

CONCEDENTE:

COMUNE DI FIRENZE

CONCESSIONARIA:

Soc. TRAMVIA DI FIRENZE S.p.A.



ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE PER
LA REALIZZAZIONE DEL SISTEMA TRANVIARIO FIORENTINO
LINEE 2 E 3

 CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI	 ALSTOM Transport Transport Global Solutions	 ALSTOM Transport Global Solutions ITALIA
 AnsaldoBreda A Finmeccanica Company	 AnsaldoSTS A Finmeccanica Company	 BALDASSINI-TOGNOZZI-PONTELLO Costruzioni Generali S.p.A.
 Ciet S.p.A. IMPIANTI	 CTC CONSORZIO TOSCANO COOPERATIVE	 COESTRA
 DI.COS. s.p.a.	 Sirti	NUMERO PROGRESSIVO GENERALE

PROGETTO	IMPIANTO	PROGRESSIVO	FORMATO	FASE	TIPO	A.G.
F L X	0 X X	9 9 9 9 9	A4	P E	0 6	L X

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA GENERALE
LINEA 2 e LINEA 3

DIR. TECNICO - PROF INC.	MANDATARIA C.C.C	TRAM DI FIRENZE	R.U.P.
--------------------------	------------------	-----------------	--------

SOCIETA' RESPONSABILE	CODIFICA SOCIETA' RESPONSABILE
-----------------------	--------------------------------

REV	DATA	DESCRIZIONE	SOCIETA' RESPONSABILE			A.T.I.		
			Redatto	Verificato	Approvato	Redatto	Approvato	Visto
00	30/04/09	EMISSIONE				NICOLETTI		NICOLETTI

INDICE

1	INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	CRITERI ADOTTATI PER LA PROGETTAZIONE	13
4	ORGANIZZAZIONE COMPLESSIVA DEL PROGETTO	15
4.1	<i>ORGANIZZAZIONE PROGETTO LINEA 2</i>	16
4.2	<i>ORGANIZZAZIONE PROGETTO LINEA 3</i>	22
4.3	<i>PROGETTO VEICOLO</i>	27
5	DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA TRAMVIA	28
5.1	DATI CARATTERISTICI.....	29
5.2	ESERCIZIO.....	34
5.3	COMUNICAZIONI DI LINEA PER SERVIZIO PROVVISORIO	37
5.4	POSTO CENTRALE	39
5.5	DEPOSITO	39
5.6	LINEA ED INFRASTRUTTURE CIVILI.....	40
5.6.1	<i>GENERALE</i>	40
5.6.2	<i>CARATTERISTICHE DELLA GEOMETRIA DEL TRACCIATO</i>	40
5.6.3	<i>SEZIONI TRASVERSALI TIPO</i>	44
5.6.4	<i>CAVIDOTTI</i>	45
5.6.5	<i>FERMATE E CAPOLINEA</i>	45
5.6.6	<i>LOCALI SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE</i>	47
5.7	ARMAMENTO	48
5.7.1	<i>CARATTERISTICHE DEI BINARI</i>	49
5.7.2	<i>DEVIATOI</i>	49
5.8	ALIMENTAZIONE ELETTRICA E TRAZIONE	52
5.9	IMPIANTO DI TERRA.....	56
5.10	LINEA DI CONTATTO	57
5.11	SIMULAZIONE ELETTRICA	59
5.12	SISTEMA DI GESTIONE (SCADA).....	61
5.13	SISTEMA DI SUPERVISIONE E CONTROLLO TRAMVIARIO	63
5.14	IMPIANTO DI SEGNALAMENTO	65
5.15	IMPIANTO DI LOCALIZZAZIONE DEI VEICOLI TRAMVIARI	68
5.16	GESTIONE PRIORITA' SEMAFORICA AGLI INCROCI STRADALI.....	74
5.17	SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE ED INFORMATIVI	76
5.17.1	<i>SISTEMA DI TRASMISSIONE</i>	76
5.17.2	<i>RADIO</i>	77
5.17.3	<i>SISTEMA DI BORDO</i>	78

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

5.17.4	<i>DIFFUSIONE SONORA E PANNELLI INFORMATIVI</i>	79
5.17.5	<i>SORVEGLIANZA VIDEO TVCC</i>	81
5.17.6	<i>IMPIANTI TELEFONICI</i>	82
5.17.7	<i>SINCRONIZZAZIONE ORARIA</i>	83
5.17.8	<i>SISTEMA DI TARIFFAZIONE</i>	84
5.18	MATERIALE ROTABILE	85
5.18.1	<i>CARATTERISTICHE GENERALI</i>	85
5.18.2	<i>BATTERIE DI TRAZIONE</i>	88
5.19	L'IMPATTO AMBIENTALE	89

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 3 di 89

1 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

Il sistema tranviario fiorentino, attualmente in fase di realizzazione, sarà costituito a regime da tre linee tranviarie principali, così come di seguito schematizzato:

- la linea 1 - che dal territorio del comune di Scandicci arriva fino alla stazione ferroviaria di Firenze S.M.N. attraversando il fiume Arno, con un nuovo ponte all'altezza del parco delle Cascine. La linea è un fase di realizzazione e di apertura all'Esercizio Pubblico;
- la linea 2 - che dall'aeroporto di Peretola, dopo l'interscambio con la nuova stazione ferroviaria AV/AC di Belfiore, e dopo aver attraversato il "centro storico", raggiunge Piazza della Libertà;
- la linea 3 - che dall'ospedale di Careggi si collega alla linea 1, all'altezza dei viali del Poggi, passando per la Fortezza di san Giovanni ("da basso").

Sono presenti punti di interconnessione tra le varie linee. In particolare:

- Tra la linea 1 e la linea 2 in prossimità di Via Alamanni dove è collocato un bivio che permette dalla stazione di S.M.N. il proseguo verso Scandicci (linea 1) o verso Aeroporto (linea 2).
- Tra la linea 1 e la linea 3 in prossimità della stazione di Via Rosselli dove è collocato un bivio che permette il proseguo, con provenienza Scandicci, verso S.M.N. (linea 1) o il capolinea di Careggi (linea 3).

E' inoltre previsto, il prolungamento della linea 3 verso la zona est di Firenze con due diramazioni: la prima per Rovezzano, fino alla fermata ferroviaria di Rovezzano; la seconda per viale Europa con un possibile ulteriore tratto fino all'interno del Comune di Bagno a Ripoli.

Anche per quanto riguarda la linea 2, sono in corso studi e verifiche per consentire un prolungamento del sistema, in questo caso a nord verso il Comune di Sesto F.no passando per la zona di Castello. Realizzato anche questo ulteriore prolungamento il sistema tranvia, fortemente efficientato, consentirebbe di convogliare su ferro buona parte della domanda di mobilità generata dal nuovo sviluppo insediativo (residenziale, terziario pubblico e privato, servizi e verde pubblico) rappresentato dalla trasformazione, in fase di avvio, delle aree denominate "ex Fondiaria". Gli attestamenti previsti per i due prolungamenti (est e nord) ed in particolare alla stazione ferroviaria di Rovezzano per la linea 3 ed a quella di Castello per linea 2, sono stati studiati, tra l'altro allo scopo di favorire e garantire il miglioramento dell'interscambio modale (ferro-ferro). Negli studi in corso sono inoltre in fase di verifica le possibili localizzazioni per due ulteriori depositi (a

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 4 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

nord a ridosso dell'area ferroviaria di Castello, ad est in località Rovezzano e/o Bagno a Ripoli).

In ultimo, sono in fase di verifica (fattibilità tecnico-economica) due "integrazioni di tracciato" di minor importanza quantitativa ed economica, ma di grande valore aggiunto sul piano strategico e trasportistico: il collegamento tra la stazione ferroviaria di S.M.N. e l'ingresso delle Fortezza da Basso lungo via Valfonda (Linea 2); ed il prolungamento del tracciato del percorso dall'ingresso principale dell'ospedale di Careggi (viale Morgagni) fino all'ingresso del nuovo Maier (Linea 3).

Come si percepisce da queste poche righe, il progetto si colloca all'interno di una scelta strategica dell'Amministrazione fiorentina che, in linea con le tendenze in atto oramai da molti anni in numerose città italiane e nei maggiori centri europei, prevede una sostanziale riduzione della mobilità privata fornendo in alternativa un sistema integrato di qualità pubblica. Tenuto conto, da un lato delle oggettive difficoltà, contingenti e strutturali, nel reperimento delle risorse pubbliche, dall'altro della tendenza innovativa ad avvalersi nello sviluppo di iniziative economiche strategiche per il Paese, dei più avanzati strumenti di partenariato pubblico-privato, l'Amministrazione fiorentina ha deciso di dare avvio alla progettazione e realizzazione della seconda e della terza linea attraverso la promozione di un "project finance". In particolare, è stato previsto a valle dell'avvio della costruzione della prima linea (che si rammenta è realizzata con risorse interamente pubbliche e secondo la normale procedura dell'appalto integrato) la costituzione di una Concessionaria, la TRAM DI FIRENZE, appunto, con lo scopo di progettare, realizzare le linee 2 e 3 e, cosa più importante gestire l'intero sistema con una concessione trentennale.

I due progetti definitivi sono stati approvati nelle Conferenze di Servizi rispettivamente:

- del 26.07 2000 e 24.07.2003 per quanto riguarda linea 2;
- del 13.06.2002 per quanto riguarda linea 3.

In seguito all'avvio da parte dell'Amministrazione di una procedura di evidenza pubblica per il recepimento di proposte finalizzate alla realizzazione, ed alla sua gestione, in partenariato pubblico-privato dell'opera, l'attuale Concessionario ha presentato una proposta dichiarata di pubblico interesse con delibera di G.C. del 09.09.2003. Nel frattempo, il progetto è stato trasmesso al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che ha provveduto ad approvare il progetto e quindi, successivamente, è stato possibile sottoscrivere il Contratto di Concessione tra il Concedente (Comune di Firenze) e la Concessionaria (Tram di Firenze S.p.A.) che prevede schematicamente:

- la revisione dei progetti definitivi;
- la redazione dei progetti esecutivi e la direzione dei lavori
- la realizzazione delle opere
- la gestione del sistema (comprensivo di linea 1).

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 5 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Con riferimento agli impegni assunti nell'atto citato la Tram di Firenze ha provveduto a redigere una prima versione revisionata dei progetti definitivi, trasmessi al Concedente in data 17.07.06 e 03.08.06 e un successivo progetto definitivo revisionato, o come è stato meglio denominato Nuovo Progetto Definitivo, comprensivo delle integrazioni e delle prescrizioni contenute nelle delibere di approvazione delle CdS e nei successivi atti del Concedente. Il Nuovo Progetto Definitivo o Progetto Definitivo Revisionato è stato approvato nella Conferenza dei Servizi del 20.12.07 e del dal Comune di Firenze con Delibera di Giunta del 21.12.07 n° 2007/G/00862 2007/01043.

Quindi a seguito delle approvazioni sopracitate la Tram di Firenze ha stipulato in dat 14.10.2008 il II Atto aggiuntivo con il Comune di Firenze e successivamente attraverso l'ATI Costruttori, responsabile della realizzazione della Progettazione e della Realizzazione delle Opere, con il II atto integrativo del 14.10.2008, ha attivato la fase di redazione del Progetto Esecutivo.

Tenuto conto di quanto sopra indicato la presente relazione, ha quindi lo scopo di:

- approfondire e dettagliare i criteri progettuali adottati
- fornire un quadro sintetico e descrittivo del progetto nelle sue linee generali
- permettere un accesso guidato alla documentazione prodotta.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 6 di 89

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Sotto il profilo tecnico-normativo e, con riferimento alle scelte di sistema ed alle tipologie preferibili nella realizzazione sia delle opere civili che delle singole componenti tecnologiche, i progettisti hanno utilizzato e preso a modello, come peraltro nella precedente fase di revisione del progetto definitivo, la normativa vigente in materia di sistemi tranviari, e quanto fino ad oggi utilizzato, previsto ed approvato per la linea 1.

I principali riferimenti normativi che si riporta in questa parte della relazione per meglio comprendere alcune delle scelte di progetto operate durante la fase di progettazione esecutiva, sono:

Definizioni generali del sistema

- Norma UNI 8378 "Metropolitane leggere - Motrici - Dimensioni, caratteristiche e prestazioni".
- Norma UNI 8379 "Sistemi di trasporto a guida vincolata(ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) – Termini e Definizioni".
- Norma UNI 8944 "Materiale rotabile per sistemi di trasporto leggeri su rotaia in aree urbane - Dimensioni, caratteristiche e prestazioni".

Dimensioni e tipologia della sede

- Norma UNI 5646 "Attraversamenti di ferrovie e tramvie extraurbane con strade pubbliche - Direttive per la scelta del sistema di attraversamento e, nel caso di attraversamento a raso, del sistema di protezione".
- Norma UNI 7156 "Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile ed interbinario".
- Norma UNI 8378 "Sagoma limite".
- Norma UNI 3648 "Linee tranviarie con rotaie a gola. Definizioni di scartamento ordinario e a scartamento ridotto".
- Norma UNI 7836 "Metropolitane. Geometria del tracciato delle linee su rotaia. Andamento planimetrico ed altimetrico e tolleranze di costruzione".
- D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 e ss.mm.ii. "Nuovo Codice della Strada".
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e ss.mm.ii. "Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo codice della strada e successive modificazioni".
- D.M. 05/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".
- Norme C.N.R. 15/04/1983 (B.U. n. 90) "Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane"
- Norme C.N.R. 19/03/1992 (B.U. n. 150) "Norme sull' arredo funzionale delle strade urbane"

Stazioni e fermate

- Norma UNI 8207 "Metropolitane - Segnaletica grafica per viaggiatori nelle stazioni".

Superamento barriere architettoniche

- Legge n. 118 del 30/03/1971 a favore dei mutilati ed invalidi civili, in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici.
- D.P.R. n. 503 del 24/07/1996 "Regolamento recante norme per l' eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici".

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 7 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Armamento

- CEI EN 50122-2: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Impianti fissi – Parte 2: protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua”
- CNR BU N. 146: Determinazione dei moduli di deformazione Md e Md' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.
- UNI EN 1992:2005: Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI 9614:1990: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
- UNI 9916:2004: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 10570:1997: Prodotti per l'isolamento delle vibrazioni. Determinazione delle caratteristiche meccaniche di materassini e piastre
- UNI 11059:2003: Elementi antivibranti - Materassini elastomerici per armamenti ferrotranviari - Indagini di qualifica e controllo delle caratteristiche meccaniche e delle prestazioni
- UNI EN 13481-1:2006: Applicazioni ferroviarie - Binario - Requisiti prestazionali per i sistemi di fissaggio
- UNI EN 14811:2006: Applicazioni ferroviarie - Binario - Rotaie per impieghi speciali - Rotaie a gola e profili di costruzione associati
- UNI EN 13848-5:2008 : Applicazioni ferroviarie - Binario - Qualità della geometria del binario Parte 5: Livelli di qualità geometrica
- VDV OR 14: 1995: VDV Oberbau Richtlinien OR 14 - Weichen und Kreuzungen (Scambi ed Incroci)
- UNI EN 206-1:2006 : Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI 11104:2004: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- UNI EN 197-1:2007 : Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 10080:2005: Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità
- UNI EN 1433:2008: Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni - Classificazione, requisiti di progettazione e di prova, marcatura e valutazione di conformità
- UNI EN 124:1995: Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità.

Vibrazioni

- UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
- UNI 9916 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- ISO 2631/1 – Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1 : general requirements
- ISO 2631/2 – Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2 : Continuous and shock-induced vibration in buildings (1-80 Hz)
- UNI 11048 – Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

Rumore

- Legge quadro sull'inquinamento acustico n.447 del 26/10/95
- DPCM 14/11/97 – Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
- Decreto 16/3/98 - Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
- prEN ISO 3095 – Acoustics – Measurements of noise emitted by railbound vehicles

Compatibilità Elettromagnetica

Sezione 6: Immunità ai disturbi condotti, indotti da campi a radiofrequenza. 1997-11.

- CEI EN 61000-6-1 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 8 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- CEI EN 61000-6-2 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-3 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 61000-6-4 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali
- Direttiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 dicembre 2004 concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE
- Decreto Legislativo 06 novembre 2007, n. 194 "Attuazione della Direttiva 2004/108/CE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE"
- CEI EN 50121-1: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Compatibilità elettromagnetica – Parte 1: Generalità (05/2001)
- CEI EN 50121-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Compatibilità elettromagnetica – Parte 2: Emissione dell'intero sistema ferroviario verso l'ambiente esterno (05/2001)
- CEI EN 50121-3-2: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Compatibilità elettromagnetica – Parte 3-2: Materiale rotabile - Apparecchiature (05/2001)
- CEI EN 50121-4: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Compatibilità elettromagnetica – Parte 4: Emissione ed immunità delle apparecchiature di segnalamento e telecomunicazioni (05/2001)
- CEI EN 50121-5: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Compatibilità elettromagnetica – Parte 5: Emissione ed immunità di apparecchi e impianti fissi di alimentazione (05/2001)
- CEI EN 55011 Apparecchi a radiofrequenza industriali, scientifici e medicali (ISM) Caratteristiche di radiodisturbo Limiti e metodi di misura
- CEI EN 55022 Apparecchi per la tecnologia dell'informazione Caratteristiche di radiodisturbo Limiti e metodi di misura
- CEI EN 50293 Compatibilità elettromagnetica - Impianti semaforici - Norma di prodotto. 2001-07.
- CEI EN 50293 Compatibilità elettromagnetica - Impianti semaforici - Norma di prodotto. 2001-07.

Correnti vaganti e messa a terra

- CEI 11-1 "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali"
- CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- CEI EN 50122-1 "Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra"
- CEI EN 50122-2 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua"
- Ente Nazionale di Unificazione (UNI) Norme Applicabili
- Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) Norme Applicabili
- D.P.R. 27 Aprile 1955 n°547 e successive integrazioni e modificazioni "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro"
- Legge 5 Marzo 1990 n°46 (G.U. n°59 del 12/03/90) "Norme per la sicurezza degli impianti" e relativo Decreto di Attuazione n°447 del 06/12/91

Verifiche RAM

- CEI EN 50126 (2000), Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane – La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS)
- IEC 60706-4 (1992), Guide to the planning of maintenance and maintenance support
- MIL –STD 1629A "Procedure for performing a Failure Mode, Effect and Criticality Analysis"

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 9 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- NPRD-95 Nonelectronic Parts Reliability Data emesso dal Reliability Analysis Center - Rome Laboratory presso Griffis AFB, New York – 1995
- FS – Relazione Anormalità Infrastrutture
- Scienza e Tecnica – Rottura delle rotaie in esercizio – Analisi probabilistica.

Sottostazioni Elettriche ed Impianti Elettrici

- DPR 547, 27 aprile 1955: Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- Legge 186, 1 marzo 1968: Disposizioni concernenti la produzione dei materiali e l'installazione degli impianti elettrici;
- Legge 46, 5 marzo 1990: Norme per la sicurezza degli impianti;
- DPR 447, 6 dicembre 1991: Regolamento di attuazione Legge 46 del 5 marzo 1990;
- Disposizioni della locale azienda distributrice dell'energia elettrica (ENEL);
- Disposizioni particolari dei Vigili del Fuoco in materia di impianti elettrici;
- Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano:
- CEI 9-2 Linee di trazione elettrica
- CEI 9-6/1 - EN 50122-1 Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra.
- CEI 9-6/2 - EN 50122-2 Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate dai sistemi di trazione a corrente continua.
- CEI 11-1 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione energia, norme generali.
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. (parte 1÷7)
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP). 1997-06
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 KW. 2001-01
- CEI EN 60439-1 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS). 2000-11.
- CEI EN 60439-3 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso Quadri di distribuzione (ASD). 1997-09.
- CEI EN 60947-1 Apparecchiature a bassa tensione Parte 1: Regole generali. 2000-07.
- CEI EN 60947-2 Apparecchiature a bassa tensione Parte 2: Interruttori automatici. 1998-10.
- CEI EN 60947-3 Apparecchiatura a bassa tensione Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili. 2000-08.
- CEI EN 60947-7-1 Apparecchiature a bassa tensione Parte 7-1: Apparecchiature ausiliarie - morsetti componibili per conduttori di rame. 2003-12.
- CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata. 2004-04.
- CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali. 2004-06.
- CEI 64-8/2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 2: Definizioni. 2004-06.
- CEI 64-8/3 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Parte 3: Caratteristiche generali. 2004-06.
- CEI 64-8/4 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza. 2004-06.
- CEI 64-8/5 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici. 2004-06.
- CEI 64-8/6 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 6: Verifiche. 2004-06.
- CEI 64-8/7 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari. 2004-06.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 10 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Norme di unificazione UNI.

Linea di contatto

- CEI EN 50119 (CEI 9.2)
- CEI 9-20
- CEI-EN50122-2
- CEI EN 50122-1 (CEI 9-6) ed 11-1
- CEI –UNEL 79826/89.

Impianti Semaforici

- CEI 214-1/1 Dispositivi per il rilevamento della presenza o passaggio dei veicoli stradali, con principio di funzionamento a variazione di induzione elettromagnetica: spire Parte 1: Requisiti d'installazione. 1998-06.
- CEI 214-9 Impianti semaforici. 2002-04.
- CEI 214-7 Impianti semaforici - Requisiti dei dispositivi acustici per non vedenti. 1999-10.
- CEI 214-7;V1 Variante. Impianti semaforici - Requisiti dei dispositivi acustici per non vedenti. 2001-05.
- CEI UNEL 62620 Lampade ad incandescenza per semafori stradali a tensione di rete. 1990.
- CEI EN 60950-1 Apparecchiature per la tecnologia dell'informazione - Sicurezza. Parte 1: Requisiti generali. 2004-05.

Norme Tecniche Varie

- Norma ITU-T G.652
- IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol
- IEEE 802.1D-1998 Priority and Dynamic Multicast Filtering- IEEE 802.1p
- IEEE 802.1Q VLAN Tagging
- IEEE 802.1w
- IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet- IEEE 802.3u 100BASE-TX, 100BASE-FX Fast Ethernet
- IEEE 802.3x Full-Duplex with Flow Control
- IEEE 802.3z 1000BASE-X Gigabit Ethernet
- IEEE 802.3ad
- EN 60950
- EN 60825-1, EN 60825-2
- LVD 73/23/EEC
- TTE 91/263/EEC

Decreti Legge e Decreti Ministeriali:

- D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 e ss.mm.ii. "Nuovo Codice della Strada".
- D.lgs 81/2008 attuazione art. 1 Legge 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- DPR 203/88, DM Luglio 90 – Stabilisce rispettivamente i limiti di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi agli inquinanti dell'aria ed i valori limite e guida di qualità dell'aria.
- D.P.R. n. 495 del 16/12/1992 e ss.mm.ii. "Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo codice della strada e successive modificazioni".
- D.P.R. n. 503 del 24/07/1996 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici".
- D.M. 04/05/90: "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione, il collaudo dei ponti stradali".
- D.M. LL.PP. 14/02/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche
- DM 23/3/1992 – Nuovi limiti alle emissioni di gas inquinanti prodotti da motori.
- D.M. LL.PP. 09/01/1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 11 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- D.M. LL.PP. 16/01/1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica
- D.M. LL.PP. 16/01/1996 - Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi
- D.M. 05/11/2001 n. 6792 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- DPCM 1/3/91 – Stabilisce i limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
- Legge n. 118 del 30/03/1971 a favore dei mutilati ed invalidi civili, in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici.
- Legge n. 1086 del 5/11/1971: Norme tecniche per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
- Legge Quadro 26/10/95 n.447 del 30/10/1995 sull'inquinamento acustico.
- Circolare n. 54 del 15.8.1945 dell'Ufficio 6° del Servizio Lavori e Costruzioni del Ministero dei Trasporti.
- Circolare 24/06/93 Legge 5 Novembre 1971; n° 1086. Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al decreto ministeriale 14 febbraio 1992

Altre Leggi e Normative

- Direttiva CEE 84/424 – In essa vengono fissati i livelli massimi del rumore generato dai veicoli per il trasporto della merce e dei passeggeri.
- Direttiva CEE 83/351 – Norme relative all'omologazione dei tipi di veicoli a motore.
- Norme C.N.R. 15/04/1983 (B.U. n. 90) - Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane
- Norme C.N.R. 19/03/1992 (B.U. n. 150) - Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane
- Norme RFI.: Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, e il collaudo (Roma, 2/6/1995, I/SC/PS-OM/2298).
- Norme RFI.: Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica (Roma, 14/11/1996, Istruzione 44B).
- Legge Regione Toscana n.33 del 05/05/1994: Norme per la tutela della qualità dell'aria.
- Legge Regione Toscana del 2/04/2002 n.12- Modifiche alla legge regionale 13 agosto 1998 n.63 (Norme in materia di zone a rischio di episodi acuti di inquinamento atmosferico e modifiche alla legge regionale 5 maggio 1994, n.33) e alla legge regionale 21 dicembre 2001, n.64.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 12 di 89

3 CRITERI ADOTTATI PER LA PROGETTAZIONE

I Criteri di riferimento adottati nella stesura della Progettazione Esecutiva, oltre al rispetto della buona regola tecnica, possono essere individuati nei seguenti.

- il progetto esecutivo è stato redatto in piena coerenza ed in continuità con il Progetto Definitivo Revisionato, approvato dalla Giunta del Comune di Firenze in data 21.12.07;
- il progetto esecutivo è stato redatto in piena coerenza con quanto richiesto nel Verbale della Conferenza dei Servizi del 20.12.2007, così come meglio definito nel verbale della riunione di coordinamento tecnico del 29.10.2008 intercorsa tra l'ATI Costruttori e la Concessionaria Tram di Firenze;
- il progetto esecutivo è stato redatto in piena coerenza con quanto concordato con il Concessionario relativamente alle Linee Guida del Concedente datate 18.12.2007, così come meglio definito nel verbale della riunione di coordinamento tecnico del 29.10.2008 intercorsa tra l'ATI Costruttori e la Concessionaria Tram di Firenze;
- relativamente alla Linea 2 il progetto esecutivo è stato redatto prendendo in carico la Variante al Progetto Definitivo Approvato identificata come "Prescrizione Asta Gordigiani-Buonsignori" come da richiesta pervenuta dal Concessionario prot. 40/09 BF del 11.03.2009 .
- il progetto esecutivo è stato redatto in piena coerenza con quanto richiesto dal Contratto di Costruzione del Sistema Tramvia nell'Area di Firenze (linea 2 e 3), ed in particolare con gli allegati del Contratto citato quali il Capitolato Speciale d'Appalto;
- gli elaborati presentati e costituenti il Progetto Esecutivo, organizzato per gruppi di progettazione tecnologica omogenei, sono conformi per contenuto, numero e quantità a quanto richiesto per un progetto esecutivo secondo la normativa vigente di riferimento (D.P.R. n° 554 del 21 Dicembre 1999 - Regolamento di Attuazione 109/94 ed in particolare secondo quanto indicato agli artt. dal n.35 al n.45);
- l'organicità necessaria affinché la somma dei diversi progetti tecnologici porti ad un risultato coordinato ed unitario è garantita dalla funzione preposta – coordinamento di sistema. In coerenza con quanto sopra, e nel rispetto delle procedure previste nel CSA allegato al contratto (2^ atto integrativo), sono stati designati a suo tempo i diversi responsabili di progetto ed il coordinatore della progettazione;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 13 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- le fasi di progettazione dei vari sistemi tecnologici si sono sviluppate, tra l'altro, coordinate nell'ambito di un processo codificato nel Sistema di Qualità, con specifica procedura, atto ad identificare le interfacce tecniche presenti tra le singole tecnologie ed a risolverle in modo da garantire una corretta ed adeguata progettazione integrata del Sistema Tramvia linea 2 e 3 complessivo;
- il progetto esecutivo è stato redatto prevedendo due fasi di “Riesame della Progettazione” una temporalmente collocata a circa la metà, e la seconda circa ai due terzi, del periodo progettuale in modo da permettere un verifica complessiva della corretta integrazione delle singole progettazioni tecnologiche;
- per evidenziare la cross-reference tra le prescrizioni, correlate alla Conferenza dei Servizi del 20.12.2007 e alle Linee Guida del Concedente datate 18.12.2007, e le scelte progettuali adottate dai singoli Progettisti si è previsto di inserire nelle Relazioni Tecniche Generali di ogni singolo gruppo di progettazione tecnologica omogenea un capitolo in cui vengono descritte le prescrizioni di competenza e come sono state prese in carico nel Progetto relativo.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 14 di 89

4 ORGANIZZAZIONE COMPLESSIVA DEL PROGETTO

Il Progetto Complessivo è organizzato in modo identico per entrambe le linee tramviarie oggetto del Contratto (Linea 2 e Linea 3) ed è autonomo nella sua lettura per ognuna delle due linee tramviarie che sono quindi valutabili singolarmente.

Il Progetto Complessivo di ogni singola linea tramviaria ha uno specifico elenco documenti globale per l'individuazione di tutti gli elaborati che lo compongono.

Nell'ambito di ognuna delle due linee tramviarie la progettazione è stata suddivisa, come peraltro nella fase di progettazione definitiva (revisione), in parti d'opera omogenee. Ossia è composta da un insieme di progetti, facenti capo ciascuno ad un unico progettista responsabile (che si avvale o meno, a sua volta di diversi collaboratori e progettisti specifici). Ciascun "progetto omogeneo" è stato concepito per consentire la realizzazione appunto di una parte d'opera completa, progettata e realizzata dalla medesima impresa facente parte dell'ATI, nello specifico un manufatto, una opera infrastrutturale a rete ovvero un sistema tecnologico.

Ogni singolo progetto referente ad una parte d'opera completa è corrispondente nell'organizzazione e nei contenuti a quanto richiesto dal DPR 554/99. Per garantire questa corrispondenza, quale cappello per ogni singolo progetto è stato anche previsto un insieme di documentazione tecnica applicabile trasversalmente per tutti i singoli progetti costituenti l'intera opera.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 15 di 89

4.1 ORGANIZZAZIONE PROGETTO LINEA 2

Per quanto riguarda la Linea 2, e limitatamente alla linea 2, sono stati presentati alcuni stralci di Progettazione Esecutiva al Concedente, per la relativa approvazione, in anticipo rispetto all'emissione del Progetto relativo all'intera linea.

Essendo questi già in itinere approvativo presso il Concedente, se non già approvati, non sono stati ripresentati come elaborati tecnici nell'ambito dell'invio del Progetto complessivo di linea 2 ma sono stati unicamente indicati a livello di Elenco Documenti complessivo.

Nella descrizione dell'organizzazione successiva saranno evidenziati gli elaborati tecnici relativi agli stralci e quindi già in possesso dell'Amministrazione.

Al fine di permettere una facilità di accesso all'informazione tecnica e una gestione operativa univoca ciascun progetto omogeneo (concepito per realizzare una parte d'opera completa) che costituisce parte del Progetto Complessivo è strutturato con una raccolta della documentazione in uno o più raccoglitori dedicati, oltre agli eventuali raccoglitori contenenti la documentazione di cappello comune a tutti i progetti omogenei. Non sono quindi presenti raccoglitori misti in cui è collocata documentazione tecnica inerente più progetti omogenei.

La identificazione dei singoli classificatori utilizza sigle che rispettano la P.B.S. del Progetto e la classificazione equivalente del Progetto Definitivo Approvato a facilitazione di eventuali correlazioni.

La struttura del Progetto di Linea 2 è la seguente:

1. DOCUMENTI DI PROGETTO GENERALI (Classificatore "L2-0-A")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici con contenuti di tipo Sistemistico utilizzati quale riferimento generale per tutte le opere progettate. IA questo livello di informazione è affiancato anche il Classificatore "L" contenente il Piano della Qualità ATI.

2. PROGETTO IMPIANTO DI SEGNALAMENTO (Classificatori "L2-2-A; L2-2-B; L2-2-C; L2-2-D; L2-2-E; L2-2-F; L2-2-G")

Nel presente set di classificatori sono presenti tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo dell'Impianto di Segnalamento sia per quanto riguarda gli enti ed

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 16 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

apparati di linea, sia per gli enti ed apparati relativi all'ampliamento del deposito Vingone, sia per gli apparati di bordo, sia per gli impianti al Posto Centrale Operativo.

3. PROGETTO ALIMENTAZIONE ELETTRICA (Classificatori "L2-3AX-A; L2-3AX-B L2-3AX-C")

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo dell'Impianto della Trazione Elettrica.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi all'Impiantistica completa delle Sottostazioni Elettriche sia come apparati sia come disposizione all'interno dei locali predisposti lungo la linea. La progettazione è comprensiva degli impianti ausiliari presenti nei locali SSE quali ad esempio: rilevazione incendi e antintrusione.

4. PROGETTO LINEA DI CONTATTO (Classificatore "L2-3BX-A")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo della Linea di Contatto.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi ai componenti costituenti la linea di contatto adottata lungo la linea e nell'ampliamento del deposito Vingone. Sono, inoltre, presenti tutti gli elementi progettuali relativi alla tipologia dei pali di sostegno e relativi basamenti. E' rappresentato il Piano di Elettrificazione completo di tutta la linea e lo sviluppo delle vie cavi secondarie asservite.

5. PROGETTO ILLUMINAZIONE E F.M. (Classificatore "L2-3FX-A")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo all'Impianto Illuminazione e F.M.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi all'Impiantistica di Illuminazione e F.M. presente nelle Fermate e nell'Ampliamento del Deposito Vingone. Il Progetto sviluppa inoltre tutto l'Impianto di Illuminazione Pubblica presente lungo la linea percorsa dalla tramvia e che viene integrato, a livello di pali, con quelli della linea di contatto.

6. PROGETTO INCROCI E SEGNALETICA (Classificatore "L2-7-AN")

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 17 di 89

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo gli incroci stradali dotati di impianto semaforico e relativa segnaletica stradale

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi all'Impiantistica completa, e segnaletica, presente in ogni incrocio per il suo controllo e la gestione delle varie fasi semaforiche iter relazionate con l'impianto di segnalamento al fine di garantire un coordinamento della priorità, da parte del tram, nell'attraversamento degli incroci stradali.

7. PROGETTO IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONE (Classificatore "L2-2D-4-5G")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo a tutti gli Impianti di Telecomunicazione presenti lungo la linea, nelle Sottostazioni Elettriche e nel Posto Centrale di Controllo.

Gli impianti di Telecomunicazioni previsti e progettati sono i seguenti

- Rete di Trasmissione Dati
- Sistema di Comunicazione Radio TETRA
- Impianto Telefonico
- Impianto di Avviso al Pubblico – Diffusione Sonora
- Impianto di Avviso al Pubblico – Pannelli Informativi
- Impianto TVCC
- Impianto di Automazione (SCADA)
- Impianto di Sincronizzazione Oraria ed Orologi
- Emettitori
- Obliteratrici

8. PROGETTO OPERE CIVILI

8.1 DOCUMENTI GENERALI OPERE CIVILI (Classificatori "L2-7-A; L2-7-B")

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici con contenuti di generale riferimento per la progettazione delle Opere Civili di Linea 2. In particolare sono collocate tutte le informazioni tecniche sui seguenti argomenti:

- Relazione Tecnica Generale L3-7-A
- Geologia L2-7-A

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 18 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Idraulica ed Idrogeologia L2-7-A
- Piano di Manutenzione L2-7-A
- Archeologia L2-7-B
- Bonifica Ordigni bellici L2-7-B
- Rilievi Topografici L2-7-B

8.2 PROGETTO SEDE E FERMATE (Classificatori “L2-7-C; L2-7-D; L2-7-E”)

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla sede ed alle fermate previste lungo la linea..
In particolare sono collocate tutte le informazioni tecniche sui seguenti argomenti:

- Corografie generali L2-7-C
- Tracciato Analitico L2-7-C
- Profilo Longitudinale L2-7-C
- Sezioni Trasversali L2-7-C
- Piano Generale di Cantierizzazione L2-7-C
- Fermate L2-7-C
- Sistemazione Urbanistica L2-7-D
- Stato sovrapposto e demolizioni L2-7-E
- Limiti di Intervento, Rivestimenti Sede, Tipologia Protezioni L2-7-E
- Piano Cavidotti principali di linea L2-7-E
- Drenaggi L2-7-E

8.3 PROGETTO OPERE D’ARTE – TRINCEA GUIDONI (Classificatore “L2-7-F”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell’opera d’arte Trincea Guidoni.

Precedentemente al termine dell’elaborazione del Progetto Esecutivo di linea 2 la parte strutturale dell’opera d’arte in oggetto è già stata presentata quale stralcio di progettazione esecutiva ed è attualmente in fase di esame da parte del Concedente.

Non vengono, per cui, ripresentati gli elaborati tecnici presenti nell’elenco della documentazione e relativi alla sola parte strutturale dell’opera.

Vengono presentati gli elaborati tecnici presenti nell’elenco della documentazione e relativi a:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 19 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Progetto Architettonico
- Impianti Elettrici
- Impianti Speciali
- Impianti Meccanici

Per quanto riguarda la “Fermata Guidoni” vengono invece presentati tutti gli elaborati tecnici inerenti al Progetto Esecutivo comprensivi anche degli elaborati strutturali

8.4 PROGETTO OPERE D’ARTE – SOTTOATTRAVERSAMENTO LINEA FS FI-PI (Classificatore “L2-7-G”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell’opera Sottraversamento Linea FS FI-PI.

Precedentemente al termine dell’elaborazione del Progetto Esecutivo di linea 2 la parte strutturale dell’opera d’arte in oggetto è già stata presentata quale stralcio di progettazione esecutiva ed è attualmente in fase di approvazione da parte del Concedente.

Il Progetto dell’opera d’arte non viene ripresentato perché già a disposizione del Concedente.

8.5 PROGETTO OPERE D’ARTE – VIADOTTO TERZOLLE-MUGNONE (Classificatore “L2-7-H”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell’opera Viadotto Terzolle-Mugnone.

8.6 PROGETTO OPERE D’ARTE – ATTRAVERSAMENTO AREA F.S. (Classificatore “L2-7-I”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell’opera Trincea Area F.S. ed attraversamento dell’Edificio Mazzoni.

8.7 PROGETTO OPERE D’ARTE – SOTTOVIA BELFIORE (Classificatore “L2-7-L”)

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 20 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell'opera Sottovia Belfiore.

8.8 PROGETTO OPERE D'ARTE – SOTTOPASSO PEDONALE LIBERTA' (Classificatore "L2-7-N")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell'opera Sottopasso Pedonale Libertà.

8.9 PROGETTO OPERE D'ARTE – FABBRICATI TECNOLOGICI DI LINEA (Classificatore "L2-7-O")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dei fabbricati tecnologici di linea contenenti Le Sottostazioni Elettriche del Sistema di Trazione

8.10 PROGETTO OPERE D'ARTE – AMPLIAMENTO RIMESSAGGIO VINGONE (Classificatore "L2-7-O")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell'opera Ampliamento Rimessaggio Vingone.

Precedentemente al termine dell'elaborazione del Progetto Esecutivo di linea 2 l'opera in oggetto è già stata presentata quale stralcio di progettazione esecutiva ed è attualmente in fase di esame da parte del Concedente..

Il Progetto dell'Opera non viene ripresentato perché già a disposizione del Concedente.

9. PROGETTO IMPIANTO ARMAMENTO (Classificatori "L2-8-A; L2-8-B; L2-8-C; L2-8-D; L2-8-E")

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo all'Impianto Armamento.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi alla realizzazione dell'Armamento sia in linea sia nell'Ampliamento del Deposito Vingone.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 21 di 89

4.2 ORGANIZZAZIONE PROGETTO LINEA 3

Per quanto riguarda la Linea 3 non è stata prevista la presentazione di alcun stralcio progettuale per il cui il Progetto presenta tutti gli elaborati tecnici indicati nell'Elenco Documenti.

Al fine permettere una facilità di accesso all'informazione tecnica e una gestione operativa univoca ciascun progetto omogeneo (concepito per realizzare una parte d'opera completa) che costituisce parte del Progetto Complessivo è strutturato con una raccolta della documentazione in uno o più raccoglitori dedicati, oltre ad gli eventuali raccoglitori contenenti la documentazione di cappello comune a tutti i progetti omogenei. Non sono quindi presenti raccoglitori misti in cui è collocata documentazione tecnica inerente più progetti omogenei.

La identificazione dei singoli classificatori utilizza sigle che rispettano la P.B.S. del Progetto e la classificazione equivalente del Progetto Definitivo Approvato a facilitazione di eventuali correlazioni.

La struttura del Progetto di Linea 3 e la seguente:

1. DOCUMENTI DI PROGETTO GENERALI (Classificatore "L3-0-A")

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici con contenuti di tipo Sistemistico utilizzati quale riferimento generale per tutte le opere progettate. IA questo livello di informazione è affiancato anche il Classificatore "L" contenente il Piano della Qualità ATI.

2. PROGETTO IMPIANTO DI SEGNALAMENTO (Classificatori "L3-2-A; L3-2-B; L3-2-C; L3-2-D")

Nel presente set di classificatori sono presenti tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo dell'Impianto di Segnalamento sia per quanto riguarda gli enti ed apparati di linea, sia per gli apparati di bordo, sia per gli impianti al Posto Centrale Operativo.

3. PROGETTO ALIMENTAZIONE ELETTRICA (Classificatori "L2-3AX-A; L2-3AX-B")

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 22 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo dell’Impianto della Trazione Elettrica.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi all’Impiantistica completa delle Sottostazioni Elettriche sia come apparati sia come disposizione all’interno dei locali predisposti lungo la linea. La progettazione è comprensiva degli impianti ausiliari presenti nei locali SSE quali ad esempio: rilevazione incendi e antintrusione.

4. PROGETTO LINEA DI CONTATTO (Classificatore “L3-3-D”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo della Linea di Contatto.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi ai componenti costituenti la linea di contatto adottata lungo la linea. Sono, inoltre, presenti tutti gli elementi progettuali relativi alla tipologia dei pali di sostegno e relativi basamenti. E’ rappresentato il Piano di Elettrificazione completo di tutta la linea.

5. PROGETTO ILLUMINAZIONE E F.M. (Classificatore “L3-3FX-A”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo all’Impianto Illuminazione e F.M.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi all’Impiantistica di Illuminazione e F.M. presente nelle Fermate. Il Progetto sviluppa inoltre tutto l’Impianto di Illuminazione Pubblica presente lungo la linea percorsa dalla tramvia e che viene integrato, a livello di pali, con quelli della linea di contatto.

6. PROGETTO INCROCI E SEGNALETICA (Classificatore “L3-7-AN”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo agli incroci stradali dotati di impianto semaforico e relativa segnaletica stradale

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi all’Impiantistica completa, e segnaletica, presente in ogni incrocio per il suo controllo e la gestione delle varie fasi semaforiche interrelazionate con l’impianto di segnalamento al fine di garantire un coordinamento della priorità, da parte del tram, nell’attraversamento degli incroci stradali.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 23 di 89

7. PROGETTO IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONE

(Classificatore “L3-2D-4-5G”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo a tutti gli Impianti di Telecomunicazione presenti lungo la linea, nelle Sottostazioni Elettriche e nel Posto Centrale di Controllo.

Gli impianti di Telecomunicazioni previsti e progettati sono i seguenti

- Rete di Trasmissione Dati
- Sistema di Comunicazione Radio TETRA
- Impianto Telefonico
- Impianto di Avviso al Pubblico – Diffusione Sonora
- Impianto di Avviso al Pubblico – Pannelli Informativi
- Impianto TVCC
- Impianto di Automazione (SCADA)
- Impianto di Sincronizzazione Oraria ed Orologi
- Emettrici
- Obliteratrici

8. PROGETTO OPERE CIVILI

8.1 DOCUMENTI GENERALI OPERE CIVILI

(Classificatori “L3-7-C; L3-7-D; L3-7-F”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici con contenuti di generale riferimento per la progettazione delle Opere Civili di Linea 3. In particolare sono collocate tutte le informazioni tecniche sui seguenti argomenti:

- Relazione Tecnica Generale L3-7-C
- Geologia
- Geotecnica
- Idraulica ed Idrogeologia
- Archeologia
- Bonifica Ordigni bellici
- Rilievi Topografici
- Smaltimento Terre di Risulta L3-7-F

8.2 PROGETTO SEDE E FERMATE

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 24 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

(Classificatori “L3-7-A; L3-7-B; L3-7-C; L3-7-D; L3-7-E p. 1; L3-7-E p. 2; L3-7-F”)

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla sede ed alle fermate previste lungo la linea..
In particolare sono collocate tutte le informazioni tecniche sui seguenti argomenti:

- Corografie generali L3-7-A
- Tracciato Analitico L3-7-A
- Profilo Longitudinale L3-7-A
- Sezioni Trasversali L3-7-E p1
- Piano Generale di Cantierizzazione L3-7-B
- Fermate L3-7-A
- Sistemazione Urbanistica L3-7-B
- Stato sovrapposto e demolizioni L3-7-E p1
- Limiti di Intervento, Rivestimenti Sede, Tipologia Protezioni L3-7-E p1
- Piano Cavidotti principali di linea L3-7-D
- Drenaggi L3-7-E p2

8.3 PROGETTO OPERE D'ARTE – FABBRICATI TECNOLOGICI DI LINEA (Classificatore “L3-7-B”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dei fabbricati tecnologici di linea contenenti Le Sottostazioni Elettriche del Sistema di Trazione.

8.4 PROGETTO OPERE D'ARTE – SOTTOPASSO VIALE STROZZI-VIALE MILTON (Classificatore “L3-7-C”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell'opera Sottopasso Viale Strozzi – Viale Milton.

8.5 PROGETTO OPERE D'ARTE – PONTE SUL MUGNONE (Classificatore “L3-7-C”)

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell'opera Ponte sul Mugnone.

8.6 PROGETTO OPERE D'ARTE – SOTTOPASSO STATUTO (Classificatore “L3-7-C”)

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 25 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Nel presente classificatore sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione dell'opera Sottopasso Statuto.

9. PROGETTO IMPIANTO ARMAMENTO

(Classificatori "L3-8-A; L3-8-B; L3-8-C; L3-8-D; L3-8-E")

Nel presente set di classificatori sono collocati tutti quegli elaborati tecnici inerenti il Progetto Esecutivo relativo all'Impianto Armamento.

Sono quindi presenti tutti gli elementi tecnici progettuali relativi alla realizzazione dell'Armamento..

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 26 di 89

4.3 PROGETTO VEICOLO

Parallelamente alla redazione del Progetto Esecutivo inerente i Sistemi Tecnologici è stato redatto anche il Progetto Esecutivo relativo al Veicolo.

Sono previste due tipologie di veicoli.

Il Tipo A, fornito sulla linea 3 è identico a quello presente sulla linea 1. Il progetto esecutivo inerente il Veicolo di tipo A è già stato presentato al Concedente per l'approvazione quale stralcio di Progettazione Esecutiva e quindi non viene riprestato contestualmente al Progetto Esecutivo dei Sistemi tecnologici.

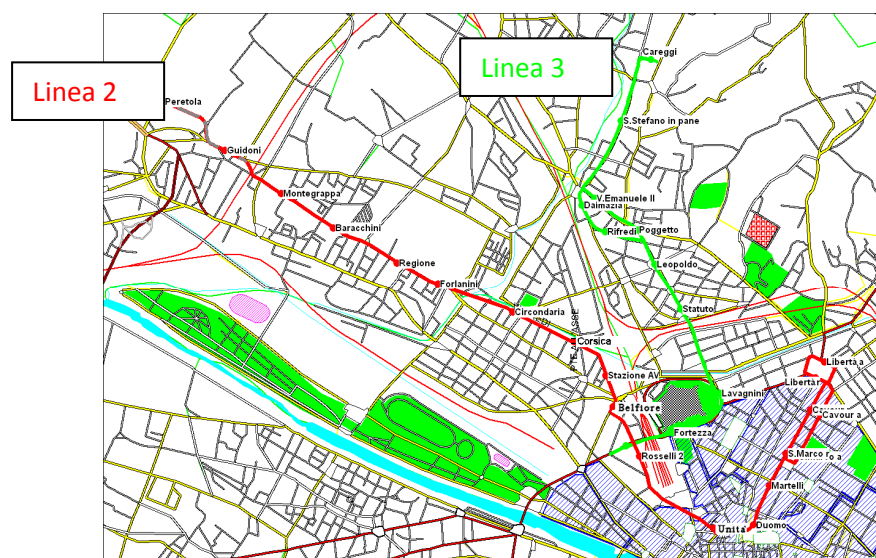
Il Tipo B, fornito sulla linea 2 è dotato della funzionalità della propulsione a batteria. Il progetto esecutivo inerente il Veicolo di tipo B viene prestato contestualmente al Progetto Esecutivo dei Sistemi tecnologici. La sua organizzazione è coerente con quanto previsto dal D.P.R. n° 554 del 21 Dicembre 1999 - Regolamento di Attuazione 109/94 ed in particolare secondo quanto indicato agli artt. dal n.35 al n.45.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 27 di 89

5 DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA TRAMVIA

Le linee tranviarie 2 e 3 sono inserite nel contesto di un sistema tranviario localizzato prevalentemente nel territorio del Comune di Firenze, ma che coinvolge anche alcuni comuni limitrofi.

La rete comprende, oltre alle linee 2 e 3, la tramvia Firenze – Scandicci (Linea 1) che interferisce con Linea 2 nella zona di S.Maria Novella, e con Linea 3 nella zona di Porta al Prato.



Le linee 2 e 3 saranno controllate tramite un unico Posto Centrale di Controllo in comunione con la Linea 1, da cui sarà possibile espletare funzioni di gestione delle comunicazioni, telecomando delle SSE e degli impianti fissi, localizzazione veicoli e supervisione della circolazione tranviaria.

La linea 2 non è provvista, nella tratta Duomo – Martelli in entrambe le direzione di marcia, della catenaria e i veicoli, lungo tale tratta, si muoveranno autonomamente per mezzo del sistema di trazione a batterie di cui sono equipaggiati i veicoli di linea 2.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 28 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

5.1 DATI CARATTERISTICI

Le principali caratteristiche della linea 2 sono:

Lunghezza del tracciato:	7.486 (di cui circa 353 m appartenenti al contratto Linea 1) a cui vanno aggiunti circa 490 m di collegamento fra Linea 1 e Linea 3 appartenenti al contratto di Linea 2)
Ambito del tracciato:	urbano
N. fermate:	20 + 1 (1 appartenente al contratto Linea 1 - S.M. Novella)
Binari:	doppio binario su tutta la tratta
Bivi (diramazioni)	4 di cui 2 (bivio aeroporto e bivio anulare) appartenente al contratto Linea 1
Intersezioni stradali semaforizzate:	31 stradali + 3 pedonabili
Deposito:	0 (ampliato il deposito appartenente al contratto Linea 1)
Sottostazioni Elettriche	5

Le principali caratteristiche della linea 3 sono:

Lunghezza del tracciato:	3.431
Ambito del tracciato:	urbano
N. fermate:	9 + 2 (2 appartenenti al collegamento fra Linea 1 e Linea 3 e realizzate nell'ambito del contratto di Linea 2 - (Rosselli 1 e Fortezza)
Binari:	doppio binario su tutta la tratta (tratto di circa 675 m in cui i binari relativi alle due direzioni di marcia seguono tracciati diversi)
Bivi (diramazioni)	2 (bivio anulare - appartenente a contratto Linea 1, bivio di predisposizione per Linea 3 lotto 2)
Intersezioni stradali semaforizzate:	17 stradali + 10 pedonali

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 29 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Deposito:	0 (utilizzato il deposito appartenente al contratto Linea 1)
Sottostazioni Elettriche	3

Le fermate presenti in linea 2 sono:

	Fermata	Tipologia banchina
1	Libertà a	Laterale (binari con percorso differenziato)
2	Libertà r	Laterale (binari con percorso differenziato)
3	Cavour a	Laterale (binari con percorso differenziato)
4	Cavour r	Laterale (binari con percorso differenziato)
5	San Marco a	Laterale (binari con percorso differenziato)
6	San Marco r	Laterale (binari con percorso differenziato)
7	Martelli	Laterale
8	Duomo	Laterale
9	Unità	Laterale
---	S.M. Novella	Laterale (appartenente al contratto di costruzione di Linea 1)
10	Rosselli 2	Centrale
11	Belfiore	Laterale
12	Stazione A.V.	Laterale
13	Corsica	Laterale
14	Circondaria	Laterale
15	Forlanini	Laterale
16	Regione	Centrale
17	Baracchini	Centrale
18	Montegrappa	Centrale
19	Guidoni	Centrale
20	Peretola	Laterale

Le fermate presenti in linea 3 sono:

	Fermata	Tipologia banchina
1	Careggi	Laterale
2	S. Stefano In Pane	Centrale
3	Dalmazia	Laterale (direzione Fortezza/Villa Costanza)
4	Rifredi	Laterale (direzione Fortezza/Villa Costanza)
5	Vittorio Emanuele II	Laterale (direzione Careggi)
6	Poggetto	Laterale (direzione Careggi)
7	Leopoldo	Laterale

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00

Titolo:

Data: 30/04/09

Emittente: ATI

Relazione Tecnica Generale
Linea 2 e Linea 3

Pagina 30 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

8	Statuto	Laterale
9	Lavagnini	Laterale
10	Fortezza	Laterale (appartenente al contratto Linea 2)
11	Rosselli 1	Laterale (appartenente al contratto Linea 2)

Incroci semaforizzati in linea 2

La linea tramviaria 2 si caratterizza sinteticamente nel modo seguente: è una linea a raso con:

- 31 promiscuità ortogonali negli incroci (o intersezioni):
 1. piazza della Libertà – via Cavour – v.le Matteotti;
 2. v.le Matteotti - via Lamarmora
 3. via Cavour – via Venezia;
 4. via Lamarmora – via Venezia;
 5. via Cavour – via Salvestrina;
 6. via La Pira – via Micheli;
 7. via Cavour – Via della Dogana;
 8. via La Pira – via della Dogana;
 9. piazza S. Marco;
 10. piazza S. Marco – via degli Arazzieri
 11. via Cavour – via Guelfa;
 12. via Cavour – via de' Pucci;
 13. via de' Cerretani – Borgo S. Lorenzo
 14. via de' Panzani – via del Giglio;
 15. piazza della Stazione;
 16. via Alamanni – via J. da Diacceto;
 17. v.le F.lli Rosselli – via J. da Diacceto;
 18. v.le F. Strozzi;
 19. v.le F.lli Rosselli – v. Alamanni – v. Guido Monaco;
 20. v. Guido Monaco – via J. Peri;
 21. v. Guido Monaco – via Cittadella;
 22. v.le Belfiore (lato via G. Monaco);
 23. via B. Marcello - v.le Belfiore;
 24. via Buonsignori – via A. Doni – via Circondaria;
 25. via Gordigiani – via del Ponte all'Asse – viale Corsica;
 26. v.le Redi – via G. Filippo Mariti;
 27. via di Novoli – via N. Paganini;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 31 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

28. via di Novoli (inversione dopo Fermata Regione)
29. via di Novoli – via della Torre degli Agli;
30. via di Novoli – via Valdinievole – Via Orazio Vecchi;
31. via di Novoli – via Allori.

- 3 attraversamenti pedonali dedicati alle fermate di via di Novoli protetti da impianto semaforico nelle seguenti fermate:
 1. Forlanini;
 2. Regione;
 3. Baracchini;

Incroci semaforizzati in linea 3

La linea tramviaria 3 Careggi Strozzi si caratterizza sinteticamente nel modo seguente: è una linea a raso con:

- 17 promiscuità ortogonali nelle intersezioni:
 1. viale Strozzi (fermata Lavagnini)
 2. viale Strozzi – viale Milton;
 3. via dello Statuto – via Cosseria – via XX Settembre;
 4. via dello Statuto – via delle 5 Giornate;
 5. via Pagnini – piazza Muratori;
 6. piazza Leopoldo - via Gianni;
 7. piazza Leopoldo - via Tavanti;
 8. via Pisacane - via Tabarrini (un binario direzione Fortezza);
 9. via Vittorio Emanuele II – via Mazzoni (un binario direzione Careggi);
 10. via Corridoni – via Pisacane (un binario direzione Fortezza);
 11. via Vittorio Emanuele II – via Bini – via Maestri del Lavoro (1 binario direzione Careggi);
 12. via Corridoni – via Bini (un binario direzione Fortezza);
 13. piazza Dalmazia – via Mariti - via Corridoni;
 14. piazza Dalmazia – via Vittorio Emanuele II – viale Morgagni
 15. viale Morgagni – via Lombroso;
 16. viale Morgagni – via Del Garbo;
 17. viale Morgagni - Via G. Cacini - L.go Brambilla.

- 5 attraversamenti pedonali protetti da impianti semaforici dedicati per l'accesso alle fermate:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 32 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

1. Statuto;
2. Poggetto;
3. Vittorio Emanuele II;
4. Dalmazia
5. S .Stefano in Pane;

Per le altre fermate è stato regolato l'accesso, dove ritenuto necessario, nel contesto della regolazione dell'incrocio adiacente alla fermata stessa integrando il conflitto pedone/veicolo tramviario – veicolo stradale con quello tra veicolo stradale e veicolo tramviario già presente.

- 5 attraversamenti pedonali protetti da impianto semaforico:
 1. via Filippo Strozzi;
 2. via Gianni;
 3. via Pisacane;
 4. via Tavanti;
 5. viale Morgagni.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 33 di 89

5.2 ESERCIZIO

La linea 2 è in grado di gestire un servizio di trasporto con le seguenti prestazioni:

- capacità: ~ 4896 passeggeri/ora/direzione,
- cadenzamento tra i veicoli: 200" (orario di punta),
- Velocità commerciale media: ~ 16,2 km/h,
- Tempo di giro: ~ 68 min.

La linea 3 sarà esercita, secondo le indicazioni di GEST contenute nel documento “Offerta di Trasporto” del 31/07/2006, come estensione di Linea 1 implementando quindi una marcia fra i terminali di Careggi e Villa Costanza. Nelle suddette ipotesi, il sistema è in grado di gestire un servizio di trasporto con le seguenti prestazioni:

- capacità: ~ 4080 passeggeri/ora/direzione,
- cadenzamento tra i veicoli: 240" (orario di punta),
- Velocità commerciale media: ~ 19,2 km/h,
- Tempo di giro: ~ 84,5 min.

L'assenza della Linea Aerea di Contatto nella tratta compresa fra le fermate di Duomo e Martelli introduce modalità di gestione della movimentazione dei treni specifiche. Il servizio nell'area del Centro Storico può essere riassunto nelle seguente modalità:

- Il tram in servizio pubblico in approccio dalla direzione Peretola si arresta nella fermata Duomo;
- il conducente apre le porte;
- il conducente aziona il selettore di banco posizionandolo sulla posizione “marcia batteria”, il che comporta le seguenti azioni automatiche:
 - distribuzione dell'informazione della nuova configurazione di marcia a CCU, TCU e controllo carica batteria;
 - inibizione della funzione di trazione;
 - applicazione freno di parcheggio;
 - esclusione automatica dei carichi MT/BT non significativi;
 - abbassamento automatico del pantografo (l'innalzamento pantografo tramite tradizionale comando di banco verrà inibito);
 - chiusura del contattore di batteria;
 - la batteria, sotto il comando del relativo controllo, inizierà ad alimentare i carichi di veicolo;
 - verrà visualizzato a monitor o tramite spia su banco che il cambio di configurazione è avvenuto correttamente (esempio check su tensione filtro linea);
 - verrà ripristinata la funzione di trazione; a seguito di comando trazione verrà escluso opportunamente il freno di parcheggio;
- il conducente chiude le porte;
- viene percorsa la tratta Duomo-Martelli con alimentazione per la trazione a batteria;
- Il tram si arresta nella fermata Martelli;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 34 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- il conducente apre le porte;
- il conducente aziona il selettore di banco posizionandolo sulla posizione “marcia pantografo”, il che comporta le seguenti azioni automatiche:
- distribuzione dell'informazione della nuova configurazione di marcia a CCU, TCU e controllo carica batteria;
 - inibizione della funzione di trazione;
 - applicazione freno di parcheggio;
 - apertura del contattore di batteria;
 - la batteria, non alimenterà più i carichi di veicolo;
 - conferma possibilità di innalzare il pantografo (a monitor o con spia di banco);
 - innalzamento manuale del pantografo;
 - a seguito di verifica di presenza tensione di linea corretta, verranno reinseriti i carichi MT/BT precedentemente esclusi e verrà attivata la ricarica delle batterie;
 - verrà visualizzato a monitor o tramite spia su banco che il cambio di configurazione è avvenuto correttamente;
 - verrà ripristinata la funzione di trazione; a seguito di comando trazione verrà escluso opportunamente il freno di parcheggio;
- il conducente chiude le porte;
- Il tram riparte dalla fermata Martelli con direzione Libertà con alimentazione diretta da catenaria.

Le modalità sono equivalenti per l'attraversamento del Centro Storico da Martelli a Duomo.

Le operazioni di abbassamento ed innalzamento del pantografo e di inserimento/disinserimento del sistema di alimentazione ausiliario a batteria saranno eseguite unicamente a veicolo fermo in banchina. Inoltre sarà garantito, da un sistema automatico, l'impossibilità di effettuare il passaggio da trazione sotto LdC a trazione a batteria a velocità diverse da 0.

Il tempo di passaggio da trazione sotto Linea di Contatto a trazione a batteria e viceversa si valuta sia inferiore al tempo di sosta in fermata (20 sec) per cui si ritiene che le operazioni non porteranno ad un ulteriore aggravio nel tempo di percorrenza rispetto ai tempi di sosta previsti con il tram sempre alimentato dalla Linea di Contatto. Le prestazioni di marcia del Tram saranno inferiori nella configurazione con alimentazione diretta da batteria rispetto alla configurazione con alimentazione da catenaria (accelerazione massima 0,5 m/s², 2 azionamenti su 4 in trazione) per cui i tempi di percorrenza della tratta Duomo-Martelli saranno superiori in configurazione di Trazione con alimentazione da batteria.

Nella tratta esercita con movimento a batteria è previsto che i carichi ausiliari non siano tutti alimentati. E' stato valutato di mantenere attivi i soli carichi BT vitali (comprese luci interne).

Per quanto riguarda i carichi MT, è stato valutato di mantenere attivi, oltre i motoventilatori di trazione, solo il 25% dell'impianto di climatizzazione.

La progettazione ha tenuto conto della possibilità di effettuare un recupero di emergenza di un veicolo fermo nella tratta senza catenaria per cui un veicolo, a pieno carico, ha la

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 35 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

possibilità di spingere/rimorchiare un veicolo a tara fermo per avaria, ad una velocità massima di 10km/h.

Le modalità di recupero di un tram in avaria da parte di un altro tram sono dimensionate per garantire il recupero anche in presenza di un arresto intermedio imprevisto con conseguente ripartenza entro i successivi 10 sec. durante il normale esercizio alimentato da batteria .

Tale evento è, in ogni caso, ritenuto eccezionale durante la vita operativa del veicolo.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 36 di 89

5.3 COMUNICAZIONI DI LINEA PER SERVIZIO PROVVISORIO

Nei casi di interruzione di linea sono previste cinque comunicazioni lungo la linea 2 e quattro lungo la linea 3 per la parzializzazione del servizio su due semitratte disgiunte.

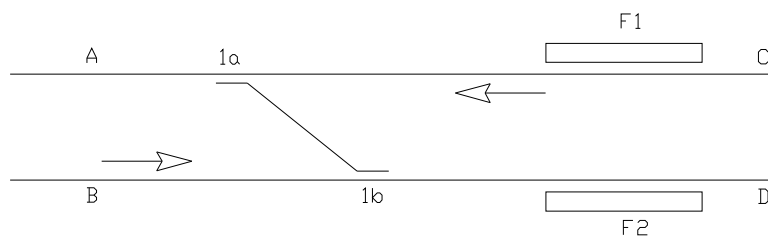
Le comunicazioni, provviste di casse di manovra ad azionamento manuale con ritorno a molla (bistabili), sono localizzate in prossimità delle seguenti fermate:

Linea 2 : Montegrappa, Regione, Corsica, Martelli, Fortezza
Linea 3 : Lavagnini, Statuto, Leopoldo, Vittorio Emanuele II, Dalmazia

Durante il normale esercizio le comunicazioni presenteranno aghi discosti consentendo la marcia in corretto tracciato; la procedura di Servizio Provvisorio dovrà essere utilizzata solo in caso di anomalie, pertanto le comunicazioni dovranno essere manovrabili solo manualmente tramite leva. Gli scambi di tali comunicazioni sono quindi “a molla”, tallonabili, in modo da limitare sia i costi di installazione che di manutenzione; quando il veicolo tallona lo scambio, questo permette il passaggio del veicolo e successivamente, grazie al meccanismo a molla, ritorna nella posizione in cui era stato configurato prima del passaggio del veicolo stesso.

Dal punto di vista della sicurezza dei movimenti, i due scambi a molla evitano la possibilità di immissione sul binario illegale in ambito di normale esercizio; essi possono, infatti, essere percorsi in deviatà solamente dopo avere seguito una procedura specifica che sarà esplicitata nel regolamento di esercizio. Il Sistema di Segnalamento prevede la segnalazione al conducente attraverso i segnali SP.

Schematicamente, la comunicazione pari-dispari di linea ha una rappresentazione del seguente tipo:



Comunicazione di linea

Lo scenario operativo che si può prevedere in questa zona è di seguito riportato. Il conducente riceve l'autorizzazione dal PCC ad utilizzare per l'inversione in linea una specifica comunicazione di emergenza. Questi applica la procedura prevista :

1. posiziona il veicolo su una delle banchine previste (vedi precedente elenco) – ad esempio, facendo riferimento alla precedente figura, provenendo da “C” banchina “F1”;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 37 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

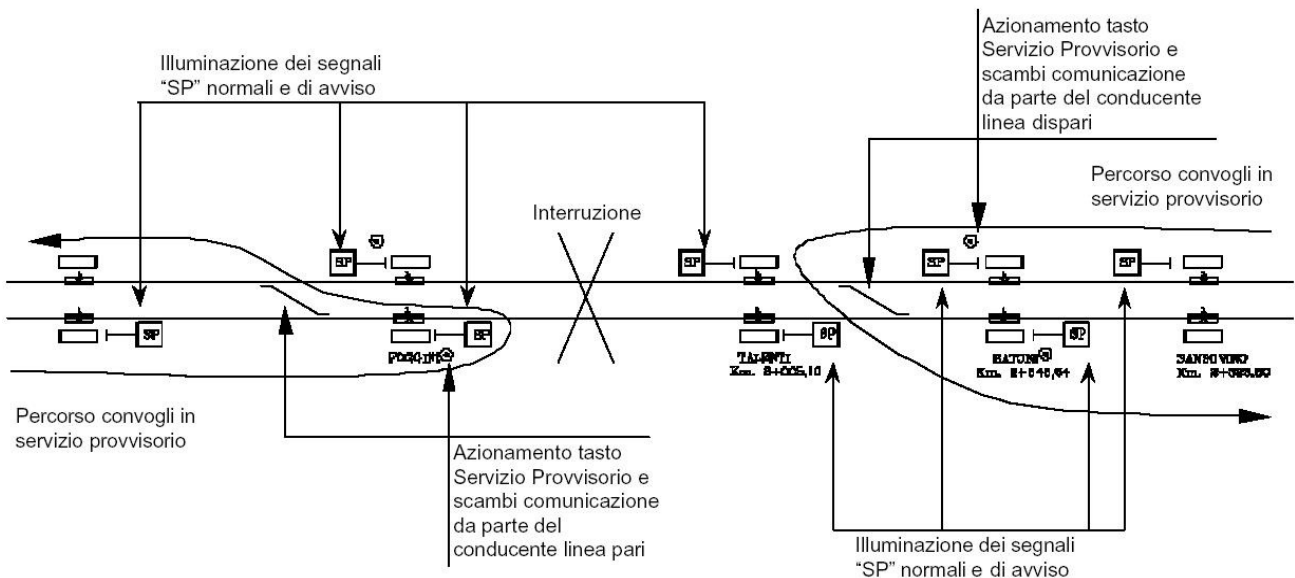
2. arresta il veicolo ed aziona il selettore a chiave per l'attivazione del SP;
3. manovra a mano, tramite opportuna leva, la cassa di manovra – nell'esempio la cassa "1a";
4. percorre la comunicazione – nell'esempio da "F1" a "A" tallonando la cassa "1a";
5. effettua l'inversione di marcia, comprensiva del cambio cabina;
6. percorre la comunicazione in senso contrario cambiando binario e riprendendo l'esercizio dalla banchina successiva – nell'esempio da "A" a "F2" percorrendo la cassa "1a" in deviata (dato che è stata azionata al punto 3) e tallonando la cassa "1b" (che non è stata azionata e presenta quindi aghi discosti).

Tra i due movimenti il conducente deve effettuare anche il cambio cabina (disabilitazione della prima cabina di guida, trasferimento verso la seconda cabina e successiva abilitazione di questa ultima).

L'interruzione di linea ed il passaggio al servizio degradato sono gestiti dal Posto Centrale di Controllo nel seguente modo: l'operatore al Posto Centrale di Controllo avvisa i conducenti dei primi veicoli in arrivo sulla zona interrotta, per ogni senso di marcia, affinché questi siano pronti ad attuare la procedura sopra indicata.

Da questo momento ogni altro veicolo che incontri il Segnale di Servizio Provvisorio acceso deve oltrepassare la zona interessata e, dopo essere transitato sul deviatoio manuale già predisposto, devono invertire la marcia. L'azionamento del selettore a chiave del servizio provvisorio attiva contemporaneamente i segnali in fermata e i corrispondenti segnali di avviso alle fermate precedenti, in entrambi i sensi di marcia.

Lo schema di funzionamento è spiegato nella seguente figura.



- Quando l'interruzione finisce l'operatore del Posto Centrale di Controllo comunica ai conducenti di disattivare il segnale per il servizio degradato e manovrare il deviatoio nelle zone di scambio per ripristinare il corretto tracciato.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 38 di 89

5.4 POSTO CENTRALE

Il PCC ubicato nell'edificio direzionale, costituisce la testa del sistema comprendendo sia i calcolatori e gli apparati centrali delle comunicazioni, sia la sala controllo con i dispositivi attraverso i quali gli operatori possono svolgere le loro funzioni di sorveglianza e telecontrollo dei tram, delle apparecchiature poste nelle fermate e lungo linea e inoltre di comunicazione con i conducenti e con i passeggeri nelle fermate e con il personale di manutenzione.

Dal PCC si dipartono tutte le linee di trasmissione dati e audiovideo per le comunicazioni con gli apparati periferici (fermate e veicoli). Nel PCC è inoltre situata la centrale radio.

5.5 DEPOSITO

Il progetto prevede che sia le operazioni di rimessaggio che quelle di manutenzione del materiale rotabile in servizio sulle Linee 2 e 3, vengano gestite all'interno del deposito "Vingone" la cui realizzazione è inserita nel progetto della Linea 1.

All'interno del deposito, nell'ambito del contratto di Linea 1, sono in fase di realizzazione i seguenti impianti:

- Officina Manutenzione Rotabili;
- Rimessaggio e Stazione di Servizio;
- Tunnel di lavaggio esterno cassa dei convogli;
- Officina Impianti Fissi;
- Sottostazione elettrica;
- Fabbricato Direzionale;

dimensionati per far fronte alle necessità connesse con il servizio della linea Firenze – Scandicci ed organizzati in modo tale da permettere sistemazioni evolutive in funzione delle estensioni della linea e del parco dei veicoli per le Linee 2 e 3.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 39 di 89

5.6 LINEA ED INFRASTRUTTURE CIVILI

5.6.1 GENERALE

Queste informazioni servono a descrivere sommariamente il contesto delle opere civili rilevanti per il funzionamento del sistema e di illustrare i criteri adottati nella progettazione del tracciato della tranvia di Firenze Linea 2 e 3. Tali criteri sono stati dedotti principalmente dai riferimenti normativi esistenti per la progettazione del tracciato di una linea tranviaria, che sono stati però “personalizzati” al contesto specifico ed in particolare alle caratteristiche geometriche e cinematiche dei veicoli previsti nella linea in oggetto.

La linea 2 della tranvia di Firenze si sviluppa su di un tracciato sostanzialmente a raso che si divide in tre tratti: il primo da Piazza Libert  si collega al tracciato della Linea 1 in corrispondenza della fermata di Santa Maria Novella per una lunghezza di circa 2105 m; il secondo va dal bivio Aeroporto della Linea 1 fino ad arrivare alla zona dell’aeroporto Peretola per una lunghezza di 5028 m; il terzo tratto realizza il collegamento tra la linea 3 in corrispondenza del sottopasso Fortezza e la Linea 1 in via Rosselli per una lunghezza di circa 490 m.

Sono previste n° 20 fermate (di cui tre sono con banchine sdoppiate su rami a singolo binario di andata e ritorno), n° 7 opere d’arte (sottopasso pedonale Libert , sottovia Belfiore, attraversamento edificio “Mazzoni”, trincea nell’area della futura stazione AV, nuovo viadotto tramviario Terzolle - Mugnone, sottoattraversamento spinto alla linea FS Fi-Pi, trincea e fermata Guidoni) e n° 2 bivi in linea per l’instradamento da e per la linea 1.

La linea 3 della tranvia di Firenze si sviluppa su di un tracciato sostanzialmente a raso che si muove dal viale G.B. Morgagni, ovvero dal capolinea Carreggi, sino al Sottopasso Ferroviario Fratelli Rosselli, per una lunghezza di circa 3430 m.

Sono previste n° 9 fermate (di cui due sono con banchine sdoppiate su rami a singolo binario di andata e ritorno), n° 3 opere d’arte (muretti in c.a. nella zona del sottopasso Statuto, intervento di consolidamento del ponte esistente sul torrente Mugnone, nuovo sottopasso carrabile di viale Strozzi e viale Milton) e n° 1 bivi in linea per interconnessioni con futuri ampliamenti.

Sono, inoltre, previste n° 2 fermate (Fortezza e Rosselli 1) con, entrambe, banchine sdoppiate su rami a singolo binario di andata e ritorno. Queste fermate appartengono alla Linea 3 ma sono realizzate nell’ambito del contratto di costruzione di Linea 2.

5.6.2 CARATTERISTICHE DELLA GEOMETRIA DEL TRACCIATO

La geometria del tracciato della tranvia di Firenze “linee 2 e 3”   individuata da alcuni standard che rientrano entro i valori previsti dalle norme UNI-Unifer per tranvie e metropolitane leggere, specificamente devono essere rispettate le indicazioni della norma UNI 7156.72 “Tramvie urbane ed extraurbane. Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile ed interbinario”, nonch  della norma UNI 8379 “Sistemi di trasporto a

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 40 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera e tramvia). Termini e definizioni”.

Gli elementi del tracciato sono influenzati dai dati tecnici e prestazionali del materiale rotabile (accelerazione, potenza, sagoma, ecc.); nella redazione del presente progetto della tranvia, si sono considerati i limiti imposti dalla larghezza della vettura (metri 2,40) ed dall'altezza del piano del pavimento delle vetture dal piano ferro (stabilito in cm. 35, con convogli del tipo a piano ribassato).

Nella definizione della velocità massima si è fatto riferimento alla norma UNI 8944 che prevede una velocità massima consigliata di 70 km/h. In realtà, viste le caratteristiche d'inserimento del tracciato in un ambiente urbano ristretto e vincolante, questa è difficilmente raggiungibile.

Gli attuali parametri di progettazione dei tracciati tranviari individuano la necessità di avere curve con raggi non particolarmente ridotti ed utilizzare opportune curve di transizione per raccordare la parte circolare alle rette. Nel progetto della tranvia di Firenze si è adottata per le curve di transizione la clotoide, preferendola alla parabola cubica che non si presta favorevolmente ad essere utilizzata in presenza di raggi ridotti come quelli tranviari.

Nelle curve, dove il tracciamento lo consentiva, sono stati utilizzati i seguenti parametri: valore massimo di accelerazione trasversale di 1,00 m/sec² e contraccolpo, variazione dell'accelerazione nell'unità di tempo, impostato a 0,40 m/sec³. La velocità massima di ogni singola curva è in funzione del suo raggio, definita la velocità si è impostata la lunghezza della clotoide di transizione in rapporto del tempo di percorrenza della stessa, fissato in 2,5 secondi, che corrisponde infatti al valore di contraccolpo 0,40 m/sec³. Lo sviluppo minimo della parte circolare è normalmente impostato con valori superiori a m. 12, per evitare che le turbative dinamiche prodotte al transito del raccordo d'ingresso alla curva non si assommino a quelle indotte dalla curva di transizione d'uscita.

L'adozione di questi parametri elevano qualitativamente gli indici relativi al comfort dei viaggiatori. Tuttavia il giusto equilibrio tra le necessità di una tramvia veloce in un contesto urbano caratterizzato da strade non eccessivamente larghe ed incroci al limite dei 90 gradi, ha imposto l'adozione di parametri riduttivi che sono stati applicati solo nelle situazioni più difficili. In vari casi si è ammesso un contraccolpo maggiore, fino ad un massimo di 0,50 m/sec³, che determina un tempo di percorrenza della curva clotoideale non inferiore ai 2 secondi e di abbassare il limite dello sviluppo circolare fino a m. 8; altri casi, che avrebbero imposto anche un forte impatto urbanistico, sono stati oggetto di studi particolari.

Sono state valutate attentamente la posizione e la potenzialità, in termini di velocità, di queste curve in relazione della presenza di altri elementi riduttivi o penalizzanti come la vicinanza di fermate per il servizio viaggiatori, bivi da percorrersi a velocità ridotta e l'ubicazione di altre curve limitanti. La verifica di tutti questi elementi è positiva e non limita le possibilità offerte dal tracciato in velocità, i valori cinematici d'esercizio sono conformi agli analoghi valori riscontrabili sulle più moderne tramvie europee.

Lo scartamento linea tranviaria è quello classico di 1435 mm e non sono state previste variazioni di scartamento nelle curve che presentano raggi ridotti. Il raggio minimo planimetrico ammesso lungo la linea è pari a 18 m, comunque la presenza di curve che presentano raggi inferiori a 30 metri è limitata a pochi casi. La sede tranviaria avrà una

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 41 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

larghezza diversa a seconda del posizionamento dei pali per il sostegno della linea di contatto; quando i pali sono in posizione centrale fra i binari la larghezza minima in rettilineo sarà pari a 7,50 m. (misurata all'esterno dei cordoli di bordo), mentre con i pali laterali ai binari o con linea di contatto sospesa, la larghezza minima in rettilineo sarà pari a 7,10 m. (misurata all'esterno dei cordoli di bordo).

Nelle due configurazioni l'intervallo fra i binari (intesa come distanza da asse binario ad asse binario) assumerà rispettivamente il valore minimo di 3,50 m. e di 3,10 m. Ovviamente tali larghezze possono assumere valori maggiori nei tratti di linea in curva o in clotoide per tenere in considerazione le fasce di ingombro dei veicoli tranviari che le percorrono. Con i pali in posizione centrale fra i binari (aventi diametro massimo di 380 mm.), considerato che non è possibile sporgersi dai finestrini, si è deciso di mantenere un franco di sicurezza minimo di 200 mm. in deroga alla norma UNI 7156/72 (caso peraltro previsto dalla stessa norma).

Per quanto riguarda l'ottemperanza alle prescrizioni della Norma UNI 8379 (seconda edizione aprile 2000) – con riferimento alla definizione di tramvia, sono state studiate quattro tipologie di sede ovvero:

- **Sede promiscua libera**: realizzata su strada ordinaria mediante una piattaforma carrabile che permette il transito anche dei veicoli stradali e dei pedoni; la sede, concepita per il transito dei veicoli a guida vincolata, può essere percorsa e attraversata da altri veicoli e/o dai pedoni.
- **Sede promiscua riservata**: realizzata su strada ordinaria mediante una piattaforma carrabile che permette il transito anche dei veicoli stradali e dei pedoni; la sede, concepita per il transito dei veicoli a guida vincolata, può essere utilizzata anche da veicoli a guida libera espressamente autorizzati. La piattaforma è delimitata lateralmente da segnaletica e/o elementi di leggera separazione fisica atti a dissuadere l'intrusione di altri veicoli e dei pedoni nella sede.
- **Sede propria isolata**: realizzata e concepita per il transito esclusivo dei veicoli a guida vincolata; la piattaforma, qualora non sia strutturalmente inaccessibile ad altri veicoli e pedoni, deve essere delimitata lateralmente da elementi di pesante separazione fisica atti a minimizzare i rischi di invasione della sede da parte di altri veicoli e di accesso illecito dei pedoni; non esistono attraversamenti e la sede è segnalata come inaccessibile alle sue estremità.
- **Sede propria riservata**: la sede è concepita per il transito esclusivo dei veicoli a guida vincolata. La piattaforma, qualora non sia in condizioni difficilmente raggiungibili per altri veicoli o pedoni, deve essere delimitata lateralmente da elementi atti a minimizzare i rischi di invasione della sede da parte di altri veicoli o pedoni (per esempio gradini, cordoli, ecc.); in corrispondenza degli attraversamenti, gli accessi longitudinali alla sede devono essere protetti con adeguata segnaletica monitoria.

Per ogni tipologia di sede sono dunque state studiate protezioni idonee, esse si suddividono in due gruppi:

- Protezioni “visive”
- Protezioni “fisiche”

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 42 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

La protezione vera e propria deriva da un utilizzo congiunto di queste due tipologie. Per protezioni “visive” s’intendono tutti gli accorgimenti atti a distinguere da un punto di vista percettivo il piano viario e gli spazi di pertinenza dei pedoni dalla sede tranviaria. Questo è stato ottenuto tramite l’utilizzo coerente dei materiali di rivestimento e finitura (pavimentazioni, cordoli e barriere metalliche).

In tal senso le tipologie previste di pavimentazione della sede sono le seguenti:

- Pavimentazione in elementi di porfido per le tratte nel centro storico di Firenze;
- Pavimentazione in elementi di porfido per le tratte nella zona Fortezza e in Piazza Leopoldo;
- Pavimentazione in elementi di cls con reticolo “a griglia” da riempire con terreno naturale e costituente il substrato per l’inerbimento;
- Pavimentazione in elementi di cls colorato autobloccanti;
- Pavimentazione in asfalto.

I cordoli, che delimitano la sede tranviaria, saranno realizzati in elementi di pietra nella zona del centro storico di Firenze e Zona Fortezza; mentre nelle restanti zone saranno realizzati in elementi di conglomerato cementizio.

Questa organizzazione dei materiali garantisce una differenziazione cromatica (e anche tattile) tra la sede e l’ambiente circostante costituendo, di fatto, un primo livello di protezione e assicurando al contempo un corretto inserimento nel contesto urbano circostante. In alcune tratte, sono previsti ulteriori elementi di “separazione visiva” costituiti da una serie di calotte sferiche in metallo poste sulla sommità del cordolo, ad intervalli regolari di ca. 1.0m, e aventi la funzione di “dissuasori” atti a rimarcare ulteriormente la separazione tra la sede e il piano stradale o il marciapiede.

Un secondo “livello” di protezioni “visive” si è ottenuto tramite l’utilizzo di segnaletica che, oltre a quella classica verticale su pali, prevede la realizzazione di segnali “a terra” opportunamente dislocati (ad esempio in corrispondenza degli attraversamenti orizzontali della sede, oppure nell’ambito delle fermate dove è necessario regolamentare i flussi pedonali di accesso ai marciapiedi). Seguendo la stessa logica, la cordatura dei marciapiedi delle fermate è stata dotata di luci circolari incassate e calpestabili che fungono da veri e propri delimitatori visivi del marciapiede stesso rispetto alla sede. Infine una appropriata segnaletica “a terra” in materiale tattile servirà tutto il marciapiede di fermata (fascia di sicurezza, indicazione dei flussi pedonali, segnali monitori).

Come già accennato il secondo livello di protezioni è costituito dalle protezioni fisiche che sono di seguito descritte a seconda del tipo di sede. La “sede promiscua riservata” e la “sede propria riservata” hanno il piano del ferro (e quindi quello della pavimentazione) ad una quota costante di +5 cm rispetto al piano stradale. Sono previsti abbassamenti del cordolo e raccordi appropriati tra la sede tranviaria e il piano stradale, al fine di garantire attraversamenti trasversali agevoli della sede nei punti consentiti (passaggi pedonali, passi carrai, etc.).

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 43 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Nelle tratte a “sede promiscua riservata” la sede è delimitata lateralmente da un cordolo basso (elemento di leggera separazione fisica) che ha una quota variabile (in genere 12 cm.) rispetto al piano di riferimento stradale; il cordolo sarà realizzato, a seconda delle zone, in blocchi di pietra o conglomerato cementizio di dimensioni 100x25x16 cm.
- Nelle tratte a “sede propria riservata” la sede è delimitata lateralmente da un “sistema” di protezione costituito dalla combinazione dei seguenti elementi:
 1. Cordolo in conglomerato cementizio in blocchi di 100x25x15 cm.
 2. Protezioni tubolari in metallo zincato a caldo e piegato ϕ 60 mm. ($h \approx 34$ cm. rispetto al piano della strada, $h=22$ cm. rispetto al piano del cordolo, larghezza totale pari a 130 cm.), costituenti “ostacoli di altezza dal piano del ferro non maggiore di 300 mm.” rispetto alla sagoma tranviaria secondo la norma UNI 7156.72.
- Nelle tratte a “sede propria isolata” e “sede promiscua protetta”, dove la sede non è strutturalmente inaccessibile, essa è delimitata lateralmente da ringhiere metalliche o recinzione di protezione (elementi di pesante separazione fisica) che perimetrano la sede stessa.

L'utilizzo di ringhiere metalliche (o paletti con catenelle) è previsto anche in tutti i casi dove la sede tranviaria sia particolarmente vicina ad un marciapiede pedonale e sia assolutamente necessario minimizzare il rischio di invasione della sede da parte dei pedoni. Sono previsti parapetti di metallo anche nell'ambito di alcune fermate; la loro funzione è duplice: proteggere gli utenti dal traffico veicolare sul lato stradale del marciapiede di fermata e impedire che l'accesso a quest'ultimo possa avvenire in punti diversi dalle rampe disposte alle due estremità del marciapiede stesso.

Le posizioni dei vari tipi di sede sono descritte in dettaglio nei documenti:

- Corografia – Planimetria generale e tipologia sede
- Relazione sul tracciato analitico e tabelle di tracciamento

5.6.3 SEZIONI TRASVERSALI TIPO

Nel procedere all'elaborazione delle sezioni correnti di linea, tenuto conto che gli elementi determinanti sono la larghezza del materiale rotabile (fissato m.2,40), le distanze degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e l'interbinario (stabilite dalla norma UNI 7156-72) nonché l'impostazione della linea aerea di contatto e della relativa palificazione di sostegno, si è valutata necessaria una larghezza costante per la sede tranviaria in rettilineo pari a m.7,50 nei tratti con palificazione centrale ed a m.6,80 per linea 2 e 7,10 per linea 3 dove la palificazione è laterale o sospesa; all'interno di questa sezione trovano posto le canalizzazioni interrato dei cavidotti per le reti tecnologiche e per lo smaltimento delle acque meteoriche confluenti sulla sede. Le larghezze significative sono costituite dai seguenti valori:

- intervista mm.3500 (mm.3100 ove non esiste palificazione centrale)

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 44 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- due sagome tranviarie di mm.2400 ciascuna
- distanza laterale dagli ostacoli continui mm.800
- distanza laterale dagli ostacoli discontinui mm.500

Nel determinare la sezione corrente si è ritenuto necessario allargare l'intervallo, rispetto al valore minimo previsto dalla suddetta normativa, per contenere gli eventuali difetti di parallelismo dei binari ed i maggiori ingombri planimetrici dovuti all'inserimento del materiale tranviario nelle curve. Nelle curve l'allargamento è stato valutato, in accordo con il costruttore, in funzione delle caratteristiche delle vetture tranviarie. Il progetto prevede che la sede tranviaria sia, in linea di massima, posta ad una quota più alta di 5 cm. rispetto all'adiacente viabilità stradale; negli attraversamenti viari la modesta differenza di quota, raccordata con brevi piani inclinati, permetterà di evidenziare la presenza dell'incrocio.

5.6.4 CAVIDOTTI

La sede tramviaria ospita i dispositivi di armamento, i sostegni delle linee di contatto, i dispositivi di segnalamento, di localizzazione dei tram e di controllo semaforico, con le relative vie cavi per le comunicazioni, il controllo e la distribuzione dell'energia elettrica ai dispositivi lungo linea e nelle fermate. I cavidotti principali lungo linea sono costituiti da tre polifore come di seguito descritte. Una prima polifora, formata da due tubi in pvc rigido di diametro pari a 200 mm., è destinata ai cavi della media tensione ed è posizionata normalmente al centro della sede tranviaria sotto al cassonetto della sede stessa. La seconda e la terza polifora sono posizionate ai lati della sede tranviaria e sono contenute nello spessore del cassonetto della sede stessa; esse sono costituite da otto e dieci tubi in pvc rigido di diametro pari a 110/125 mm. e sono destinate rispettivamente ai cavi di telecomunicazioni - segnalamento - circuito scattato e ai cavi di bassa tensione - feeder - terra di trazione - fibra ottica ed alla previsione della illuminazione pubblica. Tutti i suddetti cavidotti si sviluppano lungo le linee e sono collegati alle varie sottostazioni elettriche.

5.6.5 FERMATE E CAPOLINEA

Le linee dispongono per tutta la loro estensione di fermate con banchine attrezzate con pensiline e impianti di illuminazione con l'eccezione delle fermate Liberta, Cavour, San Marco, Martelli, Duomo, Unità, Rosselli 1, Rosselli 2 e Fortezza per linea 2 e Statuto per linea 3 dove non sono presenti le pensiline.

le fermate sono di tre tipologie: con banchine laterali e sede a doppio binario, con banchina laterale e sede a singolo binario, con banchina centrale e sede a doppio binario.

La fermata tipo a banchine laterali, prevede la realizzazione di due marciapiedi affiancati alla linea che saranno raccordati alle estremità, mediante un piano inclinato della pendenza del 6% circa, ai marciapiedi urbani per favorire l'accesso dei disabili al piano di fermata, in conformità alle norme vigenti in materia di abbattimento delle barriere architettoniche.

I marciapiedi delle fermate a banchina laterali avranno le seguenti dimensioni:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 45 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- larghezza di 3 m;
- lunghezza di 42 m. oltre due scivoli terminali per il raccordo con il piano pedonale adiacente della lunghezza di 5 m. ciascuno e della pendenza del 6%;

Fa eccezione la fermata Poggetto in linea 3 dove è previsto un marciapiede lungo 32 metri

- altezza di 300 mm. rispetto al piano del ferro;
- distanza di 70 mm. rispetto alla sagoma del materiale rotabile.

Caratteristiche del tutto analoghe a quelle appena descritte si hanno per la fermata tipo con banchina laterale e sede a singolo binario.

La fermata tipo a banchina centrale, prevede la realizzazione di un unico marciapiede tra i binari di linea che sarà raccordato alle estremità, mediante un piano inclinato della pendenza del 6% circa, alla quota della pavimentazione stradale per favorire l'accesso dei disabili al piano di fermata, in conformità alle norme vigenti in materia di abbattimento delle barriere architettoniche.

I marciapiedi delle fermate a banchina centrale avranno le seguenti dimensioni:

- larghezza di 4 m.;
- lunghezza di 42 m. oltre due scivoli terminali per il raccordo con il piano pedonale adiacente della lunghezza di 5 m. ciascuno e della pendenza del 6% circa;
- altezza di 300 mm. rispetto al piano del ferro;
- distanza di 70 mm. rispetto alla sagoma del materiale rotabile.

Tutte le piattaforme delle banchine hanno una altezza di 30 cm. dal pdf e sono realizzate in modo che il dislivello con la soglia del veicolo sia compreso tra -2 e +5 cm.

Alle estremità delle fermate sono presenti passaggi pedonali per il passaggio da una banchina all'altra.

Ove necessario sono inoltre presenti passaggi pedonali per gli attraversamenti stradali.

Le fermate ospitano diversi dispositivi controllati dal sistema, quali ad esempio:

- pannelli indicatori (display) dei prossimi arrivi
- altoparlanti per informare passeggeri
- emettitrici di biglietti
- telecamere di sorveglianza collegate al PCC
- telefoni di servizio
- armadi tecnologici.

Inoltre sono presenti in corrispondenza delle fermate dispositivi di localizzazione e identificazione dei tram posti sui binari.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 46 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

I capolinea sono di tipo tradizionale con scambio di tipo “inglese” posto a valle o a monte della fermata per l'inversione della marcia e scambi di comunicazione tra i binari.

Il capolinea dell'aeroporto di Peretola (linea 2) presenta lo scambio di tipo inglese a valle della banchina ed è prevista una lunghezza di linea sufficiente per il parcheggio di 4 veicoli senza interferire con le manovre di retrocessione.

Il capolinea di Piazza Libertà (linea 2) è di tipo ad anello con localizzate due banchine separate al fine di migliorarne l'esercizio..

Il capolinea Careggi (linea 3) è di tipo tradizionale e presenta lo scambio di tipo “inglese” posto a valle della fermata per l'inversione della marcia e scambi di comunicazione tra i binari.

5.6.6 LOCALI SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE

Le SSE sono ospitate in appositi edifici di nuova realizzazione posti lungo le due linee.

Nella linea 2 sono previste n° 5 sottostazioni elettriche complessive. Due SSE sono collocate in fabbricati fuori terra (Guidoni e Forlanini), una in fabbricato seminterrato (Regione) ed una in un fabbricato interrato (Libertà). E' prevista inoltre un'ulteriore sottostazione per la linea 2 nel fabbricato interrato, posto in prossimità della stazione di Santa Maria Novella; locale che ospita anche una sottostazione elettrica per la linea 1.

Nella linea 3 sono previste n° 3 sottostazioni elettriche complessive tutte in fabbricati fuori terra (Careggi, Rifredi e Costituzione).

Essi sono realizzati in conformità ai requisiti delle apparecchiature ospitate (trasformatori, quadri elettrici, convertitori per la TE, servizi elettrici annessi) incluse le loro movimentazioni, la sicurezza e le vie cavi per i collegamenti alla LdC e alle linee in BT verso gli impianti tecnologici lungo linea.

Nelle SSE sono presenti anche dispositivi di sistema per le comunicazioni, la supervisione e il telecontrollo degli impianti elettrici dal PCC.

Tutti i fabbricati fuori terra hanno dimensioni planimetriche pari a m. 15.96 x 10.96 ed un'altezza complessiva di m. 4.30.

La SSE seminterrata Regione (linea 2) ha dimensioni planimetriche di m. 19.61x10.11, ad essa si accede da un accesso laterale tramite una scala di raccordo con quota del marciapiede ed è dotata su due lati di uno scannafosso nel quale sono previste griglie per l'aerazione.

La SSE interrata a piazza della Libertà (linea 2) ha dimensioni planimetriche di m. 18.30x15.10, ad essa si accede dall'interno del nuovo sottopasso pedonale ed è dotata di uno scannafosso perimetrale nel quale sono previste le griglie per l'aerazione.

La SSE Careggi (linea 3) ha dimensioni planimetriche di m. 12.00x17.00, infatti ospita un locale per il riposo del personale di servizio tranviario ed un servizio igienico.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 47 di 89

5.7 ARMAMENTO

Il complesso sede/armamento è stato progettato prendendo a riferimento quanto già ampiamente sviluppato in campo europeo, ovvero con i sostegni delle rotaie a gola, del tipo 60R2 (Ri 60-13), appoggiati e quindi annegati su di una solida base in calcestruzzo.

Nell'ambiente cittadino i livelli delle vibrazioni non dovranno eccedere i limiti di legge e la normativa presso i ricettori prossimi alle linee tranviarie. Tali valori dipendono dalla destinazione d'uso della costruzione e dalla posizione relativa rispetto alla linea.

Nei casi in cui tali valori dovessero essere superati a causa del sistema tranviario, speciali sistemi di attenuazione/mitigazione delle vibrazioni vengono adottati, in particolare sono stati progettati 3 differenti tipologie di armamento:

Livello 0 : armamento di riferimento;

Livello 2: sistema a soletta flottante con materassino elastomero a medio smorzamento, per sezioni con necessità di attenuazione;

Livello 3: sistema a soletta flottante con materassino elastomero ad alto smorzamento, per sezioni con esigenze di particolare sensibilità.

La sezione tipo della tranvia di riferimento è composta da rotaia incapsulata ad appoggio continuo elastico (definita con termine inglese "ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System"), senza fissaggio meccanico, incastrato in una soletta di calcestruzzo, collocato su una piattaforma (piastra di fondazione).

Una prima distribuzione delle tipologie di armamento ha seguito la seguente regola, normalmente adottata in ambito europeo:

- $d > 12$ m : Livello 0
- $d > 12$ m – aree sensibili : Livello 2
- 7 m $< d < 12$ m : Livello 2
- 7 m $< d < 12$ m – aree sensibili : Livello 3
- $d < 7$ m : Livello 3
- Centro Storico : Livello 3

dove d indica la distanza fra le fondamenta della costruzione e la mezzaria dei binari.

Uno studio specifico delle vibrazioni indotte dal sistema tranviario (Relazione Tecnica Previsione dei Livelli di Vibrazione Post-Operam – Linea 2 – FL2.0XX.01250 R.00) ha successivamente fornito le necessarie indicazioni per affinare la progettazione affinché i valori limiti siano rispettati lungo tutto lo sviluppo delle linee.

Il tram con movimento autonomo a batteria che effettua servizio sulla linea 2 presenta un carico per asse minore o uguale a 11t per cui l'Armamento è stato corenetemente progettato con un requisito di carico per asse del veicolo pari a 11t.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 48 di 89

Dalla linea 2 i veicoli attrezzati con le batterie viaggeranno anche lungo linea 1 con itinerario da/per il deposito. I veicoli attrezzati con le batterie viaggeranno lungo linea 1 sempre captando energia dalla Linea di Contatto ed in in condizioni di fuori servizio per cui in assenza di passeggeri a bordo e quindi con il solo peso a tara.

Questa condizione permette di considerare carichi per asse del veicolo sicuramente minori di quelli possibili in esercizio (con passeggeri a bordo) e quindi sicuramente congruenti con i requisiti di progetto adottati per realizzare le opere di linea 1 quali, ad esempio, il carico per asse di progetto per i ponti ed i viadotti che è pari a 10,5t.

5.7.1 CARATTERISTICHE DEI BINARI

- Sezione tipo Livello 0 (BS-0 e BD-0)
 - piattaforma di fondazione: piastra di calcestruzzo armata;
 - caratteristiche del binario: piastra di bloccaggio del sistema ERS in calcestruzzo armata;
 - supporto delle rotaie: Sistema ERS, supporto elastico continuo delle rotaie;
 - protezione della rotaia: intrinseco nel sistema ERS.

- Sezione tipo Livello 2 (BS-2 e BD-2)
 - piattaforma di fondazione: piastra di calcestruzzo armata;
 - posa di materassino (elastomero) orizzontale antivibrante h= 25 mm;
 - posa di pannelli laterali rigidi ai lati della tranvia per isolare e separare i binari ammortizzati;
 - caratteristiche del binario: piastra di bloccaggio del sistema ERS in calcestruzzo armata;
 - supporto delle rotaie: Sistema ERS, supporto elastico continuo delle rotaie;
 - protezione della rotaia: intrinseco nel sistema ERS.

- Sezione tipo Livello 3 (BS-3 e BD-3)
 - piattaforma di fondazione: piastra di calcestruzzo armata;
 - posa di materassino (elastomero ad alta efficienza) orizzontale antivibrante h= 25 mm;
 - posa di pannelli laterali rigidi ai lati della tranvia per isolare e separare i binari ammortizzati;
 - caratteristiche del binario: piastra di bloccaggio del sistema ERS in calcestruzzo armata;
 - supporto delle rotaie: Sistema ERS, supporto elastico continuo delle rotaie;
 - protezione della rotaia: intrinseco nel sistema ERS.

5.7.2 DEVIATOI

Per quanto attiene I deviatori sono presenti le seguenti tipologie:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 49 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Scambi semplici
- Comunicazioni semplici
- Comunicazioni doppie a forbice
- Bivio con scambi
- Attraversamento binari
- Pettini (insieme di componenti elementari di scambi)

Il comando degli apparati sarà tramite motore elettrico o con manovra manuale, come presentato nella seguenti tabelle con riferimento ai codici deviatoio presenti nei file di tracciato.

Gli scambi sono inseriti in tracciati senza sopraelevazione.

Al fine di limitare eventuali inconvenienti di esercizio causati dal gelo, tutti gli scambi sono predisposti per accogliere il dispositivo di riscaldamento elettrico degli aghi.

Linea 2

Codice Deviatoio	Progressiva	Motorizzato	Tallonabile
06-A	2+072	NO	SI
04-B	2+331	SI	NO
05-A	1+939	SI	NO
04-A	1+898	NO	SI
03-A	1+131	NO	SI
03-B	1+103	NO	SI
02-A	0+086	NO	SI
02-B	0+086	SI	NO
01-A	0+018	SI	NO
01-B	0+018	NO	SI
01-E	1+323	NO	SI
01-F	1+295	NO	SI
02-E	2+839	NO	SI
02-F	2+811	NO	SI
03-E	3+530	NO	SI
03-F	3+502	NO	SI
04-E	4+809	SI	NO
04-F	4+809	NO	SI
05-E	4+809	NO	SI

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 50 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

05-F	4+809	NO	SI
-------------	--------------	-----------	-----------

Le casse motorizzate sono tallonabili a 10km/h; il tallonamento avviene solo se il segnalamento non è funzionante.

Linea 3

Codice Deviatoio	Progressiva	Motorizzato	Tallonabile
01-C	0+168	NO	S
01-D	0+140	NO	SI
10-A	3+052	NO	SI
09-B	3+052	SI	NO
09-A	2+987	SI	NO
08-B	2+987	NO	SI
08-A	2+900	NO	SI
07-B	2+872	NO	SI
07-A	2+480	NO	SI
06-B	2+508	SI	NO
06-A	2+302	NO	SI
05-B	2+274	NO	SI
05-A	1+774	NO	SI
04-B	1+746	NO	SI
04-A	0+940	NO	SI
03-B	0+912	NO	SI
03-A	0+167	NO	SI
02-B	0+167	SI	NO
02-A	0+139	NO	SI
01-B	0+139	NO	SI
01-A	0+131	SI	NO

Le casse motorizzate sono tallonabili a 10km/h; il tallonamento avviene solo se il segnalamento non è funzionante.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 51 di 89

5.8 ALIMENTAZIONE ELETTRICA E TRAZIONE

ALLACCIAMENTI IN M.T.

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi dell'intera linea.

In Linea 2 è costituito da cinque sottostazioni elettriche di conversione:

- Guidoni
- Regione
- Forlanini
- Santa Maria Novella (espansione della SSE presente per Linea 1),
- Libertà

Per Linea 2 sono previsti due punti di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 15 KV rispettivamente nella sottostazioni:

- Santa Maria Novella (in comune con Linea 3),
- Guidoni

In Linea 3 è costituito da tre sottostazioni elettriche di conversione:

- Careggi
- Rifredi
- Costituzione

Per Linea 3 sono previsti due punti di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 15 KV rispettivamente nella sottostazioni:

- Careggi
- Santa Maria Novella (in comune con Linea 2)

Non è possibile avere un'alimentazione ENEL nella SSE Costituzione, che derivi da una diversa cabina primaria dell'ente distributore di energia, o nella sottostazione "Libertà".

Dai punti di fornitura sopra indicati l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite una linea in media tensione in cavo ad anello aperto.

Le forniture di energia primaria dell'ente distributore sono derivate da tre distinte cabine primarie dell'ENEL, di modo che anche il "fuori servizio" di una primaria dell'ENEL non comporterà alcun disservizio della linea tranviaria: la normale continuità di esercizio sarà garantita infatti dai punti di distribuzione rimasto in servizio. In normale condizioni di funzionamento, entrambi i punti di alimentazione per Linea forniranno l'energia occorrente all'intero sistema evitando, attraverso opportuni interblocchi, il parallelo dei due.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 52 di 89

SOTTO STAZIONI ELETTRICHE

Dal dimensionamento di massima, che tiene conto della portata oraria, del tipo dei convogli ipotizzato, del profilo altimetrico, dei raggi minimi di curvatura del tracciato, e di tutte le altre particolarità del sistema stesso, nonché del recupero di energia in frenatura, è prevista la realizzazione di otto sottostazioni della potenza installata di 1,5 MW cadauna, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il “fuori servizio”, per manutenzione o guasto, di una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione presenti.

Per la conversione ed alimentazione in c.c. è previsto un monogruppo in ciascuna sottostazione, della potenza di 1500 kW con sovraccaricabilità in classe VI, norma CEI EN 60146.1.1. Le S.S.E. di conversione sono state previste per garantire l' energia di trazione a 750 VCC e l' energia in bassa tensione per gli impianti di linea.

L'impianto in questione risponderà a tre esigenze principali:

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

I collegamenti in media tensione tra le S.S.E. sono previsti con cavi unipolari per Media Tensione aventi grado di isolamento 12/20 KV e sezione di 400 mmq, tipo RG7H1R - 12/20 KV.

Le caratteristiche dell'impianto nei punto di consegna saranno le seguenti:

- tensione nominale di consegna trifase: 15 kV, 50 Hz;
- valore massimo della corrente di corto circuito: 12,5 kA efficaci;
- stato del neutro: isolato;

- valore massimo presumibile della corrente di guasto monofase a terra: 121 A (Peretola), 40 A (Santa Maria Novella) per la linea 2 e 101 A (Careggi), 40 A (Santa Maria Novella) per la linea 3;

- tempo previsto di eliminazione del guasto: 0,69 ms (Peretola), >>10 ms (Santa Maria Novella) per la linea 2 e 0,69 ms (Careggi), >>10 ms (Santa Maria Novella) per la linea 3.

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

Ciascuno dei quadri MT previsti in sottostazione é composto di un sistema di sbarre da cui sono derivate le alimentazioni per i trasformatori di gruppo, dei servizi ausiliari, e le linee di alimentazione che garantiscono la distribuzione della MT. Le SSE corrispondenti con i punti di alimentazione ENEL saranno provviste di interruttori tripolari MT, che dovranno

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 53 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

assicurare la protezione del sistema e dei cavi MT nelle diverse configurazioni possibili, per sovraccarico, per corto circuito e guasto a terra.

PULSANTE DI EMERGENZA

In ciascuna SSE è presente un pulsante di apertura generale utilizzabile in caso di emergenza (per esempio in caso di incendio) per isolare la SSE da tensioni pericolose per il personale (es. Vigili del Fuoco).

L'azionamento del pulsante determina l'apertura degli interruttori di MT e degli interruttori extrarapidi relativi.

Un analogo pulsante agente su tutte le SSE è presente nel Posto Centrale.

EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

E' previsto che gli elementi che rappresentano una possibile fonte di interferenza elettromagnetica (per esempio: i trasformatori, raddrizzatori, interruttori e sezionatori, motori e generatori elettrici, bobine, calamite, ecc.) abbiano delle emissioni tali e delle distanze di rispetto, da rientrare nei limiti di esposizione per inquinamenti di natura fisica relativamente all' ambiente esterno ed abitativo, imposti dalle leggi e normative vigenti, e non interferire con altri tipi di attrezzatura elettronica che potrebbe essere localizzata vicino alla linea.

Tutto questo in conformità alle normative vigenti, e ai Decreti, Delibere, e Ordinanze Ministeriali, per le emissioni elettromagnetiche per gli impianti relativi. In particolare, quanto previsto da:

D.P.C.M. del 23 Aprile 1992 – Limiti massimi di esposizione ai campi elettromagnetici

D.P.C.M. del 28 Settembre 1995 – Norme tecniche di attuazione.

PROTEZIONI ELETTRICHE DI IMPIANTO

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

La filosofia di utilizzo delle protezioni è basata sulla conoscenza che le condizioni anomale di funzionamento o di guasto possono essere suddivise come segue:

- sovraccarichi;
- guasti a terra;
- guasti fase-fase e trifase.

L'individuazione delle condizioni anomale menzionate è effettuata dai relé di protezione che operano per separare la parte di rete guasta dal resto dell'impianto. La taratura dei relé di protezione sarà selezionata per dare la maggiore continuità di servizio evitando danneggiamenti ai componenti della rete. I valori di taratura saranno scelti al di sopra delle

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 54 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

condizioni transitorie che si possono verificare in rete. I tempi di intervento dovranno consentire il ripristino dei parametri transitori all'interno dei loro valori normali. Lo studio di selettività delle protezioni è basato sul calcolo delle correnti di cortocircuito; la selettività di intervento delle protezioni è studiata per essere valida sia con correnti di corto circuito massime, sia con correnti di corto circuito minime. Si considera inoltre che tutte le protezioni installate siano e rimangano correttamente funzionanti e cablate in scatto. La selettività di intervento delle protezioni sarà assicurata per guasti di corto circuito fase-fase. Per guasti fase-terra sulla rete 15 KV interverrà la protezione specifica di guasto a terra.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 55 di 89

5.9 IMPIANTO DI TERRA

Tutte le strutture metalliche e i ferri di armatura dei manufatti della sottostazione saranno collegati alla rete di terra di sottostazione, a sua volta collegata al conduttore equipotenziale.

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

Le reti di terra di sottostazioni adiacenti possono essere collegate attraverso gli schermi dei cavi MT con eventuali conduttori in parallelo, se necessario ai fini del contenimento delle tensioni di passo e contatto.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 56 di 89

5.10 LINEA DI CONTATTO

E' prevista una linea di contatto composta da un solo filo sagomato, della sezione di 120 mm², progettata nel rispetto della norma CEI 9.2, e supportata, per il trasporto dell'energia occorrente, da cavi (feeder) posati nella polifora della sede tranviaria della sezione complessiva di 1.200 mm².

La tensione nominale di esercizio è pari a 750 VCC.

L'altezza della linea di contatto (LdC) è prevista, sotto sospensione, di mt. 5,60 dal piano del ferro per permettere il transito in tutta sicurezza dei mezzi su gomma sia sulla sede tramviaria promiscua riservata sia in corrispondenza degli incroci stradali. Fa eccezione il tratto del sottovia Statuto e sottovia Fortezza.

L'altezza minima nelle gallerie è fissata in m 4,60 coerentemente con la dimensione del manufatto.

Il filo di contatto è regolato per parte del tracciato mediante taglie e contrappesi mentre per parte del tracciato non è regolata (fissa). Per ridurre l'impatto dei sostegni questi ultimi sono stati posizionati prevedendo campate di rettilineo fino a mt. 50, linea regolata, e mt. 25, previsto per il filo di contatto non regolato.

Il circuito di ritorno di linea è del tipo con binario ad isolamento di terra ridotto, come previsto dalle norme CEI 9-20, per limitare il pericolo di corrosione delle correnti vaganti. La conduttanza di dispersione complessiva verso terra dei binari di corsa sarà conforme a quanto previsto da tali norme.

Il tratto di linea privo di catenaria (tratta Duomo – Martelli in entrambi i sensi di marcia) prevede ammaraggi in fermata del filo di contatto e il mantenimento della continuità elettrica attraverso la chiusura del conduttore di contatto ai due capi del tratto disalimentato tramite collegamento con conduttore isolato del tipo FG7R 0,6/1 kV in rame, interrato in polifera.

Come misura di sicurezza si prevede inoltre di portare gradualmente, a partire dalle campate precedenti alle fermate interessate, la LdC alla quota massima ammissibile di captazione del pantografo pari a 5,80m, in corrispondenza dell'asse della fermata e prevedere un ulteriore incremento di quota prima dell'interruzione del conduttore al fine di costituire una rampa di invito/abbandono del pantografo.

TIPOLOGIE DI LINEA DI CONTATTO

Per il sostegno della linea di contatto sono previste le seguenti tipologie :

- Sospensione con mensola orizzontale distinta per binario e sostegno poligonale a dodici lati posto al centro della sede tramviaria, nei tratti dove la tramvia corre al centro della sede stradale;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 57 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Sospensione con mensola orizzontale e sostegno poligonale a dodici lati posto lateralmente rispetto alla sede tramviaria;
- Sospensione trasversale con funi trasversali isolate e ancoraggi a muro con appositi ganci, oppure sostegni in fregio a strade e piazze
- Sospensione con doppia palificazione a portale in corrispondenza delle curve e degli scambi;
- Sospensione elastica sotto ad infrastrutture di linea (es. sottovia Statuto e Fortezza).

SEZIONAMENTI

Lungo linea saranno realizzati sezionamenti con isolatori di sezione percorribili dal pantografo alla velocità di 80 Km/h secondo CEI–UNEL 79826/89. I sezionatori di linea sono provvisti di sezionatori motorizzati manovrabili sotto carico del tipo 1000 V 2500 A. Prima di ogni isolatore di sezione è posto un segnale luminoso che indica al conducente lo stato di alimentazione della zona elettrica che sta per impegnare.

COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI E PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI

Sono previsti collegamenti equipotenziali fra i fili di contatto ed il Feeder ogni 400 m. e comunque in prossimità di ogni sottostazione elettrica, dei punti di sezionamento e di ogni fermata. I collegamenti sono realizzati con un cavo da 300 mm² per ciascun binario.

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

SCAMBI AEREI

La linea aerea di contatto è realizzata sopra gli scambi in modo da assicurare il corretto scorrimento del pantografo, senza pericoli di impigliamento per il percorso principale e per il deviato nei due sensi di marcia. A tal fine, è stata prevista la soluzione senza incrocio tra il filo corretto tracciato ed il filo del ramo deviato (i fili di contatto corrono parallelamente senza incrociarsi)

Per un corretto mantenimento della medesima quota dei due fili di contatto al variare della temperatura anche il filo del ramo deviato è regolato.

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

POLIGONAZIONE

La poligonazione normale è stata prevista nei limiti di ± 20 cm.

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

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 58 di 89

DISTANZE DI SICUREZZA

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

5.11 SIMULAZIONE ELETTRICA

La simulazione è stata fatta per valutare il comportamento del sistema di alimentazione della Trazione Elettrica (TE) progettato, sia nelle condizioni di normale funzionamento, sia in quelle di fuori servizio di una SSE ogni tre per linea 2 e di due SSE su tre per linea 3.

Gli input per la simulazione sono stati i seguenti:

- caratteristiche e prestazioni del veicolo SIRIO (Progetto Definitivo veicolo AnsaldoBreda):
 - sforzo di trazione e frenatura alle ruote in funzione della velocità,
 - caratteristiche dei servizi ausiliari di bordo,
 - curva di rendimento,
 - velocità e accelerazione massime,
 - peso a carico massimo,
 - coefficienti di resistenza al moto e delle masse rotanti,
 - minima tensione ammissibile al pantografo,
 - disponibilità di frenature rigenerativa,
 - tipo di regolazione della velocità;
- caratteristiche planoaltimetriche del tracciato e relativi vincoli di velocità massima:
 - lunghezze delle curve e raggio,
 - lunghezze dei tratti in pendenza e relativi gradienti,
 - numero e posizioni delle stazioni,
 - numero e posizioni delle intersezioni stradali interferenti con la circolazione dei veicoli,
 - limiti di velocità imposti;
- caratteristiche della Rete Elettrica
 - posizioni delle SSE
 - numero e potenza dei gruppi di conversione
 - resistenza interna equivalente
 - tensione lato cc a vuoto
 - posizione dei nodi elettrici,
 - posizione dei carichi elettrici,
 - tipo e posizione dei generatori,
 - caratteristiche elettriche di ogni sezione di linea tra due nodi,
 - feeder di supporto a posa interrata e relative connessioni alla linea di contatto
 - circuito di ritorno TE (resistenza equivalente, isolamento delle rotaie)
- ipotesi di esercizio

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 59 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- cadenzamento 180 s (Linea 2) e 160 s (per l'intera linea 1 + Linea 3)
- accelerazione massima 1,0 m/s² per linea 3 e lungo il tratto di linea 2 munito di LdC e 0,5 m/s² per la tratta Duomo – Martelli in entrambe le direzioni di marcia
- decelerazione massima di frenatura 0,7 m/s²

Le informazioni di cui sopra hanno costituito la base del modello di sistema per lo strumento MOTORS, simulatore elettromeccanico integrato per sistemi ferroviari e metropolitani.

L'analisi dei risultati di tale simulazione per la Tramvia indica che per ogni condizione di funzionamento del sistema elettrico di trazione, normale o fuori servizio di una SSE ogni 3, sono sempre verificate le seguenti condizioni:

- la minima tensione di linea misurata al pantografo dei tram è sempre superiore al minimo valore ammesso di 500 V;
- la corrente quadratica media (rms) erogata da ogni sottostazione è sempre minore della corrente nominale di gruppo pari a 2000 A; questo significa che l'equipaggiamento di sottostazione non lavora mai in condizioni di sovraccarico;
- la massima corrente di picco istantanea erogata da ciascuna sottostazione è sempre inferiore al 300% della corrente nominale; questo significa che l'equipaggiamento di sottostazione è soggetto per pochi secondi a valori di picco inferiori a quelli definiti dalle norme. L'effetto di tali picchi è solo quello di incrementare i valori mediati nel tempo (medi e quadratici medi), pur rimanendo tali valori all'interno delle prestazioni nominali delle macchine;
- la massima temperatura di funzionamento dei fili di contatto è sempre inferiore a 75°C; in tal modo, essi non sono soggetti né a danneggiamenti né a modifiche delle caratteristiche fisiche;
- il massimo potenziale di binario è sempre inferiore a 120 V.

Il sistema elettrico di trazione così progettato è certamente in grado di rispondere ai requisiti contrattuali.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 60 di 89

5.12 SISTEMA DI GESTIONE (SCADA)

Le SSE sono previste normalmente impresenziate, comandate e controllate dal Posto Centrale di Comando situato nell'area di deposito o attraverso i posti di governo computerizzati in SSE.

Per ogni S.S.E. è prevista la telegestire delle seguenti sezioni:

- Sezione media tensione;
- Sezione trasformatore gruppo raddrizzatore;
- Sezione corrente continua;
- Sezione servizi ausiliari e quadri BT

Il sistema SCADA ha il compito di centralizzare al Posto centrale le informazioni relative agli impianti di alimentazione. L'operatività sopra descritta è realizzata tramite le funzionalità messe a disposizione dal sistema SCADA.

Le informazioni che dal centro viaggiano verso la periferia, definite Telecomandi (TC) (dal punto di vista dello SCADA sono degli output), permettono di impartire i comandi necessari alla gestione degli impianti in questione. I telecomandi possono corrispondere a comandi singoli, macrocomandi o sequenze di comandi (gestite da PLC). Le informazioni che viaggiano dalla periferia verso il centro sono definite Teleconcontrolli e sono visti dal sistema SCADA come input. I telecontrolli possono ulteriormente classificarsi come:

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

Il sistema di gestione è composto essenzialmente da un hardware commerciale ed espleta, insieme a pacchetti Software, le funzioni di:

- gestione, comando e controllo degli enti componenti la SSE
- acquisizione ed elaborazione di misure e parametri
- realizzazione ed attuazione tutte le logiche di comando e controllo, protezione e interblocco degli enti stessi

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

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

La gestione degli impianti d'alimentazione elettrica comprenderà:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 61 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- la verifica costante dello stato di funzionamento degli impianti attraverso teleallarmi, telesegnalazioni e telemisure.
- la riconfigurazione telecomandata delle reti di alimentazione elettrica in caso di avaria o manutenzione in modo da garantire per quanto possibile la continuità del servizio.

RICONFIGURAZIONI

Per i collegamenti delle SSE alla rete MT sono predeterminate un numero fisso configurabile di configurazioni che dipendono da possibili mancanze di uno dei collegamenti primari ENEL o da interruzioni del cavo MT di interconnessione delle SSE.

E' possibile riconfigurare dal Posto Centrale le SSE scegliendo una di queste configurazioni.

E' possibile anche riconfigurare i collegamenti della rete TE operando sugli interruttori delle SSE in caso di fuori servizio di una delle SSE (per manutenzione o guasto) ed in tal caso la sezione di linea TE interessata sarà alimentata da una delle SSE limitrofe.

DIAGNOSTICA

La funzione diagnostica è finalizzata alla gestione della manutenzione preventiva. Le varie SSE sono equipaggiate con appositi sensori in grado di rilevare grandezze che, implementate con opportuni algoritmi (conteggi-manovre, energia passanti, tempi, valutazione correnti data-base dei componenti ecc.), permettono la valutazione dell'usura dei componenti principali del sistema, ottenendo in anticipo, le informazioni necessarie agli interventi di manutenzione e/o sostituzione.

Sarà, inoltre, predisposta la possibilità di implementare una funzione "gestione ricambi", imperniata su un data-base, sul quale saranno riconoscibili elementi essenziali dei componenti, quali caratteristiche, tipo, grandezze, anno di costruzione, collaudi eseguiti, norme di riferimento, ulteriori ditte costruttrici, soluzioni alternative al ricambio, etc.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 62 di 89

5.13 SISTEMA DI SUPERVISIONE E CONTROLLO TRAMVIARIO

Il Sistema di Supervisione e Controllo della tramvia è progettato in modo da conseguire gli obiettivi funzionali di progetto attraverso applicazioni hardware e software già implementate con successo in altre tramvie.

Il Sistema di Supervisione e Controllo è di ausilio al conducente nella marcia a vista al fine di garantire i requisiti prestazionali di sistema richiesti ed assicurare i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali:

- zone di manovra: capolinea o bivi;
- zone a scarsa visibilità: tunnel o curve;
- nei tratti di circolazione banalizzata a singolo binario;
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali);
- intersezioni fra le linee tranviarie;
- deposito.

In tali aree, lungo il percorso, sono previsti gli apparati che permettono di ottenere un adeguato livello di sicurezza al fine di evitare collisioni tra veicoli e/o deragliamenti al transito dei veicoli sui deviatoi.

Il Sistema di Supervisione e Controllo per le linee tranviarie di Firenze è costituito dai seguenti impianti:

- sistema di segnalamento;
- sistema di localizzazione del veicolo e regolazione della marcia.

Il Sistema di Supervisione e Controllo fornisce inoltre le informazioni ed i dati necessari al sistema di preferenziamento semaforico.

Tutte le funzionalità del Sistema di Supervisione e Controllo sono in costante collegamento con il Posto Centrale di Controllo (PCC), realizzato nell'ambito del contratto di Linea 1 ed adeguato alle accresciute necessità nell'ambito del presente progetto.

Il PCC è in grado di supervisionare il regolare svolgimento dell'esercizio sulle linee, intervenendo mediante l'invio di messaggi mirati o generalizzati, tendenti a riportare alla normalità eventuali situazioni anomale.

La localizzazione del veicolo lungo la linea consente di realizzare la funzionalità di "Train Descriptor" presso il PCC.

Il sistema di priorità semaforica, descritto nel capitolo successivo, consente al veicolo che si approccia ad un incrocio con la viabilità ordinaria di ottenere il preferenziamento, limitando al minimo possibile le perturbazioni al regolare svolgimento del servizio. Il sistema è supportato dal Sistema di Supervisione e Controllo che fornisce le informazioni di localizzazione del veicolo in prossimità degli incroci.

L'architettura del Sistema di Controllo e Comando comprende:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 63 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- il Posto Centrale di Comando e Controllo (PCC), nel quale sono concentrate le applicazioni di:
 - controllo del movimento dei tram nel Deposito e nell'area del bivio di ingresso/uscita dalla linea (funzione già presente nel contratto di Linea 1);
 - supervisione e localizzazione dei veicoli tramviari in linea e nel deposito, gestione della circolazione (sottosistema SAE);
- gli apparati periferici di linea per la gestione della sicurezza del movimento dei veicoli tramviari;
- gli apparati mobili sui veicoli tramviari.

Per il collegamento degli apparati di PCC con gli apparati di linea il Sistema di Supervisione e Controllo si avvale del supporto del Sistema di Comunicazione in Fibra Ottica, mentre la comunicazione con gli apparati di bordo è assicurata tramite i loop di terra menzionati ed il sistema radio.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 64 di 89

5.14 IMPIANTO DI SEGNALAMENTO

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

L'impianto di segnalamento gestisce quindi intere aree garantendo i transiti di un veicolo in sicurezza impedendo, di fatto la formazioni di rotte incompatibili.

Le funzionalità dell'impianto di segnalamento sono distribuite e realizzate da appropriati apparati collocati nei tre livelli: Centro, Bordo, Periferia le cui principali funzioni sono:

- verifica dello stato degli enti di campo;
- verifica delle rotte conflittuali;
- controllo in sicurezza delle aree di scambio;
- supervisione a livello centrale dei movimenti del tram;
- gestione allarmi e diagnostica;
- registrazione cronologica degli eventi.

Tali funzioni sono realizzate dall'impianto di segnalamento attraverso le seguenti fasi:

- **prenotazione comando:** generalmente attuato dal conducente a bordo veicolo;
- **acquisizione** dei controlli/stati relativi agli apparati di segnalamento di linea;
- **verifica** dello stato dell'area (anomalie, bloccamento o prenotazioni in atto);
- **comando** manovra deviatoi;
- **elaborazione e verifica** degli stessi, utilizzando opportuni algoritmi semplici dedicati ad ogni singola tipologia di controlli ed algoritmi complessi che mettono in relazione varie tipologie di controlli, al fine di mettere a disposizione delle altre unità funzionali lo stato puntuale di tutti gli enti che compongono la segnaletica e lo stato degli allarmi associati;
- **bloccamento** della rotta (o della manovra della cassa del deviatoio);
- **manovra segnale:** autorizzazione a procedere nella marcia;
- **liberazione:**
 - **elastica:** man mano che il tram avanza libera la zona di percorso e l'area di scambio per permettere movimenti compatibili contemporanei;
 - **rigida:** avviene sul punto finale della rotta
- **rappresentazione** dello stato, degli allarmi e dell'esito dei comandi sull'interfaccia operatore delle postazioni interessate;
- **invio** nei posti periferici dei comandi di manovra deviatoi, effettuati dal Posto Centrale di Controllo nel caso di funzionamento degradato (es. mancanza di comunicazione bordo-terra), evidenziando eventuali errori di trasmissione e/o di acquisizione da parte delle logiche periferiche (attualmente tale funzione sarà soltanto predisposta).

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 65 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

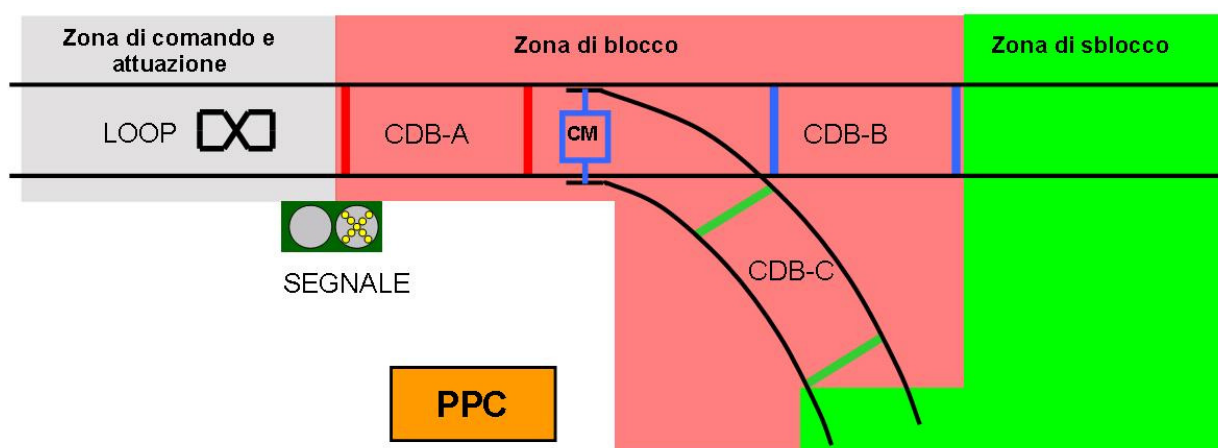
GESTIONE TIPICA DELLE ZONE DI MANOVRA

Di seguito si vuole fornire per esempio un'applicazione funzionale delle fasi precedentemente riportate utilizzando degli apparati tipici dell'impianto di segnalamento associandoli alle singole funzioni.

Gli enti principali sono:

- apparati di trasmissione da bordo (il loop) per la richiesta da bordo veicolo di una rotta;
- apparati di bloccamento (il circuito di binario a monte della cassa di manovra CDB-A);
- apparati di liberazione (i circuiti di binario a valle della cassa di manovra in direzione del corretto tracciato CDB-B e in direzione deviata dal corretto tracciato CDB-C);
- apparati di rilevamento della posizione dei deviatori con casse di manovra ad azionamento elettrico e meccanico;
- i segnali tranviari;
- la cassa di manovra deviatoio (CM);
- armadio di controllo area (PPC).

Lo schema successivo mostra una disposizione tipica degli apparati di segnalamento per la gestione in sicurezza di una zona con una comunicazione semplice:



Il conducente quando il tram transita sul loop, invia la richiesta di rotta o prenotazione, in accordo con la tabella seguente che indica come le singole rotte sono attivabili dal sistema di bordo:

INSTRADAMENTO	ATTIVAZIONE
Retta	Manipolatore bordo (joystick) in avanti (dritto)
Deviata	Manipolatore bordo (joystick) a destra

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 66 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Il loop di comando ed il segnale sono distanziati in funzione della visibilità, del segnale e della zona scambi, della velocità teorica di approccio, degli spazi di frenata del veicolo e del tempo necessario al sistema per azionare il deviatoio.

La richiesta comporta la fase di verifica della via, e delle rotte conflittuali, in funzione dell'acquisizione dello stato degli enti e della matrice delle conflittualità, terminata la quale, per l'esecuzione della rotta, il PPC provvede a:

- comando: posizionare il deviatoio in conformità alla rotta richiesta ;
- elaborazione: verificare in base alla matrice di sicurezza che la posizione assunta dal deviatoio sia conforme con la richiesta di ricevuta;
- al termine delle suddette operazioni il PPC si pone in stato di bloccato e la cassa di manovra è bloccata(bloccamento)
- manovra segnale: posizionare la lanterna in conformità alla posizione assunta dal deviatoio (in realtà la lanterna indica la rotta e non necessariamente la posizione del deviatoio).

Il tram può impegnare il deviatoio e, non appena viene rilevato il transito sul CDB-A, il PPC provvede a posizionare il segnale di via impedita in modo tale che un eventuale tram in accodamento non possa impegnare indebitamente l'area.

Il PPC verifica che il transito sia effettuato in modo corretto e si riporta nello stato di libero quando il tram transita sul CDB a valle della cassa di manovra (CDB-B per la retta e CDB-C deviata) - fase di liberazione. Pertanto il transito in sicurezza dei veicoli consiste nel verificare la rotta inibendo i movimenti conflittuali (mediante le matrici di compatibilità) e nel garantire il blocco del deviatoio per tutto il tempo che intercorre tra il comando di azionamento (che avviene a fronte della richiesta di rotta acquisita tramite loop) e la liberazione del deviatoio stesso (che avviene dopo il transito del tram sul circuito di binario a valle della cassa di manovra).

Ciò impedisce che il deviatoio possa essere azionato, da un tram accodato, causando un deragliamento del tram in transito.

Eventuali richieste di rotta che pervengono durante il transito di un altro tram non autorizzate dal PCC vengono memorizzato dallo stesso ed eseguite non appena le condizioni di sicurezza lo consentono.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 67 di 89

5.15 IMPIANTO DI LOCALIZZAZIONE DEI VEICOLI TRAMVIARI

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

Le funzioni di localizzazione del veicolo vengono espletate attraverso l'installazione di loop di comunicazione in punti della linea stabiliti in fase progettuale. Tali dispositivi sono collegati ai relativi apparati di controllo, che provvedono a trasferire i dati di localizzazione al nodo di rete ("switch ethernet") geograficamente più vicino (posto in fermata nell'armadio di telecontrollo). La localizzazione al centro è resa continua grazie al dato di localizzazione trasmesso al PCC grazie al sistema radio. A tal proposito, la frequenza minima di messaggi di localizzazione via radio verrà definita in funzione di limiti delle caratteristiche tecniche della stessa e concordata successivamente mediante appositi riunioni di gestione delle interfacce tra il sistema di segnalamento e gli altri sottosistemi.

Il sistema deve inoltre inviare al sistema di Telecontrollo le previsioni di arrivo in fermata e al sistema di controllo semaforico le previsioni di arrivo presso gli incroci.

Più in generale tutte le informazioni, gestite direttamente o indirettamente dal sistema di Segnalamento, concepite per essere inviate al sistema di manutenzione (o per essere ricevute da esso) devono essere scambiate tra il sistema di Segnalamento e il sistema di manutenzione secondo modalità concordate. Il sistema di Posto Centrale deve inoltre prevedere l'implementazione di applicativi di reportistica degli eventi: in particolare, sono rese disponibili almeno le seguenti funzioni:

- per ogni veicolo, la possibilità di elencare data e ora relativa al passaggio del convoglio tranviario su ciascun loop della linea;
- possibilità di accedere (direttamente dalla workstation operatore) a un'interfaccia completa di elaborazione statistica (tempi di percorrenza per ogni servizio, tempi di stazionamento alle fermate, servizi non eseguiti etc.);

Il sistema di Segnalamento deve altresì svolgere funzioni di regolazione del traffico tranviario pertanto al Posto Centrale sono previste le seguenti funzioni:

- azioni di controllo della marcia di ogni tram mediante confronto tra la tabella oraria teorica e i dati desunti dall'effettiva percorrenza della linea (anticipo/ritardo);
- regolazioni d'orario (in condizioni di normale esercizio, per minimizzare lo scostamento dalle tabelle orarie teoriche);
- regolazioni di intervallo orario (in condizioni perturbate, per garantire il mantenimento della distanza temporale tra veicoli consecutivi);
- regolazioni al capolinea;
- gestione delle corse barrate;
- gestione delle corse per "veicoli non inizializzati (fuori servizio)".

Nel caso di indisponibilità del sistema radio, si richiede al sistema di bordo di effettuare in locale le operazioni di regolazione, determinando autonomamente lo stato di

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 68 di 89

ritardo/anticipo, in funzione di parametri pre-impostati. Ciò è possibile in quanto esso dispone delle tabelle orarie previste per un dato servizio e può avvalersi dei dati forniti dall'odometro di bordo.

Il caricamento del file di servizio avviene in deposito nelle apposite aree di carico e scarico dati, all'atto della inizializzazione del veicolo, prima dell'uscita dall'area di deposito. Inoltre, al termine della corsa, sempre nelle suddette aree di carico e scarico dati, il veicolo trasferisce al Posto Centrale Operativo i dati di manutenzione e archiviazione statistica, secondo modalità previste.

Il sistema di Posto Centrale gestisce l'invio real time delle informazioni di allarme (ad es. fault di odometro, allarme apertura porte etc.).

APPARATI DI LINEA E DI BORDO

Posto Periferico di Controllo

Le apparecchiature elettroniche di linea sono collocate in armadi di zona denominati PPC (Posto Periferico di Controllo). In ciascun PPC sono comprese le sezioni dedicate alle funzioni di:

- alimentazione elettrica
- controllo della trasmissione terra-bordo (Vecom-8) attraverso i loop stesi tra i binari (solo in linea)
- controllo dei circuiti di binario
- controllo dei deviatori motorizzati
- comando dei segnali luminosi tramviari
- logica di attuazione in sicurezza degli istradamenti (controllore HP-N)

A seconda della complessità della zona controllata, possono essere utilizzati anche più armadi PPC.

Circuiti di binario

Il circuito di binario HFP è utilizzato per rilevare la presenza di un veicolo tramviario su un tratto di binario. Esso utilizza le rotaie di un tratto di binario di lunghezza variabile a seconda della lunghezza del veicolo, della velocità massima di percorrenza, dagli spazi e dalla geometria dell'area.

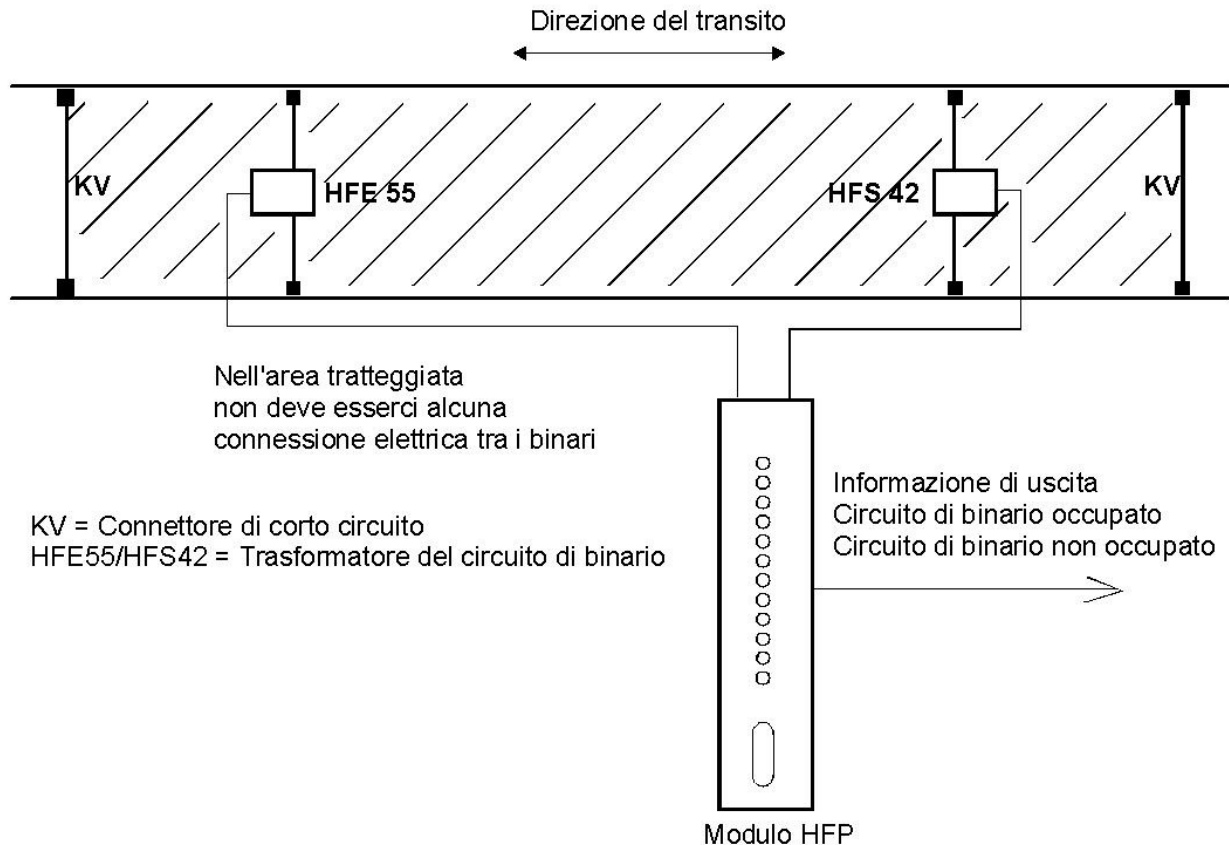
Il principio di funzionamento consiste nella immissione di un segnale in tensione alternata (con una frequenza selezionata tra 16 disponibili in un intervallo compreso tra 7,2 e 13,5 kHz) a una estremità della rotaia del circuito tramite un trasformatore trasmettitore e nel suo rilevamento tramite un trasformatore ricevitore all'altra estremità.

Il circuito, senza giunti isolanti, è fornito alle estremità di appositi cavi elettrici di cortocircuito che delimitano la lunghezza del circuito di binario stesso (cortocircuitando le frequenze di lavoro). Un eventuale cortocircuito tra le rotaie, determinato dai carrelli del

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 69 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

tram causa uno squilibrio del segnale che viene acquisito dal modulo di controllo del Controllore HP-N che determina lo stato di occupazione del cdb, fino a che non si ristabilisce il segnale corretto che determina la sua liberazione.



Loop

Si tratta di un filo di rame posato tra i binari a forma di 8 le cui dimensioni dipendono dalla velocità di transito del tram (dove gli spazi lo consentono la misura dei loop è standardizzata a 3m). Esso costituisce una antenna di trasmissione e ricezione che permette la comunicazione con il veicolo che vi transita sopra. Viene collegato all'apposito circuito di interfaccia del VECOM-8.

Ciascun VECOM-8 può interfacciare fino a 8 loop di comunicazione. Questi vengono selezionati ciclicamente in trasmissione e su ciascuno viene trasmesso un segnale di interrogazione. Quindi è commutato in ricezione.

Se sul loop c'è un veicolo equipaggiato con un transponder Vecom esso reagisce al segnale trasmettendo un messaggio con il proprio codice di identificazione veicolo e altri dati impostati dal conducente. Il ciclo continua quindi con gli altri loop.

Casse di manovra

Sono utilizzate casse di manovra a montaggio centrale (interno al binario) dei seguenti tipi:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 70 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- casse di manovra elettroidrauliche con blocco meccanico degli aghi, normalmente non tallonabili. Sono adottate dove è richiesto il telecomando da bordo tram. Possono tuttavia essere tallonate a bassa velocità in caso di manovre eccezionali con forzamento dei blocchi, senza che questi si rompano e senza operazioni di ripristino,
- casse meccaniche tallonabili con ritorno a molla nella posizione normale. Il meccanismo della cassa dispone di molle a precompressione regolabile che determinano il ritorno degli aghi nella posizione iniziale a seguito di un tallonamento. Sono adottate negli scambi che non hanno alternative di percorso e quindi non hanno necessità di essere telecomandati. Il meccanismo di manovra è inoltre dotato di uno smorzatore idraulico per ridurre la rumorosità durante la movimentazione degli aghi nonché la loro usura.
- Casse meccaniche tallonabili. Il meccanismo della cassa non determina il ritorno degli aghi nella posizione iniziale a seguito del tallonamento
- casse meccaniche tallonabili con ritorno a molla in una delle due posizioni preselezionate manovrando con apposita leva. Sono adottate negli scambi del Servizio Provvisorio.

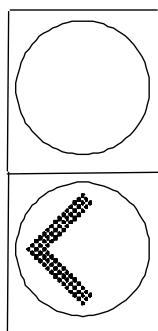
Segnali tramviari

In base alle modalità operative del Posto Periferico di Controllo ed alla necessità di indicare al conducente del veicolo la prenotazione (memorizzazione) di una rotta occupata, vengono utilizzati in linea ed in deposito i segnali tramviari riportati nella figura.

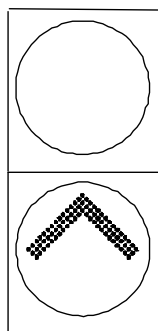
Per garantire la sicurezza, quando il sistema è in uno stato di malfunzionamento entrambe le luci dei segnali sono spente.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 71 di 89

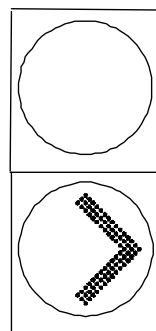
PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3



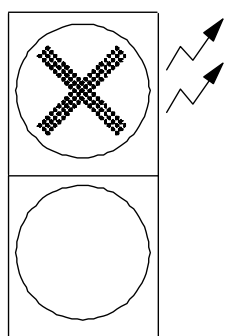
SCAMBIO
PREDISPOSTO
PER LA SVOLTA
A SINISTRA



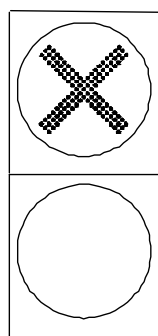
SCAMBIO
PREDISPOSTO
PER LA
DIREZIONE
DRITTO



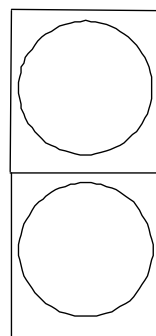
SCAMBIO
PREDISPOSTO
PER LA SVOLTA
A DESTRA



LUCE
LAMPEGGIANTE:
ROTTA PRENOTATA
IN QUANTO GIÀ
IMPEGNATA DA
ALTRO VEICOLO

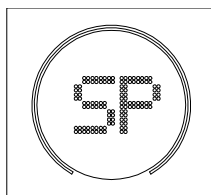


LUCE FISSA:
SCAMBIO OCCUPATO
O A RIPOSO



FUORI SERVIZIO
O CONDIZIONI
DI TRANSITO IN
SICUREZZA NON
GARANTITE

La costruzione della tranvia prevede la possibilità di gestire dei casi di interruzione di parti della linea. Per tale scopo sono presenti lungo la linea i Segnali per il Servizio Provvisorio. Il Segnale per il Servizio Provvisorio, mostrato nella figura seguente, è una lanterna con il simbolo luminoso SP e può essere acceso solo dal conducente tramite un interruttore a chiave posto sul palo del segnale stesso.



N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 72 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Apparati di bordo

Il sistema che realizza le funzionalità di segnalamento e di localizzazione a bordo veicolo (PPB) è costituito dai seguenti apparati:

- unità di elaborazione (VPB), con capacità di calcolo e con interfacce hardware verso console conducente, apparato di diagnostica tram, sistema radio, apparato di comunicazione bordo/terra, odometro;
- due console conducente (uno per cabina tram) ciascuno costituito da un display alfanumerico e da una tastiera che rappresentano i dispositivi attraverso cui i conducenti interagiscono con il sistema di elaborazione;
- due apparati di comunicazione bordo/terra (uno per cabina tram, denominati Vecom Box) che permettono lo scambio di dati tra bordo/terra e terra/bordo interfacciandosi con l'unità di elaborazione e con l'antenna induttiva di bordo (transponder);
- due antenne induttive di bordo (transponder) per la comunicazione con i loop;

Il veicolo viene dotato di due manipolatori (joystick) installati sul cruscotto, uno per ogni cabina, che consentono al conducente di inviare i comandi sinistra, dritto e destra all'impianto di segnalamento. Inoltre sul cruscotto è presente una spia luminosa per la segnalazione della posizione del veicolo "sopra al loop".

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 73 di 89

5.16 GESTIONE PRIORITA' SEMAFORICA AGLI INCROCI STRADALI

DESCRIZIONE LOGICA DI CONTROLLO

La linea tranviaria di progetto presenta numerose intersezioni a raso con la viabilità stradale ordinaria e quindi un elevato potenziale di conflitto con la circolazione su gomma. Allo scopo di ridurre al minimo l'influenza di tale potenziale sulla regolarità dell'esercizio tramviario, trattandosi di una tramvia veloce, è previsto l'inserimento di un sistema tecnologico atto a garantire la priorità semaforica al tram rispetto alla circolazione ordinaria.

Il sistema di priorità semaforica, essendo finalizzato a favorire la regolarità e la velocità di esercizio del tram, è in grado, possedendo grande flessibilità di gestione, di non penalizzare eccessivamente la circolazione stradale su gomma, sia privata che pubblica.

Il sistema di priorità semaforica è attualmente in fase di costruzione sulla linea 1 del sistema di tramvie di Firenze ed è prevista la sua estensione anche alle linee 2 e 3. Il lavoro di progettazione degli impianti per la gestione delle intersezioni semaforizzate fra la linea di traffico tranviaria e le correnti veicolari è stato formulato dopo una analisi congiunta con l'ufficio della Mobilità del Comune di Firenze, effettuata durante lo sviluppo del Progetto Definitivo, con l'obiettivo principale di separare i traffici attraverso la definizione di itinerari alternativi, e di conseguenza permettere una regolarità di esercizio alla linea tranviaria che assicura il minore impatto alla circolazione.

Il livello di servizio ipotizzato a progetto è raggiungibile solo nel caso in cui i tempi di attesa agli incroci, nelle tratte in sede propria, sia minimo.

È necessario pertanto realizzare:

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

TECNOLOGIE

Il sistema di controllo semaforico a Livello centrale è realizzata tramite un sistema UTC Tramvia con lo specifico compito di realizzare un coordinamento funzionale nella regolazione delle intersezioni stradali lungo la tramvia, una gestione centralizzata di tutti i parametri, e consentire inoltre una visione globale del traffico pubblico e privato.

Tale gestore ha il compito di:

- attuare i criteri di preferenziamento del trasporto su ferro come sotto descritti

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 74 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- effettuare la regolazione dei piani semaforici in funzione dei dati di traffico
- colloquiare con il sottosistema di localizzazione
- trasmettere e gestire le informazioni riguardanti i flussi di traffico verso l'UTC comunale

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

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

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

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

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

Gli elementi che compongono il sistema di asservimento semaforico sono:

- un sistema di localizzazione del veicolo mediante trasmissione continua via radio;
- un sistema di richiesta di attuazione per il preferenziamento semaforico tramite tre loop di terra (1-priorità, 2-comando,3-rilascio). Eventualmente il primo loop di priorità può essere associato, in caso di spazi ridotti, con quello di comando dell'incrocio precedente o con quello di localizzazione nella fermata precedente.
- una unità di elaborazione che svolge attività di sincronizzazione semaforica, richiesta di attuazione e comando dei segnali semaforici tranviari dell'incrocio;
- una unità periferica multifunzione (MFU) per la regolazione dell'incrocio stradale;
- semaforo a barre per il tram e il semaforo a tre luci per i veicoli gommati

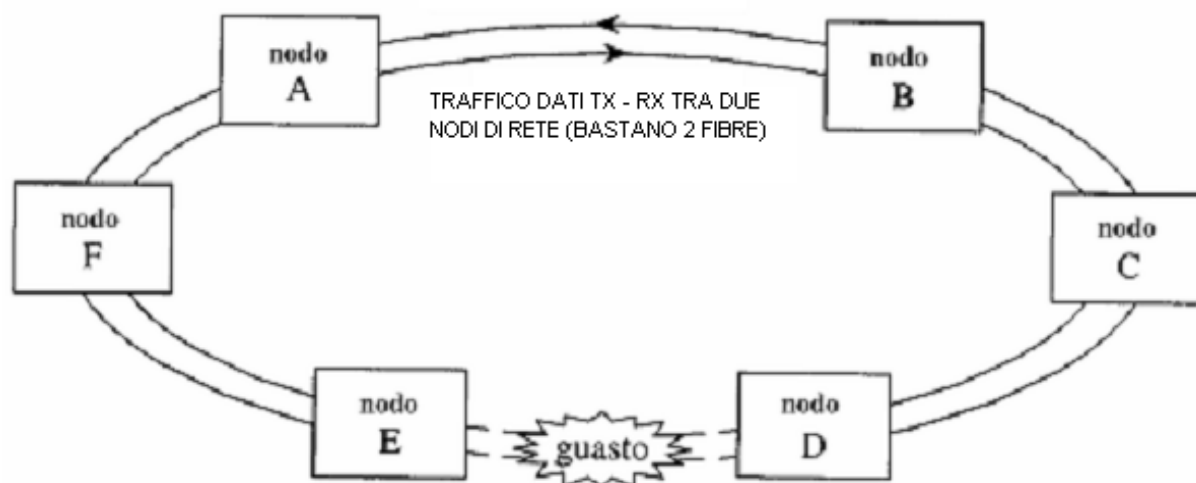
N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 75 di 89

5.17 SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE ED INFORMATIVI

5.17.1 SISTEMA DI TRASMISSIONE

Il sistema trasmissivo è basato su di una Rete in Fibra Ottica che utilizza Switch Ethernet di Layer 3 per ogni nodo di rete di fermata eccetto per le Sottostazioni Elettriche dove si utilizzano switch Ethernet di Layer 2.

Ciascuna delle due linee in questione avrà una propria rete in fibra ottica con topologia ad anello che garantirà, in caso di guasto in un tratto di linea, la richiusura del traffico dati sul ramo di rete attivo. Per ogni linea la richiusura avverrà al PCC e sfrutterà le fibre ottiche messe a disposizione per linea 1.



La caratteristica della fibra monomodale risponderà alle norme CCITT in vigore. Il cavo a fibre ottiche presenterà guaina di polietilene rispondente alla Norma tecnica in vigore (attualmente FSTT 528 Ed. 1996) con pezzature della lunghezza massima reperibile sul mercato. La fornitura e posa in opera sarà realizzata in accordo alle buone regole dell'arte, ed alle normative CCITT.

La finestra di lavoro della fibra ottica sarà anch'essa in accordo alle normative CCITT in relazione alla velocità/capacità del sistema trasmissivo. I cavi a F.O. saranno terminati sui telai delle fermate e SSE della tramvia installati in appositi armadi in caso di spillamento (drop-insert).

Al fine di rispondere al meglio ai requisiti richiesti, la soluzione proposta presenta le seguenti funzionalità:

- Gestione del protocollo IP;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 76 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- Gestione del routing, per gli instradamenti del traffico e per la realizzazione della protezione ad anello;
- Gestione del protocollo per la gestione del multicasting (necessario per la gestione del tvcc);
- Configurazione e garanzia della Qualità del Servizio (QoS).

Per le utenze di TVCC, la Telefonia di fermata e la Diffusione Sonora (in quanto scambiano dati sensibili ai ritardi di trasmissione) saranno adottate politiche di Qualità del Servizio (QoS). Come già accennato la rete proposta è una Gigabit Ethernet, ed è disposta su ring ottico con protezione ad anello che distribuisce, tramite switch di tipo L3, tutti i servizi di comunicazione da e verso le fermate tramite interfacce ethernet.

L'architettura per entrambe le linee prevede un nodo principale ridondato situato nel PCC (Posto Comando Centrale), dal quale partirà un anello che conetterà le fermate in modo alternato. Tale configurazione permette che, in caso di guasto di uno degli elementi del trasporto dell'informazione dal centro alla fermata, sia consentito il funzionamento della rete anche in condizioni degradate senza perdita di dati sensibili.

I nodi della rete garantiranno la corretta assegnazione delle priorità di trasmissione ai pacchetti appartenenti ad ogni flusso, in modo che a ciascuna applicazione sia assicurata la Qualità del servizio richiesta anche in caso di congestione della rete.

5.17.2 RADIO

Il sistema di comunicazione radio utilizzato, impiega la stessa rete radiomobile TETRA già prevista per linea 1, opportunamente ampliata e potenziata; in tal modo viene garantita la piena compatibilità ed interoperabilità tra gli utenti delle tre linee tranviarie. Le principali caratteristiche della tecnologia TETRA vengono di seguito elencate:

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

Il sistema di comunicazione radio è composta da:

- il sistema centrale è composto dalla centrale SCN, dal sistema di gestione NMS e dalle postazioni operatore radio esistenti
- il sistema Radio di Terra, composta da Stazioni Radio Base (SRB) che forniscono la copertura agli apparecchi radio mobili e veicolari;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 77 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- il sistema Radio Mobile, costituito dagli apparati radio mobili e dagli apparati veicolari installati a bordo dei tram, che consentono la comunicazione in fonia del tipo half e full-duplex fra il treno ed il PCC e la comunicazione dati tra il tram e il PCC

Le caratteristiche tecnologiche degli apparati della rete proposta, permetteranno di soddisfare i seguenti requisiti:

- essere in grado di supportare indifferentemente traffico voce e dati;
- garantire in modo automatico la continuità della comunicazione mentre l'utente si muove sul territorio (Hand-over);

La rete provvede alla selezione automatica in accesso dei terminali. I terminali sono serviti indipendentemente dalla loro posizione lungo le linee tramviarie. In particolare il sistema è progettato per consentire, senza soluzione di continuità temporale e lungo l'intero sviluppo della linea:

- comunicazioni in fonia tra utenti mobili e la Centrale Operativa (PCC);
- servizio di trasmissione dati;
- trasmissione dati di localizzazione tra i radiomobili a supporto del sistema AVLS (Automatic Vehicle Location System).

Funzionalmente saranno possibili, le seguenti tipologie di comunicazione in fonia:

- da terra verso il conducente (radio veicolare):
 - selettiva
 - di gruppo
 - generale
- da utente telefonico (tramite interfaccia al PABX)
- dal conducente verso terra:
 - tra tram e PCC
 - tra tram e tram (mediante PCC)
 - tra tram e squadre di servizio
- ascolto discreto (in emergenza) della fonia in cabina da PCC
- verso un utente telefonico (tramite interfaccia al PABX)

5.17.3 SISTEMA DI BORDO

Il sistema di bordo (OBS) è costituito essenzialmente da:

- Unità di Controllo radio (CU-Control Unit) basata su logica a microprocessore
- Apparati di cabina utilizzati dal conducente per la comunicazione fonia e dati con il PCC:
- Radio handset (microtelefono con tastiera);
- Altoparlante con amplificatore di cabina, microfono nascosto di cabina;
- Pedale allarme aggressione.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 78 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

I veicoli della flotta tranviaria sono bidirezionali e pertanto è prevista la duplicazione degli apparati di cabina. Per quanto riguarda la ridondanza degli apparati di bordo, è prevista, per ciascun veicolo, la duplicazione degli apparati radio di bordo.

Tale sistema consentirà le seguenti funzionalità:

- Gestione delle comunicazioni radio in fonia e dati con il PCC mediante interfaccia con gli apparati radio di bordo (ricetrasmittitori radio completi di antenne e convertitori di tensione, radio handset);
- Interfaccia verso il sistema di segnalamento di bordo: per la gestione delle segnalazioni di allarme relative alle apparecchiature radio di bordo e agli apparati di cabina sopra riportati, in accordo a quanto riportato successivamente; per la gestione della comunicazione dati via radio con il PCC;
- Interfaccia verso il sistema di informazioni ai viaggiatori per la diffusione di annunci sonori provenienti da PCC;
- Interfaccia verso il sistema di diagnostica del veicolo (apparecchiature di veicolo installate sul rotabile);
- Gestione della segnalazione di allarme aggressione conducente verso gli operatori di PCC;
- Diffusione in viva voce di annunci sonori da PCC;
- Comunicazione dati per lo scambio dei dati da bordo a PCC mediante i posti periferici lungo linea; in particolare, la trasmissione da bordo ai posti periferici dovrà essere realizzata mediante transponder;
- Stazioni carico/scarico dati presso il Deposito (carico delle tabelle orarie, scarico dati di bordo, etc.).

L'azionamento del pedale (o pulsante) allarme aggressione da parte del conducente di un veicolo, determina automaticamente l'attivazione del microfono nascosto al fine di consentire l'ascolto di quanto avviene in cabina da parte dell'operatore di PCC.

Il Pedale (o pulsante) sarà opportunamente posizionato in ciascuna cabina di guida in posizione tale da essere usato agevolmente dal conducente seduto (in caso di aggressione), ma allo stesso tempo in modo da evitare un azionamento accidentale.

5.17.4 DIFFUSIONE SONORA E PANNELLI INFORMATIVI

Il sistema consente all'operatore del PCC di effettuare la diffusione di annunci sonori di servizio o per gli utenti del mezzo, nelle fermate e/o sui veicoli, tramite pannelli informativi e altoparlanti posti nelle fermate.

Gli annunci ai viaggiatori a terra possono riguardare:

- ora;
- tempo d'attesa;
- destinazione prossimo tram;

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 79 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

- coincidenze;
- annuncio prossimo tram in arrivo;
- perturbazioni impreviste;
- passaggi senza sosta;
- evacuazione;
- informazioni varie di gestione;
- informazioni in tempo differito;
- pubblicità;
- informazioni culturali, sportive, a carattere locale;
- ulteriori informazioni.

Le apparecchiature previste per il teleannuncio nelle fermate sono costituite da un amplificatore di potenza (uno per ogni banchina) e da una coppia di altoparlanti (una per ogni banchina).

L'amplificatore sarà collegati ad un codec audio/video (utilizzato anche per il tvcc) che sarà a sua volta collegato in ethernet RJ45 allo switch L3 di fermata.

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

- Automatica
- Manuale
- Dal vivo

In modalità Automatica verranno diffusi nelle stazioni messaggi in accordo con gli eventi generati dal sistema di localizzazione veicoli.

In modalità manuale ogni operatore avrà la possibilità di selezionare dalla sua postazione un messaggio audio da diffondere nelle stazioni.

Le priorità sono gestite dallo SCADA di PCC. In modalità live ogni operatore può diffondere messaggi dal vivo verso la/le stazioni selezionate. La modalità di selezione della zona sarà solo manuale tramite consolle e con diffusione dei messaggi solo "dal vivo". Per la diffusione sonora nelle fermate sarà inoltre previsto un dispositivo per la riproduzione dei messaggi preregistrati.

I pannelli informativi nelle fermate permettono una buona visibilità dei messaggi fino a 10-15 m di distanza. Il sistema di informazioni al pubblico di tipo visivo sarà realizzato tramite Pannelli informativi luminosi a 2 righe i quali collegati con la rete Gigabit in fermata, ricevono dal PCC le informazioni necessarie ad una corretta informazione ai passeggeri in attesa nelle fermate.

Il sottosistema di informazione al pubblico è costituito dai seguenti blocchi:

- sistema di gestione integrato nello scada di PCC;
- rete di trasporto gigabit ethernet;
- pannelli informativi.

Le funzioni svolte dal sottosistema sono:

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 80 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

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

Il sottosistema PI è organizzato in due livelli: Centrale e Periferico.

A livello centrale (PCC) saranno presenti le postazioni operatore, il sistema di gestione integrato SCADA di PCC e quello di trasmissione dati Gigabit Ethernet, mentre a livello periferico (fermate) saranno presenti i dispositivi di distribuzione e visualizzazione dei messaggi informativi (cartelli indicatori luminosi a led).

L'interconnessione tra gli apparati centrali e periferici avverrà per mezzo della rete multiservizio Gigabit Ethernet. In caso di anomalia di uno dei qualsiasi elementi della rete, la configurazione in ZLS (Zero Loss Services) permetterà al PCC il controllo dei cartelli tramite un percorso alternativo nella rete.

Il Sistema di gestione integrato SCADA al PCC, riceve dal sottosistema di localizzazione dei veicoli AVLS, i dati relativi al numero e alla posizione dei Tram lungo la linea. Lo SCADA automaticamente provvederà ad aggiornare i cartelli indicatori con le informazioni riguardo l'arrivo del prossimo treno o eventuali condizioni di ritardo o sospensione del servizio dovuto esempio a scioperi. Questo tipo di messaggi è chiamato messaggio automatico.

Gli operatori al PCC, abilitati alla funzione, possono inviare dei messaggi manuali direttamente sui cartelli indicatori, selezionando da pagina video una fermata, gruppi di fermate o tutte le fermate.

I messaggi manuali hanno priorità maggiore rispetto a quelli automatici. Le informazioni visualizzate saranno di tipo alfanumerico e la tecnologia utilizzata sarà a matrice di led.

5.17.5 SORVEGLIANZA VIDEO TVCC

Il sistema prevede due sistemi di controllo e gestionali tra loro integrati.

- Centrale locale di gestione del sistema di sicurezza (antintrusione) e TVCC: è costituita da più apparecchiature alle quali è demandato il compito di gestire localmente in automatico le procedure degli eventi di routine e allarme. Ha la funzione di concentratore di dati e gestione TVCC ed è ubicato in apposito armadio nelle fermate.
- Centrale di gestione del posto centrale: nella centrale convergono le informazioni provenienti dalle aree sorvegliate dell'intera tratta tranviaria ed è presente:
- apparecchiature video con il compito di monitorare le immagini di tutti i sistemi TVCC della tratta tranviaria;
- apparecchiature di telecontrollo e telesegnalazione.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 81 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Al PCC è previsto un dispositivo di registrazione degli eventi in grado di registrare in modo automatico le immagini ricevute dalle telecamere di banchina (che sono visualizzate su monitor al PCC) e registrate su supporto magnetico per creare un archivio generale.

Il sistema di scambio dati tra centrale locale e posto centrale previsto, è tale da ottimizzare lo sfruttamento del canale di trasmissione a disposizione mediante compressione della sorgente video con tecniche standard (wavelet).

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

Il sistema TVCC è basato sulla codifica ed il trasporto del video tramite protocollo TCP/IP, il cui uso, in associazione con la rete di trasporto Gigabit Ethernet, permette di effettuare le funzioni di commutazione del flusso video senza ricorrere ad apparati dedicati come le matrici video.

Ogni fermata è dotata di opportuni codec Audio/Video per la trasmissione verso il PCC. Le telecamere, una per ogni banchina e complete di custodia da esterni, saranno collegate ai codec di fermata che saranno collegati a porte Ethernet da 100 Mb ciascuna. Al PCC, sono previsti i codec collegati ai rispettivi monitor. I codec provvederanno alla funzione di decodificare i flussi video selezionati dall'operatore per essere visualizzati sui monitor. I codec provvederanno inoltre a trasportare anche segnali audio che saranno utilizzati per la diffusione sonora delle fermate.

L'operatore al PCC avrà la possibilità di selezionare, tramite il sistema di gestione integrato, uno o più flussi video da mandare su uno o più monitor presenti al PCC. Tutte le selezioni avverranno tramite tecniche di multicasting IP.

Come per gli altri sottosistemi precedentemente descritti, in una workstation separata si potrà rendere disponibile un software chiamato DMT (Degraded Mode Terminal) della TVCC il quale, provvederà a fornire agli operatori del PCC, le funzionalità minimali di controllo del sottosistema, in caso di guasto o indisponibilità del sistema di controllo integrato. Grazie ad un registratore digitale integrato sui codec, al PCC, ogni operatore potrà registrare il video di ogni singolo monitor eliminando il "collo di bottiglia" dovuto all'utilizzo di un singolo registratore esterno.

Ogni operatore potrà eseguire le operazioni di archiviazioni delle immagini video su supporti DVD.

5.17.6 IMPIANTI TELEFONICI

Il sistema di telefonia automatica consentirà la gestione delle comunicazioni telefoniche interne delle tranvie, nonché le comunicazioni telefoniche esterne verso la rete telefonica pubblica, avvalendosi del PABX, con le espansioni valutate, previsto per linea 1.

L'estensione del sistema di telefonia della linea 1 provvederà a fornire il servizio di comunicazione in voce nei seguenti punti:

- Fermate
- Bivi lungo linea

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 82 di 89

- SSE

Per la comunicazione tra gli operatori al PCC ed il personale di manutenzione lungo linea e nelle fermate, il servizio di comunicazione verrà gestito dai telefoni VOIP e BCA di Bivio che utilizzeranno la rete di trasporto Gigabit Ethernet tramite tecniche di comunicazione VoIP.

I telefoni di bivio saranno connessi alle fermate nelle vicinanze tramite dei media gateway VOIP/BCA.

I due sistemi di telefonia, PABX e VOIP, sono collegati tra loro, tramite le interfacce disposte al PCC per la Linea 1. Il sistema di Telefonia Automatica sarà costituito dai seguenti blocchi:

- il centralino PABX (predisposta dal sistema di linea 1, che sarà oggetto di intervento di espansione);
- i telefoni (VOIP per le fermate, BCA per i bivi);
- il software di gestione.

La Telefonia di linea sarà di asservimento al personale di servizio nei bivi, lungo la linea, nelle fermate e nelle SSE e potrà comunicare con il PCC o con altri operatori di altre fermate tramite il servizio di telefonia VoIP.

In ogni fermata, il telefono VOIP sarà connesso via ethernet allo switch concentratore. Tutti i telefoni VOIP saranno monitorati dal centro. L'istradamento della chiamata telefonica e la gestione di tutto il sistema verranno realizzati tramite il software di gestione installato al PCC.

5.17.7 SINCRONIZZAZIONE ORARIA

L'impianto Sincronizzazione Oraria, utilizzato sia ad uso pubblico che per esigenze di servizio, sarà in grado di effettuare la sincronizzazione di tutti gli elementi ad esso collegati.

Gli apparati che necessitano sincronizzazione sono:

- orologi nelle stazioni;
- calcolatori del PCC via ethernet;
- Codec Audio Video.

La sincronizzazione sarà effettuata dagli apparati MTC (Master Time Center, per la distribuzione del segnale orario) e dall'apparato di ricezione del riferimento temporale GPS (facente parte della fornitura per linea 1), sfruttando la rete trasmissione dati per la trasmissione del segnale di clock.

Il segnale di sincronizzazione sarà distribuito sia sulla rete multiservizio di linea 2 e 3, che sulla rete del PCC. Sia gli orologi analogici e digitali, che i Master Time Server (apparati per la distribuzione del segnale di sincronizzazione in fermata) sono dotati di quarzo

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo:	Data: 30/04/09
Emittente: ATI	Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Pagina 83 di 89

interno il quale permette di mantenere il riferimento temporale anche in assenza del collegamento con il riferimento temporale.

5.17.8 SISTEMA DI TARIFFAZIONE

Il sistema di tariffazione è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Emettrici Automatiche di titoli di viaggio (una per ciascuna banchina di ogni fermata);
- Obliteratrici di titoli di viaggio (6 per ogni veicolo della flotta per un totale di 29 veicoli);
- Sistema Centrale di Elaborazione esistente al PCC (da integrare per le linee 2&3)

L'emettitrice automatica emette titoli di viaggio su supporto cartaceo oblitterabile. Inoltre, essa consente la ricarica di smart card sia contact che contact-less.

L'oblitteratrice di titoli di viaggio consente la convalida di biglietti cartacei.

L'unità centrale del sistema di tariffazione automatica consente l'attività di monitoraggio delle suddette apparecchiature e potrà essere interfacciata con il sistema di gestione delle politiche tariffarie della Tramvia (predisposizione).

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 84 di 89

5.18 MATERIALE ROTABILE

5.18.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Il veicolo tramviario impiegato per il trasporto passeggeri sulla tramvia di Firenze linea 3 è tecnicamente aderente al progetto dei veicoli di Linea 1 ed appartiene alla famiglia SIRIO, di progettazione e costruzione AnsaldoBreda

Il veicolo tramviario impiegato per il trasporto passeggeri sulla tramvia di Firenze Linee 2, strettamente derivato da quello di linea 1 e 3, è, inoltre, caratterizzato dalla presenza di un sistema di marcia autonoma mediante batteria al Ni-MH opportunamente dimensionato per percorrere la tratta compresa fra le fermate Duomo e Martelli di circa 400m di lunghezza in assenza di linea aerea di alimentazione. I veicoli di linea 2 mantengono la stessa architettura e gli stessi impianti (trazione, freno, HVAC e porte) utilizzati sui veicoli di linea 1 e 3.

Il veicolo SIRIO di Linea 2 e 3 è veicolo modulare a pianale integralmente ribassato con un piano di calpestio a una altezza di 350 mm dal piano del ferro.

Il veicolo SIRIO adottato ha una composizione modulare (composizione fissa) costituita da 5 casse per una lunghezza totale di 32,03 m e una larghezza massima (a livello del pianale) di 2,4 m (2,52 con le porte aperte).

La sequenza dei moduli di base risulta:

- · cabina anteriore, CA;
- · motrice anteriore, MA;
- · rimorchiata appesa anteriore, RA;
- · portante centrale, P;
- · rimorchiata appesa posteriore, RB;
- · motrice posteriore, MB;
- · cabina posteriore, CB.

La capacità di trasporto del veicolo è determinata dai seguenti fattori:

- · 50 sedili
- · 4 postazioni per disabili
- · 37 m2 per passeggeri in piedi

Considerando una densità di 4 passeggeri/m² in piedi la capacità totale di trasporto (C2) risulta pari a 198 passeggeri. Tale capacità può essere estesa a un massimo di 272 passeggeri (C3) contando 6 passeggeri/m² in piedi, da considerare solo per il servizio di punta.

Il veicolo dispone di 2 cabine di guida alle due estremità, separate dal vano passeggeri, per una guida bidirezionale.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 85 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

Nella configurazione di fornitura il veicolo ha 6 porte per lato: 4 con apertura di 1350 mm e 2 con apertura di 900 mm (in prossimità delle cabine di guida). Le porte sono ad azionamento automatico apertura/chiusura. E' possibile lo sblocco meccanico delle porte tramite una maniglia di emergenza interna e un dispositivo a chiave esterno per la porta anteriore destra.

Il veicolo è dotato di 3 carrelli con 4 ruote ciascuno, dei quali 2 motorizzati (rodiggio Bo-2-Bo), con scartamento 1435 mm.

I carrelli motorizzati dispongono ciascuno di 2 motori che agiscono, tramite apposito meccanismo, sulle due coppie di ruote (anteriore e posteriore) del carrello. I motori sono disposti lateralmente tra le due ruote in modo da non invadere la parte centrale del sottocassa e quindi consentire di mantenere il pianale costantemente ribassato. Gli azionamenti di trazione sono del tipo a inverter a IGBT e chopper di frenatura. I dispositivi di frenatura sono distinti: elettrodinamici e meccanici operati entrambi dalla cabina di guida.

La frenatura meccanica agisce su tutti i carrelli con freni a disco a comando elettroidraulico agenti su tutte le ruote.

Nelle tabelle seguenti si riassumono le principali caratteristiche del veicolo:

PRESTAZIONE	VALORE
Velocità massima a pieno carico e ruote a massima usura	70 km/h
Accelerazione media in avviamento a tensione nominale	1 m/sec ² (fino a 40 km/h) con ruote a media usura 0.5 m/sec ² (fino a 70 km/h) con ruote a media usura
Accelerazione residua a 70 Km/h e ruote a massima usura	>0.1 m/sec ²
Deceleraz. frenatura di servizio	media di 1,1 m/sec ² a partire dalla massima velocità di esercizio
Deceleraz. frenatura di emergenza	media di 2,4 m/sec ² a partire dalla massima velocità di esercizio con 4 pass/m ²
Pendenza max superabile a carico massimo (carico C3)	7%
Pendenza max superabile a carico massimo (6 p/m²) in	7%

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 86 di 89

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

marcia degradata (3 azionamenti motori su 4)	
Rapporto peso/potenza a pieno carico	11,07 kW/t
Jerk	1,1 m/s ³ (aggiustabile)
Raggio di curvatura orizzontale minimo	18 m (in piano)
Capacità passeggeri	198 (carico C2 = 4 pass/m ² , 50 seduti) 272 (carico C3 = 6 pass/m ² , 50 seduti)

DIMENSIONI	VALORE
Scartamento	1435 mm
Rodiggio	Bo – 2 – Bo
Lunghezza max (fuori tutto)	32,03 m
Altezza max. cassa	3.414 mm
Larghezza veicolo (a 35 cm dal pdf)	2.400 mm (2.520 mm alle guide di scorrimento porte)
Altezza interna minima	2.200 mm (nel comparto passeggeri)
Altezza del pavimento dal p.d.f.	350 mm costante per tutto il comparto passeggeri
% pianale ribassato	100% per tutto il comparto passeggeri
Larghezza min. corridoio	900 mm circa
Aree attrezzate per disabili	N° 2 postazioni per veicolo (poste sulle casse RARB in prossimità delle porte passeggeri vicine)

PROGETTO TRAMVIA DI FIRENZE – LINEA 2 e 3

PESI	VALORE
Veicolo a tara	41,778 t (+/- 4%) – Linea 2 40t (+/- 4%) – Linea 3
Carico normale (carico C2) (*)	55,368 t (+/- 4%) – Linea 2 54t (+/-4%) – Linea 3
Carico massimo (carico C3) (*)	61,098 t (+/- 4%) – Linea 2 59t (+/- 4%) – Linea 3

(*) consideriamo tutti i posti a sedere occupati ed un peso per ciascun passeggero di 70 kg

5.18.2 BATTERIE DI TRAZIONE

Relativamente al Veicolo in esercizio sulla linea 2 le principali caratteristiche del sistema di trazione a batterie sono descritte qui di seguito.

Le batterie di trazione assieme al caricabatteria completo di induttanza, sezionatore e contattore sono installati sul tetto di cassa MB.

La batteria di trazione identificata per ottemperare ai requisiti di potenza/energia richiesta, è del tipo Nichel-Metal Idruro (Ni-MH). Le celle ed i moduli al Ni-MH sono stagni ed esenti da manutenzione. Non è necessario riempirli con acqua.

La batteria è munita di un sistema di controllo incorporato che gestisce le tensioni di carica e scarica durante il funzionamento. Per esempio le operazioni di equalizzazione periodiche saranno fatte autonomamente dal sistema di gestione batterie (BMS) senza azione umana.

Nessuno dei guasti noti quali: corto circuito o perdita di capacità per invecchiamento, provocano la perdita immediata della batteria ma solo una riduzione delle prestazioni.

Le batterie sono munite di un sistema di gestione termico a liquido che consente di mantenere la temperatura della batteria in un range di lavoro da 20 a 35 °C. Questo sistema si è rilevato essenziale per una buona durata delle batterie.

La ricarica della batteria di trazione avviene tramite convertitore dedicato DC/DC con isolamento galvanico.

Il convertitore posizionato sul tetto in prossimità della batteria, si alimenta direttamente dalla linea di contatto AT e fornisce una in uscita una tensione DC stabilizzata e limitata in corrente.

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 88 di 89

5.19 L'IMPATTO AMBIENTALE

Rumore e vibrazioni

L'analisi previsionale dei livelli di rumore/vibrazione effettuata è atta a verificare che i livelli di rumore immessi dal passaggio del tram nelle zone circostanti la tramvia (fasce di pertinenza) non superino in alcun punto i valori massimi fissati dal DPCM 14/11/97, dal DPR n. 142, a norma della legge quadro n. 447/95, per quanto riguarda il rumore, e le norme UNI 9614 e UNI 9916 per le vibrazioni indotte dal traffico dei tram.

Nel caso in cui le misure sul campo ed il modello simulato abbiano evidenziato punti singoli di attenzione sono state verificate le debite misure atte a ridurre il fenomeno entro limiti di accettabilità.

Correnti vaganti

Il complesso dei provvedimenti che devono essere presi contro le correnti vaganti è determinato dalla analisi delle possibili sorgenti di correnti vaganti e, conseguentemente sono prescritte per ogni fornitore di impianti le misure di mitigazione necessarie a livello progettuale e di posa.

Compatibilità Elettromagnetica

Le attività di controllo della compatibilità elettromagnetica del sistema sono eseguite in accordo a quanto indicato nel documento Piano EMC di Sistema (relazione Tecnica n° FL2 OXX 01000 00 per linea 2 e FL3 OXX 01000 00 per linea 3).

N. progetto: FLX-0XX-9999 Rev. 00	Titolo: Relazione Tecnica Generale Linea 2 e Linea 3	Data: 30/04/09
Emittente: ATI		Pagina 89 di 89