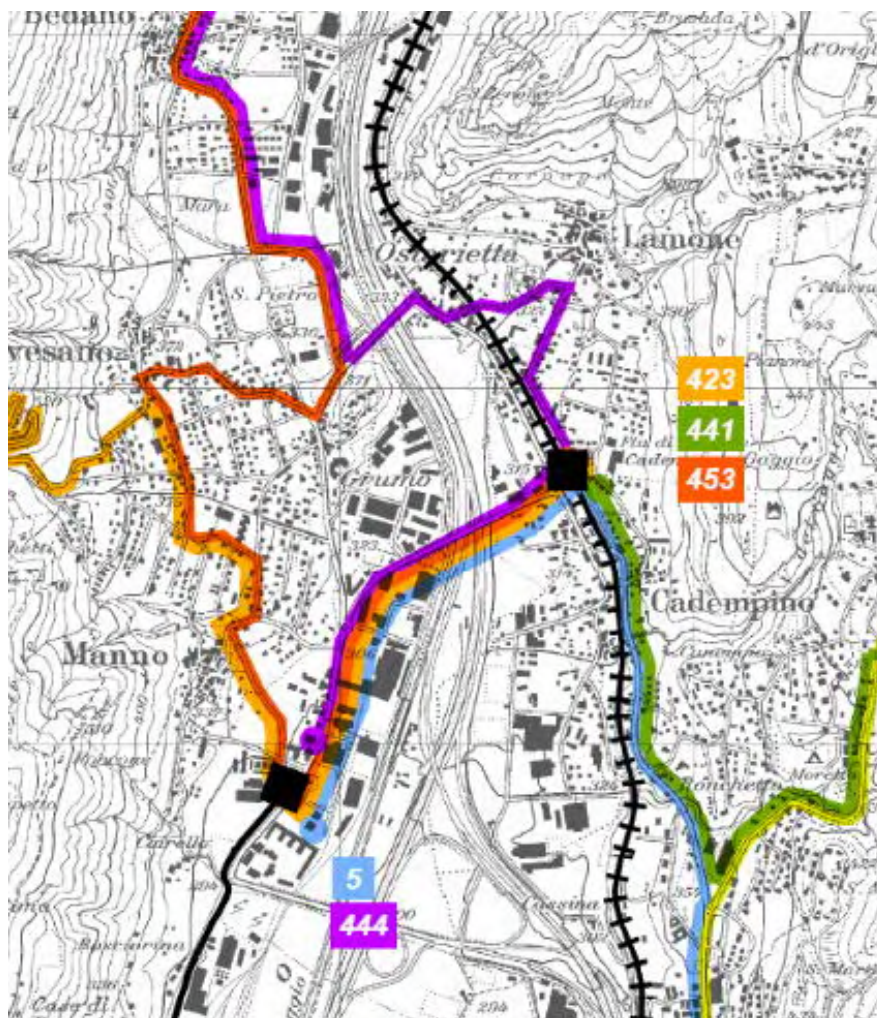


Figura 15: Proposta linee bus nel comparto del Veduggio, sulla base dello scenario di PAL2

(Fonte: Rapporto di esercizio RTL.000 D / 002, allegato 1)

3.2 Modifiche rispetto al progetto di massima

Il progetto definitivo dell'asta Bioggio-Manno (comparto 2 della tappa prioritaria) presenta le seguenti principali modifiche rispetto al progetto di massima (PMax).

3.2.1 Comparto Cavezzolo

Nel PMax la linea tram attraversava l'incrocio "Cinque vie" in viadotto per evitare le interferenze con la rete stradale principale. Inoltre la fermata Molinazzo era situata in prossimità del P+R con collegamento diretto all'autostrada N2.

Per quanto concerne il tracciato dei binari non era previsto un collegamento diretto tra l'asta di Manno e quella di Ponte Tresa e il viadotto che collegava la galleria era situato lungo Via Lugano e non Via della Posta.

Inoltre il PDef si è adattato all'evoluzione del progetto della circonvallazione Agno-Bioggio.



Figura 16: Dettaglio PMax settore Cavezzolo

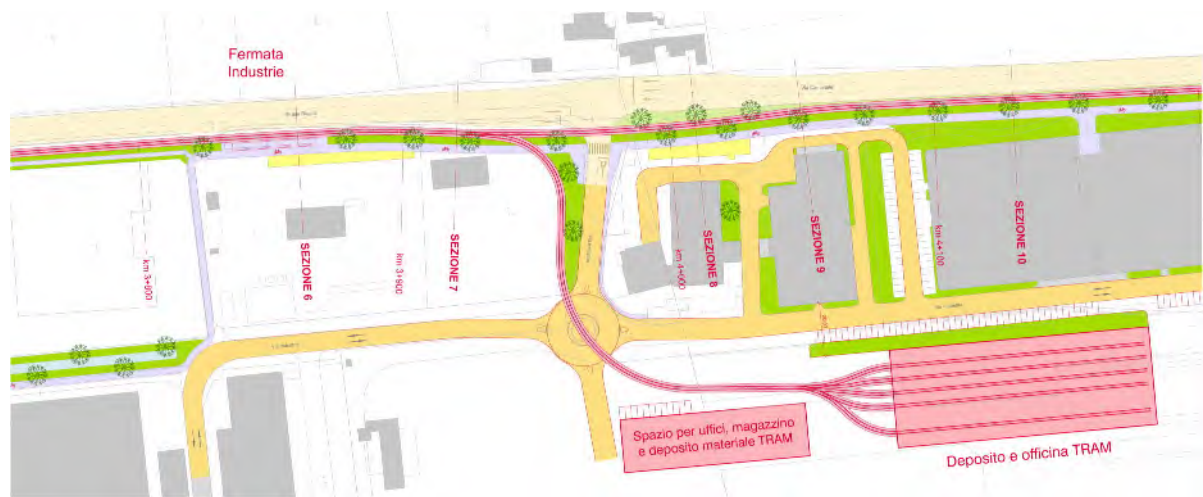


Figura 17: Dettaglio PMax settore Industrie

Per quanto concerne il nodo di Suglio il passaggio della ferrotramvia da un lato all'altro della strada cantonale avviene prima dell'incrocio semaforizzato, in modo da interferire meno sulla capacità e sul livello di servizio dell'incrocio stesso.



Figura 18: Dettaglio PMax settore Suglio

4. VARIANTI DI TRACCIATO

Il presente capitolo espone le varianti dei tracciati di linea ferrotranviaria che si sono considerate in attraversamento al comparto produttivo di Bioggio-Manno.

Nella figura che segue è mostrato il tracciato di tram-treno della variante di riferimento del PDef (blu) e due possibili varianti all'interno della zona centrale del comparto, oggetto di analisi (verde e rossa).

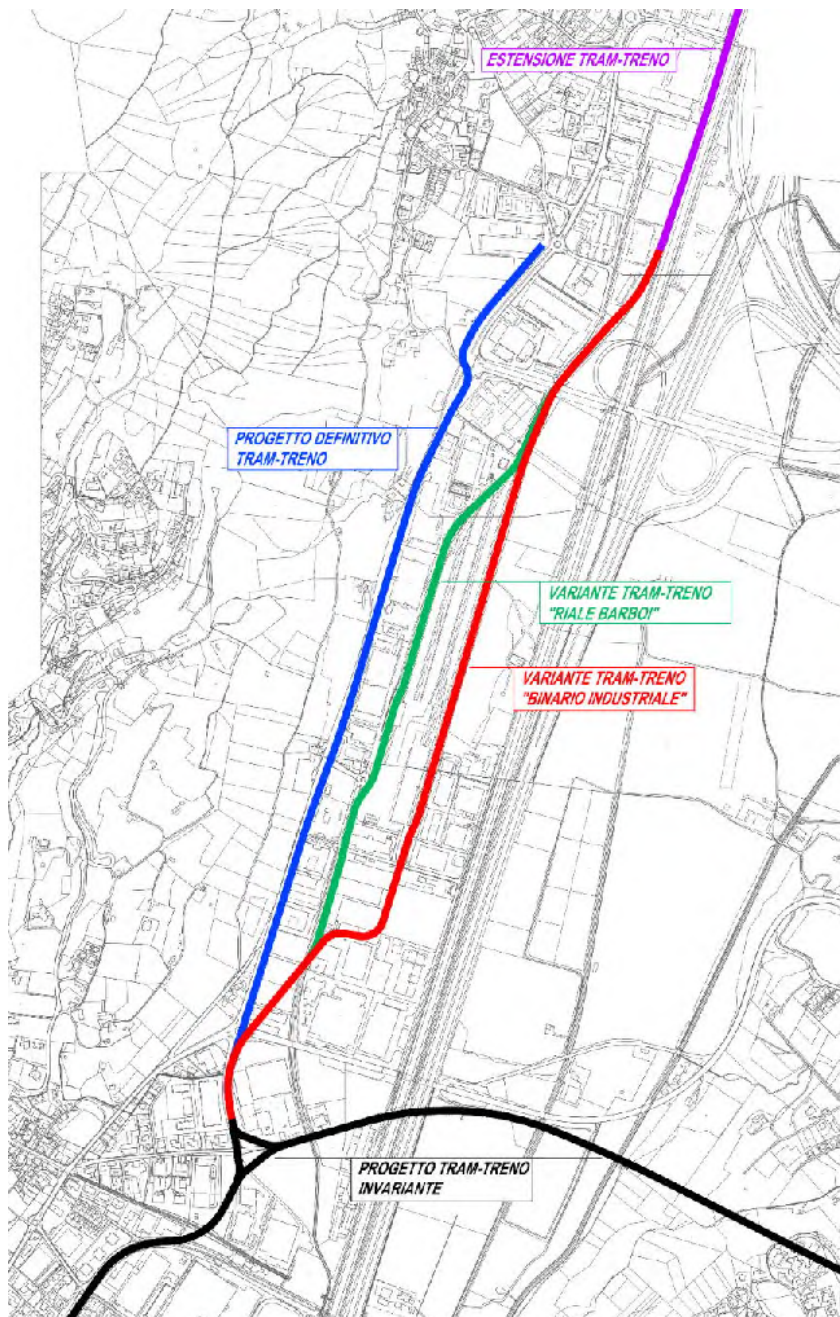


Figura 19: Varianti di tracciato a servizio del comparto produttivo di Bioggio-Manno

Tutte le varianti in esame presentano una parte progettuale invariante sotto l'aspetto del tracciato della linea ferrotranviaria (in colore nero, in figura 19), a valle del nodo di Cavezzolo, sia in direzione Bioggio-Ponte Tresa che verso Lugano Centro.

4.1 Variante “Riale Barboi”

Nella variante “Riale Barboi”, superato il nodo di Cavezzolo, il tracciato della linea ferrotranviaria sale progressivamente di quota rispetto al piano campagna, dapprima con un rilevato, quindi con un viadotto con cui viene scavalcato il nodo “5 vie” e la via Strecce all’interno del comparto produttivo. Qui il suo tracciato recupera gradualmente la quota campagna e si affianca al corso del riale Barboi, che segue fino all’intersezione con via Industria attraversando un angusto passaggio sul retro di un’unità produttiva. Quindi, in affiancamento alla stessa via Industria, la tranvia recupera la quota dell’area di movimentazione della Planzer e attraversa l’area Cargo FFS, raggiungendo attraverso l’esistente passaggio che sottopassa la bretella di Manno il terminal di Suglio, previsto in fondo a via Gerre, da cui sarà possibile prevedere in futuro un’estensione della linea tram-treno verso la fermata TILO di Taverne-Torricella (cfr. cap. 4.2.2).

Si ritiene tuttavia di scartare la presente variante per i seguenti principali motivi:

- **prevenzione ambientale** legata alla presenza del riale Barboi: come descritto al cap. 2.1, la presenza del riale definisce un vincolo di carattere ambientale, più che di natura idraulica. Si definisce per il riale una fascia di pertinenza del corso d’acqua (20 m) all’interno della quale non si può costruire, oggetto di possibili interventi di rinaturalizzazione che assicurino la sopravvivenza dei biotopi esistenti. Tale frangia di protezione non è sempre assicurata lungo la tratta adiacente al riale Barboi: in particolare, nel tratto in cui il riale riprende a scorrere a cielo aperto in Comune di Bioggio, nell’ipotesi di passaggio del tram sui mappali 430 e 431 (privati) e 970 (pubblico) si dovrebbe andare in deroga alla larghezza della stessa;
- **futura realizzazione di un percorso di mobilità lenta** all’interno del comparto produttivo: si tratta di un tracciato ciclopedonale già pianificato dai Comuni di Manno e Bioggio, in accordo con il Cantone, che correrà in affiancamento al tracciato del riale dal punto in cui questo emerge a cielo aperto verso il nodo di Cavezzolo, sottopassando la via Lugano;
- **effetto barriera all’interno del comparto**: l’inserimento centrale del tracciato del tram crea un forte vincolo alle aspettative di sviluppo del comparto FFS con una maggiore difficoltà d’interazione con la rete stradale del comparto e di mantenimento delle stesse attività logistiche.

4.2 Variante “Binario industriale”

La variante “Binario industriale” differisce dalla precedente nella parte centrale del suo tracciato. Superato il riale Barboi, essa si snoda internamente al comparto produttivo mantenendosi in viadotto fin oltre l’attraversamento di via Industria, quindi tenendosi al margine est dell’area Cargo FFS per riconnettersi al punto previsto per il terminal di Suglio come da variante “Riale Barboi”.

4.2.1 Copertura della variante “Binario industriale”

La copertura del servizio tram-treno nella variante proposta si dimostra leggermente migliore rispetto a quella del PDef: nella figura che segue si sono assunti gli stessi raggi di copertura di 300 m che non mostrano spazi scoperti tra un’area circolare e la successiva.

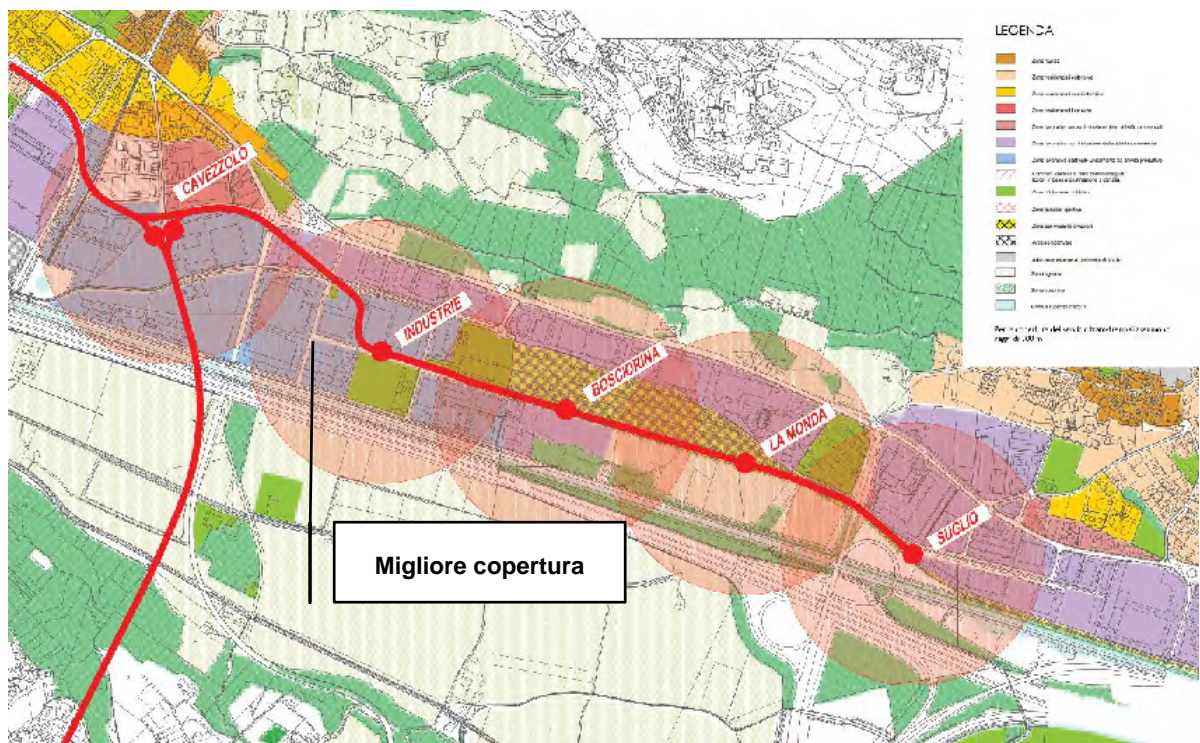


Figura 20: Copertura del servizio tram-treno secondo variante “Binario industriale” (raggi di 300 m)

4.2.2 Possibile futura estensione

Seguendo il tracciato del binario industriale esistente è possibile ipotizzare un'estensione futura della rete tram-treno fino alla stazione TILO di Taverne-Torricella, ciò che assicura un servizio capillare per il Medio Vedeggio senza la necessità di interscambi modali e con una buona copertura, come mostrato nell'immagine che segue, con raggi di 300 e 500 m.

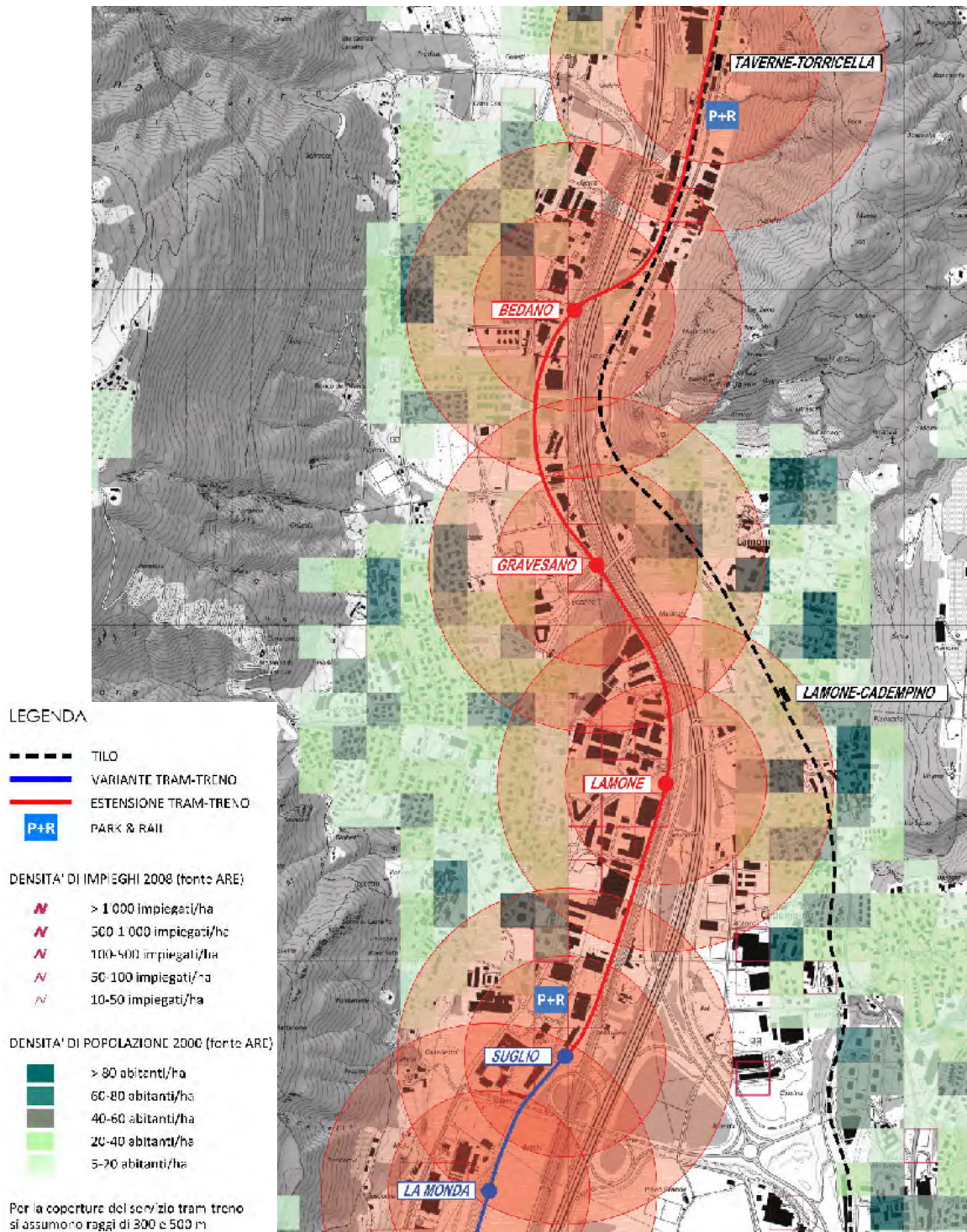


Figura 21: Copertura del servizio tram-treno nell'ipotesi di futura estensione (raggi di 300 e 500 m)

5. PROGETTO PRELIMINARE: VARIANTE ASTA BIOGGIO-MANNO

5.1 Sagoma spazio libero, spazi di sicurezza, profili tipo

5.1.1 Linea di riferimento

La sagoma dello spazio libero rappresenta lo sviluppo dell'area della sagoma del veicolo da mantenere libera per permettere un corretto esercizio ferroviario. Essa è composta, oltre che dalla sagoma del veicolo, dai limiti della sagoma, dagli ostacoli/apparecchiature fisse e dai relativi ulteriori spazi di sicurezza.

Nel presente progetto, in accordo con quanto già sviluppato per nuova rete tram-treno del Luganese, sarà adottata la sagoma dello spazio libero C3 secondo "VR Tram der Verkehrsbetriebe Zürich VBZ1" di cui si riportano di seguito le principali caratteristiche dimensionali.

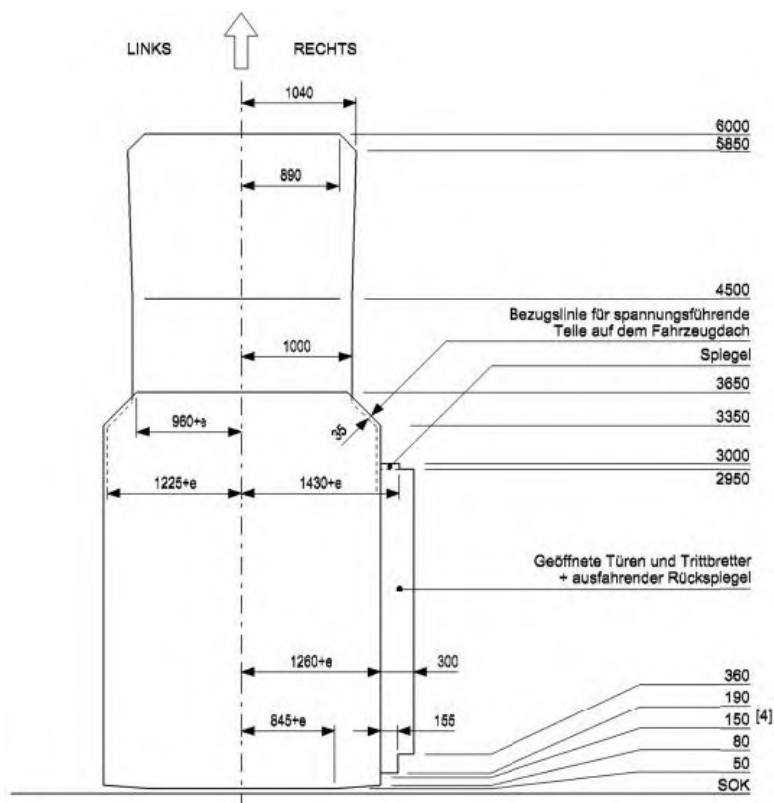


Figura 22 - Sagoma spazio libero C3 secondo "VR Tram der Verkehrsbetriebe Zürich" (prescrizioni e direttive per il dimensionamento di impianti tranviari della città di Zurigo)

Il documento "VR Tram der Verkehrsbetriebe Zürich VBZ1" riporta inoltre il vagone tranviario tipo C3 da utilizzare per la definizione del limite per il passaggio del veicolo e del limite per gli ostacoli/apparecchiature fisse.

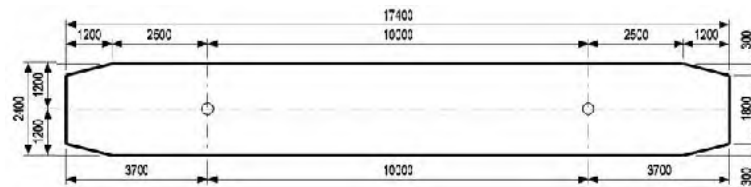


Figura 23 - Vagone tranviario tipo C3 secondo "VR Tram der Verkehrsbetriebe Zürich"

Pertanto, come sarà evidenziato nel successivo paragrafo, utilizzando la sagoma C3, in funzione delle proprietà cinematiche del veicolo ed includendo la maggiorazione derivante dalla percorrenza delle curve, dovrà essere considerata una larghezza di sagoma fino 2,40 m.

Il limite per gli ostacoli/apparecchiature fisse così come la sagoma di spazio libero saranno impostati in funzione della sagoma C3, come descritto nelle prescrizioni e direttive per la realizzazione di impianti tranviari della città di Zurigo ("VR Tram der Verkehrsbetriebe Zürich VBZ").

5.1.2 Sagoma spazio libero C3

Come anticipato, la sagoma dello spazio libero consiste nell'involuppo della sagoma del veicolo e dei limiti degli ostacoli/apparecchiature fisse da mantenere libera per permettere un corretto esercizio della linea tranviaria (spazi di sicurezza ed ulteriori margini). Tutte le misure riportate nella figura seguente si riferiscono alla posizione del binario secondo un sistema di assi definito dalla linea che collega l'asse del binario (mezzeria) ed il bordo superiore dei binari (piano rotolamento ruote). Nelle curve, ed in presenza di sopraelevazione del binario, la sagoma dello spazio libero sarà opportunamente allargata.

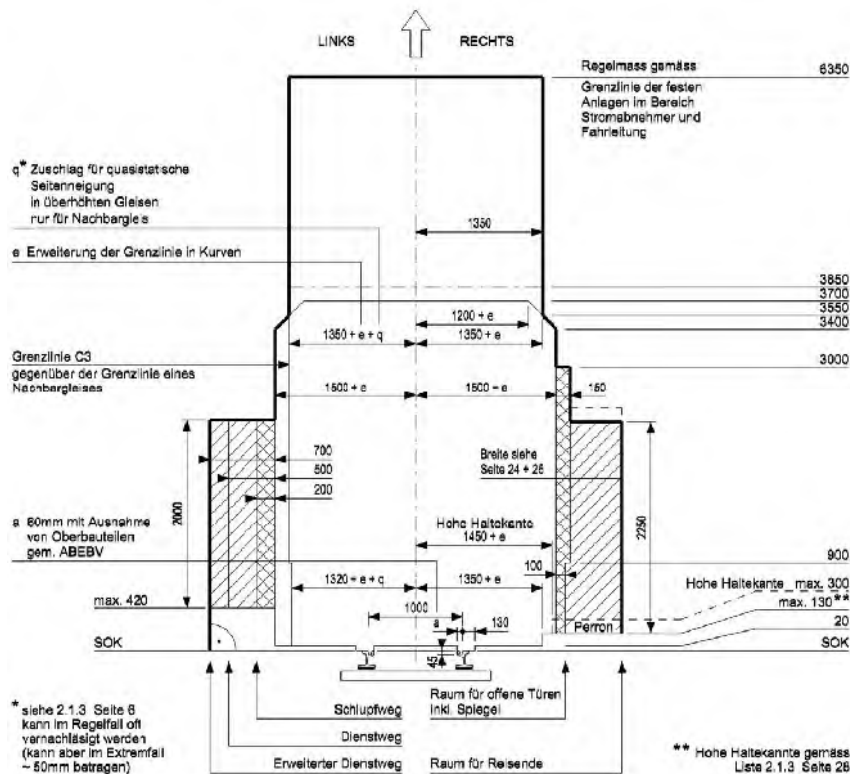


Figura 24 - Limiti e sagoma spazio libero C3, misure in [mm]

5.1.3 Distanza tra i binari

Per le tratte a doppio binario, utilizzando la sagoma tipo C3, la distanza tra binari paralleli (interasse) è pari a 3.00 m.

Tuttavia, come già accennato, in corrispondenza dei tratti in curva la sagoma, e di conseguenza la distanza tra i binari, sarà aumentata in base alle seguenti formule.

| Sagoma | Raggio | Interno curva | Esterno curva |
|--------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| C3 | $R < 32.57 \text{ m}$ | $e_i = \frac{12300}{(R - 1.3)}$ | $e_a = \frac{25830}{(R - 2.7)} - 300$ |
| | $R > 32.57 \text{ m}$ | $e_i = \frac{12300}{(R - 1.3)}$ | $e_a = \frac{15250}{(R + 2.7)}$ |

Tabella 1: Formule per l'allargamento in curva tra i binari

L'allargamento in curva (e_i , e_a) sarà quindi calcolato sulla base della distanza minima dei binari per una sagoma dello spazio libero C3 pari a 2.70 m. In percorrenza di curva la distanza tra i binari è quindi $2.70 \text{ m} + e_i + e_a \geq 3.00 \text{ m}$.

Pertanto, con un allargamento pari alla somma dei franchi interni ed esterni ($e_i + e_a$) $\leq 0.30 \text{ m}$ (corrispondente a raggi $\geq 91 \text{ m}$), la distanza tra i binari non sarà aumentata.

5.2 Basi della tecnica ferroviaria

5.2.1 Geometria dei binari: parametri di tracciamento

Per il tracciamento della linea tranviaria e dei principali elementi geometrici (retta, arco di passaggio e arco circolare) sono stati adottati i valori limite delle DE-Oferr di seguito riportati.

| Parametro | Simbolo | Limite DE- Oferr |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Tratta libera | | |
| Raggio minimo | R [m] | 20 |
| Lunghezza degli elementi dinamica | t [s] | 0.7 |
| Curvatura | \ddot{u} [mm] | 105 |
| Scarto di curvatura | \ddot{u}_f [mm] | 107 |
| Accelerazione laterale non equilibrata | a_q [m/s ²] | 1.0 |
| Variazione della curvatura | $d\ddot{u}/dt$ [mm/s] | 50 |
| Inclinazione della rampa di curvatura | N [‰] | 3.3 |
| Variazione dello scarto di curvatura | $d\ddot{u}_f/dt$ [mm/s] | 72 |
| Variazione dell'accelerazione laterale (dietro) | da_q/dt [m/s ³] | 0.67 |
| Inclinazione longitudinale | s [‰] | 70 |
| Arrotondamento cupola/vasca (tramway, secondo DE-Oferr DE 17, §7.3) | HH [m] | 300 |
| Scambi | | |
| Accelerazione laterale non equilibrata | ρ [m/s ²] | 0.77 |

Tabella 2: Parametri per il tracciamento dei binari

5.2.2 Tipologia degli scambi

Nel tracciamento della nuova linea tranviaria sono stati utilizzati scambi di tipo tranviario, secondo la specifica RTE22540, ad eccezione del tratto in cui la linea incrocia i binari di ingresso allo scalo merci FFS. In tale circostanza si sono adottati scambi di tipo ferroviario tipo BS - 250 - 1:9,5, secondo la specifica RTE22564 e scambi speciali a doppio scartamento come indicato nel successivo paragrafo 5.2.5.

Di seguito si riporta l'elenco degli scambi presenti lungo il nuovo tratto di linea.

| N. | Prog. km | Tipo | Velocità su ramo deviato | Velocità in corretto tracciato |
|----|----------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0+499 | BS - 50 M - 1:6 - D | 20 | 20 |
| 2 | 0+745 | BS - 100 M - 1:6 D | 30 | 30 |
| 3 | 1+787 | BS - 50 M - 1:6 - D | 20 | 20 |
| 4 | 1+787 | BS - 50 M - 1:6 - G | 20 | 20 |
| 5 | 1+808 | PCB - 2 x 1:6 | 20 | 20 |
| 6 | 1+830 | BS - 50 M - 1:6 - G | 20 | 20 |
| 7 | 1+830 | BS - 50 M - 1:6 - D | 20 | 20 |

Tabella 3: Elenco degli scambi lungo il nuovo tratto di linea

Per il parco a servizio dell'officina di manutenzione rotabili FLP sono stati utilizzati deviatori tipo BS - 25 - 1:6.

5.2.3 Azionamento degli scambi

Gli scambi saranno azionati da elementi posizionati al lato degli scambi stessi. Saranno utilizzati solo azionamenti omologati.

5.2.4 Riscaldamento degli scambi

Tutti gli scambi posati lungo la tratta da Cavezzolo a Manno, compresi quelli di incrocio con i binari dello scalo merci FFS, saranno riscaldati.

5.2.5 Binari con massiciata

Per l'intera tratta in progetto sarà adottata una sezione ferroviaria con l'impiego di binari su massiciata e traverse in calcestruzzo.

Questo tipo di costruzione unisce un'elevata semplicità realizzativa ed un'alta stabilità, in particolare sui raggi di curva stretti.

L'utilizzo delle traverse in calcestruzzo consente inoltre di garantire la migliore compatibilità nelle aree di intersezione fra la linea tranviaria e lo scalo merci FFS.

In particolare per tali sezioni saranno adottate traverse speciali, tipo B 70 M N per 3 rotaie (secondo la specifica RTE22540), adatte al transito di materiale rotabile a scartamento ordinario (1435 mm) e metrico (1000 mm). Tale soluzione è già ampiamente utilizzata in Svizzera come ad esempio per la linea a nord di Coira, di cui vengono riportate di seguito due immagini caratteristiche.



Figura 25: Doppio scartamento Stazione di Untervaz (GR)



Figura 26: Scambi a due scartamenti in costruzione presso la Löwentor a Monaco (D)

In corrispondenza della tratta in viadotto, al fine di incrementare l'elasticità della piattaforma ferroviaria e ridurre gli effetti prodotti dalla vibrazione del transito dei mezzi, sarà utilizzato un materassino in materiale plastico posato fra la massicciata e la soletta in calcestruzzo. Tale accorgimento permetterà inoltre di ridurre gli urti sul binario e quindi il rumore prodotto dal transito dei mezzi.

L'utilizzo di binari su massicciata consente inoltre di uniformare l'armamento lungo l'intera linea, garantendo ridotti costi di manutenzione, e la possibilità intervenire nel corso delle manutenzioni con lo stesso tipo di materiale e la medesima tipologia di attrezzature.

5.2.6 Elementi principali d'armamento

Attualmente la linea FLP esistente presenta delle rotaie con profilo 46 E1/ FFS I (tipo ferroviario). I nuovi elementi principali d'armamento riprendono questo profilo per i binari su massicciata.

Gli elementi principali d'armamento considerati nei costi sono riportati nella tabella sottostante.

| Elementi principali d'armamento | Binari su massicciata | |
|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| | Tratte libere | Viadotto |
| Rotaie | Profilo rotaie 46 E1 / FFS I | |
| Traverse | Traversa in calcestruzzo | |
| Fissaggi | Morsetto con isolamento intermedia | |
| Supporto Binari | Massicciata | |
| Rivestimento intermedio | -- | Sotto la massicciata |

Tabella 4: Elementi principali d'armamento

5.2.7 Drenaggio

Per i tratti in rilevato ed in viadotto, ovvero dove la superficie al di sotto della massicciata ferroviaria risulta impermeabile, sarà prevista la realizzazione di canalizzazioni di raccolta delle acque meteoriche e il loro allontanamento in corrispondenza delle pile/spalle dell'impalcato.

L'acqua allontanata dalla piattaforma ferroviaria potrà essere convogliata e smaltita all'interno di un sistema di pozzi drenanti posti al di sotto della proiezione del viadotto ferroviario.

5.2.8 Fine dei binari

Per quanto concerne la fine binari, sarà applicato quanto stabilito dalla norma RTE 22540.

5.2.9 Alimentazione: corrente di trazione

Attualmente la linea FLP in esercizio è alimentata con una tensione pari a 1200 V in corrente continua a differenza della linea ferroviaria FFS alimentata a 15 KV in corrente alternata a 16.7 Hz.

Tuttavia, in considerazione dello sviluppo futuro della linea e dei mezzi che circoleranno su tale tratta, si prevede di dotare il nuovo materiale rotabile di sistema di trazione poli-tensione adatto alla circolazione su linee ferroviarie o ferrotranviarie alimentate con diversa tensione di esercizio.

Tale soluzione consente di mantenere l'infrastruttura attuale e lo schema di alimentazione esistente, implementando solo il tratto terminal della linea con una tensione di alimentazione analoga a quella in uso presso le FFS.

5.2.10 Impianti di sicurezza

Per la descrizione degli impianti di sicurezza si rimanda al successivo capitolo 5.6 relativo all'esercizio.

5.3 Vincolo di protezione delle acque sotterranee

Particolare attenzione va accordata alla protezione delle acque sotterranee, in quanto l'acquifero del Vedeggio è una delle risorse idriche essenziali dell'agglomerato di Lugano. L'intero fondovalle a nord della Crespera si trova nel settore di protezione Au delle acque sotterranee, indicante la presenza di una falda utilizzabile per l'approvvigionamento idrico. Sia il tracciato di base, sia la variante proposta si trovano in questo settore e ne rispettano i vincoli.

I due pozzi a grande capacità delle Aziende Industriali della città di Lugano si trovano in sponda sinistra del Fiume, uno in territorio di Bioggio, località Malombra, e l'altro in territorio di Manno, località Campagnora. Le loro zone di protezione S2 e S3 si estendono parzialmente anche in sponda destra.

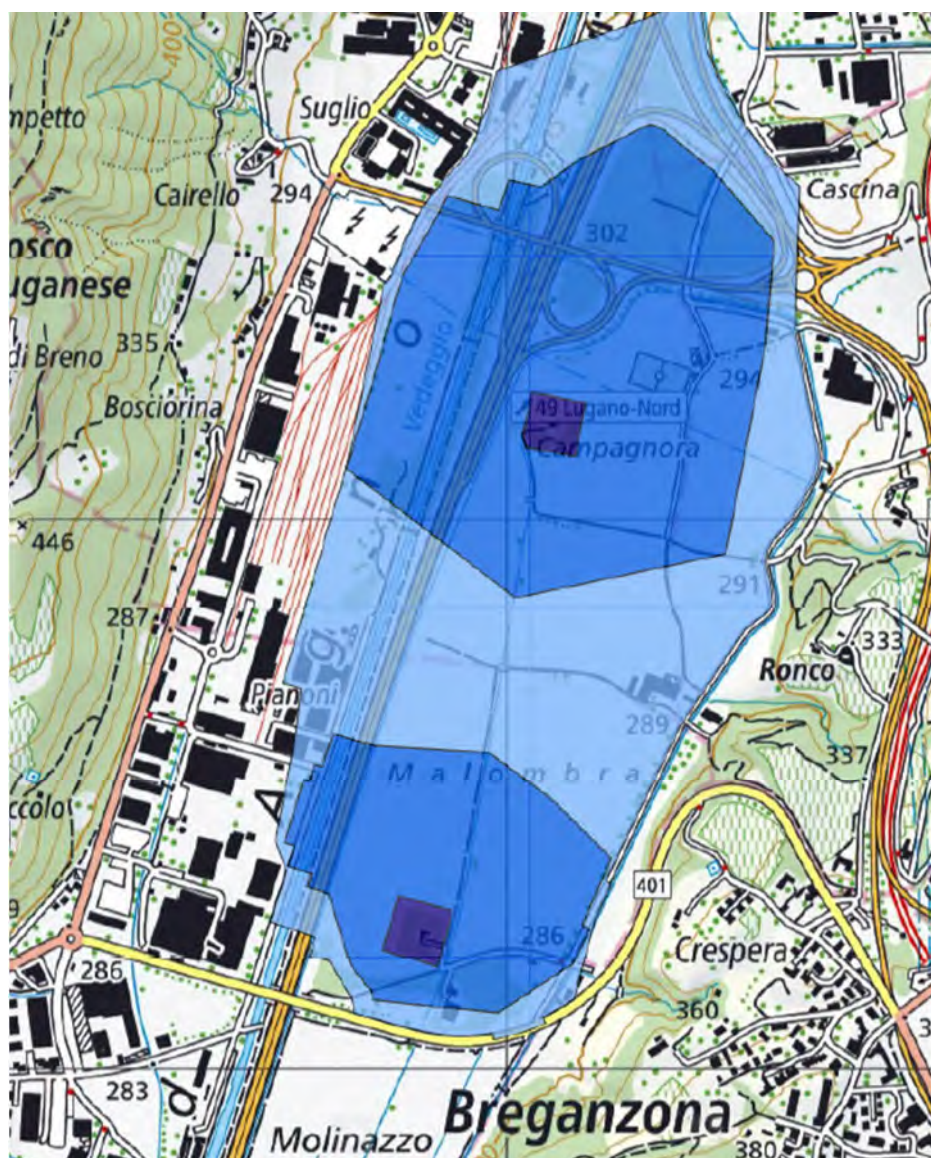


Figura 27: Zone di protezione delle acque S1 (blu scuro) S2 (blu) S3 (blu chiaro) dei pozzi di Bioggio (in basso) e di Manno (in alto)

Nella definizione della variante di tracciato del tram si è accuratamente evitato di entrare nella zona di protezione S2.

La zona di protezione S3 viene costeggiata e localmente intersecata al suo bordo ovest. In questi tratti il progetto è quindi sottoposto ai vincoli corrispondenti a questa zona. In particolare sono permessi “tracciati ferroviari su rilevato o a quota terreno”, come pure “stazioni con poco o minimo trasbordo di merci”, a condizione di posare di uno strato impermeabile sotto il ballast e convogliare le acque dei binari fuori dalle zone di protezione.

Per quanto riguarda la porzione di officine che si trova in zona S3 (estremità est dell'edificio), saranno adottati provvedimenti atti ad escludere qualsiasi pericolo per le acque sotterranee: impermeabilizzazione, ed evacuazione delle acque fuori dalla zona; stoccaggio di liquidi pericolosi e zona di lavaggio saranno invece situati nella parte ovest dell'edificio, fuori dalla zona S3 (concetto già collaudato nell'adiacente centro rifiuti speciali dell'ACR).

Saranno applicati gli stessi provvedimenti di protezione e di evacuazione delle acque decritti dal RIA del progetto pubblicato, per il resto del tracciato, che già attraversa il settore di protezione delle acque sotterranee Au e le zone di protezione S2 e S3 dei pozzi di Caslano.

5.4 Tracciato tranviario

L'intervento consiste nella realizzazione della nuova tratta tranviaria fra le località di Cavezzolo (a Bioggio) e Suglio (a Manno).

5.4.1 Andamento planimetrico

Il tracciato si dirama a nord della stazione di Cavezzolo, dove convergono le linee provenienti da Lugano e Ponte Tresa, e raggiunge il terminal di Manno in prossimità della viabilità di uscita della rete autostradale.

In uscita dalla stazione di Cavezzolo la linea tranviaria costeggia via della Posta fino all'incrocio con via Lugano. Superata via Lugano il tracciato vira leggermente ad est fino ad incrociare il riale Barboi in corrispondenza di via Strecce.

Proseguendo verso nord è prevista la realizzazione di un flesso con raggi di curvatura di 40 m ciascuno per consentire l'inserimento di una nuova comunicazione per alimentare l'officina di manutenzione a servizio della nuova linea.

Immediatamente a nord del flesso viene inserita la prima fermata a singolo binario; quindi, superato l'incrocio con via Industria, la linea tranviaria passa a doppio binario fino a raggiungere il capolinea di Suglio a Manno.

Dopo l'intersezione con via Industria e fino al terminal di Suglio il tracciato della linea tranviaria affianca i binari dello scalo merci FFS consentendo l'inserimento di due nuove fermate, Bosciorina e La Monda.

5.4.2 Andamento altimetrico

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si sviluppa integralmente in rilevato o in viadotto fino a via Industrie per poi proseguire a raso in corrispondenza dello scalo merci FFS fino al terminal di Suglio.

Nello specifico il primo tratto in rilevato ascende con pendenza del 25.9‰ fino a raggiungere l'incrocio con via Lugano che sovrappassa mantenendo un'altezza libera all'intradosso della struttura del viadotto di 4.50 m in conformità alla norma SN 640 201 per mezzi pesanti.

Segue un tratto in viadotto che discende con pendenza max pari al 5.19‰ e consente di sovrappassare via Strecce con un franco libero di almeno 4.50 m. Questo andamento altimetrico garantisce al contempo la possibilità di inserire il binario di accesso all'Officina di manutenzione dei rotabili ad una quota tale da consentire l'inserimento della struttura manutentiva leggermente in rilevato rispetto alla viabilità di accesso alla stessa da via Vedeggio.

Per consentire quindi lo scavalco di via Industria il tracciato sale con pendenza del 23.3‰ e supera la viabilità esistente garantendo un franco libero di 4.50 m.

Superata via Industria il percorso tranviario discende con pendenza del 28.9‰ fino ad affiancare i binari dello scalo merci FFS e quindi proseguire ricalcando l'andamento altimetrico dello scalo stesso e raggiungere la stazione terminal di Bioggio.

5.4.3 Sezioni tipologiche

Sono di seguito riportate le principali sezioni tipologiche caratteristiche del tracciato in progetto che, in funzione delle diverse opere d'arte necessarie per la realizzazione dell'intervento, sono classificabili in cinque distinte casistiche, ed in particolare:

- Sezione tipo 1 – tratto in rilevato entro muri di contenimento di cemento armato (Cavezzolo-via Lugano);
- Sezione tipo 2 – tratto in viadotto (via Lugano-via Industria);
- Sezione tipo 3 – fermata tranviaria;
- Sezione tipo 4 – fermata tranviaria e sottopasso di accesso;
- Sezione tipo 5 – sottopasso di accesso alle fermate all'interno dello scalo merci FFS.

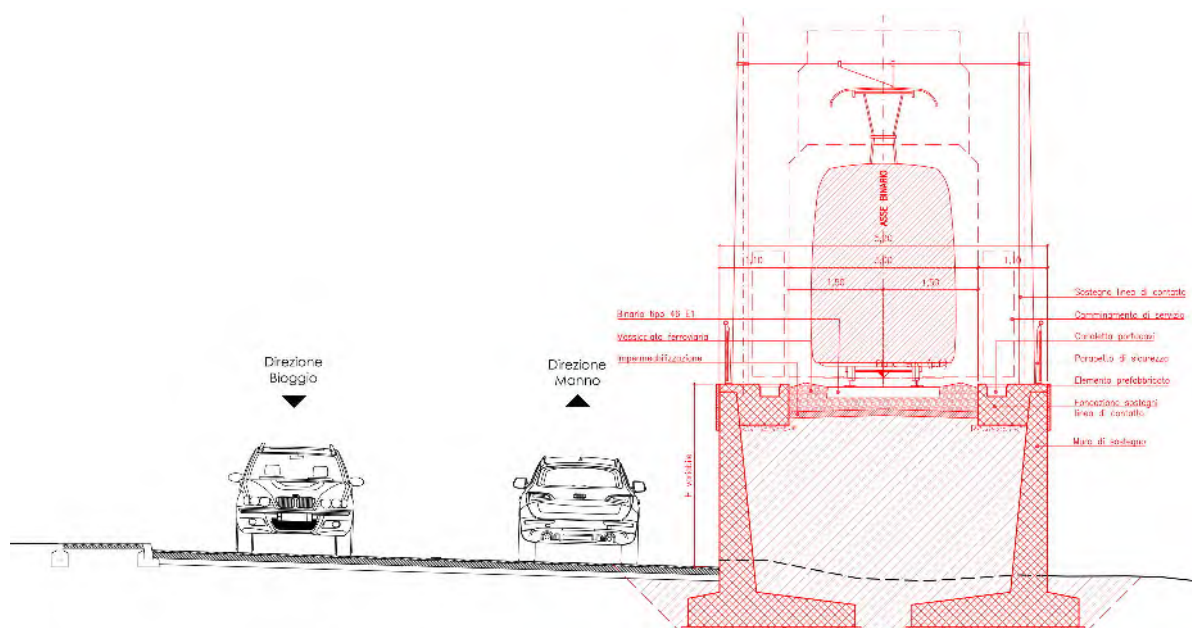


Figura 28: Sezione tipo 1

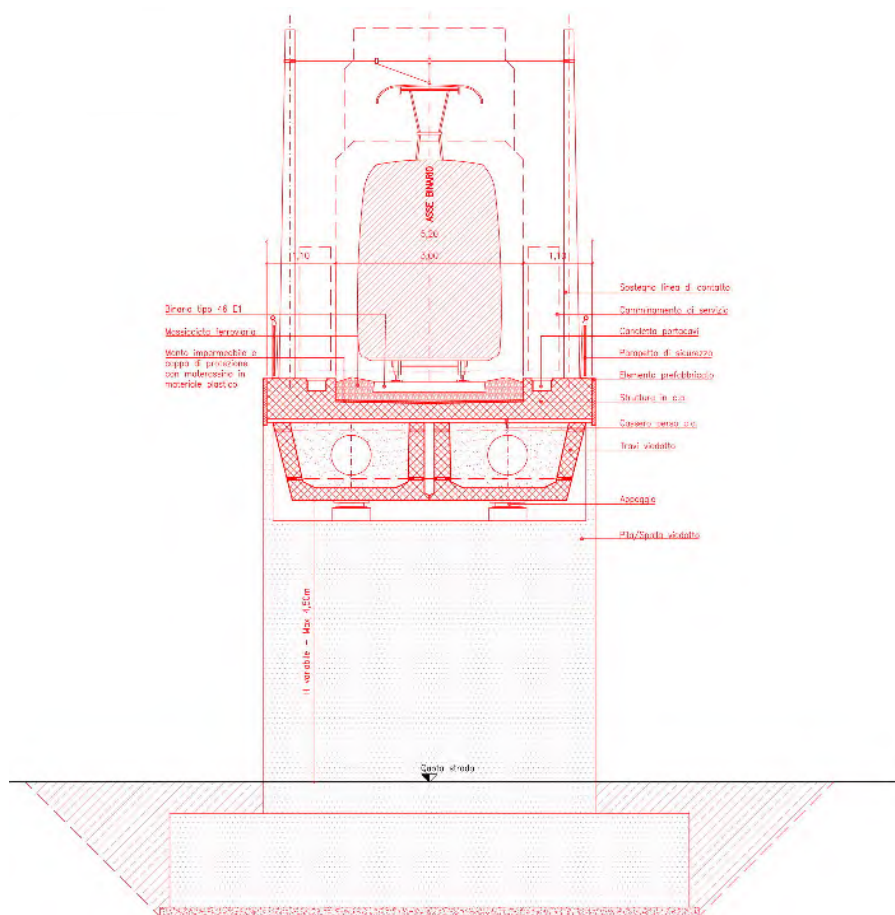


Figura 29: Sezione tipo 2

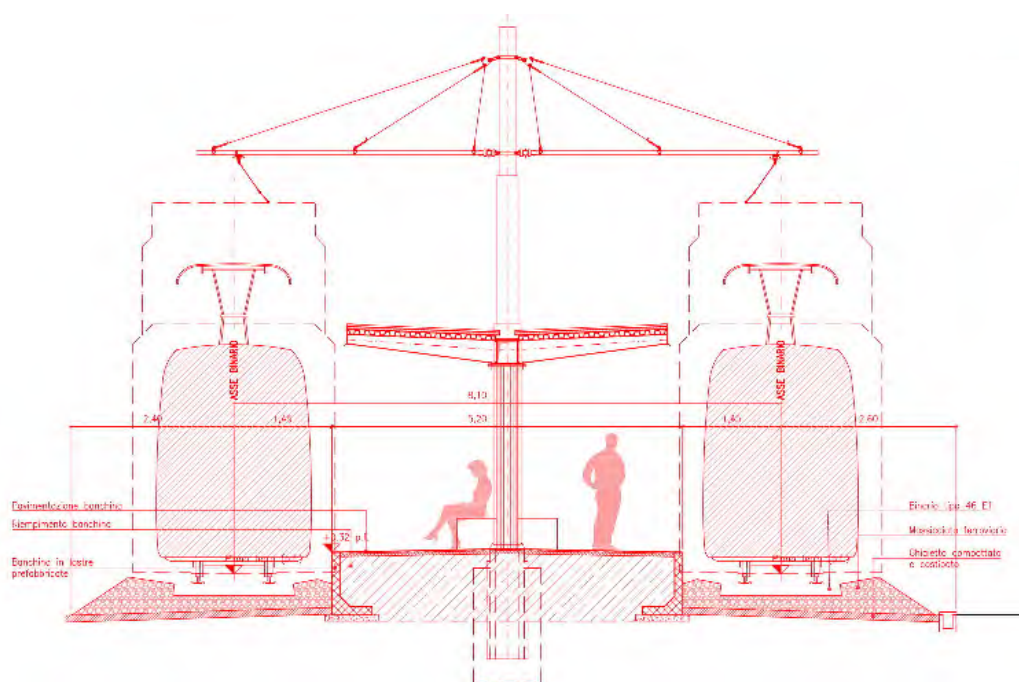


Figura 30: Sezione tipo 3

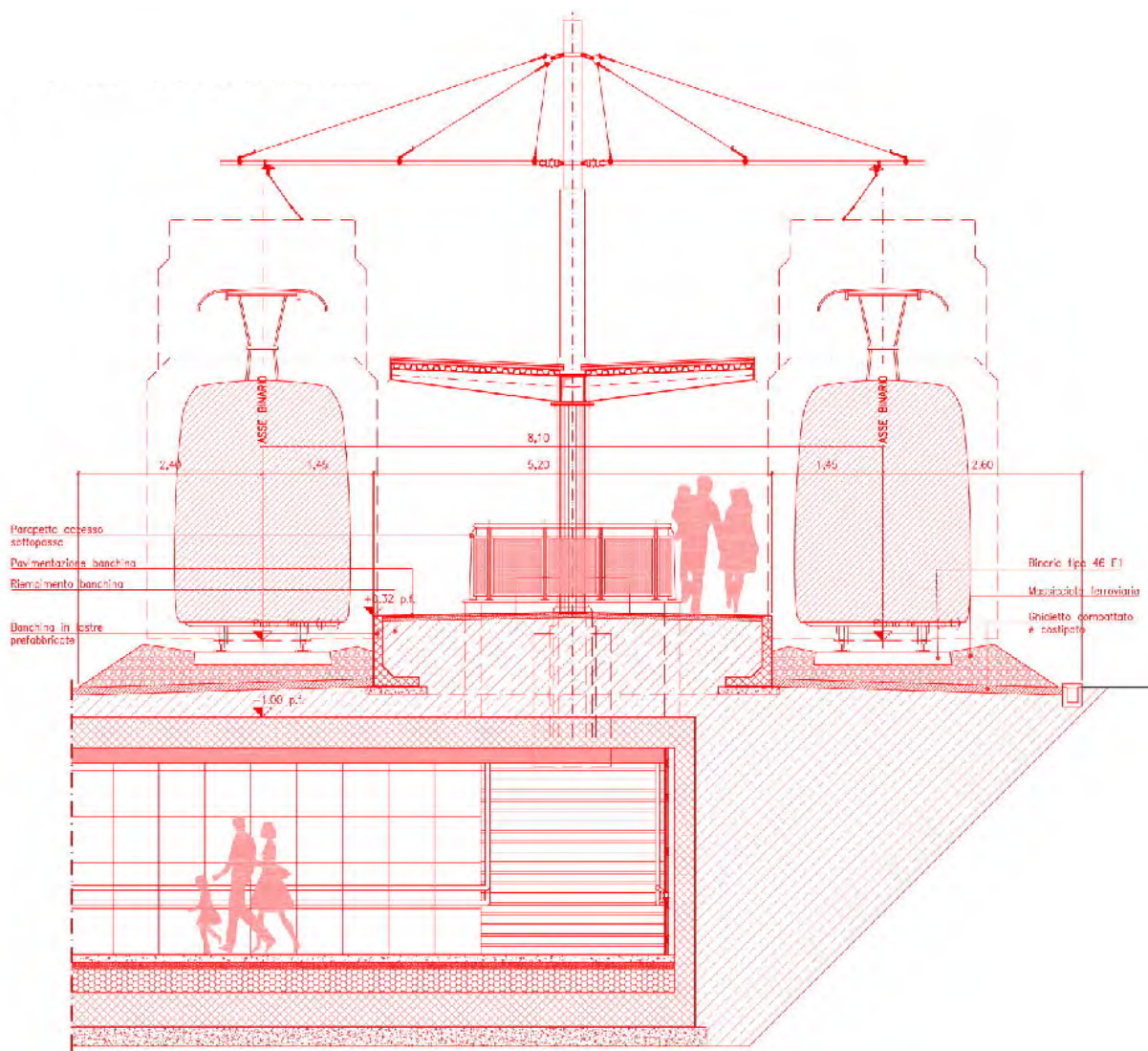


Figura 31: Sezione tipo 4

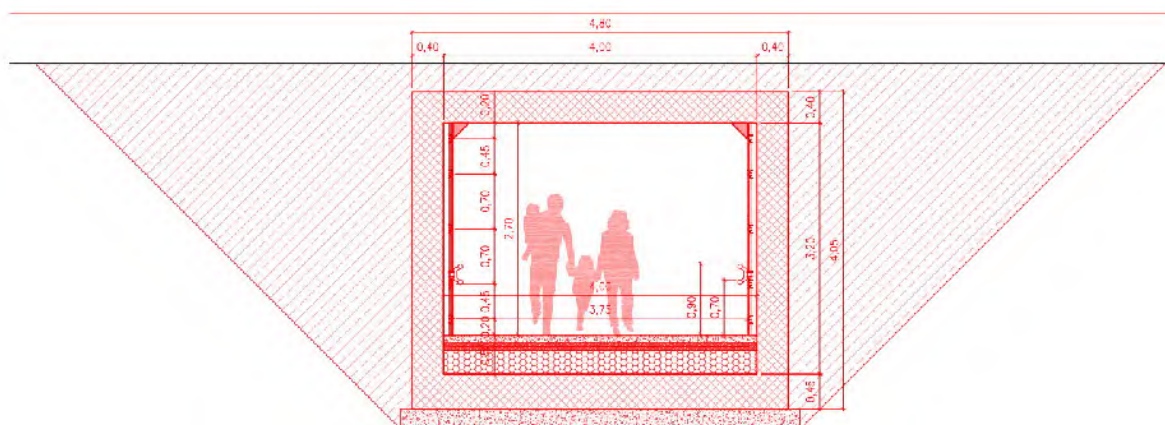


Figura 32: Sezione tipo 5

5.5 Manufatti

5.5.1 Muri di contenimento

Nei tratti compresi tra l'uscita dalla stazione di Cavezzolo e l'approssimarsi dell'intersezione con via Lugano e nel tratto immediatamente a nord di via Industrie, all'interno dello scalo merci FFS è prevista la realizzazione di muri di contenimento per il sostegno del rilevato della nuova linea tranviaria.

I muri saranno realizzati in cemento armato ordinario ed avranno altezza massima di circa 5.00 m fuori terra. Al fine di ottimizzare la realizzazione dell'opera potrà essere valutata la possibilità di casserare esternamente i muri con pannelli prefabbricati. Tale soluzione garantirebbe tempi di realizzazione ridotti e la possibilità di definire il tipo di finitura della superficie esterna.

5.5.2 Viadotto

La tratta compresa tra l'intersezione con via Lugano fino a via Industria sarà realizzata mediante viadotto di lunghezza 576 m.

Le strutture del viadotto (pile e spalle) saranno realizzate in cemento armato, mentre l'impalcato sarà costruito con travi prefabbricate a cassone su cui verrà gettata la soletta integrativa che formerà la sede della linea tranviaria.

Sul viadotto, come anche per i tratti in rilevato, sarà prevista la realizzazione di banchine laterali di servizio protette con parapetti di sicurezza. Lungo la banchina di servizio saranno ricavate anche le canaline per il passaggio degli impianti.

5.5.3 Stazioni

Le stazioni previste in progetto, ad eccezione di quella in viadotto prossima all'officina di manutenzione rotabili, saranno realizzate a raso con banchine formate da lastre di bordo prefabbricate e riempite con materiale inerte compattato. La pavimentazione delle banchine dovrà garantire la massima durabilità e ridotta manutenzione, a tal fine si prevede la posa di elementi autobloccanti in cemento con finitura superficiale a quarzo.

Le stazioni saranno dotate di pensilina di protezione per l'intero sviluppo della banchina.

5.5.4 Accessi alle stazioni

Le stazioni lungo la nuova tratta saranno dotate di accessi ciclopedonali con la vicina viabilità.

Qualora il comparto FFS non si sviluppi, le stazioni saranno raggiungibili grazie all'edificazione di sottopassi con accesso da via Industria.

Lungo la viabilità esistente saranno realizzate rampe con pendenza massima del 6% (accettabili per persone a mobilità ridotta) e ascensori di capienza sufficiente a consentire anche il trasporto di biciclette.

Il sottopasso di attraversamento del fascio binari dello scalo merci sarà eseguito con struttura scatolare in cemento armato di sezione netta interna pari a 2.70 m di altezza per 3.75 m di larghezza.

La realizzazione del sottopasso dovrà avvenire per fasi successive impegnando il minor numero di binari possibile in modo da garantire sempre l'operatività dello scalo stesso. A tal fine si potrà operare prevedendo l'interruzione programmata di un numero limitato di binari che saranno rimossi nel tratto interferente con la nuova struttura e ripristinati una volta eseguite le attività di scavo e posa del manufatto in c.a.

Se tale soluzione non fosse percorribile per motivi di esercizio dello scalo, si potranno utilizzare sistemi di sostegno provvisorio dei binari interferiti (ponti Essen o similari) e quindi procedere con l'infissione della struttura scatolare.

Per quanto riguarda la stazione Industrie, realizzata in viadotto, l'accesso alla banchina sarà garantito attraverso l'installazione di un ascensore e la realizzazione di rampe di accesso per facilitare la mobilità delle persone a mobilità ridotta, con pendenza pari al 6%, poste al di sotto della proiezione dell'impalcato stesso.

5.5.5 Terminal di Manno

In corrispondenza della stazione di Manno-Suglio sarà realizzata una piazza pedonale di collegamento fra la banchina della stazione ed un'area che potrà essere attrezzata per la sosta di tipo Park & Ride (P+R) e per il terminal di interscambio bus.

5.5.6 Officina di manutenzione rotabili

In prossimità di via Industria è prevista la realizzazione di un'officina di manutenzione rotabili.

La struttura di tipo industriale è costituita da un capannone di dimensioni pari a circa 40x65 m sufficiente per accogliere una composizione su ciascuno dei 5 binari interni.

In particolare ciascuno dei binari di deposito sarà attrezzato e specializzato per le diverse funzioni necessarie al processo manutentivo del materiale rotabile, ovvero:

- 1 binario attrezzato per il lavaggio del materiale rotabile;
- 1 binario attrezzato con tornio in fossa passante posto in prossimità dell'ingresso;
- 1 binario attrezzato con fossa di ispezione e visita degli imperiali;
- 1 binario attrezzato per sollevamento cassa e carrelli;
- 1 binario attrezzato con sistema per il calaggio dei carrelli.

L'officina sarà dotata anche di una sezione a servizio dell'impianto di manutenzione dove troveranno posto gli spogliatoi per il personale, i magazzini, gli uffici e i locali tecnologici.

Esternamente al capannone il piazzale sarà attrezzato con spazi di sosta per il personale e per i mezzi di servizio.

Il fascio di ingresso all'Officina sarà realizzato a raso per consentire di incrementare lo spazio utile per le manovre dei mezzi all'interno del deposito, verrà dotato di un'asta di manovra di capienza sufficiente per consentire la movimentazione dei mezzi all'interno dell'officina e di un tronchino utile nel caso di ricovero di un carro soccorso in caso di guasti lungo la linea.

5.6 Esercizio

La nuova tratta fra la fermata di Cavezzolo e il terminal di Suglio a Manno potrà essere gestita con impianti di sicurezza di tipo ferroviario. Infatti, il tracciato in uscita dalla fermata di Cavezzolo prosegue per l'intero percorso fino al terminal di Suglio su sede propria, senza alcuna interferenza con l'esistente viabilità del comparto.

La separazione fra la linea tranviaria e la viabilità permette di poter adottare, come per il resto della rete, ad eccezione della fermata di Cavezzolo, un impianto di sicurezza di tipo ferroviario con notevoli vantaggi dal punto di vista della sicurezza di esercizio della linea, in particolare nella gestione del tratto a singolo binario fra le stazioni di Cavezzolo e Bosciorina.

L'impianto di sicurezza potrà essere mantenuto in analogia a quanto già in esercizio lungo la tratta tra Ponte Tresa e Cavezzolo, ovvero implementato con sistemi di gestione del traffico e controlli di tipo automatico.

La variante "Binario industriale" permette inoltre un'evoluzione a doppio binario.

6. CONFRONTO COSTI

I **costi di costruzione** della variante “Binario industriale” annoverano **le sole parti dell’opera confrontabili con quelle del Progetto Definitivo del comparto B Stazione Cavezzolo (Bioggio) – Terminale Suglio (Manno)**⁵, e più precisamente:

- il tracciato ferrotranviario dalla fermata di Cavezzolo (non inclusa) al terminale di Suglio, comprensivo dei manufatti e delle stazioni (B01.4);
- gli elementi di tecnica ferroviaria, quali binari, alimentazione, cavi e segnaletica (parziale B01.5 per l’esclusione del settore stazione Cavezzolo).

Sono quindi esclusi dal confronto i seguenti elementi del preventivo dei costi del PDef:

- sottopasso Murata (B01.2);
- fermata Cavezzolo, accesso P+R e Cinque vie (B01.3);
- spostamento muri di controriva (B02.1);
- sistemazione strada cantonale (B02.2);
- semaforizzazione incrocio Gerre (B02.3);
- sistemazione zona industriale e ciclo-pista (B02.4);
- sistemazione rotonda comunale di Manno (B02.5);
- rivitalizzazione Barboi (B03.01);
- officina FLP (preventivata nel comparto E del PDef).

Si tratta di costi parametrici dedotti da quelli del PDef e calcolati per tratte omogenee.

La sintesi dei **costi di costruzione**, al lordo degli oneri di progettazione e direzione lavori (15% di genio civile, 8% di tecnica ferroviaria), diversi e imprevisti (10%) e IVA, è indicata nella tabella che segue in cui si opera il **confronto della variante “Binario industriale” con il PDef**

Qualora il comparto FFS di Bioggio-Manno non sia oggetto di riqualifica, è necessario aggiungere i **costi di due sottopassaggi pedonali** per garantire le funzionalità Cargo attuali.

Per i **costi di esproprio** (acquisizione definitiva dei terreni), si sono considerati ai fini del confronto gli stessi moduli CHF/m² del PDef; ossia **700 CHF/m² per fondi industriali e 350 CHF/m² per i fondi di minor valore**. Quest’ultimo modulo è stato applicato ai fondi appartenenti alle FFS (zona per impianti ferroviari: mappali 425 di Bioggio, 433 e 733 di Manno), e AIL (zona d’interesse pubblico: mappale 1261 di Bioggio).

Ad essi il PDef somma un **indennizzo** complessivo di CHF 14 Mio per tutto il comparto Bioggio-Manno, inclusa la fermata Cavezzolo. Per cui, **si stima l’indennizzo cantonale della tratta del comparto B a ca. CHF 12 Mio**.

⁵ Vedi RTL.000 D / 009 Preventivo dei costi.

| Tratta tram-treno Cavezzolo - Suglio | Progetto Definitivo (PDef) | Variante "Binario industriale" |
|---------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 01 Tracciato fermata Cavezzolo - terminale Manno Suglio | 7'951'000 | 19'280'449 (*) |
| 02 Tecnica ferroviaria | 15'822'000 | 12'894'902 |
| 03 Espropri (con costi unitari Pdef: 350 e 700 CHF/m2) | 21'000'000 | 8'727'250 |
| 04 Indennizzi | 12'000'000 | 1'000'000 |
| TOTALE COSTI I (CHF) | 56'773'000 | 41'902'600 |
| 05 Correzione costi espropri (150 e 800 CHF/m2) | -2'000'000 | -1'810'500 |
| 06 Correzione indennizzi | 18'000'000 | 0 |
| TOTALE COSTI II (CHF) | 72'773'000 | 40'092'100 |
| 07 Sottopassi accesso stazioni comparto FFS | 0 | 9'404'640 |
| 08 Espropri | 0 | 172'200 |
| TOTALE COSTI III (CHF) | 72'773'000 | 49'668'940 |

(*) di cui CHF 11'551'410 per viadotto della variante "Binario industriale" di lunghezza 576 m

Tabella 5: Confronto costi PDef/Variante "Binario industriale"

In tabella 5, il **TOTALE COSTI I** tiene conto dei costi di costruzione per le parti confrontabili (01, 02), degli espropri (03) calcolati con i prezzi unitari di 350 e 700 CHF/m² e degli indennizzi stimati (04), per ciascuna delle due varianti progettuali.

Il **TOTALE COSTI II** introduce le correzioni ai costi d'esproprio (05) nell'ipotesi di calcolo degli stessi con più equilibrati prezzi di mercato (150 e 800 CHF/m²) e le variazioni di indennizzo (06) che si sono concretizzate.

Il **TOTALE COSTI III** tiene conto, qualora il comparto FFS di Bioggio-Manno non sia oggetto di ricalifica, dei costi di realizzazione dei 2 sottopassi di accesso alle stazioni e i relativi costi di esproprio.

Pertanto, al lordo di tutti i costi di realizzazione, esproprio e indennizzo, nonostante una forte incidenza del viadotto (CHF 11,5 Mio), si osserva come **la variante "Binario industriale" si dimostri complessivamente molto più conveniente rispetto al PDef, garantendo un risparmio di almeno CHF 23,1 - 32,7 Mio** in funzione della necessità o meno di costruire i sottopassi nel comparto FFS.

7. ANALISI MULTICRITERI

Attraverso un'analisi multicriteri qualitativa, si esegue una comparazione rispetto al PDef (variante di riferimento) per la variante "Binario industriale", mediante **11 criteri di valutazione** raggruppati per macro-argomento, opportunamente ponderati attraverso un coefficiente di peso sulla base dell'importanza che si intende attribuire al corrispondente criterio.

Nella tabella che segue sono descritti i criteri di valutazione prescelti e la proposta di ponderazione.

| Criterio di valutazione | | Basi della valutazione | Peso (%) |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Mobilità e circolazione | | | |
| 1 | Impatto tracciato tram sulla rete stradale | Interazione del tracciato del tram con la rete stradale principale, in termini di capacità e livello di servizio della rete stradale e dei nodi ("5 vie" e Suglio). Adeguamento all'Art. 24 della Lferr | 20 |
| 2 | Accessibilità ai fondi comparto produttivo Bioggio-Manno | Accessibilità ai fondi per effetto della realizzazione delle linea tranviaria | 5 |
| 3 | Riassetto della strada cantonale | Creazione di vincoli rispetto ad un eventuale riassetto della strada cantonale per effetto del passaggio della linea tranviaria | 5 |
| 4 | Copertura tram-treno | Aree d'insediamenti coperte dal servizio tranviario | 5 |
| 5 | Esercizio tram-treno | Vantaggi in termini di esercizio e sicurezza | 5 |
| 6 | Evoluzione sistema tram-treno | Completamento rete assi forti trasporto pubblico | 20 |
| Territorio e paesaggio | | | |
| 7 | Sviluppo territoriale | Effetto del tram sulle aree insediative e produttive attuali e future di Bioggio, Manno, Gravesano e Bedano | 5 |
| 8 | Paesaggio | Impatto delle infrastrutture (viadotti) sul paesaggio | 5 |
| Ambiente | | | |
| 9 | Aria, rumore | Effetti sulle emissioni atmosferiche e foniche | 5 |
| Costi | | | |
| 10 | Costi investimento, espropri ed indennizzi | Tracciato tram-treno fermata Bioggio-terminal Manno Suglio: genio civile, tecnica ferroviaria, acquisizioni definitive ed indennizzi per perdita di guadagno | 20 |
| Fattibilità tecnica | | | |
| 11 | Cantiere | Disagi durante i lavori | 5 |
| Totale ponderazione (%) | | | 100 |

Tabella 6: Criteri di valutazione e proposta di ponderazione

A ciascun criterio di valutazione viene associata una **valutazione** di tipo qualitativo, secondo il punteggio seguente.

| Valutazione | Punteggio |
|----------------|-----------|
| Molto negativo | -2 |
| Negativo | -1 |
| Neutro | 0 |
| Positivo | +1 |
| Molto positivo | +2 |

Tabella 7: Valutazione e rispettivi punteggi

In questo modo, assumendo un valore neutro pari a 0 per la variante di riferimento del PDef, si mostra che **la proposta variante “Binario industriale” presenta una ponderazione complessiva pari a 170 punti** che la rende complessivamente molto migliore del PDef.

| Criteri di valutazione | Nota ponderata | negativo | | | | PDef | positivo | | | |
|------------------------------------------------------------|----------------|----------|-----|-----|-----|------|----------|----|----|----|
| | | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| MOBILITÀ E CIRCOLAZIONE | | | | | | | | | | |
| 1 Impatto tracciato tram sulla rete stradale | 40 | | | | | | | | | |
| 2 Accessibilità ai fondi comparto produttivo Bioggio-Manno | 10 | | | | | | | | | |
| 3 Riassetto della strada cantonale | 10 | | | | | | | | | |
| 4 Copertura tram-treno | 5 | | | | | | | | | |
| 5 Esercizio tram-treno | 10 | | | | | | | | | |
| 6 Evoluzione sistema tram-treno | 40 | | | | | | | | | |
| TERRITORIO E PAESAGGIO | | | | | | | | | | |
| 7 Sviluppo territoriale | 10 | | | | | | | | | |
| 8 Paesaggio | -10 | | | | | | | | | |
| AMBIENTE | | | | | | | | | | |
| 9 Aria, rumore | 5 | | | | | | | | | |
| COSTI | | | | | | | | | | |
| 10 Costi investimento, espropri ed indennizzi | 40 | | | | | | | | | |
| FATTIBILITÀ TECNICA | | | | | | | | | | |
| 11 Cantiere | 10 | | | | | | | | | |
| TOTALE PONDERAZIONE | 170 | | | | | | | | | |

Tabella 8: Rappresentazione grafica della valutazione

Nella tabella che segue è mostrato il dettaglio dell'analisi multicriteri in oggetto, con una descrizione dei criteri di valutazione per ciascuna variante.

| Criteri di valutazione | Basi della valutazione | Peso | Variante di riferimento PDef | Variante binario industriale | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|
| | | | Descrizione | Descrizione | Valutaz | Nota | |
| MOBILITÀ E CIRCOLAZIONE | | | | | | | |
| 1 | Impatto tracciato tram sulla rete stradale | Interazione del tracciato del tram con la rete stradale principale, in termini di capacità e livello di servizio della rete stradale e dei nodi principali "5 vie" e Suglio. Adeguamento all'Art. 24 della Lferr | 20% | Il PDef prevede il passaggio del tram a raso ed intercetta i nodi "5 vie", Industria e Suglio. I livelli di servizio ai nodi e lungo la cantonale, già molto bassi in OPM e OPS, sono destinati a peggiorare. Inoltre, il funzionamento "a vista" del tram con prenotazioni forzate penalizzerà la capacità dei due nodi rispetto ai valori indicati dal PDef. | Nella variante il tram attraversa l'incrocio "5 vie" mediante viadotto, mentre si liberano gli incroci Industria e Suglio dal passaggio del tram. La soluzione progettuale proposta è compatibile con i futuri sviluppi della circonvallazione Agno-Bioggio. I sovrappassaggi tranviari consentono di mantenere differenziati i livelli delle strade pubbliche rispetto al tracciato ferrotranviario (come previsto dalla Lferr, Art. 24, cap. 3). | 2 | 40 |
| 2 | Accessibilità ai fondi comparto produttivo Bioggio-Manno | Accessibilità ai fondi per effetto della realizzazione della linea tranviaria | 5% | Il passaggio del tram a raso e in fregio est alla strada cantonale determina la chiusura di due dei tre attuali accessi al comparto produttivo, occludendo inoltre gli accessi veicolari diretti ai fondi che oggi si affacciano sulla strada cantonale tra l'incrocio di "5 vie" e il semaforo di Suglio. | Il passaggio della linea tranviaria all'interno del comparto industriale, senza interruzioni su via Industria, non determina alcuna occlusione all'accesso veicolare ai fondi e alle attività produttive. | 2 | 10 |
| 3 | Riassetto della strada cantonale | Creazioni di vincoli rispetto ad un eventuale riassetto della strada cantonale per effetto del passaggio della linea tranviaria | 5% | Il progetto del tram-treno a lato della strada cantonale e il suo passaggio a raso agli incroci "5 vie" e Suglio rappresenta un forte vincolo per eventuali futuri interventi di riassetto della strada cantonale e degli stessi nodi finalizzati a migliorare il livello di servizio. | La situazione della variante del tracciato tram esterna dalla strada cantonale permette sviluppi futuri del suo assetto al fine di conferire maggiore capacità: esso sarà in particolare possibile grazie allo spazio in fregio est alla cantonale liberato dal passaggio dal tram rispetto al PDef. | 2 | 10 |
| 4 | Copertura tram-treno | Aree d'insediamenti coperte dal servizio tranviario | 5% | Assumendo un raggio di copertura di 300 m dalle fermate, gli insediamenti produttivi e residenziali presentano complessivamente un grado di copertura molto soddisfacente. | A parità di raggio di copertura 300 m, gli insediamenti produttivi e residenziali presenti hanno un grado di copertura migliore rispetto al PDef, tenuto conto degli sviluppi pianificatori previsti del comparto FFS. | 1 | 5 |
| 5 | Esercizio tram-treno | Vantaggi in termini di esercizio e sicurezza | 5% | Il tracciato del tram-treno a raso in corrispondenza degli incroci "5 vie" e Suglio può presentare problemi d'esercizio e di sicurezza dovuti a flussi veicolari bloccati sui binari. | L'asta Bioggio-Manno potrebbe funzionare in regime ferroviario (e non tranviario come previsto) fornendo maggiore sicurezza d'esercizio, stabilità degli orari e gestione centralizzata. | 2 | 10 |
| 6 | Evoluzione sistema tram-treno | Completamento rete assi forti trasporto pubblico | 20% | Il PDef prevede al terminale di Suglio una rottura modale del trasporto su ferro e la creazione di un nodo intermodale per il collegamento su gomma alla stazione TILO di Lamone. | La variante permette un futuro collegamento via sedime binario industriale esistente alla stazione TILO di Taverne-Torricella. | 2 | 40 |

| TERRITORIO E PAESAGGIO | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------|
| 7 | Sviluppo territoriale | Effetto del tram sulle aree insediative e produttive attuali e future di Bioggio, Manno, Gravesano e Bedano. | 5% | L'asta di Bioggio-Manno aumenterà l'attrattività e, dunque, il consolidamento del comparto produttivo. Per i comuni di Gravesano e Bedano il servizio di TP su gomma previsto è poco attrattivo per indurre un sostanzioso trasferimento modale TIM verso il TP. | L'asta Bioggio-Manno è centrale al comparto e la sua possibile estensione fino alla stazione TILO di Taverne-Toricella si allinea con le strategie PA di sviluppo centripeto delle stazioni fornendo un servizio di TP su ferro attrattivo anche ai Comuni di Gravesano e Bedano. | 2 | 10 |
| 8 | Paesaggio | Impatto delle infrastrutture sul paesaggio | 5% | Impatto paesaggistico limitato dovuto al passaggio del tram-treno a raso, ma creazione di un effetto barriera. | Impatto visuale importante del viadotto nel comparto produttivo di Bioggio-Manno. | -2 | -10 |
| AMBIENTE | | | | | | | |
| 9 | Aria, rumore | Effetto sulle emissioni atmosferiche e foniche | 5% | Il peggioramento dei livelli di servizi sulla rete stradale principale dovuto all'inserimento del tram secondo PDef determina un incremento dell'inquinamento atmosferico e acustico. | La rete stradale oggi giorno già fortemente sollecitata presenterà nell'orizzonte di pianificazione 2040 una situazione di congestione aggravata. Un riporto modale indotto dalla possibile futura estensione del tram-treno fino alla stazione di Taverne indurrebbe una riduzione dei carichi veicolari. | 1 | 5 |
| COSTI | | | | | | | |
| 10 | Costi investimento, espropri ed indennizzi | Tracciato tram-treno fermata Bioggio - terminal Manno Suglio: genio civile, tecnica ferroviaria, acquisizioni definitive ed indennizzi per perdita di guadagno | 20% | I costi globali previsti sono di CHF 57,6 Mio. Tenuto conto della sottostima degli indennizzi, questi si incrementano fino a CHF 72,8 Mio. | Nonostante una forte incidenza del viadotto (CHF 11,5 Mio), la variante permette un risparmio che varia tra CHF 23,1 e 32,7 Mio in funzione della necessità o meno di costruire i sottopassi nel comparto FFS. | 2 | 40 |
| FATTIBILITÀ TECNICA | | | | | | | |
| 11 | Cantiere | Disagi durante i lavori | 5% | I lavori sulla strada cantonale dureranno 3.5 anni e genereranno forti disagi al traffico e vibrazioni agli edifici che si affacciano sulla strada cantonale. | Il tracciato in gran parte situato nella zona ferroviaria esistente indurrà disagi ridotti. | 2 | 10 |
| TOTALE PONDERAZIONE | | | 100% | | | | 170 |

Tabella 9: Dettaglio dell'analisi multicriteri

8. RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi multicriteri ha mostrato che la fattibilità di un tracciato alternativo al PDef è data.

Tale variante presenta una serie di importanti benefici, quali:

- un'ottima copertura del servizio ferroviario, che si è dimostrata migliore rispetto a quella del PDef, a parità di raggi di copertura di 300 m. La variante individuata prevede un tracciato più centrale all'interno del comparto produttivo di Bioggio-Manno, che minimizza l'attraversamento dei fondi e prevede in prospettiva un servizio di maggiore qualità in accordo con gli sviluppi di pianificazione futura del comparto;
- la possibilità di estensione futura della rete tram-treno fino alla stazione FFS di Tavernes-Torricella, contribuendo alla creazione di una maglia tram-TILO di cui potranno beneficiare fortemente anche gli abitanti e gli addetti dei Comuni di Gravesano, Bedano e Torricella-Taverne;
- la gestione della linea in regime ferroviario (e non tranviario), ciò che fornisce vantaggi in termini di sicurezza del servizio ed assicura maggiore stabilità degli orari grazie ad una gestione di linea centralizzata;
- un tracciato svincolato rispetto a quello della viabilità cantonale, che consenta ai convogli ferroviari di mantenersi in sede propria, senza avere interazioni con il traffico viario. Sotto questo aspetto il beneficio è notevole in quanto non si hanno commistioni con il tram-treno ai nodi di "5 vie" e Suglio e agli incroci di via Industria e via Strecce con la strada cantonale, come riportato nel PDef;
- l'eliminazione dei disagi derivanti dal cantiere la cui durata è prevista in 3,5 anni, su una strada cantonale ad elevata trafficabilità sulla quale è oggettivamente difficile introdurre elementi di restringimento;
- una maggiore facilità ad accettare la variante da parte degli attori locali, ciò che implica meno ricorsi ed una maggiore velocizzazione nella realizzazione dell'asta tram-treno di Bioggio-Manno.

Inoltre, nonostante la variante "Binario industriale" preveda la realizzazione di un viadotto di lunghezza 576 m (che incide sui costi per un importo pari a ca. CHF 11,5 Mio), al lordo delle opere di genio civile, tecnica ferroviaria, espropri ed indennizzi **tale variante si dimostra complessivamente molto più conveniente rispetto al PDef, garantendo un risparmio di almeno CHF 23,1 - 32,7 Mio** in funzione della necessità o meno di costruire i sottopassi nel comparto FFS.

CSD INGENNERI SA



Gabriel Jodar
Capo progetto
Ing. civile. dipl. EPFL
Responsabile Dipartimento mobilità e traffico



Simone Borghi
Ingegnere progetto
Ing. civile. dipl. Poli MI

Lugano, 31 gennaio 2018