



**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO 1° STRALCIO. C.U.P. n. D71E16000300001 - CIG: 722377715D**



**CODICE**  
R.3

**DESCRIZIONE**

Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile

*I contenuti della presente relazione e gli elaborati grafici ad essa riferiti, sono esclusi dal diritto di accesso e da ogni forma di divulgazione, ai sensi dell'art. 53, comma 5 lettera a) del D.Lgs. 50/2016*

**SCALA**  
/

**NUMERO**  
1/1



## INDICE

<b>PARTE PRIMA : MATERIALE ROTABILE .....</b>	<b>4</b>
<b>1. I SISTEMI DI ALIMENTAZIONE PER TRAZIONE ELETTRICA DI NUOVA GENERAZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. IL MATERIALE ROTABILE DI CONCEZIONE INNOVATIVA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Principi di funzionamento del sistema APS (Alimentation par le Soil) .....	10
2.2 Attrezzature e componenti principali del sistema APS .....	12
2.3 Apparat di bordo del rotabile.....	13
2.4 Apparat di terra – Terza rotaia .....	13
2.5 Cronologia attivazione apparato di distribuzione della corrente.....	14
<b>3. GARANZIE DEL MATERIALE ROTABILE / SISTEMA DI ALIMENTAZIONE PROPOSTO.....</b>	<b>15</b>
<b>4. GARANZIE DI PRODUZIONE DEL MATERIALE ROTABILE NEGLI ULTIMI 5 ANNI.....</b>	<b>15</b>
<b>5. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL ROTABILE .....</b>	<b>15</b>
5.1 Dimensioni principali ed architettura generale del rotabile .....	16
5.2 Capacità di trasporto .....	16
5.3 Prestazioni di marcia .....	16
5.4 Caratteristiche del rotabile .....	17
5.5 Caratteristiche speciali del rotabile con sistema APS.....	17
5.5.1 Batterie di bordo per l'alimentazione di backup .....	17
5.5.2 Convertitore HESOP per il recupero di energia in frenatura .....	17
5.5.3 Altre caratteristiche speciali.....	18
5.6 Apparecchi di bordo del rotabile .....	18
5.7 Apparecchi di terra .....	18
<b>6. COMPATIBILITA' DEI NUOVI ROTABILI CON LE LINEE TRANVIARIE ESISTENTI.....</b>	<b>19</b>
6.1 Compatibilità in termini di scartamento.....	19
6.2 Compatibilità in termini di alimentazione .....	19
6.3 Compatibilità in termini di circolabilità.....	19
6.4 Idoneità dei depositi e officine esistenti a ricoverare i nuovi rotabili.....	20
<b>7. AFFIDABILITA' DEI ROTABILI INDIPENDENTEMENTE DALLE CONDIZIONI METEO.....</b>	<b>20</b>
<b>8. COMFORT DEL ROTABILE.....</b>	<b>20</b>
8.1 Accessibilità.....	20
8.2 Abitabilità .....	21
8.3 Comfort di marcia .....	22
8.4 Confort acustico – Rumore interno .....	22
8.5 Illuminazione interna.....	22
8.6 Comfort termico .....	23
8.7 Sistemi informativi di bordo.....	23
<b>9. ARREDI.....</b>	<b>23</b>
9.1 Dimensionamento degli spazi disponibili per i passeggeri seduti e in piedi nei corridoi .....	24
9.2 Sedili.....	24
9.3 Mancorrenti e piantane.....	24



9.4	Rivestimenti delle pareti: .....	24
9.5	Finestrini : .....	25
9.6	Pavimento.....	25
9.7	Illuminazione interna ed esterna :.....	25
<b>10.</b>	<b>IMPATTO SULL'AMBIENTE .....</b>	<b>25</b>
10.1	Rumorosità esterna .....	25
10.2	Vibrazioni.....	25
10.3	Compatibilità elettromagnetica .....	25
10.4	Prodotti e materiali inquinanti .....	25
<b>11.</b>	<b>SICUREZZA .....</b>	<b>26</b>
11.1	Analisi dei rischi.....	26
11.2	Protezione dal fuoco.....	26
11.3	Sistema retrovisivo utilizzabile dal posto di guida.....	26
11.4	Progettazione ergonomica della cabina di guida .....	26
11.5	Impianto di video sorveglianza (TVCC) .....	27
11.6	Sistema avanzato di assistenza alla guida .....	27
<b>12.</b>	<b>Controllo e monitoraggio dei veicoli in linea .....</b>	<b>28</b>
<b>13.</b>	<b>PARAMETRI RAM E COSTO DEL CICLO DI VITA .....</b>	<b>29</b>
13.1	Parametri RAM .....	29
13.1.1	Affidabilità ( R ) .....	29
13.1.2	Disponibilità ( A).....	29
13.1.3	Manutenibilità Globale ( MG ).....	29
13.2	Costo del ciclo di vita (life cycle cost) .....	30
<b>14.</b>	<b>CARATTERISTICHE STRUTTURALI DEL ROTABILE .....</b>	<b>30</b>
14.1	Requisiti strutturali delle casse .....	30
14.2	Protezione agli urti.....	30
14.3	Caratteristiche strutturali dei carrelli .....	31
<b>15.</b>	<b>SISTEMA FRENANTE DEL ROTABILE .....</b>	<b>31</b>
<b>PARTE SECONDA : LE COMPONENTI IMPIANTISTICHE .....</b>		<b>33</b>
<b>16.</b>	<b>TRAZIONE ELETTRICA.....</b>	<b>33</b>
16.1	Alimentazione elettrica .....	33
16.1.1	Emissioni elettromagnetiche .....	35
16.1.2	Impianto di messa a terra.....	36
16.2	Sistema di trazione elettrica.....	36
16.2.1	Sistema catenary free .....	36
16.2.2	Sistema con linea di contatto aerea .....	36
16.3	Circuito di ritorno e circuito di terra .....	38
<b>17.</b>	<b>SEGNALAMENTO .....</b>	<b>39</b>
17.1	Sistema di supervisione e controllo dell'esercizio.....	39
17.1.1	Impianto di segnalamento di linea .....	40



17.1.2	Impianto di segnalamento di deposito.....	40
17.2	Impianto di localizzazione e di regolazione .....	41
17.2.1	Localizzazione in fermata.....	41
17.2.2	Localizzazione agli incroci.....	41
17.2.3	Regolazione della marcia.....	42
<b>18.</b>	<b>IMPIANTO DI PRIORITA' SEMAFORICA.....</b>	<b>42</b>
18.1	Incroci e segnaletica stradale .....	43
<b>19.</b>	<b>TELECONTROLLO IMPIANTI.....</b>	<b>44</b>
19.1	Telecontrollo degli impianti fissi .....	44
19.2	Telecomando / telecontrollo SSE .....	44
19.2.1	Telecomando / telecontrollo SSE .....	45
<b>20.</b>	<b>IMPIANTI TRASMISSIVI ED INFORMATIVI .....</b>	<b>45</b>
20.1	Rete trasmissione dati .....	45
20.2	Impianto TVCC .....	46
20.3	Impianto di Diffusione Sonora.....	46
20.4	Pannelli Informativi .....	47
20.5	Sistema sincronizzazione oraria .....	47
20.6	Sistema di comunicazione radio .....	48
<b>21.</b>	<b>IMPIANTI ELETTRICE LUCE E FORZA MOTRICE DELLE FERMATE .....</b>	<b>49</b>
<b>22.</b>	<b>IMPIANTI A BASSO CONSUMO ENERGETICO CON SISTEMI DI REGOLAZIONE.....</b>	<b>49</b>

### **ALLEGATO 1**

**CERTIFICAZIONE PRODOTTA DA AUTORITA' DEI TRASPORTI – AZIENDE DI TRASPORTI – ENTI LOCALI CHE FORNISCONO EVIDENZA DELL'INDICE DI AFFIDABILITA' DELLA SOLUZIONE TECNOLOGICA PROPOSTA SUPERIORE AL 95% SU BASE ANNUALE**

### **ALLEGATO 2**

**GARANZIE DI PRODUZIONE E VENDITA DEL MATERIALE ROTABILE, PRESCINDENDO DAL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE, NEL CORSO DEGLI ULTIMI 5 ANNI DI ALMENO 30 VEICOLI CON PAVIMENTO 100% BASSO, LARGHEZZA COMPRESA FRA 2,20 E 2,50 M.**

### **ALLEGATO 3**

**SCHEMA ALIMENTAZIONE MT**



## **PARTE PRIMA : MATERIALE ROTABILE**

### **1. I SISTEMI DI ALIMENTAZIONE PER TRAZIONE ELETTRICA DI NUOVA GENERAZIONE**

I sistemi di alimentazione per trazione elettrica di nuova generazione, senza catenaria aerea (catenary free), prodotti dai maggiori player presenti sul mercato mondiale, afferiscono sostanzialmente a due distinte tecnologie innovative:

- a) sistemi con continuità di alimentazione da terra ove l'alimentazione viene fornita al rotabile da segmenti di “terza rotaia”.
- b) rotabili equipaggiati con sistemi di immagazzinamento a bordo (super-capacitori, batterie) ove l'energia per percorrere la tratta da fermata a fermata, viene immagazzinata a bordo del veicolo tramite ricarica in ogni fermata, durante il tempo di salita e discesa dei passeggeri.

#### **SISTEMI DI ALIMENTAZIONE DA TERRA**

Questi sistemi permettono una maggiore libertà nella progettazione della linea (assenza palificata TE); preserva e rivalizza l'ambiente urbano (assenza di impatto visivo); compatibile con tutte le tipologie di finiture superficiali; facilmente estendibile a future linee; resistente ai carichi statici e dinamici (sede promiscua); stesse performance dei sistemi tradizionali a catenaria aerea (accelerazioni, velocità); non modifica i tempi di sosta in fermata; pendenze superabili del 8%;

#### **Il sistema di captazione da terra è in esercizio da oltre 12 anni nei seguenti paesi del mondo:**

Bordeaux (2003 - Alstom), Reims (2011 - Alstom), Algeri (2011 - Alstom), Orleans (2012 - Alstom), Tours (2013 - Alstom), Dubai (2014 - Alstom), Cuenca (Ecuador 2016 - Alstom), Rio de Janeiro (2016 - Alstom), Zhunhai (Cina 2017- Ansaldo-Breda ora Hitachi Rail Italy e CNR Dalian ora CRRC Dalian); linee in corso di costruzione Lusail (Qatar 2018 - Alstom), Sydney (2018 - Alstom);

Il sistema di captazione da terra è progettato e costruito in base agli standard di sicurezza di cui alla norma CEI EN 50122-1, 2 e 3 in quanto il sistema dispone di tutte le misure protettive per la circolazione in sicurezza dei pedoni;

Il sistema di captazione da terra” assume come normativa di riferimento per le procedure da adottare per il processo di validazione della tecnologia, la norma CEI 9-45 afferenti i “Sistemi di alimentazione elettrica e di captazione non tradizionale per veicoli stradali atipici per il trasporto collettivo di persone”.

#### **Esistono due differenti modalità di prelievo e trasferimento dell'energia dal “terzo binario” al rotabile:**

- 1) attivazione per attrazione magnetica - sezionamento elettromeccanico – rilascio per gravità (sistema TramWave prodotto da Ansaldo-Breda ora Hitachi Rail Italy);
- 2) attivazione tramite segnali radio codificati per rilevare il veicolo ed attivare l'elemento di binario – raccolta di potenza da pattini posizionati sotto la cassa centrale del tram (sistema APS prodotto da ALSTOM).

#### **SISTEMI DI ALIMENTAZIONE CON ACCUMULO A BORDO**

Sistemi con ridotta invasività rispetto alla catenaria aerea; apparecchiature di ricarica non visibili; ricarica durante i tempi di sosta in fermata (20-25 secondi); sistema aperto alle evoluzioni tecnologiche in ambito materiali costituenti condensatori/batterie.

#### **Questa tipologica di alimentazione del rotabile è attualmente in esercizio nelle seguenti città :**

Siviglia (2010-CAF), Granada (2010-CAF), Saragozza (2011-CAF), Nizza Linea 1 (2007-Alstom-batterie), Padova (2014-Alstom-batterie), Nanchino – Cina (2014 Bombardier); sistemi in fase di costruzione Kaoshiung (Taiwan - Alstom-super-capacitori), Nizza Linea 2 ( Alstom-super-capacitori), Lussemburgo (CAF),.Kaoshiung- Taiwan (CAF)



**Si pone dunque il problema di quale sia il sistema di “catenary free” più adatto al progetto di ampliamento del sistema tranviario di Palermo.**

**Non esiste infatti un’unica tecnologia valida per tutti gli usi e condizioni.**

La metodologia proposta per l’individuazione della tecnologia più idonea prende in esame tre diversi aspetti:

- 1) Fattori connessi all’ambiente;
- 2) Fattori legati alle caratteristiche specifiche della linea;
- 3) Fattori connessi all’analisi Costi Investimenti & Costi di Gestione.

#### **FATTORI AMBIENTALI**

	Sistemi di captazione da terra	Sistemi di accumulo a bordo
Clima freddo	Soluzione non adatta per questa tipologia di clima, in quanto la presenza al suolo di neve o ghiaccio potrebbe rendere temporaneamente inutilizzabile la “terza rotaia”.	
Clima caldo		Soluzione non adatta per questa tipologia di clima, in quanto le alte temperature già impegnano severamente l’impianto di climatizzazione. Maggiore potenza è altresì richiesta per il maggior peso dei rotabili con super-capacitori

#### **FATTORI CONNESSI ALLE CARATTERISTICHE DELL’INFRASTRUTTURA TRANVIARIA**

	Sistemi di captazione da terra	Sistemi di accumulo a bordo
Pendenze elevate	Raccomandata per pendenze fino all’8%	Soluzione non adatta per pendenze superiori al 5-6% per la necessità di potenze di accumulo superiori
Numero di fermate	Raccomandata in caso di alto numero di fermate.	Soluzione non adatta in caso di elevato numero di fermate per la necessità di attrezzaggio con dispositivi di ricarica in ogni singola banchina di fermata.
Lunghezza inter-tratta fra due fermate	Raccomandata per inter-stazioni lunghe.	idonea per inter-stazioni brevi.
Situazioni di elevato numero di stop-and-go	Raccomandata in presenza di elevata presenza di impianti semaforici.	Soluzione non adatta in situazioni di intersezioni stradali ravvicinate, che potrebbero comportare rallentamenti.



**FATTORI CONNESSI ANALISI COSTI INVESTIMENTI & COSTI DI GESTIONE (20 anni)**

	Sistemi di captazione da terra	Sistemi di accumulo a bordo
Rotabili bidirezionali di tipo "ibrido"	Presenta pantografo da attivare per esercire il servizio anche sulle Linee 1, 2, 3 e 4 esistenti a Palermo	Presenta il pantografo da attivare per esercire il servizio anche sulle Linee 1, 2, 3 e 4 esistenti a Palermo
Numero rotabili della flotta	Raccomandata in presenza di elevata flotta. E' conveniente implementare la "terza rotaia" rispetto ad attrezzare un elevato numero di rotabili	Idonea in presenza di flotta composta da limitato numero di tram.
Lunghezza linea tranviaria Lunghezza porzione di linea senza catenaria	Raccomandata per medio/lunghe tratte	Idonea per brevi tratte
Tipologia rotabile/ capacità di carico	Maggiori costi di investimento rispetto alla configurazione tradizionale con catenaria aerea. Manutenzione linea di contatto al suolo.	Maggiori costi di investimento rispetto alla configurazione tradizionale con catenaria aerea. Pesi e ingombri a bordo maggiori. Ridotta autonomia. Costo elevato manutenzione del sistema

**CARATTERISTICHE SPECIFICHE DELL'AMPLIAMENTO DEL SISTEMA TRANVIARIO DI PALERMO**

- Lunghezza totale (A/R) 70,21 km
- Lunghezza Tratte catenary free (A/R) 34,24 km (pari al 49 %)
- Lunghezza Tratte con catenaria aerea (A/R) 35,97 km (pari al 51 %)
- Totale fermate 95
- Totale banchine di fermata nel tratto catenary free 78
- Numero rotabili necessari per esercire intero sistema tranviario 56 di cui 39 nuovi tram

Si è preliminarmente tenuto conto delle condizioni ambientali della città di Palermo, della lunghezza del tratto di catenary free pari a 34,24 km (A/R), delle caratteristiche specifiche della sede tranviaria (pendenza massima da superare pari a 6,50% in corrispondenza del viadotto di viale Regione Siciliana, dell'elevato numero di intersezioni stradali, dell'inter-stazione medio pari a m 400 m , dell'elevato numero di banchine di fermata presenti nel tratto di "catenary free" pari a 78 su cui dover allocare gli apparati di terra nel caso di adozione del sistema di alimentazione con supercapacitori a bordo dei rotabili, del numero di rotabili di nuova concezione con catenary free da acquistare pari a 39 unità.

Si è proceduto quindi ad un confronto, in termini di **costi di investimento (CAPEX - Capital Expenditure)** per rotabili (vita utile 30 anni) e del relativo sistema di captazione a cui vanno sommati i **costi di gestione (OPEX – Operating Expense)** per un periodo di 20 anni, per le due distinte tipologie di tecnologia innovativa di alimentazione trazione elettrica senza catenaria aerea: soluzione con captazione da terra e soluzione con immagazzinamento a bordo.

L'analisi è stata condotta sulla base alle risultanze del **calcolo della flotta** necessaria per esercire l'ampliamento del sistema tranviario della città di Palermo, contenuto nel documento EE.3 "Piano economico e finanziario di massima" ove viene illustrata la riconfigurazione dell'intero sistema tranviario di Palermo sia nella Prima Fase di attuazione nonché a valle dell'implementazione delle nuove sette tratte tranviarie di cui il presente studio di fattibilità tecnico-economico.



**CAPEX - Soluzione con continuità di alimentazione da terra - SISTEMA APS (Alimentation Par le Soil)**

<b>CAPEX</b> Capital Expenditure	numero rotabili ( n )	Costo unitario rotabili (euro)	Lunghezza linea tranviaria "catenary free" (km)	Costo apparecchiature di bordo /rotabile (euro)	Costo/ Apparecchiature di terra per km di linea tranviaria "catenary free"	<b>TOTALE</b> (euro)
<b>CAPEX rotabile</b>	39	2.500.000				97.500.000
<b>CAPEX apparecchi di bordo</b> pattino collettore quadro di commutazione batteria di back up sistemi radio	39			200.000		8.000.000
<b>CAPEX apparecchi di terra</b> segmenti di rotaia di 11 m APS Power Boxes APS cabinet in sottostazione Sistema di supervisione APS			34,24		2.000.000	68.500.000
<b>CAPEX Totale Soluzione con Sistema con APS</b>						174.000.000

**CAPEX - Soluzione con immagazzinamento a bordo – ECOPACK & SRS (super-condensatori)**

<b>CAPEX</b> Capital Expenditure	numero rotabili ( n )	Costo unitario rotabili (euro)	Numero di banchine di fermata su linea tranviaria "catenary free" (km)	Costo apparecchiature di bordo /rotabile (euro)	Costo/ Apparecchiature di terra per ogni banchina di fermata di linea tranviaria "catenary free"	<b>TOTALE</b> (euro)
<b>Costo rotabile</b>	39	2.500.000				97.500.000
<b>CAPEX apparecchi di bordo</b> elementi Ecopack (supercond.) quadro di commutazione sistemi radio pattino collettore	39			750.000		29.500.000
<b>CAPEX apparecchi di terra</b> linea di alimentazione in SRS quadri di potenza quadro SRS di sottostazione			78		500.000	39.000.000
<b>CAPEX Totale Soluzione con Super Capacitori</b>						166.000.000

**OPEX - Soluzione con continuità di alimentazione da terra - SISTEMA APS (Alimentation Par le Soil)**

<b>OPEX 20 ANNI</b> Operating Expense	numero rotabili ( n )	OPEX unitario rotabili euro/km	Lunghezza linea tranviaria "catenary free" (km)	OPEX apparecchiature di bordo /rotabile (20 anni) (euro)	OPEX/ Apparecchiature di terra per km di linea tranviaria "catenary free" (20 anni)	<b>TOTALE</b> (euro)
<b>OPEX materiale rotabile</b> Su vita utile 30 anni 75.000 km/anno/tram	39	1,4* €/km * 75.000				4.100.000
<b>OPEX apparecchi di bordo</b> pattino collettore quadro di commutazione batteria di back up sistemi radio	39			75.000		2.900.000



**CODICE R.3**

**8 / 49**

Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile.

<b>OPEX apparecchi di terra</b> segmenti di rotaia di 11 m APS Power Boxes APS cabinet in sottostazione Sistema di supervisione APS			34,24		700.000	24.000.000
<b>OPEX Totale Soluzione con Sistema con APS</b>						31.000.000

**OPEX - Soluzione con immagazzinamento a bordo – ECOPACK & SRS (super-condensatori)**

<b>OPEX 20 ANNI</b> Operating Expense	numero rotabili ( n )	OPEX unitario rotabili euro/km	Numero di banchine di fermata su linea tranviaria "catenary free" (km)	OPEX apparecchiature di bordo /rotabile (euro)	OPEX/ Apparecchiature di terra per ogni banchina di fermata di linea tranviaria "catenary free"	<b>TOTALE</b> (euro)
<b>OPEX materiale rotabile</b> Su vita utile 30 anni 75.000 km/anno/tram	39	1,4* €/km * 75.000				4.100.000
<b>OPEX apparecchi di bordo</b> elementi Ecopack (supercond.) quadro di commutazione sistemi radio pattino collettore	39			450.000		17.600.000
<b>OPEX apparecchi di terra</b> linea di alimentazione in SRS quadri di potenza quadro SRS di sottostazione			78		300.000	23.300.000
<b>OPEX Totale Soluzione con Super Capacitori</b>						45.000.000

**Sintesi:**

- Soluzione con continuità di alimentazione da terra - SISTEMA APS
  - CAPEX € 174.000.000
  - OPEX (20 anni) € 31.000.000
- Soluzione con immagazzinamento a bordo - SISTEMA ECOPACK & SRS
  - CAPEX € 166.000.000
  - OPEX (20 anni) € 45.000.000

La soluzione con immagazzinamento a bordo prevede un maggior costo CAPEX+OPEX (20 anni) del 29% rispetto al sistema di captazione da terra.



## **2. IL MATERIALE ROTABILE DI CONCEZIONE INNOVATIVA**

L'area urbana di Palermo presenta aree ad elevato pregio storico, architettonico e paesaggistico ove la presenza della linea area di alimentazione elettrica, di palificazioni e tiranti di sostegno costituirebbero una grave fonte di “inquinamento visivo”.

A tal fine l'innovativo sistema di trasporto pubblico di massa a guida vincolata su ferro proposto, prevede l'utilizzo di **rotabili di tipo ibrido**, il cui il sistema di alimentazione può essere costituito

- Linea di contatto aerea. (Tratte C, D, E (in parte), G.
- Alimentazione in continuità da terra con sistema APS (Tratte A, B, E (in parte), F.
- Inoltre per prevenire eventuali problematiche inerenti la cadute o assenza di tensione, aspetto innovativo del rotabile proposto, è la dotazione di apposita **batteria di bordo per l'alimentazione di backup** con capacità di 3,6 kWh, atta a sopperire alla mancanza di fonte primaria di energia. Tale capacità è stata dimensionata per consentire la piena operatività e l'adeguato margine per percorrere un tratto di linea di circa 400 m in piano compreso tra due fermate, a pieno carico, e contemporaneo utilizzo dell'impianto di condizionamento.

Con il sistema APS (Alimentation Par le Soil) l'alimentazione in continuo per la trazione elettrica viene fornita e resa disponibile da segmenti di “terza rotaia” incassati nella platea di armamento, posizionati tra le due rotaie ed alimentati in sicurezza solo in corrispondenza del modulo collocato sotto il veicolo tranviario in transito che è attrezzato con apposito organo di captazione che attiva la linea e preleva corrente per la trazione. (vedasi figure sottostanti).



Questo sistema di captazione da terra permette stesse performance del sistema con catenaria aerea, la stessa potenza disponibile, analoghe accelerazioni, velocità massima, pendenze superabili fino all'8%, nessun impatto sui tempi di sosta nelle fermate e capolinea ed infine, stessa “vita utile attesa”.

Il sistema di alimentazione proposto, dispone di un ritorno di corrente indipendente dalle rotaie ed è isolato da terra, azzerando il problema delle correnti vaganti e dei relativi costi di protezione. Il sistema tranviario tradizionale deriva la corrente necessaria per la trazione dalla linea aerea e la restituisce sulle rotaie dell'armamento. Le rotaie, collegate al suolo mediante attacchi, disperdono nel suolo cariche elettriche (correnti vaganti) che sono responsabili della corrosione delle eventuali masse metalliche e sottoservizi presenti nel sottosuolo.

Il sistema di alimentazione da terra è sicuro e testato da oltre dieci anni di esercizio in Europa e nel mondo, ed è compatibile con tutte le tipologie di pavimentazioni e finiture superfici, facilmente estensibile in future tratte, resistenti ai carichi statici e dinamici nelle sedi tranviarie di tipo promiscuo come per le tratte urbane



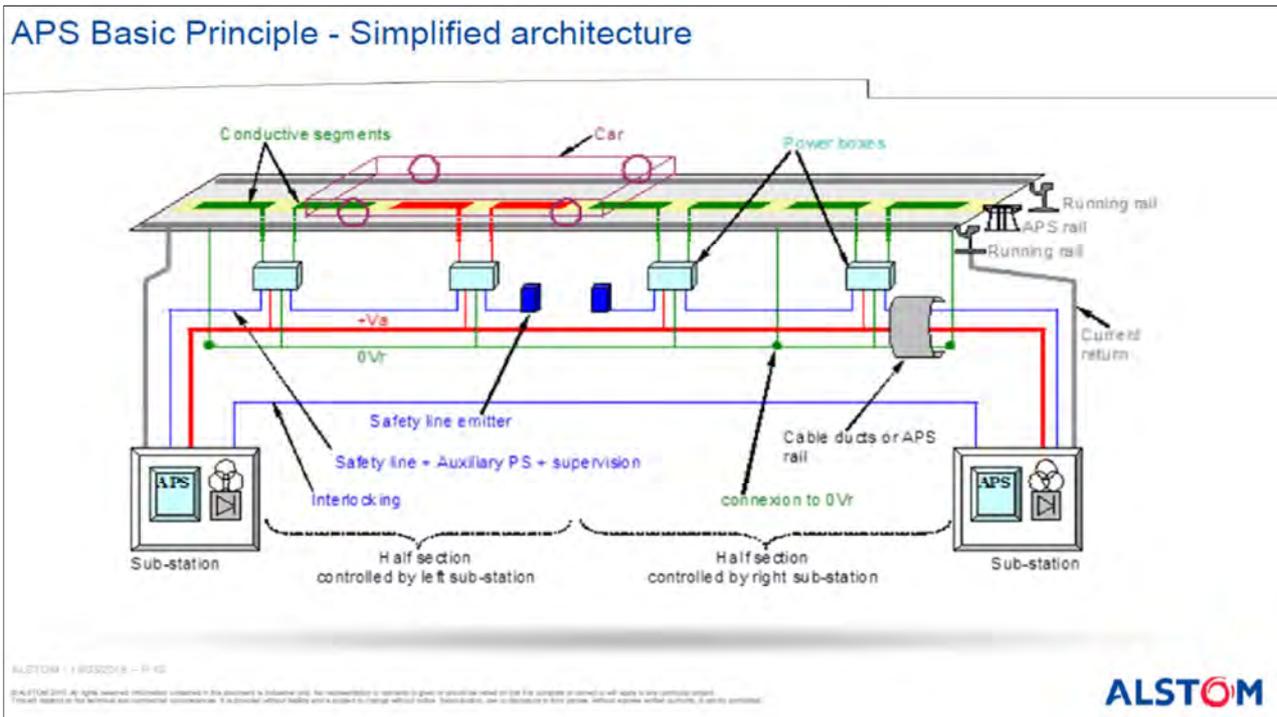
**2.1 Principi di funzionamento del sistema APS (Alimentation par le Soil)**

### APS - Principio di funzionamento

**Soluzione consolidata**

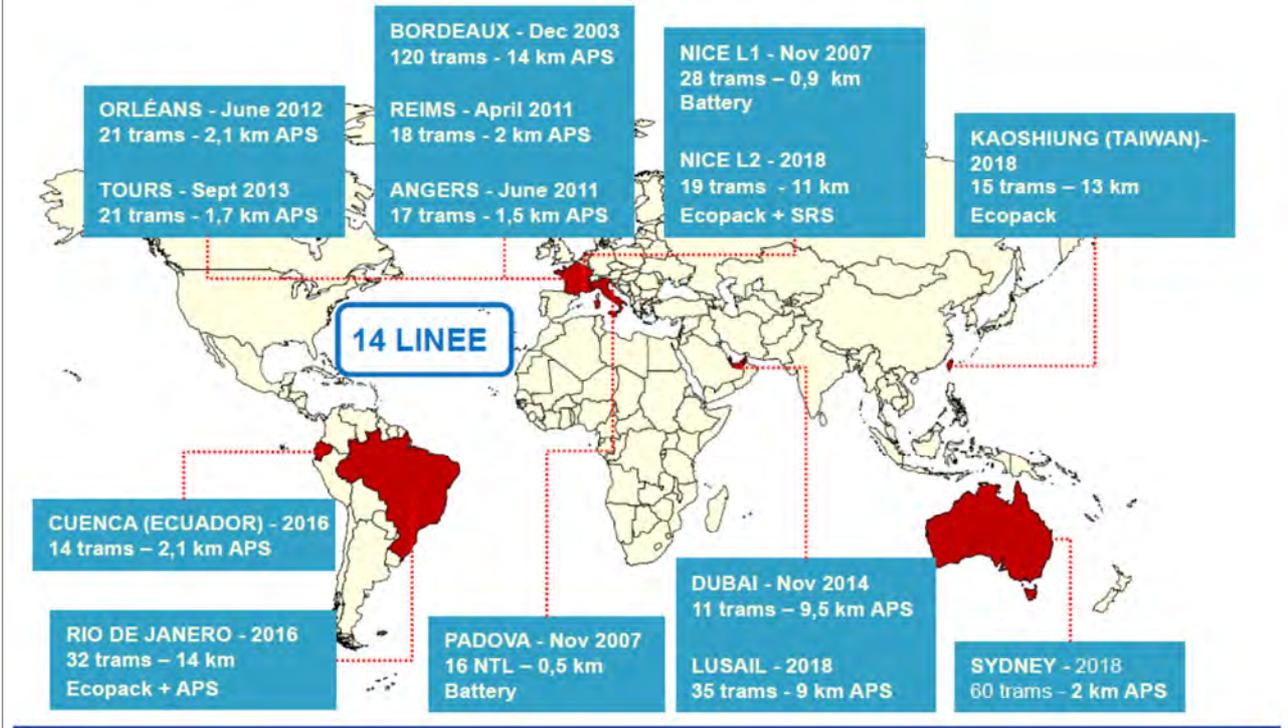
- 7 linee in servizio
- 3 in costruzione

72 km di doppio binario, 57 in servizio  
 354 Trams equipaggiati con APS, 220 in servizio  
 Più di 22 milioni di km percorsi





## Referenze Alstom Catenary Free



## APS Projects





## APS Projects



ALSTOM - 13/05/2018 - P 8

© ALSTOM 2018. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

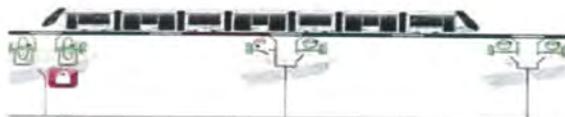


## 2.2 Attrezzature e componenti principali del sistema APS

### I principi chiave APS

#### Apparati di bordo

- **Pattino collettore**
  - Preleva l'energia di trazione dai segmenti in tensione della rotaia
- **Quadro di commutazione**
  - Seleziona la fonte di alimentazione (APS/OHL/battery)
- **Sistemi Radio (a bordo ed integrati)**
  - Emettono segnali radio codificati per rilevare il veicolo ed attivare l'elemento individuato
- **Batteria di back-up**
  - Alimentazione di Back up in caso di mancanza fonte primaria di energia



#### Apparati di terra

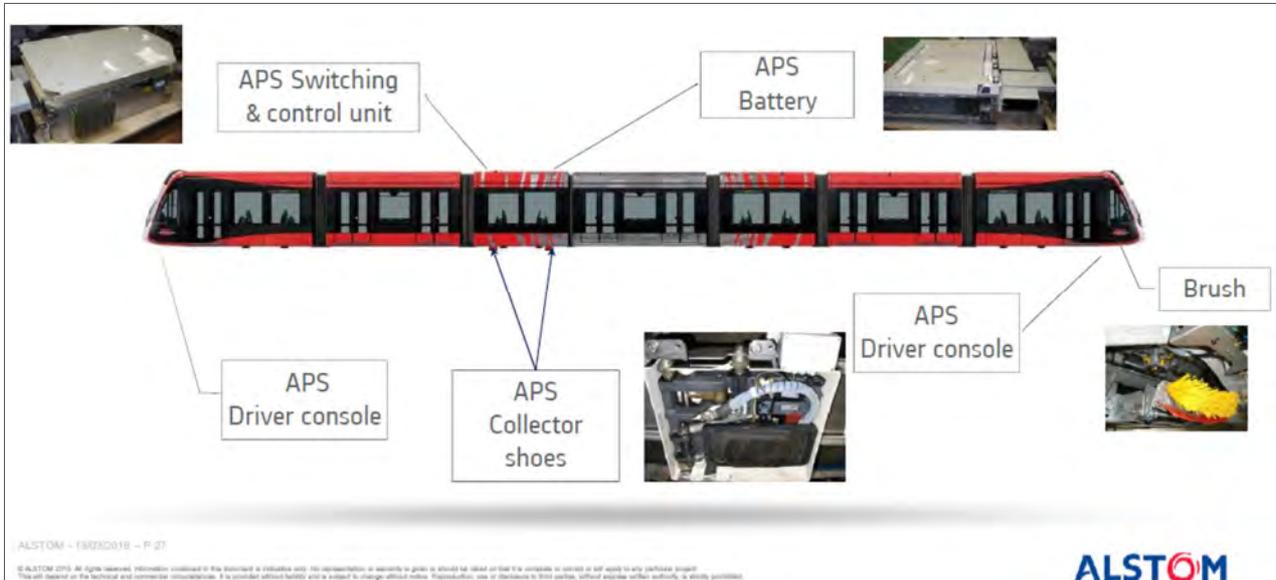
- **Elementi di potenza di APS**
  - Singoli Elementi da 11 metri
- **APS Power Boxes**
  - Interrati in prossimità della rotaia; Un PB ogni 2 elementi
- **APS cabinet in sottostazione**
  - Garantisce sicurezza ed integrità del sistema
- **Sistema di supervisione APS real time**
  - Geo-localizzazione delle zone APS
  - Monitoraggio real time di tutti le apparecchiature



© ALSTOM 2007. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.



### 2.3 Apparati di bordo del rotabile



### 2.4 Apparati di terra – Terza rotaia

#### APS Infrastructure – APS3 rail

■ APS3 rail and BR/BJ :

- Material changing for resistance improvement in cross-road (EPDM material)
- Rail's shape for maintability and removal of equipment improvement
- No trackslab interface (no reinforcement mesh)





## APS Infrastructure – APS3 power box

### ■ APS3 power box :

- Tropicalization due to increasing of operational temperature up to 70°C
- Design changing with LV (electronic cards) side and HV (contactors) side separated in 2 different tank
- IP increasing from 67 to 68 with its connectors
- Bidirectional communication added (power boxes to on-board) 38kHz

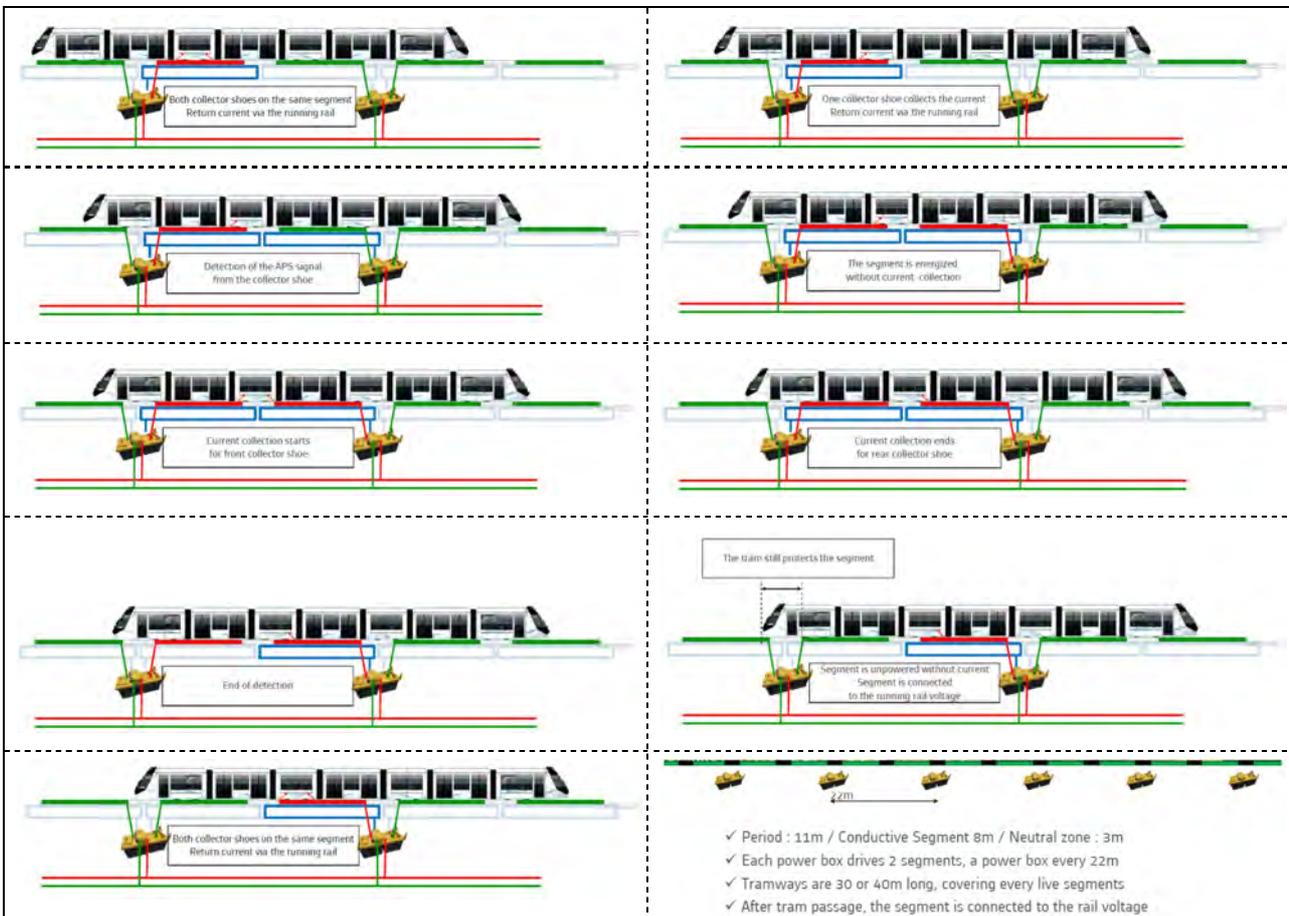


ALSTOM - 13032018 - P 25

© ALSTOM 2018. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. Its reproduction or security is allowed for use in any particular project. The user remains responsible for the accuracy and completeness of the information. Reproduction, use or disclosure is prohibited without written authority. In strictly prohibited.

**ALSTOM**

## 2.5 Cronologia attivazione apparato di distribuzione della corrente





### **3. GARANZIE DEL MATERIALE ROTABILE / SISTEMA DI ALIMENTAZIONE PROPOSTO**

In conformità a quanto prescritto dall'articolo 18 del Bando di gara, nell'**Allegato 1** alla presente relazione viene data evidenza, in ordine alle **garanzie del materiale rotabile/sistema di alimentazione proposto**, attraverso la certificazione prodotta da DUBAI TRAM relativa al sistema tranviario che collega Dubai metropolitana e la monorotaia di Palm Jumeirah, lungo Al Sufouh Road e Jumeirah Beach Road dal Mall of the Emirates al Dubai Marina.

Questa linea tranviaria di 10,6 km completamente alimentata a livello del suolo con il sistema APS, collega 11 stazioni tutte provviste di aria condizionata, con una capacità di trasporto di 27.000 passeggeri al giorno e nella estensione prevista entro il 2010 arriverà a 66.000 passeggeri al giorno.

Dalla suddetta certificazione si evince che **l'indice di affidabilità della soluzione tecnologica proposta è pari 99,2% su base annua** e quindi superiore al 95% richiesta dal bando di gara (articolo 18).

- Affidabilità del sistema (viaggi di veicoli effettivi contro viaggi programmati). pari al 99,2%
- Puntualità del sistema (% dei viaggi del veicolo in tempo o con ritardo inferiore a 5 min) pari al 99,2%

### **4. GARANZIE DI PRODUZIONE DEL MATERIALE ROTABILE NEGLI ULTIMI 5 ANNI**

In conformità a quanto prescritto dall'articolo 18 del Bando di gara, nell'**Allegato 2** alla presente relazione, viene data evidenza in ordine alle **garanzie di produzione, del materiale rotabile, prescindendo dal sistema di alimentazione**, della vendita dell'idea progettuale proposta, negli ultimi 5 anni, di almeno 30 veicoli con pavimento 100% (assenza di gradini interni nel percorso da cabina a cabina), e larghezza compresa fra 2,20 e 2,50 mt.

Il materiale rotabile proposto è denominato "CITADIS" ed è prodotto dalla ALSTOM, e nella scheda contenuta nell'Allegato 2 si evince che, negli ultimi 5 anni sono stati venduti n. 116 tram CITADIS della larghezza di 2,40 m, con pavimento interno completamente ribassato (100%).

Nella scheda, per ogni cliente è stato indicato il numero di tram venduti: Bordeaux (Francia) 26 tram, Paris (Francia) 39 tram, Tour (Francia) 21 tram, Aubagne (Francia), Nottigaham (Inghilterra) 22 TRAM.

Per ogni fornitura è stato altresì specificata la data di inizio e fine consegna dei veicoli, le loro caratteristiche geometriche, la tipologia di veicolo (bidirezionale), la capacità di trasporto e le caratteristiche tecniche funzionali e sicurezza.

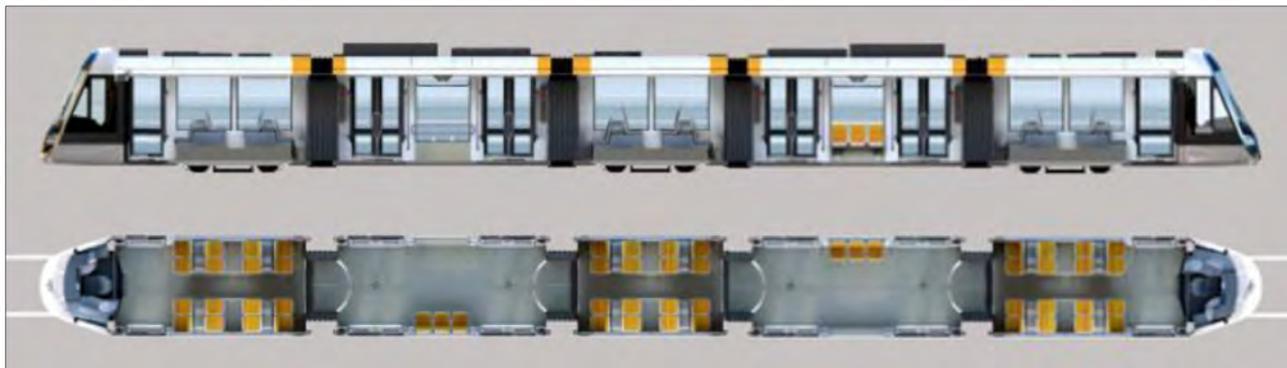
Per ogni fornitura dei sopraelencati 116 tram, vengono allegate le attestazioni rilasciate dalle Autorità di Trasporto e/Ente Locale, in qualità di committente delle forniture.

Rotabili tranviari costruiti da ALSTOM circolano attualmente a Torino, Roma e Messina e sono stati omologati in Italia in base a quanto disposto dalla Circolare del Ministero dei Trasporti n. 65 del 02/05/1985.

### **5. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL ROTABILE**

I rotabili proposti per l'ampliamento del sistema tranviario di Palermo, saranno conformi alla norma UNI 11174:2014 "Materiale rotabile per tramvie e tramvie veloci – Caratteristiche generali e prestazioni".

I **rotabili tranviari**, composti da 5 casse articolate interconnesse per mezzo di connessioni sul telaio e copertura, sono di **tipo bidirezionale**, con **alimentazione di tipo ibrido**, con pantografo al fine di consentirne l'utilizzo sulle linee 1, 2, 3 e 4 oggi in esercizio con catenaria aerea, e sono altresì equipaggiati con apparecchiature di bordo **per alimentazione continua da "terza rotaia" - sistema APS** (Alimentation Par le Sol)". L'alimentazione in continuo viene fornita da segmenti di "terza rotaia" costituiti da singoli elementi della lunghezza di 11 m/cad. alimentati in sicurezza al passaggio del veicolo. Il sistema APS verrà installato esclusivamente nelle tratte indicate dal bando di gara, e integrate dalle indicazioni fornite dalla Commissione di Gara per la seconda fase concorsuale e precisamente le tratte prive di catenaria aerea sono : la tratta A, B, E (fino all'innesto in via Lanza di Scalea), la tratta F ed infine la tratta E nel tratto a unico binario (Mondello).



Modello Citadis 305 ALSTOM a 5 casse

### 5.1 Dimensioni principali ed architettura generale del rotabile

- modello veicolo	CITADIS 305
- veicolo bidirezionale	SI
- veicolo con alimentazione "ibrida"	SI
- scartamento	1.435 mm
- larghezza veicolo	2.400 mm.
- lunghezza veicolo	32.200 mm.
- altezza del veicolo (senza pantografo)	3.300 mm
- Pianale interno rotabile totalmente ribassato	100%
- Altezza pavimento nell'area pianale ribassato (rispetto piano del ferro)	310 mm
- Numero porte (2 ante) per fiancata (casse intermedie)	4
- Larghezza porte a due ante	1.300 mm
- Numero porte (1 anta) per fiancata (casse anteriori)	2
- Larghezza porte ad una anta	800 mm

### 5.2 Capacità di trasporto

- Passeggeri seduti	54 + 2 posti disabili
- Passeggeri in piedi (4 pass/m <sup>2</sup> )	146
- Passeggeri in piedi (6 pass/m <sup>2</sup> )	219
- Capacità totale (4 pass/m <sup>2</sup> )	200 ( 54 seduti)
- Capacità totale (6 pass/m <sup>2</sup> )	273 ( 54 seduti)

### 5.3 Prestazioni di marcia

- Tensione di alimentazione	750 Vcc
- Velocità massima	70 km/h



- Accelerazione massima	1,30 m/s <sup>2</sup>
- Accelerazione media da 0 a 40 km/h	1,10 m/s <sup>2</sup>
- Accelerazione media da 0 a 60 km/h	0,90 m/s <sup>2</sup>
- Accelerazione media da 0 a 70 km/h	0,80 m/s <sup>2</sup>
- Accelerazione residua a 70 km/h	0,25 m/s <sup>2</sup>
- Pendenza massima superabile	8%
- Massimo valore gradiente di accelerazione longitudinale (Jerk)	1,3 m/s <sup>3</sup>
- Frenatura di servizio	1,20 m/s <sup>2</sup>
- Frenatura di emergenza	2,80 m/s <sup>2</sup>

#### **5.4 Caratteristiche del rotabile**

- minimo raggio di curvatura planimetrico ammesso (in linea)	20 m
- minimo raggio di curvatura planimetrico ammesso (in deposito)	18 m
- raggio minimo ammesso dei raccordi verticali concavi	350 m
- raggio minimo ammesso dei raccordi verticali convessi	350 m (700 m per APS)
- carico massimo per asse (in configurazione C3=6 pass/m2)	< 12 t
- Carrelli motore	2
- Carrello portante	1
- Sala montata – interasse	1850 mm
- Diametro ruote nuove / usurate	590/510 mm
- Numero motori	4
- Potenza motore	150 kW
- Potenza complessiva	600 kW
- Numero freni elettrodinamici	4
- Il rotabile è provvisto di un “dispositivo vigilante” avente la funzione di rilevare la presenza attiva del conducente durante la marcia. Il dispositivo vigilante si inserisce automaticamente all’atto dell’abilitazione del banco di guida.	
- Il rotabile è provvisto, su ciascuna testata, di barre per l’accoppiamento con altri rotabili, per traino in caso di guasto. La barra è stata dimensionata per assicurare un recupero del veicolo incidentato privo di passeggeri a bordo, alla velocità massima di 5 km/h.	

#### **5.5 Caratteristiche speciali del rotabile con sistema APS**

##### **5.5.1 Batterie di bordo per l’alimentazione di backup**

- L’alimentazione in continuo dei rotabili viene fornita da segmenti di “terza rotaia” costituiti da singoli elementi della lunghezza di 11 m/cad. alimentati in sicurezza al passaggio del veicolo. I segmenti di rotaia vengono alimentati da appositi Power Boxes, uno ogni due segmenti di rotaia. In caso di avaria su un Power Boxes, viene pertanto disalimentato un tratto di 22 metri di linea. Per sopperire alla mancanza di fonte primaria di energia, il rotabile è dotato di apposita **batteria di bordo per l’alimentazione di backup** con capacità di 3,6 kWh. Tale capacità è stata dimensionata per consentire la piena operatività e l’adeguato margine per percorrere un tratto di linea di circa 400 m in piano compreso tra due fermate, a pieno carico ed il contemporaneo utilizzo dell’impianto di condizionamento.

##### **5.5.2 Convertitore HESOP per il recupero di energia in frenatura**

- Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi della linea tramviaria. Sono previste n. 17 sottostazioni (due in meno di quanto previsto dallo SdF allegato al bando di gara) della potenza installata di 2,0 MW cadauna, posizionate lungo linea nelle diverse tratta, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il “fuori servizio”, per manutenzione o guasto. **E’ previsto il recupero di energia in frenatura con l’utilizzo del convertitore HESOP** previsto in una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione presenti.



**Il convertitore HESOP da priorità allo scambio naturale di energia fra veicoli tranviari in decelerazione e restituita ai veicoli in accelerazione.**

### 5.5.3 Altre caratteristiche speciali

- L'utilizzo del sistema APS permette le stesse performance (accelerazione e velocità) della catenaria.
- L'utilizzo del sistema APS non determina nessuna limitazione e riduzione di potenza dell'impianto di ventilazione/condizionamento del rotabile
- L'utilizzo del sistema APS non determina nessun impatto sul tempo di carico/scarico passeggeri in fermata.
- Il rotabile è provvisto di motori a magneti permanenti che riducono i consumi energetici del 25%
- Il rotabile proposto consente una riduzione dei costi di manutenzione preventiva di circa il 18%. (vedasi piano di manutenzione allegato al documento EE.3 "Piano Economici Finanziario di massima

### 5.6 Apparecchi di bordo del rotabile

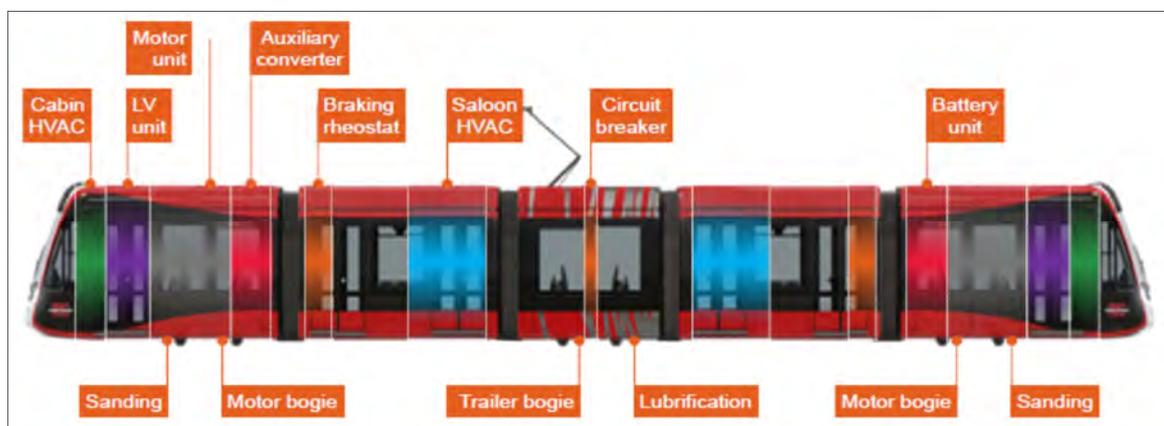
Il rotabile, con sistema di alimentazione in continuo da terra (APS), è provvisto dei seguenti apparati:

- **Pattino collettore posizionato sotto la cassa centrale del tram:** preleva l'energia di trazione dei segmenti in tensione della rotaia (L=11 m/cadauno) posto in asse al binario tranviario. Il segmento conduttivo viene alimentato e disalimentato progressivamente al passaggio del tram per assicurare sicurezza ai pedoni. La linea di alimentazione "segmentata" è alimentata da "power box" interrati posti ai lati della sede tranviaria.
- **Quadro di commutazione :** seleziona la fonte di alimentazione APS
- **Sistemi Radio (a bordo ed integrati) :** emettono segnali radio codificati per rilevare il veicolo ed attivare l'elemento individuato.
- **Batteria di back:** il rotabile è dotato di batteria per l'alimentazione di back up in caso di mancanza fonte primaria di energia che garantisce una idonea capacità di accumulo di energia al fine di permettere al rotabile di percorrere una distanza di circa 400 m

### 5.7 Apparecchi di terra

Il sistema di alimentazione in continuo da terra (APS) prevede i seguenti apparecchi :

- Elementi di potenza di APS : singoli elementi da 11 metri
- APS Power Boxes : interrati in prossimità del binario. Viene posizionato un P.B. ogni 2 elementi
- APS cabinet in sottostazione : garantisce sicurezza ed integrità del sistema
- Sistema di supervisione APS in real time: permette la geo-localizzazione delle zone APS e permette il monitoraggio real time di tutte le apparecchiature





## **6. COMPATIBILITA' DEI NUOVI ROTABILI CON LE LINEE TRANVIARIE ESISTENTI**

I nuovi rotabili sono progettati e realizzati in base alle normative italiane nonché in modo che siano totalmente conformi ai fini della circolabilità sull'intera rete urbana e interurbana esistente di Palermo (Linee 1-2-3-4).

I nuovi rotabili sono compatibili con le caratteristiche geometriche, di armamento, alimentazione, segnalamento della rete tranviaria in esercizio di seguito indicate:

### **6.1 Compatibilità in termini di scartamento**

Lo scartamento delle rotaie dei binari delle Linee 1 – 2 – 3 – 4, con rotaie a gola 59R2, sia in rettilineo che in curva, è pari a 1435 mm misurati 14 mm sotto il Piano del Ferro in conformità alla UNI 3648 :” Linee tramviarie con rotaie a gola. Definizioni di scartamento di binario, di binario a scartamento ordinario e a scartamento ridotto”.

I nuovi rotabili hanno scartamento pari a 1435 mm e quindi sono compatibili con l’armamento delle linee esistenti.

### **6.2 Compatibilità in termini di alimentazione**

La tensione di alimentazione delle attuali linee tranviarie esistenti è di 750 Vcc; la linea di contatto è costituita da filo di rame sospeso con sezione variabile da 100 a 120 mm<sup>2</sup> (1 filo) a 240 mm<sup>2</sup> (2 fili). L'altezza della linea di contatto rispetto al piano del ferro è pari a 5,60 m (nominale), minima 3,90 m e massima 6,10 m.

I nuovi rotabili sono progettati per una tensione di alimentazione pari a 750 Vcc e quindi possono circolare lungo le linee esistenti

I rotabile CITADIS 305 della ALSTOM presenta, nelle tratte con “catenary free” (Tratte A-B- F e parte della tratta E) un'altezza minima pari a 3,80 m e massima: 6,63 m mentre nelle restanti tratte con “catenaria aerea” un'altezza minima pari a 3,61 m e massima: 6,44 m.

### **6.3 Compatibilità in termini di circolabilità**

I nuovi rotabili sono in grado di circolare su curve di raggio minimo di 20 m misurato sull'asse del binario lungo linea e su curve di raggio minimo 18 m in deposito. Tali caratteristiche permettono la piena e completa circolabilità dei nuovi rotabili sulle linee in esercizio, stante che attualmente sulle Linee 1-2-3-4 - in linea - il raggio minimo è pari a 20 m (in prossimità del capolinea Roccella) nonché all'interno dei depositi Roccella e Leonardo da Vinci in cui il raggio minimo è pari a 18 m..

La larghezza dei nuovi rotabili proposti è pari a 2,40 m uguale alla larghezza dei 17 rotabili Bombardier Flexity attualmente in esercizio. Analogamente la lunghezza dei nuovi rotabili proposti, pari a 32,20 m, è molto prossima alla lunghezza dei rotabili Bombardier Flexity attualmente in esercizio, pari a 32,27 m.

L'analogia lunghezza dei rotabili esistenti e dei rotabili di nuova concezione, rende perfettamente compatibili e utilizzabili le banchine di fermata e i capolinea presenti attualmente nelle linee esistenti, anche ai nuovi rotabili.

In conformità a quanto prescritto dalla norma UNI 7156:2014, si è proceduto a verificare – con esito positivo- che per i tutti i rettilinei e per ciascun raggio delle curve attualmente presenti lungo le linee 1-2-3-4 esistenti, la “fascia di ingombro statica” nonché la “fascia di ingombro cinematica” del rotabile proposto rispettino le distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile nonché le distanze minime fra rotabili che percorrono binari attigui (interbinario).

La larghezza del rotabile pari a 2,40 m unitamente alle dimensioni delle fermate esistenti, permette altresì la circolabilità dei rotabili in corrispondenza delle banchine delle fermate

L'altezza del pianale interno dei nuovi rotabili, totalmente ribassato (100%), dal piano del ferro è pari a 326 mm in modo da permettere l'incarozzamento a raso dei passeggeri in banchina, e nel contempo di permettere l'incarozzamento a raso (con eliminazione delle barriere architettoniche) sia nelle 44 fermate attualmente presenti lungo le tratte in esercizio, nonché nelle 95 nuove fermate previste per l'ampliamento



delle rete tranviaria di Palermo (Tratte A+B+C+D+E++F).

#### **6.4 Idoneità dei depositi e officine esistenti a ricoverare i nuovi rotabili**

Le caratteristiche dei nuovi rotabili sono compatibili con le dimensioni per il parcheggio delle vetture nonché per l'attrezzaggio del deposito Roccella in cui è presente il tornio in fossa e vengono effettuate le manutenzioni straordinarie, nonché del deposito Leonardo da Vinci. Nel documento progettuale R2 : Relazione Tecnica, è stata analizzata e dimostrata, l'adeguatezza della capacità di parcheggio dei due depositi esistenti a seguito del calcolo della flotta di rotabili necessari per espletare l'esercizio dopo l'ampliamento della rete tranviaria con l'aggiunta delle Tratte A+B+C (I fase). Nel deposito Roccella è necessario installare un tronchetto di binario attrezzato con la "terza rotaia" per poter effettuare prove, test e misurazioni

Si evidenzia infine che, per il completamento della II fase dell'ampliamento del sistema tranviario, è necessario costruire il deposito Olimpo (Tratta E) atto ad ospitare 32 rotabili .(vedasi Relazione R2 par.5.2.1):

### **7. AFFIDABILITA' DEI ROTABILI INDIPENDENTEMENTE DALLE CONDIZIONI METEO**

I rotabili sono idonei alla marcia all'aperto e ad essere utilizzati immediatamente dopo il rimessaggio di più giorni alle intemperie.

Le condizioni ambientali di progetto sono riportate di seguito.

- Campo di Temperatura Ambientale Operativa:: -20°C + + 55 °C
- Umidità relativa : 100%
- Altitudine di funzionamento: s.l.m.
- Comparsa di rugiada: Si
- Presenza di pioggia, polvere, foglie sui binari, neve e per umidità relativa fino al 100% con comparsa di rugiada

I rotabili sono quindi idonei per la circolazione in servizio in condizioni di pioggia e neve ed inoltre sono provvisti d'opportune protezioni contro getti d'acqua, penetrazione d'acqua per effetto della turbolenza dovuta al movimento ed alla ventilazione del rotabile, azione del vento.

Per quanto riguarda gli apparati di terra APS (terza rotaia):

- APS system è progettato per non subire alcun danno nelle condizioni ambientali sopradescritte tenendo altresì conto anche della polluzione prodotta dalla vegetazione (foglie, polline, etc.) e dalle condizioni del rotabile durante la marcia (sabbatura delle rotaie, consumo delle guarnizioni frenanti, etc.).
- La temperatura massima esterna di operatività del APS è pari a 55 °C, mentre la temperatura superficiale massima, a livello della terza rotaia, è di 85° C .

### **8. COMFORT DEL ROTABILE**

#### **8.1 Accessibilità**

Per l'accessibilità valgono le indicazioni della UNI 11174:2014 (punto 5.1), con le precisazioni che seguono :

- **Porte per l'incarozzamento dei passeggeri:** il rotabile bidirezionale è provvisto di quattro porte a due battenti per fiancata della larghezza di 1300 mm cadauna, oltre alle due porte ad un battente, presenti nelle due casse di testata, della larghezza di 800 mm cadauna. Le dimensioni delle porte per passeggeri sono conformi alla norma UNI EN 14752.
- **Altezza della soglia rispetto al piano del ferro:** il rotabile, bidirezionale, con pavimento interamente ribassato, presenta la soglia delle porte per l'incarozzamento dei passeggeri ad un'altezza nominale dal piano di ferro non superiore di 350 mm.



- **Ai fini dell'abbattimento delle barriere architettoniche** e facilitare l'incarozzamento della sedia a ruote di un disabile, la quota della soglia delle porte (e dell'intero pianale interno) rispetto la quota altimetrica del piano delle banchine di fermata è tale per cui, con qualsiasi condizione di carico del tram, la distanza orizzontale fra la soglia della porta del rotabile e il bordo della banchina di fermata non sarà maggiore di 70 mm e nel contempo il dislivello fra la soglia della porta del rotabile e il piano della banchina di fermata sarà sempre compreso fra +50 mm e -20 mm (UNI 11174:2014 – punto 5.1.4).

## **8.2 Abitabilità**

Il rotabile proposto recepirà le indicazioni di AMAT attraverso apposito studio ergonomico del comparto passeggeri che illustri la validità del layout del comparto dal punto di vista dell'agevole transitabilità dei passeggeri all'interno della vettura ed in particolare attraverso i corridoi, nonché tutti gli arredi.

Per l'abitabilità valgono le indicazioni della norma UNI 11174 (punto 5.2) con le precisazioni che seguono:

- **La percentuale minima dei posti a sedere fissi** rispetto ai posti totali calcolata con carico utile normale (4 pass./m<sup>2</sup>) sarà pari al 27% (maggiore quindi del minimo prescritto dalla UNI 11174 fissato al 15%) e le aree disponibili per i passeggeri in piedi saranno dotate di adeguati sostegni.

Il rotabile proposto infatti prevede che il numero di posti a sedere fissi è pari a 54 rispetto ai 200 posti totali che con configurazione 4 pass/m<sup>2</sup>.

- **Postazione per disabile su sedia a rotelle:** su ogni rotabile saranno disponibili due apposite postazioni, disposte in prossimità delle porte, opportunamente attrezzate ed identificate ove il passeggero disabile su sedia a rotelle possa posizionarsi durante il viaggio ed assicurarsi ad apposito ancoraggio. La postazione disabile sarà concepita in modo tale che il disabile che accede alla postazione anteriore (delle due presenti sul veicolo), si posizioni agevolmente e si affranchi con spalle al senso di marcia. Il disabile potrebbe salire in una fermata sul lato destro e scendere ad una sul lato sinistro, e viceversa.
- **Altezza libera del cielo all'interno dei rotabili,** lungo la mezzeria longitudinale, è pari a 2.180 mm dal piano del pavimento, per l'intera lunghezza della cassa, incluse la zona del condizionatore e del pantografo, esclusa la zona degli intercomunicanti (dove l'altezza sarà pari a 2.050 mm).
- **Dotazioni delle aree disponibili per i passeggeri in piedi :** queste aree saranno dotate di adeguati sostegni (mancorrenti e maniglie) agevolmente raggiungibili dai passeggeri. Sono altresì presenti appositi appoggia schiena per i passeggeri in piedi. Il rotabile è provvisto di zone con sedili a moduli sospesi.



**Appoggia schiena per passeggeri in piedi**

**Apposito spazio per passeggini**



- **Dotazione di apposito spazio per rastrelliera biciclette:** il rotabile prevede appositi spazi per stazionamento di biciclette



### 8.3 Comfort di marcia

Per il comfort di marcia valgono le indicazioni delle norme UNI EN 12299 e UNI 11174, con la precisazione che il massimo valore gradiente di accelerazione longitudinale (Jerk) sarà pari a  $1,3 \text{ m/s}^3$ .

### 8.4 Confort acustico – Rumore interno

Per il comfort acustico (rumorosità interna) il rotabile rispetta le indicazioni della norma UNI 11174: 2014 – punto 5.4 - con le seguenti precisazioni:

- da fermo, il livello di pressione sonora continua equivalente sarà non superiore a 65 dB(A) in cabina di guida e a 60 dB(A) in tutte le zone del comparto passeggeri, inclusi i passaggi attraverso le articolazioni, con tutti gli impianti ausiliari, la climatizzazione e la ventilazione alla massima potenza;
- alla velocità costante di 60 km/h, il livello di pressione sonora continua equivalente sarà non superiore a 70 dB(A) in cabina di guida e a 70 dB(A) in tutte le zone del comparto passeggeri, inclusi i passaggi attraverso le articolazioni, con tutti gli impianti ausiliari, la climatizzazione e la ventilazione alla massima potenza.

Oltre ai requisiti sopra menzionati, il rotabile sarà esente da rumori di intensità elevata, tali da essere percepiti come fastidiosi, in tutte le condizioni di marcia (avviamento, accelerazione, velocità massima, frenatura, inserzione e disinserione impianti, percorrenza di curve, apertura

### 8.5 Illuminazione interna

Le caratteristiche del sistema di illuminazione all'interno del rotabile, sia normale che in condizioni di emergenza rispetteranno le indicazioni della norma UNI 11174:2014 – punto 5.5. Per l'illuminazione di emergenza il rotabile è considerato classificato HL2 secondo norma UNI CEI EN 45545.

Nei corridoi, nelle aree disponibili per i passeggeri in piedi e nelle aree dei posti a sedere, la disposizione, il numero e l'ubicazione dei corpi illuminanti è tale per cui non saranno presenti zone di ombra o di abbagliamento, e comunque verrà garantito l'illuminamento medio, non minore di 250 lux, misurata in conformità alla norma UNI EN 13272.

L'illuminamento in prossimità di ciascuna porta per i passeggeri, a livello del pavimento, sarà non minore di 100 lux.



I corpi illuminanti soddisfano le seguenti principali caratteristiche:

- punti illuminanti a LED - garantire la massima sicurezza contro i pericoli di incendio e la massima robustezza per resistere nel tempo alle sollecitazioni meccaniche - fornire un corpo illuminante componibile, compatto, a tenuta di polvere e di umidità (almeno IP55), e di facile installazione - consentire la massima accessibilità alle apparecchiature elettriche e alle lampade, in modo da permettere una facile manutenzione; non irradiare disturbi elettrici ed elettromagnetici ad alcuno degli altri impianti montati sul veicolo; facilità di essere sostituiti rapidamente.

## **8.6 Comfort termico**

Per il comfort termico valgono le indicazioni della norma UNI 11174: 2014 – punto 5.6, con le seguenti precisazioni:

- Particolare attenzione progettuale è stata posta per assicurare a tutti i passeggeri un adeguato microclima in tutte le stagioni dell'anno per rendere più piacevole la permanenza bordo del rotabile.
- Tutte le superfici interne delle casse saranno ricoperte di prodotti isolanti e antivibranti, con elevata stabilità all'umidità, ed essere inattaccabili dagli olii e saranno conformi ai requisiti di reazione al fuoco dei materiali richiesti dalla UNI CEI EN 45545 EN 45545 parte 1-2-3-4-5-6-7 con riferimento alla classe HL2.
- Il rotabile è provvisto di impianti di climatizzazione – separati - per le cabine di guida e per il comparto passeggeri, conformi alle UNI EN 14813-1 e 2 per le cabine di guida mentre per il comparto viaggiatori, alle UNI EN 14750:2006 "Aria condizionata per materiale rotabile urbano e sub-urbano – Parametri di confort.
- le condizioni ambientali assunte per il dimensionamento sono le seguenti:  $T_{min} = -15^{\circ}C$  ---  $T_{max.} = +55^{\circ}C$  - Umidità relativa 100% a  $40^{\circ}C$

**Nelle cabine passeggeri le potenze delle unità di ventilazione e condizionamento risultano :**

- Potenza frigorifera : 26 kW, oppure 35 kW oppure 45 kW (da definire in base richieste di AMAT).
- Potenza riscaldamento 24 kW.

**Nelle cabine guida le potenze delle unità di ventilazione e condizionamento risultano:**

- Potenza frigorifera : 4 kW.
- Potenza riscaldamento 4 kW.

Le unità HVAC di cui sono dotati i rotabili CITADIS garantiscono una riduzione del consumo di energia del 15%

## **8.7 Sistemi informativi di bordo**

Per i sistemi informativi di bordo, valgono le indicazioni della norma UNI 11174: 2014 – punto 5.7. Il rotabile sarà provvisto di :

- Impianto di diffusione sonora per consentire al conducente di comunicare ai passeggeri.
- Impianto di comunicazione full-duplex dai passeggeri al conducente e al Posto Centrale integrato con la funzione di segnale d'allarme, essendo il rotabile in questione classificato HL2 secondo norma UNI CEI EN 45545;
- Impianto di prenotazione fermata.
- Impianto acustico di indicazione porte aperte (o abilitate all'apertura) per i passeggeri non vedenti.
- Impianto acustico di avviso chiusura porte.

## **9. ARREDI**

L'arredo interno del rotabile, sia nel comparto passeggeri, sia delle cabine di guida, verrà realizzato con materiali esenti da amianto e suoi derivati o composti.



Sarà altresì evitato l'impiego di lana di vetro, lana di roccia, materiali a base fibrosa con diametro minimo della fibra inferiore a 6 micron e comunque di quant'altri materiali ritenuti inquinanti per l'ambiente, tossico o nocivo per i viaggiatori e per gli operatori addetti alla condotta e alla manutenzione del rotabile tranviario. Tutte le vernici sono a base d'acqua.

### **9.1 Dimensionamento degli spazi disponibili per i passeggeri seduti e in piedi nei corridoi**

Il dimensionamento verrà effettuato in riferimento alla norma UNI 111074:2014 recependo altresì le indicazioni di AMAT, attraverso apposito studio ergonomico del comparto passeggeri che illustri la validità del layout del comparto dal punto di vista dell'agevole transitabilità dei passeggeri all'interno della vettura ed in particolare attraverso i corridoi. L'altezza libera minima all'interno del rotabile, lungo le zone di passaggio e di sosta in piedi lungo la mezzera longitudinale per l'intera lunghezza delle casse, sarà pari a 2180 mm mentre la larghezza libera dei corridoi e delle zone di passaggio sarà pari o maggiore di 550 mm.

### **9.2 Sedili**

La forma, la costituzione ed i colori saranno definiti in relazione al sopracitato studio ergonomico, alla resistenza ai normali sforzi di utilizzo e ai vandalismi.

La forma, i colori dei sedili, il profilo e l'aspetto generale degli stessi, devono essere determinati con uno studio ergonomico eseguito dal Fornitore sia in fase d'offerta che, a livello più approfondito, in fase di fornitura, da porre all'approvazione del Committente.

Il rotabile è provvisto di aree con sedili a moduli sospesi.



### **9.3 Mancorrenti e piantane**

Per l'appiglio in sicurezza dei passeggeri in piedi, i rotabili presenteranno appositi mancorrenti e piantane in acciaio inox, opportunamente ancorati alla struttura delle casse del rotabile. Saranno altresì previste maniglie aggrappa-mani sui mancorrenti orizzontali e maniglie di appiglio sugli schienali dei sedili trasversali.

### **9.4 Rivestimenti delle pareti:**

I rivestimenti interni delle pareti saranno completati con l'applicazione di pellicole antigraffiti trasparenti o della medesima colorazione della parete.



### **9.5 Finestrini :**

I finestrini saranno a struttura portante in lega leggera, ancorati alla struttura delle fiancate a mezzo di guarnizioni in gomma; l'insieme sarà a perfetta tenuta stagna.

I vetri atermici, a lastra unica, infrangibili e opportunamente oscurati per attenuare la luminosità solare esterna verranno ricoperti di pellicola trasparente antigraffiti sia internamente che esternamente.

### **9.6 Pavimento**

La struttura del pavimento sarà protetta con rivestimento superficiale in gomma, di spessore non inferiore a 3 mm, profilo del tappeto tale da rendere agevole la pulizia anche meccanizzata del comparto passeggeri e nel contempo armonizzarsi esteticamente con l'insieme dell'arredamento.

### **9.7 Illuminazione interna ed esterna :**

L'illuminazione interna per i passeggeri sarà conforme alla UNI EN 13272 con illuminamento medio non minore di 250 lux, mentre l'illuminazione di emergenza sarà dimensionata considerando il rotabile di classe HL2 secondo la norma UNI EN 45545. L'illuminazione esterna sarà composta da dispositivi luminosi con lampade a led.

## **10. IMPATTO SULL'AMBIENTE**

---

### **10.1 Rumorosità esterna**

Per la rumorosità esterna valgono le indicazioni della norma UNI 11174:2014 – punto 6.1, con le seguenti precisazioni:

- da fermo, il livello di pressione sonora continua equivalente sarà non superiore a 55 dB(A), con tutti gli impianti ausiliari, la climatizzazione e la ventilazione alla massima potenza;
- alla velocità costante di 60 km/h, il livello di pressione sonora continua equivalente sarà non superiore a 76 dB(A), con tutti gli impianti ausiliari, la climatizzazione e la ventilazione alla massima potenza.

Oltre ai requisiti sopra menzionati, il rotabile sarà esente da rumori di intensità elevata, tali da essere percepiti come fastidiosi, in tutte le condizioni di marcia (avviamento, accelerazione, velocità massima, frenatura, inserzione e disinserzione impianti, percorrenza di curve, apertura e chiusura porte, ...).

### **10.2 Vibrazioni**

Il rotabile è progettato con accorgimenti quali una limitazione delle masse non sospese e adozioni di ruote elastiche, al fine di contenere le vibrazioni trasmesse al terreno e nel contempo per aumentare:

- Comfort del guidatore in termini di vibrazioni (ISO 2631-1 : 2010) : maggiore di 8 ore
- Comfort dei passeggeri in termini di vibrazioni : accelerazione laterale < 0,51 m/s<sup>2</sup> e accelerazione verticale < 0,57 m/s<sup>2</sup>

### **10.3 Compatibilità elettromagnetica**

Il materiale rotabile sarà progettato e realizzato in conformità alla norma CEI EN 50121.

In nessun caso il funzionamento del rotabile potrà essere disturbato dai campi magnetici esterni. Reciprocamente, il funzionamento del rotabile non potrà perturbare le installazioni esistenti, ed in particolare l'impianto di segnalamento e quello di telecomunicazioni fra terra e bordo.

### **10.4 Prodotti e materiali inquinanti**

I prodotti ed i materiali utilizzati per la costruzione dei rotabili sono compatibili con la sicurezza e la salute delle persone e con la salvaguardia ambientale, in conformità alle normative europee (regolamento CE 1907/20016) e normative italiane. Il rotabile proposto utilizza materiali riciclabili al 97 %



## **11. SICUREZZA**

### **11.1 Analisi dei rischi**

La progettazione del rotabile prevedrà apposita analisi dei rischi in conformità a quanto prescritto dalla CEI EN 50126. In tale analisi verranno individuati i rischi e adottati i conseguenti provvedimenti che dovranno garantire un elevato livello di sicurezza

### **11.2 Protezione dal fuoco**

La progettazione del rotabile e la scelta di tutti i materiali ed arredi che compongono il tram "Citadis" della ALSTOM è stata condotta in modo di limitare al massimo il rischio di innesco e propagazione degli incendi.

Il rotabile, in tutte le sue parti, sarà conforme alla norma UNI CEI EN 45545:2013 "Applicazioni ferroviarie - Protezione al fuoco per i rotabili ferroviari" - con specifico riferimento alla classe HL2, in quanto il sistema tranviario della città di PALERMO, sia nelle quattro linee esistenti nonché nelle future tratte in estensione, non sono presenti gallerie e nel contempo esistono spazi di evacuazione sufficienti, il livello di rischio applicabile al rotabile è il livello LR1.

La norma UNI CEI EN 45545:2013 - composta da sette parti – che ha sostituito la UNI 11170- individua i rischi e le misure per la protezione dei passeggeri e del personale a bordo di veicoli ferroviari in caso di incendio.

Al fine di garantire la conformità alla UNI CEI EN 45545:2013, particolare attenzione sarà posta nella scelta dei materiali in base alla loro classificazione di "reazione al fuoco" di cui al D.M. 15/03/2005 "Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti".

La normativa italiana distingue i requisiti di reazione al fuoco di un determinato materiale, in base alla posizione di installazione nel rotabile (soffitto, pavimento, parete laterale) nonché in base ai specifici elementi costruttivi che richiedono particolare attenzione quali, sedili, luci, materiali per isolamento termico e acustico, ecc. Il progetto del rotabile tranviario proposto, comprenderà apposito documento con il carico di incendio dell'intero rotabile.

Tale documentazione farà parte del progetto esecutivo e del relativo processo approvativo degli Enti competenti al fine della messa in esercizio del rotabile "CITADIS" della ALSTOM in base a quanto richiesto dalla Circolare Ministeriale D.G. n. 201/83: Provvedimento emanato dal Ministero dei Trasporti- Direzione Generale della Motorizzazione Civile e dei Trasporti in concessione in data 15 settembre 1983 e avente ad oggetto il "D.P.R. 11/7/1980, n. 753. Approvazione del materiale rotabile per le ferrovie pubbliche in concessione od in gestione commissariale governativa, per le ferrovie private di secondo categoria (ed i raccordi ad essa assimilati), per le tranvie extraurbane e per le metropolitane".

### **11.3 Sistema retrovisivo utilizzabile dal posto di guida**

Il tram "CITADIS" della ALSTOM sarà dotato di un sistema retrovisivo conforme alla norma UNI 11174:2014, costituito sia da specchi retrovisivi, sia da telecamere. Ogni cabina sarà dotata di specchio retrovisivo sul lato destro, retraibile elettricamente; quando represso, lo specchio rientrerà entro il filo esterno della cassa. Tutti gli specchi retrovisivi saranno di tipo orientabile tramite comando da banco di manovra e riscaldati elettricamente.

### **11.4 Progettazione ergonomica della cabina di guida**

La progettazione della cabina di guida del rotabile "CITADIS" della ALSTOM sarà improntata all'ottenimento dell'ergonomia del posto guida e il rispetto dei requisiti di visibilità previsti dal punto 10.5 della norma UNI 11174:2014 che richiama espressamente la norma UNI EN 16186-1:2015 : Applicazioni ferroviarie - Cabina di guida - che ha sostituito la "fiche UIC 651" ed analizza i dati antropometrici e determina le condizioni di visibilità dalla cabina di guida, tra cui visibilità in avanti e le posizioni di riferimento dei segnali di terra da considerare. Verrà altresì considerato quanto previsto dallo standard specifico italiano determinato dalla CUNA (Commissione Tecnica di Unificazione nell'Autoveicolo) con il documento CUNA NC 586-05 "Campo di Visibilità del conducente".



**Improved driver experience**

- Optimised driver desk ergonomoy
- Cabin partition providing more space behind the driver
- Cabin with push-pull coupling bar (single unit) or coupler (double unit)

**11.5 Impianto di video sorveglianza (TVCC)**

Il comparto passeggeri è munito di telecamere con registrazione immagini per A.G..

**11.6 Sistema avanzato di assistenza alla guida**

## Advanced Driver Assistance System (ADAS as an option)

**Targets**

- Detect obstacles that could lead to a collision (other tram, road vehicle, pedestrian)
- Improve the vigilance and avoid late driver reaction as much as possible leading to the use of emergency braking (risk of passengers falls)

**Benefits**

- Alarms / Braking anticipation
  - Avoid potential collisions
  - Avoid passengers falls due to Emergency Brake use
  - Decrease impact speed when the obstacle cannot be avoided

**Technical means & validation**

- Camera & Radar
- On-going tests on 1 tram :
  - March 2018
  - > 6 month- tests

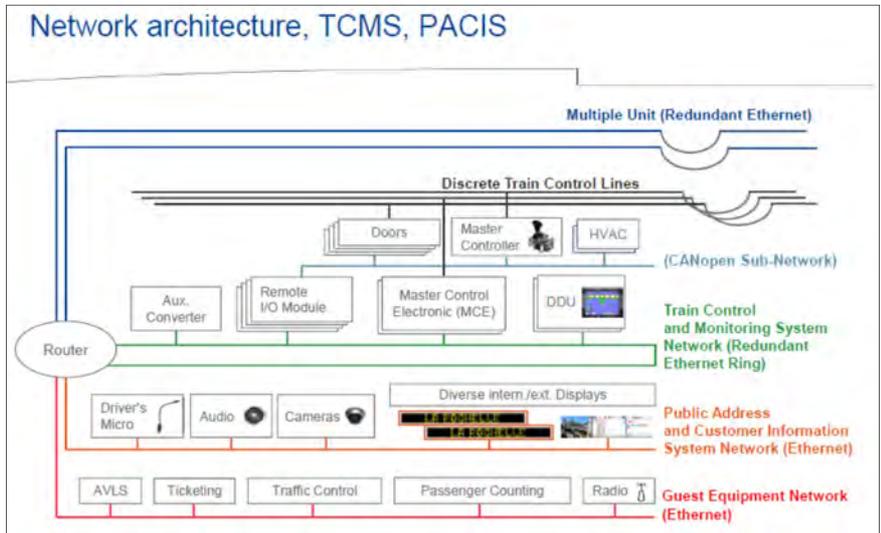
ALSTOM - 01/03/2018 - P.21

© ALSTOM SA. 2018. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

**ALSTOM**



**12. CONTROLLO E MONITORAGGIO DEI VEICOLI IN LINEA**



**PACIS**

- General features:
  - Full Ethernet based solution
  - Optimized multimodal services with real time update
  - Wide modularity
- Real Time Train-to-Ground Communication System\*
- TrainTracer: real time train's condition monitoring and preventive diagnostic



- Security / CCTV
  - IP cameras with high resolution
  - Network Video Recorder with capacity up to 30 days operation
  - Digital RearView system
  - Intercom coupled with CCTV
- Information System
  - Aesthetic design for LED displays in compliance with PRM requirements
  - High performance multimedia solution with new TFT form factor for seamless integration (as an option)





## **13. PARAMETRI RAM E COSTO DEL CICLO DI VITA**

### **13.1 Parametri RAM**

La progettazione del rotabile e dei suoi componenti sarà condotta tenendo continuamente in considerazione gli obiettivi RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), richiesti da AMAT, conformemente alle prescrizioni della CEI EN 50126

#### **13.1.1 Affidabilità ( R )**

Affidabilità Globale (AG) del tram è definita come:

$$AG = (N1 / KM) * 100.000$$

dove:

AG è l'indice di affidabilità del tram,

N<sub>1</sub> è il numero dei guasti totali del tram, nel periodo di osservazione,

KM è il numero di chilometri percorsi dal tram, nel periodo di osservazione.

Affidabilità di Esercizio (AE) del tram è definita come:

$$AE = (N2 / KM) * 100.000$$

dove:

AE è l'indice di affidabilità di esercizio del tram,

N<sub>2</sub> è il numero dei guasti del tram che hanno causato il ritiro dalla linea e/o ritardo nel servizio  $\geq 5$  minuti, nel periodo di osservazione,

KM è il numero di chilometri percorsi dal tram, nel periodo di osservazione.

Affidabilità di impianti e componenti (MDBF) è definita come:

$$MDBF = (KM / N3)$$

dove:

MDBF è l'indice di affidabilità dell'elemento considerato (Mean Distance Between Failures),

N<sub>3</sub> è il numero dei guasti occorsi a tutti gli elementi del tipo considerato montati sul tram in osservazione, nel periodo di osservazione,

KM è il numero di chilometri percorsi dal tram in osservazione, nel periodo di osservazione.

#### **13.1.2 Disponibilità ( A )**

Il tram è da considerarsi disponibile quando sia completo e funzionante in tutte le sue parti, esente da guasti o degradi, con tutte le precedenti riparazioni completate, i relativi controlli post-riparazione effettuati e le relative comunicazioni trasmesse allo staff di deposito di AMAT.

#### **13.1.3 Manutenibilità Globale ( MG )**

La manutenibilità globale dei rotabili (e dei loro insiemi e componenti) è definita come:

$$MG = M_{Preventiva} + M_{Correttiva}$$

La manutenibilità preventiva/correttiva è, a sua volta, definita come:

$$M_{Preventiva/Correttiva} = [ \sum_i C_{manodopera} * T_i + \sum_i MAT_i ] / KM * 1000$$

$M_{Preventiva/Correttiva}$  è la manutenibilità preventiva/correttiva del tram nel periodo considerato

$C_{manodopera}$  è il costo orario della mano d'opera



Ti è il totale delle ore di manodopera impiegate nel i-esimo intervento di manutenzione preventiva/correttiva,  
MATi è il costo totale dei materiali impiegati nel i-esimo intervento (corrispondenti al listino ricambi, senza rivalutazione negli anni),  
KM è il numero di chilometri percorsi dal tram, nel periodo di osservazione,  
i indica gli interventi (da 1 a n) preventivi effettuati sul tram, nel periodo di osservazione.

### **13.2 Costo del ciclo di vita (life cycle cost)**

Il costruttore produrrà apposita analisi del life cycle cost (LCC) del rotabile, secondo un modello di calcolo di riconosciuta validità.

## **14. CARATTERISTICHE STRUTTURALI DEL ROTABILE**

---

### **14.1 Requisiti strutturali delle casse**

Il rotabile sarà di tipo articolato, composto da cinque casse, di cui due casse di estremità con cabina e carrello motore, due casse intermedie e un carrozino centrale tra loro intercomunicanti, collegate a mezzo di opportune articolazioni. Tali moduli-casse saranno costituite ciascuno da un telaio, due fiancate, un imperiale; le due casse di estremità saranno dotate di cabina di guida.

La cabina di guida sarà separata dal comparto passeggeri da una parete divisoria, atta a proteggere la cabina dall'intrusione di malintenzionati, aggressori, vandali, ecc; vi sarà comunque una porta di transito tra cabina e comparto passeggeri, dotata di apposita serratura.

Le casse saranno costruite con l'utilizzo di grandi estrusi disposti per la maggior parte nel senso longitudinale e saldati tra loro. Il telaio di ciascuna cassa sarà costituito essenzialmente da grandi estrusi longitudinali correnti per tutta la lunghezza, da rinforzi localizzati che realizzino le travi portanti nonché i castelletti di trazione, da pianali longitudinali in estruso che avranno il compito di sorreggere il pavimento sovrastante.

**I materiali utilizzati per la costruzione delle casse:** acciaio con alta resistenza all'ossidazione, conformi alla norma UNI EN 10020 : Definizione e classificazione dei tipi di acciaio.

La struttura delle casse (intesa come insieme di telaio + fiancate + imperiale + cabina di guida, ove presente) è dimensionata e costruita per garantire il servizio del rotabile senza che le sollecitazioni normali ed eccezionali alle quali la cassa può essere sottoposta durante la “vita utile” determinino deformazioni permanenti o rotture, tenendo altresì conto anche del fenomeno della fatica e di tutte le condizioni di esercizio.

Le aree di tetto previste per l'effettuazione della manutenzione sopportano, oltre ai normali carichi dovuti alle apparecchiature, anche il peso di una persona (800 N) concentrato e di due persone (1600 N poste a distanza di circa 1 m).

**I requisiti strutturali di rigidità delle casse** sono conformi alla norma UNI EN 12663-1 : Applicazioni Ferroviarie - Requisiti Strutturali delle Casse dei Rotabili Ferroviari - Parte 1: Locomotive e materiale rotabile per passeggeri (edizione dicembre 2014), **per la categoria P- IV**

Il rotabile “CITADIS “ della ALSTOM è progettato e costruito per sopportare una forza di compressione, a livello dell'accoppiatore, pari a 400 kN, e una forza di trazione a livello dell'aggancio, pari a 200 kN.e soddisfano i requisiti della norma EN 12663-1.

### **14.2 Protezione agli urti**

La sicurezza passiva per gli impatti delle cabine con altri rotabili presenti sulla stessa sede tranviaria oppure con veicoli stradali o altri ostacoli fissi, è attuata attraverso la presenza di dispositivi frontali ad assorbimento di energia, con profilo anti-sormonto. Questo per garantire il più possibile l'incolumità del conducente in caso di urto frontale.



**La resistenza agli urti** del rotabile proposto è conforme ai criteri prescritti espressamente dalla norma EN 15227:2011 "Applicazioni ferroviarie - Requisiti di sicurezza passiva contro la collisione per le casse dei veicoli ferroviari" **per i veicoli della categoria C-IV.** .

A tal fine gli scenari di impatto considerati nella progettazione degli elementi attenuatori dell'urto sono: Scenario 1: collisione tra due rotabili tranviari a  $V=15$  Km/h. Scenario 2: collisione a  $V=25$  Km/h di un rotabile tranviario contro un ostacolo fisso (veicolo stradale del peso di 3 tonnellate posto sulla sede tranviaria, a  $45^\circ$ ).



In caso d'impatto, nelle cabine di estremità, per fornire al veicolo la necessaria capacità di assorbimento e dissipazione dell'energia sono previsti appositi elementi "elasto-dissipativi" facilmente sostituibili. Tali elementi, fino ad avvenuta saturazione della loro capacità energetica, saranno in grado di preservare la struttura della cassa da deformazioni permanenti per urti con qualsiasi tipologia di ostacolo che il rotabile possa incontrare. In caso di raggiunta saturazione energetica di tali elementi, la restante parte di energia sarà assorbita dalla struttura della cassa tramite deformazione plastica degli elementi costituenti, conformemente alla UNI EN 15227.

Come prescritto dalla UNI 11174:2014, sulla estremità anteriore del veicolo, dietro appositi sportelli in materiale plastico, saranno inoltre collocati degli elementi anti-sormonto, realizzati con lamiere in acciaio di opportuno spessore a formare una trave dotata di nervature facilmente sostituibili, per fronteggiare il caso di urti tra rotabili al fine di evitare che un'unità sormonti l'altra in caso d'impatto tra due rotabili. Grazie alla loro conformazione, quando i dispositivi entrano in contatto, rimangono incastrati fra loro ed evitano che i veicoli si spostino verticalmente..

La forma del frontale del tram, oltre ad essere disegnata in modo da essere congruente ai suddetti requisiti ed offrire un piacevole effetto estetico, è stata altresì concepita onde evitare che in eventuale urto con un pedone, lo porti ad essere schiacciato al di sotto del tram.

### **14.3 Caratteristiche strutturali dei carrelli**

I carrelli con cui sono dotati i rotabili "CITADIS" della ALSTOM sono di due tipi: motori e portati. Entrambi sono progettati in modo tale da garantire: il rispetto dei valori di sghembo secondo la norma UNI 11174:2014 (punto 4.9), la stabilità di marcia senza serpeggio, beccheggio o setacciamento fino alla velocità massima (70 km/h) incrementata del 10%, in condizioni di normale usura della fascia di rotolamento, la massima silenziosità di marcia per contenere il livello di rumorosità del rotabile entro i valori previsti, la semplicità delle operazioni di smontaggio dei vari componenti il carrello, in modo particolare per quanto attiene gli elementi di rodiggio, l'eventuale riduttore, il motore di trazione ed infine il contenimento dei costi di manutenzione e la loro facile movimentazione tramite carro ponte in officina, quando sono smontati dai rotabili-

I carrelli saranno in acciaio secondo la norma UNI EN 13261 ed il cui dimensionamento sarà eseguito secondo la norma UNI EN 13013 per le sale motrici e la norma UNI EN 13104 per le sale portanti.

I carrelli avranno le caratteristiche di compatibilità con la rete tranviaria attuale e futura per quanto riguarda lo scartamento (1445 mm) il diametro minimo delle ruote a max usura, il profilo di cerchione, la larghezza della fascia di rotolamento ed infine il passo dei carrelli con telaio rigido.

## **15. SISTEMA FRENANTE DEL ROTABILE**

Il sistema frenante del rotabile prevede le funzioni di frenatura di servizio, di sicurezza, di emergenza (con l'ausilio anche dei pattini elettromagnetici), a pattini elettromagnetici, di trattenuta e di stazionamento.

Il sistema frenante sarà conforme alla norma UNI EN 13452-1 :2003, con le precisazioni indicate nella norma UNI 11174 al punto 8.

Tutte le prestazioni di frenatura elettrica saranno garantite anche in assenza di ricettività della linea. In caso di avaria agli azionamenti di trazione, la prestazione in frenatura non subirà diminuzioni, in virtù del subentro



della frenatura meccanica.

***Frenatura di servizio***

Prestazione in decelerazione come da norma UNI 11174 par. 9.2, con valore istantaneo non superiore a 1,5 m/s<sup>2</sup>. Il gradiente di decelerazione, durante l'intera fase di frenatura, non sarà superiore a 1,3 m/s<sup>3</sup>.

***Frenatura di sicurezza***

La frenatura di sicurezza (security braking) è comandata manualmente da pulsante a fungo o subentra automaticamente in caso di guasto alla frenatura di servizio; la prestazione in decelerazione sarà congruente alla norma UNI EN 13452, con un valore di decelerazione istantanea massimo di 1,3 m/s<sup>2</sup>.

***Frenatura di emergenza***

La prestazione in decelerazione sarà congruente alla norma UNI EN 13452.

***Frenatura a pattini elettromagnetici***

La frenatura a soli pattini elettromagnetici (magnetic track braking) è comandata manualmente da pulsante a fungo; la prestazione sarà tale da arrestare il tram a pieno carico da 50 km/h con una decelerazione media non inferiore a 1 m/s<sup>2</sup>



## PARTE SECONDA : LE COMPONENTI IMPIANTISTICHE

### 16. TRAZIONE ELETTRICA

#### 16.1 Alimentazione elettrica

Un sistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi della linea tramviaria.

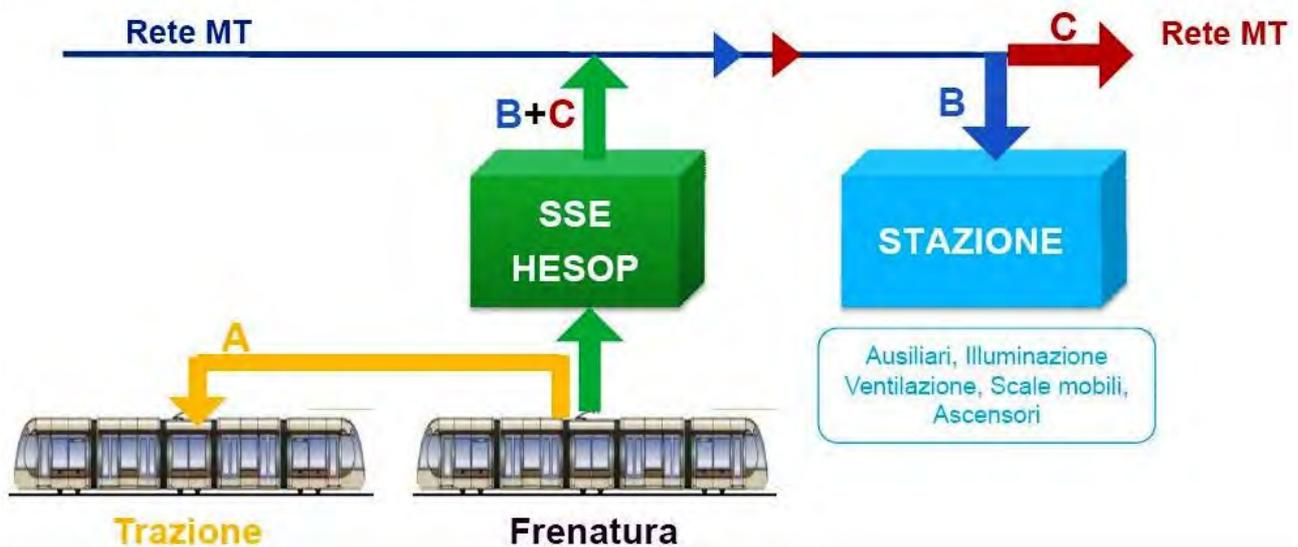
Dal dimensionamento preliminare, che tiene conto della portata oraria, del tipo dei convogli ipotizzato, del profilo altimetrico e delle caratteristiche del tracciato, nonché del recupero di energia in frenatura con l'utilizzo del convertitore HESOP, è prevista la realizzazione di diciassette sottostazioni (due in meno di quanto previsto dallo SdF allegato al bando di gara) della potenza installata di 2,0 MW cadauna, posizionate lungo linea nelle diverse tratta, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il "fuori servizio", per manutenzione o guasto, di una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione presenti.

Nei sistemi di trasporto in corrente continua, circa il 27% dell'energia di frenatura è recuperata nel naturale scambio tra treni, mentre il 15 % è dissipata in sistemi di frenatura meccanica o di tipo reostatico

**A.** Energia **Recuperata** (scambio treno-treno)

**B.** Energia **Rigenerata riutilizzata** dal sistema elettrico utente

**C.** Energia **Rigenerata restituita** alla rete del Distributore



L'installazione del convertitore reversibile HESOP, in grado di funzionare sia da raddrizzatore che da inverter, nelle SSE che alimentano le tratte con linea di contatto aerea, determina i vantaggi di una regolazione dinamica della tensione di alimentazione e del recupero dell'energia di frenatura, come di seguito evidenziato.



## HESOP® - Benefici

- ✓ Aumento distanza tra le sottostazioni
- ✓ Minori opere civili
- ✓ Minore quantità di apparecchiature e cavi
- ✓ Minori costi di manutenzione

- ✓ Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>
- ✓ Miglioramento della qualità dell'aria in galleria: riduzione della polvere di frenatura



- ✓ HESOP® rigenera il **99%** dell'energia di frenatura
- ✓ **Minore energia consumata**, riutilizzata dagli impianti ausiliari e di stazione
- ✓ **Riduzione potenza contrattuale**: Minori costi fissi di fornitura

- ✓ **Stabilizzazione della tensione di alimentazione**
- ✓ **Possibili evoluzioni del sistema di trasporto: modifica della tensione di alimentazione, aumento del cadenzamento**
- ✓ **Minore usura dell'impianto di frenatura meccanica**

Sono previsti sei punti di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 20 KV, derivati rispettivamente da diverse cabine primarie dell'ente distributore di energia elettrica e previsti quindi nelle sottostazioni elettriche situate in posizione più prossima alla relativa cabina primaria ENEL di alimentazione, come desumibile dagli elaborati di progetto TAV.105 e TAV.106.

Dai punti di fornitura in MT l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite una linea in media tensione in cavo ad anello aperto, come da schema generale di alimentazione MT allegato. La soluzione tecnica che prevede le **forniture di energia primaria dell'ente distributore derivate da distinte cabine primarie dell'ENEL**, garantisce che **anche il "fuori servizio" di una primaria dell'ENEL non comporti alcun disservizio della linea tranviaria**: la **normale continuità di esercizio sarà garantita** infatti dagli altri punti di distribuzioni rimasti in servizio.

In normali condizioni di funzionamento, entrambi i punti di alimentazione dovranno fornire l'energia occorrente all'intero sistema evitando il parallelo, attraverso opportuni interblocchi.

In caso di fuori servizio di un punto di consegna ENEL l'alimentazione dell'anello di distribuzione è garantita dall'altro punto di fornitura, attraverso la richiusura degli interruttori sul quadro MT, normalmente aperti, a protezione della linea di interconnessione.

Il guasto di un cavo in una tratta di interconnessione tra le SSE, che in condizioni normali rappresenta la continuità elettrica tra due SSE adiacenti, viene gestito alimentando separatamente le due SSE collocate ai due lati del disservizio, dai due differenti punti di consegna più prossimi.

Così anche il caso di disservizio di una SSE viene gestito alimentando separatamente i due rami di linea di trazione a monte ed a valle della SSE guasta, dai due differenti punti di consegna.

I collegamenti in media tensione tra le S.S.E. sono previsti con cavi unipolari per Media Tensione aventi grado di isolamento 12/20 KV e sezione di 240 mmq, tipo RG7H1R - 12/20 KV.

Il cavo di alimentazione in media tensione sarà posato in un cavidotto di adatto diametro, con un percorso parallelo al tracciato lungo il quale, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro del cavo.



Ciascuno dei quadri MT previsti in sottostazione é composto da un sistema di sbarre da cui sono derivate le alimentazioni per i trasformatori di gruppo, dei servizi ausiliari, e le linee di alimentazione che garantiscono la distribuzione della MT.

Le sezioni estreme delle sottostazioni elettriche, corrispondenti con i punti di alimentazione ENEL, saranno provviste di interruttori tripolari MT, che dovranno assicurare la protezione del sistema e dei cavi MT nelle diverse configurazioni possibili, per sovraccarico, per corto circuito e guasto a terra.

Sarà realizzata la selettività delle protezioni elettriche di media tensione dell'impianto di alimentazione primaria e definita la regolazione delle protezioni, per assicurare una corretta protezione della rete e realizzare la selettività di intervento, ovvero fare in modo che sia sempre e solo la protezione più vicina al guasto ad intervenire.

*L'impianto in questione risponderà a tre esigenze principali:*

- **assicurare la potenza necessaria seguendo precisi criteri di disponibilità e razionalità,**
- essere concepito con la **massima economia di esercizio;**
- garantire **livelli di distorsioni armoniche accettabili**, anche in relazione alle caratteristiche delle forniture.

Le S.S.E. di conversione sono state previste per garantire l'energia di trazione a 750 V cc e l'energia in bassa tensione per gli impianti di linea.

Per la conversione ed alimentazione in c.c. è previsto un monogruppo in ciascuna sottostazione, della potenza di 2000 kW con sovraccaricabilità in classe VI, norma CEI EN 60146.1.1 .

Si propone un sistema di alimentazione in Media Tensione la cui emissione di armoniche nei punti di connessione alla rete ENEL è conforme al limite stabiliti dai criteri di allacciamento ed alle norme internazionali di Compatibilità Elettromagnetica.

Si prevede una soluzione composta da un trasformatore trifase a tre avvolgimenti combinato con un raddrizzatore a dodici impulsi per eliminare gran parte delle armoniche caratteristiche prodotte dalla conversione elettrica. Inoltre, durante la fase di progettazione finale si effettuerà un'analisi dei livelli di emissione armonica tenendo in conto i risultati della simulazione ferroviaria dell'operazione della linea. Saranno installati, se necessario, dispositivi di mitigazione come i filtri attivi o passivi per rispettare i limiti previsti.

Il monitoraggio della qualità della tensione si realizzerà attraverso analizzatori di rete che si integreranno nello SCADA in ogni sottostazione elettrica.

Per l'alimentazione dei servizi ausiliari é prevista l'installazione di un trasformatore dedicato.

Le S.S.E. sono previste normalmente impresenziate, comandate e controllate dal Posto Centrale di Controllo, o attraverso i posti di controllo computerizzati in S.S.E..

Ogni S.S.E. nel suo complesso avrà un'emissione in termini di livello acustico compatibile con i livelli consentiti e relativi alla zonizzazione acustica.

In tutte le S.S.E. sono previsti sistemi antintrusione, di rilevamento fumi e incendio.

Ogni S.S.E. sarà ubicata in idoneo fabbricato da realizzarsi ex novo, con un impiego di circa 140 mq; anche nell'area del nuovo Deposito é prevista la realizzazione di una S.S.E..

#### **16.1.1 Emissioni elettromagnetiche**

E' previsto che gli elementi che rappresentano una possibile fonte di interferenza elettromagnetica (per esempio: trasformatori, raddrizzatori, interruttori e sezionatori, motori e generatori elettrici, bobine, calamite, ecc.) abbiano delle emissioni tali e delle distanze di rispetto, da rientrare nei limiti di esposizione per inquinamenti di natura fisica relativamente all' ambiente esterno ed abitativo, imposti dalle leggi e normative vigenti, e non interferire con altri tipi di attrezzatura elettronica che potrebbe essere localizzata vicino alla linea. Tutto questo in conformità alle normative vigenti, e ai Decreti, Delibere, e Ordinanze Ministeriali, per le emissioni elettromagnetiche per gli impianti relativi. In particolare, quanto previsto dal D.P.C.M. del 23 Aprile 1992 – Limiti massimi di esposizione ai campi elettromagnetici - D.P.C.M. del 28 Settembre 1995 – Norme tecniche di attuazione.



### **16.1.2 Impianto di messa a terra**

I criteri costruttivi del dispersore di terra di SSE prevedono una rigorosa separazione dai dispersori di terra delle fermate e da eventuali altri dispersori relativi ad apparecchiature e/o strutture lungo linea. Ciò per evitare in linea di principio sia trasferimenti di tensione pericolosi sia un'alterazione di eventuali campi elettrici esterni che possa creare pericolo di corrosione per strutture metalliche interrato.

Il dimensionamento dell'impianto di terra delle SSE previste sarà fatto in accordo alle normative CEI in vigore, tenendo conto della massima corrente di guasto a terra, della resistività del terreno nell'area interessata dall'impianto, e delle caratteristiche tecniche dei componenti da utilizzare (corda di terra, dispersori di terra verticali e maglia di acciaio elettrosaldato sotto pavimento).

Dopo il posizionamento della rete di terra e prima del suo interrimento si provvederà ad una verifica della resistenza risultante della rete di terra e, se necessario, si apporteranno le modifiche al progetto. Ad edificio ultimato, completo delle strutture e attrezzature, si procederà alle seguenti misure :

- misura della resistenza di terra;
- misura della tensione di passo e di contatto nell'interno dell'edificio cui compete la rete di terra;
- misura della tensione di passo e di contatto all'esterno dell'edificio cui compete la rete di terra e nelle zone limitrofe.

### **16.2 Sistema di trazione elettrica**

Per l'alimentazione TE si prevedono diversi sistemi nelle varie linee:

- sistema catenary free;
- sistema con linea di contatto aerea;

#### **16.2.1 Sistema catenary free**

Per la descrizione della tecnologia in oggetto si rimanda al paragrafo 5 della presente relazione.

#### **16.2.2 Sistema con linea di contatto aerea**

E' un impianto tradizionale, nel rispetto di quanto già realizzato nelle linee esistenti della tramvia di Palermo, secondo un criterio di continuità.

La linea di contatto sarà composta da un solo filo sagomato, della sezione di mm<sup>2</sup> 120, progettata 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) della sezione complessiva di mm<sup>2</sup> 1.200.

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 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 sia regolata che fissa, in relazione alla sistemazione urbanistica ed alla conseguente possibilità di prevedere campate di 40 metri circa (LdC regolata) sino a 25 metri circa (LdC non regolata).

#### **CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA LINEA DI CONTATTO**

##### Tensione di esercizio

Tensione nominale dei gruppi raddrizzatori: 750V c.c.

##### Formazione della linea di contatto

Numero un filo sagomato da 120 mm<sup>2</sup>, tipo 120 UNEL 70611/71, con tiro di 1200 da N.

##### Sostegni mensole

È stata prevista una famiglia di pali di tipo poligonale a dodici lati.

I sostegni e le mensole, successivamente alla lavorazione e alla zincatura interna ed esterna, sono verniciati con aggrappante epossidico e smalto poliuretano di colore da definire.



### Sezionamenti

Sezionamenti previsti con isolatori di sezione percorribili dal pantografo alla velocità di 80 Km/h secondo CEI -UNEL 79826/89. I sezionatori di linea sono provvisti di sezionatori motorizzati manovrabili sotto carico del tipo 1000 V 2500 A.

### Collegamenti equipotenziali e protezione dalle sovratensioni

Sono previsti fra i fili di contatto ed il feeder a distanze non superiori a 400 m e comunque in prossimità dei punti di sezionamento ed ogni fermata.

I collegamenti sono realizzati con un cavo da 300 mmq per ciascun binario.

In corrispondenza di ogni collegamento del feeder con la linea di contatto è prevista la posa di scaricatori di tensione per la protezione della apparecchiature e del feeder dalle sovratensioni di origine automatica e di manovra.

### Cavi di alimentazione

Feeder di 1.200 mmq con formazione di n. 4 cavi di sez. 300 mmq, tipo FG7R 0,6/1 kV in rame, posati lungo linea in polifora interrata.

Cavi negativi della sezione complessiva di circa mm<sup>2</sup> 1500 con formazione di n. 5 cavi da 1x300 mm<sup>2</sup> tipo FG7R 0,6/1 kV in rame sono previsti in prossimità delle S.S.E. sempre in polifora interrata.

### Blocchi di fondazione

I blocchi di fondazione dei pali sono previsti in calcestruzzo con resistenza alla compressione non inferiore a 300 kg/cmq. e dimensionati per le massime sollecitazioni ammesse per i sostegni.

### Sospensioni

Le mensole previste sono in acciaio Ø 49/40 sostenute con tiranti in materiale sintetico, posate orizzontalmente ed equipaggiate con isolamento posto in prossimità dell'attacco al sostegno.

Sono provviste, inoltre, di attacco snodato e di isolatore del tipo a doppio isolamento.

Gli accessori (collari, ganci a muro, morsetteria per il sostegno della mensola ed ormecci dei fili e funi) sono stati previsti in acciaio inox.

La mensola sostiene il filo di contatto attraverso una sospensione a delta in acciaio inox o in Kevlar e polietilene, ed è da considerarsi, a tutti gli effetti, sotto tensione.

Nelle curve ed in rettilineo, ove occorre, le sospensioni saranno provviste di tiranti di poligonazione per garantire l'assetto del filo di contatto.

Nelle curve di piccolo raggio, dove lo sforzo radiale è elevato, la linea di contatto sarà sostenuta solo da tirantini di poligonazione, collegati al sostegno o al tirante longitudinale con cavo sintetico, senza sospensione a delta o senza mensola.

Nel caso di più sospensioni su una stessa mensola, solo la più esterna è solidale con la mensola stessa; le altre saranno sostenute con interposta una puleggia in acciaio inox.

### Poligonazione

La poligonazione normale è stata prevista nei limiti di  $\pm 20$  cm.

Nelle curve la poligonazione può raggiungere i limiti di cm 25 esterno curva e cm 15 interno curva, in corrispondenza degli scambi aerei è stato previsto un limite massimo di cm 25.

### Altezza sul piano del ferro

L'altezza normale della linea di contatto sotto sospensione è di 5,60 m. dal piano del ferro.

L'altezza minima a centro campata è di 5,20 m dal piano del ferro, per permettere il transito in tutta sicurezza dei mezzi su gomma sia sulla sede tramviaria promiscua riservata, sia in corrispondenza degli incroci stradali.

L'altezza minima, in corrispondenza del sottopasso, è fissata in 4,60 m coerentemente con la dimensione del manufatto, lasciando una distanza di sicurezza conforme alle Norme CEI EN 50119 (CEI 9.2) e CEI EN 50122-1 (CEI 9.6).

I raccordi di altezza sono previsti secondo le modalità indicate in tabella 8 delle norme CEI EN 50119 (CEI 9-2) a seconda della velocità massima di percorrenza del tratto interessato.

### Distanze di sicurezza



Le distanze di sicurezza delle parti in tensione della linea di contatto delle mensole verso massa, come parti metalliche o manufatti murari, sono state previste di cm. 10 parti statiche e sempre di 10 cm. per parti mobili nella condizione più sfavorevole.

#### Distanza dei sostegni da convogli in rettilineo e curve

Le distanze previste fra i sostegni ed i veicoli posti sul binario nella posizione più sfavorevole sono le seguenti:

m 0,30 per i pali posti nell'interbinario;

m 0,50 per i pali posti all'esterno della linea.

#### Protezione contro i contatti diretti

Sono normalmente rispettate le distanze minime dalle parti attive della linea aerea e dei veicoli previste dalla norma CEI EN 50119 (CEI 9.2) e CEI EN 50122-1 (CEI 9-6).

Nel caso in cui non fosse possibile rispettare tali distanze, sono state previste protezioni mediante ostacoli conformi alla norma sopra indicata.

#### Scambi aerei

La linea aerea di contatto è realizzata sopra gli scambi in modo da assicurare il corretto scorrimento del pantografo, senza pericoli di impigliamento per il percorso principale e per il deviato nei due sensi di marcia. A tal fine, è stata prevista la soluzione senza incrocio tra il filo corretto tracciato ed il filo del ramo deviato. Per un corretto mantenimento della medesima quota dei due fili di contatto al variare della temperatura anche il filo del ramo deviato è regolato.

La poligonazione nella zona degli scambi è realizzata in modo da consentire al pantografo una inclinazione adeguata nel punto ove esso prende contatto con il filo non in presa, per una corretta funzionalità dello scambio aereo stesso.

#### Freccia massima

La freccia massima prevista per una regolare captazione è di 40 cm.

#### Alimentazione e sezionamenti

La linea di contatto ed il feeder sono alimentati normalmente da due alimentatori ciascuno composto da un interruttore extrarapido, da un interruttore di manovra sezionatore di prima fila e da uno di seconda fila, posti in ogni SSE.

In prossimità dei punti di sezionamento sarà installato un interruttore-sezionatore manovrabile sotto carico per realizzare la continuità o la separazione delle zone elettriche contigue del tipo 1000 V, 2500 A in esecuzione protetta IP54 in armadio per esterno, motorizzato, posato a terra e telecomandato da posto centrale di controllo.

I sezionamenti elettrici del filo di contatto saranno realizzati con isolatori di sezione percorribili dal pantografo alla velocità di 80 km/h.

Prima di ogni isolatore di sezione è previsto un segnale luminoso che indichi al conducente lo stato di alimentazione della zona elettrica che il convoglio sta per impegnare, ubicato in prossimità della Linea di Contatto, ed alimentato dalla zona elettrica stessa.

### **16.3 Circuito di ritorno e circuito di terra**

Il circuito di ritorno di linea è previsto del tipo con binario ad isolamento di terra ridotto, come previsto dalle norme CEI 9-20 e CEI-EN50122-2, per limitare il pericolo di corrosione delle correnti vaganti.

Per raggiungere i valori di conduttanza previsti dalle norme, in fase di realizzazione del binario, è prevista la posa di una guaina isolante in grado di garantire detti valori nel tempo.

Per la sicurezza delle persone contro i pericoli di tensionamento in caso di cedimento degli isolamenti, è previsto un impianto di messa a terra conforme a quanto previsto dalle norme CEI EN 50122-1 (CEI 9-6) ed 11-1, composto da una corda di rame di 120 mm<sup>2</sup> per il collegamento di tutte le strutture metalliche collocate nella zona della linea aerea di contatto e del pantografo, da una presa di terra per ogni sostegno e da un collegamento, in ogni fermata del circuito di terra descritto, al circuito di ritorno con interposizione di apposito diodo.



## **17. SEGNALAMENTO**

### **17.1 Sistema di supervisione e controllo dell'esercizio**

Il sistema di trasporto a guida vincolata del tipo tranviario attraversando gli agglomerati urbani su strade ordinarie, si trova, in genere, in sede promiscua mediante una piattaforma carrabile che permette il transito e le intersezioni con le vie di flusso di altri veicoli e dei pedoni.

Il regolamento di esercizio in un sistema tranviario è fondamentalmente basato sul principio della marcia a vista regolato da tabelle orarie.

In particolare la marcia a vista impone al Conducente di procedere nel percorso stabilendo e controllando la via in modo tale da poter fermare prontamente il veicolo nel tratto di visuale libera, appena se ne manifesti il bisogno.

Il cadenzamento nella marcia, le partenze dai capolinea, dalle fermate, dai tronchini (o punti intermedi prestabiliti del tracciato) vengono definite da tabelle orarie pre-schedulate (servizio).

Il Conducente del tram inoltre è soggetto all'osservanza della regolamentazione del Codice della Strada vigente ed è responsabile del rispetto delle indicazioni della segnaletica luminosa e fissa disposta lungo il tracciato e della distanza tra il proprio veicolo a quello che lo precede.

Nel caso della tramvia di Palermo, il sistema di trasporto a guida vincolata del tipo tranviario attraversa tratte urbane e parte della sede è protetta e delimitata lateralmente da elementi di separazione fisica atti a ridurre o eliminare i rischi di invasione della sede da parte dei veicoli o pedoni non autorizzati, assume la denominazione, definita dalla normativa UNI 8379, di Tramvia Veloce o metrotramvia.

In ogni caso il Conducente resta l'unico responsabile della marcia del veicolo pertanto dovrà arrestare il veicolo stesso negli spazi opportuni al fine di evitare qualsiasi tipo di collisione.

Il Sistema di Trasporto viene dotato di un Sistema di Supervisione e Controllo tranviario 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
- nei tratti di circolazione banalizzata a singolo binario
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali)
- intersezioni tra le linee tranviarie.

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 deviatoli.

Pertanto il Conducente nella gestione della marcia del veicolo deve scrupolosamente attenersi alle indicazioni degli apparati di linea e di bordo che comunque non lo sollevano dalle responsabilità della conduzione sopra riportate per la tramvia.

Il sistema di Supervisione e Controllo dell'esercizio viene denominato **Sistema di Segnalamento**.

Il Sistema di Segnalamento dovrà garantire lungo le linee i transiti in sicurezza dei veicoli sui deviatoli manovrati elettricamente a seguito del comando impartito dai conducenti. Inoltre, dovrà impedire una manovra errata quando l'altro binario è percorso da un altro veicolo.

Le caratteristiche principali ed i requisiti funzionali degli apparati del sistema di segnalamento e degli impianti previsti nel presente studio garantiranno le medesime prestazioni e caratteristiche tecniche degli stessi utilizzati per le linee esistenti, e per tale scopo sono state previste le stesse logiche e tecnologie già utilizzate.

Il sistema di segnalamento è costituito principalmente dai seguenti impianti integrati nel contesto del modello tranviario:

- impianto di segnalamento di linea
- impianto di localizzazione e regolazione tram



- impianto di priorità semaforica.

Lo scopo di tali impianti sarà quello di fornire uno strumento tecnologico modulare di supervisione e controllo delle numerose e complesse funzioni che coinvolgono molti aspetti di gestione della tramvia, quali l'instradamento, il transito in sicurezza (la logica di controllo da rendere disponibile sarà basata su sistemi a microprocessore in classe di protezione AK6), il parcheggio della flotta di tram, la priorità semaforica agli incroci stradali, la localizzazione e visualizzazione al PCC della flotta tranviaria lungo il percorso della linea, la regolazione del servizio.

Ciascun sottosistema, opportunamente configurato, sarà composto da apparecchiature elettroniche installate presso la centrale di controllo, lungo il tracciato della tramvia ed a bordo dei tram.

Caratteristica importante del sistema sarà la modularità dei suoi impianti, operativamente indipendenti e capaci di comunicare tra loro attraverso la rete di comunicazione.

#### **17.1.1 Impianto di segnalamento di linea**

La funzione dell'impianto di segnalamento è quella di garantire transiti sicuri in tutti quei punti della linea che possono essere potenzialmente critici in quanto interessati da "rotte", la cui attuazione contemporanea non è fattibile senza rischio di collisione.

In situazioni di questo tipo l'apparato "locale" di segnalamento garantisce l'attuazione in sequenza di fasi che consentono di servire i convogli tranviari attraverso:

- rilevamento passivo dei convogli nei c.d.b. (circuiti di binario)
- la ricezione delle richieste di attuazione (attraverso loop di comunicazione)
- prenotazione delle richieste
- il controllo e predisposizione dei segnali tranviari ed indicazione posizione aghi scambio
- verifica rotte
- blocco delle rotte conflittuali con verifica su matrice di sicurezza
- la manovra deviatori elettrici
- attuazione sequenziale delle rotte richieste.

A questa sequenza logica corrisponde una struttura di macchina che prevede sempre una ridondanza di controlli con logica di controllo basata su PLC. La segnalazione sarà costituita da un segnale a più luci. L'attuazione consisterà nel posizionare effettivamente gli scambi secondo lo schema previsto. Le rotte saranno delimitate da c.d.b..

Quindi l'impianto di segnalamento gestisce intere aree garantendo i transiti di un veicolo in sicurezza impedendo di fatto la formazione di rotte incompatibili da parte di un altro veicolo.

#### **17.1.2 Impianto di segnalamento di deposito**

La gestione delle rotte all'interno del deposito, in condizioni di normale esercizio, sarà effettuata dall'operatore di posto centrale di deposito. Solo in caso di funzionamento degradato il conducente, a seguito dell'autorizzazione dell'operatore di posto centrale di deposito, potrà impartire manualmente i comandi sulle rotte, previo azionamento di un apposito pulsante locale installato sulle paline dei segnali, all'inizio delle rotte stesse.

Infatti tutti i segnali di indicazione delle rotte in deposito saranno corredati di una indicazione luminosa supplementare, indicante la rotta preimpostata dall'operatore del segnalamento all'interno dell'area di deposito sottoforma di caratteri alfanumerici luminosi.

L'impianto di segnalamento di deposito permette le operazioni necessarie alla movimentazione interna al deposito ed inoltre verifica il funzionamento dei dispositivi ad esso collegati consentendo l'integrazione verso la centrale operativa.

Permette la verifica della sicurezza delle manovre e segnala errori, anomalie o guasti al PCC. Da quest'ultimo sarà consentita la visualizzazione ed il monitoraggio di tutti gli enti dell'impianto di segnalamento di deposito, permettendo agli operatori la scelta di rotte o di operazioni correlate alla movimentazione in



modo sicuro e controllato.

Al fine di rendere maggiormente operative le aree di lavaggio e servizio i movimenti previsti saranno gestiti localmente dal personale di manovra o manutenzione e pertanto non saranno controllati dagli apparati di segnalamento.

I movimenti in deposito saranno gestiti attraverso una matrice di sicurezza che garantirà il rispetto dei vincoli di funzionamento.

I dati trasmessi dai dispositivi installati a bordo delle vetture, quali ad esempio l'identificazione della vettura, il rilevamento della posizione della vettura (per aree di competenza), lo scambio bordo-terra delle informazioni utili per scopi di manutenzione ed archiviazione statistica saranno acquisiti dall'impianto.

Tutte le apparecchiature dell'impianto di segnalamento di deposito saranno controllate da un apparato a microprocessore con grado di sicurezza AK6.

## **17.2 Impianto di localizzazione e di regolazione**

Un requisito fondamentale per la supervisione della flotta tranviaria è rappresentato dalla possibilità di visualizzare, sull'interfaccia operatore delle posizioni interessate, la posizione dei convogli tranviari, sia in linea in modo continuo che in deposito per zone.

Le funzioni di localizzazione del veicolo vengono espletate attraverso l'installazione di loop di comunicazione in punti della linea stabiliti in fase progettuale.

Tale dispositivi sono collegati ai relativi apparati di controllo, che provvedono a trasferire i dati di localizzazione al nodo di rete ("switch ethernet") geograficamente più vicino (posto in fermata nell'armadio di telecontrollo).

L'impianto di localizzazione si divide in:

- localizzazione in fermata
- localizzazione agli incroci.

In funzione delle caratteristiche fisiche del tracciato è possibile associare ad un apparato di localizzazione entrambe le funzioni di localizzazione in fermata e di localizzazione agli incroci ( ad esempio quando incroci semaforici stradali si trovano nelle vicinanze delle Fermate).

Pertanto i punti di rilevamento fissi lungo la linea possono essere in comune a quelli che ricevono i comandi di sincronizzazione semaforica inviati dai veicoli posizionati nei pressi degli incroci stradali intersecati dal flusso tranviario ed inoltre le stesse postazioni possono essere disposte nelle fermate.

La localizzazione inoltre viene resa continua, mediante l'apparato di bordo del segnalamento che con l'ausilio delle informazioni della linea prevaricate e la distanza fornita dall'odometro e capace di AutoLocalizzarsi e trasmettere al Posto Centrale di Controllo mediante il sistema radio la sua posizione. Attraverso le informazioni ricevute al Posto Centrale di Controllo il Sistema di Segnalamento realizza la visualizzazione della posizione del veicolo sul tracciato (fermate, incroci, capilinea) su un opportuno quadro sinottico. Verrà pertanto visualizzata l'intera flotta con l'ID tram e lo stato in cui ritrova il veicolo (anticipo, ritardo, orario, fuori servizio, etc.).

### **17.2.1 Localizzazione in fermata**

La localizzazione in fermata prevede l'installazione di due loop, per ogni senso di marcia, uno in ingresso ed uno in uscita dalla banchina. A tali loop oltre la funzione di localizzazione sono associate altre funzionalità quali:

- ai loop di ingresso alla banchina è associata la funzione di standby dell'invio dei messaggi di localizzazione del bordo tramite radio;
- ai loop di uscita dalla banchina è associata la funzione di clear dei pannelli di informazione passeggeri posizionati nelle banchine della fermata stessa.

### **17.2.2 Localizzazione agli incroci**



La localizzazione in prossimità degli incroci semaforici stradali con il traffico veicolare permette di calcolare la previsione di arrivo del mezzo tranviario con una maggior precisione. Quando tale funzione viene gestita dal Centro di Controllo viene chiamata macroregolazione della fase semaforica tranviaria.

Quando tale funzione viene gestita in periferia viene chiamata microregolazione in quanto le in formazioni fornite dagli apparati dislocati lungo linea, nei pressi dell'incrocio stesso, sono puntuali e consentono di avere un maggior affinamento delle previsioni di arrivo.

Infatti il veicolo tranviario percorrendo parti di linea promiscua con il traffico veicolare potrebbe avere delle perturbazioni non prevedibili; allora si prevede di installare due loop, per ogni senso di marcia, ad ogni incrocio semaforico con le seguenti funzioni:

- Priorità
- Rilascio.

### **17.2.3 Regolazione della marcia**

Al posto centrale il Sistema di Segnalamento invia al sistema di telecontrollo ed al sistema di controllo semaforico rispettivamente le previsioni di arrivo del mezzo tranviario in fermata ed agli incroci.

Il Sistema di Segnalamento svolge inoltre la funzione di regolazione del traffico tranviario.

Nel caso di indisponibilità del sistema radio, il sistema di bordo effettua in locale le operazioni di regolazione, determinando autonomamente lo stato di ritardo/anticipo, in funzione di parametri pre impostati. Ciò è possibile in quanto esso dispone delle tabelle orarie previste per un dato servizio e dei dati forniti dall'odometro di bordo.

Il caricamento del file di servizio avviene generalmente in deposito nelle apposite aree di carico e scarico dati, all'atto della inizializzazione del veicolo, prima dell'uscita dall'area di deposito.

Inoltre, al termine della corsa, sempre nelle suddette aree di carico e scarico dati, il veicolo trasferisce al Posto Centrale di Controllo i dati di manutenzione ed archiviazione statistica.

Il sistema di Posto Centrale gestisce l'invio real time delle informazioni di allarme da bordo tramite il sistema radio (ad es. fault di podometro, allarme apertura porte, uomo morto, etc.).

## **18. IMPIANTO DI PRIORITA' SEMAFORICA**

Uno degli aspetti qualificanti di una metrotranvia è certamente la gestione efficiente dell'attraversamento degli incroci semaforizzati, con richiesta di priorità automatica da parte del veicolo in approccio.

Dall'analisi dei piani schematici delle linee, si osserva come ogni tratta compresa tra due fermate è generalmente interessata da alcuni attraversamenti stradali trasversali da parte del traffico privato.

Questi, se non opportunamente gestiti, creerebbero un notevole rallentamento nella circolazione dei veicoli pubblici, causando una diminuzione non trascurabile della velocità commerciale del tram e, quindi, una caduta dell'attrattiva che il mezzo pubblico può esercitare sugli utenti.

In virtù di ciò è previsto un impianto di priorità semaforica in grado di inviare segnali di input al regolatore semaforico per far predisporre la semaforizzazione stradale in modo da favorire il mezzo pubblico, dopo aver rilevato l'approccio del tram all'incrocio.

Generalmente gli attraversamenti sono caratterizzati dall'incrocio di una strada ordinaria con la sede tranviaria. Ciò significa che normalmente, in assenza di tram in approccio, per l'incrocio stradale viene eseguito il normale ciclo delle fasi semaforiche delle direzioni confluenti. La richiesta di priorità deve quindi inserire la fase tranviaria all'interno di questi cicli. In questo caso dovranno essere rispettati i vincoli esistenti di minimo tempo di verde sulla direzione incrociante e minimo tempo di sgombero dell'incrocio da parte dei mezzi stradali.

La priorità semaforica consente all' Esercente di tendere all'obiettivo principale dell'esercizio che è quello di garantire il rispetto dell'orario teorico, sia per fornire un servizio regolare agli utenti, sia per mantenere invariata la propria organizzazione interna in termini di veicoli circolanti e di personale viaggiante.



## **18.1 Incroci e segnaletica stradale**

La linea tranviaria presenta intersezioni a raso con la viabilità stradale ordinaria e quindi un potenziale di conflitto con la circolazione su gomma. Allo scopo di ridurre al minimo l'influenza di tale potenziale sulla regolarità dell'esercizio tramviario, trattandosi di una tramvia veloce, è previsto l'inserimento di un sistema tecnologico atto a garantire la priorità semaforica al tram rispetto alla circolazione ordinaria. Il sistema di priorità semaforica, essendo finalizzato a favorire la regolarità e la velocità di esercizio del tram, è in grado, possedendo grande flessibilità di gestione, di non penalizzare eccessivamente la circolazione stradale su gomma, sia privata che pubblica.

È stato previsto l'adeguamento della segnaletica orizzontale, verticale e luminosa presso ogni incrocio, la centralizzazione semaforica di tutte le intersezioni con la linea tramviaria, mediante un sistema predisposto per la priorità al mezzo tranviario e la realizzazione di Piani Particolareggiati del Traffico per i comparti urbani adiacenti alla nuova linea.

L'inserimento della tramvia nell'attuale viabilità comporterà modifiche all'architettura di nodi e di strade.

Questa nuova organizzazione degli spazi è stata finalizzata al mantenimento, per quanto possibile, delle capacità di deflusso dei singoli incroci, almeno rispetto alle direttrici principali.

In particolare si è ipotizzato di prevedere fasi semaforiche dedicate per il tram, mantenendo come criteri di progettazione la riduzione della perturbazione nel controllo semaforico e l'aumento delle condizioni di sicurezza, e di proteggere gli accessi pedonali con impianti semaforici dedicati alle fermate, ovvero regolando l'accesso, dove ritenuto necessario, nel contesto della regolazione dell'incrocio adiacente alla fermata stessa, integrando il conflitto pedone/veicolo tramviario – veicolo stradale con quello tra veicolo stradale e veicolo tranviario.

Per gli impianti semaforici delle intersezioni e degli attraversamenti pedonali è stata quindi prevista la centralizzazione.

Tali impianti saranno fisicamente collegati con i nodi di rete dei posti periferici di fermata e avranno un coordinamento funzionale dal Posto Centrale che gestirà la regolarità di esercizio e la semaforizzazione nelle aree di conflitto.

La centralizzazione prevede l'installazione di nuovi centralini semaforici, equipaggiati a gruppi di segnali con la predisposizione a due attuazioni, nuove unità periferiche multifunzionali (MFU) con dotazione MODC e protezione telefonica e la realizzazione di un collegamento all'unità di elaborazione del posto periferico di fermata mediante cavo dedicato.

Il sistema di controllo semaforico a livello centrale avrà lo specifico compito di realizzare un coordinamento funzionale nella regolazione delle intersezioni stradali lungo la tramvia, una gestione centralizzata di tutti i parametri, e consentire inoltre una visione globale del traffico pubblico e privato. Tale gestore ha il compito di:

- attuare i criteri di preferenziamento del trasporto su ferro come sotto descritti
- effettuare la regolazione dei piani semaforici in funzione dei dati di traffico
- colloquiare con il sottosistema di localizzazione
- trasmettere e gestire le informazioni riguardanti i flussi di traffico verso l'UTC comunale.

E' così possibile implementare gli algoritmi per generare "onde verde" semaforiche con variazioni dinamiche in funzione dei dati di localizzazione dei tram, in modo tale da consentire a quest'ultimi l'attraversamento degli incroci senza fermata.

In particolare l'impianto di localizzazione (a cura del sistema di segnalamento tramviario) invia al sistema UTC i dati di localizzazione dei veicoli. L'apparato di localizzazione periferico, per ciascun senso di marcia attraverso contatti liberi da tensione (digital output), rende disponibili al regolatore semaforico di ciascun incrocio informazioni sulla presenza del tram nelle varie situazioni (anticipo, orario, ritardo, in prossimità dell'incrocio, oppure con richiesta forzata della fase semaforica di bordo e liberazione dell'incrocio).

Inoltre il sistema di controllo semaforico ha il compito di garantire il preferenziamento dei tram agli incroci per consentire una adeguata velocità commerciale.



Per il raggiungimento di tali scopi, in condizioni di normale esercizio il riferimento per la circolazione dei veicoli è rappresentato dalla tabella oraria, mentre in condizioni anomale il sistema permette l'applicazione di due diverse logiche di regolazione:

- il mantenimento della frequenza di passaggio dei veicoli, e quindi la creazione di una nuova tabella oraria "traslata nel tempo";
- il rispetto della tabella oraria originaria, e quindi l'assegnazione a ogni veicolo di una tabella corrispondente a una corsa differente.

E' previsto un sistema di asservimento semaforico, costituito da un sistema di localizzazione del veicolo mediante trasmissione continua via radio, da un sistema di richiesta di attuazione per il preferenziamento semaforico tramite loop di terra, da una unità di elaborazione che svolge attività di sincronizzazione semaforica, richiesta di attuazione e comando dei segnali semaforici tranviari dell'incrocio, da una unità periferica multifunzione (MFU) per la regolazione dell'incrocio stradale, da semaforo a barre per il tram e semaforo a tre luci per i veicoli gommati.

L'attività di centralizzazione del controllo e della supervisione degli impianti semaforici lungo linea viene realizzata attraverso l'utilizzo della dorsale di comunicazione in fibra ottica che corre lungo l'intero tracciato. Gli impianti semaforici che necessitano di centralizzazione e i relativi loop di priorità saranno quindi collegati ai nodi di rete posizionati lungo linea.

Gli impianti di cui si è ritenuta utile la centralizzazione sono tutti quelli nei quali è necessaria la risoluzione di interferenza tra traffico veicolare e tram. Per tutti gli impianti è previsto l'inserimento di una nuova centralina di comando.

In caso di avaria del PCC o della comunicazione tra PCC e posto periferico, ma in presenza di regolazione semaforica locale, sarà l'unità di elaborazione del posto periferico ad attivare il preferenziamento sulla base delle informazioni di anticipo/ritardo rispetto alla tabella oraria che ogni tram fornisce al passaggio sui transponder di terra.

In condizione di completa disattivazione del controllo semaforico è predisposta la segnaletica orizzontale e verticale di incrocio atta a disciplinare il regime di precedenza.

## **19. TELECONTROLLO IMPIANTI**

---

### **19.1 Telecontrollo degli impianti fissi**

E' previsto un sistema di telecontrollo degli impianti fissi costituito da una rete di PLC nelle fermate e da una parte di supervisione al Centro di Controllo (PCC), dedicata in particolare alla supervisione degli allarmi degli impianti non-TE (Trazione Elettrica) presenti presso le fermate. La funzione del sottosistema di telecontrollo degli impianti fissi è la gestione degli allarmi provenienti dalle apparecchiature dei sistemi che costituiscono l'insieme degli impianti tecnologici della tranvia.

Il sistema di supervisione è integrato nella piattaforma SCADA su cui si basa il sistema di telecontrollo di PCC. La raccolta degli allarmi e della diagnostica delle apparecchiature è realizzata mediante PCL distribuiti nelle fermate e nelle SSE. Per i PLC nelle fermate una parte degli I/O sono dedicati alla raccolta allarmi degli apparati di fermata e del quadro elettrico.

Il quadro elettrico di alimentazione delle utenze di fermata è installato presso le pensiline di fermata. Le utenze di fermata sono costituite dall'impianto di illuminazione e di forza motrice, dalle telecomunicazioni, emettitrici dei biglietti, paline informative e casse di manovra degli scambi prossimi alla fermata. Il sistema di telecontrollo segnala la presenza di tensione al quadro (in arrivo dalla SSE) e lo stato degli interruttori di distribuzione dell'energia.

### **19.2 Telecomando / telecontrollo SSE**

E' previsto un sistema di telecomando SSE (SCADA) preposto alla supervisione, controllo e diagnostica del sistema di alimentazione, nonché un sistema di Gestione della Manutenzione preposto al supporto delle attività manutentive dell'intero impianto.



### **19.2.1 Telecomando / telecontrollo SSE**

Il sistema SCADA ha il compito di centralizzare al Posto centrale le informazioni relative agli impianti di alimentazione. Permette di eseguire:

- il telecontrollo e telecomando delle SSE;
- la riconfigurazione della rete MT;
- la diagnostica delle SSE.

L'operatività sopra descritta è realizzata tramite le funzionalità messe a disposizione dal sistema SCADA. Le informazioni che dal centro viaggiano verso la periferia, definite Telecomandi (TC) (dal punto di vista dello SCADA sono degli output), permettono di impartire i comandi necessari alla gestione degli impianti sopra citati. I telecomandi possono corrispondere a comandi singoli, macrocomandi o sequenze di comandi (gestite da PLC). Le informazioni che viaggiano dalla periferia verso il centro sono definite Teleconcontrolli (TK) e sono visti dal sistema SCADA come input. I telecontrolli possono ulteriormente classificarsi come:

- Teleallarmi: relativi a condizioni d'anormalità o guasti;
- Telesignalazioni: relative a variazioni di stato degli organi comandati;
- Telemisure: misure analogiche d'interesse ai fini della gestione dell'impianto.

La supervisione ed il controllo dell'impianto sono realizzati attraverso l'acquisizione dei segnali provenienti dalla periferia, la gestione dei comandi operatore, il controllo sullo stato delle apparecchiature, l'acquisizione di misure e la produzione d'allarmi. Gli allarmi sono generati per mancata esecuzione di un comando impartito o in corrispondenza di determinate situazioni d'anomalia dei componenti dell'impianto.

Gli impianti d'alimentazione da gestire sono le sottostazioni elettriche di conversione e relativi servizi ausiliari, le cabine di trasformazione MT/BT, i gruppi di continuità UPS, i gruppi d'emergenza.

La gestione degli impianti d'alimentazione elettrica comprenderà:

- la verifica costante dello stato di funzionamento degli impianti attraverso teleallarmi, telesignalazioni e telemisure;

la riconfigurazione telecomandata delle reti di alimentazione elettrica in caso di avaria o manutenzione in modo da garantire per quanto possibile la continuità del servizio.

## **20. IMPIANTI TRASMISSIVI ED INFORMATIVI**

---

### **20.1 Rete trasmissione dati**

Il sistema di trasmissione previsto consente il collegamento degli apparati periferici a quelli centrali per i seguenti impianti del sistema di telecontrollo:

- Impianto Telefonico
- Impianto Diffusione Sonora
- Impianto TVCC
- Impianto di Sincronizzazione Oraria
- Impianto Pannelli Informativi
- SCADA impianti fissi (RTU)

Inoltre, il sistema di trasmissione garantisce il servizio di remotizzazione in fermata di linee seriali e rende disponibili interfacce Ethernet per ulteriori impianti della Tramvia di seguito elencati:

- Sistema di Tariffazione automatica (emettitrici e obliteratrici di titoli di viaggio)
- Sistema di Segnalamento, localizzazione e priorità semaforica
- Sistema di controllo semaforico.

Gli impianti per i quali il sistema garantisce politiche di Qualità del Servizio, in quanto le informazioni di propria competenza e i dati trasferiti sulla rete presentano una elevata sensibilità ai ritardi di trasmissione introdotti dalla rete stessa, sono l'impianto TVCC, Telefonico e Diffusione Sonora.



Gli impianti, invece, per i quali può non essere applicata la politica della Qualità del Servizio sono lo SCADA impianti fissi, l'impianto di Sincronizzazione Oraria, i Pannelli Informativi, Tariffazione automatica e gli impianti allacciati al Line server.

Il sistema è costituito da una Rete Multiservizio, basata su Switch di Livello 3 con interfacce ethernet su portante ottica in configurazione ad anello con standard 802.3z Gigabit Ethernet, per il trasporto delle diverse informazioni dalle stazioni periferiche al Posto Centrale di comando e Controllo (PCC), mediante interfacce ethernet 10/100 Mbit.

Elementi essenziali della rete sono i seguenti:

- nodo multiservizio di fermata
- ethernet switch
- dorsale in fibra ottica

La funzionalità del nodo di fermata è di raccolta dei servizi fonia e dati delle apparecchiature in campo (telefoni automatici, apparati di codifica audio/video, centrali orarie, etc.) per l'inserimento nella rete Multiservizio Gigabit Ethernet.

L'impiego di switch L3 nei nodi, garantisce caratteristiche adeguate in termini di switching/routing/priorità dei diversi flussi di traffico dati trasportati dalla rete in oggetto.

## **20.2 Impianto TVCC**

L'impianto di TVCC ha lo scopo di consentire la videosorveglianza delle fermate dislocate lungo la linea tranviaria da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale (PCC). Ciò ha il fine di:

- verificare il corretto svolgimento del servizio di trasporto passeggeri,
- agevolare il personale operativo ad effettuare le opportune richieste di intervento, presso le stesse fermate in caso di necessità,
- permettere di effettuare, da parte degli enti competenti, analisi di particolari eventi avvenuti nelle fermate, utilizzando la registrazione che il sistema TVCC fa delle immagini selezionate dagli operatori del PCC.

Il sistema si basa su una architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso collocate nel Posto di Controllo Centrale (PCC),
- la periferia dall'insieme delle apparecchiature TVCC dislocate nelle fermate del percorso tranviario.

La comunicazione fra centro e periferia sarà in TCP-IP ed sarà garantita dalla rete Multiservizio Gigabit Ethernet. Il sottosistema sarà gestito normalmente dal server del Sistema di Telecontrollo del PCC ed in condizioni degradate dal Degradated Mode Terminal (DMT) relativo.

Nelle fermate sarà installata una telecamera per ciascuna banchina, in grado di tenere sotto controllo visivo tutta l'area della fermata medesima.

## **20.3 Impianto di Diffusione Sonora**

L'impianto di Diffusione Sonora previsto è inserito nella struttura di telecontrollo della tramvia, ovvero il sistema che consente al personale operativo di:

- supportare la supervisione del traffico,
- effettuare la diagnostica degli impianti di telecomunicazione;
- inviare informazioni ai passeggeri nelle fermate;
- eseguire comunicazioni di servizio con le fermate e le SSE.

Il controllo del servizio di diffusione sonora è mediato tramite il sistema di telecontrollo.

L'impianto di diffusione sonora di linea ha lo scopo di consentire l'invio di annunci sonori registrati o dal vivo, da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale, in punti di diffusione quali:



- banchine di fermata, per fornire all'utenza informazioni sia sul traffico dei treni che di sicurezza,
- SSE, per fornire informazioni di servizio o di sicurezza al personale operativo.

La diffusione nelle fermate dei messaggi audio, sarà possibile in tre modalità:

- Automatica: verranno diffusi nelle fermate messaggi in accordo con gli eventi generati dal sistema di localizzazione veicoli;
- Manuale: ogni operatore avrà la possibilità di selezionare dalla sua postazione un messaggio audio da diffondere nelle stazioni e le priorità sono gestite dal sistema di telecontrollo di PCC.
- Dal vivo: ogni operatore può diffondere messaggi dal vivo verso le fermate selezionate.

Per la diffusione sonora nelle fermate sarà inoltre previsto un dispositivo per la riproduzione dei messaggi preregistrati.

Le postazioni operatore tramite l'interfaccia del sistema di telecontrollo consentono agli operatori del PCC di effettuare le operazioni di controllo e selezione dei messaggi audio preregistrati da inviare.

In ogni fermata è previsto un codec audio/video con due uscite audio, ed un amplificatore, con una coppia di diffusori sonori associati, per banchina. I codec audio/video collegati agli amplificatori provvederanno alla funzione di decodificare i flussi in ingresso in segnali audio per la diffusione sonora dei messaggi nelle fermate.

L'acquisizione degli allarmi degli amplificatori di fermata sarà fatta tramite gli apparati di fermata dello scada impianti fissi.

## **20.4 Pannelli Informativi**

Il sistema di informazioni al pubblico di tipo visivo sarà realizzato tramite Pannelli informativi luminosi a 2 righe i quali, collegati con la rete Gigabit Ethernet di fermata, ricevono dal PCC le informazioni necessarie ad una corretta informazione ai passeggeri in attesa nelle fermate.

Le funzioni svolte dal sottosistema sono:

- visualizzazione dell'arrivo del treno;
- segnalazioni di eventuali ritardi;
- destinazione prossimo tram;
- visualizzazione di messaggi inviati dagli operatori del PCC.

E' stato previsto un pannello in ciascuna delle due piattaforme di imbarco sotto la pensilina, il contenitore del pannello informativo a terra sarà un contenitore da incasso in estruso o lamiera di alluminio saldato in corrispondenza dei punti di giunzione, con frontale in policarbonato antiurto e accessibilità posteriore mediante portello.

L'interconnessione tra gli apparati centrali e periferici avverrà per mezzo della rete multiservizio Gigabit Ethernet, prevista anche nel tratto in variante, ed il collegamento con l'apparato di comunicazione sarà tramite interfaccia Ethernet.

Le informazioni visualizzate saranno di tipo alfanumerico e la tecnologia utilizzata sarà a matrice di led. Ogni pannello informativo possiede una propria CPU ed è in grado di memorizzare messaggi alfanumerici standard richiamabili da operatore tramite comando. La CPU provvederà a raccogliere le informazioni diagnostiche del pannello per poi trasmetterle al centro di gestione integrato. I pannelli potranno visualizzare sia messaggi memorizzati che messaggi inviati dall'operatore, ed i messaggi potranno avere una priorità di visualizzazione diversa. I pannelli avranno la possibilità di visualizzazione del testo in modo fisso, lampeggiante, scorrevole e scorrevole lampeggiante.

## **20.5 Sistema sincronizzazione oraria**

E' stato previsto un impianto di sincronizzazione oraria, utilizzato sia ad uso pubblico che per esigenze di servizio, che sarà in grado di effettuare la sincronizzazione di tutti gli elementi ad esso collegati.



Gli apparati che, nel caso in esame, necessitano di sincronizzazione sono gli orologi ed i codec audio/video nelle fermate.

La sincronizzazione degli apparati avverrà utilizzando un NTP server

Il sottosistema è costituito da una parte periferica che colloquia tramite la dorsale di comunicazione (GigaEthernet) con un posto centrale che ne permette la gestione.

La parte periferica è rappresentata dalle fermate della tramvia dove sono installati un orologio digitale per ciascuna banchina.

L'orologio di fermata sarà di tipo digitale a singola faccia a led composto da matrice 40x16 pixel, e sarà integrato, in ogni fermata, all'interno di un case (carter) accanto al pannello di informazione al pubblico.

La sincronizzazione oraria degli orologi digitali di banchina è trasmessa dal posto centrale mediante la rete ethernet in fibra ottica utilizzando il protocollo NTP (RFC 1305).

## **20.6 Sistema di comunicazione radio**

Il sistema di comunicazione radio previsto impiega la stessa rete radiomobile TETRA già in uso nelle linee esistenti; in tal modo viene garantita la piena compatibilità ed interoperabilità tra gli utenti di tutte le linee tranviarie.

Le principali caratteristiche della tecnologia TETRA vengono di seguito elencate:

- sistema di comunicazione radio digitale allo stato dell'arte, pienamente compatibile con lo standard TETRA definito a livello europeo;
- instaurazione veloce delle chiamate;
- gestione delle priorità tra le varie comunicazioni radio per far fronte alle eventuali situazioni di emergenza;
- elevata efficienza "spettrale" rispetto agli altri sistemi radiomobili;
- sicurezza delle comunicazioni, grazie a procedure di autenticazione e protezione di tipo crittografico.

La rete di trasporto, necessaria per assicurare le connessioni fra i vari elementi dell'infrastruttura fissa della rete radio-mobile, è realizzata utilizzando un collegamento in fibra ottica dedicato. Le Stazioni Radio Base (SRB) si interfaceranno alla dorsale in fibra ottica mediante opportuni convertitori ottico/elettrici.

Il sistema radio Terra-Treno è progettato per consentire, lungo le linee tranviarie, conversazioni tra il PCC ed i treni di servizio,

Le tipologie di comunicazione in fonia che saranno supportate saranno le seguenti:

- da terra verso il conducente (radio veicolare):
  - chiamata selettiva;
  - chiamata di gruppo;
  - chiamata generale;
- ascolto discreto (in emergenza) della fonia in cabina da PCC;
- chiamata da utente telefonico;
- dal conducente verso terra:
  - da tram a PCC;
  - da tram a tram;
  - verso un utente telefonico;

Oltre a supportare le comunicazioni in fonia la rete radio è in grado di gestire anche le informazioni di radio-localizzazione provenienti dai tram utilizzando il servizio SDS (Short Data Services) standard della tecnologia TETRA.



## 21. IMPIANTI ELETTRICE LUCE E FORZA MOTRICE DELLE FERMATE

Gli impianti elettrici luce e F.M. di linea a servizio delle fermate saranno alimentati dalle nuove sottostazioni elettriche previste, localizzate lungo le linee tranviarie, da rete in bassa tensione 400/230 V - 50 Hz.

Le linee elettriche saranno suddivise in NORMALE e PERMANENTE in uscita da un quadro b.t posto in ognuna delle S.S.E; 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).

Le suddette linee in partenza dalle SSE ed alimentanti le fermate saranno protette da un dispositivo magnetotermico differenziale dotato di relè differenziale regolabile sia in corrente (Id) che in tempo di ritardo dell'intervento differenziale.

Gli allarmi e le segnalazioni di interruttori aperti confluiranno nel concentratore di fermata e quindi saranno segnalati ad un sistema di supervisione situato nel PCC.

Anche per gli impianti di illuminazione delle fermate si prevede l'utilizzo di apparecchiature con tecnologia Led a basso consumo energetico ed alta efficienza.

## 22. IMPIANTI A BASSO CONSUMO ENERGETICO CON SISTEMI DI REGOLAZIONE

Sono previsti impianti di illuminazione lungo linea con **apparecchiature a Led a bassi consumi energetici**.

I vantaggi trasferiti dalla tecnologia delle lampade proposte possono essere riassunti in flessibilità di installazione, robustezza, lunghissima durata e altissimo risparmio energetico.

Queste lampade dotate di sensori per la stabilizzazione della temperatura di colore per tutta la durata di vita al 70% del flusso luminoso realizzano una vita che raggiunge le 50000h. Fino a non molto tempo fa l'impiego della tecnologia LED per queste applicazioni risultava difficile in quanto le prestazioni dei LED non erano sufficienti a realizzare quanto ottenibile con sorgenti tradizionali di tipo fluorescente. Ormai i produttori di LED di alto profilo hanno introdotto a catalogo soluzioni in grado di offrire elevate prestazioni luminose con costi estremamente competitivi. Le lampade a LED, di ultima generazione, offrono due vantaggi sostanziali. Il **primo vantaggio** è quello di poterli utilizzare mantenendo il numero dei corpi illuminanti invariato rispetto alle corrispondenti lampade SAP o ioduri metallici, poiché i livelli di illuminamento sono praticamente simili, risparmiando però sui consumi in quanto i corpi illuminanti a LED assorbono una potenza pari alla metà dei corpi illuminanti tradizionali. Ed il **secondo vantaggio** è quello di una durata di vita prolungata rispetto, determinando quindi un risparmio sia in termini economici che di tempo per la manutenzione.

Sono previsti controllori elettronici di potenza con gruppi di potenza integrati che provvedono autonomamente a tre funzioni:

- riduzione della potenza e del flusso luminoso notturno in tutte le lampade dell'impianto secondo un ciclo definito dall'utente;
- accensione dell'impianto a tensione ridotta in modo da limitare sensibilmente le sollecitazioni alle lampade e la corrente di spunto;
- stabilizzazione (in aumento o in diminuzione) della tensione a valle nei vari regimi di funzionamento tarabili dall'utente con tolleranza  $\pm 1$  V ed in presenza di tensioni a monte nel range 210 ÷ 245 V.
- La stabilizzazione della tensione effettuata dall'apparecchiatura consente di allungare notevolmente la vita delle lampade.



**CODICE R.3**

Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile.

---

## **ALLEGATO 1**

---

**CERTIFICAZIONE PRODOTTA DA AUTORITA' DEI TRASPORTI –  
AZIENDE DI TRASPORTI – ENTI LOCALI CHE FORNISCONO  
EVIDENZA DELL'INDICE DI AFFIDABILITA' DELLA SOLUZIONE  
TECNOLOGICA PROPOSTA SUPERIORE AL 95% SU BASE  
ANNUALE**

---

**Design & Build Contractor Consortium**

**Final RAM Demonstration Report - System**

**SYSTRA**

The Engineer - Dubai Tram project

**DUBAI TRAM**

**AS - BUILT DRAWING**

ABC certifies that this  
**AS BUILT**  
is complete and accurate

**ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B**

Signature:

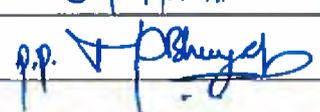


Date: 17/09/2017

Date:- 14/09/2017

Sign:-

Rev	Date	Modifications Content	Writer	Function
A	14/02/2017	First Issuance	Mahesh Bhagat	System Quality & RAM Manager
B	30/04/2017	Response to SYSTRA-DDR-017865	Mahesh Bhagat	System Quality & RAM Manager

Reviewed by	DROUET Nicolas
Entity/Function	PSAM
Date	30/04/2017
Signature	

CONSORTIUM VALIDATION		
	Alstom validation	Besix validation
Verified by	J.J.ELISSALDE	H. SAAD
Entity/Function	Project Senior System Manager	DEPUTY PROJECT DIRECTOR
Date	30/5/17	02/05/17
Signature		

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 1/ 17



# Design & Build Contractor Consortium

<b>CONTENT</b>
----------------

AMENDMENT HISTORY .....	2
CONTENT.....	3
<b>1 PURPOSE, SCOPE AND USAGE RESPONSIBILITY .....</b>	<b>4</b>
1.1 PURPOSE .....	4
1.2 SCOPE.....	4
1.3 RESPONSIBILITY .....	4
<b>2 DEFINITIONS, ABBREVIATIONS AND REFERENCES.....</b>	<b>5</b>
2.1 DEFINITIONS .....	5
2.2 ABBREVIATIONS .....	6
2.3 REFERENCES .....	8
2.3.1 Contractual documents .....	8
2.3.2 Project documents applicable .....	8
<b>3 RAM REQUIREMENTS .....</b>	<b>9</b>
3.1 INTRODUCTION.....	9
3.2 SYSTEM LEVEL RAM DEMONSTRATION CONTRACTUAL REQUIREMENTS DEFINITIONS.....	9
3.3 SYSTEM LEVEL RAM TARGETS CONTRACTUAL DEFINITIONS .....	9
<b>4 OBSERVATION PERIOD &amp; INPUT DATA.....</b>	<b>11</b>
4.1 OBSERVATION PERIOD .....	11
4.2 INPUT DATA REPORTED OVER THE PERIOD.....	11
4.2.1 Operator database collection .....	11
<b>5 SYSTEM LEVEL RAM DEMONSTRATION CALCULATION.....</b>	<b>12</b>
5.1 REGISTRATION OF FAILURES WITH IMPACTS ON OPERATION .....	12
5.2 SERVICE DELIVERY CALCULATION.....	12
5.3 VEHICLE PUNCTUALITY CALCULATION .....	12
5.4 FAILURE RATIO AND RELIABILITY IMPROVEMENT .....	13
<b>6 CONCLUSION.....</b>	<b>14</b>
6.1 SD, VP AND FAILURE RATIO AND RELIABILITY IMPROVEMENT INDICATORS MONTHLY SUMMARY FOLLOW UP.....	14

This document is the property of the Alstom-Besix Consortium (ABC) and its content is controlled by the QAQC Department. The information contained herein may not be disclosed, in whole or in part, either orally or in writing, without prior consent of Alstom-Besix Consortium in writing.

This document forms part of the generic ABC company processes to only be implemented on the Dubai Tram Project and is not intended to imply any representation or warranty.

The Alstom-Besix Consortium reserves the right to amend this report and its appendices when appropriate in order to comply with the generic implementation of its processes for the development mentioned above.

**This document becomes an uncontrolled copy when printed.**

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 3/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

### 1 PURPOSE, SCOPE AND USAGE RESPONSIBILITY

#### 1.1 Purpose

The purpose of this document is to summarize and conclude on the RAM demonstration which is based on the evolution of operational reliability and availability for the overall system level of Dubai Tram project in commercial service.

#### 1.2 Scope

This document applies to the System level performance of the Dubai Tram project.

The RAM demonstration period is to be conducted for a period of twelve months.

This document satisfies the requirements of the System RAM Demonstration Test Plan [A1].

At subsystem level, RAM demonstration satisfies Subsystems RAM Demonstration Test Plans (ref. to doc ([A5] to [A11])

#### 1.3 Responsibility

The System Quality and RAM Manager is responsible for the writing, follow-up and updating of this document.

This document is reviewed and validated by the Consortium Project Director.

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 4/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

### 2 DEFINITIONS, ABBREVIATIONS AND REFERENCES

#### 2.1 Definitions

Availability	The ability of a product, equipment or system to be in a state to perform a required function under given conditions at a given instant of time or over a given time interval assuming that the required external resources are provided.
Chargeability	Attribution or assignment of equipment relevant failure to contractor.
Corrective maintenance	The maintenance carried out after fault recognition and intended to put a product into a state in which it can perform a required function (EN50126)
Failure rate	Number of failures per time, distance or cycle (EN50126)
Fault (or defect)	The state of an item characterized by inability to perform a required function, excluding the inability during preventive maintenance or other planned actions, or due to lack of external resources. A fault is often the result of a failure of the item itself, but may exist without prior failure
Item	Any part, component, device, functional unit, equipment or system that can be individually considered
LRU (Line-replaceable unit)	Any item which may be removed or refitted in situ, so as to minimize the impact of a failure on operations
Maintainability	The probability that a given maintenance action, for an item under given conditions of use can be carried out within a stated time interval when the maintenance is performed under stated conditions and using stated procedures and resources.
Maintainer	The contractor (or any other entity) in charge of maintaining the System after completion of the implementation, testing and commissioning
Missed trip = Lost Trip	Trip that did not start until the scheduled time of departure of the next following trip (failure to be dispatched) or a trip that is terminated before it reaches the end station of its scheduled service (removal from service).
Operator	The contractor (or any other entity) in charge of operating the System after completion of the implementation, testing and commissioning
Plan	Specifies the preconditions, documents, persons involved, equipment required, time schedule, sequence and actions required for the task to be done.
Preventive maintenance	The maintenance carried out at pre-determined intervals or according to prescribed criteria and intended to reduce the probability of failure or the degradation of the functioning of an item. (EN 50126)
Reliability	The probability that an item can perform a required function under given conditions for a given time interval.
Reliability Growth	A condition characterized by a progressive improvement of a reliability performance measure of an item with time
Relevant Failure	A failure that should be included in interpreting test or operational results or in calculating the value of a reliability performance measure
Service Delay	A trip is delayed if the actual journey time exceeds the planned journey time (which applies to normal and degraded operation) by equal or more a time to be defined at the terminal station. Only trips, which have been started, will be counted as delayed. Accidental or deliberate misuse does not constitute a service failure resulting in delay for the purpose of this definition.
Service Delivery	Actual train trips operated / Scheduled train trips
Subsystem	One of the subsystems described under 'System'
System	The System includes all E&M equipment part of the ABC scope of work :

## Design & Build Contractor Consortium

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rolling stock</li> <li>• Signalling</li> <li>• Telecoms</li> <li>• Platform Screen Doors</li> <li>• Power Supply (including OCS for depot)</li> <li>• Aesthetic Power Supply</li> <li>• Track</li> <li>• Automatic Fare Collection</li> <li>• Building services (including HVAC, Fire protection system,...)</li> <li>• SCADA</li> <li>• Access control</li> <li>• Depot Equipment</li> <li>• Road Signalling</li> </ul>
Trip	A trip is the journey of a passenger train from its planned starting station to the planned end station of its planned service.
Validation (EN 50126)	The objective of validation is to demonstrate that the system under consideration, at any step of its development and after its installation, meets its requirement in all respects. Confirmation by examination and provision of objective evidence that the particular requirements for a specific intended use have been fulfilled.
Verification (EN 50126)	The objective of verification is to demonstrate that, for the specific inputs, the deliverables of each phase meet in all respects the requirements of that phase. Confirmation by examination and provision of objective evidence that the specified requirements have been fulfilled
Vehicle	A set of one or more Electrical Multiple Units coupled together and operated as a single unit in accordance with a time schedule. Vehicle can also be called "Train"
Vehicle Punctuality	(Actual train trips – train trips delayed by more than 5 min. at terminal) / Actual train trips

### 2.2 Abbreviations

ABC	Alstom Besix Consortium
AFC	Automatic Fare Collection
APS	Aesthetic Power Supply
CSAM	Consortium System Assurance Manager
FRACAS	Failure Recording and Corrective Action System
FRB	Failure Review Board
MCBF	Mean Cycles Between Failures
MEP	Mechanical Electrical and Plumbing
MTBF	Mean operating time between failures (IEC 50191): The expectation of the operating time between failures.
MTTR	Mean Time To Repair; the MTTR contains the time for failure detection, repair and checkout. Response, logistic or waiting times are not considered.

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 6/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

NbT	Number of Trips
O&M	Operation and Maintenance
POW	Power Supply Subsystem
PSD	Platform Screen Doors
QSRW	Quality Safety Reliability Warranty
RAM	Reliability Availability Maintainability
RAMS	Reliability Availability Maintainability Safety
RST	Rolling Stock subsystem
RSG	Road Signalling Equipment
RTA	Road and Transport Authority
SA	System Assurance (= RAMS)
SAP	System Assurance Plan
SCADA	Supervision Control And Data Acquisition
SD	Service Delivery
SD(ABC)	Service Delivery (ABC)
SD(Total)	Service Delivery (Total)
SVC	Supervised Vehicle Control : Train control features including the AVP and the SVO
SVO	Supervised Vehicle Operation
T&C	Test and Commissioning
VP	Vehicle Punctuality
VP(ABC)	Vehicle Punctuality (ABC)
VP(Total)	Vehicle Punctuality (Total)

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 7/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

### 2.3 References

#### 2.3.1 Contractual documents

ID	Document Title	Reference
[C.01]	Dubai Tram – Preliminary Design and Tendering Process Part 2 – General Technical Documents – General Specifications Appendix D – System Assurance Requirement	
[C.02]	System Assurance Requirements (Appendix D General Specifications) Clause By Clause	ELS00-SYS-M100-0050-18
[C.03]	System Safety Assessment	ELS00-SYS-D100-0708

#### 2.3.2 Project documents applicable

ID	Document Title	Reference
[A1]	System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-00-D900-SYS-000-00074
[A2]	System Assurance Plan	ELS10-00-D800-ABC-000-00032
[A3]	Operations Plan	ELS10-00-OP10-ABC-000-00035
[A4]	System Availability Apportionment	ELS10-0.0-D900-SYS-000-00071
[A5]	Rolling Stock Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-10-D900-RST-000-00004
[A6]	TIS Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-20-D900-TIS-000-00028
[A7]	APS Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-5.5-D900-APS-000-00294
[A8]	Power Supply Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-3.0-D900-POW-000-00116
[A9]	PSD Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-5.1.3-D900-PSD-000-00108
[A10]	AFC Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-5.1.1-D900-AFC-000-00249
[A11]	MEP RAM Demonstration Test Plan	ELS10-80-D800-BSC-000-00009

## Design & Build Contractor Consortium

### 3 RAM REQUIREMENTS

#### 3.1 Introduction

This report will monitor RAM demonstration at SYSTEM level.

For Subsystems RAM requirements please refer to Subsystems RAM demonstration Test plans ([A5] to [A11]).

#### 3.2 SYSTEM level RAM demonstration contractual requirements definitions

The contractual RAM requirements are defined in the System RAM Demonstration Test Plan (ref. ELS10-00-D900-SYS-000-00074); Two requirements are applicable at System level:

Performance Indicators	Calculation Algorithms
1. Service Delivery (SD)	Actual tram trips completed / Scheduled tram trips
2. Vehicle Punctuality (VP)	(Actual tram trips – Tram trips delayed by more than 5 min. at terminal station) / Actual tram trips
3. Failure ratio and reliability improvement (Ri)	$Ri = \frac{\text{NbT delayed (i)}}{\text{SD} \times \text{NbT scheduled}}$ R1 =Less than 5minutes R2 =Less than 15 minutes R3 =Less than 30 minutes R4 =Above 30 minutes

#### 3.3 SYSTEM level RAM targets contractual definitions

The following information is extracted from the Contract General Specification Appendix D System Assurance requirements [C.01].

Considering (months after start of RAM demonstration, January 1<sup>st</sup> 2016):

- P1 = from 1 to 3 months (inclusive),
- P2 = from 4 to 6 months (inclusive),
- P3 = from 7 to 9 months (inclusive),
- P4 = from 10 to 12 month (inclusive)
- P5 = after 12 months of revenue service.

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 9/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

Item	Performance Indicators (SD & VP)	Targets
1	Vehicle Service Delivery (actual vehicle trips against planned trips). P1 P2 P3 P4 P5	90 % 92 % 95 % 97 % 99.2 %
2	Vehicle Punctuality (% of vehicle trips on time or with delay less than 5 min). P1 P2 P3 P4 P5	90 % 92 % 95 % 97 % 99.2 %
3	Delay Time	5 min

Performance Indicators (Ri)	Definition	From 1 to 3 months	From 4 to 6 months	From 7 to 9 months	From 10 to 12 months	After 12 months
		4 x R	3 x R	2 x R	R	Target
R1	Less than 5minutes	4,80%	3,60%	2,40%	1,20%	1,20%
R2	Less than 15 minutes	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%	0,50%
R3	Less than 30 minutes	0,80%	0,60%	0,40%	0,20%	0,20%
R4	Above 30 minutes	0,40%	0,30%	0,20%	0,10%	0,10%

**Delay time** is the difference between the actual journey time and the scheduled journey time from each tram running from the starting station to the terminal station.

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 10/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

### 4 OBSERVATION PERIOD & INPUT DATA

#### 4.1 Observation period

This report provides the RAM performances of each observation period of the following table (Table 1), taking into account the failures observed between the *start date* and the *cut-off date*.

This report will be distributed every month all along the demonstration period. The demonstration period starts on January 1<sup>st</sup>, 2016 and will last 12 months.

Observation period reference	Start date (day/month/year)	Cut-off date (day/month/year)	Calendar duration since start of the demonstration period (days)
1	01/01/2016	31/01/2016	31
2	01/02/2016	29/02/2016	60
3	01/03/2016	31/03/2016	91
4	01/04/2016	30/04/2016	121
5	01/05/2016	31/05/2016	152
6	01/06/2016	30/06/2016	182
7	01/07/2016	31/07/2016	213
8	01/08/2016	31/08/2016	244
9	01/09/2016	30/09/2016	274
10	01/10/2016	31/10/2016	305
11	01/11/2016	30/11/2016	335
12	01/12/2016	31/12/2016	366

**Table 1: Observation periods (start dates, cut-off dates, durations)**

During the observed period, Intermediate Failure Reviews took place for each subsystem.

The Monthly Failure Review Board are organized with Employer, Engineer, Operator, Maintainer and Contractor

Conclusions of the monthly FRB are the inputs to issue the System RAM report and subsystems ones.

#### 4.2 Input data reported over the period

##### 4.2.1 *Operator database collection*

In order to analyse the system availability, following information about the operation were transmitted by the Operator on a daily basis (OCC daily operations report):

- Number of scheduled round tram trips.
- Number of scheduled round tram trips lost.
- Number of scheduled round tram trips delayed.

Daily OCC reports are joined in the Appendix # 01 of each individual System RAM reports submitted officially on ACONEX. Please see Table 2 for Monthly System RAM Report References

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 11/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

### 5 SYSTEM LEVEL RAM DEMONSTRATION CALCULATION

#### 5.1 Registration of failures with impacts on operation

Each failure with impact on operation (trip delayed / trip cancelled) has been registered in a database at the OCC.

If the incident was due to an equipment failure and required a Maintenance intervention, a Service Request (SR) was raised by the Operator and send to the Maintainer.

Incidents with an associated SR are taken into account for the calculation of Service Delivery and Vehicle Punctuality.

Analysis of incidents responsibility (Incident attributable to ABC or not) has been reviewed and agreed during the Intermediate Failure Review meeting (per subsystem), and validated during the Monthly FRB meetings.

The summary of Incidents with impact on operation during the observed period, and related responsibility attribution agreed, is joined in appendix # 02 of each individual System RAM reports submitted officially on ACONEX. Please see Table 2 for Monthly System RAM Report References

#### 5.2 Service Delivery Calculation

Based on the conclusions of incidents responsibility attribution (Monthly FRB), Service Delivery Total [SD(Total)] and Service Delivery attributable to ABC [SD (ABC)] have been calculated as per below analytic formulas:

- 1) SD (Total) (All Trips Lost)

$$SD(Total) = \frac{(NbT \text{ scheduled} - NbT \text{ lost})}{NbT \text{ scheduled}}$$

With NbT = Number of Trip (round trip is considered)

SD(Total) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

- 2) SD(ABC) (Trips lost Attributable to ABC) %

$$SD(ABC) = \frac{(NbT \text{ init. scheduled} - Nb \text{ Lost Trip out ABC resp.}) - NbT \text{ Lost Trip attributable to ABC}}{NbT \text{ init. scheduled} - NbT \text{ Lost Trip out ABC resp.}}$$

SD(ABC) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

#### 5.3 Vehicle Punctuality Calculation

Based on the conclusions of incidents responsibility attribution (Monthly FRB), Vehicle Punctuality Total [VP(Total)] and Vehicle Punctuality attributable to ABC [VP (ABC)] have been calculated as per below analytic formulas:

- 1) Total Vehicle Punctuality (All Delays)

$$VP(total) = \frac{(SD * NbT \text{ scheduled} - NbT \text{ delayed})}{SD * NbT \text{ scheduled}}$$

With NbT = Number of Trip (round trip is considered)

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 12/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

VP(Total) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

### 2) Total Vehicle Punctuality (Delays Attributable to ABC)

$$VP(ABC) = \frac{(SD * NbT \text{ scheduled} - NbT \text{ delayed out ABC resp}) - NbT \text{ Delayed attributable to ABC}}{SD * NbT \text{ scheduled} - NbT \text{ delayed out ABC resp}}$$

VP(ABC) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

### 5.4 Failure ratio and reliability improvement

Based on the conclusions of incidents responsibility attribution (Monthly FRB), Failure ratio and reliability improvement [Ri (Total)] and Failure ratio and reliability improvement attributable to ABC [Ri (ABC)] have been calculated as per below analytic formulas:

$$Ri = \frac{NbT \text{ delayed (i)}}{SD \times NbT \text{ scheduled}}$$

With NbT = Number of Trip (round trip is considered)

Ri is represented as a percentage.

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 13/ 17

## Design & Build Contractor Consortium

### 6 CONCLUSION

#### 6.1 SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators monthly summary follow up

Based on the facts and explanations provided in the present report, see below the SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators (R1, R2, R3, R4) monthly follow up in graphs:

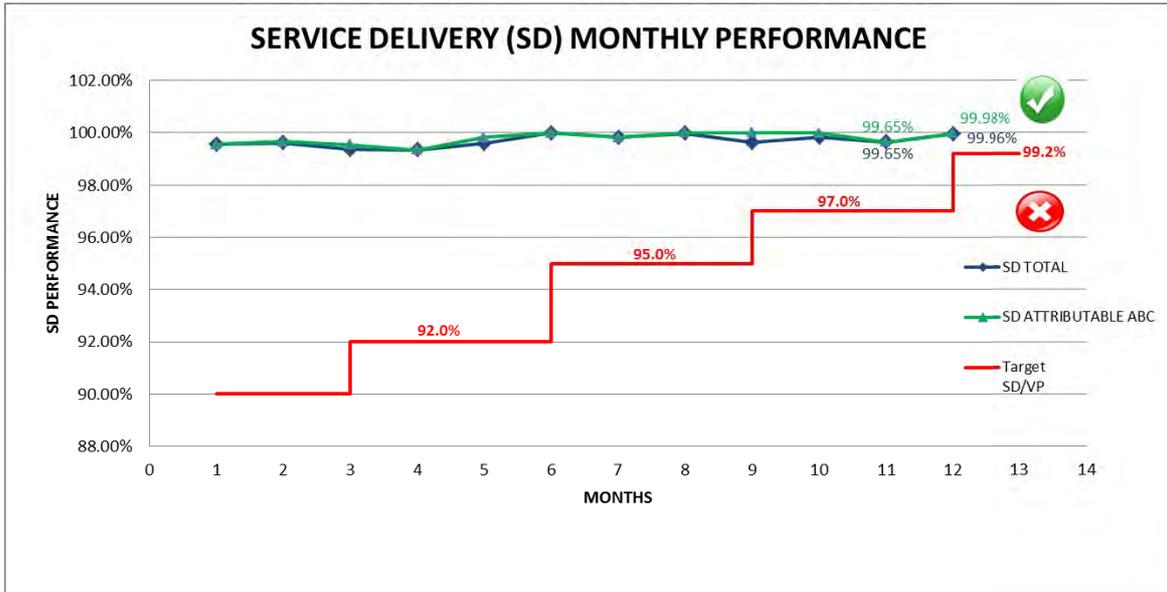


Figure 1: SD monthly follow up

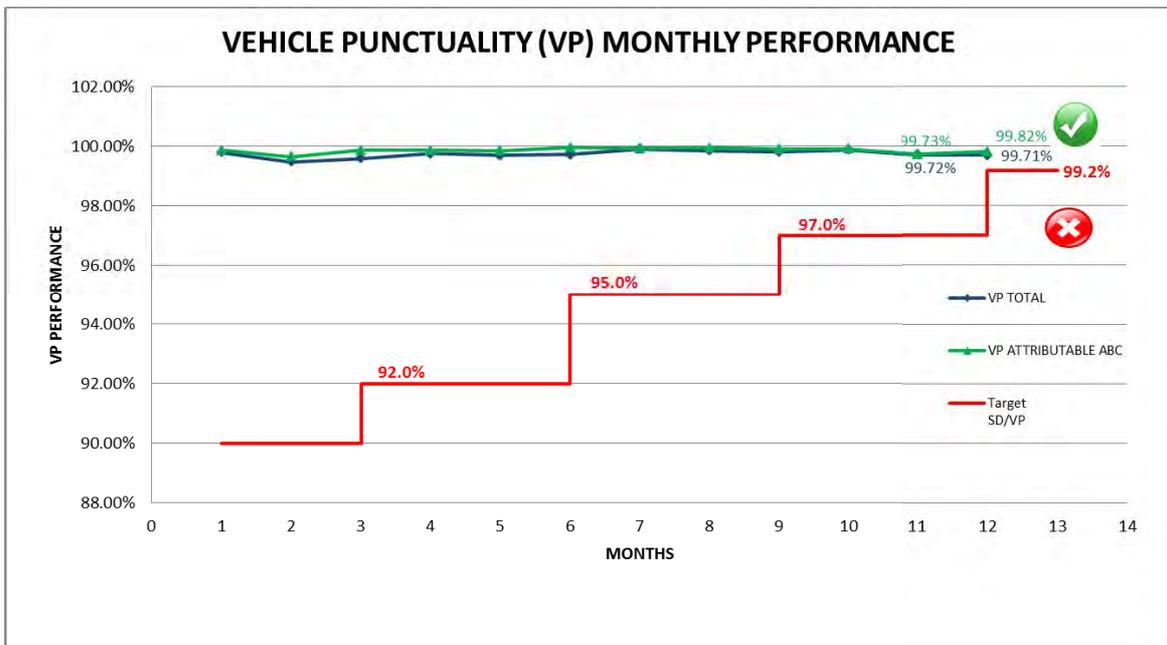
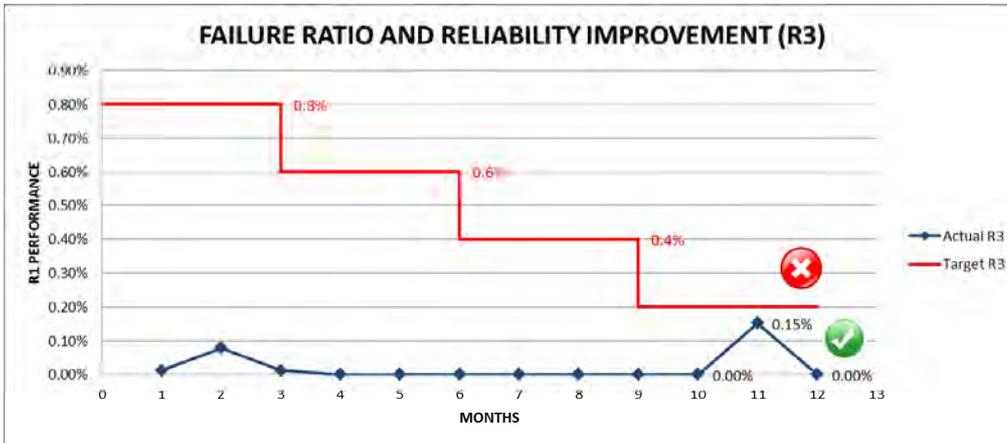
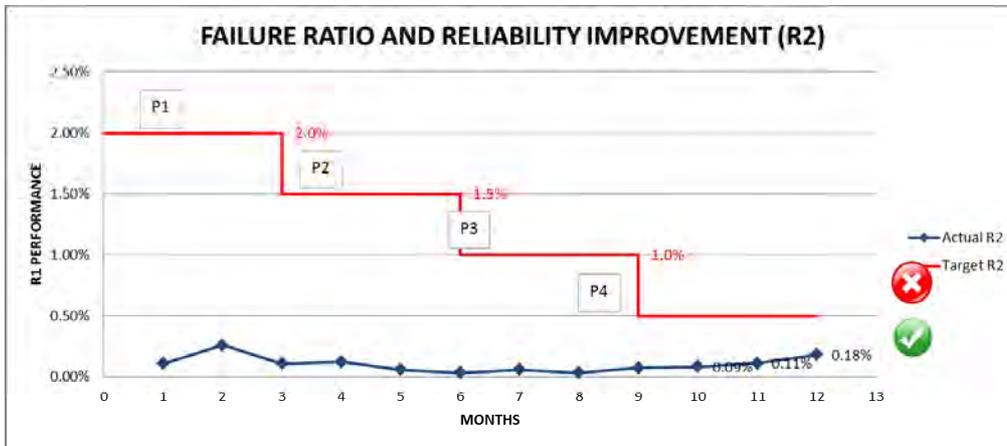
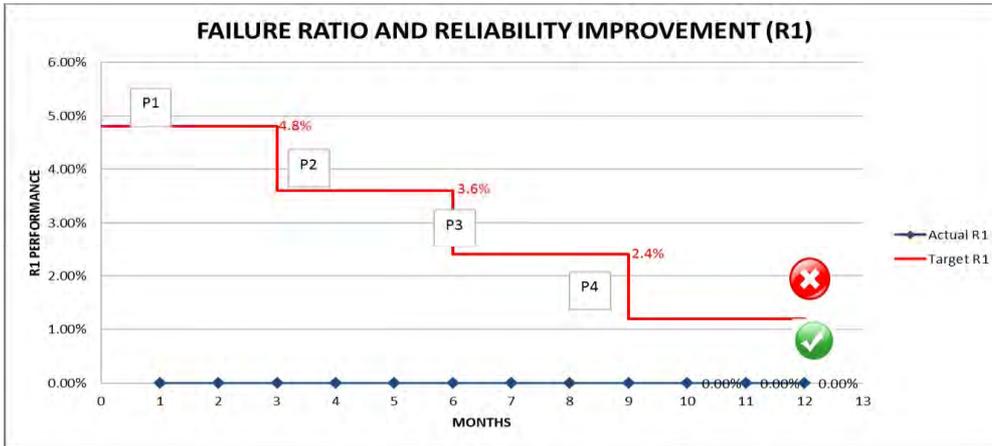


Figure 2: VP monthly follow up

## Design & Build Contractor Consortium



### Design & Build Contractor Consortium

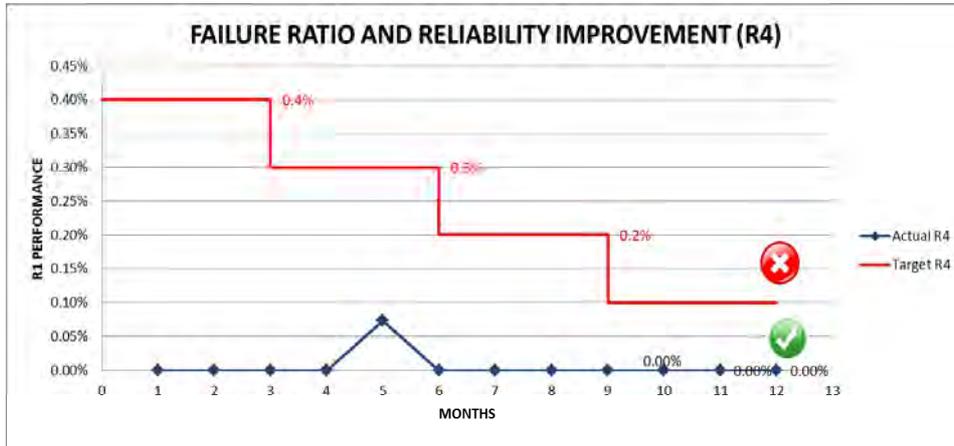


Figure 3: Failure ratio and reliability improvement indicators monthly Follow-up

Month	Service Delivery		Vehicle Punctuality		Failure ratio and reliability improvement factors			
	SD TOTAL	SD ATTRIBUTABLE ABC	VP TOTAL	VP ATTRIBUTABLE ABC	Actual R1	Actual R2	Actual R3	Actual R4
Jan-16	99.56%	99.56%	99.81%	99.88%	0.00%	0.11%	0.01%	0.00%
Feb-16	99.61%	99.66%	99.49%	99.66%	0.00%	0.26%	0.08%	0.00%
Mar-16	99.36%	99.54%	99.60%	99.88%	0.00%	0.11%	0.01%	0.00%
Apr-16	99.34%	99.34%	99.76%	99.87%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%
May-16	99.60%	99.83%	99.71%	99.87%	0.00%	0.06%	0.00%	0.07%
Jun-16	99.99%	99.99%	99.74%	99.96%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%
Jul-16	99.83%	99.83%	99.91%	99.94%	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%
Aug-16	99.98%	100.00%	99.87%	99.96%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%
Sep-16	99.63%	100.00%	99.81%	99.92%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%
Oct-16	99.82%	99.99%	99.89%	99.91%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%
Nov-16	99.65%	99.65%	99.71%	99.77%	0.00%	0.08%	0.15%	0.00%
Dec-16	99.96%	99.98%	99.71%	99.82%	0.00%	0.18%	0.00%	0.00%

Table 2: Actual SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators values for Year 2016

## Design & Build Contractor Consortium

After 1 year of RAM demonstration period, The System Level RAM KPIs (Service Delivery (SD), Vehicle Punctuality (VP) and Failure Ration and Reliability Improvement (R1 to R4) have been met since the formal start at 01st Jan 2016. Therefore the 12 month RAM Demonstration at System Level is complying with the Contractual Requirements.

It can be concluded that the System Level KPIs as defined in System RAM Demonstration Test Plan (ref. ELS10-00-D900-SYS-000-00074) are compliant with the target in terms of Reliability and Availability. Therefore, the RAM Demonstration for System (SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators R1, R2, R3, R4 ) has ended and will not be further monitored.

Please see below reference for individual monthly System RAM reports for 12 months which are submitted officially on ACONEX

Month	Report Reference	Report Title
January-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00860	System RAM Demonstration Monthly Report(January-2016)
February-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00861	System RAM Demonstration Monthly Report(February-2016)
March-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00862	System RAM Demonstration Monthly Report(March-2016)
April-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00863	System RAM Demonstration Monthly Report(April-2016)
May-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00864	System RAM Demonstration Monthly Report(May-2016)
June-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00865	System RAM Demonstration Monthly Report(June-2016)
July-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00866	System RAM Demonstration Monthly Report(July-2016)
August-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00867	System RAM Demonstration Monthly Report(August-2016)
September-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00868	System RAM Demonstration Monthly Report(September-2016)
October-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00869	System RAM Demonstration Monthly Report(October-2016)
November-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00870	System RAM Demonstration Monthly Report(November-2016)
December-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00871	System RAM Demonstration Monthly Report(December-2016)

**Table 3: Monthly RAM Report Reference for System**

File name: ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B	
Document Title : Final RAM Demonstration Report - System	Page : 17/ 17



**CODICE R.3**

Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile.

---

## **ALLEGATO 2**

**GARANZIE DI PRODUZIONE E VENDITA DEL MATERIALE ROTABILE, PRESCINDENDO DAL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE, NEL CORSO DEGLI ULTIMI 5 ANNI DI ALMENO 30 VEICOLI CON PAVIMENTO 100% BASSO, LARGHEZZA COMPRESA FRA 2,20 E 2,50 M**

---

116 Citadis (2.40 m wide) sold to 5 cities since Feb. 2013

City/Country /Customer	Nb and Citadis type	Award date Contract date	Operation start	Dimensions Width / Length	Configuration Floor type / Vehicle type	Passenger Capacity (4p/m <sup>2</sup> )	Characteristics	Scope of the contract, in addition to the BS supply	Design (picture)
<b>Bordeaux France</b> CUB / BORDEAUX METROPOLE	<b>26</b> - 402	June 2011	2013/2014	2.40 m / 44 m	Low-floor 100 % Bi-directional	290 (70 seats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cab &amp; passenger HVAC</li> <li>• CCTV</li> <li>• Disabled People Area</li> <li>• APS (ground power supply)</li> <li>• Covered roof (fairing)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APS (infrastructure)</li> <li>• Track works</li> <li>• 5-year maintenance on Citadis &amp; APS</li> </ul>	
<b>Paris Tr/To France</b> RATP	<b>19</b> - 302 <b>20</b> - 302	Feb 2011 May 2013	Nov. 2013 Dec. 2014	2.40 m / 32 m	Low-floor 100 % Bi-directional	209 (56 seats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cab &amp; passenger HVAC</li> <li>• CCTV</li> <li>• Disabled People Area</li> <li>• LED lighting</li> <li>• TFT displays</li> </ul>		
<b>Tours France</b> AGGLO TOURS PLUS	<b>21</b> - 402	Sept 2010	Sept. 2013	2.40m / 43 m	Low-floor 100 % Bi-directional	291 (88 seats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cab &amp; passenger HVAC</li> <li>• Disabled People Area</li> <li>• PACIS (TFT screens) &amp; CCTV</li> <li>• LED lighting</li> <li>• Roof cover (fairing)</li> <li>• APS (ground power supply)</li> </ul>	Ground power supply (infrastructure for catenary-free operation on 1.7 km in city center)	
<b>Aubagne France</b> AGGLO AUBAGNE	<b>9</b> - 202	Oct 2011	Sept. 2014	2.40m / 22.06m	Low floor 100 % Bi-directional	124 (27 seats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 doubles doors / side</li> <li>• large bogies</li> <li>• Cab &amp; PAX HVAC / CCTV</li> <li>• New driver's cab STI 2015</li> <li>• Disabled person area</li> </ul>		

116 Citadis (2.40 m wide) sold to 5 cities since Feb. 2013

City/Country /Customer	Nb and Citadis type	Award date /Contract date	Operation start	Dimensions Width / Length	Configuration Floor type / Vehicle type	Passenger Capacity (4p/m <sup>2</sup> )	Characteristics	Scope of the contract, in addition to the RS supply	Design (picture)
Nottingham United Kingdom Tramlink	22-302	Dec 2011	August 2014 Then Aug. 2015 (Phase 2)	2.40 m 32.6 m	Low-floor 100 % Bi- directional	200 (56 + 12 seats) or 201 (56 seats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integration of UK Regulations: RVAR &amp; RSP2</li> <li>Induction loop for hearing impaired (suspended modules)</li> <li>Traction control per axle</li> <li>Cab &amp; PAX HVAC</li> </ul>	<p><b>Turnkey</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trackworks (inc. vibration tests &amp; monitoring)</li> <li>Power supply</li> <li>Signalling &amp; telecom</li> <li>System engineering</li> </ul> <p><b>Services:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RS maintenance (23 years) inc. Incentro previous trams</li> </ul>	

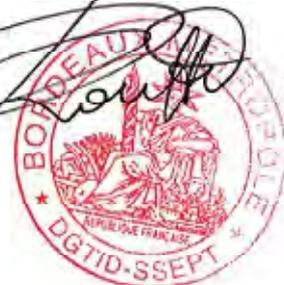
## ATTESTATION

Je soussigné Monsieur Jean-Marc ROUFFET, Responsable système et équipement pour les transports de Bordeaux Métropole, atteste que la Société ALSTOM Transport SA, dont le siège social est situé au 48 rue Albert Dhalenne, 93400 Saint-Ouen, France, a été le fournisseur de la Métropole de Bordeaux, pour l'étude, la production, les essais, la mise en service, le service après-vente, la fourniture de pièces de rechange et l'assistance technique aux équipes de maintenance de:

- **24 tramways** Citadis 402 interopérables, qui sont entrés en service commercial entre janvier 2007 et décembre 2008.
- **6 tramways** Citadis 302 interopérables, qui sont entrés en service commercial entre janvier 2007 et décembre 2008.
- **26 tramways** Citadis 402 interopérables, qui sont entrés en service commercial entre janvier 2013 et avril 2014.

Ces matériels roulants, dont le total constitue 56 rames du tramway, ont été livrés par Alstom Transport dans les délais et les coûts entre janvier 2007 pour la première et avril 2014 pour la dernière. Ces tramways ont un excellent comportement en exploitation et donnent entière satisfaction aux passagers, et à Bordeaux Métropole.

Fait à Bordeaux, le 22 octobre 2015





## ATTESTATION

Je soussignée Madame Sylvie BUGLIONI, Directrice du Département du Matériel Roulant Fer, atteste que la Société ALSTOM Transport SA, dont le siège social est situé au 48 rue Albert Dhalenne, 93 400 Saint Ouen, France, a été le fournisseur de la Régie Autonome des Transports Parisiens, la RATP, pour l'étude, la production, les essais, la mise en service, le service après-vente, la fourniture de pièces de rechange et l'assistance technique aux équipes de maintenance pour les lignes suivantes du réseau RATP de Paris :

- **60 tramways** Citadis 302 pour la Ligne T2, qui sont entrés en service commercial entre décembre 2002 pour le premier et novembre 2012 pour le dernier.
- **46 tramways** Citadis 402 pour la Ligne T3, qui sont entrés en service commercial entre décembre 2006 pour le premier et décembre 2012 pour le dernier.
- **19 tramways** Citadis 302 pour la Ligne T7, qui sont entrés en service commercial en novembre 2013.
- **20 tramways** Citadis 302 pour la Ligne T8, qui sont entrés en service commercial en décembre 2014.

Ces matériels roulants, dont le total constitue 145 tramways, ont été livrés par Alstom Transport dans les délais et les coûts entre décembre 2002 pour la première et décembre 2014 pour la dernière. Ces tramways ont un excellent comportement en exploitation et donnent entière satisfaction aux passagers, et à la RATP.

Sylvie BUGLIONI  
Directrice  
Département MRF

Fait à Paris, le 14 octobre 2015



## ATTESTATION

Je soussigné, Monsieur Jean-Gérard PAUMIER, Vice-Président de la Communauté d'agglomération Tour(s)plus, atteste que la Société ALSTOM Transport SA, dont le siège social est situé au 48 rue Albert Dhalenne, 93400 Saint-Ouen, France, a été le fournisseur de la Communauté d'agglomération Tour(s)plus, pour l'acquisition de 21 rames Citadis bi-directionnelles 100% planchers bas pour un montant de 73 millions d'euros (HT).

Ces matériels roulants, dont le total constitue 21 rames du tramway, ont été livrés par Alstom Transport dans les délais et les coûts entre Septembre 2012 pour la première et Juillet 2013 pour la dernière. Ces tramways ont un excellent comportement en exploitation et donnent entière satisfaction. La mise en service commerciale a eu lieu le 31 août 2013 avec succès.

Etablie pour servir et valoir ce que de droit.

A Tours,  
Le 21 octobre 2015

Le Vice-Président délégué



Jean-Gérard PAUMIER

Fait à Aubagne, le 8 octobre 2014

## ATTESTATION

Je soussignée Madame Nathalie CASTAN, Directrice Transports de la communauté d'Agglomération du Pays d'Aubagne et de l'Étoile, atteste que la Société ALSTOM Transport SA, dont le siège social est situé au 3 avenue André Malraux, 92300 Levallois-Perret, France, est le fournisseur de la Communauté d'agglomération du pays d'Aubagne et de l'Étoile, pour l'étude, la production, les essais, la mise en service, le service après-vente, la fourniture de pièces de rechange et l'assistance technique aux équipes de maintenance pour la ligne 1 du réseau de la ville d'Aubagne de :

- **8 tramways Citadis 202.**

Ces matériels roulants ont été livrés par Alstom Transport dans les délais et les coûts pour une mise en service de la ligne en Septembre 2014. Ces tramways ont un excellent comportement en exploitation et donnent entière satisfaction aux passagers, et à la Communauté d'Agglomération du Pays d'Aubagne et de l'Étoile.

Nathalie CASTAN

Directrice du service Transport et  
Déplacement

To whom it may concern

20 November 2015

Dear Sirs

**Re: Nottingham Express Transit – Phase 2 : Alstom Transport**

Tramlink Nottingham Ltd is contracted to build Nottingham Express Transit Phase Two and operate the network under a Design, Build, Finance, Operate and Maintain 23 year concession agreement. It had a Design and Build Contract for new tram Lines 2 & 3 (Nottingham Express Transit Phase 2) in which ALSTOM TRANSPORT was in a Joint Venture arrangement with a civil construction partner and delivered a turnkey tramway system which includes:

- Rolling Stock: 22 CITADIS 302 tramways
- Line infrastructure: 17.5 km of double track both in concrete and ballast  
750 V overhead contact line and 7 new power supply substations  
27 new tram stops, introduction of ticket vending machines  
Signalling and telecommunication systems  
Upgrades to the existing line 1 power supply, signalling and TVM
- Extension of the existing depot facilities with 1,3 km of additional track
- 2 new 'park and ride' facilities

The project's practical completion occurred on 24<sup>th</sup> August 2015 in accordance with the agreement.

In addition ALSTOM TRANSPORT has a subcontract from the Operations and Maintenance Joint Venture to provide the maintenance of the trams for a period of 23 years. The concession agreement and start of the maintenance subcontract is dated 15<sup>th</sup> December 2011.

Since 15<sup>th</sup> December 2011, ALSTOM TRANSPORT has been providing spare parts and maintenance services for the Line 1 fleet of 15 Bombardier INCENTRO trams. A summary of the features of Line 1 is as below:

- Line infrastructure: 14.5 km of double track both in concrete and ballast  
750 V overhead contact line and 6 power supply substations  
23 tram stops  
Signalling and telecommunication systems
- 1 Operating Control Centre, stabling and maintenance depot in Wilkinson Street
- 5 'park and ride' facilities with 3000 spaces each

Since 24<sup>th</sup> August 2015, ALSTOM TRANSPORT has been providing spare parts and maintenance services for the full fleet of trams on all 3 Lines and is contracted to do so until 15<sup>th</sup> December 2034 in accordance with the concession agreement.

Tramlink Nottingham is delighted with the very efficient and effective performance of ALSTOM TRANSPORT in taking over the existing service of Line 1 very smoothly and in the performance to date against the daily and monthly operational performance measures of Lines 1, 2 and 3.

Yours sincerely



Phil Hewitt  
Executive Chairman



**CODICE R.3**

Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile.

---

## **ALLEGATO 3**

---

### **SCHEMA ALIMENTAZIONE MT**

---

