

COMUNE DI TORINO



TRANVIE DI TORINO - LINEA 4

**MODIFICA DEL CAPOLINEA DI FALCHERA CON LA REALIZZAZIONE
DI UN ANELLO DI RITORNO**

**PROGETTO DI FATTIBILITA'
TECNICO ECONOMICA**



IL PROGETTISTA

STAZIONE
APPALTANTE

Ing. F. Calamusa
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Torino
n. B131

R.U.P. GTT
Geom. A. Bazzan

RELAZIONE TECNICA

ELABORATO

REV.

int.

est.

SCALA

DATA

TT04FAC0FZOOGENR003

0

0

07/06/2024

AGGIORNAMENTI

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.	VISTO
00	EMISSIONE	06/2024	Team	FAz/FRI	FCa	ABa

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

CSP

Infr. tranviaria e computi: Geom. P. Massaglia

Impianti di trazione: P.I. I. Giammo'

Rilievi: Geom. P. Massaglia; Geom. G. Macrì

Geologia e archeologia: Dott. S. Strippoli

Ambiente: Dott.ssa P. Merafina

Sicurezza e cantieri: Ing. F. Cocito; Arch. L. Rizzo

Strutture: Ing. E. Cadamauro; Ing. P. DeMartini

Sis. Superficiali: Arch. D. Lamberti

Ing. F. Cocito

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 1 di 54
		REV. 00

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	ARMAMENTO	4
2.1	Scopo e applicazione	4
2.2	Norme di riferimento	4
2.3	Descrizione dell'intervento.....	5
2.4	Schema rotaia	5
2.5	Distanze minime degli ostacoli.....	7
2.6	Tolleranze di posa	7
2.7	Isolamento acustico.....	7
3	TRAZIONE ELETTRICA.....	9
3.1	Aspetti generali	9
3.2	Normativa di riferimento	9
3.3	Classificazione e valutazione dei rischi.....	10
3.4	Descrizione dei carichi elettrici di trazione	10
3.5	Alimentazione trazione.....	11
	3.5.1 <i>Descrizione della rete</i>	11
	3.5.2 <i>Schema di alimentazione</i>	12
	3.5.3 <i>Verifica della distribuzione elettrica di trazione</i>	18
3.6	Protezione dalle correnti vaganti.....	18
3.7	Rete di sostegno	19
3.8	Protezione dalle scariche atmosferiche.....	21
4	IMPIANTO DEVIATOIO TRANVIARIO.....	22
4.1	Descrizione generale.....	22
4.2	Compatibilità con rete tranviaria di Torino	22
4.3	Architettura del comando scambio	23
	4.3.1 <i>Acronimi</i>	23
	4.3.2 <i>Posti periferici di controllo</i>	24
	4.3.3 <i>Indicazioni di carattere generale sulla gestione delle rotte</i>	24
	4.3.4 <i>Armadi PPC</i>	28
4.4	Circuiti di rilevamento veicolo	34

4.4.1	<i>Circuito di localizzazione HFK - MD</i>	34
4.4.2	<i>Circuito di binario HFP - CDB</i>	37
4.5	Sistema di comunicazione bordo/terra - VECOM	41
4.5.1	<i>Caratteristiche</i>	42
4.5.2	<i>Struttura del sistema</i>	42
4.5.3	<i>Funzionamento del sistema</i>	43
4.5.4	<i>Configurazioni</i>	44
4.5.5	<i>Protocollo di comunicazione</i>	44
4.6	Casse di manovra	44
4.7	Dimensionamento e distribuzione	46
4.8	Dimensionamento impianto di terra	48
4.9	Provvedimenti di protezione aggiuntivi	49
4.10	Selettività.....	52
4.11	Misura della resistenza di terra di binario	52
4.12	Modifiche allo schema unifilare del produttore	53
4.13	Suddivisione delle attività	53
5	ALLEGATI	54

 infrastrutture per la mobilità	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 3 di 54
		REV. 00

1 PREMESSA

Il progetto per la realizzazione del nuovo capolinea comprende tutto quanto necessario per la realizzazione di un nuovo impianto tranviario.

Di seguito l'elenco delle macro-attività previste in progetto:

1. disfacimento dell'attuale tratto finale del capolinea con la demolizione della piattaforma tranviaria e recupero dei binari; demolizioni e scavi su tutta l'area di intervento per la realizzazione del cassonetto di posa del nuovo binario e delle opere connesse;
2. movimenti terra per livellamenti, opere propedeutiche impiantistiche e per sottoservizi;
3. realizzazione di opere civili connesse all'infrastruttura tranviaria, basamenti pali, muretti di contenimento e getti in cls;
4. realizzazione di infrastruttura tranviaria singolo binario con metodologia tradizionale su traversa, con l'inserimento nella sottostruttura di materiali idonei alla mitigazione e contenimento delle vibrazioni prodotte dal contatto ruota/rotaia delle linee tranviarie verso gli edifici presenti; posa di gruppo scambio di ingresso raddoppio del tipo a radiofrequenza;
5. realizzazione impianto di drenaggio;
6. installazione di palificazione e mensole per sostegno linea aerea;
7. completa sistemazione superficiale della sede tranviaria, con realizzazione di percorso protetto laterale;
8. installazione della linea aerea di contatto;
9. assistenza alla realizzazione degli impianti e per l'installazione degli apparati dello scambio a radiofrequenza;
10. sistemazioni e ripristini stradali;
11. completamenti e collaudi.

Lo standard utilizzato per la progettazione degli impianti è quello già presente sulla restante rete tranviaria. Per mantenere inalterate le caratteristiche manutentive già in uso, consentendo un sensibile risparmio dovuto all'approvvigionamento dei pezzi di ricambio, occorre procedere all'acquisizione dei materiali conformi a quelli esistenti, in particolare gli scambi ed il sistema di sospensione della linea aerea, oltre che mantenere in essere le caratteristiche geometriche occorrenti per consentire a GTT l'utilizzo di tutte le motrici attualmente esistenti. A tal fine le forniture dei binari e dello scambio per il progetto verranno fornite da GTT.

Nella presente relazione tecnica sono identificati i criteri di scelta e dimensionamento, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento, utilizzati per la definizione delle parti d'opera specialistiche, in particolare per la scelta del sistema di armamento e per la trazione elettrica.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 4 di 54
		REV. 00

2 ARMAMENTO

2.1 *Scopo e applicazione*

Il presente capitolato tecnico, insieme con gli elaborati di riferimento, hanno lo scopo di definire le caratteristiche del sistema armamento applicato al progetto.

In particolare, si definisce:

- la geometria dei binari: andamento plano-altimetrico, tolleranze di posa;
- le caratteristiche dei materiali;
- le modalità costruttive che devono essere osservate per la posa dei binari.

Gli obiettivi primari del sistema armamento sono:

1. assicurare la marcia regolare dei rotabili, minimizzando l'emissione e la propagazione di rumore e vibrazioni, nonché i fenomeni di usura ondulatoria delle rotaie;
2. adottare componenti di cui sia assicurata la disponibilità nel lungo periodo;
3. fornire un adeguato isolamento elettrico fra le rotaie e la terra, per limitare le correnti disperse.

La GTT fornirà i binari costituenti l'armamento previsto. Per questi materiali saranno dati i dettagli strettamente necessari per individuarli e per la posa in opera. Si ritiene implicitamente che i materiali soddisfino tutte le specifiche di fornitura solitamente richieste da GTT.

2.2 *Norme di riferimento*

Le opere di armamento contemplate dal presente progetto devono essere conformi alla legislazione e alla normativa vigenti. In particolare, devono essere rispettati i dettami di:

- direttive della UE, se direttamente applicabili,
- leggi, decreti e circolari dello Stato Italiano,
- istruzioni e norme di enti normatori (UNI, CEI, EN, ISO, ecc.), fermo restando il concetto generalmente applicabile dell'esecuzione "a perfetta regola d'arte".

Di seguito vengono elencate leggi e norme esplicitamente richiamate nel prosieguo del presente capitolato, per quanto riguarda i materiali non direttamente forniti da GTT. Il reperimento della normativa è a carico dell'Appaltatore. Per i materiali forniti direttamente da GTT, le norme citate servono solo ad individuare il componente e pertanto non è necessario che siano reperite dall'Appaltatore.

L'Appaltatore sarà obbligato alla verifica delle norme successivamente citate, per quanto attiene la validità e l'aggiornamento, al momento della realizzazione delle opere:

- UNI 560 Prove meccaniche dei materiali metallici – Prova di durezza Brinell.

	<p>TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 5 di 54</p> <hr/> <p>REV. 00</p>
---	--	--

- UNI EN 124 Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli – Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo.
- UNI 3332 Carrozze motrici tranviarie urbane – Cerchioni delle ruote.
- UNI 3648 Linee tranviarie con rotaie a gola – Definizioni di scartamento di binario, di binario a scartamento ordinario e a scartamento ridotto.
- UNI 3693 Materiale d’armamento di binari tramviari – Nomenclatura.
- UNI 7156 Tranvie urbane ed extraurbane – Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario.

2.3 Descrizione dell’intervento

Il tracciato si sviluppa a partire da circa 90 m prima della fine dell’attuale capolinea di Falchera, in corrispondenza del passaggio pedonale dopo la fermata di capolinea, e, con uno sviluppo complessivo di m 270 circa, costituisce il nuovo capolinea ad anello.

Dopo circa m 90 dall’inizio dell’intervento la linea inizia a curvare con raggio minimo 22,50 m e pendenza del 1 %, fino al punto di flesso all’incirca a metà anello, per poi risalire in quota con la stessa pendenza. Il minimo raggiunto rispetto alla quota del terreno è di circa 1,20 m.

Dopo l’anello il tracciato si sviluppa successivamente in modo parallelo a via delle Querce, a cavallo tra l’attuale marciapiede e la zona a verde.

La tipologia di armamento prevista è con binario su ballast, per sede riservata, con traverse in legno e rotaie a gola, con pavimentazione a prato armato.

2.4 Schema rotaia

L’impianto tranviario è progettato secondo lo standard già in essere per la Città di Torino, al fine di consentire il corretto utilizzo delle motrici tranviarie disponibili nel parco mezzi di GTT S.p.A. e per garantire continuità alle caratteristiche manutentive già in uso presso l’Esercente, con conseguente risparmio nell’approvvigionamento dei pezzi di ricambio (binario, scambi, sistema di sospensione della linea aerea, ecc.).

Il modello di rotaia e posa utilizzato in progetto ricalca lo schema tipologico su traversa secondo la seguente sezione:

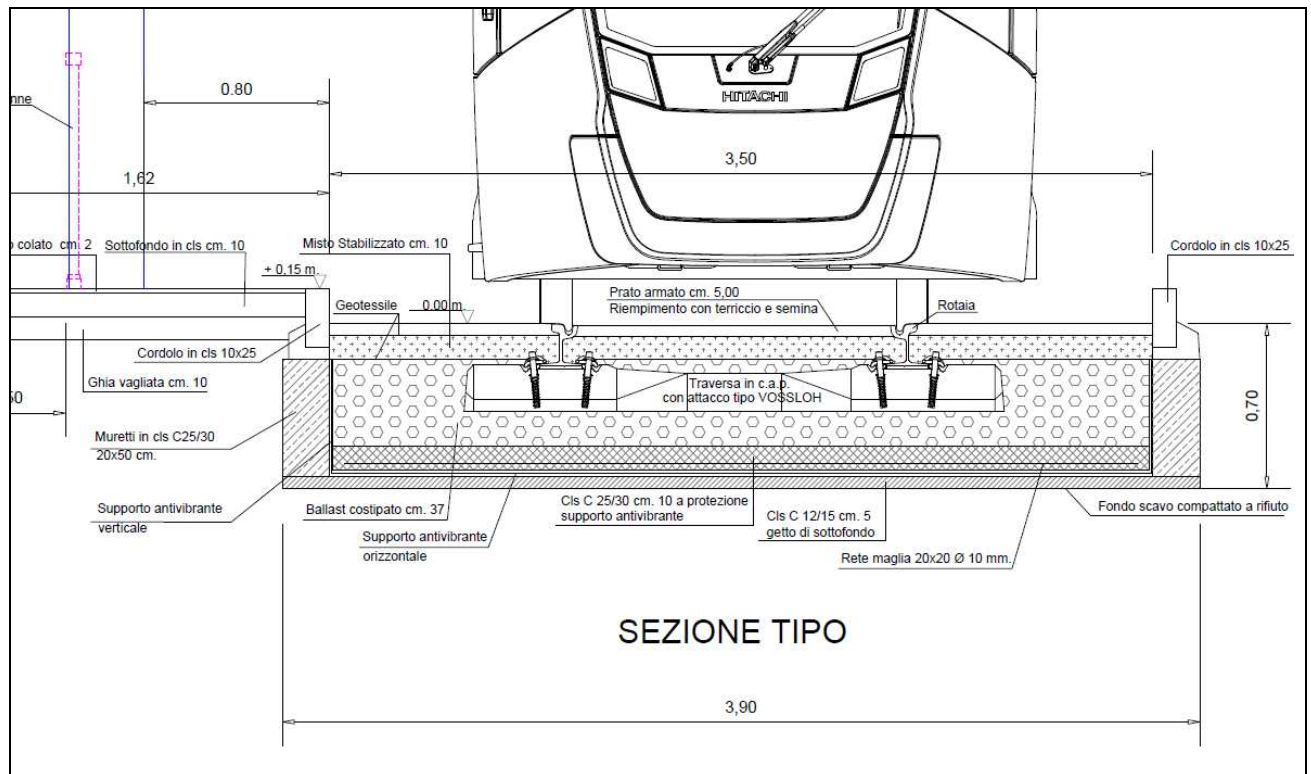


fig. sezione applicata

Si riassumono di seguito le caratteristiche tipologiche più significative dell'armamento:

- tipo di rotaia in retta: 60R2 (ex RI60N)
- tipo di rotaia in curva: 62R2 (ex NP4AS)
- tipo di rotaia per la costruzione delle gambette incroci: 105C1 (ex D180/260)
- costruzione dei cuori per gli incroci e scambi (massello): 76C1 (ex VKRI60)
- scambi realizzati con lingua sfilabile identica a quelle in uso presso GTT
- casse per il comando scambi identiche a quelle in uso presso GTT
- scartamento in retta: 1445 mm (tolleranza +2mm -1 mm)
- scartamento in curva: da 1445 mm a 1450 mm
- raggio minimo orizzontale interno curva piena linea dove possibile: 20,5 m
- raggi verticali concavi e convessi maggiori o uguali a: 350 m
- sopraelevazione in curva tra le rotaie: da 20 mm a 40 mm

La sezione del pacchetto di fondazione della sede tranviaria presenterà caratteristiche sostanzialmente omogenee lungo tutto il tracciato, a meno di alcuni limitati adattamenti in relazione a vincoli puntuali quali la presenza di sottoservizi interferenti.

Le saldature dei giunti tra le rotaie sono del tipo alluminotermiche, e vengono eseguite alla temperatura di preriscaldamento a circa 400 °C, lasciando uno spazio di 20 mm tra le rotaie prima della saldatura, successivamente sgrossata mediante trancia e finitura con successiva molatura.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 7 di 54 <hr/> REV. 00
---	---	-------------------------------

2.5 Distanze minime degli ostacoli

Fra ostacoli fissi e asse del binario più vicino devono essere rispettate le distanze prescritte dalla norma UNI 7156, sulla base delle dimensioni dei rotabili più ingombranti del parco GTT. Lo stesso vale per gli ostacoli discontinui (distanza minima di 500 mm). Per i pali della linea aerea deve essere invece applicata la distanza minima prescritta dalla norma CEI 50122-1 allegato I.

2.6 Tolleranze di posa

Sul valore dello scartamento di 1445 mm sono ammesse tolleranze di:

- +1 / -2 mm in rettilineo;
- +2 / -1 mm in curva.

La differenza di scartamento fra un appoggio e quello successivo non deve essere maggiore di 1 mm.

Le tolleranze sullo scartamento degli scambi devono essere indicate sui disegni costruttivi di essi.

Sull'allineamento orizzontale sono ammesse tolleranze di ± 5 mm, per binario su ballast. Sulle quote del PdF è ammessa una tolleranza di ± 5 mm.

Sulla sopraelevazione della rotaia esterna su quella interna è ammessa una tolleranza di ± 3 mm.

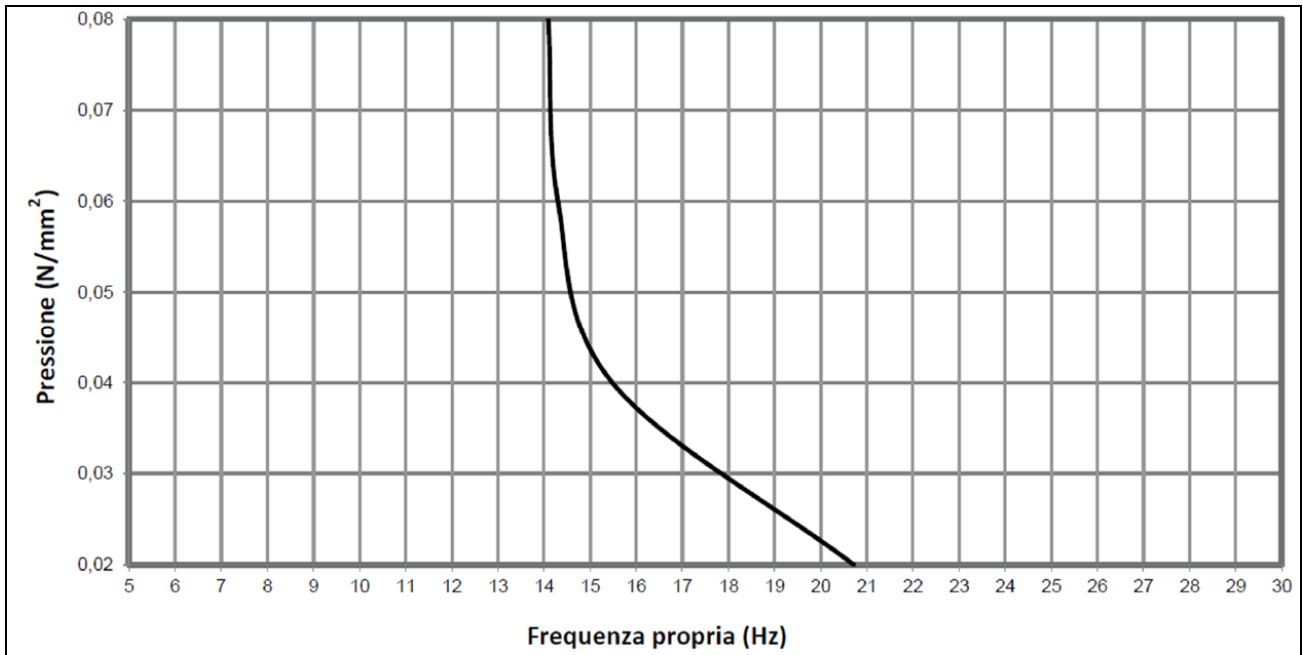
Lo sghembo, misurato fra due sezioni distanti 1 m fra di loro, non deve essere maggiore di 1,5 mm nelle tratte con sopraelevazione nulla o uniforme; deve avere il valore stabilito dal progetto con scostamenti limite di ± 1 mm nei tratti di raccordo di sopraelevazione.

2.7 Isolamento acustico

Lungo tutto il tracciato sarà presente un supporto antivibrante, la cui tipologia è riconducibile allo studio, analisi e alle risultanze della verifica di impatto acustico presente in progetto.

Sarà utilizzato un sistema massa molla realizzato per mezzo dell'impiego di un supporto elastico in lastre del tipo Isolgomma Matrack M25 AVC 500" o equivalente.

Il supporto indicato presenta una curva di risposta in funzione del carico a cui è sottoposto, che evidenzia una frequenza di risonanza compresa tra 14 e 15 Hz in una ampia gamma di carico specifico [N/mm²] come da grafico seguente estratto dalla scheda tecnica del prodotto.



	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 9 di 54 REV. 00
---	---	-------------------------

3 TRAZIONE ELETTRICA

3.1 *Aspetti generali*

Gli impianti di trazione elettrica, compresi gli impianti di messa a terra e di ritorno della corrente negativa, sono funzionali all'infrastruttura e garantiscono la sicurezza delle cose e delle persone nei limiti richiesti dalle normative specifiche per ogni tipologia di impianto.

Per la parte di trazione elettrica le nuove installazioni rappresentano un'estensione funzionale di quelle esistenti, ragione per cui il progetto ed il dimensionamento degli impianti considera implicitamente anche la verifica di quelli esistenti.

Nel presente capitolo sono calcolati e verificati i parametri elettrici di sicurezza, in particolare la corrente di cortocircuito a fine linea per la verifica delle protezioni in Sotto Stazione Elettrica (SSE) e la caduta di tensione ammissibile di rete per la verifica della funzionalità dei mezzi (range di utilizzo), secondo normativa vigente, in funzione delle scelte progettuali e delle caratteristiche del filo di contatto e della struttura portante applicata. Sono inoltre verificati gli aspetti relativi alla messa a terra degli elementi dell'infrastruttura e per i pericoli derivanti dalle correnti vaganti, tipici degli impianti di trazione elettrica con ritorno tramite rotaia conduttrice.

3.2 *Normativa di riferimento*

- D.Lgs. 81/2008 "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro"
- D.M. 22.01.2008 n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici."
- Norme UNIFER

Norme CEI ed in particolare:

- CEI EN 50119 (Linee aeree di contatto per trazione elettrica);
 - CEI EN 50122-1 (Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra);
 - CEI EN 50122-2 (Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causati dai sistemi di trazione a corrente continua);
 - CEI EN 50123 (Apparecchiature a corrente continua);
 - CEI EN 50162 (Protezione contro la corrosione da correnti vaganti causate dai sistemi elettrici a corrente continua);
 - CEI EN 50163 (Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione);
- e successive modifiche e integrazioni.

3.3 Classificazione e valutazione dei rischi

Gli impianti di trazione sono del tipo a linea aerea di contatto (rif. CEI EN 50119-1, 3.1.5 e 3.1.7) a corrente continua in bassa tensione 600Vdc col binario che ha funzionalità di circuito di ritorno. Per tali impianti è prescritta una zona di linea di contatto (art. 4.1 CEN EN 50122-1) in cui è necessario, nei casi disposti dalla suddetta norma, l'utilizzo di un dispositivo limitatore di tensione (VLD), interposto fra le parti conduttrici esposte e il circuito di ritorno. A tal fine sono garantite le distanze di sicurezza prescritte dall'allegato I della CEN EN 50122-1 ed. 2023.

Per quanto attiene la protezione dalle correnti vaganti si rimanda al paragrafo specifico.

3.4 Descrizione dei carichi elettrici di trazione

I carichi da alimentare sono costituiti dalle motrici tranviarie in circolazione facenti parte del parco veicoli dell'esercente GTT. Le caratteristiche di ogni motrice sono indicate nelle tabelle allegate. Nello specifico caso della linea oggetto di intervento, saranno utilizzate le nuove motrice della serie 8000 di recente fornitura da parte del Gestore GTT Spa. Di seguito una tabella descrittiva delle caratteristiche principali del veicolo:

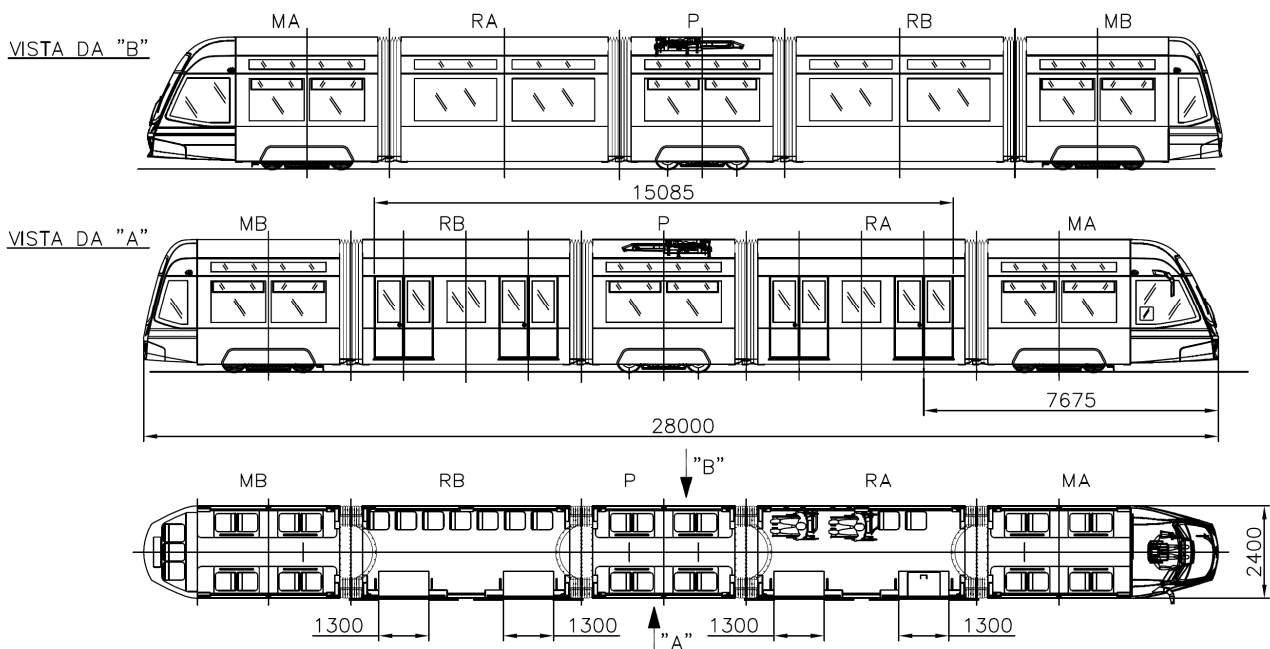


fig. schemi nuovo tram serie 8000

Di seguito i dati di trazione del veicolo in condizioni normali di carico massimo:

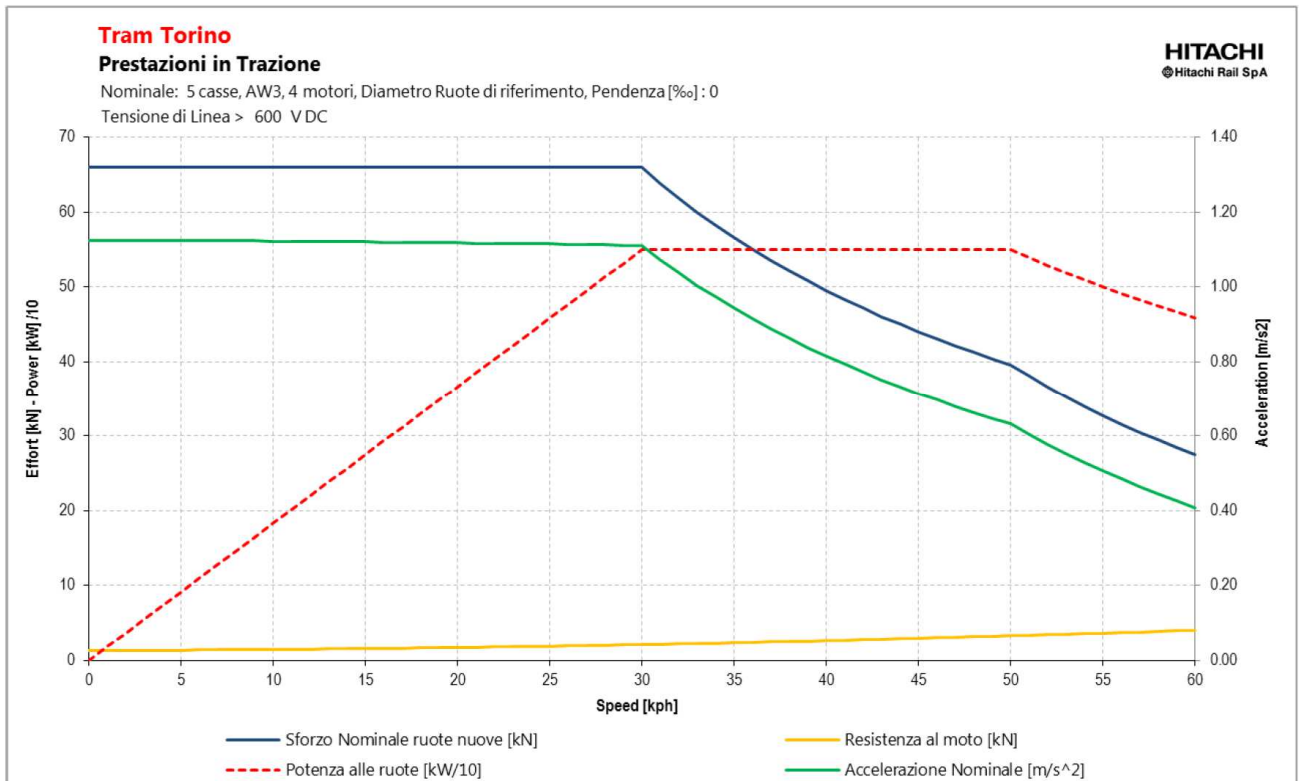


fig. caratteristiche di trazione veicolo serie 8000

Sforzo Massimo di Trazione	[kN]	66.0
Potenza del Treno alle ruote	[kW]	550
Massima Accelerazione	[m/s ²]	1.12
Accelerazione media [0-30 km/h]	[m/s ²]	1.02
Aderenza media impegnata	[%]	17.6

tab. caratteristiche di trazione veicolo serie 8000

3.5 Alimentazione trazione

3.5.1 Descrizione della rete

L'alimentazione elettrica della rete tranviaria di Torino avviene alla tensione nominale di 600 Vdc (range applicato +20% / -33%) con suddivisione in zone di alimentazione, ciascuna delimitata nella parte aerea da divisori di tratta (isolati) e alimentata da cavi tipicamente sotterranei sottesi alla protezione della singola zona. Si allega alla presente relazione la pianta planimetrica delle zone elettriche di alimentazione della città di Torino.

In genere ogni singola zona è alimentata da due alimentazioni: una principale e una di riserva che non funzionano in parallelo. Pertanto, un solo interruttore extrarapido generale per volta, posto in una SSE protegge l'intera zona alimentata.

Risulta necessario procedere con la valutazione dello stato di fatto degli impianti, al fine di garantire che gli interventi non comportino necessità o modifiche nelle sottostazioni e/o distribuzioni principali esistenti.

3.5.2 Schema di alimentazione

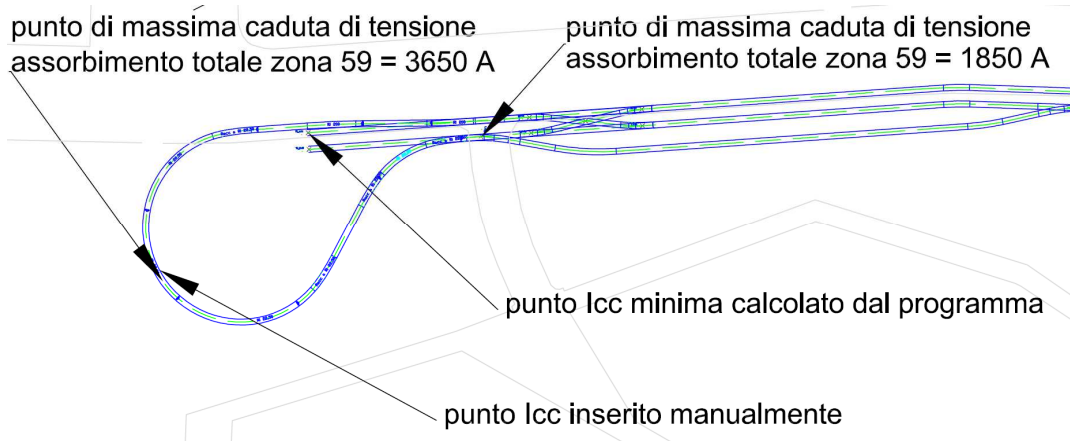
La linea tranviaria che transitata in via Delle Querce e termina al capolinea, oggetto di intervento, è sottesa alla zona di alimentazione elettrica n° 59, alimentata a partire dalle SSE con interruttori extrarapidi tarati come da tabella sottoindicata, nella quale si evidenzia la corrente di assorbimento imposta per il calcolo della zona e la corrente di corto circuito calcolata, allo stato attuale e con l'inserimento dell'anello di ritorno.

Il calcolo è stato effettuato con un programma di calcolo dedicato, che tiene conto sia della magliatura della rete di trazione che della posizione delle motrici inserite nel circuito, risolvendo tutte le equazioni di Kirchhoff alle maglie per ricavare la minima corrente di corto circuito e la massima caduta di tensione. Il programma considera anche la resistenza interna della SSE. I dati contenuti nella tabella seguente sono stati ottenuti considerando la sezione della linea di contatto pari a 220 mm². Si ottiene un risultato cautelativo poiché la sezione reale dovrebbe essere di 440 mm² senza considerare gli ulteriori collegamenti equipotenziali che ridurrebbero ulteriormente la resistenza equivalente migliorando ancora i risultati dei calcoli.

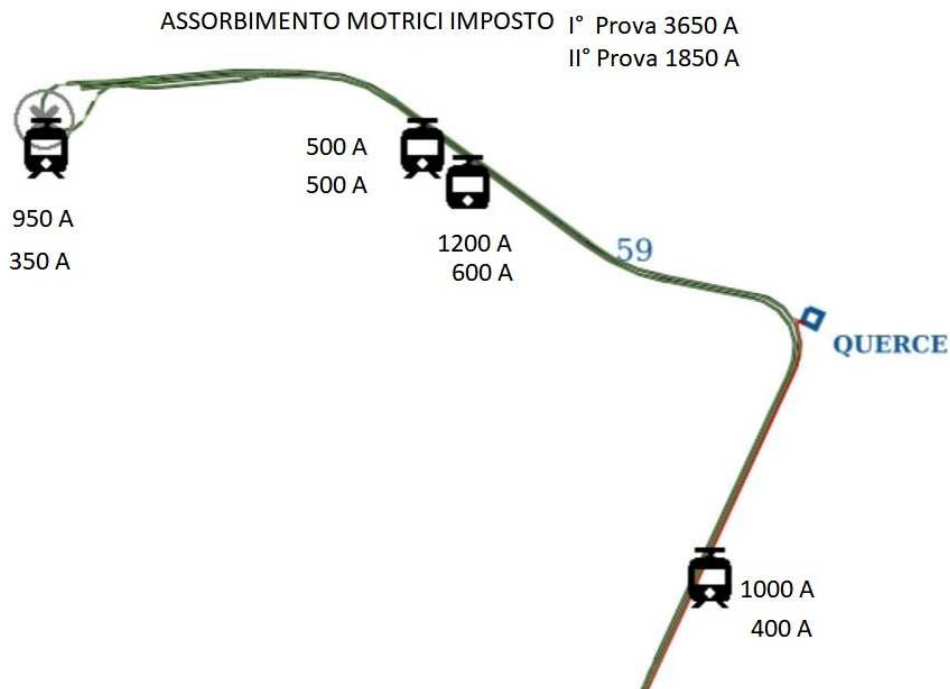
n° zona	Nome zona	SSE	Taratura interruttore (A)	Assorbimento totale zona imposto (A)	Minima tensione (Volt) Con 1850 A	Assorbimento totale zona imposto (A)	Minima tensione (Volt) Con 3650 A	Icc presunta da SSE Situazione attuale	Icc presunta da SSE situazione con anello di ritorno
59	Falchera	Querce (Primaria)	4000	1850	577,22	3650	517,63	10900	10920
59	Falchera	Stura	4500	1850	516,87	3650	400,53	8800	8844

Non avendo misure elettriche di assorbimento recenti della zona in oggetto, si sono ipotizzati due valori di assorbimento e si sono ottenuti dei valori di tensione minimi, si ricorda che il calcolo è stato eseguito considerando la sezione della rete aerea pari a 220 mm². Considerando la sezione pari a 440 mm², valore più reale, la tensione minima ottenuta con il carico di 3650 A è uguale a 545,45 Volt da SSE Querce e 443,35 da SSE Stura e con 1850 A le tensioni minime salgono rispettivamente a 590,47 e 538, 21, valori ampiamente rispondenti alle normative. In ogni caso nessuno dei dati calcolati, anche in funzione delle varie considerazioni fatte, è fonte di preoccupazione anche in virtù del fatto che i risultati peggiori sono ottenuti con il calcolo relativo alla SSE di riserva.

Nella figura seguente sono visibili i punti in cui si sono riscontrate le tensioni più basse e i punti relativi alla Icc individuata dal programma e inserito manualmente.



Nella figura seguente sono rappresentati i punti in cui sono state inserite le motrici per eseguire il calcolo delle cadute di tensione con indicati i singoli assorbimenti.



Di seguito sono inserite le tabelle contenenti tutti i risultati delle elaborazioni:

Verifica Icc

SITUAZIONE ATTUALE

SSE	Sez. LA (mm ²)	Icc (A)
Stura	95	4282,878
Querce	95	6398,096
Stura	220	6836,932
Querce	220	10908,98
Stura	440	8840,205
Querce	440	14919,82

SITUAZIONE CON ANELLO DI RITORNO (punto individuato dal programma)

SSE	Sez. LA (mm ²)	Icc (A)
Stura	95	4287,034
Querce	95	6398,313
Stura	220	6841,503
Querce	220	10920,58
Stura	440	8844,026
Querce	440	14930,66

SITUAZIONE CON ANELLO DI RITORNO (Icc in punto centrale anello; punto inserito manualmente)

SSE	Sez. LA (mm ²)	Icc (A)
Stura	95	4588,705
Querce	95	7094,037
Stura	220	7605,04
Querce	220	13004,16
Stura	440	10137,98
Querce	440	19028,13

Verifica cadute di tensione

Con assorbimento totale imposto pari a 1850 A

SSE	Sez. LA (mm ²)	Tensione minima (Volt)
STURA	95	460,8
QUERCE	95	542,4
STURA	220	516,87
QUERCE	220	577,22
STURA	440	538,21
QUERCE	440	590,47

Con assorbimento totale imposto pari a 3650 A

SSE	Sez. LA (mm ²)	Tensione minima (Volt)
STURA	95	287,97
QUERCE	95	444,44
STURA	220	400,56
QUERCE	220	517,63
STURA	440	443,35
QUERCE	440	545,45

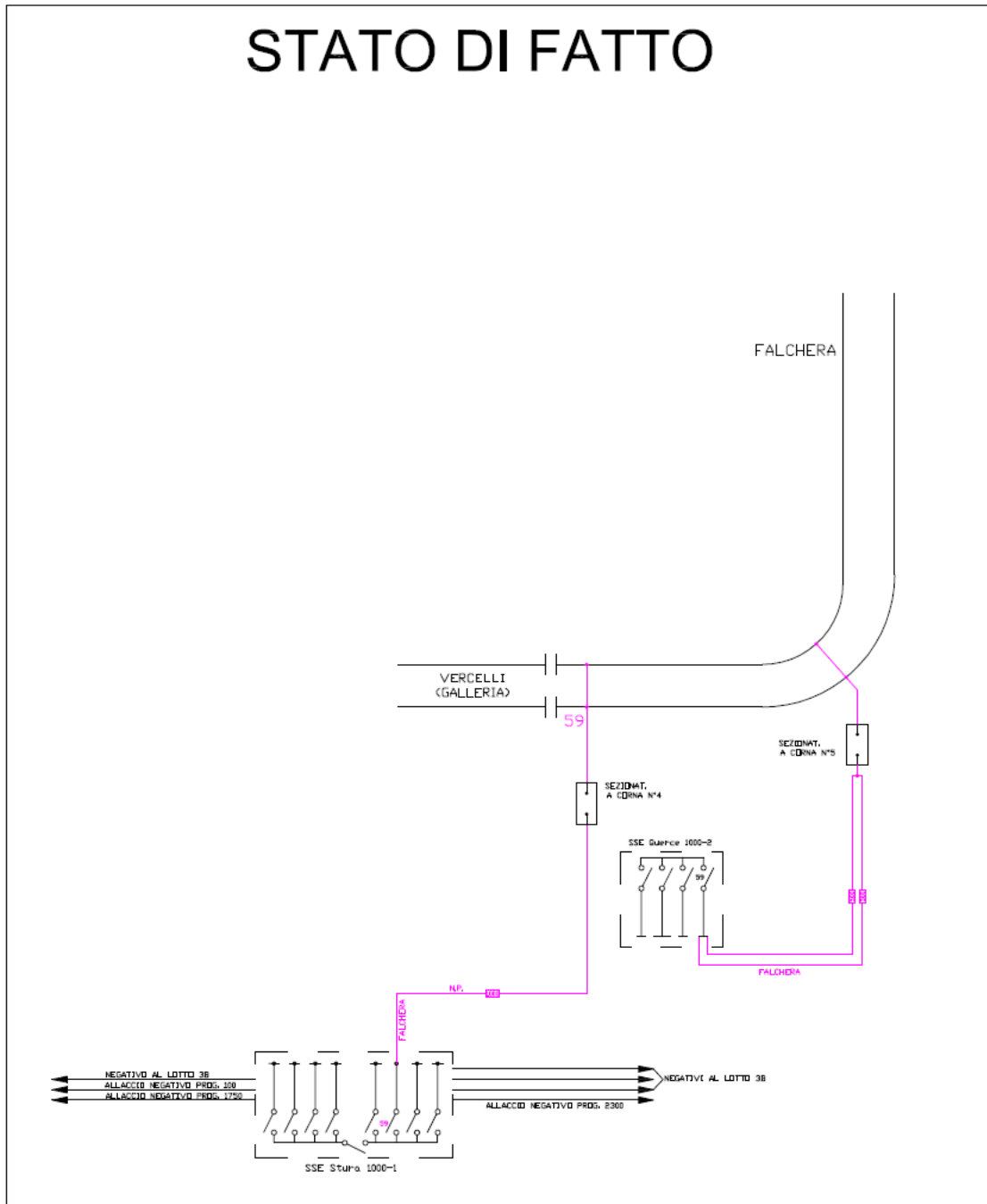
In caso di mancanza dell'alimentazione principale, la zona può essere alimentata con alimentazione di riserva proveniente dalla SSE secondaria.

Di seguito si elencano le principali caratteristiche tecniche delle SSE:

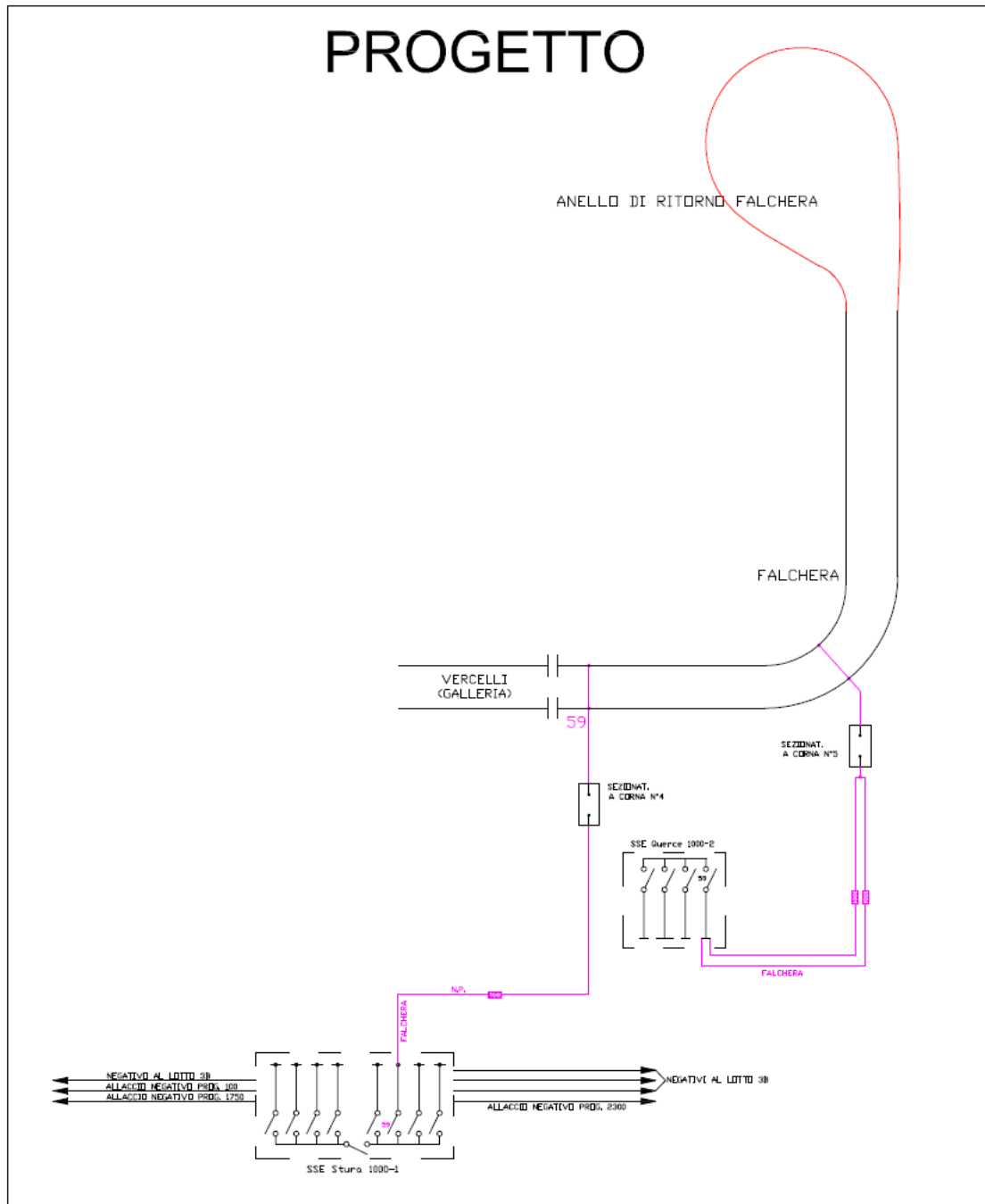
- Trasformatore MT trifase o Y o Δ / bt Δ -Y esafase, 27 kV / 460 V
- Conversione 460 Vac esafase/ 580 Vdc.

I cavi in arrivo dalle SSE sulla zona di interesse sopra citata, si congiungono in apposite cassette di derivazione sotterranee, per poi risalire fino ai vari alimentatori di zona collegati alla linea aerea con cavi di sezione normalmente da 240 mm². I cavi interrati positivi e negativi hanno sezioni e formazioni che partono da un minimo di un cavo da 500 mm² di sezione in rame, per raggiungere il massimo di tre cavi in parallelo da 1000 mm² di sezione in rame.

STATO DI FATTO



PROGETTO



Il filo di contatto da utilizzare per alimentare l'anello sarà di sezione 120 mm² e sarà sospeso da mensole, si ritiene non sia necessario, viste le basse velocità delle vetture in transito sull'anello di ritorno, l'utilizzo di una sezione maggiore. Qualora per ragioni di resistenza meccanica si rendesse necessaria si valuterà la posa di una portante in tensione.

Risultano implicitamente verificati i valori delle correnti precedentemente indicate.

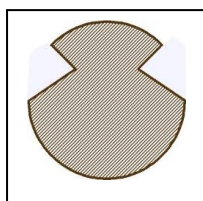
Per le specifiche di posizionamento e per le caratteristiche dei cavi di alimentazione sotterranei e aerei si vedano gli elaborati di progetto. Le forniture di cassetta di derivazione, quadro di sezionamento e cavi e la realizzazione delle giunte necessarie saranno a carico di GTT per le motivazioni sopra esposte.

3.5.3 Verifica della distribuzione elettrica di trazione

Obiettivo della verifica è determinare se sono necessari interventi di ripristino, sostituzione o di manutenzione straordinaria per la parte di trazione elettrica interessata dal progetto.

Filo di contatto

Per quanto attiene la linea aerea essa è costituita nell'intera tratta della zona 59 che va dalla fermata interrata al capolinea Falchera, da una coppia di fili di contatto in rame, di sezione 100 mm² e da una coppia di corde portanti da 120 mm² che portano ad una sezione nominale totale di circa 440 mm², la linea di contatto è sospesa sopra ogni binario ad un'altezza media di 5,2 m (con minimi a 4,8 m e massimi a 5,8 m), tramite una fitta rete di pali dotati di mensole. Il filo di contatto non ha una sezione piena circolare, ma ne ha una particolare ad intagli per facilitare il serraggio con morsetti, come sotto raffigurato.



La fornitura del filo sarà a carico di GTT. Non sono previste sostituzioni dei morsetti a coccodrillo di tenuta del filo esistenti.

Cavi di alimentazione sotterranei

Non è prevista la sostituzione di cavi sotterranei di alimentazione.

3.6 Protezione dalle correnti vaganti

In riferimento alla norma CEI EN 50122-2 il sistema oggetto di progettazione si identifica come un sistema ferroviario in corrente continua che utilizza le rotaie di corsa per trasportare la corrente di ritorno della trazione.

Al fine di minimizzare la corrente vagante generata dal sistema di trazione in corrente continua, la corrente di ritorno di trazione deve essere confinata per quanto possibile nel circuito di ritorno prestabilito.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 19 di 54 <hr/> REV. 00
---	---	--------------------------------

Per il suddetto motivo la progettazione del tratto di binario prevede che nella realizzazione in fase di costruzione edile della sezione tranviaria sia utilizzato un opportuno materiale isolante costituito da:

- materassino in materiale isolante sia sul getto di fondo che contro il muretto di contenimento
- primo foglio di polietilene a protezione del materassino isolante
- secondo foglio di polietilene dopo il primo getto di calcestruzzo

Di seguito la verifica dei punti della norma sopra citata inerenti al progetto:

- Nessuna parte del circuito di ritorno ha connessioni volute con impianti, apparecchiature o strutture metalliche che non siano isolate da terra; pertanto, esiste la separazione elettrica tra il circuito di ritorno e le parti che fungono da elettrodo di terra, come richiesto dalle norme CEI EN 50122-2 art. 6.2.6.
- Le apparecchiature elettriche a 230 Vac non attinenti alla trazione sono alimentate ed hanno proprio impianto di terra separato dal circuito di ritorno del 600 Vdc.
- Si ritiene che non esistano connessioni conduttive dirette ai binari di altri sistemi di trazione in corrente continua.
- Le SSE oggi di competenza della ditta IRETI, in fase costruttiva furono configurate in modo tale da impedire che possa fluire corrente continua nella terra strutturale di sottostazione.
- Per quanto riguarda il soddisfacimento di quanto richiesto dalla norma CEI EN 50122-2 art. 7 "Provvedimenti per le strutture metalliche interferite", si conferma che i sistemi di terra dei vari impianti non sono collegati direttamente al circuito di ritorno formato dai binari.

Prima del collaudo definitivo sarebbe opportuno a cura del costruttore degli impianti effettuare le seguenti misurazioni previste dalla norma CEI 50122-2, per la valutazione e accettazione delle correnti vaganti:

- Criteri per la protezione dei binari tranviari: misura della conduttanza per unità di lunghezza tra binario e terra
- Criteri per strutture in cemento armato: non sussistono nelle immediate vicinanze eventuali strutture interferenti su cui valutare il valor medio della variazione di potenziale tra struttura interessata e terra nell'ora di maggior traffico, come da tabella 1 della EN 50162/2004

3.7 Rete di sostegno

Per il sostegno della linea aerea di alimentazione a 600 Vdc è prevista una palificazione con sistema a mensole tradizionali. La disposizione dei pali è riportata negli elaborati del progetto.

Pali

Il dimensionamento dei basamenti di sostegno dei pali della linea aerea è effettuato secondo il calcolo a gravità che controbilanci il ribaltamento del palo sottoposto alla massima forza su esso agente, quest'ultima comunque dovrà risultare inferiore a quella sopportabile dal palo, secondo i valori riportati nella tabella allegata, ove sono anche indicate le misure di massima prevedibili dei plinti. I calcoli costruttivi del dimensionamento del plinto saranno preventivamente effettuati da un professionista abilitato e a carico della Ditta appaltatrice. Come previsto negli elaborati di progetto, il plinto dovrà prevedere i ferri di ripartizione

nella parte inferiore e prevedere un foro di diametro 50 cm per il successivo alloggiamento del palo che verrà posizionato e fissato mediante iniezione di acqua e sabbia lasciando lo spazio per realizzare la sigillatura con collarino in CLS.

Le tipologie di pali T3 e T4 sono segnate nell'elaborato specifico.

Mensola

La tipologia di mensola da installare, costituita dai vari elementi, deve essere certificata come sistema complessivo, con dichiarazione dal costruttore/montatore a norma CEI 50119:2021 in doppio isolamento.

Pertanto, gli isolatori da utilizzare devono essere conformi a quanto indicato a par. 7.10 della suddetta norma:

- per isolatori in materiale ceramico/vetro: CEI 50124:2017 / 60305:1996 / 60672.1:1995 / 60672.3:1997/ 60433:1998;
- per isolatori in materiale composito: CEI 62621:2016
- per isolatori portanti: CEI 60273:2000
- per le funi sintetiche: CEI 50345:2009

Di seguito uno schema di esempio della mensola:

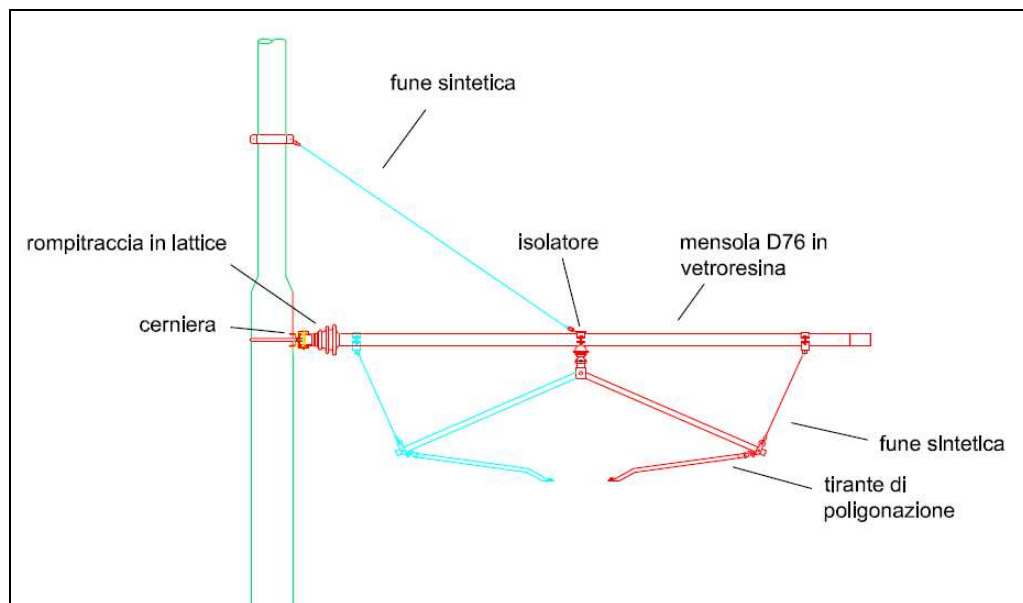


fig. schema mensola

Le funi sintetiche palo/mensola devono essere di lunghezza min. 1m (par.4.3.2 CEI 50345) per garantire il livello di isolamento prescritto.

Per la mensola in vetroresina sono richieste prove di tipo elettrico/meccanico secondo norme CEI.

La mensola deve poter essere tagliata secondo le condizioni di installazione, senza perdere la certificazione delle prove tipo. La lunghezza tipologica è di 4 m.

 infrastrutture per la mobilità	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 21 di 54
		REV. 00

3.8 Protezione dalle scariche atmosferiche

Il progetto non presenta nessun sistema affiorante su spazio all'aperto, in particolare per pali di tenuta della linea aerea e strutture di copertura delle fermate, per cui non è necessario alcun approfondimento sulla possibile protezione dalle scariche atmosferiche.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 22 di 54
		REV. 00

4 IMPIANTO DEVIATOIO TRANVIARIO

4.1 Descrizione generale

Il deviatoio (scambio) tranviario situato in uscita all'anello è denominato nella rete tranviaria di Torino con il numero 194, ed è fornito da GTT.

Esso asserva il cambio di rotta dei mezzi tranviari in deviatà, come indicato nelle tavole di progetto.

Il sistema complessivo di comando e attuazione dello scambio è costituito da:

- Apparati a bordo delle vetture tranviarie:
 - La centralina di programmazione in cabina guida.
 - Il manettino (joystick) per il comando manuale posto sul cruscotto di manovra in cabina guida.
 - Il transponder posizionato a sbalzo nella parte anteriore della vettura sotto cassa.
- Apparati di campo:
 - L'armadio elettronico di comando e controllo situato nelle vicinanze dello scambio (PPC).
 - L'antenna ricevente (LOOP) posta a circa 23m prima della cassa di manovra.
 - Il circuito di binario (CDB) lungo circa 12m.
 - Il rilevatore di massa metallica (MASS DETECTOR) situato tra le rotaie in prossimità delle lingue dello scambio.
 - La cassa di manovra, costituita da un motore elettrico a 230Vac e dagli apparati meccanici di movimentazione delle lingue dello scambio.
 - La lanterna a barre azzurre posta 9,5m prima dello scambio.

La presente relazione descrive l'architettura del sistema, allo scopo di garantire i corretti collegamenti delle parti elettriche ed elettroniche degli apparati di campo e la piena funzionalità dell'impianto. Gli apparati di bordo sono esclusi dal presente progetto in quanto già in essere presso la flotta di vetture tranviarie della Città di Torino. La cassa di manovra completa del motore elettrico per l'azionamento del deviatoio, il quadro di comando e gli apparati di campo saranno forniti dal costruttore della cassa scambio per le motivazioni di compatibilità sotto riportate.

4.2 Compatibilità con rete tranviaria di Torino

Come sopra menzionato, il comando degli scambi dalle apparecchiature di bordo è univoco per la rete tranviaria di Torino. A tal fine gli apparati di terra per la gestione del segnale di comando proveniente da bordo vettura, sono vincolati al sistema di ricezione e elaborazione dei segnali della stessa tipologia di quelli adottati per gli scambi presenti nella rete tranviaria di Torino. Tale sistema, da utilizzare anche nella realizzazione dello scambio in progetto, è identificato con l'acronimo **VECOM 8C**. Il sistema Vecom si

interfaccia con il sistema di controllo del posizionamento della vettura, che gestisce inoltre le sequenzialità degli I/O tramite un microprocessore modello **HN-P** anch'esso vincolato per le specificità sopra menzionate.

Le casse scambi presenti sulla rete tranviaria di Torino sono state specificatamente approvate dall'USTIF, ed il Gestore, per semplicità di manutenzione, ha la necessità di disporre le medesime tipologie di impianto. Si rende necessario che le medesime siano del tipo sotto menzionato.

- Hanning & Kahl modello HWE60 AVV ZVV (o sua evoluzione HWE61.1 AVV-ZVV)

oppure

- Prazska Strojirna modello VSP-1-K (o sua evoluzione).

Entrambe con alimentazione 230 Vca e complete di coperchi conformi alla classe D400 UNI EN 124.

Le casse scambi sono fornite complete di tutte le apparecchiature di comando e controllo ed esulano dalla presente progettazione.

4.3 Architettura del comando scambio

Il sistema di comando scambi è fondamentalmente basato sul principio della marcia a vista: il conducente del tram è responsabile dell'osservanza dei segnali disposti lungo il tracciato e della distanza tra il proprio veicolo e quello che lo precede. I segnali quindi aiutano il conducente nella marcia a vista ma ciò non solleva il conducente stesso dalle proprie responsabilità.

I principali componenti dell'impianto di comando scambi sono:

1. Posti Periferici di Controllo (PPC) ed apparti di binario;
2. Sistema di trasmissione Terra / Bordo (VECOM-8C);
3. Casse di manovra.

4.3.1 Acronimi

μP	Microprocessore
BOStrab	German Federal regulation on construction and operation of light rail transit system
CAP	Concentratore di Allarmi Periferico (modulo di acquisizione stati digitali)
CDB	Circuito Di Binario
CPU	Unità Processore Centrale
CRC	Cyclic Redundancy Check
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V. [German Institut for standardization]
DMT	Data Management Terminal
E	Cassa di Manovra Elettroidraulica
FFSK	Fast Frequency Shift Keying modulation
KV	Cavo di corto circuito
M	Cassa di Manovra Manuale
MD	Rilevatore di massa metallica (Mass Detector)
PCC	Posto Centrale di Controllo
PPB	Posto Periferico di Bordo
PPC	Posto Periferico di Controllo
SA	Sensore presenza Acqua
SPDT	Single-Pole Double-Throw

VCU Vehicle Communication Unit
VDV Verband Deutscher Vermessungsingenieure [Connected German Survey Engineers]

4.3.2 Posti periferici di controllo

Il PPC è una periferica basata sul controllore a microprocessore modello HN-P, le cui caratteristiche principali sono:

- controllore in sicurezza per classe di protezione SIL3 (EN 50129);
- formato modulare in sub-telai con moduli standard Europa (6HE / 84TE);
- circuiti di rilevamento presenza tram di tipo passivo;
- conformità alle vigenti normative relative alla compatibilità elettromagnetica.

I Posti Periferici di Controllo sono realizzati in accordo alle specifiche BOStrab, VDE, VDV e specifiche a livello CEE con logica di controllo basata su microprocessore.

Le funzioni svolte dai PPC sono:

- ricezione delle richieste di prenotazione rotta da apparati di bordo attraverso loop di comunicazione;
- rilevamento dei convogli tramite i CDB;
- controllo e predisposizione dei segnali di indicazione di posizione deviatoi;
- blocco delle cassa di manovra in presenza di un veicolo sull'area scambio.

4.3.3 Indicazioni di carattere generale sulla gestione delle rotte

Le rotte sono percorsi preconfigurati delimitati dai Circuiti di Binario (CDB) o mass detector (MD) ed eventualmente preparate movimentando dei deviatoi in modo controllato, che consentono lo spostamento di un veicolo da un punto ad un altro del tracciato tranviario.

La logica programmata dei PPC prevede sempre una verifica degli eventi a partire da una qualsiasi richiesta: nel seguito sono riportate le indicazioni di carattere generale che definiscono le modalità di gestione delle rotte.

Richiesta rotte

Le rotte devono essere esplicitamente richieste: il PPC non prende alcuna iniziativa autonomamente senza il controllo del conducente. Anche eventuali richieste configurate automaticamente al passaggio di un veicolo presuppongono la presenza del conducente sul veicolo.

Le richieste di rotta possono essere effettuate nelle modalità riportate in tabella.

	Modalità	Note
1	Apparati di bordo (joystick, pulsante RST).	Consentito al conducente in linea (**).
2	In modo automatico al passaggio del veicolo su un loop.	Preconfigurato in fase di attivazione e messa in servizio dal personale specializzato in punti particolari della tranvia

(**) All'interno dei PPC è presente una sezione dedicata alla trasmissione bordo-terra che, tramite i loop di segnalamento in linea, riceve e decodifica i dati di identificazione dei veicoli e le richieste del conducente. La decodifica dei dati ricevuti avviene grazie ad una tabella opportunamente programmata, che in funzione dei dati inseriti è in grado di richiedere la rotta corretta. Tale informazione viene anche inviata al PCC.

Formazione rotte

Una matrice di sicurezza rivela eventuali conflitti tra la richiesta e lo stato degli enti della tranvia, abilitando la formazione della rotta solo in assenza di conflitti. Alla richiesta di una rotta quindi il PPC verifica se sussistono le condizioni per la sua esecuzione e determina:

- area occupata;
- area libera.

Memorizzazione rotta

Nel caso in cui una richiesta impartita non sia immediatamente resa operativa dall'apparato (area occupata), il PPC memorizza la richiesta stessa che verrà realizzata non appena possibile secondo la logica FIFO (First In First Out).

L'indisponibilità è indicata dal corrispondente segnale con l'aspetto STOP (-).

Esecuzione rotta

Nel caso in cui la richiesta è attuabile (area libera) il PPC:

- posiziona i deviatori motorizzati secondo lo schema previsto e ne verifica la posizione;
- blocca la rotta richiesta;
- spegne il segnale di STOP e contestualmente modifica l'indicazione dell'aspetto del segnale stesso in conformità alla posizione assunta dal deviatore (\ oppure / oppure I).

Solo dopo aver verificato il segnale e la posizione dei deviatori, il conducente può procedere nella sua corsa, occupare il I° CDB a valle del segnale e di conseguenza determinare l'occupazione della rotta; il PPC riaccende il segnale di STOP per indicare l'occupazione della rotta.

Durante l'esecuzione di una rotta, il PPC verifica il corretto transito della vettura sui dispositivi di terra, sia in occupazione che in liberazione ed alla liberazione del mass detector libera la rotta.

Rotta in allarme

Come indicato in precedenza, il PPC verifica che:

- i CDB siano funzionanti e non siano occupati impropriamente (corretto transito);
- i Mass Detectors siano funzionanti e non siano occupati impropriamente (corretto transito);
- i deviatori non siano in anomalia.

Qualora uno di questi enti non fosse nello stato stabilito, il PPC attiva il segnale di stop .

Reset di una Rotta in allarme

In presenza di una anomalia causata da un dispositivo guasto si deve procedere innanzitutto alla rimozione del guasto.

Gestione deviatori

L'allarme di deviatoio in anomalia rientra automaticamente al ripristino dei segnali relativi alla posizione del deviatoio.

La verifica della congruenza della posizione dei deviatori con la rotta richiesta è effettuata dal PPC solo all'atto della predisposizione della rotta medesima. A tale scopo il PPC:

- verifica la posizione dei deviatori nella rotta;
- invia il comando di azionamento alle casse di manovra motorizzate secondo lo schema previsto;
- verifica, tramite i sensori di prossimità, che i deviatori si siano posizionati in conformità al comando inviato.

Nella sottostante è riportato il diagramma di flusso delle operazioni indicate in precedenza.

ROTTTE IN LINEA

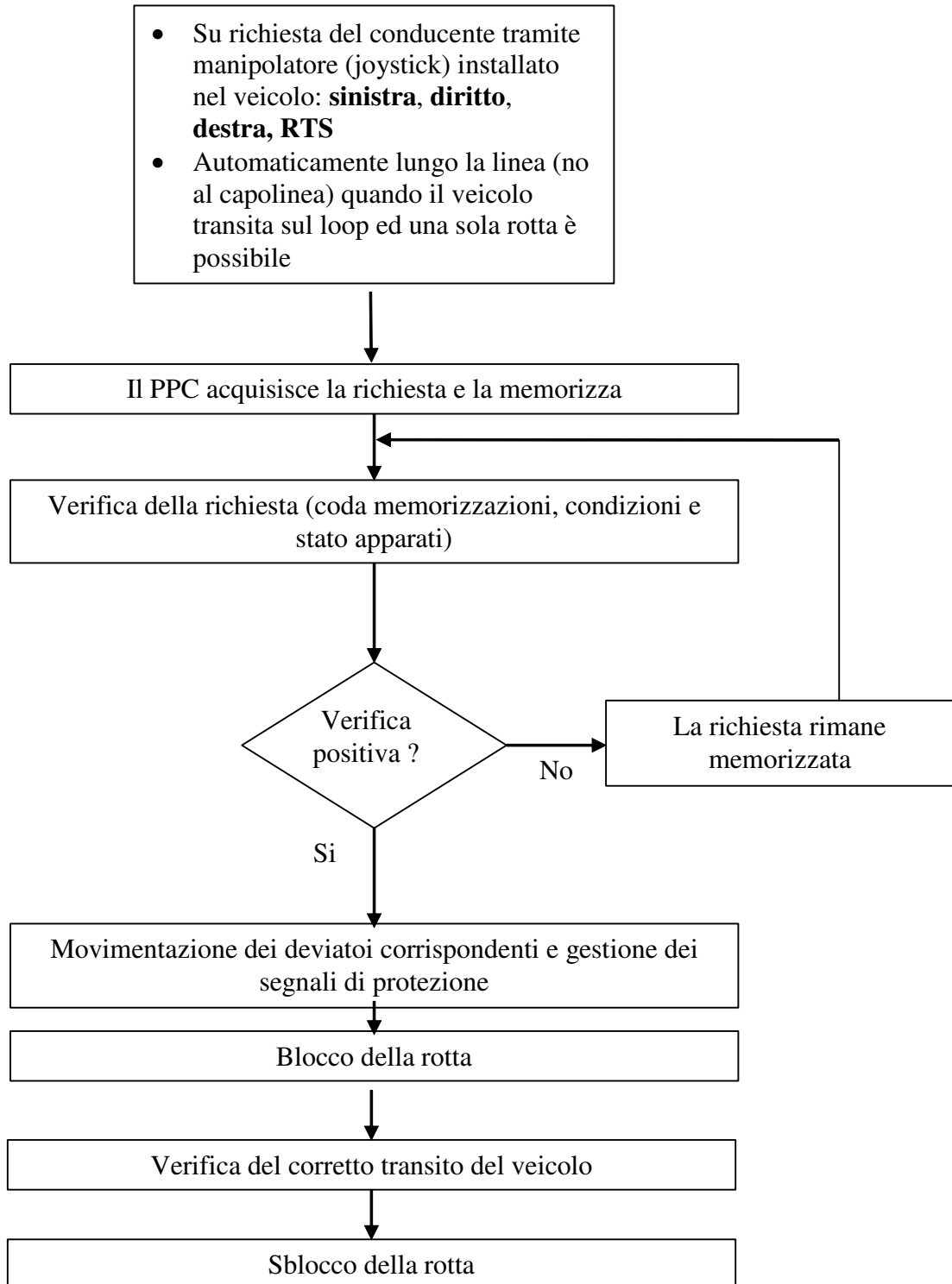


Figura – Flusso di gestione rotte

4.3.4 *Armadi PPC*

Gli armadi di contenimento del PPC di linea sono realizzati in vetroresina. La struttura ha caratteristiche di ottima resistenza meccanica e notevole resistenza alla corrosione. L'accesso è frontale con porte a due battenti.



Figura – Armadio PPC attualmente in uso su rete Torino

Le caratteristiche principali di questi armadi sono:

- materiali delle pareti e del tetto: alluminio a doppia parete cava. Tale caratteristica consente una ventilazione naturale dell'armadio con asportazione del calore interno che viene trasferito e smaltito nel sottotetto, o in materiale di "vetroresina";
- porte a 3 punti di chiusura con maniglia girevole a scomparsa con serratura;
- pannello posteriore removibile;
- piano ribaltabile per appoggio computer portatile di manutenzione;
- grado di protezione IP55;
- colore esterno: grigio chiaro "Torino".

All'interno degli armadi sono collocate le sezioni dedicate alle funzioni di:

- alimentazione;
- controllo della trasmissione terra-bordo (VECOM-8C);
- controllo dei circuiti di binario;
- comando segnali tranviari;
- logica di attuazione in sicurezza delle rotte con azionamento deviatoi.

La figura sottostante mostra la configurazione tipica di un'area scambi con gli apparati di campo; a secondo della complessità della particolare area controllata, possono essere utilizzati uno o più armadi PPC per zona.

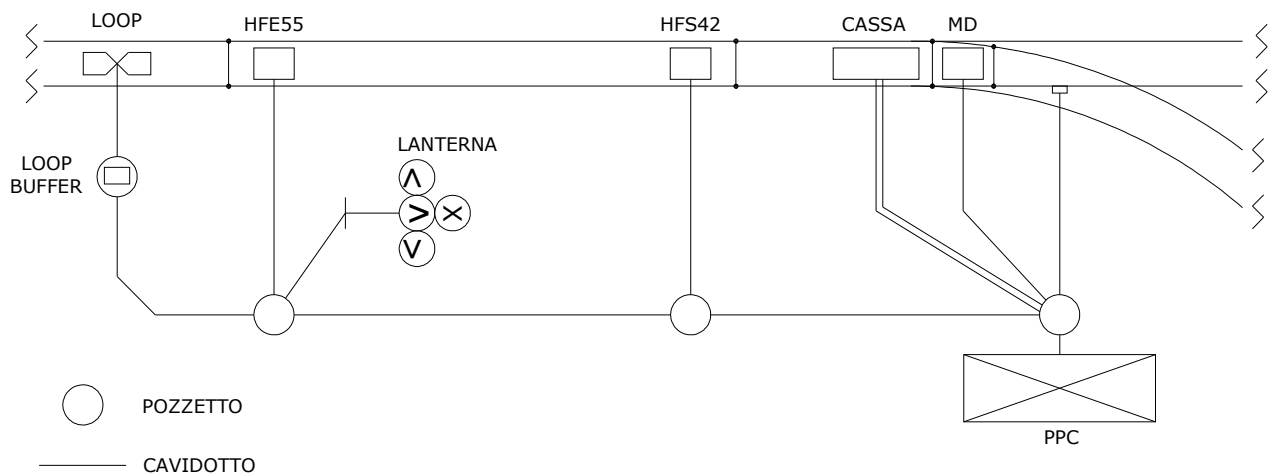


Figura - Configurazione tipica di un'area scambi in forma schematica

La figura sottostante mostra un esempio di configurazione dell'armadio PPC di linea; tramite le morsettiere il controllore si interfaccia con gli apparati di piazzale installati in corrispondenza dei binari.

Alimentazione

L'alimentazione del quadro è derivata dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica a 230Vac.

Dall'interruttore generale di tipo ferroviario (differenziale selettivo con controlli sulle interferenze delle correnti di ritorno del negativo di trazione) vengono derivate le protezioni per le utenze di potenza del motore, riscaldatori degli aghi e presa di servizio, oltre che un alimentatore AC/DC che converte la tensione 230Vac in una tensione secondaria 24Vdc - 250W utilizzata per l'alimentazione dei circuiti degli apparati elettronici interni all'armadio e degli apparati di comando e controllo di campo (attuatore, CDB, loop, semaforo, sensori di prossimità ecc..).

Struttura hardware del Controllore a μ P

La figura sottostante riporta lo schema a blocchi dell'hardware del controllore a μ P. Lo schema riporta tutti i moduli installabili nei PPC, in realtà ogni singolo PPC è configurato con i moduli necessari a gestire la particolare area in cui si trova ad operare.

Come è possibile notare sono presenti moduli CPU, HFP e HSK (CDB tradizionali e capacitivi), HFK (rivelazione di massa metallica) e I/O (input / output) ridondati in modo da soddisfare i requisiti di sicurezza.

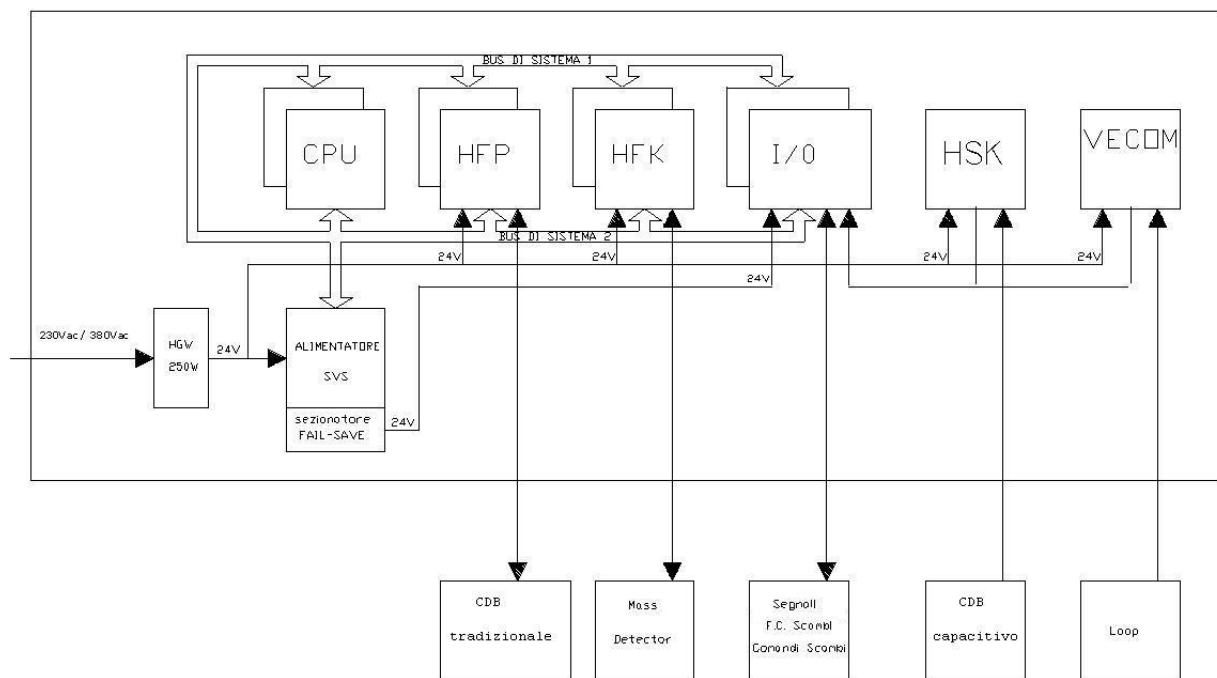


Figura - Struttura Hardware del controllore a microprocessore

I moduli sono alimentati attraverso un'unità di alimentazione doppia che, nel caso venga rilevata una condizione di guasto che non garantirebbe più il funzionamento in condizioni di sicurezza, seziona la tensione di alimentazione ai singoli moduli ed agli apparati di piazzale. I moduli sono interconnessi tramite due bus ridondati (Bus di sistema 1 e Bus di sistema 2).

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 32 di 54
		REV. 00

Per realizzare sistemi complessi (ad esempio il deposito), è possibile connettere il bus di sistema interno del controllore HN-P a bus esterni di altri controllori HN-P attraverso una apposita unità adattatore di bus.

Normative di riferimento

La tecnologia utilizzata per il controllore HN-P deve soddisfare pienamente tutti i requisiti costruttivi richiesti per sistemi a microprocessore a 2-canali sia per quanto riguarda l'hardware sia per quanto riguarda il software di base (sistema operativo) che deve essere specificatamente progettato per applicazioni tranviarie. Il riferimento normativo è definito dalla norma EN 50129 classe di sicurezza SIL3.

Nel seguito sono riportati i riferimenti normativi (standard, regolamenti e raccomandazioni) utilizzati per la progettazione e costruzione dei controllori HN-P. Tra parentesi quadra è riportata la traduzione inglese del tedesco.

EN 50129	Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Sistemi elettronici di sicurezza per il segnalamento
DIN VDE 0100	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000V [Erection of power installations with rated voltages below 1000 V]
DIN VDE 0105	Betrieb von Starkstromanlagen [Operation of electrical installations]
DIN VDE 0115	Allgemeine Bau- und Schutzbestimmungen von Bahnen [Railways applications - General construction and safety requirements]
DIN VDE 0660	Niederspannungsschaltgerätekombinationen [Low-voltage switchgear and control gear assemblies]
DIN VDE 0800	Fernmeldetechnik [Information technology]
DIN VDE 0801	Grundsätze für Rechner in Systemen mit Sicherheitsaufgaben [Principles for computers in safety-related systems]
DIN VDE 0831	Elektrische Bahn-Signalanlagen [Electric signalling systems for railroads]

BOStrab

- §21 Signalanlagen [Signalling devices]
- §49 Fahrordnung [Driving order]
- §50 Zulässige Geschwindigkeiten [Permissible speeds]
- §51 Signale [Signals]
- §57 Instandhaltung der Betriebsanlagen [Maintenance of the equipment]
- §60 Prüfung der Bauunterlagen für Betriebsanlagen [Examination of the construction documents for equipment]

- §61 Aufsicht über den Bau Betriebsanlagen [Supervision over the building equipment]
- §62 Abnahme von Betriebsanlagen und Fahrzeugen [Acceptance of equipment and vehicles]
- Anlage 4 (Signale) [Plant 4 (signals)]

VDV 331	Anforderungsklassen für Signal- und Zugsicherungsanlagen nach BOStrab [Requirement classes for signal and strain-relief plants according to the BOStrab] = signaling controller, Type HN-SA
VDV 341	Technische Sicherung der Bahnübergänge bei Straßenbahnen [Technical safety device of the railroad overpasses with streetcars] = for Level crossings
VDV 342	Fahrsignalanlagen nach BOStrab §21 für eingleisige Strecken [Driving signaling devices according to the BOStrab §21 for single-railed lines] = Single line control Type HN-SA
VDV 343	Weichensteuerungen im Sichtfahrbereich [Point control driving in view operating range] = Point control for driving at sight areas.
VDV 344	Fahrsignalanlagen nach BOStrab §21 [Driving signaling plant according to the BOStrab §21] = Signaling Controllers Type HN-SA like Depot control etc. Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften [Rules for the prevention of accidents of the professional associations]

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 34 di 54 REV. 00
---	---	------------------------------

Modalità operative

Per il controllore HN-P sono definite le seguenti modalità operative:

- mancanza tensione;
- operatività normale ON e OFF;
- protezione (fail-safe) conseguenza di malfunzionamento.

Operatività normale

All'accensione del controllore, il microprocessore deve eseguire gli auto-test di tutti i propri componenti e di tutti gli apparati del segnalamento e, successivamente, si pone in operatività normale.

Protezione (fail-safe)

Il controllore commuta in modalità di protezione (fail-safe) ogni qualvolta il microprocessore rileva un malfunzionamento dei componenti del controllore stesso.

In questa modalità il sistema di controllo esegue le seguenti funzioni:

- il controllore si spegne e non fornisce la tensione di esercizio 24Vdc ai circuiti ausiliari;
- i segnali tranviari sono tutti spenti;
- non esegue nessuna funzione.

Condizioni che causano lo spegnimento dei segnali tranviari

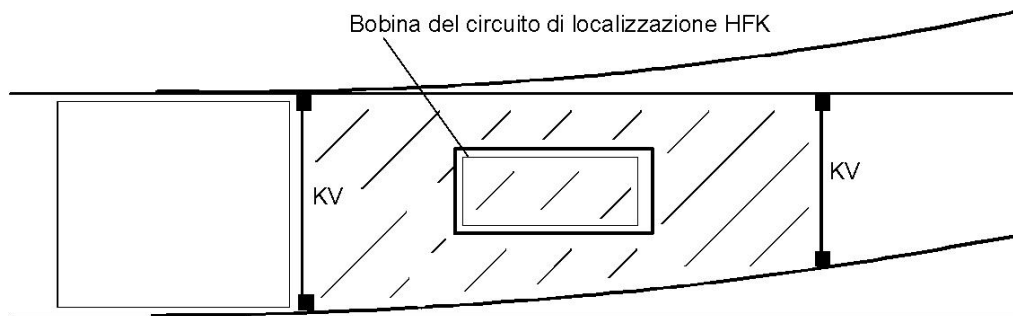
Il controllore spegne i segnali tranviari quando:

- un circuito di binario è occupato in modo non previsto o si guasta;
- un rilevatore di massa metallica MD è occupato in modo non previsto o si guasta;
- in caso di anomalia della tensione necessaria per la normale operatività (la tensione non è sufficiente);
- si verifica un guasto nel controllore.

4.4 Circuiti di rilevamento veicolo

4.4.1 Circuito di localizzazione HFK - MD

Il circuito di localizzazione MD è utilizzato, in combinazione con il CDB, per effettuare il rilascio parziale di una rotta in un impianto di segnalamento. Il principio di funzionamento del circuito MD è basato sulla rilevazione di una massa metallica. La figura sottostante mostra la posizione della bobina del circuito MD, posta a valle della cassa di manovra.



Sopra e sotto l'area tratteggiata
non deve esserci alcuna
massa metallica

Figura - Installazione nel binario del MD

Il MD è costituito da una bobina di risonanza controllata dal modulo HFK che oscilla a una frequenza compresa tra 35 e 75kHz. Possono essere scelte quattro diverse frequenze di oscillazione all'interno di questo range (35-45-48-75kHz), utilizzando gli appositi moduli di regolazione contenenti un condensatore che può assumere i seguenti valori:

Tipo	Capacità	Frequenza
1	7.600 pF	circa 75 000 Hz
2	18.700 pF	circa 48 000 Hz
3	21.000 pF	circa 45 000 Hz
4	29.400 pF	circa 35 000 Hz

Il modulo di regolazione deve essere installato in un pozzetto in prossimità del mass detector stesso.

Il transito di un veicolo sopra la bobina del circuito MD modifica, con la sua massa metallica, la frequenza di risonanza del circuito.

Ogni variazione di frequenza al disopra di un livello prefissato (configurabile in fase di installazione), causata da una variazione della massa metallica sopra il MD, verrà rilevata dal MD stesso come segnale di "tram presente".

Per garantire una corretta rivelazione il veicolo presenta sotto il proprio pianale una massa metallica sufficientemente distribuita sulla sua intera lunghezza.

I due cavi di cortocircuito KV installati a monte ed a valle del MD sono necessari per realizzare attorno al MD stesso una massa metallica di dimensioni stabili (tali dimensioni sono definite dal perimetro composto dai due cavi KV e dai binari) che costituisce il riferimento di "tram assente". E' importante, per il buon funzionamento del MD, che i binari all'interno dei due cavi di cortocircuito KV siano continui e non presentino interruzioni (se vi sono interruzioni la massa metallica intorno al mass detector potrebbe non essere stabile ed il mass detector potrebbe rilevare una falsa presenza del tram), diversamente occorre effettuare dei "cavallotti" elettrici.

Le caratteristiche più importanti del circuito di localizzazione MD sono:

- sistema di misura a 2 canali;
- separazione galvanica tra sistema di misura e unità digitale;
- compensazione delle variazioni delle condizioni climatiche;
- calibrazione automatica.

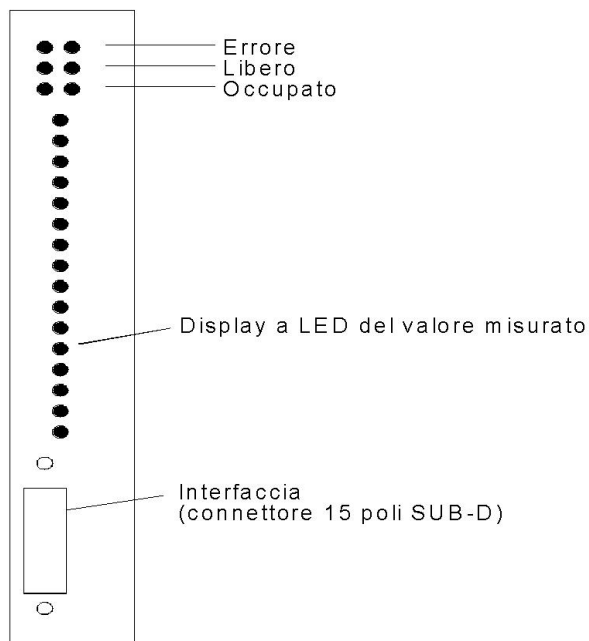


Figura - Pannello frontale del modulo HFK

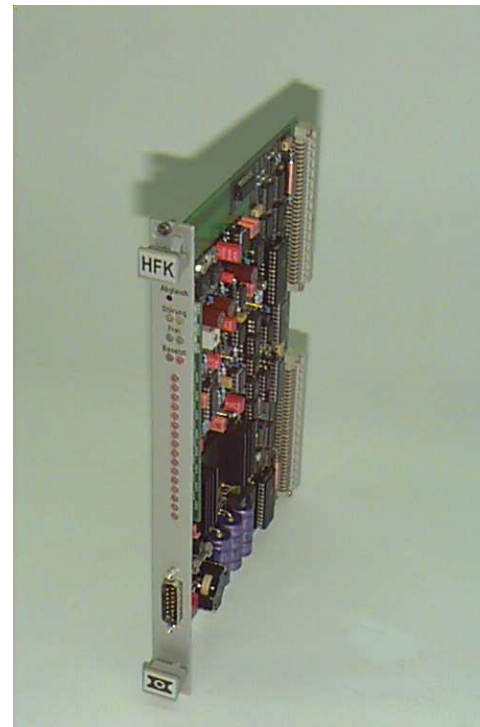


Figura - Vista del modulo HFK

Il modulo HFK consiste di un trasmettitore a singolo canale e un ricevitore a due canali. Il modulo che pilota il MD ha una separazione galvanica per garantire l'isolamento tra il campo e l'elettronica del modulo stesso.

Le segnalazioni di controllo sono riportate sul pannello frontale con lo stato di ciascun canale (errore, libero, occupato). Lo scostamento della frequenza rilevato da uno dei due canali rispetto al valore di frequenza previsto è mostrato su una striscia composta da 16 LED.

La bobina HFK è connessa tramite un connettore 15 poli SUB-D (maschio).

Le variazioni lente di frequenza causate da variazioni delle condizioni ambientali (temperatura) o per invecchiamento dei componenti elettronici sono riconosciute dal sistema e automaticamente compensate. Il sistema è predisposto per valutare non solo la frequenza del segnale di misura ma anche la sua ampiezza.

4.4.2 Circuito di binario HFP - CDB

Il CDB HFP è utilizzato per rivelare la presenza di un veicolo tranviario su di un tratto di binario. Il rilevamento è determinato dalla presenza di un corto circuito assiale causato dai carrelli della vettura tranviaria all'interno del circuito CDB.

Tale apparato può essere utilizzato singolarmente per sistemi di singolo comando deviatoi o quando è sufficiente rilevare la semplice presenza di un tram; per particolari esigenze di servizio, o per un maggiore grado di sicurezza dove sia necessario rilevare oltre alla presenza, anche la direzione dei veicoli, può essere abbinato ad uno o più CDB.

La figura sottostante mostra lo schema di principio di un circuito CDB singolo.

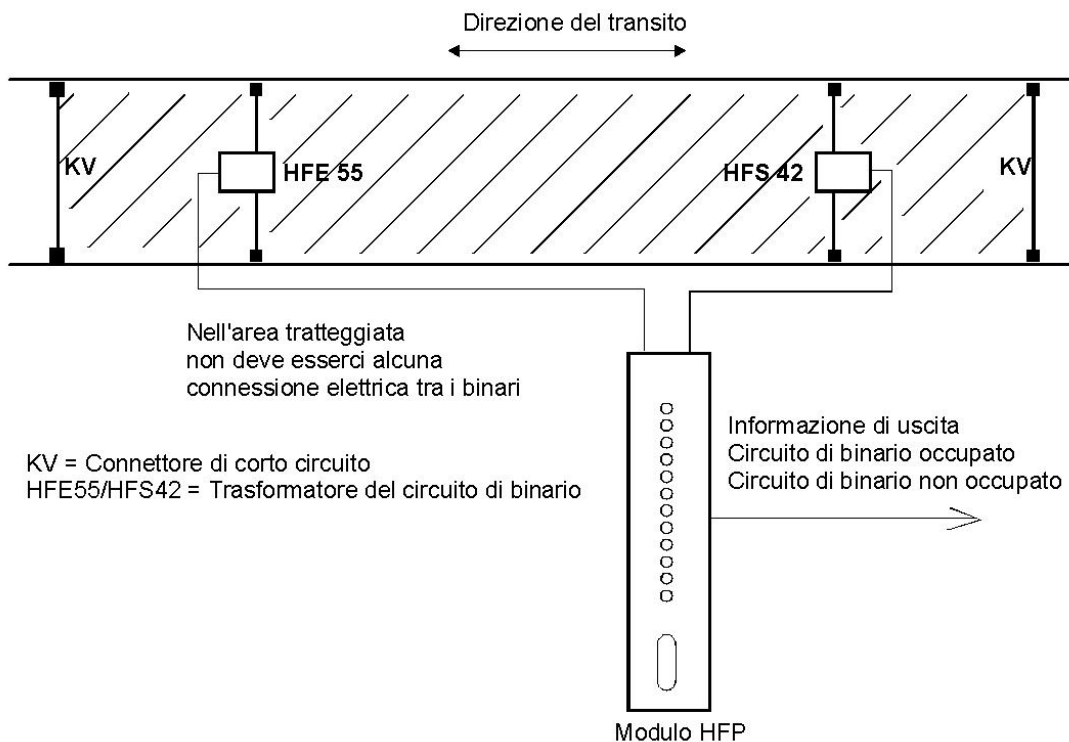


Figura - Schema di principio di un CDB HFP

I componenti di un CDB sono inseriti in una sezione di binario. La lunghezza del CDB dipende da vari fattori quali la lunghezza e la velocità del veicolo. Un cavo di corto circuito (KV) all'inizio e alla fine di questa sezione di binario delimitano la lunghezza del CDB.

Nel CDB standard viene posizionato un trasformatore (trasformatore trasmettitore HFE 55) ad una distanza di $1,5 \pm 0,5$ m da uno dei due cavi di corto circuito. Questo trasformatore alimentato dal modulo HFP immette, sul CDB, un segnale in frequenza con ampiezza costante proveniente dal modulo HFP stesso.

Dall'altra parte della sezione di binario è installato, a distanza di $1,5\pm 0,5$ m dal secondo cavo di corto circuito, un secondo trasformatore (trasformatore ricevitore HFS 42). Questo trasformatore preleva il segnale presente sui binari e lo trasmette al modulo HFP.

Il modulo HFP esegue una comparazione tra il valore del segnale trasmesso e quello ricevuto.

Quando un veicolo tranviario entra nel CDB, gli assi del veicolo creano un corto circuito tra le rotaie causando uno squilibrio tra il segnale trasmesso e quello ricevuto. Tale squilibrio è determinato dal fatto che parte del segnale trasmesso si richiude sul corto circuito creato dagli assi del tram, e quindi non raggiunge il ricevitore.

Il modulo HFP rileva tale squilibrio quando il carrello del tram si trova a circa a metà della distanza tra il cavo di cortocircuito e il trasmettitore/ricevitore determinando di conseguenza lo stato di occupato del CDB.

Variazioni lente nell'ampiezza della tensione alternata possono essere causate da:

- variazioni della resistenza di suolo e della resistenza complessiva del CDB;
- influenza della temperatura ambiente;
- invecchiamento dei componenti.

Tali variazioni sono riconosciute e corrette automaticamente dal sistema a μ P.

Le caratteristiche del circuito di binario tipo HFP sono:

- sistema di misura a 2 canali;
- separazione galvanica tra sistema di misura e unità digitale;
- temperatura stabilizzata;
- calibrazione automatica.

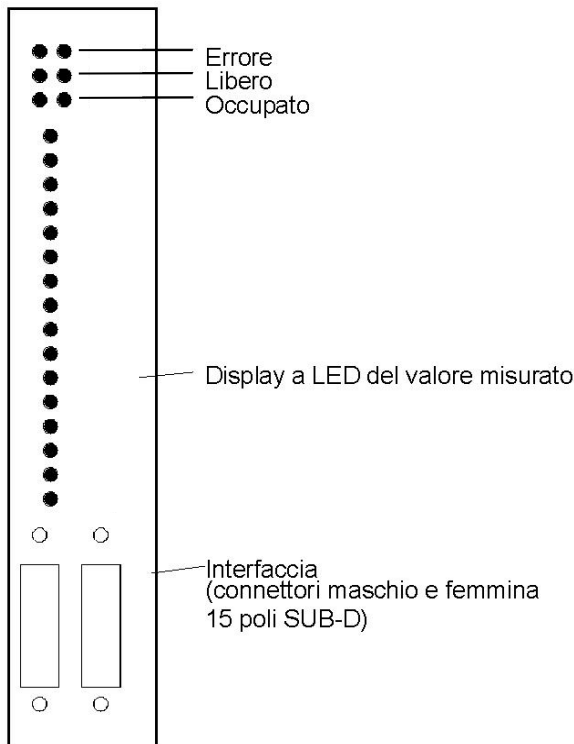


Figura - Pannello frontale del modulo HFP

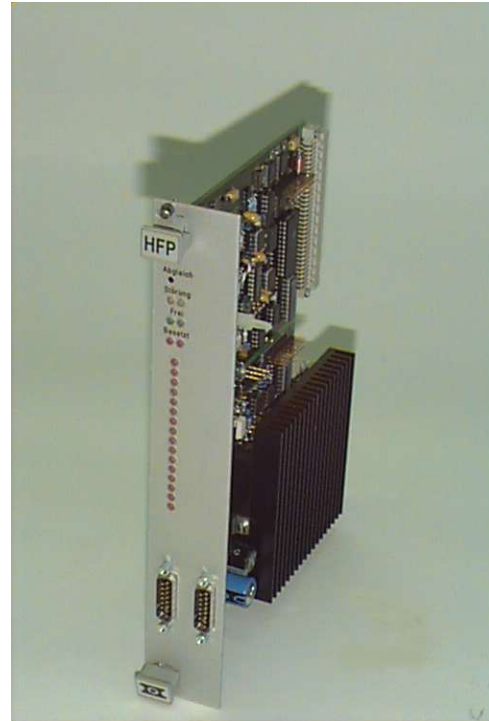


Figura - Vista del modulo HFP

Il modulo HFP singolo è costituito da un trasmettitore a singolo canale e da un ricevitore a singolo canale.

Il sistema è dotato di una separazione galvanica realizzata attraverso trasformatori di isolamento di segnale tra il circuito esterno e quello di misura e tra l'unità analogica e l'unità digitale.

Le segnalazioni di controllo sono riportate sul pannello frontale con lo stato di ciascun canale (errore, libero, occupato). Il valore misurato del segnale presente sul canale ricevitore è visualizzato con una striscia di 16 LED per il modulo HFP singolo.

I led indicano la percentuale di segnale ricevuta dal ricevitore rispetto al valore inviato dal trasmettitore. Quando il segnale scende sotto una soglia impostata in fase di installazione, il CDB passa dallo stato di "libero" allo stato di "occupato".

La tensione di alimentazione e il trasmettitore HFP sono connessi tramite un connettore 15 poli SUB-D (maschio) –X1.

Il ricevitore HFP è connesso al sistema tramite connettore 15 poli SUB-D (maschio) –X2. Più moduli HFP possono essere sincronizzati tra loro tramite questo connettore.

La frequenza operativa del CDB HFP può essere selezionata, tramite un apposito dip-switch interno, fra 16 frequenze di funzionamento (Punti) disponibili in un intervallo compreso tra 7,2 e 13,5kHz.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 40 di 54
		REV. 00

La regolazione della frequenza di funzionamento del CDB dipende dalla particolare condizione di installazione.

Parametri di corto circuito

Come già scritto la condizione di CDB occupato o libero è determinata dalla presenza di un corto circuito al suo interno, che nel caso specifico è causato dagli assi della vettura (corto circuito assiale).

Il corto circuito assiale costituisce un percorso di corrente formato da:

- Contatto di passaggio: rotaia - ruota
- Resistenza assiale: ruota - asse - ruota
- Contatto di passaggio: ruota - rotaia

Per rivelare con sicurezza un veicolo è necessaria che la sua resistenza di corto circuito assiale sia la più bassa possibile; in particolare non devono essere superati i seguenti valori:

- Resistenza $< 0,3\Omega$
- Induttanza $< 5\mu\text{H}$

Per sicurezza è consigliabile dimensionare i CDB facendo in modo che al suo interno possano essere presenti almeno due carrelli del veicolo. Tale condizione garantisce che non ci siano istanti durante il transito del veicolo in cui non ci sia presente almeno un carrello sui CDB; il mancato rispetto di tale prescrizione potrebbe infatti causare la liberazione dell'area anche se il veicolo è ancora in transito.

4.5 Sistema di comunicazione bordo/terra - VECOM

Il sistema VECOM-8C è un sistema di comunicazione e rilevamento selettivo che consente di distinguere un determinato gruppo di veicoli dal resto del traffico. Affinché il sistema possa rilevare la presenza dei veicoli questi devono essere muniti di un PPB. Il sistema VECOM-8C comunica con i veicoli per mezzo di loop induttivi posizionati sotto il manto stradale.

Quando il sistema VECOM-8C rileva la presenza di un veicolo può eseguire varie funzioni quali, ad esempio, trasmettere una richiesta di priorità ad un regolatore semaforico oppure inviare al sistema di controllo deviatori una richiesta di rotta.

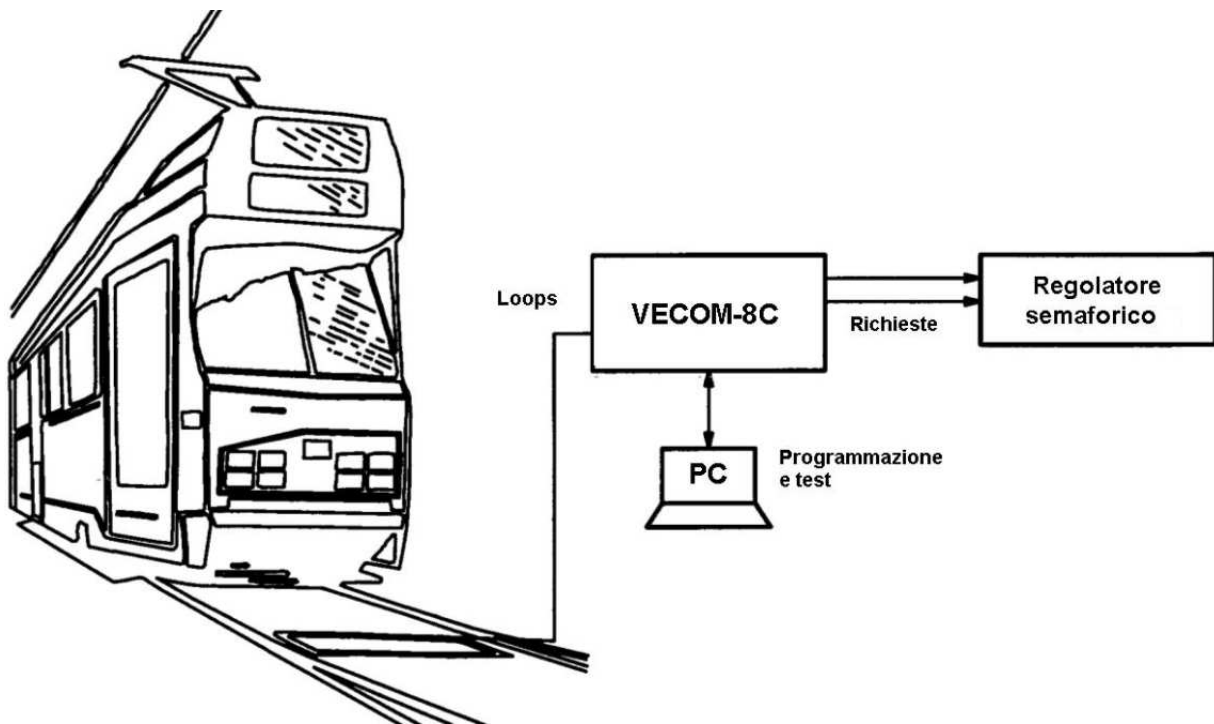


Figura – Schema a blocchi tipico di un sistema VECOM-8C

Il sistema VECOM-8C può controllare le apparecchiature sia in parallelo che in serie. Il controllo parallelo si avvale di 16 uscite con separazione galvanica, che possono essere controllate individualmente. Il controllo seriale si avvale di un'interfaccia RS-485 compatibile.

Il sistema VECOM-8C è in grado di rilevare la presenza di veicoli e di comunicare con gli stessi tramite 8 loop di comunicazione separati. Questi otto vengono interrogati uno per volta (multiplex); in questo modo i loop non interferiscono l'uno con l'altro e, se necessario, possono essere disposti l'uno in prossimità dell'altro.

Le funzioni di:

- controllo della scansione dei loop;
- predisposizione delle matrici di decodifica dei dati identificativi inviati dal PPB;
- programmazione delle azioni da eseguire in funzione dei dati sopra decodificati;

sono impostate, da personale tecnico all'atto della configurazione del sistema.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 42 di 54
		REV. 00

La configurazione dell'unità VECOM-8C avviene per mezzo del package software denominato Data Management Terminal (DMT). Il programma DMT è utilizzato anche per verificare il sistema VECOM-8C e per monitorare localmente il passaggio dei veicoli.

I programmi caricati nel sistema VECOM-8C con il DMT vengono registrati in una memoria non volatile che contribuisce ad aumentare l'affidabilità del sistema poiché evita la perdita di dati.

4.5.1 Caratteristiche

Il sistema VECOM-8C presenta le seguenti caratteristiche:

- possibilità di collegamento di otto loop;
- sedici uscite con separazione galvanica, programmabili separatamente;
- trentadue ingressi con separazione galvanica, programmabili separatamente;
- canale seriale per il collegamento (opzionale) al sistema di controllo del traffico o al PCC;
- canale seriale per il collegamento del software di programmazione e di prova (DMT).

4.5.2 Struttura del sistema

In genere, un sistema VECOM-8C comprende un massimo di otto loop, una loop buffer (LB) per ciascun loop, una scheda di uscita isolata VMM (Vecom Modulator Module), un'unità di comunicazione veicolo VCM (Vehicle Control Module) e due schede I/O per le 16 uscite con separazione galvanica. La sottostante mostra, tramite uno schema a blocchi, la relazione tra i vari componenti del sistema.

Il VECOM-8C è alimentato ad una tensione di 24Vdc attraverso un alimentatore 230Vac/24Vdc installato all'interno dell'armadio dove è alloggiato il sistema.

La VCM è l'unità di controllo centrale del sistema. Questa scheda abilita la comunicazione con il sistema PPB (incluse le funzioni di modulazione/demodulazione, gestione degli errori, ecc.), la selezione dei loop (controllo della VMM), il controllo delle uscite parallele e il controllo dei canali di comunicazione. In questa scheda sono registrati anche i dati di configurazione descritti nel paragrafo precedente. La scheda VCM è munita di un'interfaccia seriale per il collegamento del software di programmazione e di prova DMT.

La scheda VMM permette il collegamento tra il loop selezionato e la VCM, e consente l'interrogazione ciclica di tutti i loop.

Le schede I/O garantiscono la separazione galvanica delle 16 uscite parallele e di 6 ingressi paralleli.

Il modulo loop buffer (LB) è un amplificatore di trasmissione e ricezione. Questa unità che è alimentata a 24Vdc dal VECOM-8C attraverso lo stesso cavo utilizzato per la trasmissione dei dati, è collocata vicino al loop (distanza massima 10m) e consente l'installazione dei loop stessi ad una **massima distanza di 350mt** dall'armadio in cui è installato il VECOM-8C.

Il loop è un filo di rame posato lungo i binari a forma di 8 le cui dimensioni dipendono dalla velocità del veicolo; la particolare forma ad "8" rende il loop immune dai disturbi elettromagnetici esterni provenienti dai

binari o dai cavi dell'alta tensione paralleli al loop stesso. Il loop funge da antenna di trasmissione e ricezione per permettere la comunicazione con il veicolo.

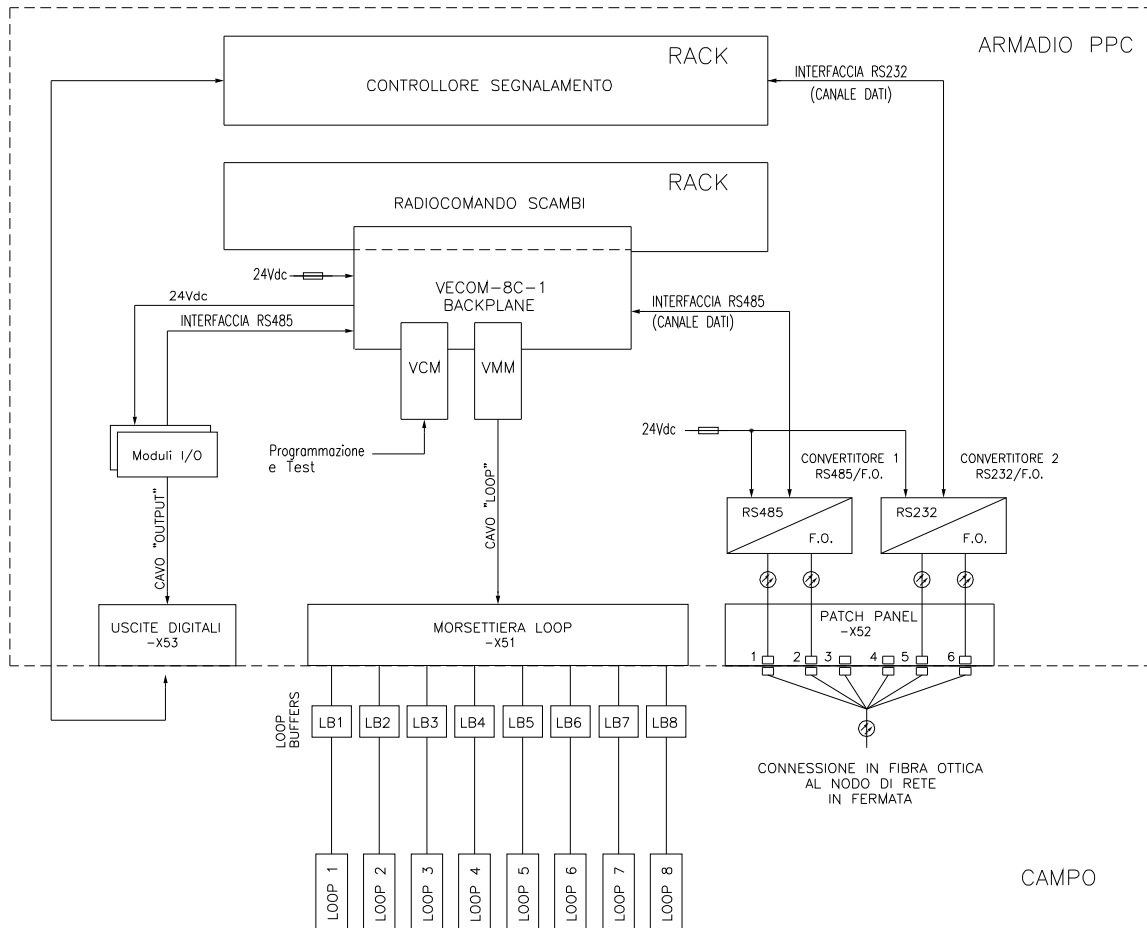


Figura - Componenti del sistema VECOM-8C

4.5.3 Funzionamento del sistema

L'unità di comunicazione veicolo (VCM) seleziona i loop uno per volta, in funzione dello schema impostato dall'utente. Una volta selezionato un loop tramite esso viene trasmesso un segnale di interrogazione (composto dal frame di 3 caratteri 00h, 01h, 3Fh), dopo di che il loop viene commutato in ricezione. Se entro un determinato intervallo di tempo (circa 20 msec) non viene ricevuto alcun segnale, la VCM commuta il loop successivo trasmettendo un altro segnale di interrogazione. Se sul loop c'è un veicolo munito di transponder, esso reagisce al segnale di interrogazione trasmettendo un messaggio con il codice di identificazione veicolo e eventuali dati impostati dal conducente.

Il messaggio trasmesso dal PPB viene controllato dalla VCM e se accettato viene eseguita l'azione programmata.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 44 di 54
		REV. 00

Per ciascuna combinazione loop/codice di identificazione, è possibile programmare una serie di azioni che consiste nell'attivazione o disattivazione di un massimo di sei uscite parallele.

Il sistema è dotato di un canale seriale che può essere utilizzato per la connessione al PCC tramite una rete di trasmissione dati.

4.5.4 Configurazioni

Il sistema, montato in un rack 19" (3HE-84TE), è costituito da:

- bus di comunicazione schede;
- unità di comunicazione veicolo VCM ed EPROM con software;
- scheda VMM;
- schede I/O per le 16 uscite con separazione galvanica;
- morsettiera di collegamento dei loop;
- morsettiera delle uscite.

4.5.5 Protocollo di comunicazione

La comunicazione tra il sistema VECOM-8C e il veicolo utilizza la comunicazione sincrona basata su un protocollo di trasmissione a blocchi ("frame") in tecnica FFSK. La velocità di comunicazione è di 100kbps e per garantire l'integrità delle informazioni trasmesse è previsto un controllo di CRC a 16 bit con una distanza di Hamming pari a 4.

Il sistema VECOM-8C trasmette un segnale di interrogazione attraverso il loop e resta in attesa di una risposta. Se sul loop è presente un veicolo, il sistema decodifica e controlla il blocco di identificazione. Se il PPB accetta il blocco di identificazione, esso ritrasmette il suo blocco di identificazione al sistema VECOM-8C. Il sistema VECOM-8C verifica questo blocco e trasmette quindi un blocco di conferma al PPB. Si chiude così la fase di scambio dei codici di identificazione tra il veicolo e il sistema VECOM-8C.

4.6 Casse di manovra

Le casse di manovra presenti sulla rete tranviaria Torinese, specificatamente approvate dall'USTIF, sono:

- Hanning & Kahl modello HWE60 AVV ZVV (o sua evoluzione HWE61.1 AVV-ZVV)
- Prazska Strojirna modello VPS-1-K (o sua evoluzione).

di tipo a montaggio centrale con azionamento elettroidraulico 230Vac; lo spostamento degli aghi è frenato da un ammortizzatore idraulico.

Il dispositivo di manovra da installare, la cui ermeticità corrispondere alla classe IP67, è alloggiato in una contro-cassa di contenimento in esecuzione saldata, dotata di 2 coperchi separati di chiusura conformi

alla classe D400 UNI EN 124 e di foro di scarico dell'acqua con diametro di almeno 120 mm predisposto nella parte inferiore. Tale esecuzione rende carrabile il deviativo per carichi assiali di 12 tonnellate.

La controcassa è normalmente sagomata in fabbrica in base al disegno costruttivo di dettaglio dello scambio per adeguarsi al raggio di curvatura dello scambio stesso. Di seguito un esempio di cassa scambi utilizzato per i siti di Torino:

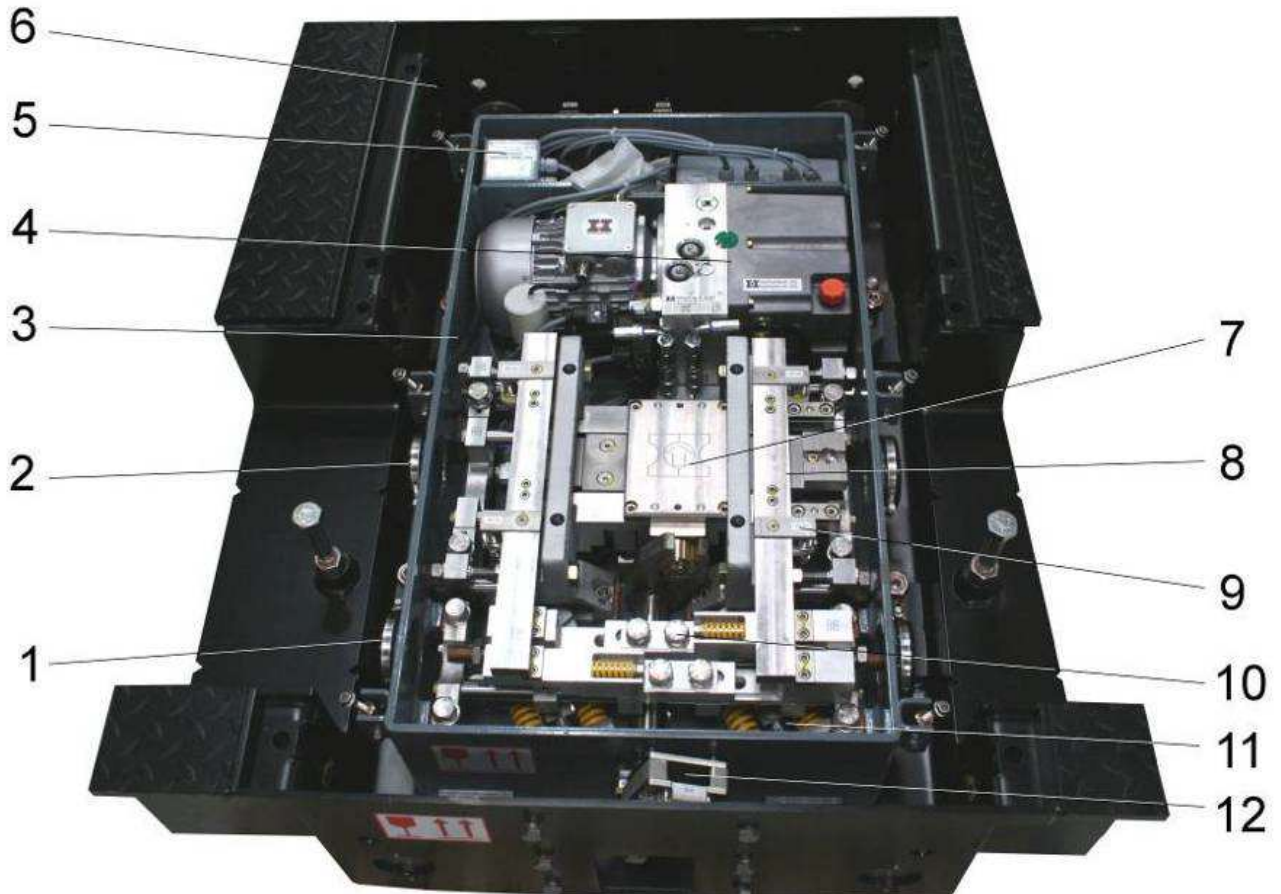


Figura – Dispositivo di manovra di una cassa elettroidraulica

- 1 – Foro dell'asta di rilevamento della posizione degli aghi
- 2 – Foro dell'asta di spinta
- 3 – Cassa di manovra
- 4 – Gruppo idraulico o magnetico
- 5 – Cassette terminali
- 6 – Controcassa di contenimento
- 7 – Unità di regolazione
- 8 – Dispositivo di blocco meccanico
- 9 – Sensori di rilevamento di inserimento del blocco meccanico

10 – Dispositivo di accoppiamento geometrico del blocco meccanico nell’asta di rilevamento della posizione finale degli aghi

11 – Pacchetto molle

12 – Tasca per asta di comando manuale

Dati tecnici

Scartamento	: 1435	mm
Distanza ago-controago	: 32...100	mm
Attacco dell’ago	: Vite con testa a martello	
Connessione del rilevatore posizione ago	: Sono possibili alternative in accordo al disegno dell’ago	
Forza di pressione del pacchetto molle	: Regolabile in continuo fino a 3500	N
Forza di tallonamento dell’ago non adiacente	: 7000	N
Forza di spinta per la commutazione	: 5000	N
Momento necessario per la commutazione manuale	: < 400	Nm
Tempo di commutazione minimo	: 0,5	s
Temperatura di esercizio	: -20...+60	°C
Carrabilità contro-cassa esterna di contenimento	: 12	T
Grado di protezione cassa interna di contenimento dispositivo di manovra	: IP67	
Monitoraggio rilevazione posizione finale dell’ago		
Sensori di prossimità (4 sensori) per posizioni finali e monitoraggio del blocco	: 24...60	Vcc
Corrente di attuazione max.	: 2	A
Unità comando		
Motore sistema idraulico	: 230	Vac
Motore sistema magnetico	: 600÷750	Vcc
Elettrovalvole MV/L – MV/R (solo per sistema idraulico)	: 24	Vcc
Olio per gruppo idraulico	: Olio idraulico Pentopol J32	
Pesi		
Coperchio cassa di contenimento	: 50...90	Kg
Cassa di manovra completa	: circa 700	Kg

4.7 Dimensionamento e distribuzione

Il quadro è realizzato dal produttore delle casse scambi (Hanning & Kahl). La progettazione è effettuata per la parte di alimentazione di potenza, per le protezioni e per la selettività. Sarà cura della Direzione Lavori supervisionare il collegamento e taratura delle componenti elettriche e degli apparati di campo. Il quadro dovrà essere rispondente all’ultima versione tecnologica utilizzata per lo scambio tipologico di Torino, in conformità alle **prescrizioni** descritte nella presente relazione e nei restanti elaborati di progetto, in particolare per quanto attiene la selettività delle protezioni e i collegamenti di messa a terra.

Fanno parte degli elaborati di progetto lo schema a blocchi, lo schema unifilare di potenza, lo schema di collegamento degli impianti di terra, la planimetria di distribuzione, lo schema unifilare dell’ultima versione del quadro da parte del costruttore. Le relative verifiche secondo norma CEI 64-8 sono allegate alla presente relazione.

Per la distribuzione elettrica agli apparati di campo si richiama lo schema di collegamento nel paragrafo dell'architettura di sistema e gli elaborati di progetto; la dorsale principale è costituita da tubazioni diametro 110 mm in PVC, pozzetti di dimensione 50 x 50 cm posizionati in corrispondenza degli apparati di terra, pozzetto 40 x 40 cm per installazione picchetto di terra, stacchi verso apparati in tubo corrugato diametro 50 mm.

E' previsto il riscaldamento degli aghi (lingue) del deviatore con n.2 resistenze scaldanti a cartuccia di tipo ferroviario, con alimentazione a partire dal quadro scambio (Pn singolo riscaldatore 0,7KW). I riscaldatori sono attivati con sonda di temperatura; di seguito le dimensioni per singolo elemento:

- Lunghezza elemento: 3080mm
- Sezione rettangolare: 13,5mm X 5,3mm

Il semaforo tranviario a 3 posizioni è costituito da lanterne di tipo Led con alimentazione 24V dal controllore; di seguito le caratteristiche tecniche:

- Alimentazione: 3x24Vdc
- Pn: 1,8W
- Protezione contro le inversioni di polarità;
- Protezione contro le sovratensioni su ogni ingresso;
- Gestione elettronica automatica delle strisce luminose di direzione;
- Compatibilità elettromagnetica.

Di seguito la tabella carichi ai fini del dimensionamento:

QSC019 - tabella carichi	
<i>Utenze</i>	<i>Potenza assorbita [KW]</i>
Riscaldatori	1,4
Motore	0,5
Presa di servizio	0,7
Controllore	0,25
PTOT	2,85

Per la tipologia di cavi da utilizzare si faccia riferimento a quanto descritto nella parte generale rispetto ai criteri di progettazione.

Di seguito la tabella cavi per le tipologie di apparati da collegare:

Circuito	Descrizione	Sigla	Tipologia	Formazione [N x mmq]	Lunghezza [m]
	<i>Potenza</i>				
	Alimentazione quadro da contatore	FG16(O)R16	Cavo multipolare 0.6/1KV	3x6	10
	Alimentazione motore	FG16(O)R16	Cavo multipolare 0.6/1KV	3x2,5	50
	Resistenza riscaldante	FG16(O)R16	Cavo multipolare 0.6/1KV	3x4	50
Comando e controllo					
HFK-MD	Bobina magnetica di rilevamento	RG 6/U 75ohm	Cavo coassiale per alta frequenza doppia schermatura	COAX	42
HFE-55	Tramettitore circuito di binario	LiY(C)Y	Cavo multipolare flessibile classe 5 schermato tipo FEOH2E 0.6/1KV	2x2,5	16
HFS-42	Ricevitore circuito di binario	LiY(C)Y	Cavo multipolare flessibile classe 5 schermato tipo FEOH2E 0.6/1KV	2x2,5	29
Vecom	Collegamento loop a quadro	NPI-FRAF	Cavo multipolare schermato (cavo di controllo)	4x1,5	29
Vecom	Costruzione Loop	FG16R16	Cavo unipolare 0.6/1KV	1x10	100
	Elettrovalvola attuatore	FG16(O)R16	Cavo multipolare 0.6/1KV	3X1,5	50
	Semaforo	FG16(O)R16	Cavo multipolare 0.6/1KV	5x2,5	40
	Sensori di prossimità cassa	FG16(O)R16	Cavo multipolare 0.6/1KV	5x2,5	50
	Connettore di corto circuito per binario passo 1435mm	Short-circuit connector 1600/120/M12	Cavo unipolare	1x120	n.6
	Collegamenti nodo equipotenziale quadro a picchetto di terra (PE)	FG16R16	Cavo unipolare 0.6/1KV	1x6	10

4.8 Dimensionamento impianto di terra

L'impianto di messa a terra è costituito da un dispersore a picchetto del tipo cilindrico in acciaio ramato diametro 20mm² di lunghezza 1,5 metri. Essendo posizionato in un pozzetto di ispezione, il picchetto è collegato al collettore principale di terra del quadro di controllo tramite PE di sezione 6mm².

I conduttori di protezione sono di sezione conforme alla tabella descritta nei paragrafi precedenti e vengono derivati dal collettore principale del quadro direttamente alle masse degli utilizzatori.

I parametri che sono stati considerati per il dimensionamento dell'impianto di terra sono i seguenti:

- tensione nominale $U_n = 230 \text{ Vac} \pm 10\%$;
- frequenza nominale $f_n = 50 \text{ Hz} \pm 5\%$;
- corrente di corto circuito simmetrica circa 10 kA.

E' possibile calcolare R_d , resistenza di terra del picchetto, con la formula empirica:

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 49 di 54 <hr/> REV. 00
---	---	--------------------------------

$$R_d = \rho_m / L$$

dove **L** è la lunghezza del picchetto in metri, mentre ρ_m è la resistività del terreno.

Per la conformazione del luogo si prende come riferimento un valore di resistività di 20 Ωm da cui:

$$R_d = 20 / 1,5 = 13\Omega$$

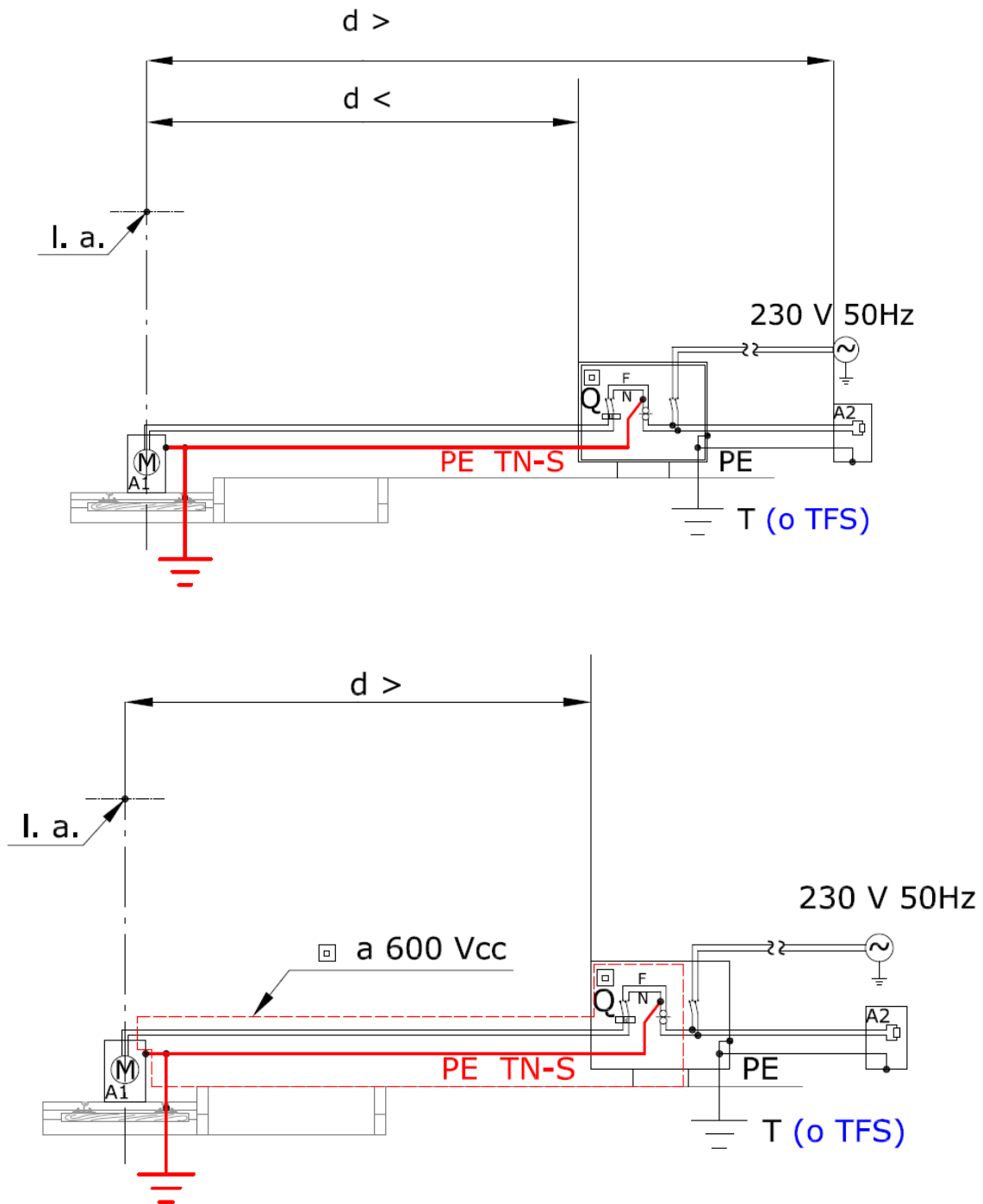
Tale valore è conforme ai criteri di dimensionamento citati nei paragrafi precedenti e dovrà essere confermato al termine dei lavori in riferimento alla documentazione che l'Impresa dovrà obbligatoriamente rilasciare ai sensi del DM 37/08. La misura dovrà attestarsi con valori **<166 Ω** al fine dell'accettazione dell'impianto.

4.9 Provvedimenti di protezione aggiuntivi

Si analizza quanto previsto normativamente relativamente alle prescrizioni della norma CEI 50122-1, per i provvedimenti aggiuntivi da adottare al sistema cassa/armadio scambio, per quanto attiene la presenza degli apparati di campo, della cassa di contenimento del motore, del semaforo e dei riscaldatori nella zona della linea di contatto e per le problematiche legate delle correnti vaganti.

Al cap. 6.2 della norma sopra citata, le parti conduttrici esposte dell'alimentazione per la trazione e non destinate alla trazione, poste all'interno della linea di contatto o della zona del captatore di corrente e non isolate da terra, **non devono essere collegate equipotenzialmente al circuito di ritorno** a meno delle eccezioni indicate al cap. 6.2.3. Al cap. 7.3 per installazioni elettriche nella zona della linea aerea di contatto con classe di isolamento II si applicano le eccezioni del cap. 6.3.1.2, mentre al cap. 7.4 per la progettazione delle alimentazioni elettriche ausiliarie, devono essere previsti i provvedimenti di cui alla tab. 2 del cap. 7.4.1.

Gli schemi di partenza analizzati sono i seguenti:



Dove **d** è la distanza limite dall'asse binario (in retta 2m e in curva 3m).

Per entrambi i casi indicati negli schemi sopra stanti, sia che **d** sia minore o maggiore del limite, è necessario l'inserimento di un limitatore di tensione (VLD) tra circuito di terra e ritorno di trazione.

Per evitare l'inserimento del VLD dovranno essere presi i seguenti provvedimenti:

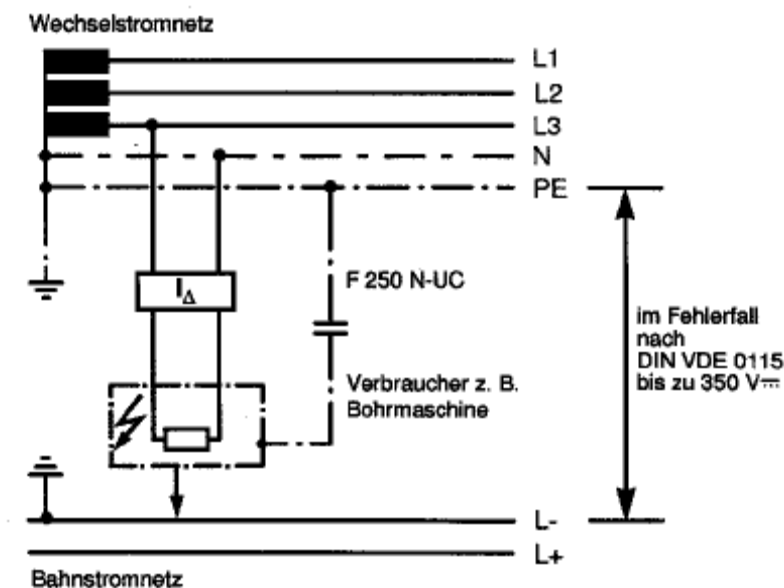
- **L'impianto di terra del quadro di comando sarà elettricamente separato dal ritorno della trazione (binario);**

- **Le masse degli apparati di potenza di campo (motore e riscaldatore) saranno collegate a terra tramite binario** per garantire la protezione dei contatti indiretti; si considera a tal fine il binario come dispersore di fatto e pertanto sarà necessario misurarne la resistenza verso terra e verso l'impianto di terra del quadro, ai fini della verifica delle protezioni;
- Sarà installato un **interruttore generale di quadro del tipo ferroviario** ABB F250 N-UC, selettivo curva B, $I_d=0,3A$, con controllo sulle interferenze dovute a correnti continue dei ritorni della trazione;
- Saranno installati **interruttori differenziali a protezione delle utenze di potenza** per garantire la protezione dai contatti indiretti e per ottenere una migliore fruibilità dell'esercizio dell'impianto.

Si analizzano di seguito le tipologie di connessione delle utenze di campo:

- CDB: il circuito di binario è collegato tramite trasmettitori e ricevitori TX/RX posizionati all'interno dei pozzetti di ispezione i cui cavi di alimentazione non hanno connessione diretta con il binario. Le derivazioni sono cablate in cassette PVC e resinata con resina epossidica bicomponente.
- VECOM e rilevatore magnetico: il loop e il rilevatore vengono annegati sotto asfalto e sono connessi con derivazione a filtri in scatole in PVC posizionati nei pozzetti di ispezione e resinati con resina epossidica bicomponente.
- Il semaforo costituito in materiale plastico viene sospeso alla linea di ancoraggio del filo di contatto che come detto in precedenza è equivalente al doppio isolamento per le caratteristiche costruttive specifiche.
- Le masse del motore elettrico e dei riscaldatori sono collegate a binario.

A seguito delle suddette analisi lo schema di messa a terra di potenza è il seguente:

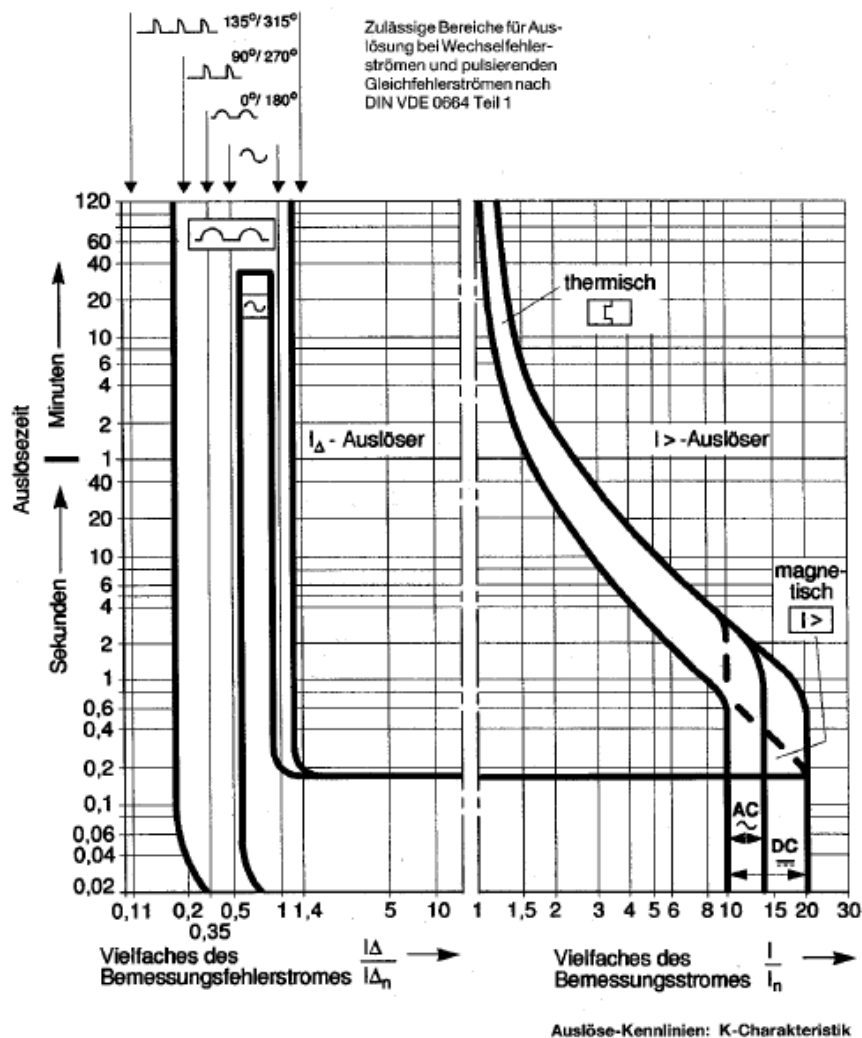


Si osserva infine che a seguito di guasti alla linea aerea, nel caso delle utenze di campo prossime al binario, il collegamento franco tra linea aerea e binario determina la corrente di cortocircuito analizzata nei paragrafi precedenti nella presente relazione, con apertura dell'extrarapido di sottostazione in un tempo <0,2sec, per cui non sono necessari provvedimenti aggiuntivi a quanto sopra riportato per tale accadimento.

4.10 Selettività

L'interruttore generale di tipo selettivo curva B $I_{dn}=0,3A$ permette la selettività con le partenze alle singole utenze $I_{dn}=0,03A$.

La curva caratteristica dell'interruttore generale è la seguente:



4.11 Misura della resistenza di terra di binario

Al fine di garantire l'intervento delle protezioni per i contatti indiretti dei circuiti motore e riscaldatori, è necessario come detto in precedenza collegare le masse al binario, per mantenere separati i circuiti di terra

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE TECNICA	Pag. 53 di 54
		REV. 00

del quadro e il ritorno della trazione, e nel contempo garantire l'intervento del differenziale a monte delle utenze.

A tal fine la misura della resistenza del binario verso terra dovrà essere inferiore al valore di soglia di intervento di seguito specificata considerando che la protezione differenziale delle utenze è $I_d=0,03A$.

Per fare in modo che l'interruttore agisca nei tempi richiesti dalla normativa, la resistenza del circuito di guasto deve essere:

$$\mathbf{Ra * Ia \leq 50}$$

quindi:

$$Ra \leq 50 / Ia \implies \mathbf{Ra \leq 50 / 0,03 = 1666 \Omega}$$

Tale valore di resistenza deve essere comparato con il valore della resistenza verso terra del binario.

4.12 Modifiche allo schema unifilare del produttore

A seguito delle sopra citate considerazioni, le modifiche da richiedere in fase di approvvigionamento al costruttore del quadro di comando sono relative alla sola protezione delle linee di potenza:

- Protezione generale per motore: Interruttore MTD ($I_n=16A$; $I_d=0,03A$) in luogo del MT previsto su unifilare del costruttore;
- Protezione generale per riscaldatori: Interruttore MTD ($I_n=16A$; $I_d=0,03A$) in luogo del MT previsto su unifilare del costruttore;
- Protezione generale per presa di servizio: Interruttore MTD ($I_n=10A$; $I_d=0,03A$) in luogo del MT previsto su unifilare del costruttore;

Tale configurazione è presente nello schema unifilare di potenza inserito a progetto.

4.13 Suddivisione delle attività

Sarà cura dell'Appaltatore la realizzazione e fornitura degli impianti; i collegamenti di campo e la taratura dei circuiti di comando e controllo, in particolare dell'antenna loop, del circuito di binario, della bobina magnetica e dei sensori di prossimità, saranno supervisionati dalla Direzione Lavori. L'attivazione e le necessarie autorizzazioni USTIF saranno a cura del Gestore.

5 ALLEGATI

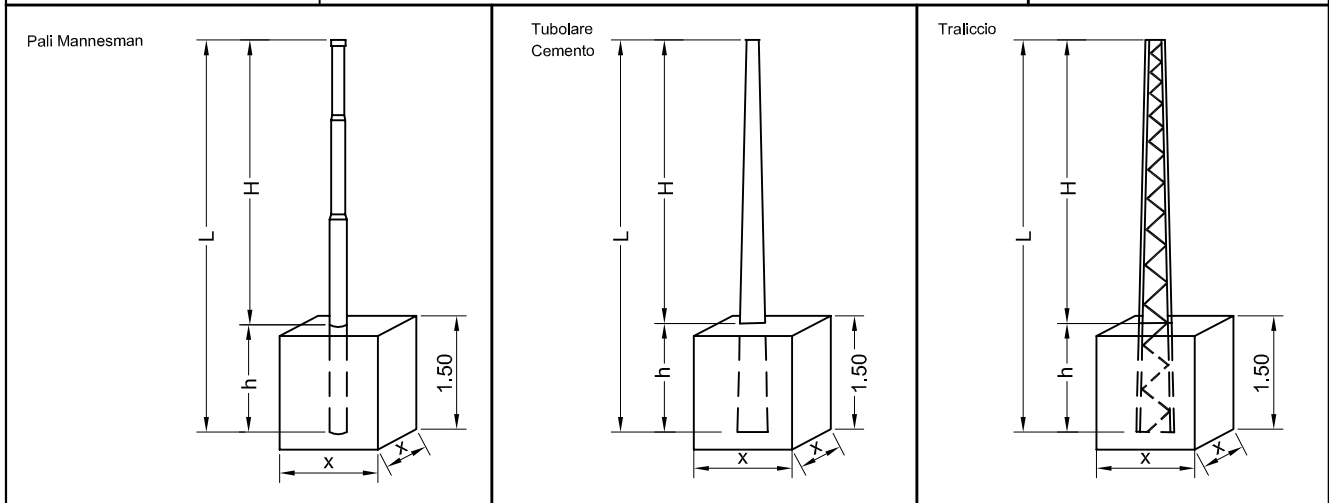
1. Tabella pali
2. Planimetria zone elettriche
3. Caratteristiche motrici tranviarie
4. Calcolo palificazione rete aerea tranviaria



Pali Mannesman
 Tipi di serie, Designazione, Tiri ammissibili in cima al palo
 Dimensioni fondazioni , Pesì , Disegni , e N.° di Magazzino

Dis. N°6993/R/4


Ultimo Aggiornamento
 12/07/16



Designazione	Tipo Palo	L Lunghezza Totale Palo m.	h Profondità di Interram. m.	H Lunghezza Fuori Terra m.	Pali Mannesman						Altri Pali			Fondazione			N° Disegno	N.° Magazzino		
					1° Tronco	2° Tronco	3° Tronco	4° Tronco	5° Tronco	6° Tronco	Spessore Palo	Dimensione Base	Dimensione Punta	Tiro Ammesso In Cima Al Palo	X In Terreno Resistente	X a Gravità			Peso	
					Diametro	Diametro	Diametro	Diametro	Diametro	Diametro										mm.
SERIE VECCHIA	T 1 Serie Vecchia	9	1.50	7.50	159	130	95					6			285	0.80	1.10	190	4886 Fig. 3	231210
	5400				2300	1300														
	T 2 Serie Vecchia	10	1.50	8.50	210	170	130					6			450	1.00	1.35	270	4886 Fig. 2	231215
	5400				2300	2300														
	T2/10/600 Serie Nuova	9.50	1.50	8.00	292	255	225	200	175	155	5.75			600	1.15	1.30	388	25893	231211	
	2235				1635	1205	1120	1030	1375											
	T 3 Serie Vecchia	10	1.50	8.50	230	180	140				10			850	1.40	1.65	480	4886 Fig. 1	231216	
	5400				2300	2300														
	T 4 Serie Vecchia	10	1.50	8.50	250	210	175	145			10									
	4650				2000	1700	1650													
320-340	290-245				215-190															
T4/10/1050 Serie Nuova	10	1.50	8.50	343	300	265	235	210	185	6			1050	1.55	1.60	477	11882	231213		
2210				1615	1190	1105	1020	1360												
T5/11/1070 Serie Nuova	11	1.50	9.50	368	320	285	250	225	200	6.25			1070	1.60	1.60	576	11882			
2470				1800	1330	1240	1140	1520												
T3/10/800 Serie Nuova	9.50	1.50	8.00	318	280	245	215	190	170	5.75			800	1.35	1.45	420	11882			
2210				1615	1190	1105	1020	1360												
C1	Tubolare Cemento	9	1.50	7.50								310	175	335	0.80	1.15	840	6904		
C2	Tubolare Cemento	10	1.50	8.50								370	220	570	1.00	1.45	1200	6904		
C3	Tubolare Cemento	10	1.50	8.50								450	300	1260	1.55	1.85	1850	6904		
R	Traliccio Rettangolare	9	1.50	7.50								350 x 120	150 x 120	785	1.25	1.55	272	5627		
Rb	Traliccio Rettangolare Bates	9	1.50	7.50								220 x 100	100 x 100				150			
Q	Traliccio Quadro	10	1.50	8.50								350 x 350	170 x 170	745	1.25	1.60	356	5216		
Qb	Traliccio Quadro Bates	10	1.50	8.50								300 x 300	120 x 110				270			
SERIE NUOVA	T 2 Serie Nuova	9.50	1.50	8.00	273	215	160				6.3							377.6	25893	231207
	4500				2750	2250														
	T 3/1	9.50	1.50	8.00	273	215	160											471.7	25893	231209
	4500				2750	2250														
	T 4 Serie Nuova	9.50	1.50	8.00	273	215	160											583.5	25893	231214
	4500				2750	2250														
T 5	Tubolare Mannesman	9.65	1.50	8.15	355.6	290	250											917.4	25893	231208
4650					2750	2250														
T 3/2	Palo I.P.	9.50	1.50	8.00	273	215	160											471.7	25893	
4500	2750				2250															

SOMMARIO

1 PALIFICAZIONE	2
1.1 Progetto dei sostegni e delle strutture trasversali.....	2
1.2 Parametri di calcolo di progetto	2
<i>1.2.1 Caratteristiche dell'armamento.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2 Caratteristiche del pantografo.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.3 Caratteristiche geometriche</i>	<i>2</i>
<i>1.2.4 Caratteristiche del carico</i>	<i>3</i>
1.3 Parametri di verifica di progetto	3
1.4 Calcolo di progetto – formazione su RETTILINEO	4
1.5 Calcolo di progetto – formazione in CURVA	7
1.6 Limiti del sistema.....	9

	CALCOLO PALIFICAZIONE RETE AEREA TRANVIARIA	Pag. 2 di 10 PF rev. 00
---	---	----------------------------

1 PALIFICAZIONE

1.1 *Progetto dei sostegni e delle strutture trasversali*

Il progetto dei sostegni e delle strutture trasversali è realizzato utilizzando i principi della statica delle strutture rigide e flessibili. Essendo i pali del tipo Mannesman utilizzati per la restante rete di Torino (tipo T3 e T4), la base di riferimento di progetto è la norma EN 1990 (criteri generali di progettazione strutturale) e la EN 1993 (progettazione delle strutture in acciaio).

Si allega alla presente relazione la scheda tecnica dei pali in progetto. Il calcolo effettuato per il progetto considera i limiti di servizio indicati nella tabella ed è elaborato in considerazione di parametri standard di dimensionamento di seguito indicati:

- Il carico ipotizzato considera:
 - Peso proprio dei sostegni
 - Carico caratteristico del vento
 - Carico caratteristico del ghiaccio
 - Carico di costruzione e di manutenzione
 - Temperature
 - Carichi accidentali
 - Fattori parziali associati
- Le azioni sulle linee aeree di contatto sono considerate azioni quasi statiche che non richiedono la verifica delle sollecitazioni a fatica (CEI EN 50119 par. 6.2).
- Le distanze dei sostegni sono concordi con quanto prescritto dalla norma CEI 9-2 (di riferimento anche se superata).

1.2 *Parametri di calcolo di progetto*

1.2.1 Caratteristiche dell'armamento

Si veda paragrafo dedicato all'armamento.

1.2.2 Caratteristiche del pantografo

La quota minima delle parti in tensione (filo di contatto) dal piano del ferro è stata fissata in 5.50m. Nel rapporto pantografo-catenaria si impone una freccia massima di 0,5m.

1.2.3 Caratteristiche geometriche

- Ai fini del calcolo della palificazione, la distanza dai pali è imposta costante a 20m massimo se in curva e 30m massimo se in retta, mentre le sospensioni hanno un interasse massimo di 7,5m.

- La distanza tra i sostegni e il binario è $>2m$. Si impone una distanza di calcolo dall'interasse del binario di minimo 3,75m.
- Poligonazione: massima poligonazione $\pm 20cm$ (tot. 40cm).

1.2.4 Caratteristiche del carico

Secondo la CEI EN 50119 le azioni che agiscono sulla linea aerea dipendono da fattori caratteristici (peso della linea con relative corde portanti e accessori) e da fattori parziali di seguito indicati:

Tipo di carico	Caso di carico					
	A	B	C	D	E	F
Permanente γ_G, γ_{cP}	1,3 ^(b)	1,3 ^(b)	1,3 ^(b)	1,3 ^(b)	1,3 ^(b)	1,0 ^(b)
Rilassamento $\gamma_G, \gamma_{cP}, \gamma_{cV}$	1,0/0 ^(a)	1,0/0 ^(a)	1,0/0 ^(a)	1,0/0 ^(a)	1,0/0 ^(a)	1,0/0 ^(a)
Vento γ_w	-	1,3 ^(b)	-	1,3 ^(b)	-	1,0 ^(b)
Ghiaccio γ_i	-	-	1,3 ^(b)	1,3 ^(b)	-	-
Sicurezza γ_A	-	-	-	-	-	1,0
Costruzione γ_P	-	-	-	-	1,5	-

(a) Apparecchiatura rimossa.
 (b) Valore raccomandato.

Per il calcolo di progetto si ipotizza il caso peggiorativo di tutti i fattori coinvolti.

Dati di base:

Pf	peso filo	8,72	N/m	(0,899kg/m)
Ps	peso sospensione + parafil	100	N	(stima)

Il peso totale sarà calcolato in funzione della lunghezza della campata moltiplicato per i fattori parziali.

Il carico di rottura viene imposto come di seguito indicato:

- carico di rottura filo di contatto: 373 N/mm^2 che per filo di sezione $100\text{mm}^2 = 3730 \text{ N}$
- carico di rottura corda portante in parafil ($d=7\text{mm}$): 5000 N

1.3 **Parametri di verifica di progetto**

La verifica di progetto è effettuata per la formazione palo/tirante/filo standard retta/curva sotto esposta. Per ogni tipo di formazione standard dovranno essere verificate le seguenti ipotesi.

Tenuta linea aerea:

- il tiro necessario a mantenere la linea tesa all'altezza di progetto deve risultare minore al tiro limite di rottura e al ribaltamento dello stesso palo;
- il tiro deve essere minore del carico di rottura della corda portante.

Tesatura:

- il tiro di ormeggio deve essere sufficiente a limitare la freccia di escursione del pantografo nei limiti imposti;

- il tiro di ormeggio calcolato deve risultare minore al tiro limite di rottura e al ribaltamento del palo.

1.4 Calcolo di progetto – formazione su RETTILINEO

Di seguito gli schemi di calcolo per la formazione di palificazione standard in retta. Si considerano distanze e angoli utilizzati nella palificazione della linea aerea della città di Torino. Le distanze scelte verificano implicitamente distanze e interassi minori.

Formazione standard RETTA:

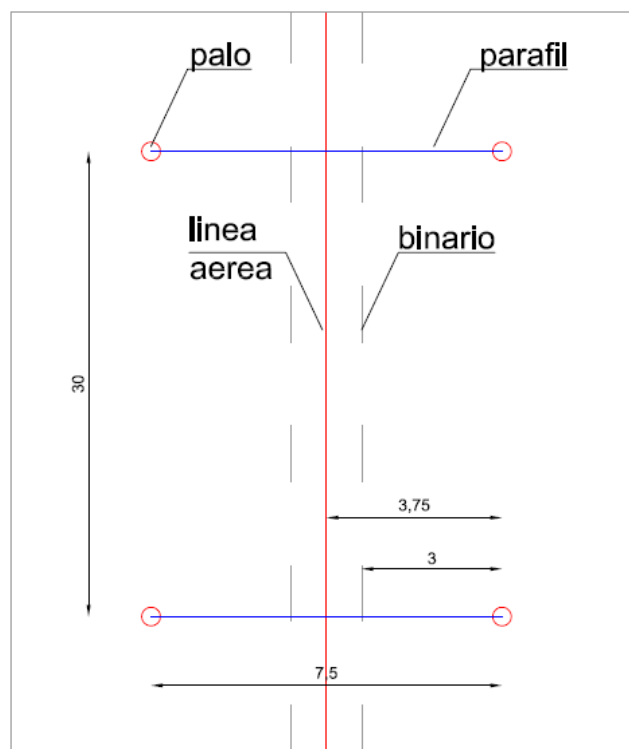


Fig. 5 – formazione standard RETTA

Calcolo peso totale:

Dati base:					
c	campata	30	m		
Pf	peso filo	8,72	N/m	(0,899kg/m)	
Ps	peso sospensione + parafile	100	N	(stima)	
Pt	peso linea per campata	$c \cdot Pf + Ps$	=	361,6	N

Schema di calcolo delle forze:

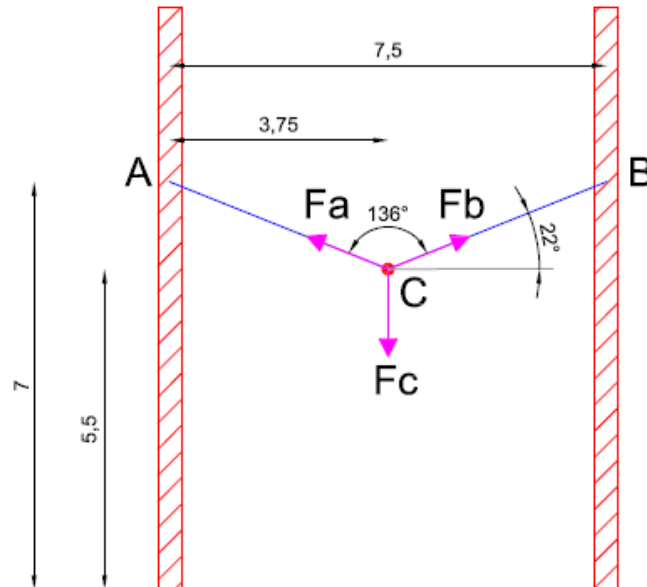


Fig. 6 – schema di calcolo

Calcolo delle forze:

Calcolo forze			
Si ipotizzano tutti i fattori coinvolti			
F	$P_t * 1,3 * 1,3 * 1,3 * 1,5$	1191,6528	N
Fc	arrotondamento	1200	N
$\alpha^\circ = \beta^\circ$	angoli	22	°
Fa=Fb	$F_a = F_c * (\sin(90^\circ - \beta^\circ) / \sin(\alpha^\circ + \beta^\circ))$	1601,68	N
Tiro su singolo palo (per eccesso)		2000	N
			200 kg

Schema campata:

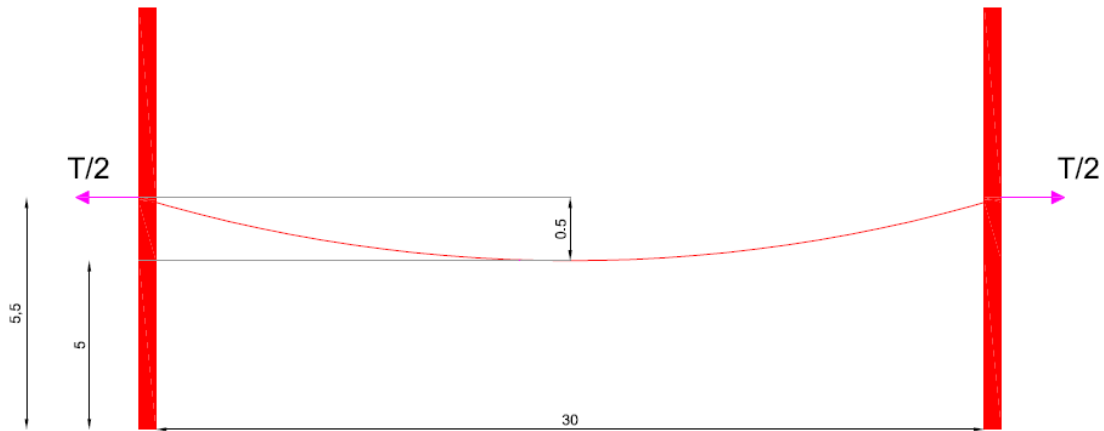


Fig. 5 –

Fig. 7 - schema campata

Dati e calcolo freccia e tiro di ormeggio T:

DATI DI BASE		
m	peso linea	10 kg/m
g	gravità	9,8 m/s ²
c	campata	30 m
L	c/2	15 m
Formula per calcolo freccia		
f	freccia	$m \cdot g \cdot L^2 / 8 \cdot T$
Si impone una freccia di 0,5m		
f	freccia	0,5 m
Calcolo TIRO		
T	tiro	$m \cdot g \cdot L^2 / 8 \cdot f$
T		5512,5 N
T		551,25 kg
T/2		280 kg

Verifiche:

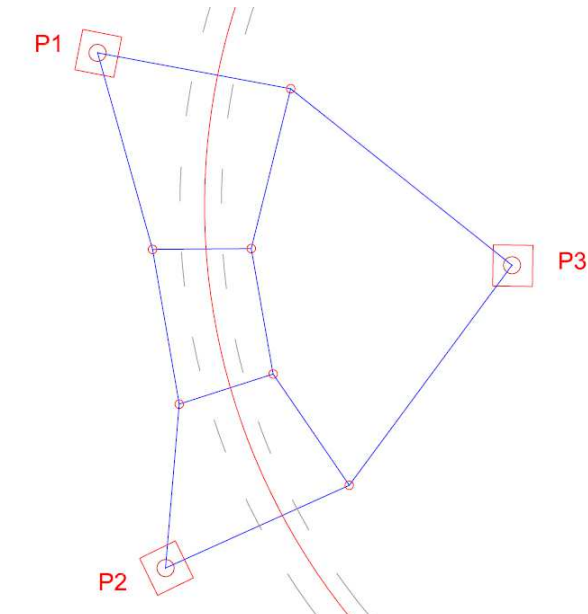
	Tiro applicato (kg)	Tiro max palo tipo T3 (kg)	Tiro max palo tipo T4 (kg)	Carico di rottura parafil (kg)	Verifica
Tenuta linea aerea	200	800	1050	500	OK
	Tiro ormeggio applicato (kg)	Tiro max palo tipo T3 (kg)	Tiro max palo tipo T4 (kg)	Carico di rottura filo di contatto (kg)	Verifica
Tesatura	280	800	1050	373	OK

Le verifiche sono positive per lo schema standard ipotizzato.

1.5 Calcolo di progetto – formazione in CURVA

Di seguito gli schemi di calcolo per la formazione di palificazione standard in curva. Si considerano distanze e angoli utilizzati nella palificazione della linea aerea della città di Torino. Le distanze scelte verificano implicitamente distanze e interassi minori. Lo schema tipo è semplificato con la presenza di tre pali.

Formazione standard CURVA:



Che può essere semplificata:

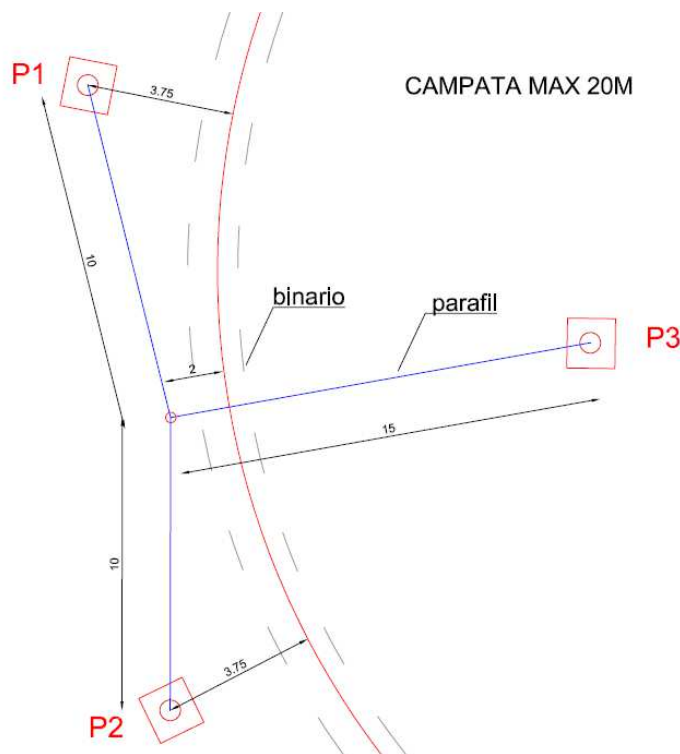


Fig. 8 – formazione standard CURVA

Calcolo peso totale:

Si impone una campata massima di 20m.

Dati base:					
c	campata	20	m		
Pf	peso filo	8,72	N/m	(0,899kg/m)	
Ps	peso sospensione + parafil	100	N	(stima)	
Pt	peso linea per campata	$c * Pf + Ps$	=	274,4	N

Schema di calcolo delle forze:

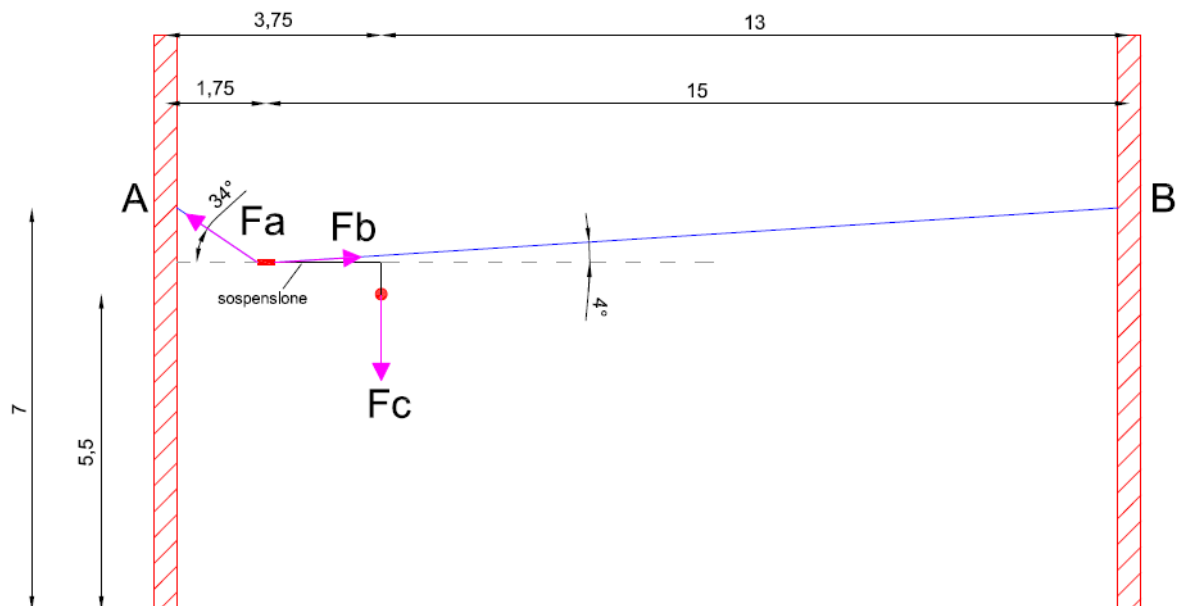


Fig. 9 – schema di calcolo

Calcolo delle forze:

La sospensione è equivalente al posizionamento dell'anello di tiro dove viene calcolata la suddivisione delle forze.

Calcolo forze			
Si ipotizzano tutti i fattori coinvolti			
F	$Pt * 1,3 * 1,3 * 1,3 * 1,5$	904,2852	N
Fc	arrotondamento	900	N
α°	angoli	34	°
β°	angoli	4	
Fa	$Fa = Fc * (\sin(90^\circ - \beta^\circ) / \sin(\alpha^\circ + \beta^\circ))$	1458,28	N
Fb	$Fb = Fc * (\sin(90^\circ - \alpha^\circ) / \sin(\alpha^\circ + \beta^\circ))$	1211,92	N
Tiro su singolo palo (per eccesso)		1500	N
			150 kg

Schema campata:

Essendo la campata minore di quella precedentemente calcolata, la freccia, il tiro di ormeggio e il carico di rottura del filo di contatto sono automaticamente verificati per i valori sopra imposti.

Verifiche:

	Tiro applicato (kg)	Tiro max palo tipo T3 (kg)	Tiro max palo tipo T4 (kg)	Carico di rottura parafil (kg)	Verifica
Tenuta linea aerea	150	800	1050	500	OK

Le verifiche sono positive per lo schema standard ipotizzato.

1.6 Limiti del sistema

A seguito delle analisi sopra esposte dovranno essere rispettati i seguenti limiti in fase di progettazione esecutiva a meno di ridimensionamento puntuale del sistema per soluzioni che non rientrino nei campi sotto indicati.

Attacchi:

- Rettilineo: nel caso di distanze superiori a 2m da binario il limite è costituito dall'angolo di attacco della corda portante con il filo di contatto, che dovrà attestarsi $\geq 22^\circ$. Pertanto l'attacco sul palo dovrà essere posizionato nel caso di angoli minori superiormente a quanto imposto da progetto fino al limite consentito (per i pali T3 max 8,00m e per i T4 max 8,50m). E' possibile inoltre diminuire l'altezza del filo di contatto con il piano rotabile fino a 5,20m mantenendo una freccia massima di 20cm e aumentando il tiro di ormeggio; dovrà essere verificato in questo caso il limite di rottura del filo di contatto oltre che verificare la portanza del palo.
- Curva: i limiti sono quelli per il rettilineo per i pali da posizionare all'esterno (pali di tiro), mentre per il palo interno è possibile mantenere un angolo inferiore, comunque $\geq 5^\circ$ e una distanza da binario superiore, calcolata dall'anello di tenuta dove agiscono le forze.

Distanza massima tra gli attacchi di mantenimento del filo di contatto (interasse dei pali):

- Rettilineo: 30m
- Curva: 20m

Distanza privilegiata tra asse di binario e palo:

- Rettilineo: 3,75m
- Curva: palo esterno curva: 3,75m
- Curva: palo interno curva: 13m

Numero di tiri per palo consentiti:

- Rettilineo: 4 tiri per palo T3, 5 tiri per palo T4

- Curva: palo esterno: stessi per rettilineo
- Curva: palo interno: 5 tiri per palo T3, 6 tiri per palo T4

Ormeggi:

- Rettilineo: 1 tiro per palo T3, 2 tiri per palo T4
- Curva: stessi per rettilineo

Coesistenza ormeggi e tiri di mantenimento linea aerea:

- Rettilineo e curva: 1 tiro ormeaggio e 2 tiri di mantenimento

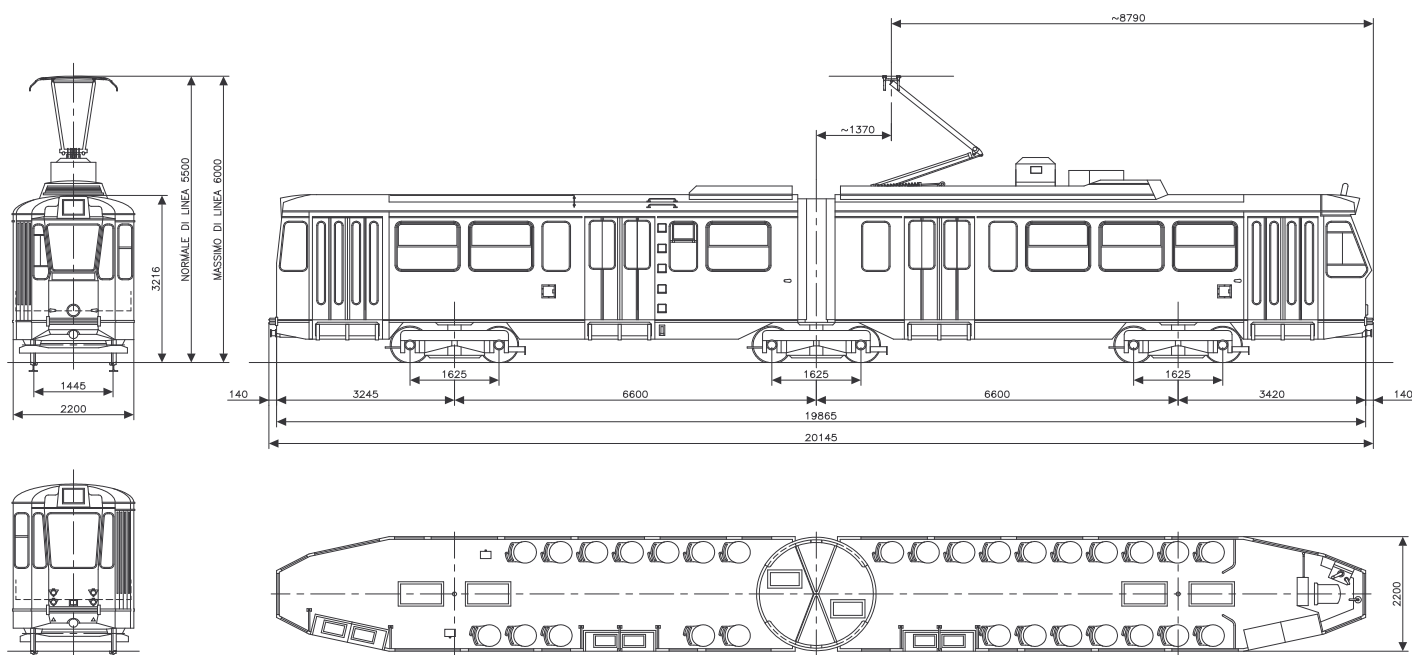
Nel caso siano necessari tiri aggiuntivi rispetto a quanto sopra esposto dovranno essere previsti ormeggi di bilanciamento per i pali interessati e verifica a rottura.

Basamento pali:

Ai fini dell'antiribaltamento i basamenti in cls dei pali dovranno essere realizzati con formazione 1,6x1,6x1,6m. Il calcolo dovrà comunque essere confermato in fase esecutiva dall'impresa che realizzerà l'opera.



**MOTRICI
TRANVIARIE**



Anno di costruzione: **1958 ÷ 1960**

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- tara	28.250	kg
- massa complessiva	39.810	kg
- lunghezza fuori tutto	20.145	mm
- raggio medio min. di curvatura	13.759,5	mm
- velocità max	41	km/h
- alimentazione	600	Vcc
- organo di presa corrente	pantografo / grafite	

FRENO E IMPIANTO PNEUMATICO

- freno di servizio	elettropneumatico
- freno di emergenza	elettrico e/o elettropneumatico più pattini elettromagnetici
- freno di stazionamento	meccanico
- motocompressore	CGE - CP 25 oppure W - DH 10

ORGANI DI CORSA

- scartamento	1.445	mm
- rodiggio	Bo + Bo + Bo	
- tipo carrello motore	FIAT MONCENISIO	
- tipo carrello portante	-	
- passo carrello motore	1.625	mm
- passo carrello portante	-	
- interperno	6.600	mm
- rapporto di riduzione	4,31	
- tipo di trasmissione	ingranaggi denti diritti	
- tipo ruote	elastico	
- diametro ruote a nuovo	680	mm
- diametro ruote a max usura	620	mm

CASSA

- carrozzeria	MONCENISIO - SEAC	
- colore	giallo - arancio	
- lunghezza	19.865	mm
- larghezza	2.200	mm
- sbalzo anteriore	3.420	mm
- sbalzo posteriore	3.245	mm
- altezza	3.216	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. min.	995	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. max	995	mm
- numero porte a libro	4	bi-anta

TRAZIONE

- tipo motore	(1)	
- potenza continuativa	(2)	kW
- potenza oraria	(2)	kW
- avviamento reostatico con inseritore		

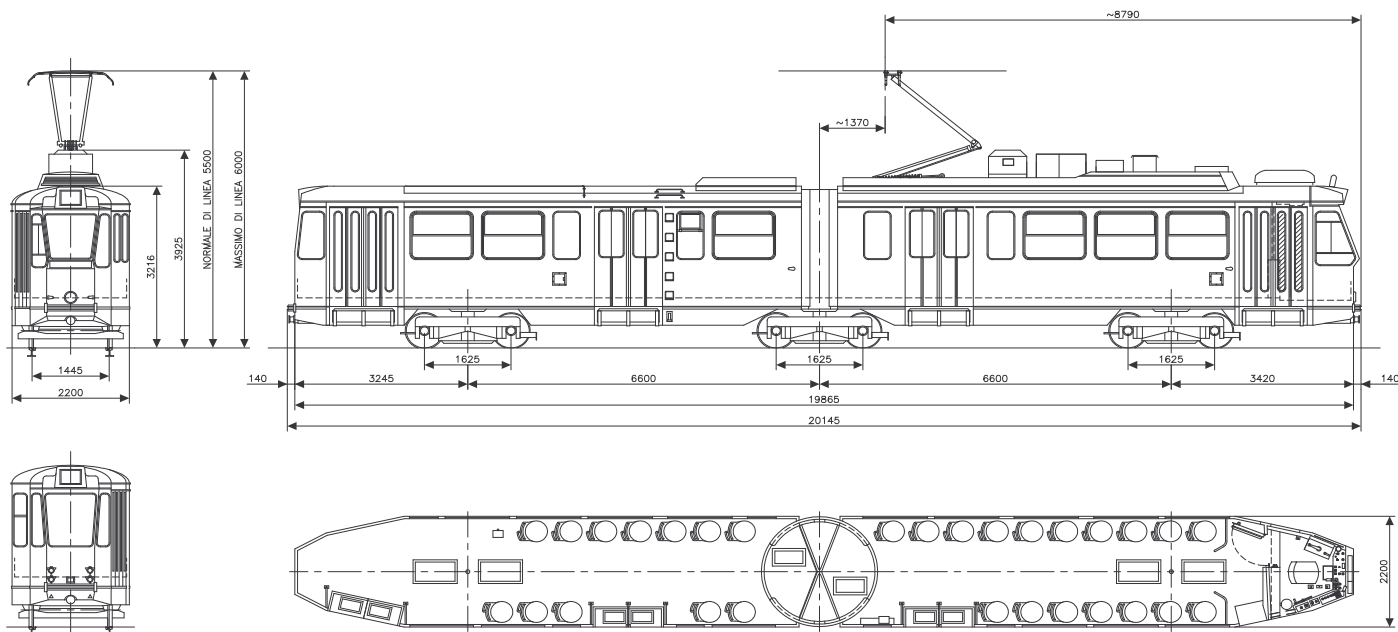
CAPACITA' POSTI PER PASSEGGERI

- posti a sedere	29
- posti in piedi	140
- posti di servizio	1
- posti totali	170

NOTE: le motrici sono state realizzate assemblando 2 veicoli tranviari della serie 2100 e 2200 costruiti negli anni 1933 - 1938; sono state poi revisionate e modificate negli anni 1979 - 1981.

(1) possono essere montati i motori RETAM RT45 oppure TIBB GDTM 1252;

(2) la potenza continuativa e la potenza oraria dei succitati motori sono rispettivamente: 6x24 e 6x33 kW; 6x23 e 6x32 kW.



Anno di costruzione: **1958 ÷ 1960**

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- tara	28.250	kg
- massa complessiva	39.810	kg
- lunghezza fuori tutto	20.145	mm
- raggio medio min. di curvatura	13.759,5	mm
- velocità max	41	km/h
- alimentazione	600	Vcc
- organo di presa corrente	pantografo / grafite	

FRENO E IMPIANTO PNEUMATICO

- freno di servizio	elettropneumatico
- freno di emergenza	elettrico e/o elettropneumatico più pattini elettromagnetici
- freno di stazionamento	meccanico
- motocompressore	CGE - CP 25 oppure W - DH 10

ORGANI DI CORSA

- scartamento	1.445	mm
- rodiggio	Bo + Bo + Bo	
- tipo carrello motore	FIAT MONCENISIO	
- tipo carrello portante	-	
- passo carrello motore	1.625	mm
- passo carrello portante	-	
- interperno	6.600	mm
- rapporto di riduzione	4,31	
- tipo di trasmissione	ingranaggi denti diritti	
- tipo ruote	elastico	
- diametro ruote a nuovo	680	mm
- diametro ruote a max usura	620	mm

CASSA

- carrozzeria	MONCENISIO - SEAC	
- colore	giallo - arancio	
- lunghezza	19.865	mm
- larghezza	2.200	mm
- sbalzo anteriore	3.420	mm
- sbalzo posteriore	3.245	mm
- altezza	3.216	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. min.	995	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. max	995	mm
- numero porte a libro	3	bi-anta
- numero porte a libro	1 (3)	mono-anta

TRAZIONE

- tipo motore	(1)	
- potenza continuativa	(2)	kW
- potenza oraria	(2)	kW
- avviamento reostatico con inseritore		

CAPACITA' POSTI PER PASSEGGERI

- posti a sedere	29
- posti in piedi	140
- posti di servizio	1
- posti totali	170

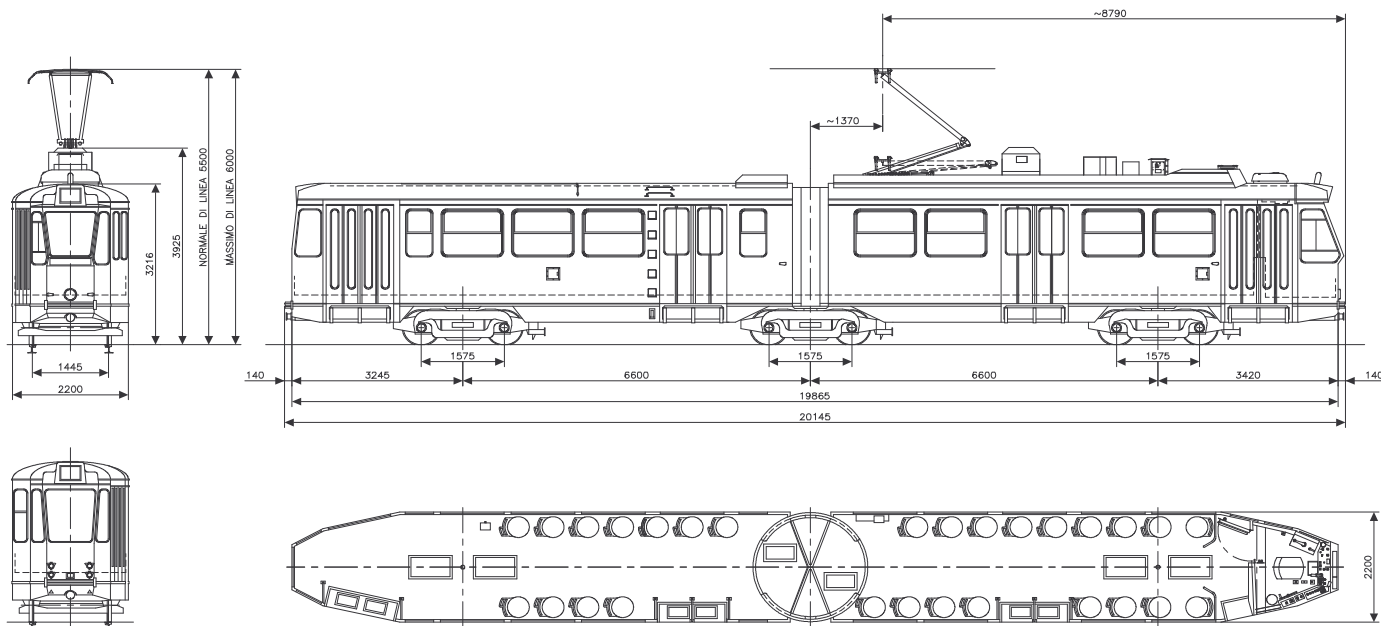
NOTE: le motrici sono state realizzate assemblando 2 veicoli tranviari della serie 2100 e 2200 costruiti negli anni 1933 - 1938; sono state poi revisionate e modificate negli anni 1979 - 1981.

(1) possono essere montati i motori RETAM RT45 oppure TIBB GDTM 1252;

(2) la potenza continuativa e la potenza oraria dei succitati motori sono rispettivamente: 6x24 e 6x33 kW; 6x23 e 6x32 kW.

(3) nel 2011 le motrici sono state sottoposte ai seguenti interventi: modifica chiusura cabina guida e suo condizionamento, banalizzazione delle porte e 1° porta ridotta a mono-anta.

(*) Le motrici 2800 1° serie ricondizionate sono: n. az. **2802,2809,2816,2819,2824,2827,2829,2834,2837,2856**



Anno di costruzione: **1982**

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- tara	28.565	kg
- massa complessiva	40.125	kg
- lunghezza fuori tutto	20.145	mm
- raggio medio min. di curvatura	13.759,5	mm
- velocità max	41	km/h
- alimentazione	600	Vcc
- organo di presa corrente	pantografo / grafite	

FRENO E IMPIANTO PNEUMATICO

- freno di servizio	elettropneumatico
- freno di emergenza	elettrico e/o elettropneumatico più pattini elettromagnetici
- freno di stazionamento	meccanico
- motocompressore	CGE - CP 25 oppure W - DH 10

ORGANI DI CORSA

- scartamento	1.445	mm
- rodiggio	Bo + Bo + Bo	
- tipo carrello motore	COMMONWEALTH	
- tipo carrello portante	-	
- passo carrello motore	1.575	mm
- passo carrello portante	-	
- interperno	6.600	mm
- rapporto di riduzione	4,31	
- tipo di trasmissione	ingranaggi denti diritti	
- tipo ruote	elastico	
- diametro ruote a nuovo	680	mm
- diametro ruote a max usura	620	mm

CASSA

- carrozzeria	FIAT - SEAC	
- colore	giallo - arancio	
- lunghezza	19.865	mm
- larghezza	2.200	mm
- sbalzo anteriore	3.420	mm
- sbalzo posteriore	3.245	mm
- altezza	3.225	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. min.	995	mm
	995	mm
- numero porte a libro bianca	3	bi-anta
- numero porte a libro	1 (3)	mono-anta

TRAZIONE

- tipo motore	(1)	
- potenza continuativa	(2)	kW
- potenza oraria	(2)	kW
- avviamento reostatico con inseritore		

CAPACITA' POSTI PER PASSEGGERI

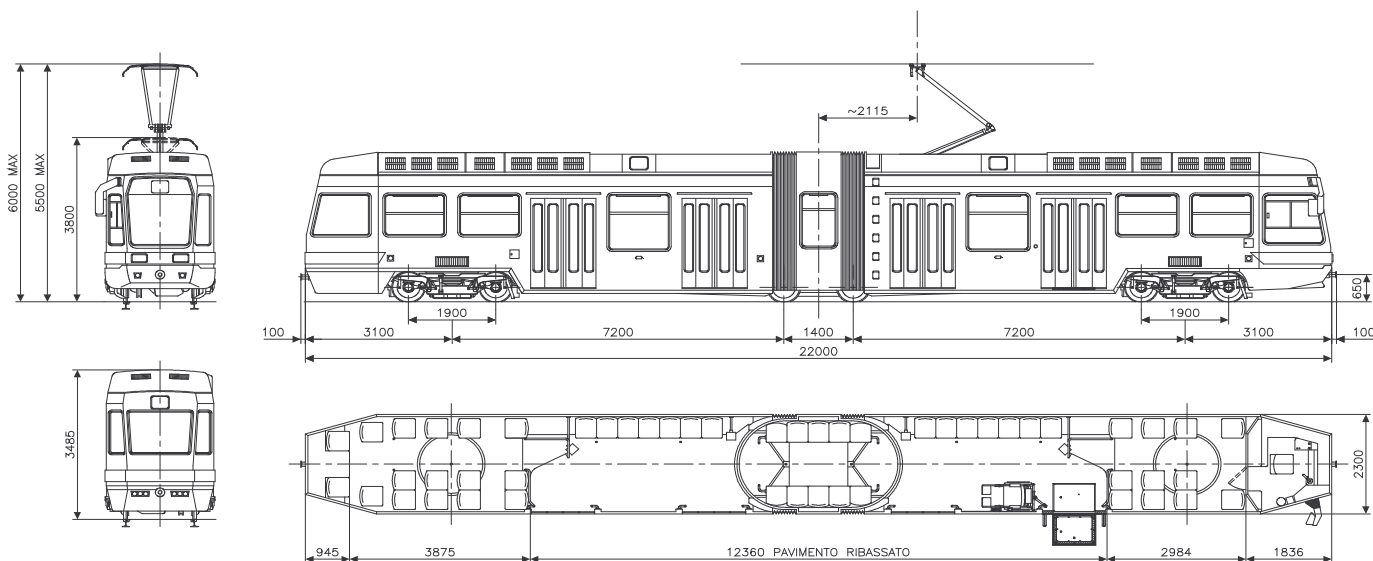
- posti a sedere	28 (4)
- posti in piedi	141
- posti di servizio	1
- posti totali	170

NOTE: le motrici sono state revisionate e trasformate nel 1982 assemblando 2 veicoli tranviari serie 2500 costruiti nel 1932

(1) possono essere montati i motori RETAM RT45 oppure TIBB GDTM 1252;

(2) la potenza continuativa e la potenza oraria dei succitati motori sono rispettivamente: 6x24 e 6x33 kW; 6x23 e 6x32 kW.

(3) nel 2009/2011 le motrici sono state sottoposte ai seguenti interventi: modifica chiusura cabina guida e suo condizionamento, banalizzazione delle porte, 1° porta ridotta a mono-anta, eliminazione di un posto a sedere a seguito introduzione postazione convalida documenti



Anno di costruzione: **1989 ÷ 1992**

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- tara (compreso conducente)	29.500	kg
- massa complessiva	41.800	kg
- lunghezza fuori tutto	22.200	mm
- raggio medio min. di curvatura	15.526	mm
- velocità max	60	km/h
- alimentazione	600	Vcc
- organo di presa corrente	pantografo	

FRENO E IMPIANTO PNEUMATICO

- freno di servizio	elettrodinamico-pneumatico
- freno di soccorso (allarme)	pneumatico
- freno di emergenza	(2)
- freno di stazionamento	meccanico
- motocompressore scroll	FAIVELEY

ORGANI DI CORSA

- scartamento	1.445	mm
- rodiggio	B + 2 + B	
- tipo carrello motore	FIAT FERROVIARIA	
- tipo carrello portante	FIAT FERROVIARIA	
- passo carrello motore	1.900	mm
- passo carrello portante	1.400	mm
- interperno	7.200	mm
- rapporto di riduzione	6,212	
- tipo di trasmissione	ingran. conici e cilindrici	
- tipo ruote	elastico "Bochum 54"	
- diametro ruote a nuovo	680	mm
- diametro ruote a max usura	620	mm

CASSA

- carrozzeria	(3)	
- colore (in fase di applicazione)	giallo - blu - arancio	
- lunghezza	22.000	mm
- larghezza	2.300	mm
- sbalzo anteriore	3.100	mm
- sbalzo posteriore	3.100	mm
- altezza	3.485	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. min.	350	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. max	870	mm
- numero porte a libro	4	
- pedana disabile (in fase di sostituz.)	(4)	

TRAZIONE

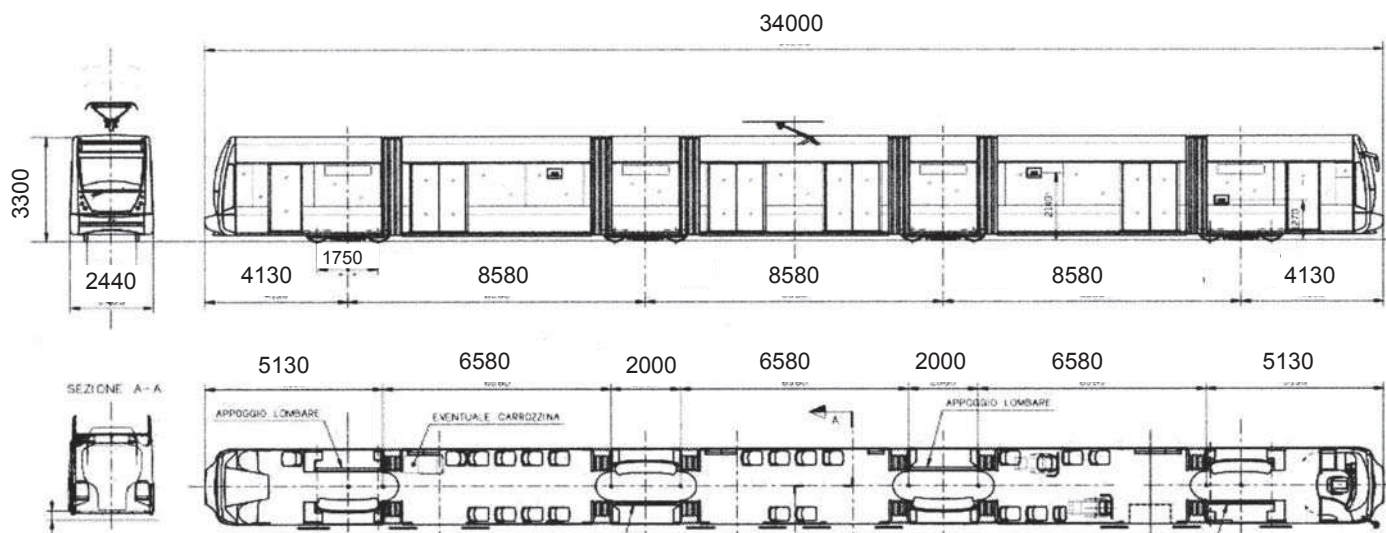
- tipo motore	ANSALDO 4 ELO 2245	
- potenza continuativa	2 X 150	kW
- potenza oraria	2 X 162	kW
- avviamento	(1)	

CAPACITA' POSTI PER PASSEGGERI

- posti a sedere	51
- posti in piedi	129
- posti di servizio	1
- posti totali	181

NOTE:

- (1) avviamento di tipo non dissipativo con convertitore di potenza a chopper con G.T.O. raffreddato a freno in circolazione naturale
- (2) il sistema frenante di emergenza è composto da freno elettrodinamico, freno pneumatico e pattini elettromagnetici;
- (3) la carrozzeria delle motrici 5000 ÷ 5029 è della FIAT FERROVIARIA mentre quella delle motrici 5030 ÷ 5053 è delle officine meccaniche STANGA
- (4) nel 2010 è stata avviata la modifica della postazione disabile e sostituito il predellino incarroz. con pedana manuale a ribalta.



Anno di costruzione: **2000**

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- tara (compreso conducente)	40.800	kg
- massa complessiva	59.772	kg
- lunghezza fuori tutto	34.000	mm
- raggio medio min. di curvatura	15.000	mm
- velocità max	70	km/h
- alimentazione	600	Vcc
- organo di presa corrente	pantografo	

FRENO E IMPIANTO PNEUMATICO

- freno di servizio	elettrodinamico-meccanico
- freno di soccorso (allarme)	meccanico e pattini elettromagn.
- freno di emergenza	elettrodinam.-meccanico-pattini
- freno di stazionamento	meccanico
- motocompressore	SAB - WABCO

ORGANI DI CORSA

- scartamento	1.445	mm
- rodiggio	1-A + Bo + Bo + A-1	
- tipo carrello motore	ALSTOM	
- tipo carrello portante	-	
- passo carrello motore	1.750	mm
- passo carrello portante	-	
- interperno	6.580	mm
- rapporto di riduzione	8,55	
- tipo di trasmissione	ingran. cilindrici	
- tipo ruote	elastico	
- diametro ruote a nuovo	680	mm
- diametro ruote a max usura	620	mm

CASSA

- carrozzeria	ALSTOM	
- colore	giallo-blu-argento	
- lunghezza	34.000	mm
- larghezza	2.440	mm
- sbalzo anteriore	4.130	mm
- sbalzo posteriore	4.130	mm
- altezza	3.300	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. min.	290	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. max	320	mm
- numero porte traslanti doppie	4	
- numero porte traslanti singole	2	

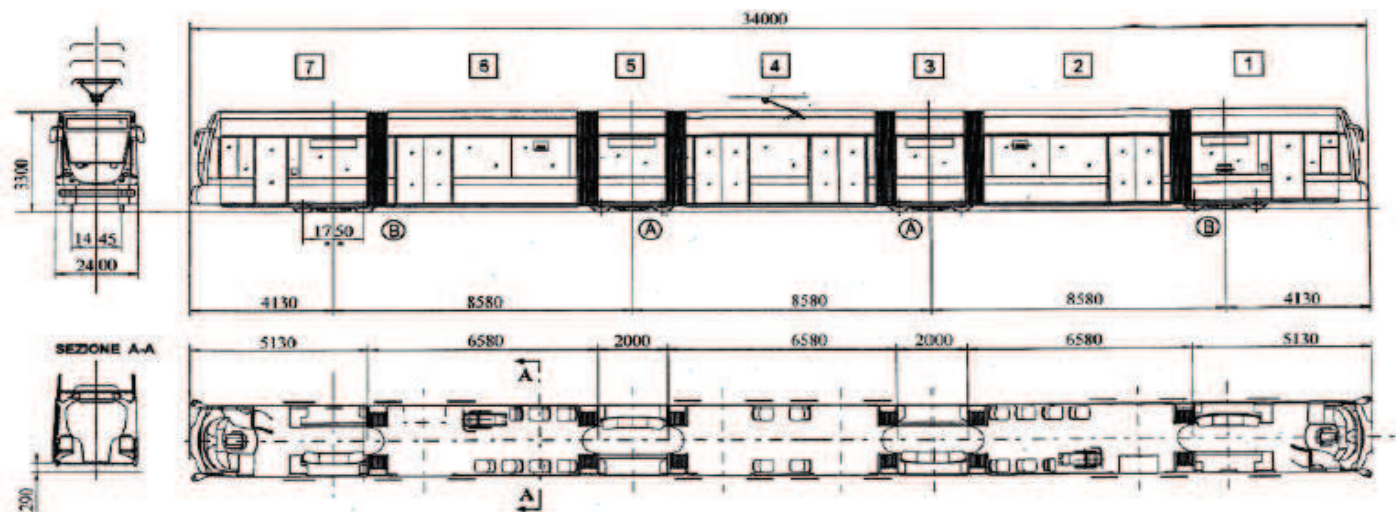
TRAZIONE

- tipo motore	PARIZZI MTA - 6/64	
- potenza continuativa	12x41	kW
- potenza oraria	-	kW
- avviamento	(1)	

CAPACITA' POSTI PER PASSEGGERI

- posti a sedere	42
- posti in piedi	158
- posti di servizio	1
- posti totali	201

NOTE: (1) avviamento di tipo non dissipativo tramite convertitore statico di potenza inverter.
Veicoli dotati di impianto integrale di condizionamento dell'aria



Anno di costruzione: **2001-2002-2003**

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- tara (compreso conducente)	42.000	kg
- massa complessiva	60.900	kg
- lunghezza fuori tutto	34.000	mm
- raggio medio min. di curvatura	15.000	mm
- velocità max	70	km/h
- alimentazione	600	Vcc
- organo di presa corrente	pantografo	

FRENO E IMPIANTO PNEUMATICO

- freno di servizio	elettrodinamico-meccanico
- freno di soccorso (allarme)	meccanico e pattini elettromagn.
- freno di emergenza	elettrodinam.-meccanico-pattini
- freno di stazionamento	meccanico
- motocompressore	SAB - WABCO

ORGANI DI CORSA

- scartamento	1.445	mm
- rodiggio	1-A + Bo + Bo + A-1	
- tipo carrello motore	ALSTOM	
- tipo carrello portante	-	
- passo carrello motore	1.750	mm
- passo carrello portante	-	
- interperno	6.580	mm
- rapporto di riduzione	8,55	
- tipo di trasmissione	ingran. cilindrici	
- tipo ruote	elastico	
- diametro ruote a nuovo	680	mm
- diametro ruote a max usura	620	mm

CASSA

- carrozzeria	ALSTOM	
- colore	giallo-blu-argento	
- lunghezza	34.000	mm
- larghezza	2.440	mm
- sbalzo anteriore	4.130	mm
- sbalzo posteriore	4.130	mm
- altezza	3.300	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. min.	290	mm
- altezza pavimento dal p.d.f. max	320	mm
- numero porte traslanti doppie	8	
- numero porte traslanti singole	4	

TRAZIONE

- tipo motore	ALSTOM MTA - 6/64	
- potenza continuativa	12x41	kW
- potenza oraria	-	kW
- avviamento	(1)	

CAPACITA' POSTI PER PASSEGGERI

- posti a sedere	34+1
- posti in piedi	161
- posti di servizio	1
- posti totali	197

NOTE: (1) avviamento di tipo non dissipativo tramite convertitore statico di potenza inverter.
Veicoli dotati di impianto integrale di condizionamento dell'aria

N.B. : Dati tecnici rilevati dal progetto esecutivo fornito dal Costruttore

4.7 Distribuzione carichi per asse e per ruota con veicolo a carico eccezionale

La distribuzione dei carichi per asse e per ruota è rappresentata in Figura 4-4

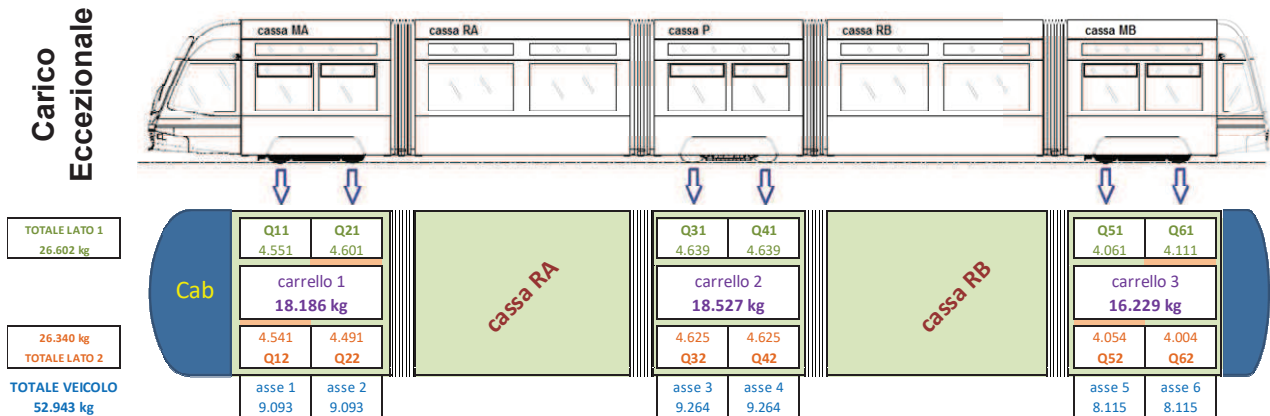


Figura 4-4: Distribuzione carichi a carico eccezionale

La Tabella 4-13 riporta i valori rappresentati nella figura precedente:

RUOTA	MASSA Kg	ASSE	MASSA Kg	CARRELLO	MASSA Kg
1 1	4.551	1	9.093	1 (cassa MA)	18.186
1 2	4.541				
2 1	4.601	2	9.093		
2 2	4.491				
3 1	4.639	3	9.264	2 (Cassa P)	18.527
3 2	4.625				
4 1	4.639	4	9.264		
4 2	4.625				
5 1	4.061	5	8.115	3 (Cassa MB)	16.229
5 2	4.054				
6 1	4.111	6	8.115		
6 2	4.004				
MASSA TOTALE VEICOLO A CARICO ECCEZIONALE					52.943

Tabella 4-13: Distribuzione carichi a carico eccezionale