

PNRR - Misura M2.C2 - Intervento 4.2 Sviluppo Trasporto Rapido di Massa

**Realizzazione Trasporto Rapido Costiero Rimini Fiera - Cattolica**  
**2<sup>a</sup> tratta Rimini FS - Rimini Fiera (CUP D91E20000170001)**

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA



## STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI

## RELAZIONE SPECIALISTICA SUL MATERIALE ROTABILE

### RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Roberto D'Andrea

#### Gruppo di lavoro

Arch. Gilberto Avella  
Ing. Arianna Bicchichi  
Sig.ra Elisa Canevari  
Geom. Barbara Dominici  
Arch. Matteo Massanelli



#### SUPPORTO SPECIALISTICO

Geologia e modellazione sismica  
Responsabile - Dott. Geol. Carlo Copioli  
Collaboratori - Dott. Geol. Gianni Amantini  
- Dott. Geol. Fabio Vannoni  
Indagini Geognostiche - INTERGEO S.r.l.  
Risoluzioni Interferenze - Ing. Gianluca Vitali  
Piano del verde - Arch. Serena Corbelli

### PROGETTAZIONE



#### SUPPORTO SPECIALISTICO

Ambiente



Archeologia



### Responsabile integrazione prestazioni specialistiche

Ing. Pietro Caminiti

#### Responsabili di Disciplina

Ing. Pietro Caminiti - *Infrastruttura*  
Ing. Maurizio Falzea - *Opere Strutturali*  
Ing. Angela Tortorella - *Impianti*  
Arch. Alessandro Cacciatore - *Architettura e Sistemazioni Urbane*  
Ing. Massimo Plazzi - *Idrologia e Idraulica*  
Ing. Davide Salvo - *Capitolati e Documenti Economici*  
Ing. Fabrizio Conti - *Coordinatore Sicurezza in fase di Progettazione*  
Ing. Andrea Spinosa - *Pianificazione dei trasporti e ACB*  
Dott. Geol. Ignazio Giuffrè - *Geologia*

COMMESSA

TRC2

FASE

PFTE

DISCIPLINA

GEN

TIPO/NUMERO

RT003

REV.

A

SCALA

-

NOME FILE

TRC2-PFTE-GEN-RT-003-A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	DIC_2022	EMISSIONE	A. SPINOSA	A. SPINOSA	P.CAMINITI
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-

## Indice della relazione

Premessa .....	2
1. Definizione del veicolo tipo .....	3
1.1. Caratteristiche del veicolo .....	6
1.2. Vita media del veicolo.....	6
1.3. Condizioni tipiche di marcia.....	7
1.4. Prestazioni in condizioni normali di esercizio .....	7
1.5. Prestazioni minime del veicolo con trazione autonoma.....	7
1.6. Requisiti costruttivi dell'impianto di trazione.....	7
1.7. Alimentazione da linea aerea .....	8
1.8. Alimentazione autonoma .....	8
1.9. Sistema di captazione della corrente.....	8
1.10. Impianto pneumatico.....	10
1.11. Carica batterie .....	10
1.12. Idroguida .....	10
1.13. Sistemi di frenatura.....	10
1.14. Sospensioni .....	11
1.15. Impianto elettrico: elementi particolari.....	11
1.16. Scaricatore di tensione.....	12
1.17. Ponte inversione polarità .....	12
1.18. Filtro di rete.....	12
1.19. Rilevatore di dispersione.....	12
1.20. Rischio di incendio: tipi di conduttori e materiali .....	12
2. Veicolo <i>Tram Look urbano Exqui.City 18 T</i> .....	14
2.1. Caratteristiche del veicolo .....	14
2.2. Vita media del veicolo.....	16
2.3. Struttura portante .....	16
2.4. Caratteristiche e requisiti prestazionali .....	17
2.5. Accessibilità.....	17
2.6. Manovrabilità.....	18

## PREMESSA

Il progetto di fattibilità tecnico-economica della “2<sup>a</sup> Tratta Trasporto Rapido Costiero Rimini FS – Rimini Fiera” è stato sottoposto a richiesta di finanziamento nell’ambito del cosiddetto Avviso numero 1 avente scadenza il 31/12/2018 per l’accesso al Fondo nazionale per i sistemi di trasporti rapidi di massa. Il finanziamento è stato approvato con decreto MIT numero 185 del 30/04/2020 e, successivamente, è stato valutato idoneo ad essere inserito tra le opere della misura M2.C2 del PNRR ai sensi del decreto MIMS numero 448 del 16/11/2021. Con Decreto Dirigenziale numero 337 del 22/12/2021 la Direzione Generale per il trasporto pubblico locale e regionale e la mobilità pubblica sostenibile - Divisione 2 ha quindi provveduto all’impegno contabile delle risorse di cui all’art. 1, comma 1072 della Legge 205/2017 destinate all’intervento di cui trattasi. Tali interventi sono a oggi finanziati con Legge numero 205 del 27/12/2017 “Legge di bilancio 2018” all’art.1, comma 1072, nell’ambito del quale è stato disposto il finanziamento del Fondo di cui alla Legge numero 232 del 11/12/2016, art.1, comma 140, per interventi nel settore del trasporto rapido di massa ad impianti fissi.

L’intervento si colloca nel più vasto piano di potenziamento e riordino del trasporto collettivo dell’area urbana costiera di Rimini e si colloca nella tipologia dei sistemi intermedi ad alto livello di servizio. Il **trasporto su gomma** è, nel panorama dei trasporti collettivi, quello con minore capacità ma maggiore economia di implementazione, non necessitando di infrastrutture proprie. È caratterizzato da estrema flessibilità ma anche dall’incapacità di garantire un servizio regolare, proprio perché vincolato dal traffico privato, con cui condivide la sede. Se il bus (o il filobus) si muovono su corsie proprie, separate (e protette) si realizza una busvia: in questo caso i maggiori oneri di costruzione sono ripagati dall’aver un servizio più regolare ed efficiente. Quando si adoperano mezzi articolati e le intersezioni sono ridotte al minimo e attrezzate con asservimento semaforico si parla di busvie ad alta capacità (BAC o FAC, nel caso di filovia). BAC/FAC con capacità comprese tra 1.000 e 5.000 posti/ora per senso di marcia sono presenti in diverse metropoli nordamericane e sudamericane così come in diverse città europee, principalmente francesi (*bus à haut niveau de service*, BHNS) e inglesi (BRT, *busway rapid transit*).

La presente relazione dettaglia le caratteristiche tecnico-prestazionali del parco rotabile che effettuerà servizio sulla tratta di progetto: trattandosi di una estensione in piena contiguità con l’esercizio attualmente svolto sulla 1<sup>a</sup> tratta, l’Amministrazione ha inteso avvalersi dell’attivazione dell’opzione di estensione del contratto in essere per la fornitura del materiale rotabile su tale tratta. Definito quindi il veicolo tipo, saranno dettagliate le caratteristiche del filobus **Van Hool Exqui.City tipo 18T**.

## 1. DEFINIZIONE DEL VEICOLO TIPO

Il parco rotabile previsto sulla linea *MetroMare* Fiera di Rimini – Riccione FS sarà costituito da 15 mezzi filoviari snodati (6 in aggiunta ai 9 del parco esistente) da 18 metri di lunghezza e larghezza 2,55 metri: in base ai modelli disponibili sul mercato, i filobus disporranno di circa 140-150 posti nominali<sup>1</sup> di cui 35-40 seduti (a seconda dell'allestimento), più una postazione riservata a sedie a rotelle.

Secondo gli attuali standard ambientali, la propulsione autonoma sarà solo elettrica, senza motore ausiliario diesel ma con alimentazione fuori linea garantita da un gruppo di batterie in grado di assicurare la marcia autonoma per almeno 10 chilometri, senza collegamento alla rete aerea. Questa caratteristica consentirà di variare dal percorso di normale esercizio, ovvero ritornare in deposito transitando su viabilità non equipaggiata con rete aerea. Le batterie si ricaricano sia durante la sosta in deposito sia durante la marcia, quando il mezzo è collegato alla linea filoviaria.

I veicoli dovranno permettere l'incarozzamento delle biciclette: le condizioni di imbarco, saranno definite dal regolamento operativo.

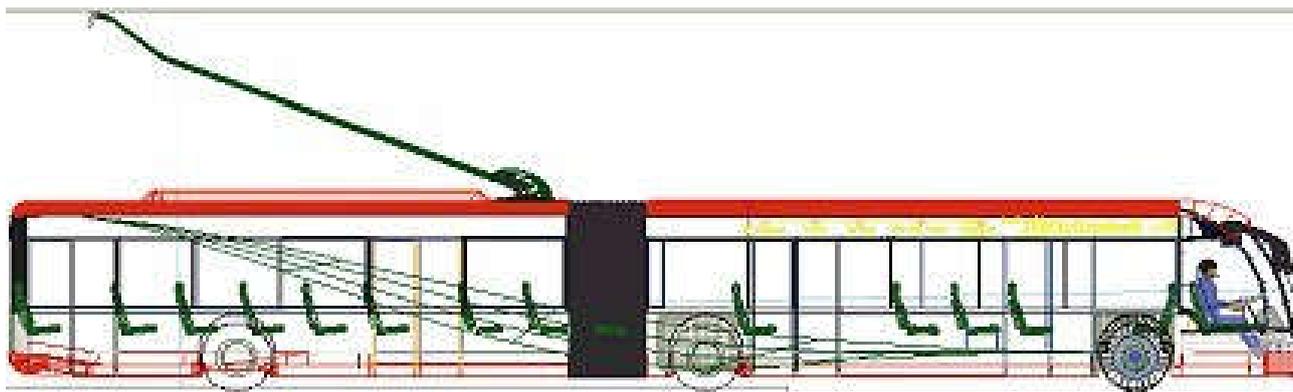


Fig. 1 – Figurino indicativo della vettura tipo: filobus snodato di lunghezza minima 18 m con un minimo di 35 posti a sedere più almeno una postazione dedicata alla sosta in sicurezza di una sedia a rotelle

<sup>1</sup> Il dimensionamento dell'esercizio, in linea con le Linee Guida Operative (LGO) per la valutazione degli investimenti sul Trasporto Rapido di Massa del MIT, deve considerare una capacità effettiva di 4 passeggeri per m<sup>2</sup> di superficie utile S1 calcolata ai sensi della Direttiva 2001/85/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2001 relativa alle disposizioni speciali da applicare ai veicoli adibiti al trasporto passeggeri aventi più di otto posti a sedere oltre al sedile del conducente e recante modifica delle direttive 70/156/CEE e 97/27/CE e s.m.i.

Tab. 1 | Caratteristiche del veicolo tipo

Posti a sedere	≥30
Posti totali 4 pax/m <sup>2</sup>	≥100
6 pax/m <sup>2</sup>	≥140
Posti per carrozzine	2
Spazio per biciclette	Si
Lunghezza (mm)	18.000
Larghezza (mm)	2.550
Altezza (mm)	3.490
Altezza pavimento (mm)	340
Passo (mm)	6.000-7.000
Sbalzo anteriore (mm)	2.700
Sbalzo posteriore (mm)	3.400
Diametro di ingombro (mm)	21.400
Tara con conducente (kg)	17.000-20.000
Peso totale ammesso (kg)	30.000 (3 assi)
Sistema di trazione	Elettrico
Potenza massima (kW)	250-400
Autonomia guida autonoma (km)	≥ 12 km
Pneumatici	275/70 R 22,5
Sospensioni	Pneumatiche integrali a controllo elettronico
	Ventilazione
	Riscaldatori elettrici
Dotazioni di comfort	Botole elettriche
	Pedana manuale
	Aria condizionata passeggeri
	Aria condizionata cabina di guida

Di seguito un elenco non esaustivo delle norme di riferimento per i veicoli filoviari.

- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 238 del 10/07/2003: disposizioni concernenti le procedure di omologazione dei filoveicoli per trasporto di persone
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 19 del 21/11/2003: accertamento dei requisiti di idoneità alla circolazione dei filoveicoli omologati ai sensi del DM n. 238
- CEI 9.4: impianti elettrici nei filoveicoli
- CEI 9.49: sistemi di captazione corrente da linea aerea
- EN 61373- CEI 9.61: tenuta alle vibrazioni ed urti
- CE 95-28: comportamento al fuoco dei materiali
- CEI 9.10: apparecchiature elettriche rotanti alimentate a corrente continua
- CE I 9.21: sistemi di frenatura elettrodinamica ed elettromagnetica
- CE 70-157: livello acustico
- CE 73-350: adeguamento al livello tecnico per le emissioni acustiche
- CE 95-54: compatibilità elettromagnetica
- EN 50121-3-1: compatibilità elettromagnetica per veicoli
- EN 50121-3-2: compatibilità elettromagnetica per apparecchiature
- CEI 9.26 – EN 50123-1: apparecchiature a corrente continua
- CEI 9.112 – 50502: requisiti di sicurezza negli equipaggiamenti elettrici
- CEI 9.25 – ENV 60349-2: motori a corrente alternata alimentati da convertitore elettronico
- EN 50207: convertitori elettronici di potenza
- EN 60349: macchine elettriche rotanti dei rotabili
- CE 70-157: livelli di rumorosità interna
- UNI 10205: livelli di rumorosità esterna
- EN 50153: protezione contro pericoli di natura elettrica
- EN 50155: equipaggiamenti elettronici di bordo
- EN 50192: compatibilità elettromagnetica
- EN 50199: compatibilità elettromagnetica
- EN 50215: prove su materiale rotabile
- EN 60077: requisiti delle apparecchiature elettriche di bordo
- EN 50974: compatibilità elettromagnetica
- CEI 9.69: definizione del rischio d'incendio
- EN 5012: protezione incendi negli equipaggiamenti elettrici

## 1.1. CARATTERISTICHE DEL VEICOLO

Il veicolo dovrà rispettare i seguenti standard di riferimento:

- a) veicolo snodato categoria M3, a trazione elettrica, ad elevata capacità di trasporto, a due casse, su pneumatici, idoneo alla circolazione su strada;
- b) tipo monodirezionale;
- c) almeno 3 porte ad accesso doppio, poste sul lato destro;
- d) pianale totalmente ribassato, privo di gradini e variazioni di livello interni, complanare al piano di banchina della fermata, e comunque con altezza da terra non superiore a 360 mm in assetto di marcia e con dispositivo di inginocchiamento (*kneeling*) inattivo;
- e) equipaggiamento ausiliario per la marcia autonoma del veicolo;
- f) essere in grado di spuntare da fermo, a pieno carico, su pendenza non inferiore all'8%;
- g) possibilità di traino da parte di altri veicoli dello stesso tipo o di un veicolo di soccorso;
- h) velocità massima in piano e in rettilineo, con trazione elettrica alimentata da linea di contatto, non inferiore a 60 km/h;
- i) avere elevati livelli di comfort di marcia;
- j) disporre di un allestimento idoneo all'accesso e al trasporto di persone disabili a ridotta capacità motoria;
- k) essere dotato di un impianto di climatizzazione del vano passeggeri e del vano guida sia per la stagione invernale che per quella estiva;
- l) presentare una estetica innovativa e corredi qualificanti;
- m) essere preferibilmente dotato di un sistema per l'abbassamento laterale del veicolo teso ad agevolare la salita e la discesa dei passeggeri (*kneeling*);
- n) essere omologato, per trasporto pubblico di persone in servizio di linea nell'allestimento richiesto, per una portata adeguata alle esigenze di trasporto di progetto. Il numero dei posti per i quali il veicolo è omologato, di cui almeno 30 posti a sedere, dovrà comprendere quello destinato a carrozzella per persona a ridotta capacità motoria; avere un allestimento interno (rivestimenti, mancorrenti, sedili passeggeri ecc.) che offra un ambiente complessivamente di grande gradevolezza e accoglienza per i passeggeri. I sedili saranno con seduta e schienale parzialmente imbottiti, realizzati con tessuto resistente alle macchie, ignifugo e antivandalo; essere dotato di apposito dispositivo atto ad effettuare l'accostamento automatico alle banchine di fermata favorendo un più agevole incarrozzamento dei passeggeri normodotati e disabili. Dovranno essere specificate in sede di offerta le caratteristiche tecniche e le prestazioni del sistema di accostamento alla banchina di fermata dichiarando la distanza di accosto e la tolleranza garantita.

## 1.2. VITA MEDIA DEL VEICOLO

I veicoli devono essere progettati e realizzati per garantire un servizio della durata di almeno 15 anni con l'applicazione del programma di manutenzione predisposto dal fornitore, senza che si rendano necessarie, prima del raggiungimento di tale limite, interventi di ricostruzione generale.

### 1.3. CONDIZIONI TIPICHE DI MARCIA

Il veicolo dovrà essere idoneo a operare nelle seguenti condizioni:

- a) sede riservata con alimentazione da linea di contatto: 100%
- b) durata media del servizio giornaliero nel periodo estivo (95 gg): 21 ore
- c) durata media del servizio giornaliero nel periodo invernale (270 gg): 19 ore
- d) periodo di accensione dell'impianto di illuminazione interna ed esterna:
  - periodo estivo: 7 ore
  - periodo invernale: 10 ore
- e) percorrenza media giornaliera
  - nel periodo estivo: 250 km
  - nel periodo invernale: 400 km
- f) percorrenza massima giornaliera: 450 km
- g) fondi stradali: bituminosi
- h) condizione dei fondi stradali: buono
- i) condizione plano-altimetriche del percorso: pianeggiante
- j) condizione ambientali: clima marittimo
- k) escursione termica: - 5°C ÷ +45°C
- l) umidità relativa: massimo 95%

### 1.4. PRESTAZIONI IN CONDIZIONI NORMALI DI ESERCIZIO

L'equipaggiamento di trazione elettrica dovrà essere in grado di assicurare al veicolo, in condizioni di marcia a pieno carico su strada piana e rettilinea, e in condizioni normali di alimentazione dalla linea di contatto, le seguenti prestazioni minime:

- velocità massima: > 60 km/h
- accelerazione di avviamento da 0 a 20 km/h: 1,0- 1,2 m/s<sup>2</sup>
- velocità commerciale in condizioni standard: 22 - 24 km/h

Il sistema ausiliario di bordo per la marcia autonoma dovrà essere in grado di consentire al veicolo, in ogni condizione, la marcia continuativa su percorsi non attrezzati con impianti fissi di alimentazione.

### 1.5. PRESTAZIONI MINIME DEL VEICOLO CON TRAZIONE AUTONOMA

Il sistema ausiliario di bordo per la marcia autonoma deve poter consentire al veicolo, in piano ed a pieno carico, una accelerazione non inferiore a 1 m/sec<sup>2</sup> ed una velocità massima non inferiore a 55 km/h.

Le prestazioni del veicolo dovranno mantenersi pressoché inalterate nel passaggio da alimentazione da rete elettrica a marcia autonoma.

### 1.6. REQUISITI COSTRUTTIVI DELL'IMPIANTO DI TRAZIONE

Si intendono compresi nell'impianto di trazione del veicolo i seguenti gruppi funzionali:

- gli organi di captazione della corrente dalla linea di contatto;

- l'equipaggiamento e il/i motore/i di trazione;
- il sistema per la marcia autonoma;
- i convertitori statici;
- il rilevatore di dispersione.

### 1.7. ALIMENTAZIONE DA LINEA AEREA

La trazione del veicolo dovrà avvenire tramite motore/motori elettrici, con esclusione di quelli del tipo a corrente continua, preferibilmente, del tipo asincrono trifase a ventilazione forzata e dovranno essere rispondenti alle norme EN 60349.

Il controllo e la regolazione, per la marcia e per la frenatura, dovrà quindi avvenire tramite inverter, con componenti IGBT, azionato dalla tensione di linea. Le apparecchiature elettroniche di potenza debbono essere rispondenti alla norma EN 50207.

L'impianto deve consentire il collegamento di un PC esterno per visualizzare i dati di servizio immagazzinati tramite un software diagnostico.

Il sistema deve garantire:

- la rilevazione dei segnali di guasto;
- la rilevazione dei parametri, sia analogici che digitali, del funzionamento dei componenti del veicolo ai fini della diagnostica;
- l'acquisizione di informazioni sullo stato del veicolo in relazione al servizio.

### 1.8. ALIMENTAZIONE AUTONOMA

La propulsione autonoma sarà solo elettrica, senza motore ausiliario diesel ma con alimentazione fuori linea garantita da un gruppo di batterie in grado di assicurare la marcia autonoma per almeno 12 – 15 chilometri, senza collegamento alla rete aerea. Questa caratteristica consentirà di variare dal percorso di normale esercizio, ovvero ritornare in deposito transitando su viabilità non equipaggiata con rete aerea. Le batterie si ricaricano sia durante la sosta in deposito sia durante la marcia, quando il mezzo è collegato alla linea filoviaria.

### 1.9. SISTEMA DI CAPTAZIONE DELLA CORRENTE

Il sistema deve essere costituito da:

- base di appoggio;
- aste;
- teste di presa di corrente;
- portatesta;
- strisciante;
- cavo;
- molla di trazione o sistema equivalente.

Il dispositivo di captazione dell'energia elettrica dalla linea di contatto, di sicura e provata affidabilità, deve essere idoneo per tensione nominale di 750 Vcc e per la massima corrente prevista lungo le tratte di esercizio.

Deve essere in grado di abbandonare la linea di contatto, dietro comando del conducente, in qualunque punto della linea e con veicolo in movimento, al fine di assicurare il rispetto delle prerogative di servizio descritte precedentemente.

Il passaggio da marcia autonoma ad alimentazione da linea aerea potrà avvenire o manualmente od a comando del conducente sotto i "tegoli" predisposti lungo la linea.

La base di appoggio delle prese di corrente deve essere montata su idonei isolatori e le aste debbono essere isolate da questa in modo da garantire un doppio isolamento tra massa del veicolo e sistema di captazione della corrente.

Le teste di presa di corrente devono consentire la rotazione del porta-strisciante di  $\pm 55^\circ$  sul piano orizzontale ed almeno  $20^\circ$  sul piano verticale.

Devono presentare un profilo lineare onde evitare eventuali agganciamenti alla linea aerea ed avere un sistema di sicurezza tale da evitare la caduta della stessa in caso di sfilamento.

La molla di trazione deve garantire in ogni condizione una forza il più costante possibile.

Tale forza, compresa tra 7 daN e 15 daN, deve poter essere registrata ad un valore stabilito per la linea aerea di esercizio.

In caso di utilizzo di aste conduttrici, queste devono essere rivestite con materiale isolante e nelle parti di possibile contatto con elementi del veicolo devono presentare un isolamento di tipo rinforzato.

È ammessa l'assenza della fune di manovra nel caso di aste conduttrici ed in tale caso deve essere allocato a bordo un idoneo fioretto.

Deve essere previsto un dispositivo di allineamento aste onde evitare la possibilità di brandeggio delle stesse una volta scollegate dalla linea di contatto.

Deve essere realizzato un sistema di telecamere tali da poter visionare dal posto di guida le teste delle prese di corrente.

Su ogni asta sarà posizionato un faro per l'illuminazione delle teste dei porta-pattini.

Dovrà essere dettagliatamente specificato il sistema di abbassamento delle aste in caso di scarrucolamento.

Deve essere presente un dispositivo per il blocco delle aste in posizione di riposo.

Qualora la manovra di blocco non sia stata completata non deve essere possibile l'avviamento del gruppo per la marcia autonoma.

### 1.10. IMPIANTO PNEUMATICO

L'impianto pneumatico del veicolo dovrà asservire l'alimentazione delle sospensioni e l'eventuale servo-assistenza attuativa dell'impiantistica di bordo (frenatura, movimentazione dispositivo di captazione della corrente, movimentazione scivolo per accesso carrozzelle, ecc.).

La funzionalità dell'impianto deve tenere conto delle condizioni ambientali di lavoro, con particolare riferimento a valori di temperatura compresi tra -10°C e +45°C ed umidità relativa del 100%, anche per un lungo periodo di tempo.

L'impianto pneumatico dovrà prevedere due attacchi ad innesto rapido di caricamento, facilmente e rapidamente accessibili, ubicati sulla fiancata sinistra in prossimità della parte anteriore e posteriore, con l'esclusione dei paraurti realizzati secondo le indicazioni dimensionali della norma Cuna NC 548 – 10.

Il motore elettrico azionante il compressore dell'impianto pneumatico deve essere alimentato, preferibilmente, da tensione trifase a 400 Vca prelevata dalla linea e deve essere del tipo rotativo con portata non inferiore a 30 m<sup>3</sup>/h e pressione massima di 10 bar.

### 1.11. CARICA BATTERIE

Le batterie debbono essere tenute in carica con un convertitore statico DC/DC 750V-24V.

### 1.12. IDROGUIDA

In qualsiasi situazione il funzionamento dell'idroguida deve essere regolare e continuativo.

Il motore elettrico per l'azionamento della pompa idroguida (pompa principale), dovrà essere alimentato, preferibilmente, da tensione trifase a 400Vca prelevata dalla linea.

È ammesso il funzionamento anche tramite trascinamento della pompa da parte dell'albero motore - trasmissione. In quest'ultimo caso all'abbassamento della velocità del veicolo sotto i 5 km/h deve intervenire, senza soluzione di continuità, la pompa secondaria, azionata da motore elettrico alimentato a 24 Vcc dalle batterie.

Il funzionamento potrà essere interrotto con l'azionamento del pedale del freno.

L'idroguida deve poter funzionare in ogni condizione anche in assenza di tensione di linea.

Il raggiungimento del minimo livello dell'impianto idraulico deve essere segnalato con apposita spia al posto di guida.

### 1.13. SISTEMI DI FRENATURA

La frenatura di servizio deve avvenire attraverso un sistema di frenatura pneumatica o pneumo-idraulica, con sistema a disco almeno per le ruote direttrici, e un sistema elettrico funzionante in ogni condizione.

Il freno di stazionamento deve essere di tipo meccanico e quest'ultimo, una volta inserito, deve avere un blocco meccanico tale che, una volta tolta la chiave dal quadro, ne impedisca lo sblocco.

Detto sistema è realizzato con bloccaggio delle ruote posteriori tramite molla e bloccaggio pneumatico.

Deve essere previsto anche un dispositivo di sblocco meccanico.

La frenatura elettrica deve essere di tipo elettrodinamica a recupero di energia, automatica con la prima corsa del pedale del freno, deve garantire una decelerazione di almeno  $1,1 \text{ m/sec}^2$  e dovrà essere attiva fino alla velocità di 5 km/h.

Qualora l'energia generata non sia utilizzata sulla linea dovrà, in modo rapido ed automatico, dissiparsi su resistenze o su accumulatori di energia.

Il freno di stazionamento deve rimanere operante su pendenza ed a tempo indeterminato.

I dispositivi dell'impianto di frenatura, realizzato secondo la normativa vigente, dovranno essere tutti facilmente ispezionabili, sostituibili (in particolare per le parti di usura) e riparabili.

#### 1.14. SOSPENSIONI

Il veicolo deve essere equipaggiato con sospensioni pneumatiche integrali, con tamponi fine corsa all'interno delle molle ad aria e con ammortizzatori telescopici a doppio effetto.

Il veicolo può essere equipaggiato con dispositivo di abbassamento laterale destro di circa 70 mm (*kneeling*) funzionante a porte aperte e veicolo fermo.

#### 1.15. IMPIANTO ELETTRICO: ELEMENTI PARTICOLARI

L'impianto elettrico di alimentazione delle utenze, dei servizi e degli equipaggiamenti di bordo dovrà essere a bassa tensione di banda I e conforme alle normative vigenti in materia.

Le prerogative che si richiedono all'impianto elettrico dei servizi sono le seguenti:

- i componenti devono essere dotati di marcatura di conformità alla norma vigente, risultare di facile reperibilità, manutenibilità e riparabilità;
- presentare un funzionamento regolare con tensione di alimentazione compresa tra  $0,7 V_n - s - 1,25 V_n$  (Norma IEC 9/1376), temperatura ambientale di riferimento tra  $-10^\circ\text{C} - r +45^\circ\text{C}$ , ed umidità relativa al 100%;
- i circuiti ed i componenti devono essere identificati secondo la norma Cuna NC 569-10;
- la disposizione e l'ancoraggio dei vari componenti e/o apparecchi elettrici dovranno essere di facile accesso e consentire il loro agevole smontaggio e rimontaggio per le operazioni manutentive; è preferibile la loro concentrazione in un pannello centralizzato;
- l'impiego di un impianto di comando e controllo facente uso di idonea rete di comunicazione, utilizzante programmi di tipo aperto, in grado di comandare i sottosistemi costituenti il veicolo e, in autodiagnosi, rilevare con continuità lo "stato" dello stesso e/o dei suoi sottosistemi; si richiede che l'impianto elettrico di servizio sia corredato da strumentazione/apparecchiatura specifica o pacchetto software per l'acquisizione dei dati su PC;
- le unità periferiche di comando e controllo devono essere intercambiabili a tutti gli effetti senza che ogni singola unità debba essere riprogrammata.

Gli accumulatori devono essere del tipo “senza manutenzione” con capacità di almeno 220 Ah posizionati in apposito vano, a tenuta stagna e con possibilità di ricambio aria, fissati su specifico piano rotante.

L'impianto elettrico dei servizi di bordo deve essere alimentato da tensione continua unidirezionale con  $V_{NOM} = 24 \text{ Vcc}$ .

Il veicolo deve essere dotato di relè di massima corrente.

Il veicolo deve essere conforme alla direttiva CEE 95/54 e 72/245 relativamente alla compatibilità elettromagnetica.

Debbono essere previste prese ausiliarie di corrente per uso di apparecchi mobili.

#### **1.16. SCARICATORE DI TENSIONE**

Dovrà essere previsto uno scaricatore di sovratensione posto subito a valle delle prese di corrente.

#### **1.17. PONTE INVERSIONE POLARITÀ**

Deve essere realizzato un ponte a diodi contro l'inversione di polarità delle prese di corrente a protezione degli equipaggiamenti elettronici.

#### **1.18. FILTRO DI RETE**

Deve essere previsto un idoneo filtro di rete alloggiato a monte dei convertitori di potenza per la riduzione delle armoniche dovute alla commutazione dei semiconduttori.

#### **1.19. RILEVATORE DI DISPERSIONE**

Il rivelatore di dispersione è un dispositivo di sicurezza, dotato di sistema automatico di autodiagnosi, per il controllo continuo del grado di isolamento atto a segnalare in modo ottico-acustico l'abbassamento della resistenza elettrica tra circuiti alimentati alla tensione di linea e le parti del veicolo sotto i 250 kΩ.

Inoltre, tale rivelatore deve poter verificare l'isolamento elettrico fra le parti sotto tensione e le masse intermedie.

In caso di intervento il rivelatore deve comandare l'apertura dell'interruttore di linea e l'abbassamento delle aste quando il veicolo ha una velocità non superiore a 5 km/h.

#### **1.20. RISCHIO DI INCENDIO: TIPI DI CONDUTTORI E MATERIALI**

Le canalizzazioni, separate e distinte, debbono contenere cavi appartenenti ad uno stesso tipo di banda.

I conduttori utilizzati per la costruzione (di banda I, II, III) debbono essere di tipo non propaganti l'incendio ed essere a bassa emissione di fumi e gas tossici.

I veicoli dovranno essere equipaggiati con almeno due estintori da 6 kg ciascuno di tipo omologato con agente estinguente a polvere.



Fig. 2 | Veicoli della flotta attualmente in esercizio sul lotto 1 del TRC/MetroMare

## 2. VEICOLO TRAM LOOK URBANO EXQUI.CITY 18 T

Con atto prot. 4163 del 28/11/2011 Agenzia Mobilità Provincia di Rimini (oggi Patrimonio Mobilità Provincia di Rimini) sottoscriveva con A.P.T.S. BV – capogruppo mandataria dell’A.T.I. costituita con Vossloh Kiepe GmbH e Vossloh Kiepe s.r.l. mandanti - il “Contratto d’appalto per la fornitura di mezzi su gomma destinati al trasporto pubblico locale con trazione di tipo bimodale e a guida vincolata immateriale da utilizzare per il sistema del “*Trasporto Rapido Costiero*”. A seguito di modifiche dell’assetto societario di A.P.T.S. BV occorse per motivazioni esterne all’appalto, in data 05/08/2016 con atto prot. 4719 viene sottoscritto con la Kiepe Electric GmbH -, Capogruppo Mandataria dell’A.T.I. costituita con Van Hool N.V, (mandante) e Kiepe Electric S.r.l., (mandante) -, un Atto integrativo dell’originario contratto. Sia nel contratto originario che nell’atto integrativo (art. 2.4) veniva prevista la facoltà per la Stazione Appaltante di acquistare ulteriori veicoli di cui alla fornitura del primo lotto aventi caratteristiche tecniche e prestazionali equivalenti o superiori, sino ad un massimo di 7 unità destinate alle tratte in prolungamento del sistema del TRC.

In virtù di tale opzione, con atto prot. 1443 del 29/02/2016 la Stazione Appaltante ha comunicato la volontà di avvalersi della facoltà contrattuale di estendere il contratto di fornitura ad un secondo lotto di n.6 unità Exqui.City18T equivalenti o superiori in prestazioni a quelli dell’offerta tecnica (documento VK-VH-RN0216). Con comunicazione prot. 2022/1103 del 03/11/2022 (prot. PMR 4521/2022) Kiepe Electric ha accettato alle richieste della Stazione Appaltante.

### 2.1. CARATTERISTICHE DEL VEICOLO

Il veicolo proposto è un filobus snodato “*Tram Look*” urbano Exqui.City 18 T, *full electric* (equipaggiato con moduli di batterie di trazione al litio) da 18,61m di classe I, a tre assi con quattro porte, a pianale integralmente ribassato.

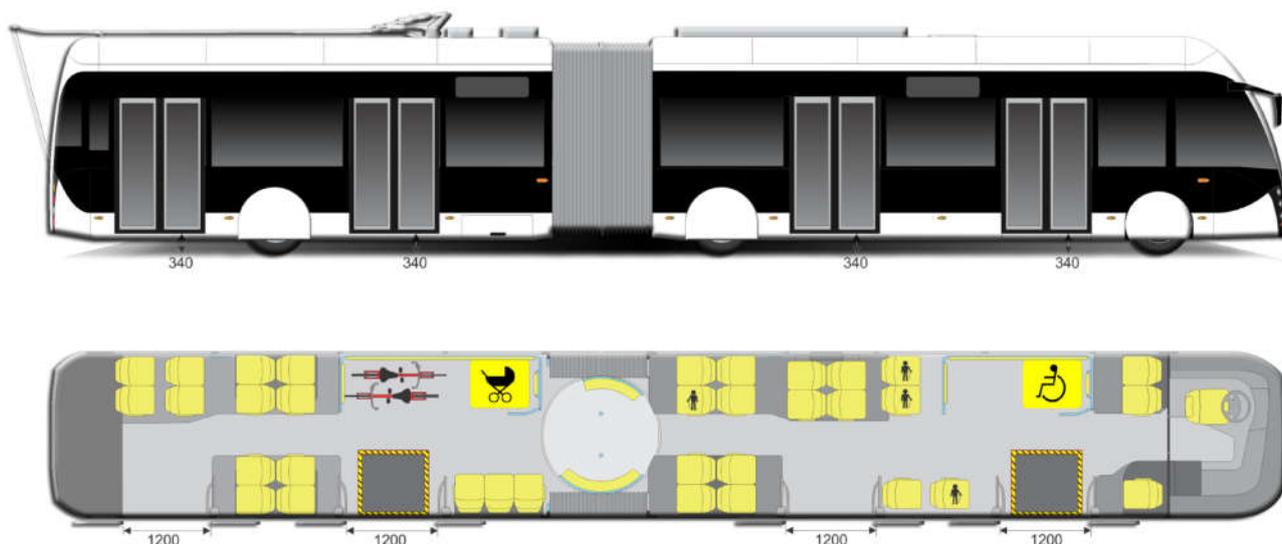


Fig. 3 | Layout del veicolo

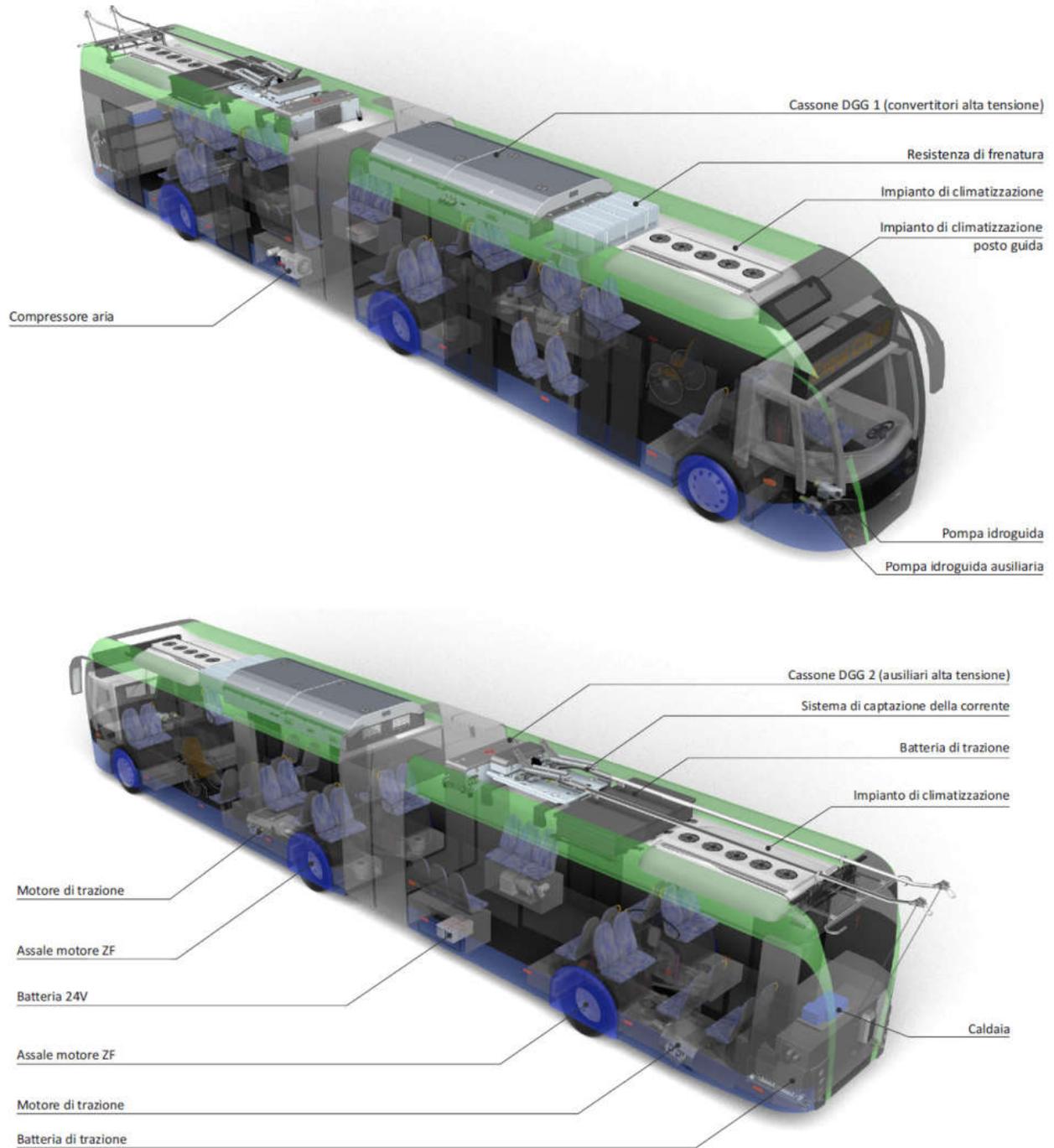


Fig. 4 | Architettura del veicolo e posizionamento degli equipaggiamenti

Gli equipaggiamenti elettrici collocati sul tetto, sono alloggiati all'interno di un contenitore nascosto alla vista esterna con carenature che mantengono una linea estremamente gradevole senza sporgenze visibili, involucri o altri elementi di disturbo.

CRITERIO	VALORE RICHIESTO	VALORE PREVISTO
Altezza massima del veicolo aste escluse	Minore od uguale a 3,40m	3,68 m aste incluse
Larghezza veicolo	> 2,5m e conforme al Codice della strada	2,55 m
Altezza del pavimento alla base delle porte	< 360 mm	Altezza massima piano primo 340 mm in corrispondenza di ciascuna porta
Lunghezza veicolo	> 17,50 e conforme Codice Strada	18,61 m (già in deroga al CdS)
Diametro di curvatura fuori tutto	≤ 26,00 m	24,400 m

Tab. 2 | Caratteristiche dimensionali e d'ingombro

Vettura	Posti a sedere	Area utile S1 (m <sup>2</sup> )	Carrozine	Posti in piedi	Posti totali
			<i>Escluso l'autista</i>		
Exqui.City 18 T TRC/MetroMare	34	17,8895	0	72	106

Tab. 3 | Calcolo della capacità operativa in ottemperanza alle Linee guida operative del MIT

## 2.2. VITA MEDIA DEL VEICOLO

I veicoli sono progettati per un servizio della durata di 15 anni fermo restando l'osservanza del programma di manutenzione previsto.

## 2.3. STRUTTURA PORTANTE

I materiali e il tipo di costruzione utilizzati per la produzione dei filoveicoli risultano idonei a contenimento dei pesi a vuoto del veicolo assicurando comunque la necessaria robustezza della struttura.

Il telaio è in acciaio tipo St52 e tipo St37 secondo normative DIN 1626. Il telaio forma con l'ossatura della carrozzeria una scocca autoportante. La struttura è realizzata con profilati in acciaio di alta saldabilità e saldati elettricamente. Al fine di rispondere ai criteri di durata, tutti i profilati, sia quelli interni che quelli esterni, subiscono un trattamento anti-corrosivo, mentre i piccoli profilati del tipo "aperto" sono realizzati prevalentemente in acciaio inossidabile.

## 2.4. CARATTERISTICHE E REQUISITI PRESTAZIONALI

La velocità massima raggiungibile con il filosnodato a pieno carico (MPC), su percorso piano e rettilineo, con alimentazione da linea aerea di contatto risulta essere di circa 70 Km/h con gli impianti di climatizzazione completamente funzionanti. È prevista la possibilità di limitare elettronicamente la velocità massima ad un valore di 60 km/h o ad un altro valore prestabilito da concordare.

Le prestazioni ottenibili in marcia sotto bifilare sono superiori alle richieste di Capitolato. Tale risultato viene ottenuto grazie alle prestazioni di alto livello dell'equipaggiamento elettrico che è stato concepito come un sistema unitario in cui tutti i componenti, progettati e costruiti dallo stesso fornitore, Vossloh Kiepe, concorrono unitariamente all'ottenimento delle massime prestazioni con un'efficienza elevatissima. Inoltre, la gestione della trazione sui due assi, controllati da microprocessori, garantisce un comfort di marcia massimo con una diminuzione, fin quasi allo zero, degli *jerk* di accelerazione.

CRITERIO	VALORE RICHIESTO	VALORE PREVISTO
Avvio in pendenza con carico massimo	≥ 8%	Fino a 12 %
Velocità massima in piano e rettilineo	≥ 65 km/h	70 km/h limitabile elettronicamente ad altro valore
Velocità in retromarcia	< 10 km/h	Circa 5 km/h
Tempo di percorrenza sul 200m, avvio da fermo con carico massimo in piano	< 24 sec	22 s
Accelerazione massima	1÷1,2 m/s <sup>2</sup>	1,2 m/s <sup>2</sup> limitabile elettronicamente a 0,9 m/s <sup>2</sup>
Jerk	< 1,3 m/s <sup>3</sup>	Prossimo allo zero
Autonomia con gruppo ausiliario	≥ 300 km	Vedi punto 5.3.8.3
Prestazione frenatura (solo elettrica)	≥ 1,2 m/s <sup>2</sup>	Fino a 1,3 m/s <sup>2</sup>
Prestazioni di frenatura	≥ 2,2 m/s <sup>2</sup>	2,5 m/s <sup>2</sup>

Tab. 4 | Prestazioni del veicolo

La velocità commerciale, per una tratta di 250 m in piano e rettilineo a pieno carico, come indicato nella tabella CEI 9.4, è pari a 21,75 km/h.

## 2.5. ACCESSIBILITÀ

Per accedere al pavimento del corridoio deve essere superato un solo gradino dal suolo su tutte le

porte. L'altezza del pavimento in corrispondenza di tutte le porte è di 340 mm da terra. Le altezze sono misurate a veicolo scarico su superficie piana e con dispositivo di abbassamento disinserito.

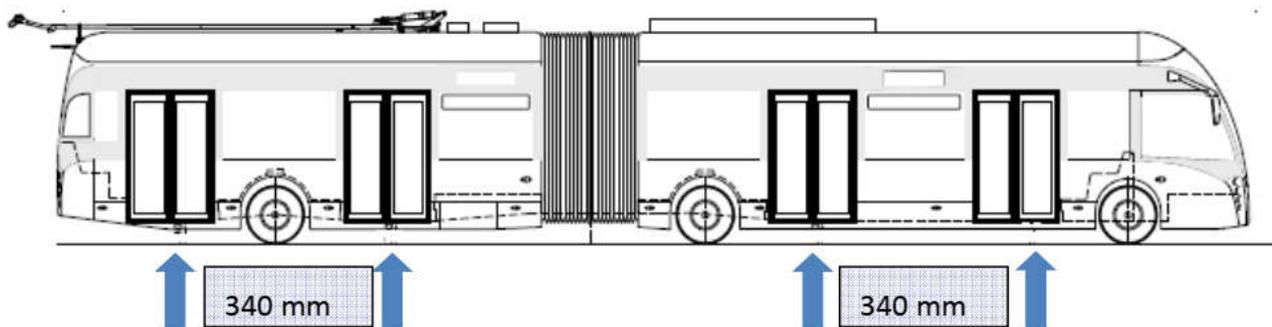


Fig. 5 | Altezza di incarrozzamento

## 2.6. MANOVRABILITÀ

Gli sbalzi, per la costruzione particolare del veicolo, sono contenuti:

- sbalzo anteriore 1900 mm, con angolo di 7°
- sbalzo posteriore 3400 mm, con angolo di 7°

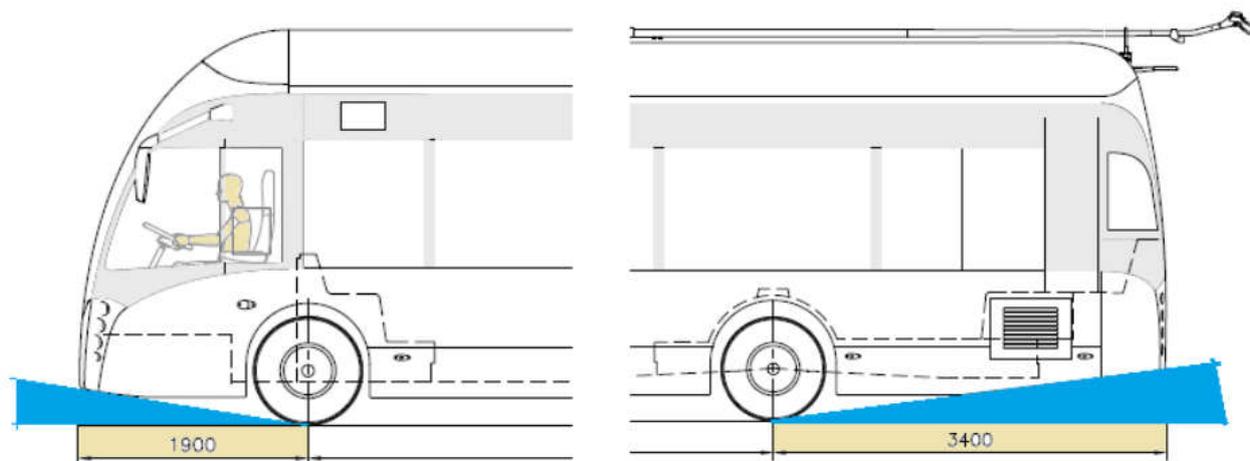


Fig. 6 | Sbalzi anteriori e posteriori

Le figure seguenti mostrano i grafici relativi alla manovrabilità del filobus:

- ingombri in curva di 90°
- ingombri in curva di 180°

Gli ingombri in curva (90° e 180°) ed il superamento del veicolo da fermo sono coincidenti per sterzata sia a destra che a sinistra.

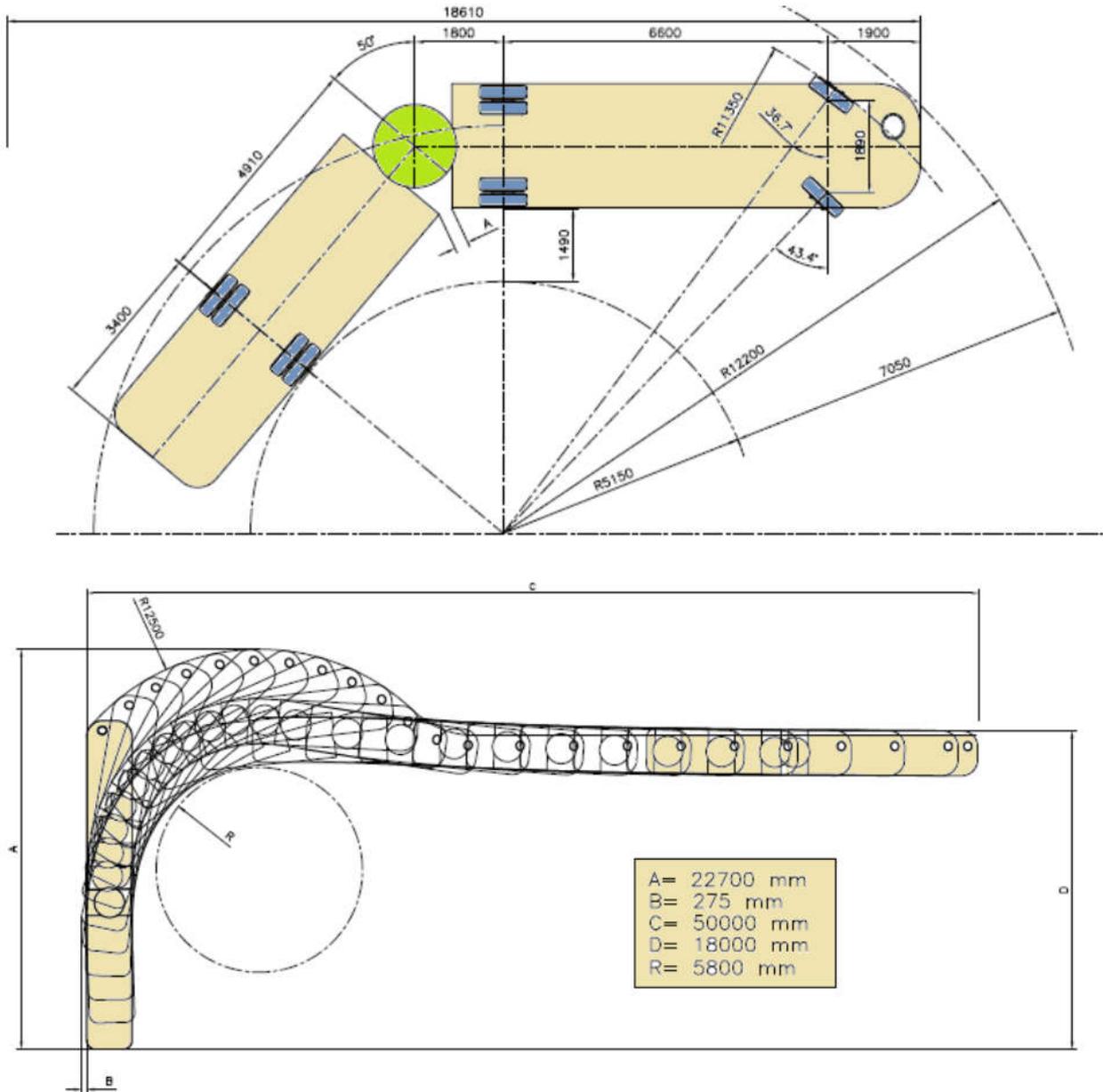


Fig. 7 | Verifica di manovrabilità del veicolo – parte 1

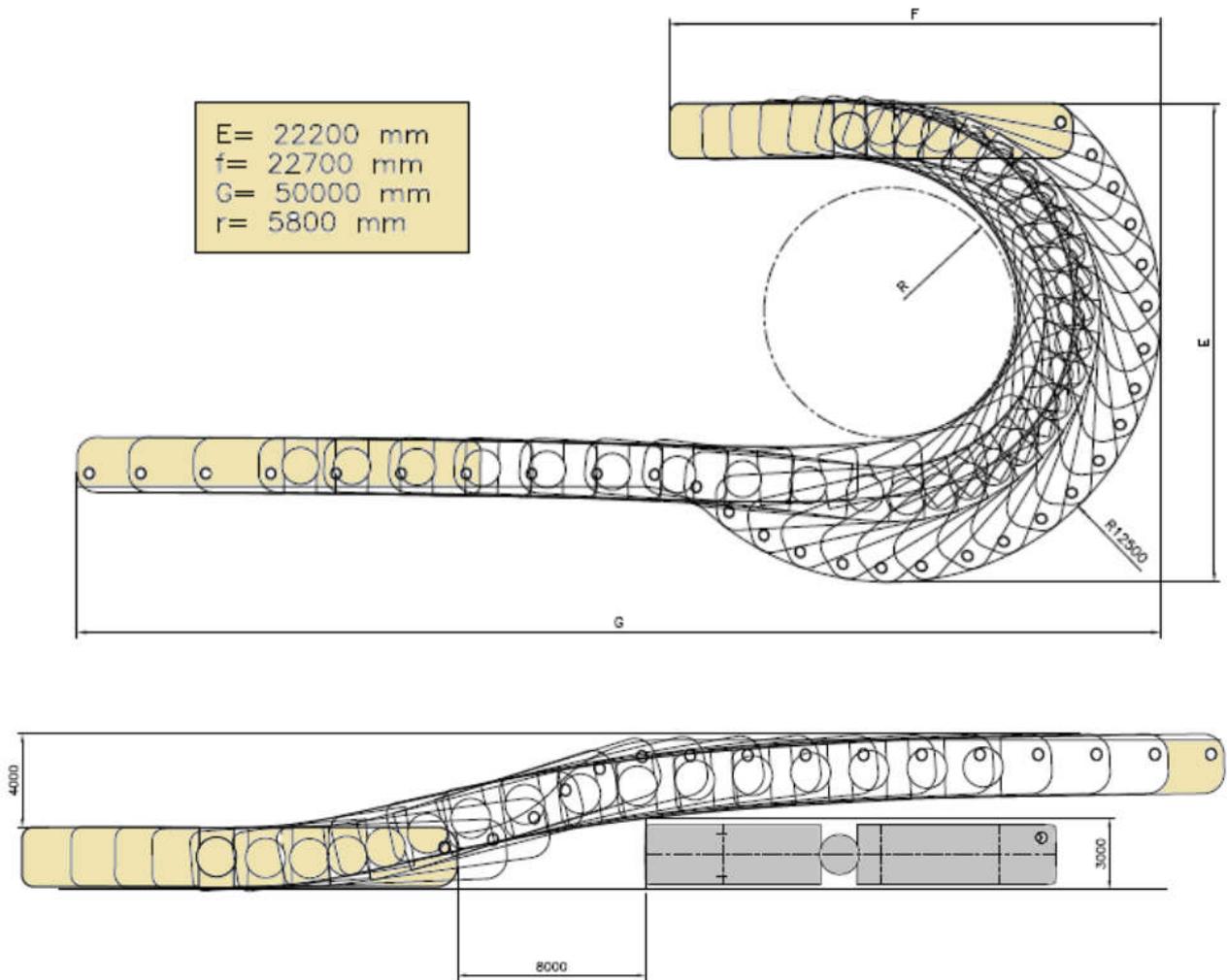


Fig. 8 | Verifica di manovrabilità del veicolo – parte 2