

# SISTEMA TRANVIARIO DI PISA – LINEA 1

## PIAZZA DEI MIRACOLI – OSPEDALE CISANELLO/CNR

### MATERIALE ROTABILE OGGETTO DI FORNITURA

#### Materiale rotabile

#### Relazione tecnica materiale rotabile

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p>COMUNE DI PISA<br/>IL DIRIGENTE<br/>Ing. Maurizio Iannotta</p> |  <p>PISAMO s.p.a.<br/>IL DIRETTORE TECNICO<br/>Ing. Alessandro Fiorindi</p> |  <p>ARCHITECNA ENGINEERING s.r.l.<br/>COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE:<br/>Ing. Santi Caminiti</p> |
|--|--|--|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <p>PROGETTISTI</p>     |  |  |  |
|--|--|--|--|

| COMMESSA | FASE | CATEGORIA | DISCIPLINA | TIPO | NUMERO | REV. | NOME FILE                |
|----------|------|-----------|------------|------|--------|------|--------------------------|
| T R P I  | I M  | R O T     | R O T      | R L  | 0 0 1  | A    | TRPI-IM-ROT-ROT-RL-001-A |

| REV. | DATA    | DESCRIZIONE     | REDATTO    | VERIFICATO | APPROVATO   |
|------|---------|-----------------|------------|------------|-------------|
| A    | DIC. 24 | PRIMA EMISSIONE | A. SPINOSA | D. SALVO   | S. CAMINITI |
| B    |         |                 |            |            |             |
| C    |         |                 |            |            |             |
| D    |         |                 |            |            |             |



# Relazione tecnica sul materiale rotabile

## *Indice del documento*

|   |    |
|---|----|
| 1. Premessa .....   | 8  |
| 2. Requisiti generali .....                               | 8  |
| 2.1. Dimensioni .....                                     | 8  |
| 2.2. Postazioni PRM: Persone a ridotta mobilità .....     | 8  |
| 2.3. Capacità Passeggeri.....                             | 9  |
| 2.4. Requisiti di design.....                             | 9  |
| 2.5. Condizioni ambientali .....                          | 9  |
| 2.6. Profilo di Missione.....                             | 9  |
| 2.7. Impatto sull'ambiente .....                          | 9  |
| 2.7.1. Rumorosità esterna .....                           | 9  |
| 2.7.2. Vibrazioni .....                                   | 10 |
| 2.7.3. Compatibilità elettromagnetica .....               | 10 |
| 2.7.4. Prodotti e materiali inquinanti .....              | 10 |
| 2.7.5. Consumo energetico .....                           | 10 |
| 2.8. Comportamento al fuoco .....                         | 10 |
| 2.9. Comfort Acustico.....                                | 11 |
| 2.10. Comfort di Marcia .....                             | 11 |
| 2.11. Abitabilità interna .....                           | 11 |
| 2.12. Illuminazione Interna .....                         | 12 |
| 2.13. Comfort termico .....                               | 12 |
| 2.13.1. Climatizzazione comparto .....                    | 12 |
| 2.13.2. Climatizzazione cabina .....                      | 12 |
| 3. Caratteristiche della rete tramviaria di progetto..... | 13 |
| 3.1. Trazione Elettrica .....                             | 16 |
| 3.2. Segnalamento .....                                   | 16 |
| 3.3. Impianti luce e forza motrice .....                  | 16 |
| 3.4. Armamento .....                                      | 16 |
| 3.5. Scartamento, rotaie .....                            | 17 |
| 3.6. Curve, incroci e scambi.....                         | 17 |
| 3.7. Carico massimo per asse .....                        | 17 |
| 3.8. Condizioni di aderenza .....                         | 17 |
| 3.9. Profilo altimetrico (massima pendenza).....          | 17 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.10.  | Linea di contatto .....   | 17 |
| 3.11.  | Alimentazione.....  | 18 |
| 4.     | Masse e carico utile .....  | 19 |
| 4.1.   | Criteri di calcolo .....  | 19 |
| 4.2.   | Masse massime.....  | 19 |
| 5.     | Prestazioni di trazione e frenatura .....                           | 19 |
| 1.1    | Prestazioni di trazione e frenatura sotto catenaria .....           | 19 |
| 5.1.   | Prestazioni in condizioni degradate.....                            | 19 |
| 6.     | Caratteristiche del sistema frenante .....                          | 20 |
| 6.1.   | Freno a frizione .....  | 20 |
| 6.2.   | Frenatura di Servizio .....   | 21 |
| 6.3.   | Frenatura di Sicurezza.....   | 21 |
| 6.4.   | Frenatura di Emergenza (o Emergenza 3 come da UNI EN 13452-1) ..... | 21 |
| 6.5.   | Frenatura di Emergenza 1 (su comando Vigilante) .....               | 21 |
| 6.6.   | Frenatura di Trattenuta .....                                       | 22 |
| 6.7.   | Frenatura di Stazionamento .....                                    | 22 |
| 7.     | Cassa del veicolo.....  | 22 |
| 7.1.   | Struttura Cassa e Telaio .....                                      | 22 |
| 7.2.   | Resistenza della struttura.....                                     | 23 |
| 7.3.   | Protezione da urti.....   | 23 |
| 7.4.   | Calcoli delle strutture .....                                       | 23 |
| 7.5.   | Fiancate .....  | 23 |
| 7.6.   | Imperiale.....  | 24 |
| 7.7.   | Testate anteriori .....   | 24 |
| 7.8.   | Saldature.....  | 25 |
| 7.9.   | Protezione dalla corrosione .....                                   | 25 |
| 7.10.  | Isolamento termo acustico .....                                     | 25 |
| 7.11.  | Intercomunicante .....  | 25 |
| 7.12.  | Intercomunicante .....  | 26 |
| 8.     | Arredi interni.....   | 26 |
| 8.1.   | Rivestimenti .....  | 27 |
| 8.1.1. | Rivestimenti del cielo .....  | 27 |
| 8.2.   | Targhette e Pittogrammi.....  | 27 |
| 8.3.   | Spazi pubblicitari .....  | 27 |
| 8.4.   | Sedute .....  | 27 |
| 8.5.   | Mancorrenti e piantane .....  | 28 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 8.6.    | Finestrini .....                                       | 28 |
| 8.7.    | Messe a terra .....                                    | 29 |
| 8.8.    | Pavimento .....  | 29 |
| 8.9.    | Postazione PRM: Persona a ridotta mobilità .....       | 29 |
| 8.10.   | Allestimento tecnologico .....                         | 30 |
| 8.11.   | Trasporto Biciclette .....                             | 30 |
| 9.      | Cabina di guida.....                                   | 30 |
| 9.1.    | Ergonomia e Visibilità posto guida .....               | 30 |
| 9.2.    | Sistema retrovisivo.....                               | 31 |
| 9.3.    | Banco di manovra .....                                 | 31 |
| 9.4.    | Illuminazione cabina.....                              | 31 |
| 9.5.    | Illuminazione esterna .....                            | 31 |
| 9.6.    | Sedile.....  | 32 |
| 9.7.    | Accessori .....  | 32 |
| 10.     | Carrelli.....  | 32 |
| 10.1.   | Requisiti strutturali dei carrelli e delle sale .....  | 33 |
| 10.2.   | Ruote .....  | 34 |
| 10.3.   | Sospensioni.....                                       | 34 |
| 10.3.1. | Sospensioni primarie.....                              | 34 |
| 10.3.2. | Sospensioni secondarie .....                           | 34 |
| 10.4.   | Impianto freno ad attrito.....                         | 34 |
| 10.5.   | Pattini elettromagnetici .....                         | 35 |
| 10.6.   | Sabbiere.....  | 35 |
| 10.7.   | Ungibordo.....   | 36 |
| 11.     | Sistema porte passeggeri.....                          | 36 |
| 11.1.   | Accessori delle porte passeggeri .....                 | 37 |
| 11.1.1. | Dispositivi di apertura porte .....                    | 37 |
| 11.1.2. | Dispositivi di porta fuori servizio.....               | 37 |
| 11.1.3. | Dispositivo di isolamento elettrico .....              | 37 |
| 11.1.4. | Pulsante locale di apertura .....                      | 37 |
| 11.1.5. | Segnalazioni acustiche/visive .....                    | 38 |
| 11.1.6. | Dispositivo di accesso/uscita per il macchinista ..... | 38 |
| 11.2.   | Funzionamento in servizio .....                        | 38 |
| 11.3.   | Funzionamento in emergenza.....                        | 38 |
| 11.4.   | Comando e controllo postazione PRM .....               | 38 |
| 12.     | Climatizzazione comparto .....                         | 39 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.2     | Climatizzazione comparto passeggeri .....                                | 39 |
| 12.1.   | Descrizione globale di impianto.....                                     | 39 |
| 12.2.   | Architettura HVAC.....   | 40 |
| 12.2.1. | Ottimizzazione portata aria .....  | 41 |
| 12.2.2. | Condizioni di design e prestazioni .....                                 | 41 |
| 12.2.3. | Prestazioni in condizioni degradate .....                                | 42 |
| 12.2.4. | Ventilazione di emergenza.....   | 42 |
| 12.2.5. | Interfaccia con impianto di rilevazione incendio (predisposizione) ..... | 42 |
| 13.     | Climatizzazione della cabina di guida .....                              | 42 |
| 13.1.   | Descrizione globale di impianto.....                                     | 42 |
| 13.2.   | Architettura HVAC.....   | 43 |
| 13.3.   | Condizioni di design e prestazioni .....                                 | 43 |
| 13.4.   | Prestazioni in condizioni degradate.....                                 | 44 |
| 13.5.   | Ventilazione di emergenza .....  | 44 |
| 13.6.   | Interfaccia con impianto di rilevazione incendio (predisposizione).....  | 45 |
| 14.     | Sistema di captazione della corrente .....                               | 45 |
| 14.1.   | Pantografo .....   | 45 |
| 14.2.   | Scaricatore di sovratensione .....                                       | 46 |
| 15.     | Equipaggiamento elettrico ed elettronico di trazione e frenatura .....   | 47 |
| 15.1.   | Composizione dell’equipaggiamento .....                                  | 47 |
| 15.2.   | Interruttore extrarapido .....   | 47 |
| 15.3.   | Convertitore di trazione .....   | 48 |
| 15.4.   | Prove.....   | 48 |
| 15.5.   | Motori di trazione .....   | 49 |
| 15.6.   | Reostato.....  | 49 |
| 15.7.   | Prove.....   | 49 |
| 15.8.   | Logica di veicolo (TCMS).....  | 49 |
| 15.9.   | Manipolatore di marcia .....   | 50 |
| 16.     | Equipaggiamento elettrico ed elettronico ausiliario .....                | 51 |
| 16.1.   | Carica batteria .....  | 51 |
| 16.2.   | Batterie .....   | 51 |
| 16.3.   | Impianti di sicurezza .....  | 52 |
| 16.4.   | Dispositivo uomo morto o vigilante .....                                 | 52 |
| 16.5.   | Dispositivo Velocità zero .....  | 53 |
| 16.6.   | Circuito anello delle sicurezze .....                                    | 53 |
| 16.7.   | Registrazione dati di bordo (scatola nera).....                          | 54 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 16.8.   | Rete MVB.....  | 55 |
| 16.9.   | Diagnostica .....  | 55 |
| 16.9.1. | Diagnostica di 1° livello.....   | 56 |
| 16.9.2. | Diagnostica di 2° livello.....   | 56 |
| 16.9.3. | Diagnostica di 3° livello.....   | 56 |
| 16.10.  | Prese BT e MT.....   | 56 |
| 17.     | Videosorveglianza, comunicazione audio, informazione ai passeggeri, allarme..... | 57 |
| 17.1.   | Rete cablata di bordo .....  | 57 |
| 17.2.   | Videosorveglianza .....  | 57 |
| 17.3.   | Sistema di comunicazione audio .....   | 58 |
| 17.4.   | Cartelli indicatori interni.....   | 59 |
| 17.5.   | Cartelli indicatori esterni .....  | 59 |
| 17.6.   | Allarme passeggeri .....   | 60 |
| 17.7.   | Diffusione sonora .....  | 60 |
| 18.     | Sistema contapasseggeri.....   | 60 |

## 1. Premessa

La presente relazione riguarda lo studio del materiale rotabile in merito al progetto di fattibilità tecnico-economica del nuovo impianto tramviario di Pisa, Piazza dei Miracoli – Stazione – Ospedale Cisanello e diramazione per il polo CNR e parcheggio scambiatore di San Giuliano Terme.

## 2. Requisiti generali

Il rotabile dovrà essere pienamente conforme alla norma quadro italiana per le tranvie UNI 11174:2014 o eventuali successivi aggiornamenti, ed alle norme in essa richiamata. A seguire saranno specificati ulteriori requisiti a cui i veicoli dovranno essere conformi.

I veicoli saranno di tipo Bidirezionale, non è previsto il servizio passeggeri in marcia accoppiata, deve però essere possibile il traino di un veicolo guasto come più avanti specificato.

I rotabili saranno di tipo a pianale ribassato, per la compatibilità con le linee esistenti sono preferite configurazioni a 5 casse multiarticolate. Devono essere previste per ciascun lato almeno numero 4 porte bianca e almeno due porte monoanta quest'ultime poste in prossimità delle cabine di guida.

Per i tratti con alimentazione da linea aerea sarà previsto un pantografo.

### 2.1. Dimensioni

Le dimensioni dei veicoli dovranno essere:

- Lunghezza compresa tra 25 e 29 m
  - Larghezza massima 2.400 mm
  - Altezza massima (con il pantografo in posizione abbassata) 3.500 mm (\*)
  - Quota di incarrozzamento passeggeri 350 mm dal piano del ferro a tara e a ruote nuove.
  - 100% di pianale ribassato, sono ammesse rampe di raccordo tra quote differenti con pendenze massime come da UNI 11174:2014 art. 5.2.3
  - Altezza interna nel comparto almeno 2100 mm; è ammessa altezza minima di 2000 mm nelle zone dell'intercomunicante.
- (\*) le altezze sono riferite al caso di veicolo a tara con ruote a nuovo

### 2.2. Postazioni PRM: Persone a ridotta mobilità

Per le persone a ridotta mobilità che utilizzano carrozzelle ogni veicolo dovrà prevedere 4 postazioni poste in posizione simmetrica e nelle casse che presentano la quota pavimento il più uniforme possibile per agevolare la movimentazione interna.

Ai fini dell'abbattimento delle barriere architettoniche l'incarrozzamento a bordo veicolo dovrà avvenire senza l'ausilio di pedane mobili, adottando la soluzione b) art. 5.1.4 della UNI 11174:2014:

La distanza orizzontale fra la soglia delle porte ed il bordo della banchina sarà minore o uguale di 70 mm

La altezza della soglia delle porte ed il piano della banchina dovrà essere compreso tra + 50 e – 20 mm.

Per il rispetto di tali requisiti è ammesso l'uso di una soglia che sporga rispetto alla sagoma trasversale della cassa secondo quanto previsto dalla UNI 11174:2014 e dalla UNI 7156:2020.



## 2.3. Capacità Passeggeri

Il carico utile normale ed il carico utile eccezionale saranno definiti in accordo alla UNI 11174:2014 art. 7.2 ed alla UNI EN 15663:2019 in essa richiamata, pertanto:

- il carico eccezionale dovrà prevedere tutti i sedili fissi occupati, eventuali sedili strapuntini chiusi le postazioni PRM libere ed una densità di passeggeri in piedi pari a 6 passeggeri per m<sup>2</sup> di superficie utile S1;
- il carico normale dovrà prevedere tutti i sedili fissi occupati, eventuali sedili strapuntini chiusi le postazioni PRM libere ed una densità di passeggeri in piedi pari a 4 passeggeri per m<sup>2</sup> di superficie utile S1.

In caso di carico eccezionale il numero massimo di passeggeri sarà di almeno 225 passeggeri.

## 2.4. Requisiti di design

Per il design degli esterni si richiede l'utilizzo di ampie finestre che assicurino ampia visibilità e trasparenza per una totale immersione nell'ambiente cittadino.

Per il design degli interni particolare attenzione sarà data all'ergonomia, lo spazio minimo per il movimento del passeggero sarà garantito sia in sosta che in transito, e il minimo spazio per la manovra del sedile e l'accesso al comparto per il conducente.

## 2.5. Condizioni ambientali

- Utilizzo dei rotabili all'aperto
- Scariche atmosferiche sulla catenaria
- Temperatura dell'aria per le apparecchiature come da CEI EN 50125-1 fascia T3
- Zona climatica (Italia): Winter II, Summer I come da EN 14750-1
- Classificazione veicolo ai fini della climatizzazione: Categoria B come da EN 14750-1
- Possibile deposito di ghiaccio sul filo di contatto.
- Valore massimo di umidità rilevato in un periodo di 30 giorni consecutivo dell'anno: 95% (a 40°)
- Presenza di foglie, polvere e pollini a seguito del transito su porzioni di rete lungo viali alberati

## 2.6. Profilo di Missione

- Vita utile: 35 anni
- Utilizzo giornaliero: 16/ore giorno
- Percorrenza annua: 55.000 km

## 2.7. Impatto sull'ambiente

### 2.7.1. Rumorosità esterna

Particolare attenzione sarà posta nella progettazione e nella realizzazione del veicolo, adottando le soluzioni atte a prevenire e a controllare l'emissione acustica del veicolo in tutte le sue condizioni di esercizio.

In generale le sorgenti di rumore e di vibrazione che si presentano sono essenzialmente di tre tipi:

- sorgenti interne, che comprendono ventilatori, reostati, impianti di condizionamento, porte, ecc.;
- interazione ruota rotaia;
- rumore aerodinamico.

Il controllo del rumore deve avvenire operando direttamente sulle sorgenti di emissione e attraverso soluzioni progettuali tese all'introduzione di dispositivi e tecnologie appropriate

I livelli di pressione sonora continua equivalente  $L_{pAeq}$ ,  $T_p$  (definito nella UNI EN ISO 3095) rilevati all'esterno del veicolo nelle condizioni e con le modalità di misura indicate nella UNI 11174 e UNI EN ISO 3095 veicolo dovranno rispettare i seguenti limiti:

| Velocità (km/h) | 0        | 50       |
|-----------------|----------|----------|
| Esterno         | 60 dB(A) | 75 dB(A) |

### **2.7.2. Vibrazioni**

Per ridurre le vibrazioni, in accordo con quanto con UNI 11174, il veicolo dovrà adottare le ruote elastiche limitando le masse non sospese.

### **2.7.3. Compatibilità elettromagnetica**

Le emissioni elettromagnetiche valgono le indicazioni della norma UNI 11174 che richiama il rispetto della EN 50121.

Inoltre, il veicolo dovrà attenersi ai requisiti di immunità richiamati nella EN 50155 per gli apparati elettronici. Per quanto riguarda i limiti per l'esposizione umana il veicolo dovrà assicurare il rispetto della CEI EN 50500.

### **2.7.4. Prodotti e materiali inquinanti**

Per i prodotti e materiali inquinanti valgono le indicazioni della norma UNI 11174:2014 Art. 6.4.

Tutti i materiali da utilizzare nella costruzione dei rotabili devono essere assolutamente privi di: amianto e suoi derivati o composti. Deve essere evitato anche l'impiego di: piombo, composti bituminosi, lana di vetro, lana di roccia, materiali a base fibrosa con diametro minimo della fibra inferiore a 6 micron e quant'altro, alla luce dello stato dell'arte della conoscenza tecnica specialistica al momento dell'inizio della costruzione, venga ritenuto inquinante per l'ambiente, tossico o nocivo per i viaggiatori e per gli operatori addetti alla condotta e manutenzione del rotabile, di altri elementi che con l'invecchiamento sono soggetti a sfaldamento con creazione di pulviscolo e ritenute pericolose per l'ambiente, i passeggeri, il personale di condotta e di manutenzione.

Per tutti i materiali da utilizzare nella costruzione dei rotabili che comportino o possano comportare rischi per i viaggiatori, per il personale di condotta e di manutenzione e rischi per l'inquinamento ambientale, il Fornitore deve fornire la **Scheda di sicurezza dei materiali** in ottemperanza al regolamento CE 1907/2006 (REACH), al successivo CE 453/2010 ed alle direttive europee e nazionali in materia.

### **2.7.5. Consumo energetico**

Il veicolo deve essere dotato di un sistema per la misura dell'energia consumata durante il servizio. Il sistema per la misura di energia potrà essere realizzato o tramite appositi contatori o dalla logica di veicolo. Nel primo caso la strumentazione dovrà rispettare la CEI EN 50463. Nel secondo caso in sede di progettazione esecutiva sarà fornita una relazione che illustri i requisiti e le prestazioni dell'algoritmo di misura.

## **2.8. Comportamento al fuoco**

La progettazione dei veicoli e la scelta dei materiali devono essere condotte in modo da limitare al massimo il rischio di propagazione degli incendi.

Il veicolo, in tutte le sue parti, sarà conforme alla UNI CEI EN 45545-2/Ab, è classificato di tipo N (normale) con:

- categoria operativa OC1
- livello di rischio HL1

Tutti i componenti non metallici saranno corredati di Certificazione di Comportamento al Fuoco.

Il progetto del rotabile deve comprendere il computo del carico d'incendio.

## 2.9. Comfort Acustico

I livelli di pressione sonora continua equivalente  $L_{pAeq, T}$  (definito nella UNI EN ISO 3381:2011) rilevati nelle zone interne al veicolo dovranno rispettare i seguenti limiti:

| Velocità (Km/h)            | 0        | 40       | 60       |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| Cabina di guida            | 63 dB(A) | 66 dB(A) | 70 dB(A) |
| Comparto passeggeri        | 65 dB(A) | 70 dB(A) | 72 dB(A) |
| Articolazione tra le casse | 65 dB(A) | 72 dB(A) | 74 dB(A) |

Le condizioni del veicolo dovranno prevedere porte e finestrini chiusi e nel caso di rotabile fermo con tutti i sottosistemi operanti, compresi gli impianti di ventilazione e condizionamento nelle condizioni di massima emissione (sonora).

Le misure saranno condotte secondo quanto prescritto nella UNI 11174:2014 art. 5.4 e nella norma UNI EN ISO 3381:2011.

La rumorosità all'interno del comparto a rotabile fermo, durante la fase di apertura e chiusura delle porte non dovrà superare i 70 dB(A) con i dispositivi acustici disattivati

## 2.10. Comfort di Marcia

Per il comfort di marcia valgono le indicazioni delle norme UNI EN 12299 e UNI 11174 art. 5.3.1, con la precisazione che il gradiente di accelerazione in avviamento e frenatura di servizio (*jerk*) deve essere inferiore a  $1,1 \text{ m/s}^3$ .

Per le metodologie di calcolo e di prova vale quanto riportato all'art. 5.3.2 della UNI 11174.

## 2.11. Abitabilità interna

Per l'abitabilità interna devono valere le condizioni della norma UNI 11174, con le seguenti precisazioni:

Il tasso di comfort inteso come percentuale di posti a sedere rispetto al numero di passeggeri totali calcolato a 4 passeggeri per  $\text{m}^2$  di superficie utile  $S_1$  sarà non minore del 25%

Altezza libera del cielo all'interno del comparto non minore di 2.100 mm dal piano del pavimento, per l'intera lunghezza della cassa esclusa la zona degli intercomunicanti (dove l'altezza sarà non minore di 2000 mm);

Larghezza minima dei corridoi non inferiore a 500 mm per la intera lunghezza della vettura; la larghezza va intesa come "libera" e pertanto non deve comprendere lo spazio di eventuali sedili mobili trasversali in posizione aperta e non deve comprendere lo spazio dei piedi dei passeggeri seduti su eventuali sedili trasversali (fissi o mobili); al riguardo si consideri che i piedi dei passeggeri occupano 300 mm (rif. norma UNI EN 15663

Il pavimento deve essere su uno o più livelli secondo quanto stabilito nella UNI 11174, sono ammessi gradini trasversali per le sole zone non accessibili all'utenza (cabine di guida). Eventuali rialzi posti sotto le sedute passeggeri non sono da intendersi come gradini.

## **2.12. Illuminazione Interna**

L'illuminazione all'interno del veicolo deve essere conforme alla UNI EN 13272 con le indicazioni riportate nella norma UNI 11174 e con le seguenti precisazioni:

- L'impianto sarà di tipo a LED
- Non sono presenti gradini in corrispondenza delle porte.
- Il veicolo è da considerarsi di livello di rischio HL1 secondo la UNI CEI EN 45545.

## **2.13. Comfort termico**

Per il comfort termico valgono le indicazioni della norma UNI 11174:2014 art. 5.6 con logica e funzionamento separati degli impianti di cabina rispetto quello del comparto passeggeri.

In accordo con quanto sancito dalla normativa EN 14750 il veicolo è classificato come Categoria B.

### **2.13.1. Climatizzazione comparto**

La climatizzazione del comparto sarà in sviluppo in accordo con quanto sancito dalla normativa EN 14750-1 *Railway applications – Air conditioning for urban and suburban rolling stock – Part1: Comfort parameters* e EN 14750-2 *Railway applications – Air conditioning for urban and suburban rolling stock – Part2: Type tests*.

### **2.13.2. Climatizzazione cabina**

La climatizzazione delle cabine di guida sarà sviluppata in accordo con quanto sancito dalla normativa UNI EN 14813-1 *Railway applications – Air conditioning for driving cabs – Part1: Comfort parameters* e UNI EN 14813-2 *Railway applications – Air conditioning for driving cabs – Part2: Type tests*.

### 3. Caratteristiche della rete tramviaria di progetto

Il tracciato tramviario consta di un impianto tramviario di 9.062 metri conformato a Y: dal capolinea ovest di piazza Manin-Duomo il tracciato raggiunge la stazione ferroviaria di Pisa Centrale, via Bonaini, via Metteotti, via Matteucci, via Cisanello e da qui diramarsi a sud verso l'ospedale di Cisanello e lato nord verso via Giovannini e le residenze universitarie dei Praticelli, il Centro Nazionale delle Ricerche e il polo cardiologico della Fondazione Toscana Monasterio.



Il sistema di trasporto progettato si colloca, in base alla Norma 8379 “Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) - Termini e definizioni”, nella classe definita tramvia. Con il termine tramvia si definisce quel "sistema di trasporto per persone negli agglomerati urbani costituito da veicoli automotori o rimorchiati dai medesimi, a guida vincolata, in genere su strade ordinarie e quindi soggetto al Codice della Strada, con circolazione a vista. La realizzazione di un sistema tramvia impone l'assunzione di alcune specifiche fondamentali come criteri informativi generali della progettazione.

In particolare, si evidenzia quanto segue:

- massimo utilizzo di strade esistenti o comunque di aree pubbliche e riduzione delle opere civili necessarie per ottenere costi contenuti, rapidità di realizzazione e contenimento dell'impatto ambientale;
- utilizzo di sottosistemi che adottano soluzioni consolidate e con elevata duttilità di impiego per raggiungere elevate prestazioni ed elevati standard di sicurezza ed affidabilità, nonché possibilità di espansione;
- adozione di veicoli a pianale ribassato e di sistemi di informazione all'utenza che massimizzino la fruibilità e l'attrattività del sistema.

Per parametri geometrici di progetto si sono assunti gli stessi utilizzati per la redazione del progetto delle linee già realizzate ed in corso di realizzazione in quanto la tratta in questione, facendo parte di un unico sistema, non potrebbe avere caratteristiche differenti.

La sede tramviaria sarà pavimentata con materiali differenziati, sia che si trovi in seno alla sede stradale stessa che a seconda del contesto cittadino, e sarà sempre delimitata lateralmente da due “fasce” in rilievo che ne permetteranno l'immediata individuazione nella pavimentazione stradale.

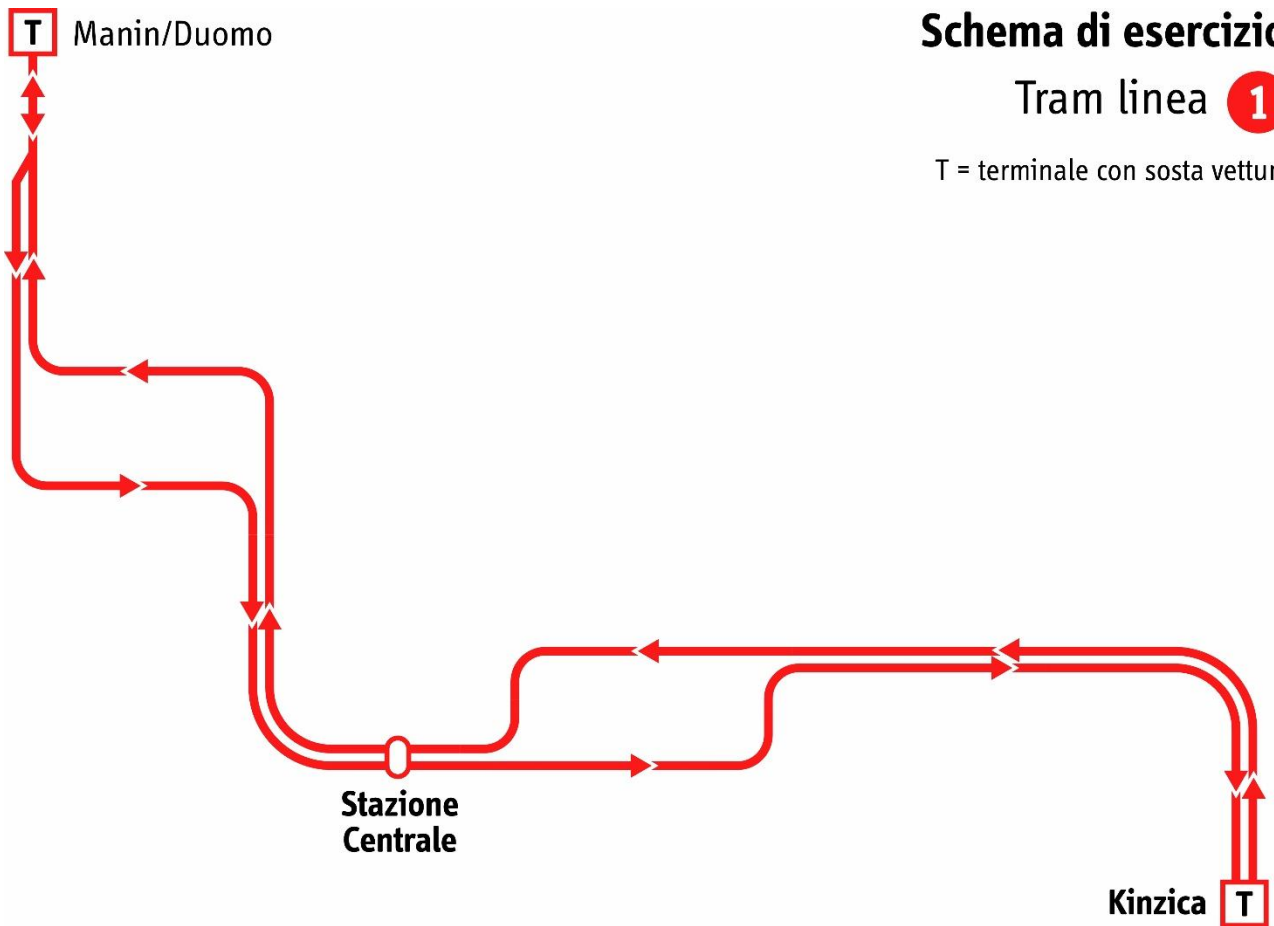
La sede tramviaria avrà una larghezza tra i 6,20m e 6,40m (misurata all'esterno dei cordoli di bordo), l'intervallo fra i binari (intesa come distanza da asse binario ad asse binario) assumerà il valore medio di 3,20 m, ovviamente tali larghezze possono assumere valori maggiori nei tratti di linea in curva per tenere in considerazione le fasce di ingombro dei veicoli tramviari che le percorrono.



## Schema di esercizio

### Tram linea **1**

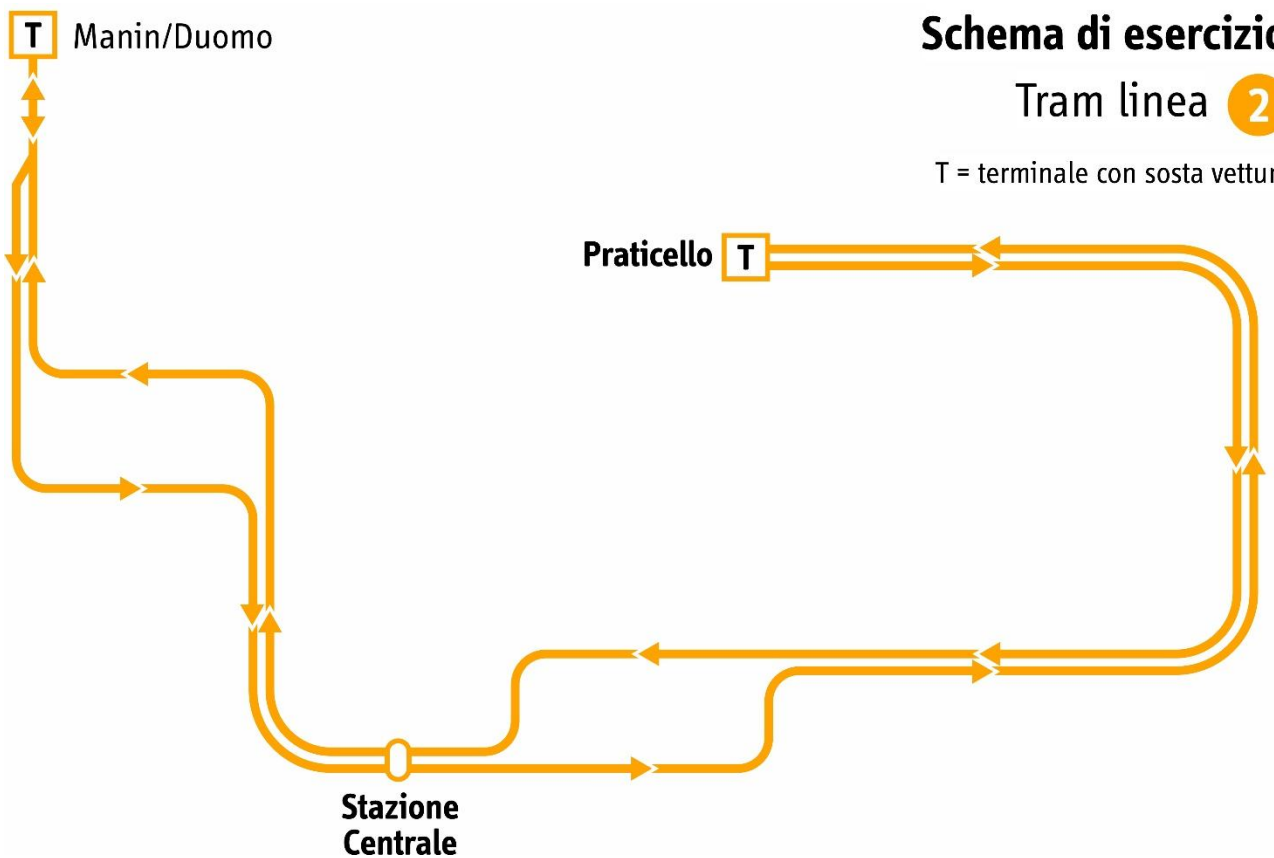
T = terminale con sosta vetture



## Schema di esercizio

### Tram linea **2**

T = terminale con sosta vetture



### 3.1. Trazione Elettrica

Per l'impianto di progetto è prevista l'adozione di una linea di contatto tradizionale, senza tratte in trazione autonoma con batterie di bordo. La linea di contatto sarà composta da un solo filo sagomato, progettato nel rispetto della norma CEI EN 50119 (CEI 9.2), e supportata, per il trasporto dell'energia occorrente, da un cavo a posa interrata (feeder).

Per il sostegno della linea di contatto sono state previste le seguenti tipologie, in funzione dei vincoli dettati dal tracciato, dalla viabilità connessa e dalla situazione urbanistica:

- sospensione con mensola orizzontale e sostegno poligonale a dodici lati posto lateralmente rispetto alla sede tramviaria;
- sospensione trasversale con funi trasversali isolate e ancoraggi a muro con appositi ganci, oppure sostegni in fregio a strade e piazze.

La posa del filo di contatto è prevista non regolata (fissa) ed i sostegni sono stati posizionati prevedendo campate di 25 metri circa.

### 3.2. Segnalamento

Il Sistema di Trasporto sarà dotato di un Sistema di Supervisione e Controllo tramviario in grado di essere di ausilio al conducente nella marcia a vista per permettergli di garantire i requisiti prestazionali di sistema richiesti. Il sistema di segnalamento assicura i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali:

- zone di manovra (capolinea o bivi);
- zone a scarsa visibilità (tunnel, sottopassi o curve);
- tratti di circolazione banalizzata a singolo binario;
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali);
- intersezioni tra le linee tramviarie.

In tali aree, saranno previsti degli apparati che permettono di ottenere un adeguato livello di sicurezza al fine di garantire i transiti dei veicoli onde evitare collisioni e/o deragliamenti al transito dei veicoli sui deviatoi.

### 3.3. Impianti luce e forza motrice

Gli impianti elettrici luce e forza motrice di linea a servizio delle fermate situate lungo il prolungamento saranno alimentati dalle nuove sottostazioni elettriche previste, localizzate lungo la linea tramviaria, da rete in bassa tensione.

Le linee elettriche saranno suddivise in *Normale* e *Permanente*, in uscita da un quadro già predisposto in ognuna delle sottostazioni elettriche (SSE) saranno posate all'interno di polifore interrate, raggiungendo le fermate e attestandosi ad un quadro elettrico di fermata dotato di comandi e protezioni per l'alimentazione dei circuiti e delle utenze della fermata stessa (obliteratrici, distributori biglietti, sistemi di telecomunicazione, impianti d'allarme, apparati IS, sezionatori di linea, predisposizione dell'alimentazione per il riscaldamento scambi, illuminazione esterna generale e d'emergenza).

### 3.4. Armamento

Il sistema di armamento prescelto per la redazione del progetto preliminare è del tipo a rotaia allettata - detto anche ERS (*Embedded Rail System*) e prevede la posa di rotaie rivestite da profili in gomma che vengono posizionate mediante portalini e fissate in opera con un getto di bloccaggio. Tale sistema largamente utilizzato in Europa (Parigi, Madrid, Bruxelles, Atene ecc.) è attualmente quello utilizzato, tra



l'altro, per la realizzazione delle linee 2 e 3 di Firenze. Variando le caratteristiche delle gomme sotto-rotaia e dell'eventuale materassino sotto-platea il sistema consente una notevole gamma di soluzioni prestazionali. Le recenti applicazioni, quali per tutte quella di Atene, hanno consentito di perfezionare la posa migliorando la precisione nell'allineamento delle rotaie nonché alcuni dettagli costruttivi, rendendolo sicuro e affidabile

### 3.5. Scartamento, rotaie

Lo scartamento dei binari dell'impianto di progetto è di 1.435 mm.

Lo stesso vale per la tipologia Ri60 di rotaia (forma, materiale, finitura, posa in opera) che verrà utilizzata. Entrambe le rotaie di corsa di ciascun binario in parallelo fungeranno anche da circuito di ritorno della corrente. I binari sono costituiti per l'intera linea da rotaie di tipo Ri60, con una conduttanza verso terra pari a 0,05 [S/km].

### 3.6. Curve, incroci e scambi

Per i limiti di velocità dovranno essere assunti i seguenti vincoli:

- velocità massima di linea pari a 50 [km/h];
- velocità massima alle intersezioni semaforizzate pari a 30 [km/h], da 100 metri prima dell'inizio dell'incrocio a quando il tram ha raggiunto con la testa la posizione finale dello stesso;
- velocità massima sugli scambi pari a 15 [km/h]
- velocità massima in curva in base a quanto definito nei documenti di progetto

Per i profili di velocità attesi tipici del rotabile, nelle due direzioni di marcia si rimanda all'elaborato "*Relazione tecnica di verifica della velocità commerciale e del parco rotabili*" TRPI-IM-ESE-ESE-RL001-A.

### 3.7. Carico massimo per asse

Il carico massimo ammissibile sarà pari a 11 t per asse. Allorquando si dovesse presentare la necessità (per intervenute richieste di modifica di configurazione rispetto al suddetto veicolo) di deviare dal suddetto limite, verranno valutate le eventuali restrizioni alla circolabilità e/o eventuali altre alternative.

### 3.8. Condizioni di aderenza

Il veicolo dovrà essere in grado di avere condizioni di aderenza adeguate in tutte le condizioni previste della linea con impianto ungiobordo attivo. Il rotabile dovrà disporre di impianti di sabbiatura per il miglioramento della movimentazione in caso di degni del coefficiente di aderenza ruota-rotaia.

### 3.9. Profilo altimetrico (massima pendenza)

Il profilo altimetrico preso in esame è quello riportato nei documenti di tracciato analitico di progetto, si rimanda per i valori tabellari alle planimetrie di tracciamento tavole TRPI-IM-INF-TRA-PL001-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL002-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL003-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL004-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL005-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL006-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL007-A, TRPI-IM-INF-TRA-PL008-A.

### 3.10. Linea di contatto

La linea di contatto di ciascun binario è costituita da un singolo filo di tipo Cu-ETP-AC di sezione nominale di 120 mm<sup>2</sup>.

| <b>Tipo</b>                   | <b>Sezione nominale [mm<sup>2</sup>]</b> | <b>Resistenza a 20°C [Ω/km]</b> | <b>Usura media [%]</b> | <b>Resistenza alla temperatura di esercizio con usura [Ω/km]</b> |
|-------------------------------|--|---------------------------------|------------------------|--|
| Filo di contatto<br>Cu ETP AC | 1x120                                    | 0,153                           | 20                     | 0,228  |
| Cavo RG7H1R<br>1,8/3 kV       | 1x300                                    | 0,0610                          | 0                      | 0,0754   |
| Cavo RG7OR<br>0,6/1 kV        | 1x300                                    | 0,0610                          | 0                      | 0,0754   |

È previsto un feeder positivo in parallelo alla linea di contatto, costituito da 4 cavi 1x300 mm<sup>2</sup> tipo RG7H1R 1,8/3 kV in rame con armatura, per tutta la lunghezza della linea, comprese le sezioni senza filo di contatto.

Sono previsti dei collegamenti equipotenziali circa ogni 400 m, ed in corrispondenza dei punti iniziali e finali delle sezioni senza linea di contatto sarà realizzata la richiusura del circuito con un cavo in rame da 300 mm<sup>2</sup>.

La corrente massima ammissibile nella linea di contatto è assunta pari a 320A, assumendo una temperatura ambiente di 40 °C, una sovratemperatura di 35 °C e un'usura del 30 %.

### 3.11. Alimentazione

La caratteristica delle SSE per le simulazioni di trazione è calcolata assumendo una potenza installata di 1.500 kW e una potenza di cortocircuito trifase pari a 325 MVA al primario dei trasformatori e il valore nominale della tensione secondaria dei trasformatori.

Gli alimentatori positivi sono realizzati con 4 cavi 1x300 mm<sup>2</sup> tipo RG7HIR 1,8/3 kV in rame con armatura. Per tutte le SSE si assume una lunghezza media degli alimentatori positivi pari a 100 m circa e che essi siano collegati 10 metri prima e dopo la posizione dell'asse neutro.

Gli alimentatori negativi sono realizzati con 5 cavi 1x300 mm<sup>2</sup> tipo RG7OR 0,6/1 kV in rame senza armatura. Per tutte le SSE si assume una lunghezza media degli alimentatori negativi pari a 100 m.

In base alla norma CEI EN 50163 sarà verificato che:

- la tensione al pantografo sia maggiore di 500 V
- la tensione al pantografo sia inferiore a 900 V, tranne che in fase di frenatura dei veicoli a recupero per cui la tensione al pantografo può essere compresa tra i 900 V e i 1000 V per un periodo massimo di 5 minuti primi.

## 4. Masse e carico utile

### 4.1. Criteri di calcolo

Le masse ed i carichi utili del veicolo devono essere determinati secondo la UNI EN 15663.

I carichi utili devono essere computati in ragione di 70 kg a passeggero.

L'area per i passeggeri in piedi è definita nella UNI EN 15663, escludendo anche le eventuali aree spazzate dalle ante delle porte esterne.

### 4.2. Masse massime

Il carico massimo per asse, con carico utile eccezionale, deve essere non maggiore di 11 t.

La disposizione delle apparecchiature sul rotabile sarà tale da consentire una ripartizione dei pesi il più simmetrica possibile, sia in senso longitudinale, sia trasversale.

## 5. Prestazioni di trazione e frenatura

### 1.1 Prestazioni di trazione e frenatura sotto catenaria

Le prestazioni indicate di seguito si riferiscono alle condizioni di binario in piano e rettilineo, con veicolo a carico utile eccezionale e con ruote nuove (UNI 11174 e UNI EN 13452-1), la tensione di alimentazione è di 750 Vcc.

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Accelerazione massima  | $\geq 1,1 \text{ m/s}^2$      |
| Accelerazione media [0-30 km/h]                                | $\geq 1,1 \text{ m/s}^2$      |
| Accelerazione residua a 70 km/h                                | $\geq 0,1 \text{ m/s}^2$      |
| Accelerazione su pendenza del 7% con un ramo di motore isolato | $\geq 0,2 \text{ m/s}^2$      |
| Velocità massima (*)   | 70 km/h                       |
| Minima decelerazione Frenatura di Servizio                     | $\geq 1,3 \text{ m/s}^2$ (**) |
| Minima decelerazione Frenatura di Emergenza                    | $\geq 2,8 \text{ m/s}^2$ (*)  |
| Minima decelerazione Frenatura di Soccorso                     | $\geq 1,0 \text{ m/s}^2$ (*)  |
| Jerk massimo in trazione e frenatura                           | $\leq 1,1 \text{ m/s}^3$      |
| Frenatura solo di tipo meccanica per velocità                  | $\leq 3 \text{ km/h}$         |

(\*) Il veicolo deve essere in grado di effettuare una marcia a velocità limitata (tipicamente 50 km/h); la limitazione di velocità può anche essere fatta non in sicurezza.

(\*\*) Le prestazioni di frenatura sono riferite alla decelerazione equivalente a come definito nella UNI 11174 art. 9.2 e UNI EN 13452-1

### 5.1. Prestazioni in condizioni degradate

Il veicolo con un primo guasto agli impianti di trazione deve essere in grado di eseguire il servizio passeggeri anche in condizioni di carico eccezionale per un intero turno macchina. In caso di un secondo guasto che generi la perdita del 50% della trazione il veicolo deve essere in grado di rientrare in deposito a tara ad una velocità limitata non minor di 30 km/h.

Il veicolo con un primo guasto alla frenatura meccanica deve essere in grado di eseguire il servizio passeggeri per l'intera giornata.

## 6. Caratteristiche del sistema frenante

Il sistema frenante del rotabile deve essere conforme alla UNI EN 13452-1 con le precisazioni riportate nella UNI 11174.

Il sistema frenante dovrà avvalersi dei seguenti impianti:

- Freno Elettrodinamico realizzato dagli azionamenti di trazione e reostato di frenatura, con recupero di energia verso la linea;
- Freno a Frizione sui carrelli motore e portante;
- Freno a pattini elettromagnetici sui carrelli motore e portante;
- Esso dovrà espletare le seguenti funzioni di frenatura: frenatura di Servizio, frenatura di Sicurezza o Soccorso, frenatura di Emergenza, frenatura di Trattenuta, frenatura di Stazionamento.

Dovranno essere previste le seguenti modalità di controllo della frenatura:

- Mediante manipolatore posto sul banco di manovra;
- In funzione dei passeggeri a bordo;
- Con algoritmi di antipattinante della frenatura elettrodinamica e ad attrito;
- Il veicolo dovrà prevedere un impianto per l'eiezione della sabbia in corrispondenza degli assi di estremità dei carrelli motorizzati in modo da aumentare l'aderenza ruota rotaia. Il comando di eiezione della sabbia sarà di tipo manuale su richiesta del conducente mediante apposito comando sul banco di manovra o in maniera automatica come specificato nei paragrafi nel prosieguo.

Ai fini del risparmio energetico e della riduzione dei costi di esercizio il sistema frenante dovrà essere opportunamente dimensionato per il massimo utilizzo della frenatura elettrodinamica.

In caso di avaria o momentanea indisponibilità degli azionamenti di trazione la frenatura meccanica dovrà subentrare così che la prestazione in frenatura non subirà diminuzioni.

### 6.1. Freno a frizione

Il freno a frizione dovrà essere realizzato per mezzo di pinze che dovranno serrare i dischi freno per l'applicazione di una forza generata da una molla.

Esso sarà di tipo elettroidraulico: con il fluido costituito da olio in pressione.

Le pinze freno dovranno essere di tipo passivo: in occasione della mancanza di pressione all'interno del circuito idraulico di frenatura (ad esempio per un guasto al circuito idraulico) dovrà svilupparsi la massima forza di frenatura che la pinza è in grado di sviluppare. La sfrenatura invece si realizzerà inviando olio in pressione al circuito di frenatura della pinza.

Il tipo di pinza utilizzato dovrà consentire l'implementazione della frenatura di stazionamento sullo stesso dispositivo fisico.

L'impianto sarà di tipo modulare, in tal modo, le pinze freno della sezione soggetta ad un guasto saranno sbloccate per proseguire la marcia in condizioni degradate.

Il dispositivo di sblocco manuale dovrà essere integrato nella pinza e in posizione ben visibile azionabile per mezzo di un apposito attrezzo.

## 6.2. Frenatura di Servizio

La frenatura deve essere comandata tramite il manipolatore di trazione-frenatura, lo sforzo di trazione sarà proporzionale alla rotazione della leva. La frenatura di servizio dovrà essere espletata, per quanto possibile, con la sola frenatura elettrodinamica utilizzando la frenatura elettroidraulica a sola integrazione.

Durante tale frenatura dovrà essere attivo il controllo dell'antipattinamento, sia elettrico che meccanico. Lo sforzo attuato terrà conto del carico variabile.

Dovrà essere inserita a banco una segnalazione quanto l'antipattinante è attivo.

La massima frenatura di servizio dovrà garantire una decelerazione equivalente (secondo quanto definito nella UNI EN 13452-1:2003) non minore di  $1,3 \text{ m/s}^2$  come richiesto nella UNI 11174:2014 art. 9.2

## 6.3. Frenatura di Sicurezza

La frenatura di sicurezza è applicata in caso di problema al sistema di propulsione del tram o dei controlli elettronici del freno. Essa deve intervenire automaticamente oppure su comando del conducente mediante un pulsante a fungo di colore rosso posto sul banco di manovra.

La frenatura di sicurezza deve essere eseguita con il solo contributo del freno meccanico senza alcun controllo elettronico nell'applicazione per garantire un alto livello di sicurezza; pertanto, lo sforzo non sarà modulato dal carico variabile o dall'antipattinante.

La frenatura di sicurezza dovrà garantire, a carico massimo e con un primo livello di guasto, la decelerazione equivalente di  $1,0 \text{ m/s}^2$  (livello di decelerazione in accordo alla EN13452).

In caso di intervento della frenatura di sicurezza dovranno essere attivate in contemporanea le sabbie.

Durante la frenatura di soccorso dovrà essere possibile, su richiesta del conducente, comandare l'intervento dei pattini elettromagnetici

## 6.4. Frenatura di Emergenza (o Emergenza 3 come da UNI EN 13452-1)

La frenatura di emergenza (SCEB – *Slide Controlled Emergency Brake*) è caratterizzata dal più alto valore di decelerazione richiesta, pertanto, sarà determinata dall'uso simultaneo di tutti i sistemi frenanti disponibili:

- Freno elettrico sui carrelli motore
- Freno meccanico sui carrelli motore e portante
- Pattino elettromagnetico sui carrelli motore e portante.

Il comando sarà impartito dal conducente ponendo il manipolatore di marcia nell'ultima posizione di frenatura. Durante questo tipo di frenatura, dovranno essere attivate in contemporanea le sabbie e saranno presenti gli algoritmi di controllo dell'antipattinante, elettrico e meccanico, ed il controllo del peso per adeguare lo sforzo frenante al carico reale.

## 6.5. Frenatura di Emergenza 1 (su comando Vigilante)

La tipologia di frenatura da associare all'intervento del dispositivo Vigilante è la frenatura di servizio al massimo valore, con il comando delle sabbie a prescindere dall'eventuale richiesta proveniente dai controlli dell'antipattinante elettrico e magnetico.

La massima frenatura di servizio dovrà essere una delle possibili frenature da associare all'intervento del vigilante come previsto dalla UNI EN 11174 (in particolare art. 10.4).

## 6.6. Frenatura di Trattenuta

Il freno di trattenuta (*holding brake*) dovrà essere applicato automaticamente quando la velocità è prossima a zero. Il freno di trattenuta dovrà essere in grado di mantenere il veicolo fermo in condizioni di carico eccezionale sulla massima pendenza per un tempo illimitato, come da UNI 11174.

## 6.7. Frenatura di Stazionamento

La frenatura di stazionamento o di parcheggio dovrà essere automaticamente applicata quando si disabilita il veicolo. La prestazione dovrà essere la stessa della frenatura di trattenuta.

# 7. Cassa del veicolo

Il veicolo sarà formato da più casse e potrà essere anche di tipo multiarticolato, le casse saranno collegate tra loro a mezzo di collegate tra loro a mezzo di opportune articolazioni ed intercomunicanti.

I moduli cassa saranno costituiti ciascuno da un telaio, due fiancate, un imperiale; le casse di estremità prevedranno una cabina di guida che dovrà essere separata dal comparto passeggeri mediante una parete divisoria, atta a proteggere la cabina dall'intrusione di malintenzionati, aggressori, vandali, ecc. Nella parete sarà prevista una porta per accedere in cabina transitando dall'interno del comparto, l'accesso in cabina sarà interdetto all'utenza mediante l'utilizzo di una serratura a chiave quadra.

Le fiancate esterne della cassa saranno verniciate e ricoperte da pellicole antigraffiti trasparenti e colorate secondo gli schemi di coloritura suggeriti dalla Committenza.

## 7.1. Struttura Cassa e Telaio

I materiali utilizzati per la costruzione delle casse possono essere scelti tra i seguenti:

- Leghe leggere di alluminio conformi alla norma UNI EN 13981;
- Acciai con alta resistenza all'ossidazione conformi alla UNI EN 10020.

Le casse saranno costituite prevalentemente di grandi estrusi disposti per la maggior parte nel senso longitudinale e saldati tra di loro, salvo ricorrere a materiali diversi (acciaio o compositi) dove questo possa rappresentare un vantaggio in termini di efficienza strutturale

Gli estrusi contempleranno inoltre i dettagli che servono a facilitare l'assemblaggio e la saldatura o che hanno aspetti funzionali per la realizzazione di appoggi, attacchi, passaggi o rinforzi.

Sui telai saranno inoltre previsti punti di sollevamento delle casse, da utilizzarsi nel rialzo veicolo, tramite sollevatori a colonna posti ai lati del veicolo, senza ricorso a montaggi/smontaggi e/o a speciali attrezzi di interfaccia.

Il rialzo sarà eseguibile a tram completo (tutte le casse contemporaneamente), anche con i carrelli *appesi*. I punti di sollevamento saranno indicati da pittogrammi.

Dovranno essere indicati i punti di sollevamento per eventuali operazioni di recupero in linea a seguito di incidenti o svii.

Dovrà essere previsto che il sollevamento possa essere eseguito con i carrelli vincolati alla cassa.

## 7.2. Resistenza della struttura

La struttura delle casse (da qui in poi si intende per cassa l'insieme di fiancate + telaio + imperiale + cabina di guida) deve essere dimensionata e costruita per poter garantire il servizio del rotabile senza che le sollecitazioni normali ed eccezionali alle quali può essere sottoposta, determinino deformazioni permanenti o rotture, tenendo conto anche del fenomeno della fatica e di tutte le condizioni di esercizio.

La struttura deve essere anche in grado di resistere a tutte le sollecitazioni derivanti dal deragliamento e dalle conseguenti azioni per la rimessa a binario con martinetti applicati in tutti i possibili punti utili a tale scopo.

Dovrà essere perseguito l'obiettivo della massima efficienza strutturale (intesa come rapporto leggerezza/rigidezza) pur in presenza di ampie superfici vetrate per la massima abitabilità del comparto.

I requisiti strutturali delle casse devono essere conformi alla norma UNI EN 12663 per un veicolo di categoria P-V come richiamato nella UNI 11174:2014 art. 12.2.

Il tetto deve essere in grado di sopportare in qualsiasi punto, oltre ai normali carichi, il peso di due persone (1.600 N) considerato concentrato.

## 7.3. Protezione da urti

La resistenza agli urti dovrà essere conforme alla norma UNI EN 15227:2020 per un veicolo (categoria C-IV), inoltre gli elementi di sacrificio strutturale/assorbimento degli urti saranno concepiti in modo da essere, installati sulle estremità dei veicoli e dotati di profilo antisormonto secondo norma UNI 11174oltreché facilmente sostituibili. Tali elementi saranno realizzati in modo da andare a preservare l'integrità strutturale e la sicurezza dei passeggeri nel pieno rispetto dei criteri definiti dalla EN15227.

La forma del frontale dovrà altresì essere concepita onde evitare che, un eventuale urto con un pedone, lo porti ad essere schiacciato al di sotto del tram

## 7.4. Calcoli delle strutture

Il Fornitore dovrà eseguire il calcolo della struttura della cassa con il metodo degli elementi finiti (FEM) e la conseguente verifica di resistenza sarà conforme alle prescrizioni della norma UNI EN 12663.

Il calcolo FEM sarà eseguito con l'impiego di software certificati di comprovata affidabilità.

Nel calcolo della struttura, che sarà presentato al Committente e ad ANSFISA per approvazione del progetto, saranno evidenziate le sollecitazioni derivanti dalle condizioni di carico massime previste, e i rispettivi coefficienti di sicurezza.

## 7.5. Fiancate

La struttura delle fiancate di ogni cassa sarà composta da elementi che realizzino i montanti delle porte e i vani delle finestre.

Si richiede particolare cura nella realizzazione del davanzale sopra porte e finestre, soprattutto in corrispondenza degli spigoli, per conferire all'insieme della struttura la necessaria resistenza prevenendo concentrazioni di tensioni e favorendo una distribuzione degli stress più possibile omogenea e progressiva.

L'ampiezza dei vani delle finestre verrà scelta in modo tale da assicurare il massimo della luminosità all'interno del comparto passeggeri in sintonia con le indicazioni del design.

Sulle fiancate del veicolo saranno previsti punti di alloggiamento dei cartelli indicatori di percorso laterali.

## **7.6. Imperiale**

Particolare cura ai fini della resistenza dell'imperiale deve essere posta nella definizione delle sezioni delle centine di estremità delle casse, che, risultando aperte per il passaggio della passerella, dovranno essere in grado di sostenere tutte le sollecitazioni indotte sulla struttura dalla linea nonché degli sforzi trasmessi dalle apparecchiature poste sull'imperiale, senza che si manifestino deformazioni permanenti o fenomeni significativi di fatica.

L'imperiale dovrà essere concepito in modo da evitare ristagni di acqua piovana e deve essere dotato di gocciolatoio per convogliare l'acqua piovana sulle estremità delle casse e/o di canali di scolo dell'acqua. In ogni caso la caduta dell'acqua non potrà interessare la zona della cabina di guida e le porte della vettura (eventualmente potranno essere previsti gocciolatoi sopra porte, purché in sagoma).

Il drenaggio della condensa prodotta dagli impianti di climatizzazione avverrà tramite appositi canali di scolo che la trasportino fino al sotto-cassa, evitando che la condensa scoli sull'imperiale.

L'imperiale dovrà essere concepito per limitare il rumore emesso dalle apparecchiature sul tetto, limitare l'ingresso di foglie e sporcizia sulle stesse e comunque concepito in modo da facilitare la pulizia da foglie e rami eventualmente depositatisi.

Oltre alle apparecchiature necessarie per il funzionamento del tram, sull'imperiale troveranno alloggiamento le antenne degli impianti terra-bordo (es.: Radiocomunicazione, Radio Comando Scambi,), in posizioni congruenti con l'ubicazione dei relativi apparati all'interno dei veicoli.

Il tetto del tram ed i cassoni dovranno essere calpestabili.

## **7.7. Testate anteriori**

Le testate delle casse di estremità comprendenti la cabina di guida avranno un profilo aerodinamico tale da rendere il rotabile di piacevole aspetto estetico, consentire la massima visibilità al manovratore e proteggere la cabina di guida dall'irraggiamento solare quanto più possibile.

Sulle testate saranno previsti i vani per l'alloggiamento degli indicatori di percorso. Ciascuno di essi sarà realizzato in maniera tale da essere agevolmente visibile dal piano stradale stando in piedi in prossimità di ogni cabina di guida.

Sui frontali delle testate, all'estremità del tetto e da ambo i lati saranno previsti attacchi (in acciaio inossidabile) atti a ricevere l'astina porta-bandierina.

Per consentire il rimorchio dei rotabili dovranno essere previsti sulle testate elementi che permettano il collegamento meccanico tra il rotabile ed il veicolo trainante.

L'accoppiabilità tra il rotabile ed il veicolo trainante dovrà essere garantita in qualsiasi condizione.

L'operazione di accoppiamento meccanico dovrà poter essere condotta in sicurezza, senza l'ausilio di attrezzi speciali

Per consentire il rimorchio dei rotabili dovranno essere previsti sulle testate elementi che permettano il collegamento meccanico tra il rotabile ed il veicolo trainante. L'operazione di accoppiamento di due mezzi, sia per i collegamenti meccanici che elettrici, potrà essere di tipo manuale o semiautomatico; in ogni caso dovrà poter essere effettuata da non più di due conducenti. Il meccanismo di accoppiamento



non dovrà essere in vista, né sporgere dal filo cassa quanto non utilizzato. Nel caso in cui il traino o la spinta è effettuata da un altro rotabile, dovrà essere garantita:

- La comunicazione in interfono fra le cabine di guida;
- L'illuminazione nel comparto passeggeri del mezzo in avaria;
- L'illuminazione esterna;
- Il comando dei pattini elettromagnetici;
- Il comando dell'interruttore extrarapido;
- Il funzionamento del circuito del laccio delle sicurezze (inclusa la frenatura del mezzo in caso di interruzione dello stesso).

Dovrà essere garantita la compatibilità funzionale (elettrica meccanica) con l'UNIMOG ed in fase esecutiva dovrà essere redatto un documento che attesti la performance in marcia traino. L'accoppiabilità tra il rotabile ed il veicolo trainante dovrà essere garantita in qualsiasi condizione. In particolare, anche in salita o in curva. Dovrà essere inoltre fornita adeguata procedura che preveda le modalità di marcia traino in sicurezza in caso di impossibilità di accoppiare elettricamente il tram guasto con UNIMOG e tram. Sulle testate dovranno essere previsti i vani per l'alloggiamento degli indicatori di percorso. Ciascuno di essi dovrà essere realizzato in maniera tale da essere agevolmente visibile dal piano stradale stando in piedi in prossimità di ogni cabina di guida.

## **7.8. Saldature**

Tutte le saldature relative alle casse dovranno essere progettate ed eseguite secondo la norma UNI EN 15085, sia per l'acciaio, sia per la lega leggera. In conformità alle norme, le saldature saranno di tipo e classe idonee alle sollecitazioni riscontrate ed eseguite da tecnici qualificati.

## **7.9. Protezione dalla corrosione**

La protezione delle superfici a contatto tra metalli diversi, nei confronti del flusso di correnti galvaniche, potrà essere realizzata per interposizione di rivestimento laminare di zinco quale materiale di sacrificio, con collante elettroconduttore o procedimento simile di comprovata validità. Gli aspetti di dettaglio dovranno far riferimento agli standard previsti dal Costruttore e riportati nel Progetto Esecutivo.

## **7.10. Isolamento termo acustico**

Per realizzare l'isolamento termico ed acustico della cassa si ricorrerà all'uso di materiali isolanti con ottime caratteristiche di isolamento, adesione, resistenza all'invecchiamento, stabilità all'umidità e di conformità ai requisiti fuoco-fumi.

## **7.11. Intercomunicante**

Le casse saranno collegate tra loro, mediante articolazioni e intercomunicanti. Il fornitore dovrà eseguire il calcolo della struttura dell'articolazione con il metodo degli elementi finiti (FEM) e la conseguente verifica di resistenza sarà conforme alle prescrizioni della norma UNI EN 12663, secondo le stesse modalità del calcolo della cassa.

Da un punto di vista cinematico, l'intercomunicante sarà realizzato in modo tale da:

- consentire l'iscrizione in curva del rotabile ed accettare tutte le irregolarità del binario ammesse;
- tollerare le possibili variazioni di altezza a seconda dello stato di carico delle sospensioni e dell'usura delle ruote;
- permettere la iscrizione del rotabile sul raccordo di curva verticale prevista dalla linea senza che si manifestino interferenze, anche nelle condizioni di massima usura.

- Il pavimento degli intercomunicanti non dovrà presentare rialzi significativi rispetto a quello delle casse.

Particolare cura sarà dedicata alla progettazione ed alla realizzazione delle tenute, al fine di evitare qualsiasi infiltrazione d'aria, d'acqua, neve, sporcizia dall'esterno, specialmente fra gli elementi accostati e mobili, in modo da non pregiudicare il comfort dei passeggeri.

Gli intercomunicanti dovranno essere studiati per la massima funzionalità nei riguardi della manutenzione (accessibilità, smontabilità, pulibilità).

Tutti i componenti e gli arredi posti in corrispondenza delle zone intercomunicanti dovranno ridurre al minimo il rischio di schiacciamento e di tranciamento di qualsiasi parte del corpo.

## 7.12. Intercomunicante

Le casse saranno collegate tra loro a livello imperiale da due smorzatori che dovranno attenuare le oscillazioni dinamiche.

## 8. Arredi interni

L'arredamento interno del rotabile, sia del comparto passeggeri, sia delle cabine di guida, deve essere realizzato con materiali esenti da amianto e suoi derivati o composti. Deve essere evitato anche l'impiego di composti bituminosi, lana di vetro, lana di roccia, materiali a base fibrosa con diametro minimo della fibra inferiore a 6 micron e quant'altro, alla luce dello stato dell'arte della conoscenza tecnica specialistica al momento dell'inizio della costruzione, venga ritenuto inquinante per l'ambiente, tossico o nocivo per i viaggiatori e per gli operatori addetti alla condotta e manutenzione del rotabile.

Inoltre, per tutti gli eventuali materiali non interamente metallici, che comportino o possano comportare rischi per i viaggiatori, per il personale di condotta e di manutenzione e rischi per l'inquinamento ambientale, il Fornitore deve fornire la **Scheda di sicurezza dei materiali in ottemperanza** al regolamento CE 1907/2006, al successivo 453/2010 ed alle direttive europee e nazionali in materia.

Tali materiali saranno conformi ai requisiti per il comportamento al fuoco secondo la serie delle norme CEI UNI EN 45545-2/Ab.

Saranno evitati spigoli vivi, bordi taglienti, vetri all'interno del comparto, elementi di inciampo.

Saranno evitate forme concave per non immagazzinare polvere e sporcizia o creare volumi nascosti che possano costituire accumulo per materiali infiammabili e rendere difficoltose le operazioni di pulizia

Per tutte le parti verniciate verranno utilizzati colori RAL.

L'arredamento del rotabile, oltre che sedili e mancorrenti, integrerà tutti gli elementi funzionali necessari all'esercizio e alla manutenzione, quali: illuminazione, distribuzione aria climatizzata, maniglie di apertura porta in emergenza, selettori di disalimentazione porte, postazioni di allarme, videocamere, prenotazione fermata, indicatori di percorso, postazione disabile e suoi accessori, altoparlanti, convalidatrici, accessibilità a tutti i vani tecnici (es.: cassonetti meccanismi porte, mantovane con apparecchiature, vano filtri climatizzatore, ...), ecc., nonché la predisposizione per l'installazione dei sistemi infomobilità.

Dovrà essere posta cura nella scelta dei materiali volta alla resistenza agli atti vandalici; tali materiali dovranno essere in linea con gli standard in uso sui veicoli adibiti al trasporto pubblico. La sistemazione degli allestimenti e la scelta dei materiali e delle eventuali protezioni dovranno scoraggiare, per quanto possibile, il verificarsi di atti vandalici (quali graffi, strappi, smontaggi, ecc.).

Le pannellature dotate di chiave dovranno essere composte da parti facilmente rimovibili per consentire l'accesso e le operazioni di manutenzione delle apparecchiature.

## **8.1. Rivestimenti**

I rivestimenti interni delle pareti saranno verniciati con trattamenti antigraffiti.

Il montaggio dei rivestimenti sarà realizzato in modo semplice, sicuro ed esteticamente piacevole, in maniera tale da non generare rumore o vibrazioni nel corso del servizio.

Per quanto possibile, non vi saranno viti a vista.

I vani porte passeggeri saranno inoltre provvisti di guarnizioni perimetrali oltre che per la tenuta a porte chiuse, anche per evitare condizioni di pericolo per i passeggeri.

Le coperture dei vani di accesso alle apparecchiature (mantovane, porte di armadi...) saranno dotate di serratura a chiave quadra e di pittogrammi per l'identificazione di quadri elettrici.

Saranno preferibilmente usati materiali quali alluminio per ridurre il peso ed il carico di incendio dei rivestimenti, riservando alle forme più complesse (quali coprimontanti porta, carter per sistemi di infomobilità etc.) materiali in composito.

### **8.1.1. Rivestimenti del cielo**

Particolare attenzione dovrà essere dedicata alla progettazione del cielo che chiude la zona superiore del comparto passeggeri. Esso dovrà integrare la parte centrale, preferibilmente in alluminio, dalla quale proverrà l'aria condizionata dagli HVAC, i corrimani longitudinali, le mantovane di chiusura dei vani tecnici del sottocielo, i canali luminosi a LED per l'illuminazione comparto.

## **8.2. Targhette e Pittogrammi**

Targhette e pittogrammi, devono essere pellicole adesive garantite dal Fornitore per un periodo non inferiore a 10 anni.

Tutti i pittogrammi devono essere costituiti da uno strato stampato e uno strato protettivo antigraffiti trasparente.

Con le targhette suddette devono altresì essere segnalati tutti quegli apparati o sottoassiemi richiamati sul monitor di cabina in modalità diagnostica-consulazione come porte, motori, centraline e quant'altro necessario a semplificare l'individuazione del sottoinsieme guasto da parte del tecnico di manutenzione che consultasse lo strumento di diagnosi di bordo.

Le targhette dovranno identificare, con lo stesso codice della diagnostica, tutti i componenti che il personale di guida potrà manovrare.

## **8.3. Spazi pubblicitari**

All'interno del comparto passeggeri, possibilmente nella fascia sopra ai finestrini, comunque in posizioni da concordare con il Committente dovranno essere previsti sedi per l'applicazione di cartoni pubblicitari.

## **8.4. Sedute**

La forma, la costituzione ed i colori saranno definiti dal Fornitore in relazione ad ergonomia, resistenza ai normali sforzi di utilizzo e ai vandalismi.

La struttura portante dei sedili sarà solidale con la cassa, con sistemi di fissaggio che ne scaricano le sollecitazioni sulle parti resistenti.

Il sistema di fissaggio dei sedili sarà tale da facilitare la pulizia del comparto passeggeri nella zona sottostante i sedili (es. la soluzione di sedili appesi alla fiancata o “cantilever” è più vantaggiosa che quella di sedili con gambe fissate al pavimento).

I sedili saranno dotati di maniglioni di appiglio.

I sedili trasversali saranno dotati di maniglioni di appiglio sugli schienali.

In caso di utilizzo di vani sotto-sedile, questi saranno ben delimitati ed opportunamente protetti per evitare atti vandalici o manomissioni da parte dei passeggeri.

I sedili saranno sottoposti al Committente per approvazione.

I sedili saranno realizzati con materiali che garantiscano la sicurezza al fuoco, fumi e tossicità come da normativa in vigore.

### **8.5. Mancorrenti e piantane**

Devono essere previsti mancorrenti e piantane in acciaio inox per l'appiglio in sicurezza dei passeggeri in piedi.

La posizione sarà conforme alla UNI 11174.

Devono essere previste maniglie aggrappa-mani sui mancorrenti orizzontali; esse saranno bloccate per impedirne lo scorrimento.

I mancorrenti e le piantane saranno opportunamente ancorati alla struttura delle casse in modo tale da evitare vibrazioni degli stessi.

Saranno inoltre previste delle maniglie di appiglio sugli schienali dei sedili trasversali.

### **8.6. Finestrini**

I finestrini saranno dotati di controtelaio in lega leggera, che verrà fissato alla struttura cassa, diventandone esso stesso parte integrante, mentre i finestrini e/o vetri saranno installati per mezzo di guarnizione in gomma alloggiata sul controtelaio di facile applicazione e resistente nel tempo.

Lo smontaggio dei finestrini dovrà essere semplice senza implicare preventivi smontaggi di altri elementi.

I finestrini saranno realizzati con vetri fissi.

I cristalli saranno atermici, infrangibili e opportunamente oscurati per attenuare la luminosità solare esterna

I parametri ottici ed energetici saranno determinati e definiti dalla norma EN 410.

I vetri laterali saranno conformi a quanto prescritto dal Codice della Strada e dal resto della legislazione vigente per i veicoli stradali, come da norma UNI 11174:2014 art.14.2

I cristalli saranno a lastra unica e le metodologie di collaudo rispetteranno la norma UNI 7348, per quanto applicabile.

## 8.7. Messe a terra

Tutte le parti metalliche a contatto con l'utenza ed il personale di servizio quali rivestimenti, mancorrenti, mantovane, compreso i telai dei finestrini, saranno dotate di messe a terra in conformità a quanto previsto dalla Circolare Ministeriale 4/81.

Il riferimento generale per la protezione dai pericoli di origine elettrica dovrà essere la CEI EN 50153/A2

## 8.8. Pavimento

Il pavimento del comparto passeggeri dovrà essere il più possibile orizzontale, nelle aree di transito del comparto non saranno presenti gradini, saranno possibili rampe di raccordo tra zone poste a quote differenti rispetto al piano del ferro; ubicazione e pendenze delle rampe dovranno rispettare quanto indicato nella norma UNI 11174 art. 5.2.3.

Il pavimento dovrà sopportare, senza deformarsi in modo permanente, un carico di 7000 N/m<sup>2</sup>.

La struttura del pavimento dovrà essere concepita in modo tale da contenere i livelli di rumorosità.

Il rivestimento superficiale sarà in gomma, avrà con uno spessore compreso tra 2 e 3 mm conforme ai requisiti fuoco/fumi e con proprietà antisdrucchiolo anche in condizioni di pavimento bagnato secondo normativa. Il profilo del tappeto sarà tale da rendere agevole la pulizia, anche meccanizzata, del comparto passeggeri ed armonizzarsi esteticamente con l'insieme dell'arredamento.

Il pavimento sarà realizzato con materiali che garantiscano la sicurezza al fuoco, fumi e tossicità come da normativa in vigore.

La pavimentazione dovrà riportare eventuale segnaletica prestampata dove si renda necessario comunicare all'utente l'eventuale destinazione di quell'area, come ad esempio l'area destinata allo stallo delle biciclette, l'area destinata all'eventuale utilizzo da parte di utenti a mobilità ridotta, aree dove è preclusa l'occupazione da parte dei passeggeri

## 8.9. Postazione PRM: Persona a ridotta mobilità

Per i passeggeri a ridotta mobilità che affidano la loro mobilità all'uso di carrozzelle, dovranno essere previste quattro postazioni poste in prossimità delle porte passeggeri a doppia anta.

Ciascuna postazione, in conformità alla 2001/85/CE, dovrà essere dotata di:

- Uno schienale fisso con una cintura di sicurezza con aggancio a due punti e con avvolgitore automatico.
- Un mancorrente orizzontale a parete
- Una pulsantiera agevolmente azionabile dal passeggero in carrozzella
- Una targa esplicativa sull'utilizzo della pulsantiera.

Il sistema di aggancio sarà dimensionato, in conformità alla UNI EN 12663-1:2015, per resistere a forze conseguenti ad accelerazioni di 2g.

Le obliterate prossime alla postazione PRM saranno ubicate in modo da poter essere utilizzate dal passeggero in carrozzella.

Lo stato di occupazione della postazione PRM dovrà essere segnalato all'esterno del veicolo tramite segnale luminoso e segnalato anche in cabina di guida.

## 8.10. Allestimento tecnologico

In prossimità delle sedute dovranno essere previste porte USB sulle pannellature per la ricarica di dispositivi mobili. I veicoli saranno dotati di access point per consentire ai passeggeri di collegarsi anche alla rete pubblica WiFi.

I veicoli dovranno essere dotati di un numero adeguato di estintori a polvere omologati e con indicatore di carica.

## 8.11. Trasporto Biciclette

In corrispondenza delle cabine anteriore e centrale dovranno essere previsti idonei sistemi di ancoraggio per il trasporto di almeno n. 2 biciclette.

# 9. Cabina di guida

Il veicolo, essendo di tipo bidirezionale, è dotato di n.2 cabine di guida progettate per offrire comfort e sicurezza al conducente.

La cabina di guida dovrà essere separata dal comparto passeggeri mediante una parete trasversale. L'accessibilità alla cabina sarà dal comparto viaggiatori mediante una porta. La porta dovrà essere dotata di maniglia che permetta una chiusura e apertura agevole ed in totale sicurezza per le mani del conducente e del personale di servizio. Dovrà inoltre essere dotata di serratura di apertura/chiusura efficace e che consenta lo sblocco dall'esterno della cabina con chiave di servizio, in casi di malore del conducente.

La parete di separazione e la porta di cabina saranno munite di superfici vetrate per consentire al conducente di visionare il comparto passeggeri.

Gli spazi e l'ergonomia del posto conducente dovranno essere compatibili dai percentili donna 5° fino ai percentili uomo 95°: persone di altezza compresa fra 1,52 m. e 1,95 m. L'altezza interna della cabina sarà non minore di 2.000 mm.

La struttura dovrà avere resistenza tale da proteggere il manovratore in caso di urto specialmente con i rotabili stradali e rendere rapida l'evacuazione del manovratore in caso di necessità.

I cristalli del parabrezza e dei finestrini laterali dovranno essere conformi a quanto prescrive la norma UNI 11174. La pulizia del parabrezza sarà assicurata da un tergicristallo, completo di lavavetro, azionato da un motorino elettrico a velocità regolabili dal conducente con apposito comando sul banco di manovra. La superficie del parabrezza frontale e dei vetri laterali (destra e sinistra) della cabina di guida dovranno essere muniti di appositi sistemi tali da assicurare lo sbrinamento e il disappannamento.

Il vetro laterale sul lato destro della cabina dovrà avere un finestrino apribile per consentire al conducente di scambiare documenti e comunicare con l'esterno senza abbandonare la cabina di guida.

L'arredamento interno della cabina di guida non presenterà asperità, sporgenze, spigoli vivi, ecc. tali da ostacolare i movimenti o causare infortuni al personale.

## 9.1. Ergonomia e Visibilità posto guida

La Ergonomia e la visibilità del posto di guida dovranno essere conformi a quanto riportato nella norma UNI 11174

## 9.2. Sistema retrovisivo

Lateralmente alle testate, su entrambi i lati, dovranno essere applicate opportune telecamere per la visibilità del fianco del veicolo da parte del conducente. In aggiunta dovrà essere prevista anche una telecamera per la visione attiva durante la retromarcia.

Inoltre, dovranno essere previsti specchi retrovisori che in posizione retratta devono risultare alloggiati in apposita nicchia ricavata nella carrozzeria per non interferire con i sistemi di lavaggio meccanizzati. Gli specchi saranno orientabili mediante comando elettrico da consolle e dotati di sistema di sbrinamento attivabile dalla consolle di banco.

## 9.3. Banco di manovra

I comandi del banco dovranno essere facilmente raggiungibili dall'operatore stando comodamente seduto nella sua posizione di guida. La visibilità della strumentazione sarà garantita in ogni condizione di luce.

I pulsanti saranno di tipo retro illuminati e consentiranno la verifica dell'avvenuta attivazione del meccanismo.

La consolle sarà suddivisa in zone di intervento/controllo di tipo "primario" e zone di intervento/controllo di tipo "secondario" più una zona di consultazione saltuaria.

Il manipolatore di trazione e frenatura (master controller) sarà posto sul lato sinistro del banco di manovra.

Sarà previsto un monitor con capacità di elaborazione dati e con funzioni integrate di diagnostica, visualizzazione stati veicolo, videosorveglianza, impostazione dati veicolo.

L'architettura del sistema d'interfacciamento tra banco di manovra ed i dispositivi che presiedono al controllo della marcia del rotabile, dovrà essere tale che all'occorrenza del primo guasto, di qualunque tipo, sia sempre possibile il controllo del rotabile dal banco di manovra della cabina di testa senso marcia.

Il banco dovrà essere concepito in maniera tale da contenere tutte le apparecchiature di comando e di controllo, poste in modo da rendere agevole i comandi e la visualizzazione delle indicazioni da parte del manovratore con tutte le condizioni di luce esterna.

Il banco sarà sottoposto al Committente per approvazione.

Sotto il banco sarà prevista una nicchia per consentire al manovratore di distendere le gambe.

## 9.4. Illuminazione cabina

L'illuminazione di cabina sarà di tipo a LED, dovrà assicurare un flusso luminoso medio di 290 lux a 120 cm dalla superficie del pavimento. Sarà possibile l'uso di luci a spot dedicate all'illuminazione delle piastre comandi e/o dei pannelli interruttori/selettori. L'illuminazione della cabina e l'illuminazione spot dovrà essere posizionata in modo tale da non provocare riflessi sulle vetrate della cabina e non provocare abbagli al conducente.

## 9.5. Illuminazione esterna

La tipologia, le caratteristiche e il posizionamento dei dispositivi di illuminazione e segnalazione visiva esterni e dei proiettori frontali abbaglianti e anabbaglianti dovranno essere conformi alle corrispondenti

disposizioni prescritte dal Codice della Strada per i veicoli stradali e prevedere i dispositivi indicati dalla norma UNI 11174.

Deve essere prevista la possibilità di azionare contemporaneamente tutti i segnalatori di direzione (funzione “4 frecce”)

## 9.6. Sedile

Il sedile dovrà consentire, attraverso una serie di regolazioni, di ottenere una corretta postura del conducente.

Il sedile sarà dotato di un sistema di molleggio in grado di ammortizzare le vibrazioni trasmesse dal veicolo durante la marcia.

Il sedile del conducente dovrà essere dotato di sistema poggiatesta per garantire un grado di protezione adeguata in caso di collisione.

I rivestimenti della seduta, dello schienale e del poggiatesta saranno in materiale lavabile, antistatico traspirante e rispondente alle normative fuoco-fumi CEI UNI EN 45545-2/Ab

## 9.7. Accessori

Il parabrezza sarà dotato di tendina parasole. Nell’ambiente cabina devono essere alloggiati in modo coordinato e funzionale i seguenti attrezzi e accessori di corredo:

- N. 1 appendi abito
- N. 1 attrezzo per l'eventuale comando manuale degli scambi
- N. 1 estintore a polvere da 6 kg omologato e con indicatore di carica
- N. 1 lampada fluorescente portatile d'emergenza
- N. 1 portacedule
- N. 1 martelletto frangivetro
- N. 1 cassetta di pronto soccorso
- N. 1 tendina parasole per il parabrezza frontale.

## 10. Carrelli

I carrelli, di tipo motore e portante, dovranno essere dotati di sala tradizionale con ruote calettate su assili rigidi di modo che le ruote di uno stesso assile siano non indipendenti.

Possibilmente i carrelli portanti avranno la medesima struttura dei carrelli motori.

I carrelli dovranno essere progettati in modo da garantire il minimo valore di masse non sospese, la massima silenziosità, la semplicità nello smontaggio dei principali componenti del carrello, una buona accessibilità per la misurazione dei parametri caratteristici del rodiggio, un’agevole accessibilità allo sblocco delle pinze freno, il contenimento dei costi di manutenzione e la loro movimentazione tramite carro ponte quando sono smontati dai rotabili.

Saranno garantiti il rispetto dei valori di sghembo secondo norma UNI 11174:2014 art. 4.9 trazione.

- Il passo del carrello dovrà essere [1800 mm.
- Scartamento 1435 mm.
- Il diametro delle ruote a nuovo  $\geq 620$  mm
- La massima usura del raggio della ruota potrà variare nell’intervallo: 20 mm [ usura [ 40 mm



Sui carrelli motorizzati il motore e il riduttore dovranno essere solidali e completamente sospesi. Dovrà essere garantita la sostituzione dell'intero gruppo motoriduttore anche dal lato del veicolo, senza rimuovere il carrello dalla cassa.

Il riduttore sarà dimensionato secondo la norma ISO 6336, o norma di cui sia dimostrata l'equivalenza, in modo esuberante rispetto a quanto previsto per la specifica applicazione e sviluppato in modo da risultare il più silenzioso possibile.

I cuscinetti delle boccole saranno progettati in accordo alla EN 12080 e testati in accordo alla EN 12082, il grasso sarà conforme alle EN12081.

I cuscinetti dovranno essere del tipo *zero-manutenzione* e non saranno richieste operazioni di rabbocco grasso in servizio fra due revisioni generali.

Sulla struttura dovranno essere previsti opportuni fermi atti ad assorbire le reazioni di frenatura dei pattini elettromagnetici, se questi sono fissati alla struttura del rodiggio.

Dovranno inoltre essere previsti gli attacchi per i dispositivi per la sabbiatura, l'impianto ungiabordo, per le antenne dell'impianto di segnalamento e di predisposizione apertura porte e quant'altro necessario.

Sui carrelli o i rodiggi d'estremità dovranno essere previsti opportuni elementi atti a respingere verso l'esterno eventuali corpi giacenti sulla sede tranviaria; tali dovranno essere posti il più vicino possibile al piano del ferro e comunque a filo del massimo ingombro verticale degli organi applicati.

Dovrà essere specificato il ciclo di verniciatura di tutti gli elementi del carrello.

Dovrà essere curata la tenuta stagna delle eventuali strutture scatolate affinché possa eseguirsi il lavaggio del carrello senza particolari accorgimenti in merito. Deve essere specificato il ciclo di verniciatura di tutti gli elementi del carrello.

Tutti gli elementi elastici del rodiggio, sospensioni comprese, dovranno essere caratterizzati e certificati da prove di fatica ed invecchiamento e devono essere predisposte apposite specifiche tecniche di omologazione e collaudo a nuovo ed in esercizio dei vari componenti.

Gli elementi elastici delle ruote dovranno avere caratteristiche tali da garantirne la tenuta e l'integrità almeno per tutta la durata del cerchione.

I cuscinetti dovranno essere del tipo normalizzato, ampiamente sperimentati nel campo ferroviario, del tipo a gabbia massiccia e garantire una durata non inferiore ad 1 milione di km.

### **10.1. Requisiti strutturali dei carrelli e delle sale**

Il dimensionamento e la verifica strutturale del telaio del carrello dovranno essere eseguiti secondo la norma UNI EN 13749:2021 come specificato dalla UNI 11174.

Tutte le saldature relative ai carrelli dovranno essere progettate ed eseguite secondo la norma UNI EN 15085. In conformità alle norme, le saldature dovranno essere di tipo e classe idonee alle sollecitazioni riscontrate ed eseguite da tecnici qualificati.

L'assile, del tipo classico, costituente la sala montata dovrà essere costruito in acciaio secondo la norma UNI EN 13261. Il dimensionamento e la verifica strutturale dovranno essere eseguiti secondo le norme UNI EN 13103 (sale motrici) e UNI EN 13104 (sale portanti).

Nel caso di sale a boccole interne, in assenza di standard EN per la progettazione, il fornitore dovrà proporre un metodo alternativo di comprovata affidabilità.

L'assile dovrà riportare un foro di diametro 30 mm per il controllo periodico ultrasonico mediante borosonda.

## **10.2. Ruote**

Le ruote saranno del tipo elastico (rif. norma UNI 11174:2014 art. 6.2).

I centri ruota dovranno essere costruiti in acciaio laminato secondo le norme UIC 812-1 e 5.

Il cerchione dovrà essere costruito in materiale B6T secondo UIC 810-1.

Il profilo ruota dovrà essere ottimizzato a partire dal profilo UNI 3332.

La larghezza del cerchione dovrà essere di 105 mm.

Le ruote dovranno avere un diametro a nuovo non minore di 620 mm e un valore di usura sul raggio compreso tra 20 e 40 mm.

Tra i cerchioni ed i centri ruota dovranno essere previste opportune trecciole di messa a terra facilmente applicabili anche in opera, per assicurare la continuità elettrica tra le due parti, nel rispetto dei parametri richiesti nella EN 13260. Gli elementi elastici delle ruote avranno caratteristiche tali da garantirne la tenuta e l'integrità almeno per tutta la durata del cerchione.

## **10.3. Sospensioni**

Il rotabile sarà dotato di due livelli di sospensione.

Ciascun livello avrà caratteristiche elastiche tali da garantire che la frequenza propria sia il più possibile costante per qualsiasi condizione di carico del rotabile.

Per limitare gli spostamenti delle sospensioni entro i limiti ammessi dalla sagoma limite del veicolo, dovranno essere applicati dei fine corsa di tutti gli stadi di sospensione in tutte le direzioni, di facile registrazione e di durata paria a quella degli elementi elastici.

### **10.3.1. Sospensioni primarie**

Le sospensioni primarie tra sala montata e telaio del carrello dovranno garantire in esercizio ampiezze di spostamenti tollerabili dagli organi della trasmissione ed assicureranno la circolazione del rotabile nelle condizioni di sghembo previste.

In caso vi sia il pericolo di intrusione di acqua o sporcizia nelle sedi delle molle o degli elementi elastici, occorre dotare le sospensioni di apposite protezioni

### **10.3.2. Sospensioni secondarie**

La sospensione secondaria sarà realizzata mediante 4 pacchi molle dimensionate secondo la EN 13906-1 e realizzate e testate in accordo alla EN 13298. Le rigidità dovranno essere stabilite in modo tale da garantire le condizioni di sicurezza e comfort richieste. La sospensione secondaria dovrà essere dotata di ammortizzatori verticali e orizzontali realizzati e testati secondo EN 13802.

## **10.4. Impianto freno ad attrito**

Il rotabile dovrà essere equipaggiato con un impianto freno meccanico (ad attrito) opportunamente dimensionato per ottenere le prestazioni di frenatura richieste.

Per ogni carrello dovrà essere previsto un azionamento o modulo di frenatura meccanica totalmente indipendente dagli altri.

Ciascun modulo dell'impianto freno sarà in generale composto dalle seguenti parti:

- una centralina elettronica di comando e controllo;
- una centralina di trattamento dell'energia destinata agli attuatori dell'azione frenante;
- un complesso di attuatori posti sul carrello (pinze freno e dischi).

Le pinze freno saranno del tipo a recupero automatico del consumo delle guarnizioni frenanti e del disco.

Il sistema frenante a dischi deve essere studiato in modo da consentire la massima durata delle guarnizioni frenanti.

Le pinze saranno tutte dotate di un dispositivo di sblocco manuale a chiave, accessibile e ben visibile.

Il disco freno sarà del tipo a corona, smontabile senza necessità di scalettamento dal mozzo dell'assile

### **10.5. Pattini elettromagnetici**

Tutti i carrelli dovranno essere equipaggiati di pattini elettromagnetici.

I pattini saranno di tipo articolato per adeguarsi alle asperità del binario; ciascun pattino del medesimo carrello sarà costituito da due striscianti separati e alimentati in serie, affinché, in caso di interruzione elettrica di uno dei due striscianti, non vi sia asimmetria di frenatura tra i due lati del carrello.

L'installazione del pattino dovrà garantire che l'altezza dal piano del ferro sia indipendente dai cedimenti delle sospensioni primarie; sarà inoltre dotato di un agevole sistema di registrazione che consenta il ripristino di tale quota a seguito delle torniture delle ruote.

I pattini saranno progettati in modo tale da poter essere montati, smontati e regolati agevolmente, senza necessità di intervento su altri componenti

### **10.6. Sabbiere**

Sulla prima coppia di ruote dei carrelli motore nel senso di marcia, sarà previsto un dispositivo di sabbatura ad aria compressa azionato da un mini-compressore alimentato in bassa tensione con possibilità di regolare la pressione in uscita. I condotti di adduzione della sabbia dovranno essere tali da evitare ostruzioni o intasamenti che pregiudichino il libero scorrimento della sabbia. L'apertura del condotto dovrà essere azionata, con opportuno meccanismo a comando elettrico o pneumatico. Il condotto dovrà essere progettato in modo tale da evitare il reflusso di acqua al suo interno anche nel caso di sede tramviaria allagata. Come minimo dovranno essere dotate di dispositivi le ruote dell'asse 1 e 5 a funzionamento sincrono per un senso di marcia e l'asse 2 e 6 per l'altro senso di marcia.

Gli eiettori e le tubazioni di adduzione della sabbia saranno studiati in modo tale da evitare ostruzioni o intasamenti.

La installazione dell'eiettore dovrà consentire la regolazione della sua posizione in altezza, per compensare l'usura ruota, ed il suo orientamento per compensare l'usura del bordino

Il volume dei serbatoi della sabbia sarà tale da consentire una giornata di esercizio nelle condizioni ambientali di minima aderenza (presenza di foglie sul binario, pioggia, ghiaccio, ... spunto in salita). In sede di progetto costruttivo il costruttore dovrà dimostrare il calcolo usato per il rispetto del requisito utilizzando anche i ritorni di esercizio di veicoli e applicazioni similari.

Ogni serbatoio sarà munito di una sonda di livello in modo che il conducente possa essere informato su quale serbatoio necessiti di riempimento.

I serbatoi saranno dotati di tappo di chiusura che garantisca la tenuta all'acqua e la conservazione della sabbia in condizioni idonee all'uso.

### 10.7. Ungibordo

Gli assi di estremità dei carelli motorizzati dovranno essere dotati di un sistema per lubrificare il profilo del bordino e sulla tavola di rotolamento del binario.

Il sistema sarà ad eiezione di grasso. Il comando potrà avvenire manualmente in punti opportuni della linea, dal banco di manovra, o automaticamente.

Il sistema c.d. *SmarTrams* dovrà consentire, anche attraverso il mimico di rete, l'immediata individuazione dei tram dotati di unguibordo e quali convogli hanno il sistema attivo. Dovrà essere possibile scaricare e consultare uno storico degli impianti attivi, dove si possa evincere linea, vettura tramviaria, impianto attivo o non attivo, data e orario di attivazione/disattivazione.

L'impianto dovrà essere in generale abilitabile da entrambe le cabine e nello specifico in esercizio dovrà esserlo dalla cabina abilitata al momento della marcia.

L'impianto dovrà trasmettere lo stato di funzionamento e la diagnostica al registratore statico di eventi.

Dovrà inoltre trasmettere il segnale di basso livello dei serbatoi e gli stati dei relativi selettori e dispositivi di configurazione ad un sistema di diagnostica remota accessibile dalla manutenzione e dal reparto di gestione dell'esercizio.

Le frequenze minima di manutenzione e dovrà essere in linea (non inferiori) con quelle degli altri sistemi presenti sul veicolo.

La configurazione e messa a punto del sistema dovrà essere definita in accordo all'interfaccia tra i responsabili dei sottosistemi e il Gestore della linea.

## 11. Sistema porte passeggeri

Il Veicolo sarà equipaggiato su ogni fiancata con 6 porte passeggeri, di cui 4 a doppia anta e 2 a singola anta.

La disposizione delle porte passeggeri sarà identica sulle due fiancate.

La porta a doppia anta garantirà uno spazio di luce libera per l'ingresso e l'uscita dei passeggeri di dimensioni pari a 1.300 mm in larghezza e 2.000 mm in altezza.

La porta a singola anta garantirà uno spazio di luce libera per l'ingresso e l'uscita dei passeggeri di dimensioni pari a 800mm in larghezza e 2.000 mm in altezza.

Il sistema porte sarà conforme alle norme UNI EN14752 e UNI 11174.

Tutte le porte passeggeri saranno ad azionamento elettrico, di tipo a espulsione e scorrimento verso l'esterno del Veicolo e saranno controllate singolarmente da una centralina elettronica, saranno in grado di operare sia in regime di "apertura centralizzata": comandata dal conducente, sia in regime di "apertura singola": predisposta dal conducente tramite il comando di abilitazione e comandata dai passeggeri.

I comandi di apertura o abilitazione potranno essere impartiti solo dal banco abilitato.

In esercizio, qualsiasi guasto della porta (eccetto grave rottura meccanica) deve essere risolvibile tramite isolamento della porta singola.

Le ante in posizione chiusa assicureranno la tenuta all'acqua secondo la norma UNI EN14752:2020 e saranno dotate di un dispositivo di blocco meccanico che consenta di bloccare le ante in posizione chiusa.

Durante le fasi di apertura e chiusura della porta sarà attivo un sistema di rilevamento ostacoli.

I parametri di funzionamento del rilevamento ostacoli saranno inoltre regolabili.

Le dimensioni dell'ostacolo minimo rilevabile e gli sforzi che la porta può esercitare su di esso saranno definiti in accordo alla UNI EN14752:2020.

Tutte le porte dovranno essere dotate di avvisatori acustici/vocali che permettano di individuare se la porta è aperta o è prossima alla chiusura.

Dovrà essere presente anche un segnale acustico/vocale che indica all'utente ipovedente quando il pulsante per l'apertura della porta è abilitato all'apertura

Tutte le porte dovranno essere dotate di sistemi ottici di segnalazione per identificare quando il pulsante di apertura è abilitato. Tali segnali devono essere chiari e ben visibili.

Tutte le porte dovranno essere dotate di sistemi acustici di segnalazione per identificare quando il pulsante di apertura è su una porta esclusa. Tale segnalazione sonora dovrà essere o standardizzata o con adeguato messaggio vocale con caratteristiche (ad es. frequenza rilancio in vettura) da definirsi di concerto con il Concedente in fase esecutiva.

## **11.1. Accessori delle porte passeggeri**

### **11.1.1. Dispositivi di apertura porte**

In prossimità di ogni porta saranno presenti sia maniglie di emergenza interne, sia maniglie di emergenza esterne (installate in prossimità delle 2 porte poste nelle vicinanze di ciascuna cabina di guida, per un totale di 4 maniglie esterne per Veicolo).

I dispositivi di emergenza saranno conformi alla UNI EN14752:2020.

Una volta azionata, la maniglia deve rimanere nella posizione "tirata", affinché il suo stato sia immediatamente riconoscibile. Il riarmo della maniglia deve poter avvenire solo con chiave di servizio, mediante azionamento di un apposito dispositivo (che può essere integrato in quello di apertura), conformemente alle indicazioni della norma UNI 11174:2014.

### **11.1.2. Dispositivi di porta fuori servizio**

Il sistema porta sarà dotato di un dispositivo che consente di bloccare meccanicamente una porta fuori servizio (in accordo a quanto specificato nel paragrafo 5.1.6 della UNI EN14752:2020).

L'attivazione del dispositivo potrà avvenire solo in caso di porta chiusa.

### **11.1.3. Dispositivo di isolamento elettrico**

Il sistema porta sarà dotato di un dispositivo di isolamento elettrico che consente appunto di isolare l'alimentazione della DCU (come definito nel paragrafo 5.1.7 della UNI EN 14752:2020).

### **11.1.4. Pulsante locale di apertura**

Ogni porta sarà dotata di un pulsante bi-facciale che consente l'apertura della porta sia dall'interno che dall'esterno del veicolo (in accordo a quanto definito nella UNI EN14752:2020).

### **11.1.5. Segnalazioni acustiche/visive**

Segnalazioni acustico/visive, in accordo a quanto definito nella UNI EN14752:2020, saranno installate sul Veicolo.

### **11.1.6. Dispositivo di accesso/uscita per il macchinista**

Le 2 porte passeggeri poste in prossimità di ciascuna cabina di guida (4 in totale per Veicolo) saranno dotate di un dispositivo di apertura/chiusura porta per l'accesso/l'uscita del driver. La funzione sarà del tipo “*primo o ultimo accesso per il macchinista*”. Quanto il veicolo è disalimentato, dovrà essere presente un pulsante esterno che possa permettere l'accesso al driver così come dovrà essere un pulsante quanto il driver disalimenterà il veicolo per fine servizio e dovrà aprire la porta per uscire. Il pulsante interno non dovrà essere installato sulle porte.

## **11.2. Funzionamento in servizio**

L'apertura/abilitazione delle porte dovrà essere possibile, tramite pulsante di banco, solo previa presenza del consenso automatico di presenza del segnale di “*Velocità zero*”. Qualora a porte aperte il segnale di “*Velocità zero*” venisse meno le porte dovranno richiudersi dopo un preavviso di 1,0 secondo mantenendo attiva la funzione di riconoscimento ostacoli.

Lo stato di porta aperta di almeno una porta dovrà inibire il consenso alla trazione.

Dovranno essere previsti in ogni cabina dei selettori piombati per escludere le protezioni di *Velocità zero* e di porte aperte.

## **11.3. Funzionamento in emergenza**

Le condizioni per l'apertura in emergenza delle porte ed il funzionamento dei dispositivi atti a questa funzione saranno conformi alle norme UNI11174:2014 e UNI EN14752:2020.

L'azionamento del dispositivo di apertura in emergenza sarà segnalato al conducente tramite segnalazione visiva sul banco di manovra e ai passeggeri in corrispondenza della porta. La chiusura di una porta aperta in emergenza è consentita esclusivamente al personale di servizio mediante l'azionamento con apposita chiave di servizio dello specifico dispositivo situato in corrispondenza della porta aperta.

## **11.4. Comando e controllo postazione PRM**

In corrispondenza di ogni postazione per PRM dovrà essere prevista una pulsantiera per mezzo della quale la persona su carrozella potrà richiedere la prenotazione della fermata e assistenza al conducente.

Per pervenire azionamenti indebiti da parte di altri passeggeri la pulsantiera di ciascuna postazione dovrà essere abilitata dal conducente mediante comandi sul banco di manovra.

Il funzionamento in dettaglio dei segnali presenti sulla pulsantiera e la interazione con lo stato di marcia del veicolo sarà concordato in dettaglio con il Committente.

## 12. Climatizzazione comparto

### 1.2 Climatizzazione comparto passeggeri

#### 12.1. Descrizione globale di impianto

Il veicolo in oggetto dovrà essere dotato di impianto HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning Unit*), in grado di garantire in ogni stagione dell'anno, il comfort termo-igrometrico dei passeggeri a bordo.

Nella fattispecie, il comparto passeggeri di ciascun veicolo dovrà essere dotato di nr. 2 moduli HVAC gemelli installati sull'imperiale (unità monoblocco di tipo bordo-tetto).

Ciascun modulo HVAC, opportunamente dimensionato in termini di potenzialità frigorifera, potenzialità termica e portata volumetrica di aria di rinnovo/aria di ricircolo, dovrà distribuire, tramite una canalizzazione di mandata aria, l'aria trattata all'interno di tutto il comparto passeggeri.

Il trattamento dell'aria soffiata all'interno della zona di comfort del comparto passeggeri dovrà essere garantito sia in condizioni di alimentazione da catenaria, sia in condizioni di marcia a batteria (nei tratti di linea in cui non è disponibile la alimentazione da catenaria).

La filosofia di progettazione degli impianti HVAC dovrà essere quella di minimizzare il peso e gli ingombri, di ottimizzare il consumo di energia elettrica nell'ottica di garantire la performance termica anche in circostanza di marcia a batteria.

La potenza frigorifera, necessaria a bilanciare il carico termico globale e la potenza termica, necessaria a bilanciare le dispersioni di calore verso l'esterno dovranno essere opportunamente ripartite tra le due unità HVAC che servono il comparto passeggeri.

Il sistema HVAC dovrà essere a controllo automatico per quanto concerne la gestione della modalità di funzionamento (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, etc.) in relazione al target di temperatura di set-point richiesto dalla curva di regolazione, implementata nel software dell'impianto.

Particolare cura dovrà essere riservata alla manutenibilità e gli elementi dovranno essere studiati per la massima funzionalità nei riguardi della manutenzione (accessibilità, smontabilità, pulibilità,).

Deve essere inoltre prevista un'agevole accessibilità ed estraibilità dei filtri dell'aria (interna ed esterna) trattata.

L'impianto non dovrà prevedere nessuna operazione di manutenzione corrente, tranne la sostituzione e pulizia dei filtri dell'aria.

## 12.2. Architettura HVAC

Ciascuna delle due unità HVAC deve essere progettata e dimensionata in modo tale da garantire il comfort termo-igrometrico dei passeggeri a bordo del veicolo in accordo a quanto sancito dalla normativa EN 14750-1:2006 *Railway applications – Air conditioning for urban and suburban rolling stock – Part1: Comfort parameters* e EN 14750-2:2006 *Railway applications – Air conditioning for urban and suburban rolling stock – Part2: Type tests*. Il veicolo è classificato come Categoria B.

Le due unità HVAC dovranno essere gemelle e interscambiabili l'una con l'altra unità, e con tutte le unità di comparto installate sui veicoli.

La presenza di due unità per il comparto passeggeri sarà garanzia di ridondanza di funzionamento e di garanzia di comfort termo-igrometrico per i passeggeri anche in caso di avaria. A tal fine alcuni componenti del circuito frigorifero (e.g. compressori frigoriferi, ventilatori dell'aria trattata) dovranno essere ridonati in numero, per ciascuna delle due unità, in modo tale che in caso di avaria sia garantito, pur a prestazione ridotta, il benessere dei passeggeri a bordo del veicolo.

Per ragioni di ottimizzazione dell'efficienza dei sistemi HVAC, e degli ingombri delle apparecchiature, in ciascun monoblocco degli impianti a servizio del comparto passeggeri, dovrà essere presente un inverter integrato che riceverà in input la tensione da catenaria e provvederà ad alimentare in modo ottimale ciascun componente (compressori frigoriferi, ventilatori, riscaldatori elettrici, etc.). Ai fini di ottimizzare l'efficienza energetica, soprattutto in condizioni di marcia a batteria (power-pack), il sistema di regolazione della capacità frigorifera e termica degli impianti dovrà essere di tipo multistadio.

In condizioni ordinarie di funzionamento (assenza di avaria) ciascun inverter allocato nel monoblocco dell'unità di comparto dovrà alimentare una unità di comparto e una unità di cabina, garantendone l'indipendenza di funzionamento.

Il raffrescamento e la deumidificazione dell'aria esterna/aria di ricircolo trattata dall'impianto, dovrà avvenire tramite l'utilizzo di un ciclo frigorifero ad espansione diretta del tipo aria-aria.

Il riscaldamento dell'aria esterna/aria di ricircolo trattata dall'impianto, dovrà avvenire tramite riscaldatori elettrici, installati all'interno di ciascuna unità monoblocco.

Ciascuna unità HVAC dovrà essere dotata, di centraline di termoregolazione in grado di controllare i parametri operativi dell'impianto e monitorarne lo stato di esercizio.

La distribuzione dell'aria nei comparti passeggeri dovrà essere fatta, con appositi diffusori, in modo da ottenere la massima induzione e limitare la stratificazione della medesima.

Il Costruttore dovrà tenere conto delle seguenti ulteriori indicazioni per il progetto degli impianti:

- in caso di avaria gli impianti devono poter disporre di un criterio di funzionamento "degradato" che, a prestazioni ridotte, consenta per quanto possibile un livello di comfort accettabile. In caso di avaria i sistemi devono automaticamente passare in regime degradato senza operazioni manuali, resta inteso che il sistema diagnostico deve acquisire e memorizzare permanentemente tale evenienza.
- i riscaldatori dovranno essere in grado di sostenere gli incrementi di temperatura superficiale in assenza di ventilazione (es. caso della mancanza di alimentazione elettrica) senza far intervenire intempestivamente le protezioni termiche.
- lo spegnimento dell'impianto di climatizzazione dovrà poter avvenire sia localmente che dalla cabina di guida;
- Le informazioni diagnostiche relative all'impianto dovranno affluire al sistema diagnostico di bordo;



- le informazioni di regolazione (ad es. stato di funzionamento e riferimenti temperature) relative all'impianto dovranno essere trasmesse alla console operatore in tempo reale.

### 12.2.1. Ottimizzazione portata aria

L'impianto dovrà prevedere in opzione la gestione della quantità di portata di aria di rinnovo in funzione del numero di passeggeri a bordo. Tale opzione sarà finalizzata a contenere l'energia elettrica assorbita dagli impianti HVAC.

### 12.2.2. Condizioni di design e prestazioni

Dovrà essere previsto il dimensionamento del singolo impianto HVAC (dei due impianti) e la conformità alla norma EN14750-1:2006 in termini di prestazioni considerando comunque un carico di 4 passeggeri/m<sup>2</sup>. Gli HVAC, a servizio del comparto passeggeri di ciascun veicolo, dovranno fornire la potenza frigorifera / riscaldante necessaria a garantire le condizioni di comfort indicate nella norma sopra citata. La zona climatica, come indicato in allegato F della norma è Italy (Winter II, Summer I).

- Winter zone II (Category B).

Table E.1 — Definition of climatic zones – Winter

| Zone (winter) | Minimum exterior temperatures<br>°C |
|---------------|-------------------------------------|
| I             | - 10                                |
| II            | - 20                                |
| III           | - 40                                |

Per ottimizzare il consumo energetico dei moduli HVAC, il dimensionamento prestazionale dovrà essere effettuato a partire da -10°C, la temperatura interna al comparto passeggeri garantita in tali condizioni climatiche dovrà essere di 19 °C.

Nel range di temperature esterne -20 ÷ -10 °C, saranno identificate delle condizioni di comfort per i passeggeri compatibili con l'ottimizzazione energetica degli impianti.

La portata volumetrica di aria di rinnovo garantita in tali condizioni di design dovrà essere 8 m<sup>3</sup>/h/passeggero, come indicato nell'allegato G, paragrafo G.2.2 (Veicolo di categoria B) della norma EN14750-1:2006.

- Summer zone I (Category B).

Table E.2 — Definition of climatic zones – Summer

| Zone (summer) | Maximum exterior temperatures<br>°C | Relative humidity<br>% | Equivalent solar load (E <sub>s</sub> )<br>W/m <sup>2</sup> |
|---------------|-------------------------------------|------------------------|---|
| I             | + 40                                | 40                     | 800   |
| II            | + 35                                | 50                     | 700   |
| III           | + 28                                | 45                     | 600   |

Per ottimizzare il consumo energetico dei moduli HVAC, il dimensionamento prestazionale dovrà essere effettuato con temperatura esterna di +35 °C e 50% RH, in tali condizioni la temperatura interna al comparto passeggeri garantita dovrà essere di 29°C e la umidità relativa sarà non maggiore di 64%

La portata volumetrica di aria di rinnovo garantita in tali condizioni di design dovrà essere 8 m<sup>3</sup>/h/passeggero, come indicato in Allegato G paragrafo G.2.2 (Veicolo di categoria B).

Per quanto riguarda i tempi limite necessari alle fasi di preriscaldamento (senza persone a bordo e senza irraggiamento) e di preconditionamento (senza persone a bordo e con irraggiamento), la temperatura interna dovrà raggiungere i valori nei tempi indicati di seguito:

| <i>Temperatura esterna<br/>(°C)</i> | <i>T interna di partenza<br/>(°C)</i> | <i>T interna finale<br/>(°C)</i> | <i>Tempo<br/>(minuti)</i> |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 0                                   | 0                                     | 15                               | ≤ 20                      |
| 35 (Ur=50%)                         | 40                                    | 28                               | ≤ 30                      |

### **12.2.3. Prestazioni in condizioni degradate**

I due impianti HVAC che equipaggiano il comparto passeggeri di ogni veicolo, ciascuno con inverter integrato, dovranno essere progettati in modo tale da garantire, in caso di guasto di uno degli elementi ridondati (e.g. compressori, ventilatori,) una prestazione degradata al 50% della prestazione nominale.

In caso di guasto di uno dei due inverter integrati, l'inverter funzionante dovrà essere dimensionato in modo da poter alimentare entrambe le unità HVAC del comparto passeggeri, ciascuna a metà della sua potenzialità totale, e garantire simultaneamente l'alimentazione degli impianti HVAC di cabina alla massima potenzialità.

### **12.2.4. Ventilazione di emergenza**

Ciascuno dei due impianti HVAC dovrà essere dotato di ventilatori dell'aria trattata alimentati in bassa tensione (24Vdc), in modo tale che anche in assenza di alimentazione principale agli impianti (da catenaria o da power-pack) sia comunque garantita la ventilazione di emergenza al comparto passeggeri.

### **12.2.5. Interfaccia con impianto di rilevazione incendio (predisposizione)**

Ciascuno dei moduli HVAC, nonché la canalizzazione di distribuzione aria, dovrà essere predisposta per interfacciarsi con i componenti e la funzionalità dell'impianto di rilevazione incendio (opzionale).

La predisposizione dovrà consentire di rilevare un incendio nel:

- Comparto passeggeri
- Cabine di guida
- Vani tecnici contenenti circuiti AT (convertitore di trazione, extrarapido)

Il sistema HVAC, in caso di ricezione dall'impianto di rilevazione incendio presenza di incendio della segnalazione nell'HVAC stesso o nel comparto passeggeri dovrà arrestare il suo funzionamento per ragioni di sicurezza. Nella fattispecie, la ventilazione dovrà essere inibita e le serrande di presa aria esterna dovranno essere chiuse.

## **13. Climatizzazione della cabina di guida**

### **13.1. Descrizione globale di impianto**

Il veicolo in oggetto dovrà essere dotato di impianto HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning Unit*), in grado di garantire in ogni stagione dell'anno, il comfort termo-igrometrico del conducente all'interno di ciascuna delle due cabine di guida.

Nella fattispecie, ciascuna cabina di guida dovrà essere dotata di modulo HVAC indipendente dal comparto passeggeri e indipendente da cabina a cabina.

Ciascun modulo HVAC, opportunamente dimensionato in termini di potenzialità frigorifera, potenzialità termica e portata volumetrica di aria di rinnovo/aria di ricircolo, dovrà distribuire l'aria trattata internamente alla cabina.

La filosofia di progettazione degli impianti HVAC dovrà essere quella di minimizzare il peso e gli ingombri, di ottimizzare il consumo di energia elettrica nell’ottica di garantire la performance termica anche in circostanza di marcia da batteria.

Il sistema HVAC dovrà essere a controllo automatico per quanto concerne la gestione della modalità di funzionamento (raffrescamento, riscaldamento, ventilazione...), ma la temperatura di set-point interna alla cabina di guida potrà essere impostata dal conducente con apposito dispositivo in un range che spazia da +18°C a +26°C. Il sistema dovrà adeguare il suo funzionamento in relazione a tale impostazione.

Il sistema dovrà distribuire internamente alla cabina l’aria trattata distribuendola uniformemente fino alle superfici perimetrali (vetro frontale e laterale) della cabina stessa.

### 13.2. Architettura HVAC

Ciascuna delle due unità HVAC dovrà essere progettata e dimensionata in modo tale da garantire il comfort termo-igrometrico dei passeggeri a bordo del veicolo in accordo a quanto sancito dalla normativa UNI EN 14813-1:2011 *Railway applications – Air conditioning for driving cabs – Part1: Comfort parameters* e UNI EN 14813-2:2011 *Railway applications – Air conditioning for driving cabs – Part2: Type tests*. Il veicolo è classificato come Categoria B.

In condizioni ordinarie di funzionamento, le unità HVAC di cabina dovranno essere alimentate dagli inverter collocati nelle unità monoblocco del comparto passeggeri, i quali provvederanno a convertire la tensione da catenaria in media tensione con cui alimentare i componenti di ciascun impianto HVAC.

Il raffrescamento e la deumidificazione dell’aria esterna/aria di ricircolo trattata dall’impianto, dovrà avvenire tramite l’utilizzo di un ciclo frigorifero ad espansione diretta del tipo aria-aria.

Il riscaldamento dell’aria esterna/aria di ricircolo tratta dall’impianto, dovrà avvenire tramite riscaldatori elettrici, installati all’interno di ciascuna unità monoblocco.

L’aria di rinnovo elaborata da ciascuna unità dovrà essere quella sancita dalla norma UNI EN 14813:2011 e tale da garantire il benessere, in ogni circostanza, del conducente in cabina.

Ciascuna unità HVAC dovrà essere dotata di centraline di termoregolazione in grado di controllare i parametri operativi dell’impianto e monitorarne lo stato di esercizio.

### 13.3. Condizioni di design e prestazioni

Dovrà essere previsto il dimensionamento del singolo impianto HVAC (dei due impianti) e la conformità alla norma UNI EN14813-1:2011 in termini di prestazioni.

Ogni impianto HVAC dovrà fornire la potenza frigorifera / riscaldante necessaria a garantire le condizioni di comfort indicate nella norma sopra citata. La zona climatica, come indicato in allegato E della norma è Italy (Winter II, Summer I).

- Winter zone II (Category B).

Table D.1 — Definition of climatic zones — Winter

| Zone (winter) | Minimum exterior temperatures<br>°C |
|---------------|-------------------------------------|
| I             | - 10                                |
| II            | - 20                                |
| III           | - 40                                |

Per ottimizzare il consumo energetico dei moduli HVAC, il dimensionamento prestazionale dovrà essere effettuato a partire da -10°C, la temperatura interna alla cabina garantita in tali condizioni

climatiche dovrà essere di 20 °C

Nel range di temperature esterne -20 ÷ -10 °C, saranno identificate delle condizioni di comfort per il conducente compatibili con l’ottimizzazione energetica degli impianti.

La portata volumetrica di aria fresca garantita in tali condizioni di design dovrà essere 30 m<sup>3</sup>/h/persona, come indicato nel paragrafo 9.6.1 della normativa UNI EN 14813-1:2011

- Summer zone I (Category B).

Table E.2 — Definition of climatic zones – Summer

| Zone (summer) | Maximum exterior temperatures<br>°C | Relative humidity<br>% | Equivalent solar load ( $E_s$ )<br>W/m <sup>2</sup> |
|---------------|-------------------------------------|------------------------|---|
| I             | + 40                                | 40                     | 800   |
| II            | + 35                                | 50                     | 700   |
| III           | + 28                                | 45                     | 600   |

Per ottimizzare il consumo energetico dei moduli HVAC, il dimensionamento prestazionale dovrà essere effettuato con temperature esterne di 35°C, 50% RH La temperatura interna alla cabina garantita in tali condizioni dovrà essere di 26°C;

L’umidità relativa interna alla cabina di guida garantita in tali condizioni sarà non maggiore del 70%.

Nel range di temperature esterne -20 ÷ -10 °C, saranno identificate delle condizioni di comfort per il conducente compatibili con l’ottimizzazione energetica degli impianti.

La portata volumetrica di aria fresca garantita in tali condizioni di design dovrà essere 30 m<sup>3</sup>/h/persona, come indicato nel paragrafo 9.6.1 della normativa UNI EN 14813-1:2011.

Per quanto riguarda i tempi limite necessari alle fasi di preriscaldamento (senza persone in cabina e senza irraggiamento) e di pre-condizionamento (con una persona in cabina e con irraggiamento) la temperatura interna dovrà raggiungere i valori nei tempi indicati di seguito:

| Temperatura Esterna (°C) | T interna di partenza (°C) | T interna finale (°C) | Tempo (minuti) |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|
| 0                        | 0                          | 18                    | ≤ 20           |
| 35 (Ur=50%)              | 40                         | 28                    | ≤ 15           |

### 13.4. Prestazioni in condizioni degradate

Nel caso in cui uno dei due inverter di alimentazione degli impianti di comparto/cabina si renda indisponibile per guasto, gli HVAC di cabina dovranno essere comunque alimentati dall’inverter non oggetto di guasto, in modo che il comfort termico per il conducente sia, allo stesso modo, garantito.

### 13.5. Ventilazione di emergenza

Ciascuno dei due impianti HVAC della cabina di guida dovrà essere dotato di ventilatori di mandata alimentati in bassa tensione (24 Vdc). Tale soluzione consente di garantire la ventilazione di emergenza nelle cabine, in caso di assenza della fonte di alimentazione principale.

### **13.6. Interfaccia con impianto di rilevazione incendio (predisposizione)**

Ciascuno dei moduli HVAC, dovrà essere predisposto per interfacciarsi con i componenti e la funzionalità dell'impianto di rilevazione incendio (opzionale).

Il sistema HVAC, in caso di ricezione di segnalazione di presenza di incendio nell'HVAC o nella cabina dovrà arrestare il suo funzionamento per ragioni di sicurezza.

## **14. Sistema di captazione della corrente**

Il sistema di captazione corrente sarà costituito da:

- un pantografo
- uno scaricatore posto nelle immediate vicinanze

Sul veicolo dovrà essere realizzato un sistema che consenta la messa a terra e la richiusura della corrente di trazione sul binario, realizzando la minore impedenza possibile delle parti metalliche del veicolo verso la terra.

Il riferimento generale per la protezione dai pericoli di origine elettrica dovrà essere la CEI EN 50153/A2.

Tale sistema sarà realizzato, secondo la EN 60077-1:2017 ed EN 60077-2:2017, con spazzole di ritorno trazione poste sugli assili del veicolo, collegate, ai negativi delle apparecchiature di potenza, e spazzole di messa a terra montate sulle boccole.

### **14.1. Pantografo**

Il pantografo dovrà essere conforme alla norma CEI EN 50206-2.

Il pantografo sarà costruito in tutte le loro parti in acciaio inox e/o altri materiali resistenti all'ossidazione. Il pantografo sarà mosso da un motore elettrico alimentato a tensione di 24 Vcc, comandato da logica di veicolo e da comandi posti nella cabina di guida.

Lo stato del pantografo (alto o basso) dovrà essere segnalato alla logica di veicolo e al conducente.

La velocità di salita e di discesa dovrà essere controllata da un sistema di ammortizzatori che dovranno anche smorzare le oscillazioni causate dall'azione impulsiva che si determina fra pantografo e catenaria.

Il pantografo dovrà essere dotato di un dispositivo manuale di azionamento che consente il suo sollevamento o abbassamento in condizioni di emergenza; questo dispositivo sarà azionabile dall'interno del rotabile.

Il pantografo sarà montato sul tetto mediante isolatori.

L'archetto dovrà essere in acciaio inox e dotato di due striscianti.

L'archetto dovrà mantenersi in posizione orizzontale durante i movimenti del pantografo.

Tutte le articolazioni dovranno essere opportunamente lubrificate (realizzate con cuscinetti a tenuta e con serbatoi di grasso). Per impedire che la corrente captata possa attraversare i cuscinetti, le articolazioni saranno bypassate da una coppia di trecce di rame.

La escursione di lavoro del pantografo dovrà avere una ampiezza di almeno 2.600 mm.

In tutta la zona di lavoro la forza di contatto dello strisciante sulla catenaria sarà pari a 70 N con tolleranza di +/- 10 N

Le condizioni di utilizzo del pantografo sono i seguenti:

- Tensione nominale di funzionamento 750 Vcc con range come definito dalla CEI EN 50163/A2
- La velocità massima di funzionamento sarà almeno di 80 km/h
- Correnti massime con tensione nominale a veicolo in movimento 1500 A
- Correnti continuative a veicolo in sosta al capolinea per ricarica sistemi di accumulo ed ausiliari 550 A; valore da considerarsi per un tempo limitato inferiore a 6 minuti
- Correnti continuative nominali a veicolo in sosta 350 A
- Temperatura ambiente – 25 + 70 °C

#### **14.2. Scaricatore di sovratensione**

Per la protezione da sovratensioni provenienti dalla linea o dall'atmosfera (fulmini), in prossimità del pantografo dovrà essere previsto uno scaricatore di sovratensione.

Lo scaricatore dovrà essere conforme alle normative CEI EN 60077 e CEI EN 60099.

Lo scaricatore di sovratensione sarà ad alta capacità di assorbimento di energia e ripristinabile a seguito di intervento per sovratensione. Esso dovrà essere ampiamente sperimentato.

## 15. Equipaggiamento elettrico ed elettronico di trazione e frenatura

L'equipaggiamento di trazione e frenatura sarà concepito e dimensionato al fine di conseguire, nell'ordine:

- il raggiungimento delle prestazioni dinamiche e di comfort;
- le ridondanze necessarie a garantire la possibilità di muovere la vettura in condizioni di degrado;
- la massimizzazione dell'affidabilità e la minimizzazione degli interventi di manutenzione;
- la massimizzazione della frenatura elettrica, la minimizzazione dei consumi di energia e la massimizzazione del recupero di energia in frenatura destinata alla rete di alimentazione.

Il dimensionamento della frenatura elettrica sarà tale da realizzare, con carico utile normale, la massima frenatura di servizio senza l'ausilio della frenatura elettroidraulica, dalla velocità di almeno 50 km/h e fino a velocità prossime all'arresto, in condizioni di binario piano e rettilineo e tensione di linea nominale.

Nella fase di arresto del veicolo ci sarà sovrapposizione della frenatura elettroidraulica a compensare la perdita della frenatura elettrodinamica.

La modularità degli impianti di trazione e frenatura dovrà permettere il controllo dedicato al singolo asse sia per la trazione che per la frenatura, quest'ultima sia elettrodinamica che elettroidraulica.

La ridondanza degli impianti sarà tale da provocare la perdita del 25% della trazione e della frenatura elettrica o elettroidraulica al verificarsi del primo guasto

Tutti i cassoni e componenti dell'impianto di trazione saranno connettorizzati.

### 15.1. Composizione dell'equipaggiamento

Ogni veicolo dovrà essere equipaggiato con

- un interruttore extrarapido;
- un convertitore per ogni motore di trazione;
- almeno quattro motori di trazione;
- una logica di azionamento (TCU) per ogni convertitore di trazione;
- un reostato di frenatura per ogni convertitore;
- un filtro linea per ogni convertitore o condiviso tra due di essi;
- logica di veicolo;
- un manipolatore di trazione e frenatura in ogni cabina di guida.

### 15.2. Interruttore extrarapido

Per la protezione dei circuiti di trazione dovrà essere utilizzato un interruttore extrarapido, di tipo bidirezionale, con soglia d'intervento di massima corrente tarabile, munito di dispositivi di soffio dell'arco per l'interruzione delle correnti di bassa intensità.

L'interruttore sarà conforme alle regole della norma CEI EN 60077 e sarà racchiuso in un cassone di contenimento in materiale isolante resistente all'arco.

L'interruttore extrarapido dovrà consentire la installazione di sensori per il rilevamento di un incendio nel caso in cui il veicolo sia dotato di un Sistema di rilevamento Incendio.

### 15.3. Convertitore di trazione

Il convertitore di trazione dovrà essere conforme a tutte le normative richiamate nella norma UNI 11174:2014 per gli equipaggiamenti elettrici ed in particolare alla CEI EN 61287-1:2015 Convertitori di potenza per il materiale rotabile - Parte 1: Caratteristiche e metodi di prova (2015-01).

Il convertitore di trazione sarà in grado di funzionare correttamente alla tensione nominale di 750 Vcc e nell'intero range di tensione definito dalla norma CEI EN 50163/A2.

Esso, inoltre, sarà in grado di lavorare alle condizioni ambientali definite dalla CEI EN 50125-1:2014 classe T3.

Il convertitore dovrà essere realizzato con dispositivi a semiconduttore IGBT di ultima generazione (silicio o carburo di silicio).

Nel caso il raffreddamento fosse a ventilazione forzata il ventilatore sarà alimentato in BT e con guasti diagnosticabili. In ogni caso sarà garantita una bassa rumorosità e pieno confort per i passeggeri.

Dovrà essere previsto un filtro di linea che potrà essere dedicato al singolo convertitore o condiviso tra due convertitori.

Il filtro consentirà una riduzione del contenuto armonico generato dall'inverter e garantirà la protezione del convertitore dalle sovratensioni di linea. Induttanze e condensatori saranno conformi rispettivamente alle norme CEI EN 60310 e CEI EN 61881.

Ciascun convertitore sarà dotato di una unità di controllo (TCU) individuale e collocata preferibilmente nello stesso cassone dell'elettronica di potenza.

Il sistema di propulsione dovrà essere installato in un cassone in acciaio, montato sull'imperiale. Il box dovrà garantire la tenuta alla polvere, all'acqua e alla neve, secondo un grado di protezione almeno IP65.

L'accessibilità avverrà dall'alto.

Le apparecchiature costituenti l'equipaggiamento elettrico saranno costituite da più moduli facilmente accessibili e singolarmente sostituibili in caso di avaria.

Tutte le apparecchiature elettriche saranno connettorizzate.

Coppie di connettori maschio femmina saranno di fornitura del medesimo costruttore. I connettori multipolari saranno completi di tutti i pin anche se non cablati o di opportuni inserti otturatori. I connettori saranno muniti di dispositivi anti-sbaglio.

Il dimensionamento e l'installazione del cablaggio sarà effettuata in conformità alla EN 50343/A1.

Il convertitore dovrà consentire la installazione di sensori per il rilevamento di un incendio nel caso in cui il veicolo sia dotato di un Sistema di rilevamento Incendio.

### 15.4. Prove

Il convertitore e tutte le apparecchiature ad esso afferenti saranno sottoposti alle prove di tipo e di serie previste dalla normativa. Le prove di tipo saranno eseguite sul primo esemplare prodotto; le prove di serie saranno eseguite su tutti gli esemplari di ogni singola apparecchiatura.

L'equipaggiamento di propulsione, inoltre, sarà sottoposto alle prove di test combinati al fine di verificare le prestazioni, il dimensionamento, e il corretto intervento delle protezioni.



### 15.5. Motori di trazione

I motori di trazione dovranno essere di tipo trifase; dovranno avere buone caratteristiche di ermeticità e scambio termico. Il motore di trazione dovrà essere conforme alla norma CEI EN 60349-2.

Saranno presi opportuni provvedimenti al fine di evitare la circolazione di correnti parassite nei cuscinetti.

Il motore sarà dotato di punti di sollevamento mediante gru e di appoggio in piano

### 15.6. Reostato

I reostati devono essere conformi alle norme CEI EN 60322 e CEI 9-21.

I reostati di frenatura saranno dimensionati in relazione alle prestazioni di frenatura elettrica, per lavorare in condizioni di ricettività della linea nulla.

Saranno previsti opportuni schermi termici per evitare il raggiungimento di temperature eccessive sulle apparecchiature e sulle condotte cavi eventualmente presenti nelle zone attigue.

### 15.7. Prove

Il convertitore dc/dc e tutte le apparecchiature ad esso afferenti saranno sottoposti alle prove di tipo e di serie previste dalla normativa di riferimento. Le prove di tipo saranno eseguite sul primo esemplare prodotto; le prove di serie saranno eseguite su tutti gli esemplari di ogni singola apparecchiatura.

L'equipaggiamento sarà sottoposto alle prove di test combinati al fine di verificare le prestazioni, il dimensionamento, e il corretto intervento delle protezioni (CEI EN 61377).

### 15.8. Logica di veicolo (TCMS)

Il sistema di comando e controllo, denominato anche TCMS (*Train Control and Monitoring System*), dovrà sovrintendere a tutte le attività di comunicazione dati e di controllo e gestione delle diverse funzionalità attraverso segnali digitali, logici ed analogici.

Le centraline costituenti la logica di veicolo dovranno essere compatibili alla Norma EN 50155:2021.

Esso dovrà attuare le opportune funzioni logiche per l'integrazione delle apparecchiature a bordo del veicolo; implementare le varie funzioni logiche per la gestione dei contattori, dei relè, delle elettrovalvole e di tutti i diversi componenti presenti sul veicolo, durante i diversi stati di marcia (trazione, frenatura in marcia, frenatura in banchina).

Per ridurre i cablaggi, ottimizzando così il peso e migliorando la manutenibilità, dovrà essere adottata un'architettura distribuita all'interno del veicolo stesso.

Le principali funzioni della logica di veicolo dovranno essere:

- Acquisizione dei comandi di banco e pilotaggio segnalazioni luminose e/o acustiche di banco;
- Gestione dell'alta tensione (gestione pantografi, IR, contattori di alta tensione, etc.);
- Gestione della bassa tensione (carica batterie, contattori di batteria, etc.);
- Interfacciamento con le unità di trazione TCU;
- Acquisizione dello stato delle varie linee treno e relative verifiche diagnostiche;
- Gestione della direzione di marcia del veicolo, dei limiti di velocità e delle protezioni di marcia;
- Acquisizione e definizione della velocità del veicolo e degli sforzi elettrodinamici ed elettropneumatici;

- Interfacciamento con le unità di frenatura BCU;
- Interfacciamento con il registratore statico d’eventi RSE;
- Interfacciamento con le unità di controllo delle porte DCU e gestione dei comandi porte;
- Interfacciamento con i sistemi di climatizzazione HVAC;
- Interfacciamento con i sistemi di rilevazione incendio e relativa gestione nel caso sia adottato tale sistema
- Gestione della rete di controllo (bus di veicolo)
- Diagnostica degli impianti di veicolo

## 15.9. Manipolatore di marcia

La leva di comando della trazione/frenatura dovrà essere interbloccata meccanicamente con la leva del predispositore, che a sua volta è interbloccato con la chiave di abilitazione del manipolatore.

La leva del combinatore non dovrà essere estraibile, ed interbloccata meccanicamente con la leva del predispositore.

Il predispositore sarà interbloccato con la chiave.

La trasmissione del movimento fra la leva ed i vari attuatori sarà realizzata tramite ingranaggi.

La leva dovrà essere accoppiata a un trasduttore angolare elettro-ottico (encoder) attraverso cui rilevare la posizione angolare della leva.

I requisiti fondamentali di funzionamento del combinatore dovranno essere:

- La leva predispositore e marcia/frenatura saranno abilitate tramite chiave.
- La leva di marcia frenatura potrà essere spostata solo dopo aver portato il predispositore in posizione di “condotta”.
- Il predispositore può essere sbloccato solo dopo aver ruotato la chiave di abilitazione di 90° in senso orario.

La leva di trazione frenatura dovrà avere una escursione totale di almeno 78° ripartiti i settori di cui:

- Settore trazione (in avanti rispetto alla posizione di riposo della leva);
- Settore accostamento banchina (posizione centrale corrispondente alla posizione di riposo);
- Settore di frenatura di servizio (all’indietro rispetto alla posizione di riposo della leva);
- Settore frenatura di emergenza (posizione estrema del settore di frenatura ottenuta tirando con decisione la leva all’indietro).

Nelle zone di lavoro della leva saranno inserite delle tacche di marca-posizione che hanno la funzione di far individuare con immediatezza e precisione la posizione esatta della leva di comando di trazione e frenatura in relazione ai comandi che vogliono essere impartiti.

Per migliorare ulteriormente la sensibilità di movimentazione della leva ed evitare errate configurazioni del treno saranno realizzati marca-posizioni con resistenza al movimento differenziato per individuare le seguenti zone:

- trazione massima;
- trazione minima;
- frenatura in banchina;
- frenatura massima di servizio;
- emergenza.

Rilasciando la leva dalla posizione di trazione essa deve ritornare automaticamente nella posizione di frenatura in banchina.

All'interno della impugnatura del manipolatore dovranno essere previsti:

- Un pulsante per la segnalazione di presenza attiva del conducente
- Un pulsante per l'attivazione della campana elettrica

## 16. Equipaggiamento elettrico ed elettronico ausiliario

### 16.1. Carica batteria

Per la generazione della bassa tensione a 24 Vcc necessaria ad alimentare le utenze ed a caricare le batterie dovranno essere previsti due convertitori caricabatteria dimensionati ciascuno per fornire il 100% del fabbisogno energetico dei carichi ed alimentare in carica la batteria ausiliaria.

Il caricabatteria sarà in grado di funzionare correttamente alla tensione nominale di ingresso di 750 Vcc e nell'intero range di tensione definito dalla norma CEI EN 50163/A2.

Esso, inoltre, sarà in grado di lavorare alle condizioni ambientali definite dalla CEI EN 50125-1:2014 classe T3.

Il Caricabatteria dovrà essere conforme alla norma CEI EN 61287-1:2014 ed alle norme per le apparecchiature elettriche richiamate nella UNI EN 11174:2014.

Il caricabatteria sarà realizzato con dispositivi a semiconduttore IGBT di ultima generazione (silicio o carburo di silicio).

Il caricabatteria fornirà in uscita la tensione DC stabilizzata e galvanicamente isolata dall'ingresso AT.

Il caricabatteria dovrà essere in grado di controllare separatamente la corrente verso i carichi e quella verso la batteria per evitare che nelle batterie circolino correnti non compatibili con la batteria.

La tensione di ricarica delle batterie generata dal caricabatteria dovrà tener conto della temperatura delle batterie.

In condizioni di batterie di veicolo scariche e/o sezionate, dovrà essere possibile avviare il caricabatteria con la sola presenza della tensione AT di ingresso.

Il caricabatteria sarà provvisto di un filtro di linea dedicato che consentirà una riduzione del contenuto armonico generato dalla commutazione dei suoi semiconduttori IGBT e garantirà la protezione dalle sovratensioni di linea.

Induttanze, trasformatori e condensatori saranno conformi rispettivamente alle norme CEI EN 60310 e CEI EN 61881.

I due convertitori caricabatteria saranno dimensionati per fornire il fabbisogno energetico dei carichi ed alimentare un veicolo guasto in modalità soccorso.

### 16.2. Batterie

Le batterie ausiliarie svolgono la funzione di tampone dell'alimentazione in BT 24 Vcc. Sulla linea sono presenti dei tratti neutri in cui le batterie devono alimentare tutti i carichi alla tensione massima.

La batteria dovranno avere caratteristiche superiori o uguali a quelle al nichel-cadmio di tipo aperto conformi alla norma CEI EN 60623.

Non dovranno essere usate batterie al piombo.

Il dimensionamento delle batterie sarà tale che, nella circostanza di assenza di tensione di linea e sosta delle vetture in linea con passeggeri a bordo, le batterie abbiano autonomia tale da alimentare per almeno 1 ora:

- illuminazione esterna;
- illuminazione interna di emergenza. È ammesso che in tale condizione. L'impianto di illuminazione rimanga attivo solo al 50%;
- la ventilazione interna;
- la diffusione sonora;
- logica veicolo;
- impianto porte.

Le batterie saranno installate su un cestello contenuto in un cassoncino estraibile dotato di sfiati nella parte superiore per lo sfogo di gas e di forature sul fondo per il drenaggio di liquidi; il cestello sarà provvisto di opportuni punti di aggancio per la rimozione dello stesso.

Cestello e cassoncino saranno in acciaio inox.

La batteria sarà dotata di sensori di temperatura atti a regolare i parametri di carica della batteria da parte del carica-batterie in funzione della temperatura.

Le batterie dovranno essere dotate di strumenti di misura dedicati sul monitor di servizio.

Gli organi di inserzione e protezione della batteria saranno segregati rispetto ad essa, al fine di evitare possibili inneschi dell'idrogeno prodotto dalla batteria causati da eventuali archi elettrici prodotti dagli organi di protezione.

### **16.3. Impianti di sicurezza**

Questi impianti servono a garantire la sicurezza durante l'esercizio del veicolo, e dovranno assolvere alle seguenti funzioni:

- funzione «uomo morto o Vigilante
- funzione «velocità zero» inclusa gestione contachilometri, tachimetri e segnale odometrico

Le due funzionalità possono trovar posto nello stesso rack.

### **16.4. Dispositivo uomo morto o vigilante**

Lo scopo del dispositivo vigilante è quindi quello di prevenire che per disattenzione o malore, il conducente non presti la dovuta attenzione alla condotta del veicolo, generando possibili rischi per lui stesso, i passeggeri e il veicolo.

Il dispositivo vigilante, dovrà essere realizzato con criteri di sicurezza, e dovrà rilevare la presenza attiva del conducente durante la marcia secondo quanto previsto dalla norma UNI 11174:2014 art. 16.6

La presenza e la vigilanza del conducente dovrà essere monitorata tramite pressione di un tasto posto all'interno della impugnatura del manipolatore di marcia.

La funzione di vigilanza dovrà essere attivata solo dal manipolatore del banco abilitato.

La presenza del conducente dovrà essere monitorata con almeno un secondo comando con funzione in parallelo che dovrà essere installato sul banco di manovra o sulla pedana cabina di guida

La funzione sarà attiva solo con veicolo in marcia: in fase di partenza del veicolo la funzione sarà attiva per velocità maggiore o uguale di una Velocità di attivazione, ed in fase di arresto la funzione sarà disattivata per velocità minore o uguale ad una Velocità di disattivazione. Valori tipici possono essere:

- $V_{\text{attivazione}} \geq 5 \text{ km/h}$
- $V_{\text{disattivazione}} \leq 2 \text{ km/h}$

La presenza attiva del conducente dovrà essere rilevata con il seguente algoritmo:

- Il conducente premendo il pulsante, dimostra la propria presenza, ma non la propria vigilanza. Il pulsante può essere mantenuto premuto per, al massimo, 10s.
- Dopo il rilascio del pulsante, il conducente ha 2s per poterlo ripremere, dimostrando così la propria vigilanza.
- Se il conducente mantiene premuto il pulsante per oltre 10s oppure non lo ripreme, dopo il rilascio, entro 2s, il sistema innesca: dopo 2s l'attivazione di segnalazioni acustiche e visive; dopo ulteriori 2s comanda anche la frenatura di emergenza 1 (massima frenatura di servizio e pilotaggio sabbie)
- Se dopo l'attivazione dell'allarme o della frenatura, il conducente ripristina la corretta gestione del sensore, il dispositivo rilascia l'allarme.

In caso di guasto del sistema vigilante dovrà essere possibile escludere il dispositivo tramite un selettore piombato posto in cabina.

## 16.5. Dispositivo Velocità zero

Lo scopo del dispositivo Velocità zero è di acquisire la velocità del veicolo per fornire la informazione di veicolo "fermo" al dispositivo vigilante, al veicolo stesso (tipicamente all'impianto porte) ed il segnale per il pilotaggio dei tachimetri posti sul banco di manovra.

Il dispositivo dovrà essere realizzato con criteri di sicurezza.

Il rilevamento della velocità dovrà essere eseguito dalla rilettura di almeno due sensori di velocità montati su ruote distinte.

L'algoritmo dovrà prevedere che per velocità prossimo allo zero, tipicamente per un valore ovvero compresa tra 0 e ~3Km/h, renda disponibile il segnale di "veicolo fermo".

Per evitare cambi di stato indesiderati la soglia di velocità sarà gestita con isteresi.

Il segnale di velocità zero dovrà abilitare il comando di consenso all'apertura delle porte ed essere inviato alle centraline di controllo delle porte per condizionare l'esecuzione del comando di apertura delle porte alla informazione di veicolo fermo

In caso di guasto dovrà essere possibile escludere il sistema di velocità zero mediante un selettore piombato posto in cabina.

## 16.6. Circuito anello delle sicurezze

Devono essere realizzato uno o più impianti che raccolgono una serie di contatti dei vari dispositivi di sicurezza installati a bordo del rotabile, quali:

- Circuito loop porte;
- Circuito loop di soccorso;
- Postazione PMR.

In generale, l'intervento anche di uno solo dei dispositivi dovrà provocare l'interruzione della trazione o l'intervento della frenatura di soccorso con l'attivazione di un segnale ottico /acustico di allarme in cabina.

## 16.7. Registrazione dati di bordo (scatola nera)

Il rotabile dovrà essere dotato di impianto **Registratore di Eventi** (RSE) atto a registrare informazioni e segnali relativi al servizio, in conformità alle norme UNI 11174:2014 par. 16.5, CEI EN 62625-1/A11:2017, con gli opportuni adeguamenti allo stato dell'arte.

Lo scopo della registrazione è quello di disporre di dati “fiscali” per la ricostruzione di cause di incidenti, di irregolarità del servizio, di gravi anomalie funzionali di impianti.

L'elenco dettagliato dei segnali da registrare verrà concordato in fase di progetto esecutivo. A titolo indicativo e assolutamente non esaustivo, si anticipa che l'impianto registrerà, in conformità alla norma CEI EN 62625/A11:2017, almeno i seguenti segnali:

- velocità e segnale al tachimetro;
- spazio percorso;
- posizione
- data, ora, minuto, secondo;
- segnali relativi all'impianto porte: comandi del conducente, stato del circuito
- “porte aperte”, esclusione del circuito “blocco porte”, stato delle maniglie di
- apertura in emergenza;
- esclusione del “relè consenso apertura porte”;
- segnali relativi all'intervento e all'esclusione dei dispositivi di sicurezza: vigilante, velocità zero;
- segnali relativi ai comandi impartiti dal manipolatore di trazione/frenatura,
- comando pattini, fungo per la frenatura di sicurezza;
- segnali relativi al predispositore di marcia (e quindi stato di banco abilitato);
- allarme passeggeri;

Relativamente al dispositivo *Uomo Morto* dovranno poter essere memorizzati dal registratore statico i seguenti casi:

- rilascio del sensore di presenza attiva conducente;
- intervento dell'avvisatore acustico;
- intervento della frenatura;
- esclusione dispositivo;
- avaria dispositivo.

Il dispositivo sarà dotato di un display e di una tastiera per l'interfacciamento con l'operatore al fine di impostare almeno i seguenti parametri di configurazione: i km percorsi, il numero di vettura, la data (giorno, mese, anno) e l'orario (ora, minuti, secondi) e il diametro ruote.

Per la velocità e lo spazio percorso la tolleranza è ristretta nel  $\pm 2\%$ .

La capacità di memorizzazione sarà di almeno una settimana di servizio.

Dovranno essere previste delle riserve per registrare altre informazioni digitali.

La memoria del dispositivo sarà asportabile.

Lo scarico dati avverrà tramite PC portatile direttamente al dispositivo di registrazione statica, o tramite porta e chiavetta USB.

I dati saranno registrati in un formato facilmente leggibile e stampabili in formato PDF.

Il sistema sarà dotato di diagnostica interna e l'eventuale guasto sarà riportato nella diagnostica di veicolo; il dispositivo sarà particolarmente resistente agli urti e la sua collocazione a bordo sarà tale da preservarne l'integrità anche in caso di collisione, quanto più possibile.

Il dispositivo dovrà svolgere anche le funzioni di:

- Totalizzatore chilometrico
- Pilotaggio dei tachimetri posti sui banchi di manovra.

È ammesso che la registrazione dati, il dispositivo vigilante e di velocità zero siano forniti nello stesso *rack* di registrazione. In aggiunta all'elenco segnali riportato sopra il sistema dovrà registrare per almeno una settimana, i seguenti segnali:

- Segnali e diagnostica relativi all' impianto freno;
- Segnali e diagnostica relativi all' impianto trazione;
- Segnali e diagnostica relativa all' impianto clima;
- Presenza tensione;
- Stato pantografo (alto/basso);
- Marcia di emergenza;
- Marcia indietro;
- Attivazione antipattinante/antislittamento;
- Segnale encoder manipolatore;
- Tensione batterie;
- Tensione di linea;
- Stato anello delle sicurezze;
- Dispositivo riconoscimento lato banchina.

## 16.8. Rete MVB

Dovrà essere prevista una rete di veicolo MVB (*Multifunctional Vehicle Bus*) atta ad interconnettere tutti i dispositivi elettronici all'interno del singolo tram. La rete MVB dovrà essere conforme allo standard CEI EN 61375. Le principali funzioni della rete saranno:

- comando e controllo della marcia della vettura;
- comando e controllo delle funzioni ausiliarie;
- trasmissione dei dati relativi agli stati tram e alla diagnostica.

La rete MVB collegherà tutti gli impianti del veicolo dotati di unità controllo a microprocessore.

## 16.9. Diagnostica

La vettura dovrà essere provvista di un sistema diagnostico di bordo, conforme alla norma UNI 11174:2014, art.16.4, in grado di fornire informazioni circa guasti e/o stati degli impianti di bordo, al conducente e ai manutentori su monitor e su segnalazioni luminose sul banco di manovra.

Il sistema dovrà fornire un supporto efficace nell'individuazione di tali guasti, senza essere eccessivamente complicato o invasivo, onde evitare ripercussioni negative sull'affidabilità dell'intero rotabile.

Ogni evento diagnostico dovrà essere individuato univocamente nel tempo.

Le modalità di gestione dei messaggi diagnostici in rapporto al funzionamento della rete di comunicazione dovranno costituire una specifica tecnica. Oltre alle funzioni di diagnostica e supervisione, dovrà essere previsto che il sistema svolga anche una funzione di guida-operatore. Ciò significa che, qualora insorga una anomalia, la diagnostica potrà dare al conducente, su richiesta, delle istruzioni che consentano di riprendere il servizio nel più breve tempo possibile.

Tutti gli impianti del rotabile dovranno essere dotati di sistema autodiagnostico per le operazioni di ricerca guasti con possibilità d'individuare l'elemento minimo sostituibile.

La diagnostica di bordo dovrà fornire un tasso di copertura T non inferiore all'80% di tutti i guasti che si possono verificare.

Il rotabile dovrà essere dotato di un sistema statico di registrazione capace di memorizzare permanentemente, in modo codificato, l'identificativo del veicolo, le avarie e i relativi dati temporali in corrispondenza dei quali ciascuna di esse si è verificata.

Dovrà essere previsto l'interfacciamento con il sistema di comunicazione per la trasmissione dei dati di diagnostica a terra e lo scarico dati avverrà su canale WIFI al deposito.

Ogni impianto dotato di centralina elettronica di controllo (es. logica di veicolo, le porte, il freno, controllo azionamento ...), sarà inoltre dotato di diagnostica "residente" sull'impianto stesso.

Il sistema diagnostico si dovrà articolare su tre livelli, di seguito descritti.

### **16.9.1. Diagnostica di 1° livello**

Ad uso del conducente e dell'assistenza di linea, il 1° livello fornisce informazioni atte a risolvere i problemi con vettura in linea. Visualizza sui monitor della cabina di guida tutti gli stati ed i guasti della vettura.

Per ciascun guasto si dovrà visualizzare a monitor data e ora, codice guasto, descrizione del guasto e guida operatore per la risoluzione, incluse avvertenze di sicurezza operatore e limitazioni di velocità. Le segnalazioni di guasto saranno differenzialmente rappresentate a seconda se:

- non richiedono alcun intervento di risoluzione, né degradi del servizio, né ritiro del tram dalla linea,
- richiedono un qualche intervento o degrado
- implicano il ritiro dal servizio.

L'informazione a monitor si cancellerà automaticamente, una volta risolto o venuto meno il guasto.

### **16.9.2. Diagnostica di 2° livello**

Ad uso della manutenzione di deposito e dell'assistenza di linea, il 2° livello fornirà informazioni più dettagliate accessibili solo mediante password atte a riparare guasti o ad effettuare interventi manutentivi mirati.

### **16.9.3. Diagnostica di 3° livello**

Ad uso del personale di manutenzione con specializzazione più spinta, il 3° livello consiste in segnalazioni diagnostiche generate dai singoli dispositivi del tram, non presentate su monitor, leggibili tramite PC dotati di software di manutenzione dedicati.

## **16.10. Prese BT e MT**

Per l'alimentazione dei circuiti BT, compresa la carica delle batterie, dovrà essere prevista una presa a spina di tipo normalizzato.

Nell'alimentare il veicolo in BT da presa esterna, dovrà essere prevista una funzionalità per permettere le pulizie all'interno del veicolo; quindi, dovrà essere garantita la funzionalità delle porte, delle luci e la ventilazione interna. Per l'alimentazione dei circuiti MT dovrà essere prevista una presa a spina di tipo normalizzato.



## 17. Videosorveglianza, comunicazione audio, informazione ai passeggeri, allarme

Gli impianti di informazione ai passeggeri, video sorveglianza, allarme passeggeri e comunicazione con il Posto di controllo Centrale saranno conformi alle seguenti normative

- IEC 61375 *Electric railway equipment - TCN Train Communication Network*
- EN/IEC 61373:2010 *Railway Applications. Rolling Stock - Equipment. Shock and Vibration Tests.*
- EN 50155:2021 *Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock*
- CEI EN 50121 *Railway applications - Electromagnetic compatibility*
- ISO 3381:2011 *Railways application – Acoustics – Measurements of noise inside rail-bound vehicles*

I suddetti sistemi dovranno essere collegati da una rete Ethernet di veicolo che assicuri una ampia capacità di trasferimento dati, ed una elevata versatilità per l'implementazione di nuove funzioni.

### 17.1. Rete cablata di bordo

Il tram sarà fornito completo di propria rete *Ethernet* di bordo, comprendente un mobile router LTE/WIFI.

Tale rete dovrà essere conforme allo standard IEC 61375.

Sarà predisposta almeno una porta ethernet in ciascuna cabina per il collegamento di PC per la manutenzione e la configurazione di tutti i sottosistemi collegati alla rete.

### 17.2. Videosorveglianza

Il veicolo dovrà essere fornito completo di sistema di videosorveglianza, atto a consentire la visione in tempo reale dello spazio interno (da parte del conducente ed eventualmente dal Posto Centrale, via mobile router) per motivi di ordine pubblico ed esterno. Il sistema dovrà essere in grado di registrare l'interno per almeno 7 giorni e l'esterno in caso di urto frontale (almeno 7 giorni di registrazione in continuo o garantire una memorizzazione di almeno 500 eventi singoli).

Le telecamere interne dovranno essere in numero e posizione opportune per visualizzare l'interno del comparto passeggeri ed il vano delle porte per consentire al conducente di seguire l'incarozzamento dei passeggeri.

Tutte le telecamere dovranno essere di tipo IP e dovranno essere collegate alla rete Ethernet di bordo per il trasferimento delle immagini.

La visualizzazione in tempo reale delle immagini dovrà essere effettuata sui monitor posti sul banco di manovra destinati alla visualizzazione delle informazioni diagnostiche.

La selezione delle schermate dedicate alla videosorveglianza dovrà avvenire secondo una modalità automatica o manuale. La modalità manuale dovrà essere possibile solo a veicolo fermo.

La modalità automatica e con veicolo in marcia il monitor diagnostico non rappresenterà le immagini delle telecamere, all'arresto del veicolo, in automatico, saranno rappresentate le telecamere per seguire le operazioni di incarozzamento, il monitor passerà alla visualizzazione diagnostica alla ripartenza del veicolo.

In modalità automatica in presenza di:

- Attivazione di un allarme passeggeri;
- Attivazione di richiesta di assistenza dalla postazione PRM;
- Attivazione maniglia di apertura di emergenza di una porta.

Dovrà essere opportunamente segnalato sul monitor la segnalazione dell'evento e, su consenso del conducente, saranno visualizzate le immagini della telecamera che inquadra la zona da cui è provenuta la segnalazione.

In modalità manuale, a veicolo fermo, il conducente potrà selezionare a monitor qualunque telecamera.

La memorizzazione delle immagini sarà fatta su hard disk che potrà essere estratto con una opportuna chiave per il trasferimento delle immagini nella stazione di visualizzazione.

La capacità di memorizzazione delle immagini sarà almeno di una settimana.

Su tutte le immagini dovrà essere sovrainpressa la data e l'ora e la telecamera alla quale si riferiscono.

Le immagini dovranno essere crittografate e richiederanno una password per la visualizzazione delle stesse.

L'impianto dovrà essere rispondente alle Norme sulla Privacy vigenti.

Le postazioni di terra potranno prelevare le immagini registrate a bordo veicolo collegando l'hard-disk ad un PC mediante una opportuna interfaccia fornita a corredo del sistema di videosorveglianza.

Dovrà essere altresì fornito il software da installare sul PC per la decodifica, la visualizzazione, la ricerca e l'esportazione delle immagini.

### **17.3. Sistema di comunicazione audio**

Deve essere fornito un sistema di comunicazione audio che supporti le seguenti modalità operative:

- Comunicazione bidirezionale tra le cabine. Questa modalità deve essere utilizzabile, nel caso di veicoli accoppiati per traino di emergenza, anche tra le cabine dei due veicoli.
- Comunicazione bidirezionale tra il Conducente e i passeggeri attraverso gli interfonni del sistema di allarme passeggeri
- Comunicazione bidirezionale, utilizzando la radio di bordo, tra il Conducente ed il Posto Centrale di Controllo
- Comunicazione unidirezionale, utilizzando la radio di bordo, dal Posto Centrale di Controllo ai passeggeri attraverso il sistema di altoparlanti
- Comunicazione a uno o più tram selezionabili di messaggi audio (programmati o in presa diretta) con sistema tipo *Smartrams* da PCC per comunicazioni all'utenza (ad es. interruzione di servizio, avvisi sulla sicurezza, modifiche temporanee al servizio, ecc.) con ripetizione programmabile

Il sistema radio dovrà essere compatibile con gli apparati e le modalità di comunicazione già in uso sulle linee esistenti e dovrà essere opportunamente interfacciato con il sistema audio di bordo

In cabina dovranno essere previsti:

- Microtelefono;
- Altoparlante amplificato;
- Pedale allarme aggressione.

Il microtelefono dovrà consentire al conducente di richiedere la chiamata al PCC e di comunicare con il PCC ed i passeggeri.

L'altoparlante di cabina dovrà diffondere annunci o segnalazioni acustiche per consentire l'ascolto da parte del conducente; in particolare, dovranno essere previsti:

- Tono di “ring” della radio per segnalare al conducente una chiamata da PCC
- Viva voce operatore PCC in caso di chiamata di gruppo o della richiesta di consenso da parte del PCC per annunci sonori verso i passeggeri.

Il pedale di allarme dovrà essere attivato dal conducente (con una pressione superiore a 3 secondi) per inviare una chiamata di emergenza all’operatore del PCC in caso di aggressione; in particolare, quando è instaurata la chiamata di emergenza a bordo tram, in maniera automatica dovrà essere attivato il microfono ambientale (integrato nel microtelefono) per permettere all’operatore PCC di monitorare, con l’ascolto remoto, quanto sta accadendo in cabina conducente.

I requisiti di dettaglio del sistema radio sono riportati negli elaborati riferiti al sottosistema radio tetra.

Dovrà essere inoltre previsto un supporto fisico di memoria per la registrazione degli annunci di fermata idoneo a contenere anche altre informazioni, eventualmente necessarie, compresi i messaggi per gli indicatori di itinerario, informazioni pubblicitarie, ecc.

L’installazione dei dispositivi necessari alla gestione degli annunci ai viaggiatori (cornetta, tastiera, display, drive di supporto per informazioni registrate, ecc.) dovrà essere situata in entrambe le cabine di guida, in posizione tale da essere facilmente accessibile al conducente in modo da garantire l’ergonomicità delle funzioni da svolgere.

#### **17.4. Cartelli indicatori interni**

Dovranno essere previsti display TFT collegati alla rete Ethernet di bordo per la rappresentazione delle indicazioni di prossima fermata ed in generale di informazioni di viaggio utili ai passeggeri. L’aggiornamento delle informazioni saranno effettuabili tramite PC collegato alla rete ethernet di bordo o da Posto Centrale.

La colorazione dei LED dovrà essere giallo/ambra o comunque con una cromia e con una grandezza di carattere sufficiente da permettere una chiara lettura da parte degli utenti ipovedenti.

Dovranno essere previsti dei PMV con indicazione di “*prossima fermata*” ed indicazione del lato di apertura porte in luogo dei pannelli che sui veicoli attualmente in servizio riportano la scritta fermata prenotata e delle frecce con l’indicazione del lato apertura porte.

#### **17.5. Cartelli indicatori esterni**

Il veicolo dovrà prevedere:

- 2 cartelli indicatori esterni frontali (uno per ciascuna estremità del veicolo);
- 4 cartelli indicatori laterali (due per ciascuna fiancata del veicolo).

Tutti i display dovranno essere collegati alla rete Ethernet di bordo.

Su tutti gli indicatori di percorso esterni, frontali e laterali, dev’essere riportato il numero della linea mediante testo non scorrevole.

Le indicazioni esterne frontali dovranno essere facilmente visibili con ogni condizione di luce esterna per gli utenti che sono presenti in banchina;

Il display laterale dovrà essere installato sulla fiancata del veicolo, in prossimità delle porte ad altezza non superiore a 1,30 metri circa al fine di facilitarne la visibilità da parte di ipovedenti. In ogni caso, le posizioni definitive saranno da concordarsi sul figurino del veicolo. I display esterni dovranno essere facilmente leggibili anche a distanza sia nelle ore diurne in presenza di luce solare diretta, sia di notte.

La colorazione dei LED dovrà essere GIALLO/AMBRA o comunque con una cromia e con una grandezza di carattere sufficiente da permettere una chiara lettura da parte degli utenti ipovedenti.

## 17.6. Allarme passeggeri

Il veicolo, in tutte le sue parti, sarà conforme alla UNI CEI EN 45545-2/Ab, è classificato di tipo N (normale) con:

- categoria operativa OC1
- livello di rischio HL1

Il sistema allarme passeggeri dovrà prevedere interfonni di bordo da installare in corrispondenza di ogni porta passeggeri.

Ciascun interfono sarà dotato di:

- Un tasto posizionato sul pannello frontale per l'attivazione della richiesta di comunicazione da parte di un passeggero.
- Un LED bicolore rosso/verde sul pannello frontale per le segnalazioni dello stato dell'interfono (interfono in avaria, chiamata in corso, comunicazione attiva, etc.)
- Un microfono ed un altoparlante.

## 17.7. Diffusione sonora

Nel comparto dovranno essere previsti degli altoparlanti per la diffusione di tutte le comunicazioni audio verso i passeggeri. Dovranno essere presenti altoparlanti all'esterno della vettura che indichino, agli utenti in banchina, la presenza del tram, la linea e la direzione.

# 18. Sistema contapasseggeri

Il veicolo dovrà essere dotato di un sistema contapasseggeri.

La precisione del conteggio non dovrà essere inferiore al 98% su un campione di almeno 1.000 saliti.

Il sistema dovrà permettere l'immagazzinamento delle immagini per verificarne la precisione.

Il sistema dovrà essere dotato di un applicativo centralizzato con adeguata interfaccia utente per la gestione e rielaborazione dei dati (ad esempio dovrà essere possibile effettuare richieste *query* dei saliti a ciascuna fermata, per direzione, per fascia oraria, per tipologia di servizio e per turno macchina).