



 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

## INDICE

<b>1.</b>	<b>DATI DI PROGETTO</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE LINEA 2</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE E FUNZIONALI DELLA LINEA</b>	<b>6</b>
<b>1.4</b>	<b>CONSULTAZIONE DI MERCATO SUL SISTEMA E MATERIALE ROTABILE</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIALE ROTABILE</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>ESITO CONSULTAZIONE DI MERCATO</b>	<b>13</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Corografia della Linea 2	6
Figura 2.	Keyplan della tratta Rebaudengo-Politecnico	9

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	WBS di riferimento e progressive	7
------------	----------------------------------	---

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

## 1. DATI DI PROGETTO

### 1.1 Introduzione

La presente relazione esamina gli aspetti progettuali e di interfaccia connessi con il materiale rotabile, tenendo conto del fatto che il progetto non definisce una precisa tipologia di treni, non essendo ad oggi definito il "sistema". Pertanto l'approccio progettuale non può che rimanere del tipo prestazionale-funzionale, e quindi aperto a tutte le soluzioni tecnologiche offerte dal mercato. A tal fine, la documentazione avrà lo scopo di evidenziare le caratteristiche dei principali veicoli attualmente in circolazione, con lo scopo di offrire una panoramica dei sistemi adottati o adottabili.

Si specifica, infatti, che il materiale rotabile per una linea metropolitana, rappresenta l'elemento basilare su cui si costruisce l'intero complesso del sistema.

Una volta individuata la tipologia di rotabile da adottare, gli impianti di sistema vengono configurati in relazione alle caratteristiche tecniche, di conseguenza le caratteristiche geometriche delle gallerie e delle stazioni, sono individuate e specificate in relazione alle dimensioni del treno.

Dato primario tenuto in considerazione nella specificazione del contesto di base è il valore della domanda di trasporto di dimensionamento che è pari a 16.000 pphpd.

### 1.2 Descrizione generale Linea 2

In esito agli sviluppi della progettazione PFTE e successivi aggiornamenti che hanno portato inoltre agli studi dei possibili prolungamenti, la lunghezza delle varie tratte funzionali prese in esame è approssimativamente di 20 km da Orbassano Centro a Rebaudengo e 17 km da Anselmetti a Pescarito, senza considerare i possibili rami di collegamento al deposito. La distanza commerciale (distanza tra le banchine delle stazioni di fine tratta) è circa 19,910 km da Orbassano Centro a Rebaudengo e 17,160 km da Anselmetti a Pescarito.

Da Orbassano Centro a Rebaudengo sono presenti lungo la linea 28 stazioni e l'interstazione media è di 774 m. Infine da Anselmetti a Pescarito, ci sono 23 stazioni lungo la linea e l'interstazione media è di 803 m.

La linea presenta un bivio a nord della stazione Cimarosa/Tabacchi, da cui partono le diramazioni verso Rebaudengo e San Mauro, che formano la caratteristica configurazione ad "Y".

La Città di Torino, in data 28/10/2020 ha stipulato specifica convenzione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che regola le modalità di erogazione del finanziamento di 828 milioni di Euro, assegnato dalla Legge Finanziaria e destinato alla progettazione definitiva della prima tratta funzionale Rebaudengo – Politecnico e alla realizzazione della sub-tratta Rebaudengo – Novara.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

La prima tratta funzionale prioritaria Rebaudengo – Politecnico ha uno sviluppo di circa 9,7 km, comprende 13 stazioni, 12 pozzi intertratta e la predisposizione per il manufatto di bivio in corrispondenza della stazione Cimarosa/Tabacchi.

Essa si colloca interamente nel territorio comunale di Torino e, procedendo da nord verso sud, si sviluppa a partire dalla stazione di corrispondenza con la stazione F.S. Rebaudengo-Fossata, prosegue lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione dove sono ubicate tre stazioni Giulio Cesare, S. Giovanni Bosco e Corelli. Da quest'ultima, il tracciato passa lungo via Bologna, al fine di servire meglio gli insediamenti dell'area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi, Bologna e Novara. Dopo la fermata Novara, il tracciato si allontana dall'asse di Via Bologna mediante una curva in direzione sud-est e si immette sotto l'asse di Corso Verona fino alla Stazione Verona ubicata in Largo Verona. Dopo la fermata Verona, sotto attraversato il fiume Dora e Corso Regina Margherita, la linea entra nel centro storico della città con le fermate Mole/Giardini Reali e Carlo Alberto, portandosi poi in corrispondenza di via Lagrange, sino ad arrivare alla stazione Porta Nuova, posta lungo via Nizza, che sarà una fermata di corrispondenza sia con la linea F.S. che con la Linea 1 della metropolitana di Torino. Dalla fermata Porta Nuova il tracciato prosegue lungo l'allineamento di via Pastrengo, per poi curvare in direzione sud per portarsi su corso Duca degli Abruzzi fino alla fermata Politecnico.

La prima tratta funzionale è quindi costituita dalle seguenti opere:

- 13 stazioni sotterranee
- 13 pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione
- 1 pozzo di ventilazione ad inizio tratta incluso nel manufatto del deposito/officina Rebaudengo
- 1 uscita di emergenza ed accesso dei soccorsi
- 2 pozzi terminali provvisori, di cui uno a fine tratta funzionale per l'estrazione della TBM, posto all'estremità del tronchino in retrostazione Politecnico e l'altro alla fine della galleria a foro cieco realizzata con metodo tradizionale.
- La galleria di linea è costituita da:
  - a. la galleria naturale a foro cieco realizzata con scavo tradizionale per una lunghezza complessiva di 570m circa, che va dal manufatto di retrostazione Rebaudengo alla Stazione Rebaudengo e da quest'ultima al pozzo terminale PT2 ubicato alla fine dello scavo a foro cieco e costituisce l'inizio della galleria artificiale;
  - b. la galleria artificiale in Cut&Cover ad uno o due livelli, per una lunghezza complessiva di circa 2.390m che collega il pozzo PT2 e le stazioni Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi, Bologna fino al manufatto in retrostazione Bologna che include anche il pozzo Novara;
  - c. la galleria naturale realizzata in scavo meccanizzato mediante una TBM (Tunnel Boring Machine) avente diametro di 10,00m, che andrà dal Pozzo Novara fino al tronchino in retrostazione Politecnico per una lunghezza complessiva di circa 5.175m;
- il manufatto in retrostazione Rebaudengo, avente la funzione di deposito-officina, per la manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio;
- la predisposizione per la realizzazione del manufatto di bivio nella diramazione nord verso San Mauro Torinese.

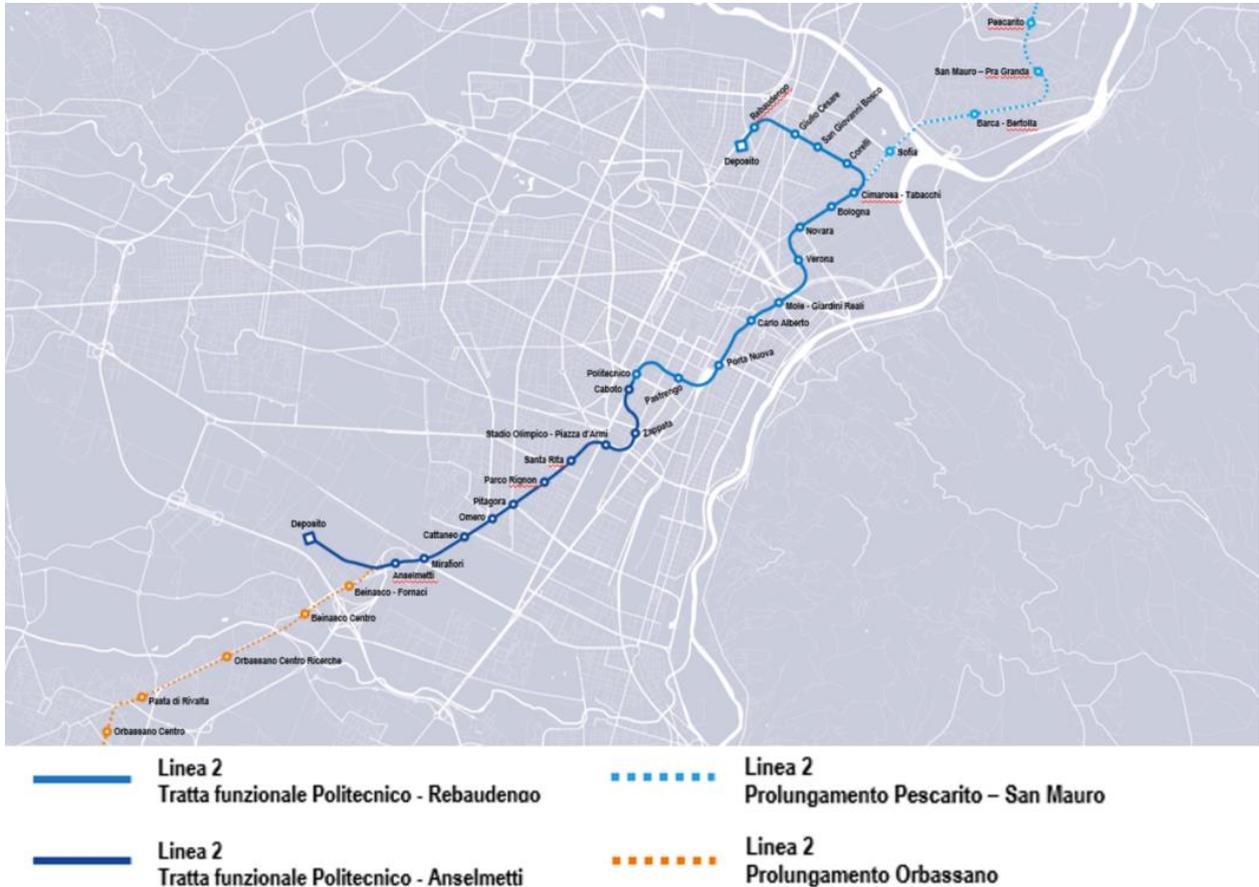


Figura 1. Corografia della Linea 2

Essendo previsto in questa fase della progettazione solo lo studio dell'interfaccia opere civili-sistema, la linea guida alla base del progetto funzionale è stata quella di stabilire una geometria delle stazioni, dei manufatti di linea e della galleria che potesse essere compatibile con tutti i principali sistemi di metropolitana presenti sul mercato.

### 1.3 Caratteristiche tipologiche e funzionali della linea

Come premesso, il progetto di fattibilità tecnica ed economica della Linea 2 della metropolitana di Torino, sviluppato nella precedente fase progettuale, ha avuto come oggetto l'intera infrastruttura sotterranea che collegherà la zona periurbana nord-orientale di Torino (San Mauro T.se) con quella sud occidentale in corrispondenza di Orbassano attraversando il centro del capoluogo piemontese con uno sviluppo complessivo pari a circa 28 km.

Nella tabella seguente sono elencate tutte le opere puntuali e le gallerie di linea suddivise in WBS (work breakdown structure) per la tratta funzionale in progetto definitivo.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

**Tabella 1. WBS di riferimento e progressive**

WBS	Descrizione	da pK	A pK
DRB	Deposito Officina Rebaudengo	15+236,86	15+589,47
PRB	Pozzo di inizio tratta incluso nel manufatto del deposito/officina Rebaudengo	-	-
GN1	Galleria di linea naturale con metodo tradizionale da DRB a SRB	14+957,25	15+236,86
SRB	Stazione Rebaudengo	14+853,85	14+957,25
GN2	Galleria di linea naturale con metodo tradizionale da SRB fino al pozzo PT2	14+561,22	14+853,85
PT2	Pozzo terminale estremità est della galleria artificiale – pozzo costruttivo per lo scavo della galleria a foro cieco dalla PK 14+560 verso SRB	14+533,80	14+561,22
GA1	Galleria di linea artificiale da PT2 a SGC	14+151,04	14+533,80
PGC	Pozzo di intertratta Giulio Cesare		14+431,34
SGC	Stazione Giulio Cesare	14+062,29	14+151,04
GA2	Galleria di linea artificiale da SGC a SSG	13+693,32	14+062,29
PSG	Pozzo di intertratta San Giovanni Bosco		13+902,27
SSG	Stazione San Giovanni Bosco	13+605,13	13+693,32
GA3	Galleria di linea artificiale da SGC a SCO	13+122,58	13+605,13
PCO	Pozzo di intertratta Corelli		13+397,59
SCO	Stazione Corelli	13+032,99	13+122,58
GA4	Galleria di linea artificiale da SCO a SCI - Manufatto di bivio nord e ramo ovest	12+398,84	13+032,99
PCI	Pozzo di intertratta Cimarosa/Tabacchi		12+672,97
SCI	Stazione Cimarosa/Tabacchi	12+268,56	12+398,84
GA5	Galleria di linea artificiale da SCI a SBO	11+956,53	12+268,56
PBO	Pozzo di intertratta Bologna		12+074,00
SBO	Stazione Bologna	11+838,94	11+956,53
GA6	Galleria di linea artificiale da SBO a PNO - Manufatto Retrostazione Bologna	11+630,34	11+838,94
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM	11+602,34	11+630,34

**CITTA' DI TORINO****Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:  
Politecnico – Rebaudengo**

Materiale Rotabile – Relazione generale

01\_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

<b>WBS</b>	<b>Descrizione</b>	<b>da pK</b>	<b>A pK</b>
GT1	Galleria di linea naturale in TBM da PNO a SNO	11+281,96	11+602,34
SNO	Stazione Novara	11+217,66	11+281,96
GT2	Galleria di linea naturale in TBM da SNO a SVR	10+561,04	11+217,66
PVR	Pozzo di intertratta Verona		10+879,70
SVR	Stazione Verona	10+487,44	10+561,04
GT3	Galleria di linea naturale in TBM da SVR a SMO	9+560,82	10+487,44
PMO	Pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali		10+034,19
EMO	Pozzo di Emergenza Mole		9+926,33
SMO	Stazione Mole/Giardini Reali	9+496,52	9+560,82
GT4	Galleria di linea naturale in TBM da SMO a SCA	8+973,57	9+496,52
PCA	Pozzo di intertratta Carlo Alberto		9+144,80
SCA	Stazione Carlo Alberto	8+899,97	8+973,57
GT5	Galleria di linea naturale in TBM da SCA a SPN	8+030,22	8+899,97
PPN	Pozzo di intertratta Porta Nuova		8+526,72
SPN	Stazione Porta Nuova - interconnessione con Linea 1	7+941,62	8+030,22
GT6	Galleria di linea naturale in TBM da SPN a SPA	7+099,44	7+941,62
PPA	Pozzo di intertratta Pastrengo		7+415,42
SPA	Stazione Pastrengo	7+035,04	7+099,44
GT7	Galleria di linea naturale in TBM da SPA a SPO	6+205,05	7+035,04
PPO	Pozzo di intertratta Politecnico		6+805,94
SPO	Stazione Politecnico	6+131,45	6+205,05
GT8	Galleria di linea naturale in TBM da SPO a P01	5+925,75	6+131,45
PCB	Pozzo di intertratta Caboto		5+993,04
PT1	Pozzo terminale del 1° Lotto funzionale nel retrostazione Politecnico	5+907,75	5+925,75

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX



**Figura 2. Keyplan della tratta Rebaudengo-Politecnico**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

## 1.4 Consultazione di mercato sul sistema e materiale rotabile

Nel Marzo 2019 l'Amministrazione comunale di Torino, nell'ambito dei servizi di ingegneria per la progettazione preliminare delle Opere Civili e dell'interfaccia Opere Civili–Sistema della linea 2 della Metropolitana di Torino, ha svolto una consultazione preliminare di mercato riguardante la parte "sistema e materiale rotabile", stante l'elevato contenuto tecnologico dello stesso e l'estraneità rispetto alle proprie competenze, regolata dal D.Lgs 18 aprile 2016 n. 50 – Sez. I – Art. 66.

La documentazione acquisita è stata utilizzata per calibrare opportunamente gli obiettivi di carattere progettuale e indirizzare con maggiore completezza conoscitiva la pianificazione e la successiva predisposizione degli elaborati progettuali da parte dell'Amministrazione.

La Città di Torino, in data 28/10/2020 ha stipulato specifica convenzione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che regola le modalità di erogazione del finanziamento di 828 milioni di Euro, assegnato dalla Legge Finanziaria e destinato alla progettazione definitiva della tratta Rebaudengo – Politecnico e alla realizzazione della sub-tratta Rebaudengo – Pozzo Novara.

Con Delibera della Giunta Comunale n. mecc. 202002495/34 in data 17 novembre 2020 è stato approvato lo schema del Contratto regolante i rapporti tra Città di Torino e Infratrasporti.To s.r.l. per l'affidamento dei servizi di ingegneria inerenti la progettazione definitiva della tratta Politecnico – Rebaudengo della linea 2 di metropolitana.

Considerato che Infratrasporti.To è la società in house del Comune di Torino che svolge in conformità all'art. 4 del D. Lgs. n. 175/2016 s.m.i. e allo Statuto Sociale, le attività di engineering, di progettazione, di costruzione e sviluppo di impianti, sistemi e infrastrutture, anche ferroviari, per i sistemi di trasporto delle persone e delle merci, con Deliberazione di Consiglio Comunale n. mecc. 202001849/34 in data 26/10/2020 l'Amministrazione ha approvato l'indirizzo di avvalersi della Società Infratrasporti.To S.r.l. per la redazione del progetto definitivo della tratta Rebaudengo – Politecnico della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

Lo sviluppo della progettazione è quindi prevista per lotti successivi sulla base della disponibilità del relativo finanziamento. Qualora in futuro si realizzino le condizioni affinché la Città di Torino possa considerare la realizzazione della progettazione di altri lotti dell'opera, l'eventuale affidamento alla medesima Società Infratrasporti.To S.r.l. sarà assoggettato alle verifiche previste dalle norme vigenti e verranno perseguiti gli indirizzi espressi dal Consiglio Comunale con la Deliberazione n. mecc. 202001849/34 in data 26/10/2020.

In virtù degli approfondimenti effettuati e coerentemente con i contenuti della Convenzione stipulata con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Città di Torino intende dare priorità allo sviluppo del progetto definitivo della tratta funzionale Rebaudengo - Politecnico, che

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

comprenda tutti gli accorgimenti tecnici per rendere esercibile la tratta in questione, ivi compreso un deposito provvisorio nella parte retrostante la stazione Rebaudengo.

La Città di Torino nell'ambito del contratto su menzionato, ha affidato ad Infra.To i servizi di ingegneria inerenti la revisione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del Progetto Definitivo della tratta funzionale Rebaudengo – Politecnico della Linea 2 di Metropolitana. In particolare, nell'affidamento è stata compresa l'attività di revisione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica approvato in linea tecnica con la Deliberazione G.C. n. mecc. 202000368/34 in data 7 febbraio 2020, finalizzata al solo adeguamento delle esigenze connesse allo stralcio progettuale della tratta funzionale prioritaria Politecnico – Rebaudengo, con indicazione delle caratteristiche tecnico-funzionali che ne rendano possibile l'esercibilità.

Al fine di rendere funzionale la tratta in oggetto, è stato necessario introdurre le seguenti opere/modifiche al progetto della linea intervenute successivamente alla prima consultazione:

- Ampliamento del manufatto Rebaudengo, modificandone la configurazione al fine di disporre di un deposito-officina, caratterizzato da un nuovo layout funzionale che permetta di eseguire gli interventi di manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio.
- La stazione Politecnico è stata approfondita di un livello, passando quindi dalla tipologia a 3 livelli ad una tipologia a 4 livelli interrati; questa modifica, derivante dall'abbassamento della livelletta nel tratto compreso tra le stazioni adiacenti a quella del Politecnico, ovvero Stazione Caboto e Stazione Pastrengo, si è resa necessaria al fine di;
  - o realizzare un tronchino in retrostazione a sud della Stazione Politecnico, avente la duplice funzione di permettere durante il servizio della linea l'inversione di marcia dei treni ed a fine servizio il parcheggio in linea di 4 vetture;
  - o mantenere la quota della livelletta presso la stazione Caboto (non di questa tratta), vincolata dallo sviluppo verso sud del tracciato;

Al fine di redigere un progetto definitivo compatibile con tutti i sistemi disponibili sul mercato e garantire il rispetto della normativa vigente, si è rilevata la necessità di un adeguato approfondimento di tale attività di studio delle interfacce sui seguenti argomenti, anche in relazione delle modifiche intervenute a valle della precedente consultazione:

- o Materiale rotabile/armamento/sistema di captazione dell'energia di trazione;
- o Sistema di segnalamento/automazione integrale;
- o Porte di banchina;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

- Sistema di telecomunicazioni (Rete a Fibra Ottica, Impianto Radio Terra Treno, Informazioni al Pubblico, Video Sorveglianza a bordo);
- Sistema SCADA;
- Posto Centrale di Controllo;
- Attrezzature e mezzi di deposito per la manutenzione del materiale rotabile e degli impianti fissi.
- Controllo del flusso di passeggeri a bordo treno (se disponibile)

Per quanto sopra premesso, l'Amministrazione ha ritenuto quindi necessario l'aggiornamento della precedente consultazione di mercato riguardante la progettazione di sistema. Tale consultazione è regolata ai sensi del D.Lgs 18 aprile 2016 n. 50 – Sez. I – Art. 66, e da essa, in ogni caso, non deriveranno vincoli di alcun tipo per l'Amministrazione stessa.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

## 2. MATERIALE ROTABILE

### 2.1 Esito Consultazione di mercato

Nell'ambito della consultazione di mercato sono stati richiesti e analizzati i seguenti indicatori tecnici al fine di valutare l'applicabilità della struttura funzionale del progetto a tutti i sistemi e rotabili disponibili:

- Capacità di trasporto del sistema
- Analisi comparative
- Tipologia di Sistema
- Tipologia di veicolo
- Parametri relativi al tracciato e circolabilità (velocità, raggio minimo di curvatura, pendenza)
- Possibili ottimizzazioni in relazione al sistema adottato (piano schematico)
- Sezione tipica di galleria
- Flotta
- Caratteristiche del veicolo
- Classificazioni ai sensi della normativa antincendio
- Prestazioni RAM
- Operatività del Sistema
- Segnalamento
- Caratteristiche alimentazione elettrica di trazione e relativa tipologia
- Sistema di comunicazione
- Sistema Scada
- Comfort e accessori treno
- Porte di banchina
- Requisiti locali tecnici di stazione
- Requisiti locali tecnici di deposito
- Requisiti aree di manutenzione
- Requisiti principali attrezzature
- Parametri tecnico-economici

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Materiale Rotabile – Relazione generale	01_MTL2T1A0DSISGENR002-0-0.DOCX

In base a quanto verificato non sono emerse significative modifiche rilevanti nel contesto progettuale funzionale generale e dimensionale della Linea; a tal proposito i contributi tecnici ricevuti saranno invece recepiti in termini generali nell'ambito della progettazione definitiva delle opere di Sistema al fine di costituire un'opera complessivamente fruibile per ogni tipologia di Sistema e Materiale Rotabile, con la specificazione relativa ai soli elementi non riservati e non secretati dai singoli proponenti.

In base a quanto precisato nei paragrafi precedenti, gli elementi progettuali definiti nell'ambito della Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica in merito al Materiale Rotabile possono essere confermati in via generale.

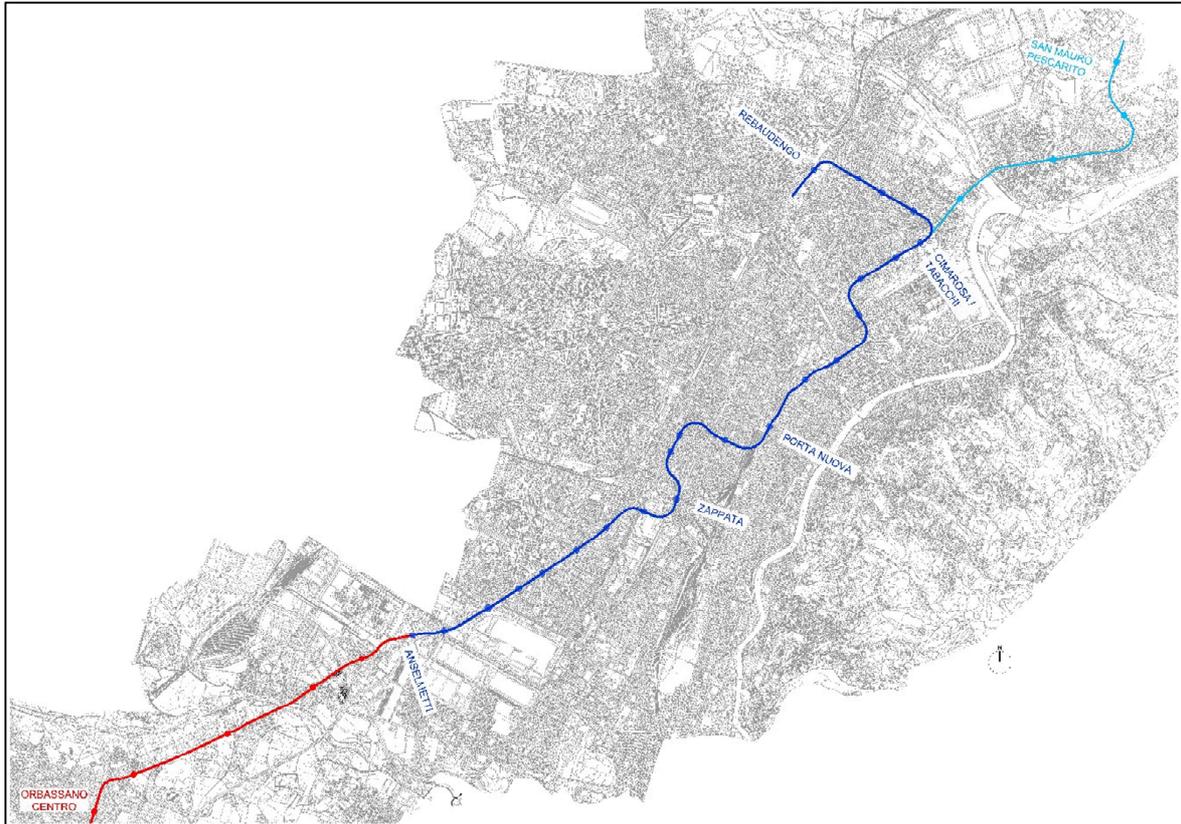
## 2.2 APPENDICE 1

A tal proposito costituisce parte integrante della presente il seguente elaborato che si allega in Appendice 1:

- **MTO2PFLGSISCOMR007-00-B: Materiale Rotabile – Relazione Tecnica**

## METROPOLITANA DI TORINO LINEA 2

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



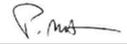
#### MATERIALE ROTABILE RELAZIONE TECNICA

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev. Esterna
MTO2	PF	LG	SIS	COM	R	007	00	B

## METROPOLITANA DI TORINO - LINEA 2

### TABELLA IDENTIFICATIVA

<b>Committente</b>	Città di Torino Direttore di Divisione Infrastrutture e Mobilità: Ing. R. Bertasio Responsabile Unico del Procedimento: Ing. G. Marengo
<b>Progetto</b>	Affidamento dei servizi di ingegneria per la Progettazione Preliminare relativa alla "Realizzazione della linea 2 della Metropolitana di Torino" e alla redazione degli Studi di Fattibilità dei suoi eventuali prolungamenti nord-est e sud-est
<b>Fase di progetto</b>	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica
<b>Tipo di documento</b>	Relazione
<b>Titolo del documento</b>	MATERIALE ROTABILE RELAZIONE TECNICA
<b>Codice di riferimento</b>	MTO2PFLGSISCOMR007-00_B.DOCX
<b>Numero di pagine</b>	46

Rev.	Descrizione	Nome		Data	Firma
A	Emissione	Redatto	R. Lucani	28/06/2019	
		Verificato	D. Canestrelli	28/06/2019	
		Approvato	G. Coletti	28/06/2019	
		Autorizzato	P. Marchetti	28/06/2019	
B	Emissione finale a seguito di verifica preventiva ai sensi del D. Lgs. 50/2016 Art.26	Redatto	R. Lucani	31/10/2019	
		Verificato	D. Canestrelli	31/10/2019	
		Approvato	G. Coletti	31/10/2019	
		Autorizzato	P. Marchetti	31/10/2019	
C		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>DEFINIZIONI</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>VETTURA O CASSA</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>VEICOLI O UNITÀ DI TRAZIONE</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>ALTA TENSIONE</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>BASSA TENSIONE</b>	<b>7</b>
<b>2.5</b>	<b>SAGOMA CINEMATICA</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>SAGOMA LIMITE</b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>SAGOMA LIMITE DELLE PARTI BASSE</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>SVILUPPO DELLA SAGOMA CINEMATICA/SVILUPPO DELLA SAGOMA LIMITE/SVILUPPO DELLA SAGOMA LIMITE DELLE PARTI BASSE</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>CARATTERISTICHE GENERALI DEL MATERIALE ROTABILE</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>CAPACITÀ DI TRASPORTO</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>CARICHI DEL MATERIALE ROTABILE</b>	<b>14</b>
<b>4.3</b>	<b>CRITERI GENERALI DI PROTEZIONE AL FUOCO DI PASSEGGERI E VEICOLO</b>	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DEI VEICOLI SU FERRO E SU GOMMA</b>	<b>16</b>
<b>6.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI COMPONENTI DEL MATERIALE ROTABILE</b>	<b>18</b>
<b>6.1</b>	<b>CASSA</b>	<b>18</b>
<b>6.2</b>	<b>ACCOPIATORI DI TESTATA</b>	<b>19</b>
<b>6.3</b>	<b>ALLESTIMENTI E ARREDI INTERNI</b>	<b>22</b>
<b>6.4</b>	<b>PORTE</b>	<b>22</b>
<b>6.5</b>	<b>EQUIPAGGIAMENTO ELETTRICO DI TRAZIONE</b>	<b>23</b>
<b>6.6</b>	<b>INTERCOMUNICANTE</b>	<b>23</b>
<b>6.7</b>	<b>IMPIANTO FRENANTE</b>	<b>25</b>
<b>6.8</b>	<b>BANCO AUSILIARIO</b>	<b>26</b>
<b>6.9</b>	<b>CARRELLI</b>	<b>27</b>
<b>6.9.1</b>	<b>CARRELLO CON RUOTE IN GOMMA SIEMENS MODELLO CITYVAL</b>	<b>28</b>
<b>6.9.2</b>	<b>CARRELLO CON RUOTE IN ACCIAIO DI TIPO FERROVIARIO</b>	<b>32</b>
<b>7.</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE E DIMENSIONALI DEI VEICOLI</b>	<b>34</b>

<b>7.1</b>	<b>ALSTOM CON RUOTE IN GOMMA</b>	<b>35</b>
<b>7.2</b>	<b>ALSTOM CON RUOTE IN ACCIAIO</b>	<b>39</b>
<b>7.3</b>	<b>SIEMENS CITYVAL O NEOVAL CON RUOTE IN GOMMA</b>	<b>41</b>
<b>7.4</b>	<b>HITACHI RAIL CON RUOTE IN ACCIAIO</b>	<b>43</b>
<b>7.5</b>	<b>BOMBARDIER CON RUOTE IN ACCIAIO</b>	<b>45</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Parametri dimensionali treni su pneumatici e ruote in acciaio	15
Figura 2.	Metro Hitachi Copenhagen	15
Figura 3.	Esempio di accoppiatore automatico	19
Figura 4.	Veicolo ALSTOM (Metropolitana di Parigi) – Vista frontale con accoppiatore automatico	20
Figura 5.	Veicolo HITACHI Rail (Metropolitana di Milano Linea 5) – Vista frontale con accoppiatore automatico	20
Figura 6.	Veicolo Neoval – Vista frontale con accoppiatore automatico	21
Figura 7.	Veicolo Neoval – Vista laterale con accoppiatore automatico	21
Figura 8.	Metropolitana North East Line - Vista dell'interno del veicolo	22
Figura 9.	Veicolo HITACHI Rail – Porte interne	23
Figura 10.	Veicolo ALSTOM - Vista laterale con intercomunicante	24
Figura 11.	Veicolo ALSTOM - Vista interna intercomunicante	24
Figura 12.	Veicolo HITACHI Rail - Vista interna intercomunicante	25
Figura 13.	Banco di soccorso aperto	27
Figura 14.	Banco di manovra chiuso (Metro Torino, VAL 208)	27
Figura 15.	Sospensione secondaria HITACHI Rail	28
Figura 16.	Veicolo SIEMENS Cityval – Vista complessiva telaio carrello	28
Figura 17.	Veicolo SIEMENS Cityval – Carrello	29
Figura 18.	Veicolo SIEMENS Cityval – Architettura del carrello	29
Figura 19.	Veicolo SIEMENS Cityval – Asse di direzione e mozzo ruota con disco freno ventilato	30
Figura 20.	Veicolo SIEMENS Cityval – Asse di direzione e motore elettrico	30
Figura 21.	Veicolo SIEMENS Cityval – Ruota	30
Figura 22.	Veicolo SIEMENS Cityval – Pneumatico	31
Figura 23.	Veicolo SIEMENS Cityval – Principio di guida attiva	31
Figura 24.	Veicolo SIEMENS Cityval – Sistema di guida	31
Figura 25.	Assile motore HITACHI Rail	32
Figura 26.	Carrello motore di tipo ferroviario ALSTOM	32
Figura 27.	Carrello portante di tipo ferroviario ALSTOM	33
Figura 28.	Esempio carrello motore di tipo ferroviario HITACHI Rail	33
Figura 29.	Esempio carrello portante di tipo ferroviario HITACHI Rail	34
Figura 30.	Figurino veicolo Losanna	36
Figura 31.	Veicolo metropolitana Lione	36
Figura 32.	Metropolitana di Lione linea D	37
Figura 33.	Veicolo Metropolitana di Parigi in stazione (linea 14)	37
Figura 34.	Vista esterna veicoli Metropolitana di Parigi (Linea 14)	38
Figura 35.	Veicolo Metropolitana di Parigi in stazione (linea 14)	38
Figura 36.	Vista esterna veicolo Metropolitana di Lima	40
Figura 37.	Vista esterna veicolo NEOVAL	42
Figura 38.	Vista esterne veicolo NEOVAL	42
Figura 39.	Vista esterna veicolo Metropolitana di Milano Linea 4	44
Figura 40.	Vista esterna veicolo Rapid KL – Kelana Jaya Line	46

---

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Caratteristiche dimensionali dei veicoli	13
Tabella 2.	Dimensioni e pesi per asse	14
Tabella 3.	Caratteristiche tecniche e dimensionali veicolo - Veicolo Metropolitana Losanna con ruote in gomma	35
Tabella 4.	Caratteristiche tecniche e dimensionali veicolo - Veicolo ALSTOM con ruote in acciaio	39
Tabella 5.	Caratteristiche tecniche e dimensionali veicolo - Veicolo SIEMENS NeoVAL	41
Tabella 6.	Caratteristiche tecniche e dimensionali - Veicolo HITACHI a 4 casse con ruote in acciaio	43
Tabella 7.	Caratteristiche tecniche e dimensionali - Veicolo Bombardier a 4 casse con ruote in acciaio	45

## 1. PREMESSA

La presente relazione esamina gli aspetti progettuali e di interfaccia connessi con il materiale rotabile, tenendo conto del fatto che il progetto non può proporre una tipologia di treni ben definita, essendo il "sistema" allo stato attuale non identificato. Pertanto, analogamente a tutte le altre discipline l'approccio progettuale è stato di tipo prestazionale-funzionale, aperto a tutte soluzioni tecnologiche offerte dal mercato. A tal fine, la relazione evidenzia le caratteristiche dei principali veicoli attualmente in circolazione, con lo scopo di offrire una panoramica dei sistemi adottati o adottabili.

È bene ricordare infatti che il materiale rotabile per una metropolitana, al contrario di altri sistemi di trasporto, rappresenta l'elemento intorno a cui si costruisce l'intero complesso del sistema.

Una volta individuata la tipologia di treno da adottare, gli impianti di sistema vengono configurati in relazione alle caratteristiche tecniche del treno medesimo; anche le caratteristiche geometriche delle gallerie e delle stazioni, con relative banchine, sono individuate in relazione alle dimensioni del treno.

L'unico dato tenuto in considerazione nella redazione di questa relazione è il valore della domanda di trasporto di dimensionamento che è di 16.000 pphpd.

## 2. DEFINIZIONI

### 2.1 Vettura o cassa

Una vettura o cassa consiste in due carrelli accoppiati ad una struttura portante costituita da elementi di carpenteria metallica ottenuta per laminazione, profilatura o estrusione uniti fra di loro mediante saldatura.

### 2.2 Veicoli o unità di trazione

È una unità utilizzabile in esercizio formata da casse o vetture accoppiate in modo permanente. La loro separazione può avvenire solo in officina.

### 2.3 Alta tensione

Indica la tensione nominale di alimentazione del veicolo (750 Vcc o 1500 Vcc).

### 2.4 Bassa tensione

Indica la tensione di rete che alimenta i diversi equipaggiamenti del treno a partire da un convertitore accoppiato a una batteria. La tensione nominale deve essere a 24 Vcc.

### 2.5 Sagoma cinematica

"Profilo ottenuto ampliando la sagoma statica per tenere conto dei massimi spostamenti possibili del rotabile, in condizione normale, fermo o in movimento, rispetto al binario (rettilineo e orizzontale). Deve tenere conto delle caratteristiche delle sospensioni e delle tolleranze di esercizio del rotabile, compresi i limiti di consumo. Per il rollo del rotabile si considerano le condizioni normali di marcia,

ovvero quelle in cui il rotabile viene a trovarsi per effetto delle normali azioni dinamiche. Gli effetti della curvatura del binario non sono compresi nella sagoma cinematica.” (definizione tratta dalla UNI 7360).

## 2.1 Sagoma limite

“Profilo come la sagoma cinematica, salvo che per il rollio del rotabile deve essere considerata la condizione limite, ovvero la condizione in cui il rotabile verrebbe a trovarsi se tutti gli organi che possono subire spostamenti fossero contemporaneamente in posizione di fine corsa all’estremo opposto sui due lati del rotabile, senza però rottura di nessuno di essi (tamponamento contrapposto delle sospensioni).” (definizione tratta dalla UNI 7360).

## 2.2 Sagoma limite delle parti basse

“Sagoma limite delle parti del rotabile che interessano gli ostacoli fissi di altezza minore di quella delle banchine di stazione. Secondo le situazioni, le parti basse più ingombranti possono appartenere alla cassa o ai carrelli.” (definizione tratta dalla UNI 7360).

## 2.3 Sviluppo della sagoma cinematica/sviluppo della sagoma limite/sviluppo della sagoma limite delle parti basse

“Profilo ottenuto ampliando rispettivamente la sagoma cinematica, o la sagoma limite, o la sagoma limite delle parti basse, per tenere conto anche delle tolleranze di esercizio del binario e degli scostamenti del rotabile dovuti all’iscrizione in curva.” (definizione tratta dalla UNI 7360).

## 3. NORME DI RIFERIMENTO

Vengono qui di seguito riportate le principali norme che riguardano il materiale rotabile:

- UNI 11378 – Materiale rotabile per metropolitane – Caratteristiche generali e prestazioni.
- UNI 8379:2000 – Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) – Termini e definizioni.
- UNI 11168-1:2006 – Accessibilità delle persone ai sistemi di trasporto rapido di massa – Parte prima: criteri progettuali per le metropolitane.
- UNI 10257:1993 – Gestione automatica dei sistemi di trasporto di tipo metropolitano – Requisiti essenziali relativi alla guida automatica senza macchinista a bordo.
- UNI 11289 – Metropolitane – Gestione automatica dei sistemi di trasporto rapido di massa senza macchinista a bordo – Recupero dei viaggiatori dei rotabili immobilizzati in linea.
- UNI EN 12299 - Railway applications – Ride comfort for passengers – Measurement and evaluation.
- UNI EN 14363:2005 – Applicazioni ferroviarie – Prove per l’accettazione delle caratteristiche di marcia dei veicoli ferroviari – Prove di comportamento dinamico e statico.
- UNI 9855-1 – Guida automatica di treni per metropolitana – Prescrizioni relative alla guida automatica in linea.
- UNI EN 14750-1:2006 – Applicazioni ferroviarie – Aria condizionata per il materiale rotabile urbano e suburbano – Parte 1: Parametri di comfort.

- UNI EN 14752-1:2015 – Applicazioni ferroviarie – Sistemi di ingresso laterale per il materiale rotabile.
- UNI CEI EN 45545-6 - Applicazioni ferroviarie – Protezione al fuoco per i rotabili ferroviari – Parte 6: Sistemi di gestione e di controllo degli incendi.
- UNI EN 13452-1:2003 - Applicazioni ferroviarie - Freno - Sistemi di frenatura per il trasporto metropolitano - Requisiti di prestazione.
- UNI EN 12663:2014 – Applicazioni ferroviarie – Requisiti strutturali delle casse dei veicoli ferroviari.
- UNI EN 1634-1:2018 - Fire resistance and smoke control tests for door and shutter assemblies, openable windows and elements of building hardware - Part 1: Fire resistance test for door and shutter assemblies and openable windows.
- UNI 7508 - Metropolitane. Banchine di stazione.
- UNI EN 13272 - Railway applications - Electrical lighting for rolling stock in public transport systems.
- UNI EN ISO 3381 - Applicazioni ferroviarie - Acustica - Misurazione del rumore all'interno di veicoli su rotaia.
- UNI EN ISO 3095 - Applicazioni ferroviarie - Acustica - Misurazione del rumore emesso dai veicoli su rotaia.
- UNI EN 13981 – 3 Alluminio e leghe di alluminio - Prodotti per applicazioni ferroviarie strutturali - Condizioni tecniche di collaudo e fornitura - Parte 3: Getti.
- EN 15227 - Applicazioni ferroviarie - Requisiti di sicurezza passiva contro la collisione per le casse dei veicoli ferroviari.
- UNI EN 13103 - Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Assi portanti - Metodo per la progettazione
- UNI EN 13104 - Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Assi motori - Metodo per la progettazione.
- UNI EN 13749 Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Metodo per specificare i requisiti strutturali dei telai per carrelli.
- CEI 9-14 - Third and fourth rail contact lines for underground systems.
- CEI 9-21 - Caratteristiche e prove dei sistemi di frenatura elettrodinamici ed elettromagnetici.
- ORE B 55/RP 8 - Conditions for negotiating track twists - Recommended values for the track twist and cant - Calculation and measurement of the relevant vehicle parameters - Vehicle testing (final report).
- CEI EN 45545 – Applicazioni ferroviarie – Protezione al fuoco per i rotabili ferroviari.
- CEI EN 50121 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane — Compatibilità elettromagnetica.
- CEI EN 50122-1 - Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock.
- CEI EN 50124-1 Applicazioni ferroviarie, filo tranviarie, metropolitane – Coordinamento degli isolamenti – Parte 1: Requisiti base – Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronica.

- CEI EN 50206-2 - Railway applications - Rolling stock - Pantographs: Characteristics and tests -- Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles.
- CEI EN 50215 - Railway applications - Rolling stock - Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service.
- CEI EN 50125 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Condizioni ambientali per gli equipaggiamenti.
- CEI EN 50126-1 - Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Generic RAMS Process.
- CEI EN 50129 - Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signaling.
- CEI EN 50153 - Railway applications - Rolling stock - Protective provisions relating to electrical hazards.
- CEI EN 50155 - Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment.
- CEI EN 50207 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane - Convertitori elettronici di potenza per materiale rotabile.
- CEI EN 50261 - Railway applications - Mounting of electronic equipment.
- CEI EN 60077 (serie) - Railway applications - Electric equipment for rolling stock.
- CEI EN 60310 - Railway applications - Traction transformers and inductors on board rolling stock.
- CEI EN 60322 - Railway applications - Electric equipment for rolling stock - Rules for power resistors of open construction.
- CEI EN 60349 (serie) - Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicle.
- CEI EN 61373 - Railway applications - Rolling stock equipment - Shock and vibration tests.
- CEI EN 61881 - Railway applications - Rolling stock equipment - Capacitors for power electronics Part 1: Paper/plastic film capacitors.

## 4. CARATTERISTICHE GENERALI DEL MATERIALE ROTABILE

La metropolitana automatica da esercire in modalità UTO (Unattended Train Operation) prevede treni senza conducente a bordo, con personale limitato ad agenti itineranti che svolgeranno principalmente le funzioni di assistenza al pubblico, controllo titoli di viaggio, sorveglianza e dissuasione da atti vandalici.

Come spiegato nel dettaglio nella relazione sul Sistema di Segnalamento e Automazione, saranno previste l'adozione di porte scorrevoli, "di banchina". Il treno si arresta, in posizione prestabilita, in modo che le porte del convoglio siano posizionate di fronte a quelle fisse di banchina e si aprano in corrispondenza di esse.

Le porte di banchina sono inserite in una struttura vetrata che "avvolge" il treno in stazione, costituendo una separazione tra il volume strettamente necessario per il transito del treno in stazione e quello delle banchine. Questo comporta una migliore gestione della ventilazione di normale esercizio e, in maggior misura, della ventilazione in emergenza incendio.

Alle estremità della banchina di stazione dovranno essere poste porte di accesso alla linea. Tutte le porte, sia automatiche che di emergenza, dovranno essere monitorate in continua dal PCC.

Di seguito sono indicate le caratteristiche generali a cui devono rispondere i veicoli da utilizzare nella linea 2 della metropolitana di Torino:

- Il veicolo, come detto, deve essere a guida automatica senza conducente, bidirezionale, dotato di banco di manovra ausiliario per la condotta manuale con velocità ridotta idoneo sia per gli spostamenti in deposito sia per il soccorso.
- Il veicolo deve essere di tipo articolato, formato da casse permanentemente accoppiate, in modo da costituire un'unica unità di trazione.
- La struttura della cassa deve preferibilmente essere in lega leggera con l'utilizzo della tecnica dei grandi estrusi.
- L'interno deve costituire un ambiente unico per tutta la lunghezza del veicolo. La zona degli intercomunicanti deve essere progettata in modo da garantire la continuità visiva del comparto passeggeri, così da non creare gradini od ostacoli. L'intercomunicante dovrà essere costituito da un doppio mantice.
- Il veicolo può essere alimentato da terza rotaia o da linea aerea di contatto.
- Per contenere la lunghezza complessiva massima delle banchine, valutata in 60 metri, è preferibile una scelta progettuale che valuti l'utilizzo di carrelli di tipo articolato, sia portanti che motori.
- Il veicolo deve essere dotato di assorbitori di urto dimensionati per una velocità di 25 km/h.
- Tutte le apparecchiature devono essere preferibilmente disposte nel sotto cassa; solo alcune apparecchiature quali HVAC, reostati, cassette di passaggio cavi potranno essere installate sul tetto.
- Il veicolo deve essere dotato di una frenatura elettrodinamica dalla velocità massima alla velocità di 15 km/h.
- La frenatura elettrodinamica sarà a recupero d'energia in linea, al fine del contenimento dei costi di esercizio.
- L'impianto luci di emergenza dovrà essere progettato per una autonomia di 90 minuti.
- Il veicolo dovrà essere progettato, per quanto riguarda sia la temperatura che l'umidità, per un utilizzo secondo la norma EN 50125-1 classe T3.
- Il veicolo dovrà essere progettato per ridurre al massimo le interferenze elettromagnetiche, tenendo conto, nel disegno delle apparecchiature, della posizione degli elementi con importanti caratteristiche di emissione elettromagnetica.
- Il progetto del convoglio dovrà essere conforme alla normativa EN 50500 per i campi magnetici e d'elettromagnetici in riferimento all'esposizione umana.
- Il veicolo deve essere progettato con un sistema di rilevamento ostacoli che arresti il convoglio in modo automatico; le dimensioni dell'ostacolo da rilevare dipendono dalla sagoma limite delle parti basse del rotabile.
- Il sistema di rilevamento ostacoli dovrà essere dotato di contatti di rilevamento ridondati, in modo che l'intervento della frenatura di emergenza venga confermato dal secondo contatto.
- La gestione della marcia avviene per mezzo del sistema ATC (Controllo Automatico Treni) che si articola in tre sottosistemi, che si riferiscono rispettivamente alla protezione automatica dei treni

(ATP), alla guida automatica (ATO) ed alla supervisione (ATS). La comunicazione deve essere di tipo bidirezionale tra terra e treno con i processori posizionati a bordo treno e a terra.

#### 4.1 Capacità di trasporto

Per definire la capacità obiettivo di 400 passeggeri per veicolo sono stati considerati i seguenti parametri:

- **Rapporto di comfort:** è il rapporto tra i passeggeri seduti e la quantità totale di passeggeri. I carichi massimi sopportati dagli pneumatici in gomma sono limitati per costruzione e sono molto inferiori rispetto a quelli delle ruote in acciaio. Questa limitazione ha una conseguenza sul rapporto di comfort, che è generalmente limitato al 20% perché al di sotto di questo valore, il carico utile aumenta troppo e il limite degli pneumatici viene superato.
- **Rapporto area utile:** è il rapporto tra l'area utile interna per i passeggeri seduti e in piedi e la superficie esterna del veicolo data dalla lunghezza e dalla larghezza, che varia a causa dell'area dedicata a vani tecnici, pilastri delle porte, corridoio di passaggio e di ogni altra area che non può essere occupata dai passeggeri. In generale, questo valore è compreso tra il 77% e l'85%, quindi il rapporto utilizzato nel calcolo sarà dell'82%.
- **Carico normale dei passeggeri:** per il calcolo il carico considerato è di 4 passeggeri/m<sup>2</sup> per l'area occupata da persone in piedi.
- **Superficie del sedile:** ogni sedile ha una larghezza di 0,5 m, una lunghezza di 0,5 m e lo spazio riservato a gambe e piedi di 0,3 m, quindi la superficie occupata dal sedile sarà di 0,4 m<sup>2</sup>.

Nella tabella 1 si confrontano le capacità di trasporto di varie tipologie di veicoli utilizzando, quale valore imperativo, il dato di progetto ipotizzato di 16.000 pphpd; **Error! Reference source not found.** si riportano, quindi, le schede tecniche relative a quattro esempi di materiale rotabile di diversi produttori con il numero minimo di vetture per avere 400 passeggeri per veicolo e una lunghezza massima di 60 m.

Tabella 1. **Caratteristiche dimensionali dei veicoli**

TIPO	HITACHI Milano L4 (4 casse)	ALSTOM Losanna (4 casse)	BOMBARDIER (INNOVIA Metro 300 System) Ipotesi 3 casse	SIEMENS Cityval Ipotesi 5 casse
Tipologia	Ferro	Gomma	Ferro	Gomma
Posti per diversamente abili	2	2	2	2
Passeggeri seduti per cassa	21	30	33	24
Passeggeri per cassa (4 p/m <sup>2</sup> )	105	105	127	88

Passeggeri totali (4 p/m <sup>2</sup> )	420	420	381	440
Percentuale passeggeri seduti/ passeggeri totali (4 p/m <sup>2</sup> )	20,0 %	28,5 %	26,0%	27,2
Larghezza (m)	2,65	2,45	2,65	2,80
Lunghezza (m)	51	61	51	56

Dal sistema prescelto dipenderanno, come già detto, la geometria e la consistenza finale delle opere civili con particolare riguardo a:

- lunghezza delle banchine di stazione;
- dimensione trasversale della sezione di galleria di linea e di stazione;
- superficie necessaria in stazione per i locali tecnici degli impianti di sistema;
- dimensioni dell'area necessaria per il deposito, in relazione a quelle degli impianti che esso deve contenere.

## 4.2 Carichi del materiale rotabile

La seguente tabella mostra i parametri dimensionali e di carico della figura 1 per ciascun tipo di veicolo:

Tabella 2. Dimensioni e pesi per asse

VEICOLO	N° ASSI	L (m)	P (m)	M (m)	N (m)	W (m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Siemens Neoval	2	11,2	8,6	1,3	1,3	-	44	17	123
Alstom Lausanne	4	15,3	9,6	2,8	2,8	2	34	13	97
Hitachi Copenaghen (differisce da Milano M4 per il numero di casse)	3 (casse di testa)	13	10,7	1,0	3,6	2	30	17	119
	2 (casse intermedie)	10,7	10,7	1,0	1,0	2	37	20	140
Bombardier Innovia 300	4	16,8	11,4	2,2	3,2	2	18	10	70

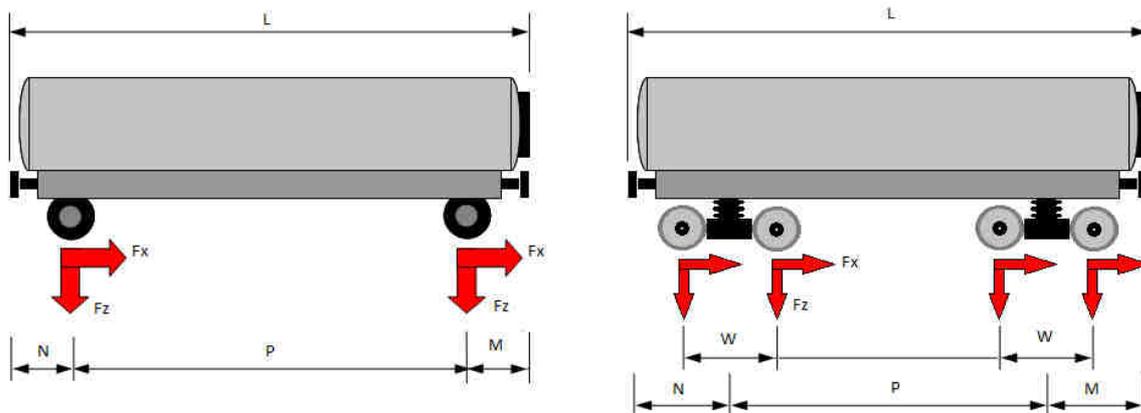


Figura 1. Parametri dimensionali treni su pneumatici e ruote in acciaio

La Tabella 2 si basa sulle seguenti ipotesi:

- la capacità del veicolo è di 6 passeggeri/m<sup>2</sup> nelle condizioni di pieno carico;
- Fz: è il carico statico verticale per asse;
- Fy: è il carico trasversale massimo per asse considerando un'accelerazione di 1,36 m / s<sup>2</sup>;
- Fx: è il carico longitudinale massimo per asse durante la frenatura di emergenza e il coefficiente di aderenza di 3,5 per pneumatici in gomma e 2,5 per ruota in acciaio, secondo quanto previsto nella UNI 11378 para 5.3.1;
- il peso del passeggero è 70 kg come definito dalla norma UNI 11378 EN 13452-1;
- se il riferimento (W) non è definito, il carrello è dotato di un asse (due ruote). Altrimenti ogni carrello è dotato di due assi (quattro ruote);
- i veicoli Hitachi Copenhagen sono dotati di 3 assi sulle casse di testa e 2 assi su quelle intermedie come mostrato nella figura seguente.

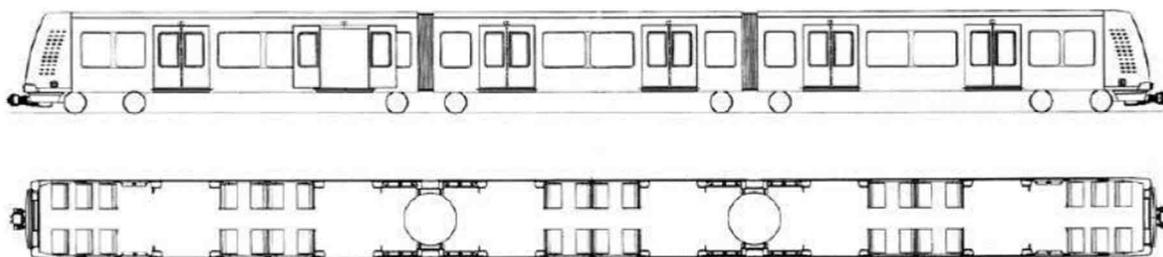


Figura 2. Metro Hitachi Copenhagen

### 4.3 Criteri generali di protezione al fuoco di passeggeri e veicolo

Nel rispetto del D.M. 21/10/2015 e della norma europea EN 45545 è possibile individuare la classificazione del veicolo in accordo ai criteri di "operation category" e di "design category".

- Operation category 2: "veicoli in servizio in sezioni sotterranee, gallerie e/o strutture in elevazione (viadotti), con vie di evacuazione laterali disponibili, dove ci sono le stazioni o le stazioni di

soccorso, che offrono un luogo di sicurezza per i passeggeri raggiungibile in breve tempo di percorrenza";

- Design category A: "veicoli facenti parte di un treno automatico senza personale addestrato a bordo in caso di emergenza".

Quindi il veicolo è classificato 2 – A e dovrà essere progettato in base a tale classificazione per quanto riguarda la prevenzione contro il rischio di incendio e, in particolare, le caratteristiche di barriere al fuoco, pavimento e attraversamenti dal sottocassa.

Nella progettazione del rotabile dovranno essere osservate le misure per ritardare o limitare gli effetti della propagazione dell'incendio a bordo del veicolo, in modo da consentire il raggiungimento di un posto sicuro per l'evacuazione dei passeggeri e del personale di servizio.

In particolare, è prevista a bordo del treno la presenza dei sistemi di rilevazione di fumo e di estinzione automatica.

## 5. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DEI VEICOLI SU FERRO E SU GOMMA

Il materiale rotabile metropolitano nasce come una derivazione, in sotterraneo, delle linee ferroviarie di superficie, per cui il sistema di trasporto prevedeva essenzialmente vie di corsa su rotaie con treni dotati di ruote in acciaio.

Negli anni sessanta - settanta si sviluppò, soprattutto in Francia, il progetto per la costruzione di veicoli con ruote in gomma, a cui veniva attribuito un migliore confort di marcia ed una minore rumorosità.

In seguito questa tipologia di veicoli è stata utilizzata quando era necessario realizzare linee con elevate pendenze non superabili con carrelli di tipo ferroviario.

Gli pneumatici di cui sono dotati i treni corrono su piste di calcestruzzo (come nella metropolitana di Montréal, di Lilla, di Tolosa e di Santiago), acciaio strutturale (come nella metropolitana di Parigi e di Città del Messico, e ovviamente Torino linea 1).

I veicoli delle metropolitane su gomma sono dotati di altre ruote più piccole, che scorrono su supporti verticali laterali lisci (uno per lato), rendendo impossibile lo scavalco e permettendo di mantenere la traiettoria costante come una classica metropolitana che scorre sulle rotaie.

Sulla base di tali principi furono realizzate le nuove linee della metropolitana di Parigi e venne concepito il progetto di metropolitana automatica "VAL", applicato per la prima volta in modo esteso nell'impianto di Lille e realizzato nella sua "variante" 208 a Torino.

Particolarità dei convogli che percorrono alcune delle linee parigine è il carrello, composto, oltre che dalle ruote tradizionali di acciaio, anche di pneumatici verticali coassiali alle ruote che premono su apposite piastre in acciaio rigato o cemento poste ai lati del binario, e di pneumatici orizzontali di guida del carrello, che premono sulla terza rotaia, e su una quarta rotaia, simmetricamente disposta. In questo modo la trazione su gomma conferisce maggiore accelerazione ai convogli e la guida tramite gli pneumatici orizzontali diminuisce la rumorosità.

Il sistema su gomma della metropolitana di Parigi mantiene peraltro anche il binario in ferro, accanto al quale sono installate le piastre su cui rotolano i pneumatici. Anche il carrello è di tipo ferroviario, a cui sono state aggiunte, di lato, le ruote in gomma. Il sistema è così strutturato per ragioni di compatibilità e di sicurezza: se uno pneumatico si affloscia, la ruota ferroviaria d'acciaio con bordino si appoggia sulla rotaia e il mezzo può continuare la marcia. La rotaia metallica funge anche da conduttore per il ritorno della corrente e la vettura è frenata dai classici ceppi che premono sulla ruota ferroviaria. Il sistema si presenta piuttosto complicato e, non togliendo nulla al peso e all'ingombro di un sistema tradizionale, cui si sovrappone, aggiungendo la parte gommata.

Analizzando nel dettaglio gli svantaggi ed i vantaggi delle due tipologie di veicoli si può dire, in estrema sintesi, quanto segue.

**Veicoli su ruote in acciaio:**

- minor valore di aderenza ruota/rotaia;
- maggiore emissione di rumori e vibrazioni, che rende necessario l'utilizzo di elastomeri per il loro abbattimento;
- posa e manutenzione dell'infrastruttura più semplici.

**Veicoli con ruote in gomma:**

- migliore valore di aderenza che si traduce in migliori prestazioni di accelerazione e frenatura e velocità commerciale superiore, con possibilità di limitare il numero di assi motori sui convogli;
- possibilità di affrontare maggiori pendenze;
- minore emissione di rumori e vibrazioni;
- maggiori costi per la realizzazione e la manutenzione dell'infrastruttura, causati dal consumo e dai residui degli pneumatici;
- aumento della presenza del PM 10 causato dalle particelle distaccate dallo pneumatico.

In ogni caso i principali vantaggi dei sistemi su gomma sono inerenti alle caratteristiche geometriche della linea. Il sistema è altamente raccomandato nei casi in cui le distanze tra le stazioni sono brevi, i raggi delle curve sono stretti ed è necessaria una elevata pendenza a causa di vincoli di tracciato o di transizione tunnel-viadotto.

Viceversa, quando la linea è progettata per adattarsi ad uno qualsiasi dei due sistemi, occorre condurre un'accurata analisi comparativa, che si basi sull'approfondimento dei diversi aspetti di cui tener conto, quali la dinamica di marcia, i consumi energetici, gli impatti su infrastruttura e ambiente, i costi di manutenzione.

## **6. DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI COMPONENTI DEL MATERIALE ROTABILE**

Di seguito vengono analizzati i principali componenti che costituiscono una Unità di Trazione.

### **6.1 Cassa**

Il veicolo dovrà essere progettato secondo la norma UNI EN 12663.

La struttura delle casse delle diverse tipologie di veicoli considerate, sia con ruote in gomma che con ruote in acciaio, può essere realizzata in lega leggera con la tecnica dei grandi estrusi o in acciaio ad alta resistenza, ma non presenta differenze se non costruttive e di peso per asse complessivo.

La differenza tra l'utilizzo dei due materiali è che, con l'utilizzo della lega leggera, si ottiene una struttura totalmente resistente alla corrosione con requisiti di scarsa manutenzione; viene quindi realizzata una struttura che presenta un buon compromesso fra resistenza e leggerezza.

Il veicolo dovrà essere progettato a crash nel rispetto della norma UNI EN 15227 categoria CII, quindi con collisione frontale simmetrica ad una velocità relativa di 25 km/h tra due treni identici con asimmetria massima tra i due convogli di 40 mm.

## 6.2 Accoppiatori di testata

Le testate estreme dei veicoli sono equipaggiate con accoppiatori automatici, completi di contatti elettrici e di connessioni pneumatiche, da utilizzare per il recupero di veicoli fermi in linea.

Gli accoppiatori automatici consentono l'accoppiamento e il disaccoppiamento tra due veicoli in modo automatico senza la presenza di operatori tra le testate; quindi il solo personale necessario è quello per la manovra dei veicoli.

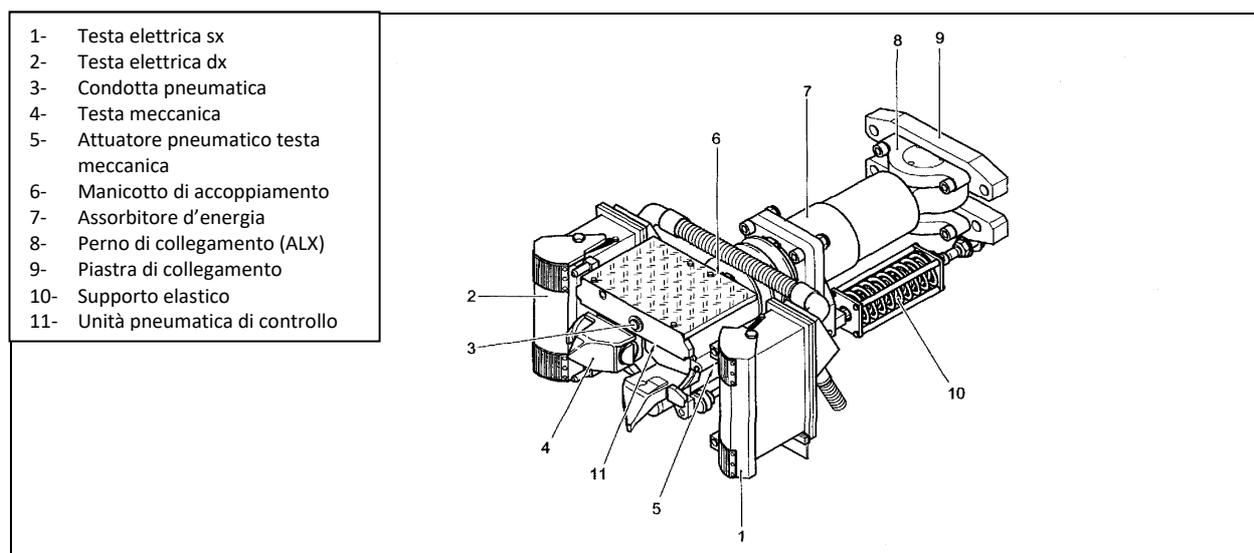


Figura 3. Esempio di accoppiatore automatico



Figura 4. Veicolo ALSTOM (Metropolitana di Parigi) – Vista frontale con accoppiatore automatico

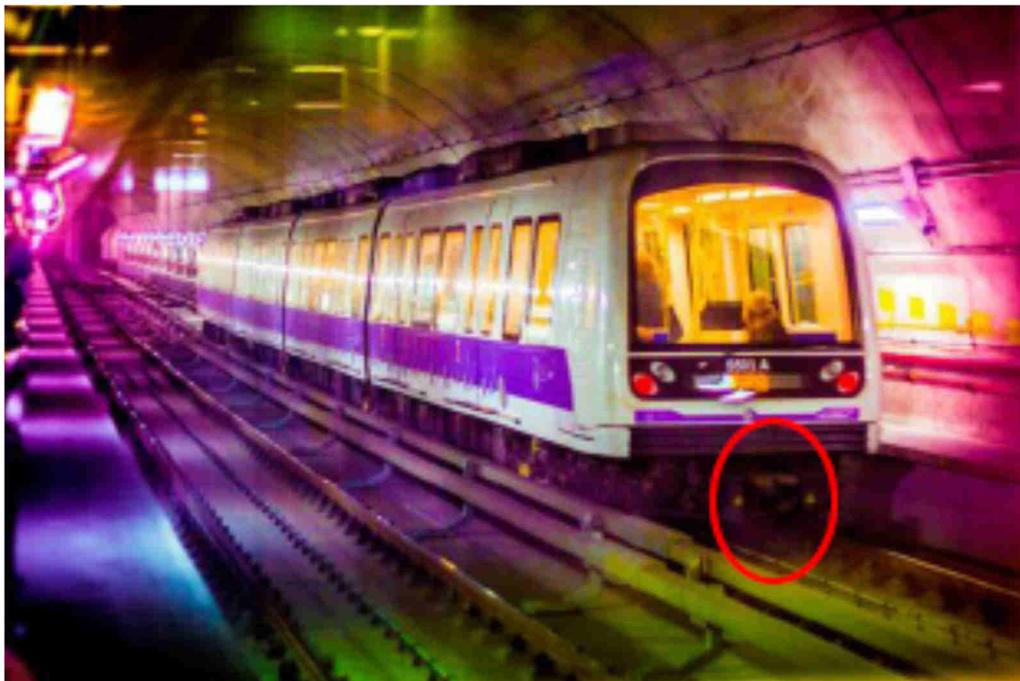


Figura 5. Veicolo HITACHI Rail (Metropolitana di Milano Linea 5) – Vista frontale con accoppiatore automatico



Figura 6. Veicolo Neoval – Vista frontale con accoppiatore automatico



Figura 7. Veicolo Neoval – Vista laterale con accoppiatore automatico

### 6.3 Allestimenti e arredi interni

Gli allestimenti e gli arredi interni devono rispettare le norme in vigore per la lotta al fuoco.

La superficie dei sedili lo spazio per i piedi dei passeggeri seduti vengono calcolati secondo quanto detto al capitolo 4.1, nel rispetto della norma EN 15663.



Figura 8. Metropolitana North East Line - Vista dell'interno del veicolo

### 6.4 Porte

Le porte devono rispettare la norma di sicurezza europea EN 14752. In genere esse sono a comando elettrico ad espulsione e traslazione.

Il numero di porte presenti sul veicolo dipende dalla lunghezza del veicolo, tenendo anche conto dei requisiti di sicurezza richiesti dal calcolo della resistenza della cassa e dal calcolo della distanza delle vie di fuga. Il numero delle porte è anche legato alla necessità di consentire una rapida salita/discesa dei viaggiatori e di ridurre, in tale modo, i tempi di fermata alle stazioni, ed alla scelta del gestore riguardante il numero di posti a sedere ritenuti necessari per la qualità del servizio.

I vetri delle porte devono essere di sicurezza del tipo temprato monostrato.

Tutte le ante devono essere dotate di guarnizioni di sicurezza, per impedire l'eventuale schiacciamento delle dita, e di bordo sensibile per proteggere il passeggero, rilevando un qualsiasi ostacolo durante la movimentazione in apertura/chiusura.

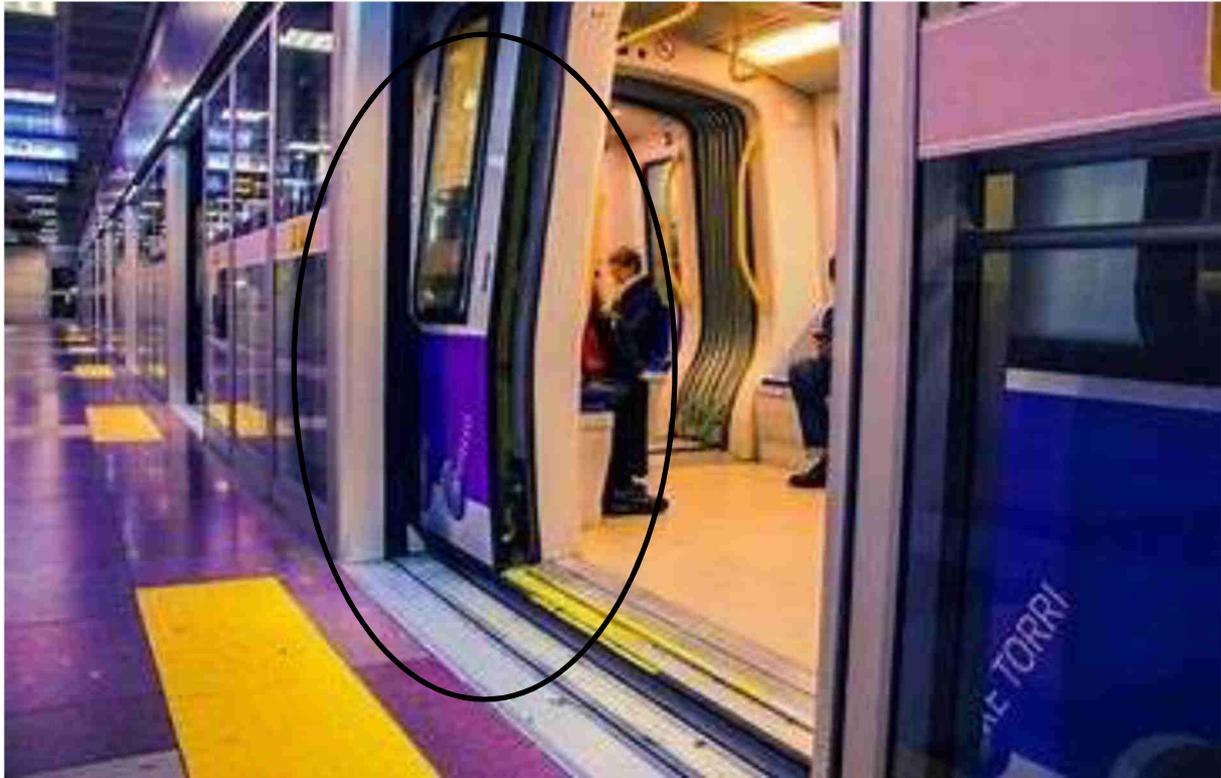


Figura 9. Veicolo HITACHI Rail – Porte interne

## 6.5 Equipaggiamento elettrico di trazione

Le tensioni di alimentazione possono essere 1500 Vcc o 750 Vcc con possibilità di alimentazione tramite pantografo, utilizzando la catenaria realizzata con linea di contatto preferibilmente di tipo rigido, o tramite pattini applicati sui carrelli, utilizzando la terza rotaia.

## 6.6 Intercomunicante

Gli intercomunicanti devono essere progettati in modo da favorire la mobilità dei passeggeri all'interno del veicolo e da garantire, aumentando anche la sensazione di sicurezza, la continuità visiva del comparto passeggeri, in modo da non creare gradini o ostacoli. L'intercomunicante deve essere costituito da un doppio mantice.

La passerella di collegamento, realizzata con lamiera in acciaio bugnata antiscivolo, deve essere in grado di seguire i movimenti delle casse.



Figura 10. Veicolo ALSTOM - Vista laterale con intercomunicante



Figura 11. Veicolo ALSTOM - Vista interna intercomunicante



Figura 12. Veicolo HITACHI Rail - Vista interna intercomunicante

## 6.7 Impianto frenante

Il sistema di frenatura è definito nella norma europea di riferimento EN 13452.

Gli impianti sono di tipo elettroidraulico con centraline installate, in genere, direttamente sui carrelli.

Viene utilizzata la frenatura elettroidraulica, anziché la frenatura elettropneumatica, perché i sistemi sono meno ingombranti, meno pesanti e con un tempo di intervento inferiore, permettendo nello stesso tempo un controllo degli sforzi rapido e sicuro, che porta ad un arresto al bersaglio più preciso.

Al fine di consentire un significativo risparmio energetico, con la frenatura elettrica a recupero di energia si ottiene, facendo funzionare il motore da generatore, la possibilità di convertire l'energia meccanica in energia elettrica.

La frenatura meccanica avviene per attrito con i dischi del freno installati sugli assili.

Il sistema di frenatura, per rispondere alla norma EN 13452 di riferimento, deve realizzare le seguenti funzioni di frenatura, ognuna delle quali corrisponde ad un sottosistema:

- di servizio;
- di soccorso;
- di emergenza;
- di stazionamento.

**Frenatura di servizio:** frenatura in grado di far decelerare con legge prestabilita l'unità di trazione ed arrestarla entro gli spazi previsti, nelle condizioni di impiego e di carico del veicolo previste per il normale esercizio.

**Frenatura di soccorso:** frenatura destinata ad essere utilizzata in caso di disfunzione della frenatura di servizio, consentendo di ottenere in qualsiasi evenienza l'arresto compatibile con una circolazione in sicurezza dei treni.

**Frenatura di emergenza:** frenatura destinata a consentire, per intervento di frenatura di automatismi e/o richiesta del manovratore, i minimi spazi di arresto realizzabili con l'utilizzo contemporaneo di tutti i dispositivi al momento disponibili a bordo.

**Frenatura di stazionamento:** frenatura atta, da sola, a mantenere immobile la unità di trazione nelle condizioni più sfavorevoli di pendenza della sede e di carico previsto per il normale esercizio e per un ampio intervallo di tempo, adeguato alle previsioni di impiego.

## 6.8 Banco ausiliario

Tutte le tipologie di veicoli dovranno avere banchi ausiliari di manovra che, installati all'interno delle casse di estremità nel comparto viaggiatori, consentono una guida in manuale del veicolo. Il banco serve per i brevi spostamenti in deposito dalla rimessa all'officina e per il soccorso in linea di un altro veicolo guasto.

Il banco dovrà essere segregato con una serratura meccanica durante il funzionamento in automatico ed ogni manomissione non autorizzata produce un allarme al Posto di Controllo.

Dal punto di vista funzionale il banco può essere diviso in 4 aree funzionali:

- pannello comandi e spie luminose;
- pannello master controller;
- pannello ATC;
- pannello radio comunicazioni.

Durante la guida in manuale viene attivato il dispositivo di vigilanza che controlla la presenza attiva e vitale del conduttore.



Figura 13. Banco di soccorso aperto



Figura 14. Banco di manovra chiuso (Metro Torino, VAL 208)

## 6.9 Carrelli

La cassa dei veicoli poggia sul piano di rotolamento attraverso il carrello; il sistema ruota-asse-boccola è un sistema rigido, che mantiene costantemente la sua quota rispetto a tale piano. Al sistema boccola-carrello-cassa sono applicati gli organi della sospensione. Sono presenti due ordini di sospensioni:

- sospensione primaria: rappresenta la sospensione propria del carrello ed ha il compito di regolare il movimento tra sala montata e telaio carrello; generalmente è in gomma o metallo;
- sospensione secondaria: situata tra telaio del carrello e trave di appoggio; ha il compito di sostenere la cassa; essendo realizzata con molle ad aria, su alcune tipologie di veicoli ha anche il

compito, gonfiandosi e sgonfiandosi, di mantenere il livello del pavimento ad altezza costante con la banchina di stazione.

La sostanziale differenza è data dai carrelli le cui ruote possono essere in gomma o in acciaio.

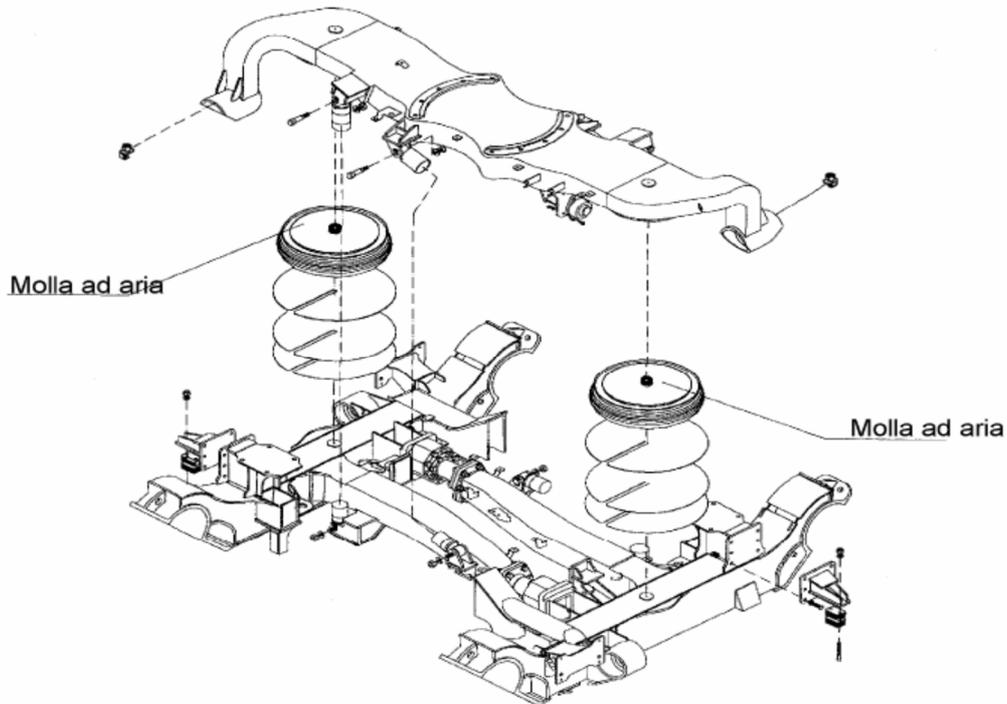


Figura 15. Sospensione secondaria HITACHI Rail

#### 6.9.1 Carrello con ruote in gomma SIEMENS modello Cityval

Il sistema SIEMENS ha carrelli formati da due ruote con tutti gli organi di guida e di alimentazione ed è dotato di due ruote pneumatiche che supportano il carico verticale. Queste ruote pneumatiche si posano su una pista realizzata in calcestruzzo e sopportano il carico verticale.

Il carrello presenta al centro un sistema di direzione composto da ruote che “abbracciano” una rotaia centrale e un sistema di captazione di corrente.



Figura 16. Veicolo SIEMENS Cityval – Vista complessiva telaio carrello



Figura 17. Veicolo SIEMENS Cityval – Carrello

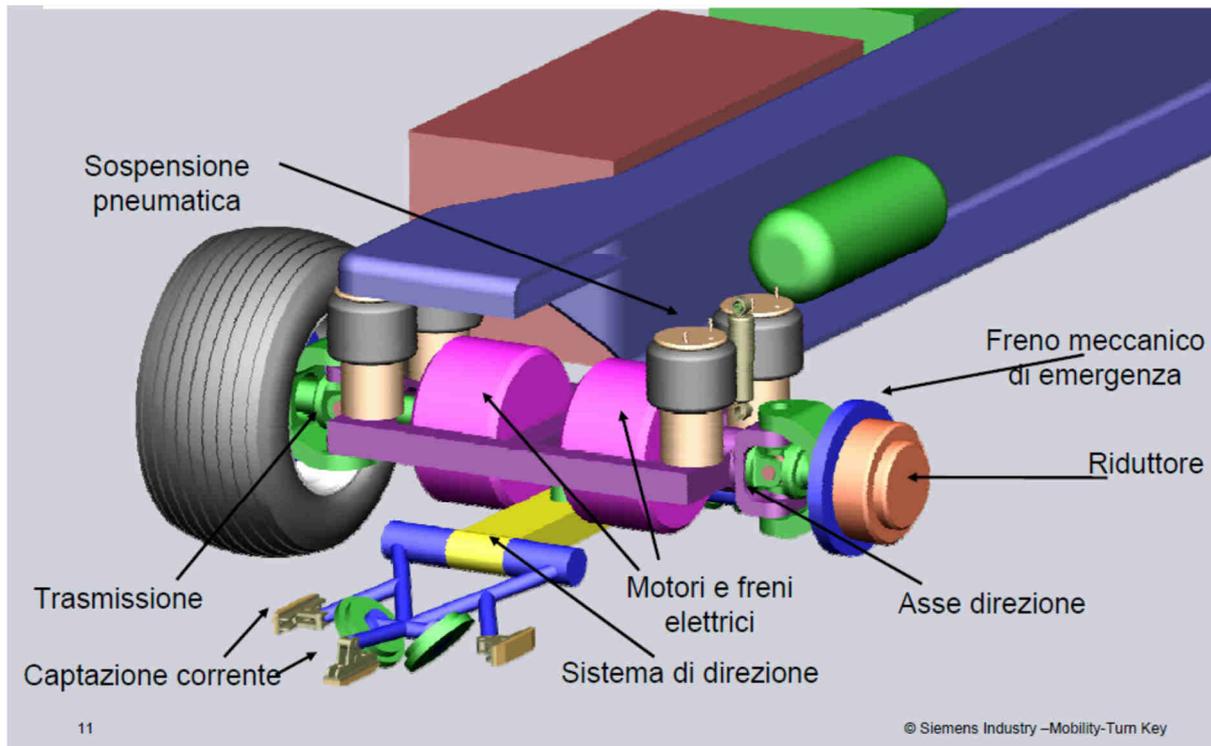


Figura 18. Veicolo SIEMENS Cityval – Architettura del carrello



Figura 19. Veicolo SIEMENS Cityval – Asse di direzione e mozzo ruota con disco freno ventilato



Figura 20. Veicolo SIEMENS Cityval – Asse di direzione e motore elettrico



Figura 21. Veicolo SIEMENS Cityval – Ruota

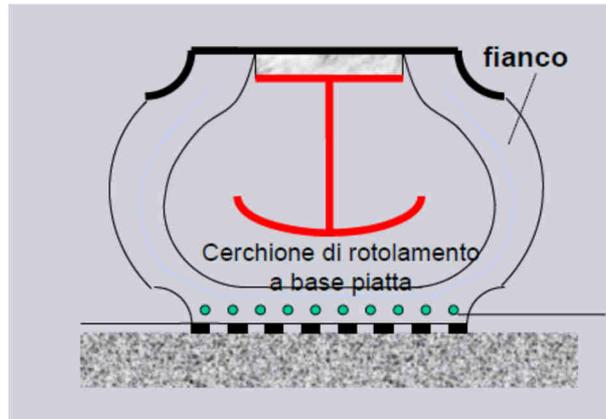


Figura 22. Veicolo SIEMENS Cityval – Pneumatico

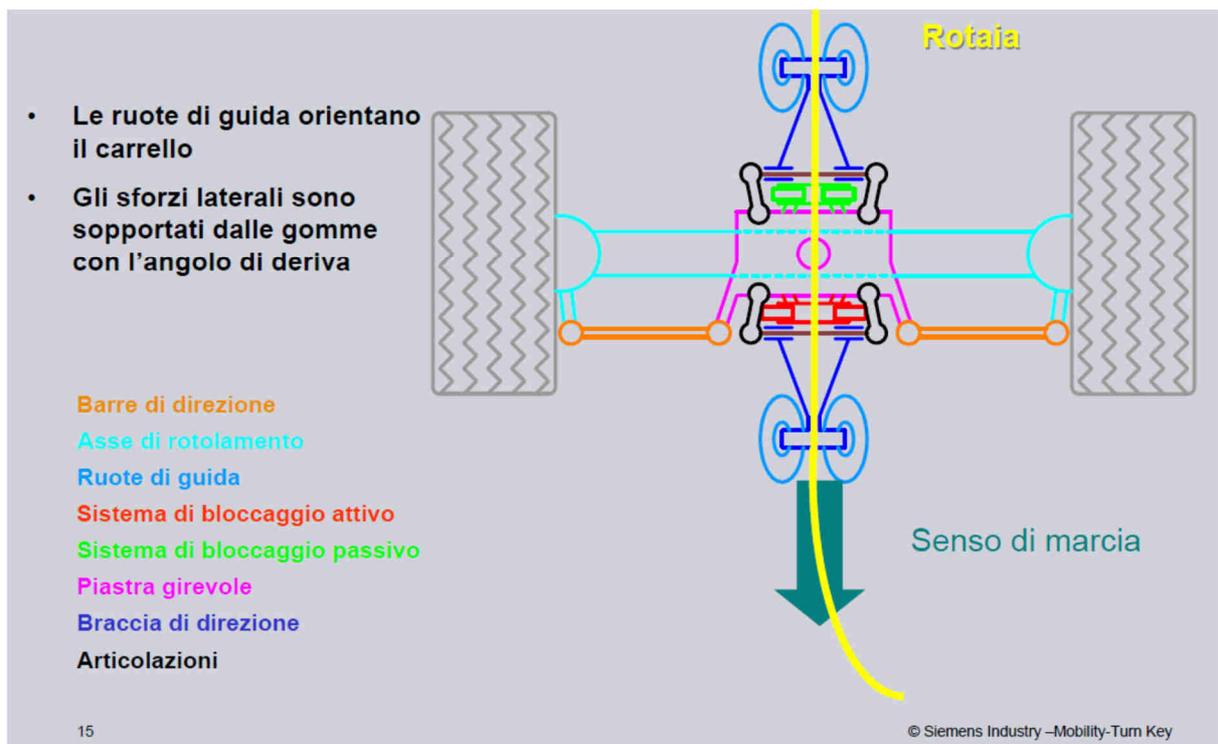


Figura 23. Veicolo SIEMENS Cityval – Principio di guida attiva



Figura 24. Veicolo SIEMENS Cityval – Sistema di guida

### 6.9.2 Carrello con ruote in acciaio di tipo ferroviario

I carrelli di tipo ferroviario sono costituiti da un telaio, in genere articolato, di tipo H a boccole esterne, composto da due longheroni scatolati realizzati con lamiere saldate. I due longheroni sono collegati da due traverse saldate con al centro il punto di collegamento cassa-carrello.

Alle estremità dei longheroni sono poste le boccole su cui sono installati gli assili realizzati in acciaio pieno.

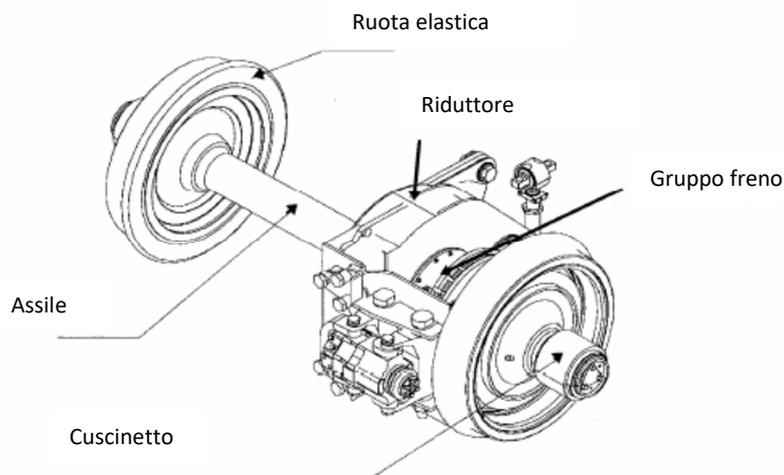


Figura 25. Assile motore HITACHI Rail

Ciascun assile è equipaggiato con ruote calettate alle estremità.

Per ogni carrello la trazione avviene tramite uno o due motori applicati elasticamente sul telaio del carrello e collegati alla trasmissione attraverso un giunto.

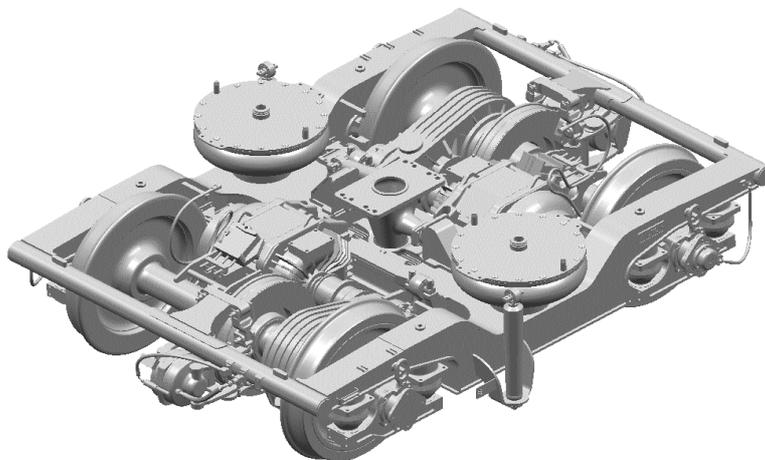


Figura 26. Carrello motore di tipo ferroviario ALSTOM

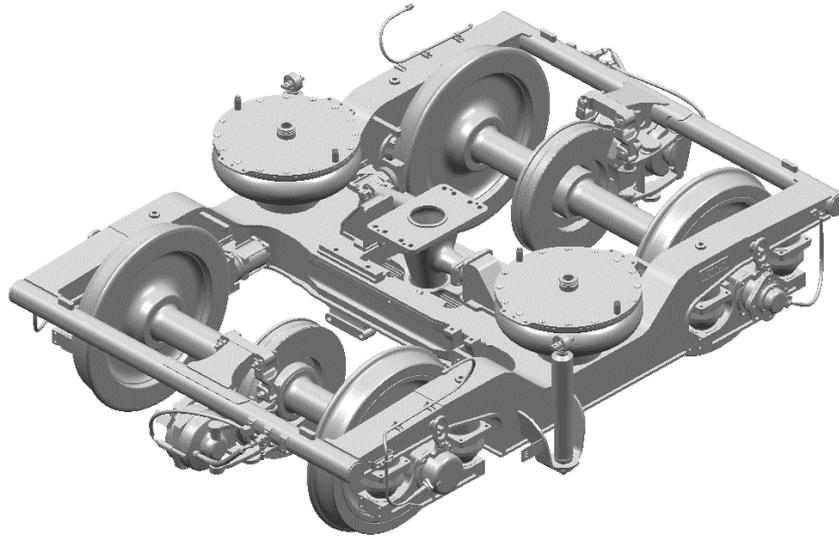


Figura 27. Carrello portante di tipo ferroviario ALSTOM

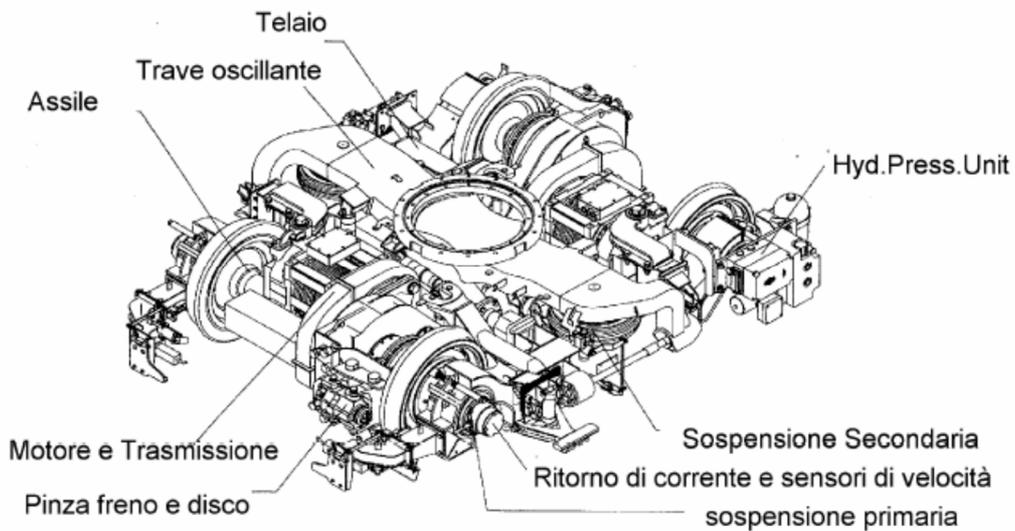


Figura 28. Esempio carrello motore di tipo ferroviario HITACHI Rail

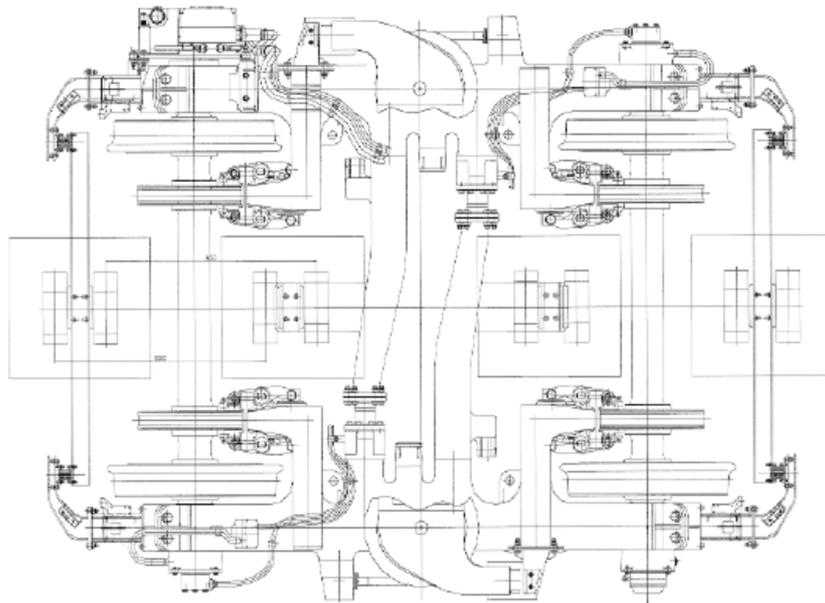


Figura 29. Esempio carrello portante di tipo ferroviario HITACHI Rail

## 7. CARATTERISTICHE TECNICHE E DIMENSIONALI DEI VEICOLI

Di seguito vengono presentate le caratteristiche tecniche e dimensionali dei principali costruttori di veicoli, utilizzati in sistemi di metropolitana automatica:

- ALSTOM - Veicolo ruote in gomma utilizzato:
  - Metropolitana linea B e D di Lione;
  - Metropolitana di Parigi linea 14 (METEOR);
  - Metropolitana di Losanna.
- HITACHI Rail - Veicolo ruote in acciaio utilizzato:
  - Metropolitana Copenaghen Linea M1 e M2 (Danimarca);
  - Metropolitana Brescia;
  - Metropolitana Roma Linea C;
  - Metropolitana Milano Linea 5 e 4 (in costruzione);
  - Metropolitana Riyadh (Arabia Saudita);
  - Metropolitana Taipei Circular Line (Taiwan).
- BOMBARDIER
  - Rapid KL – Kelana Jaya a Line di Kuala Lumpur (Malesia);
  - Sky Train di Vancouver, Canada.
- SIEMENS Cityval
  - Metropolitana di Rennes Linea B.

## 7.1 ALSTOM con ruote in gomma

ALSTOM ha recentemente consegnato un convoglio a due casse della serie URBALIS 400 di nuova generazione per la Metropolitana di Lione Linea D. Questa tipologia di veicolo è utilizzata sulla linea 14 della Metropolitana di Parigi (METEOR) in configurazione di unità di trazione da 6 casse MP89, sulla Metropolitana di Santiago e sulla Metropolitana di Losanna in configurazione da due casse.

Tabella 3. **Caratteristiche tecniche e dimensionali veicolo - Veicolo Metropolitana Losanna con ruote in gomma**

DATO	VALORE
Tipologia	Due casse in alluminio
Lunghezza cassa	15.340 mm
Larghezza cassa	2.450 mm
Altezza massima della vettura	3.473 mm
Scartamento	1.435 mm
Raggio minimo percorribile in deposito	40 m
Raggio minimo percorribile in linea	150 m
Altezza pavimento	1.130 mm
Altezza porte viaggiatori	1.905 mm
Larghezza porte viaggiatori	1.650 mm
Numero di porte per fiancata	3
Aria condizionata	Sì
Intercomunicante	Sì
Posti a sedere	32 per cassa
Posti per viaggiatori diversamente abili	2
Posti totali (4 persone a m <sup>2</sup> )	194
Disposizioni degli assi	B'B'+B'B'
Diametro ruota a nuovo	960 mm
Motorizzazione degli assi	100%
Alimentazione elettrica da terza rotaia	750 Vcc

Accelerazione e decelerazioni di servizio	1,3 m/s <sup>2</sup>
Decelerazione massima con 1,8 m/s <sup>2</sup> di frenatura elettrica	2,2 m/s <sup>2</sup>
Velocità massima	60 km/h

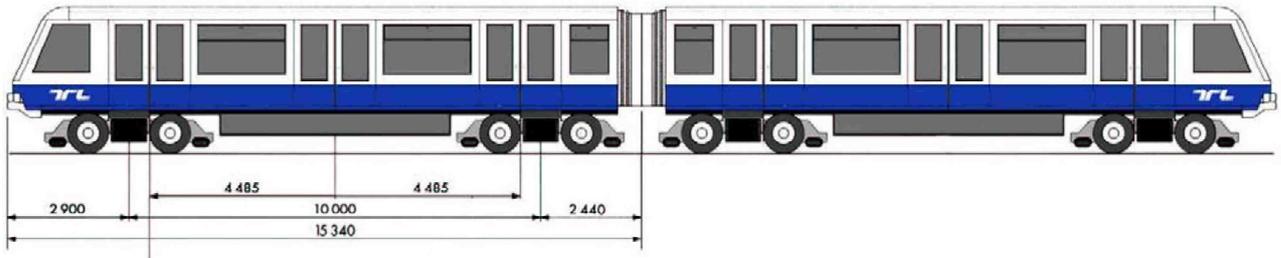


Figura 30. Figurino veicolo Losanna



Figura 31. Veicolo metropolitana Lione



Figura 32. Metropolitana di Lione linea D



Figura 33. Veicolo Metropolitana di Parigi in stazione (linea 14)



Figura 34. Vista esterna veicoli Metropolitana di Parigi (Linea 14)



Figura 35. Veicolo Metropolitana di Parigi in stazione (linea 14)

## 7.2 ALSTOM con ruote in acciaio

Di seguito sono riportati i dati caratteristici di un veicolo a tre casse fornito dal costruttore ALSTOM:

Tabella 4. Caratteristiche tecniche e dimensionali veicolo - Veicolo ALSTOM con ruote in acciaio

DATO	VALORE
Tipologia	Tre casse in alluminio
Lunghezza cassa	16.338 mm
Larghezza cassa	2.700 mm
Altezza massima della vettura	3.850 mm
Scartamento	1.435 mm
Raggio minimo percorribile in deposito	80 m
Raggio minimo percorribile in linea	100 m
Altezza pavimento	1.150 mm
Altezza porte viaggiatori	1.905 mm
Larghezza porte viaggiatori	1.500 mm
Numero di porte per fiancata	3
Aria condizionata	Sì
Intercomunicante	Sì
Posti a sedere per UdT	
Fissi (installati in posizione longitudinale)	82
Strapuntini	-
Posti per viaggiatori diversamente abili	3
Posti totali (4 persone a m <sup>2</sup> )	432
Diametro ruota a nuovo	840 mm
Alimentazione elettrica da catenaria	750 Vcc
Accelerazione media	1,2 m/s <sup>2</sup>

Decelerazione equivalente in frenata secondo EN 13452	0,1 m/s <sup>2</sup>
Velocità massima	80 km/h



Figura 36. Vista esterna veicolo Metropolitana di Lima

### 7.3 SIEMENS Cityval o Neoval con ruote in gomma

Il veicolo presenta ruote in gomma con un carrello formato da un solo asse con due ruote.

Tabella 5. Caratteristiche tecniche e dimensionali veicolo - Veicolo SIEMENS NeoVAL

DATO	VALORE
Tipologia	Casse in alluminio
Lunghezza cassa	11.200 mm
Larghezza cassa	2.800 mm
Altezza massima della vettura	3.625 mm
Scartamento	1.435 mm
Raggio minimo percorribile in deposito	20 m
Raggio minimo percorribile in linea	30 m
Altezza pavimento	1.110 mm
Altezza porte viaggiatori ?????	1.980 mm
Larghezza porte viaggiatori	1.950 mm
Numero di porte per fiancata	2
Aria condizionata	Sì
Intercomunicante	Sì
Posti a sedere	24 per cassa
Diametro ruota a nuovo	946 mm
Alimentazione elettrica da terza rotaia	750 Vcc
Accelerazione	1,3 m/s <sup>2</sup>
Decelerazione	1,3 m/s <sup>2</sup>
Decelerazione equivalente in frenata secondo EN 13452	1,8 m/s <sup>2</sup>
Velocità massima	80 km/h



Figura 37. Vista esterna veicolo NEOVAL



Figura 38. Vista esterne veicolo NEOVAL

## 7.4 HITACHI Rail con ruote in acciaio

HITACHI Rail fornisce un veicolo a quattro casse con ruote in acciaio.

Tabella 6. Caratteristiche tecniche e dimensionali - Veicolo HITACHI a 4 casse con ruote in acciaio

DATO	VALORE
Tipologia	Quattro casse in alluminio
Lunghezza cassa	50.900 mm
Larghezza cassa	2.650 mm
Altezza massima della vettura	3.240 mm
Scartamento	1435 mm
Raggio minimo percorribile in deposito	50 m
Raggio minimo percorribile in linea	150 m
Altezza pavimento	850 mm
Altezza porte viaggiatori	1950 mm
Larghezza porte viaggiatori	1600 mm
Numero di porte per fiancata	8
Aria condizionata	Sì
Intercomunicante	Sì
Posti a sedere per UdT	16 per cassa
Posti per viaggiatori diversamente abili	2
Posti totali (4 persone a m <sup>2</sup> )	416
Diametro ruota a nuovo	711 mm
Raggio minimo in deposito	50 m
Raggio minimo in linea	150 m
Tipologia dei carrelli (1 carrello motore bimotores+ 1 carrello portante per veicolo)	Bo-Bo-2-Bo-Bo
Alimentazione elettrica da terza rotaia	750 Vcc

Accelerazione e decelerazioni di servizio	1,1 m/s <sup>2</sup> acc 1,2 m/s <sup>2</sup> dec
Decelerazione media di sicurezza solo idraulica	1,46 m/s <sup>2</sup>
Velocità massima	80 km/h



Figura 39. Vista esterna veicolo Metropolitana di Milano Linea 4

## 7.5 BOMBARDIER con ruote in acciaio

Bombardier fornisce rotabili, i cui dati che sono stati raccolti nella seguente tabella.

Tabella 7. **Caratteristiche tecniche e dimensionali - Veicolo Bombardier a 4 casse con ruote in acciaio**

DATO	VALORE
Tipologia	3 casse in alluminio
Lunghezza cassa	17.350 mm di estremità 16.700 mm di mezzo
Larghezza cassa	2.650 mm
Altezza massima della vettura	3.300 mm
Scartamento	1435 mm
Raggio minimo percorribile in deposito	35 m
Raggio minimo percorribile in linea	70 m
Altezza pavimento	825 mm
Larghezza porte viaggiatori	1600 mm
Numero di porte per fiancata	3 per cassa
Aria condizionata	Sì
Intercomunicante	Sì
Posti a sedere per UdT	33 per cassa
Posti totali (4 persone a m <sup>2</sup> )	399
Diametro ruota a nuovo	585-826 mm
Alimentazione elettrica da terza rotaia	750 Vcc
Accelerazione e decelerazioni di servizio	1,0 m/s <sup>2</sup> acc 1,0 m/s <sup>2</sup> dec
Decelerazione media di sicurezza solo idraulica	Per EN-13452
Velocità massima	100 km/h



Figura 40. Vista esterna veicolo Rapid KL – Kelana Jaya Line