

## *Sistema Tramviario Fiorentino*

RTI Progettisti:

**SYSTRA**

**SOTECNI**  
SYSTRA GROUP



### **PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO - FASE C**

#### **LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO**

### **SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE, PRIORITA' ED IMPIANTI SEMAFORICI** **Relazione tecnica**

COMUNE DI FIRENZE  
SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. FILIPPO MARTINELLI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ING. CHIARA BERSIANI

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE E DEL COORDINAMENTO TRA  
LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. PAOLO MARCHETTI



#### Gruppo di Progettazione:

Ing. A. Piazza (Coordinatore Tecnico)  
Dott. Geol. F. Valdemarin (Progettazione Geologica)  
Ing. A. Benvenuti (Progetto Opere Idrauliche)  
Dott.ssa B. Sassi (Indagini Preliminari Archeologiche)  
Ing. F. Tamburini (Studi di carattere Ambientale)  
Ing. M. Angeloni (Valutazione Previsionale di Impatto Acustico)  
Ing. S. Caminiti (Prog. Ferrotramviario Studi Trasportistici)  
Ing. J. Wajs (Progetto Impianti Tecnologici)  
Ing. G. D'Angelo (Progetto Strutture)  
Ing. D. Salvo (Progetto Arch./Paesaggistico Inser. Urbanistico)  
Ing. F. Conti (Sicurezza - Prime Disposizioni)  
Ing. B. Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)  
Ing. G. Coletti (Progettazione Funzionale Depositi Tramviari)  
Ing. L. Costalli (Esperto in Esercizio)  
Ing. F. Azzarone (Impianti Meccanici)  
Ing. D. D'Apollonio (Impianti Elettrici)  
Ing. V. Astorino (Cantierizzazione)  
Ing. P. Caminiti (Viabilità Interferenti)  
Arch. A. Moscheo (PP.SS. Interferenti)  
Ing. A. Lucioni (CAM)  
Ing. D. Russo (Stime, Capitolati)

COMMESSA	LINEA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B382	42	SF	SEG	RT001	B	—	B382-4.2-SF-SEG-RT001B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Dicembre 2019	EMISSIONE	ANNICCHIARICO	CARLUCCI	MARCHETTI
1	Giugno 2020	AGGIORNAMENTO A SEGUITO ISTRUTTORIA DI VALIDAZIONE	ANNICCHIARICO	CARLUCCI	MARCHETTI
2					

## Sommario

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3. SISTEMA DI SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITA' SEMAFORICA.....</b>	<b>9</b>
3.1 GENERALITÀ.....	9
3.2 POSTO CENTRALE DI CONTROLLO .....	11
3.3 IMPIANTO DI SEGNALAMENTO DI LINEA .....	13
3.3.1 <i>Funzionalità .....</i>	<i>14</i>
3.3.2 <i>Gestione tipica del comando e controllo delle zone di manovra .....</i>	<i>16</i>
3.3.3 <i>Impianto di Segnalamento di Deposito .....</i>	<i>17</i>
3.3.4 <i>Segnali luminosi .....</i>	<i>18</i>
3.4 IMPIANTO DI LOCALIZZAZIONE.....	20
3.4.1 <i>Localizzazione in fermata .....</i>	<i>21</i>
3.4.2 <i>Localizzazione agli incroci .....</i>	<i>21</i>
3.4.3 <i>Regolazione della marcia .....</i>	<i>23</i>
3.5 IMPIANTO DI PRIORITÀ SEMAFORICA .....	24
<b>4. IMPIANTI SEMAFORICI .....</b>	<b>27</b>
4.1 PREMESSA .....	27
4.2 COMPONENTI DI IMPIANTO .....	27
4.2.1 <i>Regolatore Semaforico.....</i>	<i>28</i>

---

4.2.2	<i>Lanterne Semaforiche .....</i>	33
4.2.3	<i>Sostegni.....</i>	35
4.2.4	<i>Pulsante di chiamata Pedonale .....</i>	36
4.2.5	<i>Messa a terra.....</i>	36
4.2.6	<i>Cavi .....</i>	37

## 1. PREMESSA

---

Scopo della presente relazione tecnica è quello di illustrare le caratteristiche generali del Sistema di Segnalamento, Localizzazione e Priorità Semaforica della Linea 4.2 – Estensione per Campi Bisenzio – del Sistema Tramviario Fiorentino.

La presente relazione descrive anche gli Impianti Semaforici per la regolazione del traffico veicolare agli incroci stradali della stessa Linea.

Si evidenzia che, per i sistemi sopra descritti al servizio Linea 4.2, sono state adottate soluzioni tecniche analoghe a quanto già progettato e realizzato per le Linee 1, 2 e 3 del Sistema Tramviario Fiorentino, secondo il criterio della continuità tecnologica.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

---

Di seguito vengono elencate norme e leggi di riferimento, ed in particolare:

- direttive UE, se direttamente applicabili;
- leggi, decreti, circolari dello Stato Italiano;
- istruzioni e norme di enti normatori (CNR, UNI, CEI, EN, CEN, ecc.);

fermo restando il concetto generalmente applicabile dell'esecuzione a "perfetta regola d'arte".

### **SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITÀ SEMAFORICA**

- UNI 7156:2008: Tranvie e tranvie veloci - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario - Altezza della linea aerea di contatto.
- 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.
- UNI EN 12368: Attrezzatura per il controllo del traffico - Lanterne semaforiche.
- UNI EN 12675: Regolatori semaforici - Requisiti di sicurezza funzionale.
- UNI EN ISO 6385: Principi ergonomici nella progettazione dei sistemi di lavoro.
- UNI EN ISO 9241: Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con videoterminali (VDT).
- UNI EN ISO 10075: Principi ergonomici relativi al carico di lavoro mentale.
- UNI EN ISO 11064: Progettazione ergonomica di centri di controllo.
- UNI EN ISO 13406: Requisiti ergonomici per il lavoro con visualizzatori a pannelli piatti.

- UNI EN ISO 14915: Ergonomia del software per interfacce utenti e sistemi multimediali.
- UNI EN ISO 9921: Ergonomia - Valutazione Della Comunicazione Verbale.
- UNI EN 1838: Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza.
- UNI 10530: Principi di ergonomia della visione - Sistemi di lavoro e illuminazione.
- UNI 12464: Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.
- UNI 12665: Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnica.
- UNI 8686: Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni.
- UNI EN 1335: Mobili per ufficio – Sedute per ufficio – Dimensioni.
- UNI EN 527 Mobili per ufficio – Tavoli e scrivanie di lavoro.
- CEI EN 50121-4: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 4: Emissione ed immunità delle apparecchiature di segnalamento e telecomunicazioni. (2007-08)
- CEI EN 50122-1: Applicazioni ferroviarie - Installazioni fisse Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra. (1998-03)
- 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. (1999-10)
- CEI EN 50126-1: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS). (2000-03)

- CEI EN 50128: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Software per sistemi ferroviari di comando e di protezione. (2002-04)
- CEI EN 50129: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Sistemi elettronici di sicurezza per il segnalamento. (2004-01 ed. Seconda)
- CEI EN 50124-1: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane - Coordinamento degli isolamenti Parte 1: Requisiti base - Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronica. (2001-09)
- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase). (2007-04)
- CEI EN 61000-3-3: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-3: Limiti - Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale  $\leq 16$  A e non soggette ad allacciamento su condizione. (1997-06)
- CEI EN 61000-4-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4: Tecniche di prova e di misura Sezione 2: Prove di immunità a scarica elettrostatica Pubblicazione Base EMC. (1996-09)
- CEI EN 61000-4-3: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4: Tecniche di prova e di misura - Sezione 3: Prova d'immunità sui campi irradiati a radiofrequenza. (2007-04)
- CEI EN 61000-4-4: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4: Tecniche di prova e di misura Sezione 4: Prova di immunità a transitori/treni elettrici veloci Pubblicazione Base EMC. (2006-01)

- CEI EN 61000-4-5: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4: Tecniche di prova e di misura Sezione 5: Prova di immunità ad impulso. (1997-06)
- CEI EN 61000-4-6: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4: Tecniche di prova e di misura 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. (2007-10)
- CEI EN 61000-6-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali. (2006-10)
- CEI EN 61000-6-3: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera (2007-11)
- CEI EN 61000-6-4: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali. (2007-11)
- CEI EN 55011: Apparecchi a radiofrequenza industriali, scientifici e medicali (ISM) Caratteristiche di radiodisturbo Limiti e metodi di misura. (1999-05)
- CEI EN 55022: Apparecchi per la tecnologia dell'informazione Caratteristiche di radiodisturbo Limiti e metodi di misura. (2009-01)
- 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 60950-1: Apparecchiature per la tecnologia dell'informazione - Sicurezza Parte 1: Requisiti generali. (2007-02)

#### **IMPIANTI SEMAFORICI**



- CEI 214-1/1:1998-06 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;
- CEI EN 50556:2012-05 Sistemi semaforici per la circolazione stradale;
- CEI 214-7:1999-10 Impianti semaforici - Requisiti dei dispositivi acustici per non vedenti;
- CEI 214-7;V1:2001-05 Variante. Impianti semaforici - Requisiti dei dispositivi acustici per non vedenti;
- CEI UNEL 62620:1990 Lampade ad incandescenza per semafori stradali a tensione di rete. 1990;
- CEI EN 60950-1:2007-02 Apparecchiature per la tecnologia dell'informazione - Sicurezza. Parte 1: Requisiti generali.

### 3. SISTEMA DI SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITA' SEMAFORICA

---

#### 3.1 Generalità

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

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

Il cadenzamento nella marcia, le partenze dai capolinea e dalle fermate vengono definite da tabelle orarie prestabilite (servizio).

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

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

In questo contesto, gli impianti di Segnalamento, Localizzazione e Priorità Semaforica assicurano i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali:

- zone di manovra: capolinea o bivi;
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali);

In tali aree sono previsti degli apparati che permettono di ottenere un adeguato livello di sicurezza al fine di garantire i transiti dei veicoli ed evitare collisioni e/o deragliamenti in corrispondenza dei deviatori.

Pertanto il Conducente, nella gestione della marcia del veicolo, deve scrupolosamente attenersi alle indicazioni di ausilio fornite dagli apparati di linea e di bordo le quali, comunque, non lo sollevano dalle responsabilità della conduzione in regime di “marcia a vista”.

Tutte le funzionalità del Sistema di Segnalamento, Localizzazione e Priorità Semaforica della Linea 4.2 saranno controllate e visualizzate al Posto Centrale di Controllo (PCC) realizzato con la Linea 1, il quale, opportunamente aggiornato, sarà in grado di visualizzare e far gestire agli operatori di centro il regolare svolgimento dell’esercizio dell’intero Sistema Tramviario Fiorentino, intervenendo mediante l’invio di messaggi mirati o generalizzati ai conducenti e con azioni tendenti a riportare alla normalità eventuali situazioni anomale della circolazione.

La localizzazione dei veicolo lungo la linea consentirà di realizzare la funzionalità di “Train Descriptor” presso il PCC.

La priorità semaforica consentirà al veicolo in approccio ad un incrocio con la viabilità ordinaria di ottenere il preferenziamento, limitando al minimo possibile le perturbazioni al regolare svolgimento del servizio.

In analogia a quanto già progettato e realizzato per le Linee 1, 2 e 3, gli apparati del Sistema di Segnalamento, Localizzazione e Priorità Semaforica della Linea 4.2 saranno progettati e realizzati con i requisiti necessari a certificarne l’adeguatezza nell’ambito di installazioni per cui sia stato prefissato un grado di integrità della sicurezza SIL3, definito secondo la norma EN50129, specifica per apparati in applicazioni ferrotranviarie.

Più nel dettaglio e sempre in analogia a quanto già progettato e realizzato per le Linee 1, 2 e 3, il Sistema di Segnalamento, Localizzazione e priorità semaforica della Linea 4.2 sarà costituito principalmente dai seguenti impianti integrati nel contesto del modello tranviario:

- Posto Centrale di Controllo;
- Impianto di Segnalamento di linea
- Impianto di Localizzazione e regolazione tram

- Impianto di priorità semaforica

Lo scopo di tali impianti è quello di fornire uno strumento tecnologico modulare di supervisione e controllo delle numerose e complesse funzioni che coinvolgono molti aspetti di gestione della tranvia, quali l'instradamento, il transito in sicurezza, la priorità semaforica agli incroci stradali, la localizzazione e visualizzazione al PCC della flotta tranviaria lungo il percorso della linea, la regolazione del servizio.

Ciascun sottosistema, opportunamente configurato, è composto da apparecchiature elettroniche installate presso il Centro di Controllo, lungo il tracciato della linea ed a bordo dei tram.

### 3.2 Posto Centrale di Controllo

L'opportunità di prevedere un unico sistema centrale in grado di gestire tutte le funzionalità delle linee tranviarie inerenti sia l'esercizio viaggiatori, sia il controllo degli enti di linea e dei principali impianti di fermata, rappresenta una caratteristica basilare per un sistema di trasporto moderno.

A tal fine per la realizzazione della Linea 4.2 è prevista l'ulteriore espansione sia hardware che software del Posto Centrale di Controllo già realizzato nell'ambito della Linea 1 sito nel deposito di Scandicci e già oggetto di interventi in occasione della realizzazione delle linee 2 e 3.

Attraverso una gestione integrata, risultano infatti possibili le seguenti funzionalità:

- controllo dell'intero Sistema di Segnalamento, Localizzazione e Priorità semaforica da un'unica postazione;
- contenimento del numero di addetti all'esercizio ed alla supervisione della linea, mantenendo, nel contempo, le prestazioni operative degli enti periferici, a garanzia delle condizioni di esercizio in sicurezza della linea;
- possibilità di avere sotto controllo i parametri necessari per poter effettuare interventi coordinati e corretti nel caso di emergenze o perturbazioni all'esercizio;

- riduzione dei tempi di riconfigurazione e di attivazione/disattivazione degli impianti e dell'esercizio.

Il Posto Centrale di Controllo consente al personale della sala di controllo di interagire, mediante workstation, con tutti i sottosistemi di telecomunicazione e supervisione degli impianti situati al Posto Centrale di Controllo stesso e lungo linea; esso implementa tutte le funzioni necessarie ad interfacciare i singoli sottosistemi ed a correlarne le azioni per garantire un elevato livello di automatismo. Le workstation del Posto Centrale di Controllo, pertanto, costituiscono un'interfaccia uomo-macchina che permette agli operatori di gestire il normale esercizio e le situazioni di emergenza.

Il sistema di Posto Centrale prevede inoltre la seguente reportistica degli eventi:

- registrazione dei transiti con data e ora relativa al passaggio per ogni veicolo su punti pre-identificati della linea (loop);
- accesso diretto (dalla workstation operatore) ad un'interfaccia completa di elaborazione statistica (tempi di percorrenza per ogni servizio, tempi di stazionamento alle fermate, servizi non eseguiti, etc.).

L'attuale Posto Centrale di Controllo è organizzato in due aree tecnologiche principali:

- Sala Controllo;
- Sala Apparat.

Nella Sala Controllo sono ubicati i banchi per ospitare le postazioni di lavoro per il comando, il controllo e la supervisione dell'intero sistema.

Nella Sala Apparat, sono installate tutte le apparecchiature di calcolo del Posto Centrale. L'architettura di Posto Centrale a suo tempo realizzata per la gestione della Linea 1 è costituita da un server ridondato e da un'unità di backup a caldo.

Per consentire una gestione integrata, in esercizio, del sistema di Segnalamento, Localizzazione e Priorità Semaforica della Linea 4.2 si prevede l'espansione del Posto Centrale di Controllo esistente.

Sul sistema esistente sarà quindi implementato il software necessario per la gestione del segnalamento di linea e della localizzazione per la Linea 4.2. Corrispondentemente saranno estese alla Linea 4.2 le funzioni di previsione di arrivo in fermata/incrocio.

Una rete backbone Gigabit/Ethernet connette già la Sala Controllo della rete tramviaria tranvia con il sistema di controllo del traffico urbano (UTC comunale). La connessione è finalizzata alla condivisione delle previsioni di arrivo in incrocio e delle richieste di priorità semaforica che, dalla Linea, arriveranno al PCC. L'estensione alla Linea 4.2 di queste funzionalità è insita negli interventi di adeguamento qui descritti.

### 3.3 Impianto di Segnalamento di linea

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

Tale funzione sarà estesa anche alla Linea 4.2.

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

- il rilevamento passivo dei convogli sui c.d.b. (circuiti di binario);
- la ricezione delle richieste di attuazione (attraverso loop di comunicazione);
- la prenotazione delle richieste ;
- il controllo e predisposizione dei segnali di protezione scambi;
- la verifica delle rotte;
- il blocco delle rotte conflittuali con verifica su matrice di sicurezza;
- la manovra dei deviatori (elettrici);

- l'attuazione sequenziale delle rotte richieste.

A questa sequenza logica corrisponde una struttura di macchina che prevede sempre una ridondanza di controlli con logica di controllo basata su microprocessori con livello di sicurezza SIL3.

Il sistema di segnalazione al conducente sarà costituito da un segnale a più luci. L'attuazione consisterà nel posizionare effettivamente gli scambi secondo lo schema previsto. Le rotte saranno delimitate da CDB.

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

Si precisa che, anche in questo caso, il Conducente rimane l'unico responsabile nella gestione della marcia del veicolo e deve scrupolosamente attenersi alle indicazioni dei segnali posti lungo la linea tranviaria. Infatti il regime di marcia rimane "a Vista" e comunque la presenza di tali apparati non solleva dalle responsabilità della conduzione e di verifica della via in quanto non in marcia automatica.

### 3.3.1 Funzionalità

Le funzionalità dell'impianto di segnalamento sono distribuite e realizzate da apparati collocati nei tre livelli: Centro, Bordo, Periferia.

Le 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 saranno realizzate dall'impianto di segnalamento attraverso le seguenti fasi:

- prenotazione comando normalmente 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 parzialmente la zona di percorso e l'area di scambio per permettere movimenti compatibili contemporanei;
  - rigida: avviene sul punto finale dall'ente preposto a tale funzionalità;
- rappresentazione dello stato, degli allarmi e dell'esito dei comandi sull'interfaccia operatore delle postazioni interessate;
- invio nei posti periferici di comandi per la manovra elettrica dei deviatoi, effettuati dal Posto Centrale di Controllo solo nel caso di funzionamento degradato e previa autorizzazione del Dirigente Centrale Operativo (es. mancanza di comunicazione bordo-terra), evidenziando eventuali errori di trasmissione e/o di acquisizione da parte delle logiche periferiche.



### 3.3.2 Gestione tipica del comando e controllo delle zone di manovra

Con riferimento allo specifico elaborato facente parte della documentazione progettuale, di seguito si riporta un esempio dell'applicazione funzionale delle fasi precedentemente riportate, utilizzando degli apparati tipici dell'impianto di segnalamento ed associandoli alle singole funzioni.

Gli enti principali sono:

- gli apparati di trasmissione da bordo (transponder) all'apparato di terra (loop) per la richiesta da bordo veicolo di una rotta;
- gli apparati di bloccamento (il circuito di binario CDB a monte della cassa di manovra);
- gli apparati di liberazione (i circuiti di binario CDB a valle della cassa di manovra in direzione del corretto tracciato e in direzione deviata dal corretto tracciato); in casi particolari possono essere utilizzati in alternativa dei mass detector;
- i segnali tranviari;
- la cassa di manovra deviatoio;

L'intera area è supervisionata da un Controllore d'Area di Segnalamento locale

Il conducente, quando il tram transita sul loop, invia la richiesta di rotta (**prenotazione**) per mezzo dell'apposito manipolatore di bordo (avanti, destra, sinistra).

Il loop di comando ed il segnale sono distanziati in funzione della visibilità del segnale e della zona scambi, della velocità teorica d'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 **verifica** della matrice di conflittualità terminata la quale, per l'esecuzione della rotta, il Controllore d'Area locale provvede a:

- **comando**: posizionare il deviatoio in conformità alla rotta richiesta ;

- **elaborazione:** verificare dalla matrice di sicurezza che la posizione assunta dal deviatoio sia conforme con la richiesta ricevuta;

Al termine delle suddette operazioni il Controllore d'Area Locale si pone in stato di bloccato e la cassa di manovra è bloccata (**bloccamento**);

- **manovra segnale:** posizionare il segnale in conformità alla posizione assunta dal deviatoio o della rotta.

Il tram può impegnare il deviatoio e, non appena viene rilevato dal CDB a monte della cassa di manovra, il Controllore d'Area Locale provvede a posizionare il segnale di via impedita in modo tale che un eventuale tram in accodamento non possa impegnare indebitamente l'area.

Il Controllore d'Area Locale verifica che il transito sia effettuato il modo corretto e si riporta nello stato di libero quando il tram transita su uno dei CDB a valle della cassa di manovra: 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 deragliamenti del tram in transito.

Eventuali richieste di rotta che pervengono durante il transito di un altro tram non autorizzate dal Controllore d'Area Locale, vengono memorizzate dallo stesso ed eseguite non appena le condizioni di sicurezza lo consentono.

### 3.3.3 Impianto di Segnalamento di Deposito

Con riferimento allo specifico elaborato facente parte della documentazione progettuale, la gestione delle rotte all'interno del deposito della linea 4.2, in condizioni di normale esercizio,

viene effettuata da un operatore locale all'interno di un Posto Centrale di Deposito (PCD), che agisce direttamente sui Controllori di Area locali del Deposito per mezzo di apposita workstation.

Il Posto Centrale di Controllo generale della rete tramviaria ha comunque visibilità dello stato del segnalamento del deposito. L'operatore del Posto Centrale di Deposito potrà operare sull'impianto di segnalamento di deposito previo comando di consenso da parte dell'operatore di PCC.

Solo in caso di funzionamento degradato, il conducente, a seguito dell'autorizzazione dell'operatore del Posto Centrale di Deposito, può impartire manualmente i comandi sulle rotte, previo azionamento di un apposito pulsante a chiave locale installato sulle paline dei segnali, all'inizio delle rotte stesse.

Tutti i segnali di indicazione di rotte multiple in deposito sono corredati di una indicazione luminosa supplementare, indicante la rotta preimpostata dall'operatore del segnalamento all'interno dell'area di deposito sotto forma di caratteri alfanumerici luminosi

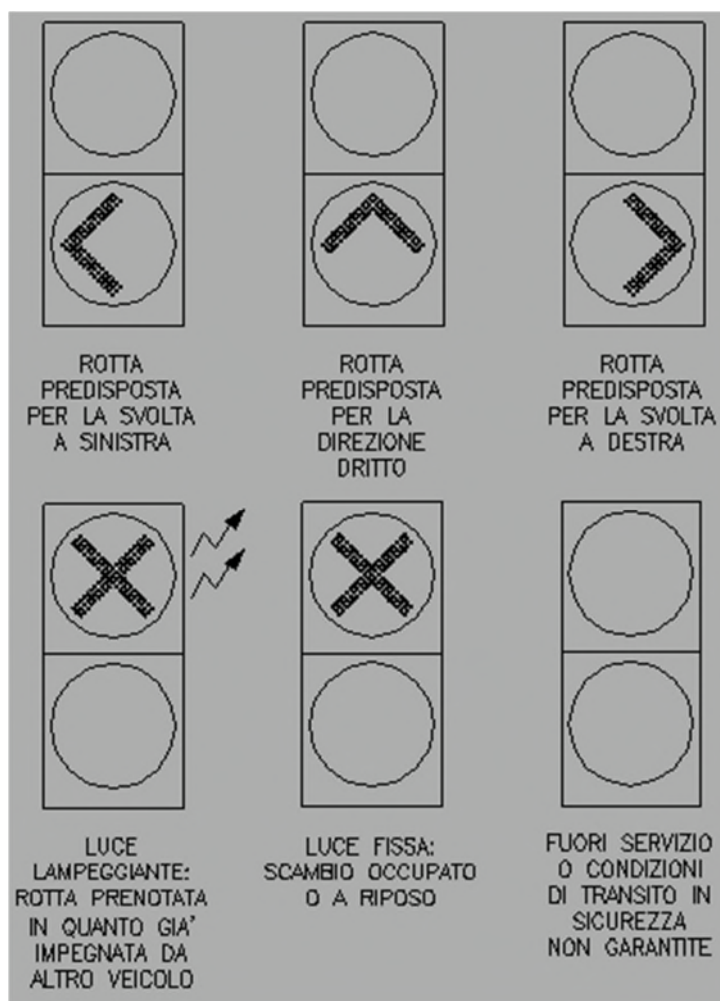
I dati trasmessi dai dispositivi installati a bordo delle vetture, quali ad esempio l'identificazione della vettura, il rilevamento della posizione della vettura (per aree di competenza), lo scambio bordo- terra delle informazioni utili per inizializzazione del servizio o per scopi di manutenzione e archiviazione statistica viene acquisita dall'impianto per mezzo di appositi loop di comunicazione previsti nell'area di rimessaggio.

#### *3.3.4 Segnali luminosi*

Essendo l'interfaccia tra il conducente ed il Sistema di Segnalamento un aspetto sensibile per la sicurezza della marcia stessa, di seguito sono descritti gli aspetti dei segnali luminosi disposti nelle zone di manovra, a protezione degli scambi, sia di linea che di deposito.

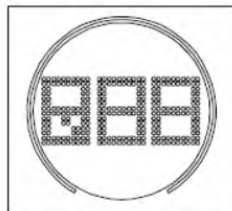
In base alle modalità operative del Posto Periferico di Controllo ed alla necessità di indicare al conducente del veicolo la prenotazione (memorizzazione) di una rotta occupata, vengono utilizzati in linea ed in deposito i segnali tranviari riportati nella figura seguente.

Per segnalare che il sistema è in uno stato di malfunzionamento entrambe le luci dei segnali sono spente.



Qualora, in linea o in deposito, ci fosse necessità di indicare al conducente la destinazione finale della rotta impostata dal conducente stesso (es. ad un capolinea) o impostata

dall'Operatore de Posto Centrale di Deposito, è previsto l'impiego di un segnale sussidiario con tre caratteri alfanumerici, del tipo indicato in figura.



### 3.4 Impianto di Localizzazione

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

Le funzioni di localizzazione in linea dei veicoli tramviari vengono espletate attraverso l'installazione di loop di comunicazione in punti notevoli della linea.

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 Telecomunicazioni/Telecontrollo).

L'impianto di localizzazione si divide in:

- Localizzazione in fermata
- Localizzazione agli incroci

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

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

La localizzazione inoltre viene resa continua mediante l'apparato di bordo del segnalamento che con l'ausilio delle informazioni fornite dai loop di localizzazione in linea già oltrepassati e con la distanza misurata dall'odometro è in grado di autolocalizzarsi e trasmettere al Posto Centrale di Controllo, mediante il sistema radio, la propria posizione.

Attraverso le informazioni ricevute al Posto Centrale di Controllo, il Sistema di Segnalamento realizza la funzione di "Train Descriptor", ossia la visualizzazione della posizione dei veicoli sul tracciato (fermate, incroci, capilinea) su un opportuno quadro sinottico. Verrà pertanto visualizzata l'intera flotta con l'ID tram e lo stato in cui si trova il veicolo (anticipo, ritardo, orario, fuori servizio, etc).

#### 3.4.1 Localizzazione in fermata

Con riferimento allo specifico elaborato grafico facente parte della documentazione progettuale, la localizzazione in fermata prevede l'installazione di due loop, per ogni senso di marcia, uno in ingresso ed uno in uscita dalla banchina. A tali loop oltre alla funzione di localizzazione sono associate altre funzionalità quali:

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

#### 3.4.2 Localizzazione agli incroci

La localizzazione anticipata del tram effettuata lungo linea, in corrispondenza delle fermate e degli incroci permette di affinare la previsione di arrivo agli incroci semaforizzati con il traffico veicolare e di ottenere l'inserimento, a tempo debito, di una fase tranviaria dedicata nel ciclo semaforico ordinario. Tale funzione di localizzazione/previsione di arrivo viene gestita in modo centralizzato dal PCC ovvero direttamente a livello periferico.

Infatti il veicolo tranviario percorrendo parti di linea promiscua con il traffico veicolare potrebbe subire delle perturbazioni non prevedibili. In tal caso, con riferimento allo specifico elaborato grafico facente parte della documentazione progettuale, per l'affinamento del meccanismo della chiamata tranviaria, si prevede di installare tre loop, per ogni senso di marcia, in corrispondenza di ogni incrocio semaforico aventi le seguenti funzioni:

- Richiesta di priorità;
- Comando;
- Rilascio.

Il loop di richiesta di priorità è l'ultimo punto di localizzazione fisico che consente di inviare al regolatore semaforico la conferma che il tram è in prossimità dell'incrocio. Il regolatore semaforico, che si è già predisposto per gestire l'arrivo del mezzo tranviario grazie alle precedenti previsioni di arrivo pervenute dal PCC, inserirà la "finestra di verde" per il tram.

Nel caso in cui, dopo avere oltrepassato il loop di priorità, il mezzo rallenti o si fermi, il tram avrà la possibilità di richiedere una ulteriore finestra di verde tranviaria grazie al loop di comando presente in prossimità della linea di arresto dell'incrocio. Tale finestra verrà inserita nei limiti imposti dalla preservazione dei cosiddetti tempi minimi di incrocio ossia delle condizioni di svuotamento della direzione concorrente. Il loop di rilascio invierà l'informazione dell'avvenuto disimpegno dell'incrocio da parte del veicolo.

L'apparato di localizzazione periferico rende disponibile al controllore semaforico, per ciascun senso di marcia, attraverso contatti liberi da tensione (digital output), le seguenti informazioni:

- presenza tram sul 1° loop (loop di priorità, 3 digital output: il veicolo che arriva è in ritardo o in orario o in anticipo);



- presenza tram sul 2° loop (boa di comando, 1 digital output: il veicolo è in prossimità dell'incrocio oppure il conducente effettua una richiesta manuale della fase semaforica da bordo);
- presenza tram sul 3° loop (boa di rilascio, 1 digital output: liberazione dell'incrocio).

E' compito del controllore semaforico o del centro UTC Tranvia attuare le fasi semaforiche in funzione delle informazioni ricevute.

### 3.4.3 *Regolazione della marcia*

Il Sistema di Localizzazione svolge inoltre la funzione di regolazione del traffico tranviario; pertanto si prevedono al Posto Centrale le seguenti funzionalità:

- azioni di controllo della marcia di ogni tram mediante confronto tra la tabella oraria teorica ed i dati desunti dall'effettiva percorrenza della linea (anticipo/ritardo);
- regolazioni dell'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);
- regolazione delle partenze dai capolinea;
- gestione delle corse barrate;
- gestione delle corse per "veicoli non inizializzati (fuori servizio)".

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



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

### 3.5 Impianto di Priorità Semaforica

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

Con riferimento al Piano schematico della Linea facente parte della documentazione progettuale, si osserva come ogni tratta compresa tra due fermate è generalmente interessata da alcuni attraversamenti stradali trasversali da parte del traffico privato.

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

In virtù di ciò è previsto un impianto di priorità semaforica in grado di ricevere dall'impianto di localizzazione sia le previsioni di arrivo dei mezzi localizzati, sia i segnali di input da inviare al regolatore semaforico per far predisporre la semaforizzazione stradale in modo da favorire il mezzo pubblico, dopo aver rilevato l'approccio del tram all'incrocio.

Generalmente gli attraversamenti sono caratterizzati dall'incrocio di una strada ordinaria con la sede tranviaria. Ciò significa che, in assenza di tram in approccio, il centralino semaforico stradale esegue un normale ciclo delle fasi semaforiche di traffico privato e salta la fase tranviaria. La richiesta di priorità deve quindi chiamare in esecuzione la fase tranviaria all'interno del ciclo semaforico rispettando i vincoli esistenti di minimo tempo di verde sulla direzione incrociante e minimo tempo di sgombero dell'incrocio da parte dei mezzi stradali.

In condizioni di normale svolgimento dell'esercizio, il sistema di regolazione semaforica del Centro di controllo comunale (UTC), tramite le informazioni di localizzazione dei veicoli ricevute dal Sistema di Localizzazione predispone le fasi semaforiche tranviarie agli incroci variandone le durate affinché il regolatore possa "servire" al momento opportuno la finestra di verde per il passaggio del tram; viene così eseguita una macroregolazione del traffico tranviario.

Gli apparati di linea svolgono invece la funzione di microregolazione del traffico tranviario. Il tram che si appresta all'incrocio con la viabilità ordinaria invia all'unità di terra, attraverso il ricevitore di terra, le informazioni di approccio, impegno e liberazione dell'intersezione.

L'unità di terra inoltra tali segnali all'armadio di rilevamento incrocio il quale a sua volta invia le richieste alla centralina semaforica; quest'ultima concederà di conseguenza il "via libera" al tram fino all'avvenuto passaggio.

Pertanto tutta la logica della priorità del tram risiede nel sistema di controllo semaforico (UTC di centro e controllori semaforici di linea).

Essendo la gestione della priorità semaforica correlata strettamente con il sistema di controllo semaforico, di seguito verranno fornite delle brevi indicazioni sulle logiche di gestione del messaggio di priorità.

Generalmente le azioni eseguite in seguito alla ricezione di un messaggio di richiesta di priorità sono le seguenti:

- allungamento e accorciamento delle fasi del ciclo semaforico corrente al fine di predisporre la transizione al verde del tram all'istante previsto;
- transizione alla fase di servizio del tram con il verde nella direzione richiesta;
- chiusura della fase tranviaria a valle del passaggio del tram;
- rientro sul normale ciclo semaforico a valle dello sgombero dell'intersezione da parte del tram.

Questa gestione consente di non penalizzare eccessivamente i flussi veicolari garantendo il ritorno al funzionamento ordinario nel minor tempo possibile.

Per poter effettuare la traslazione del piano semaforico "centrando" la finestra di verde sull'istante di arrivo del mezzo pubblico, sono necessarie le seguenti condizioni:

- che la previsione di arrivo sia disponibile con sufficiente anticipo;
- che la stima del tempo di arrivo sia sufficientemente precisa in modo da non incorrere nei vincoli di massima durata del tempo di rosso sulle direttrici concorrenti (si deve tenere conto anche dei tempi di sosta presso eventuali fermate che precedono l'incrocio).

Questa ultima condizione può essere sufficientemente garantita dal fatto che i mezzi viaggiano in corsie protette.

La rilevazione e la trasmissione continua del dato di posizione (segnali) e stima di arrivo (previsioni) del veicolo durante la fase di approccio all'incrocio, garantisce:

- di predisporre sulla centralina semaforica il ciclo, in modo da essere pronta a fornire il via libera per tempo;
- di segnalare alla centralina l'approccio a breve distanza dall'incrocio;
- di confermare l'avvenuto passaggio e la conseguente "liberazione di coda" del crocevia.

## 4. IMPIANTI SEMAFORICI

---

### 4.1 Premessa

Nell'ambito della realizzazione della linea 4.2, in ragione del nuovo assetto viabilistico derivante dall'inserimento della linea tranviaria stessa, saranno realizzati nuovi impianti semaforici sia stradali che pedonali.

E' evidente che la realizzazione di nuovi impianti comporterà il conseguente adattamento della esistente Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Firenze (UTC – Urban Traffic Controller).

Gli standard impiantistici e realizzativi saranno allineati con quelli normalmente adottati nelle recenti realizzazioni sul territorio, e con le normative specifiche di settore.

Il sistema semaforico, oltre alla gestione efficiente dell'attraversamento pedonale e veicolare degli incroci semaforizzati, provvederà ad assegnare la priorità al veicolo tramviario in approccio, del quale argomento si è trattato in altra sezione della presente relazione.

### 4.2 Componenti di Impianto

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, un impianto semaforico tipo risulta essere costituito dai seguenti elementi, nel seguito più diffusamente descritti:

- Regolatore Semaforico
- Lanterne Semaforiche
- Sostegni
- Pulsante Pedonale
- Messa a terra
- Cavi

#### 4.2.1 *Regolatore Semaforico*

Sono previsti due differenti tipologie di regolatore semaforico, uno per le intersezioni veicolari ed uno per quelle pedonali.

Entrambi i tipi di Regolatore Semaforico avranno la caratteristica di essere interfacciabili con esistente Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Firenze (UTC – Urban Traffic Controller).

In generale, il regolatore avrà la capacità ed essere equipaggiato per realizzare almeno le seguenti funzioni:

- Interfaccia operatore con visualizzazione in chiaro almeno delle seguenti informazioni:
  - Stato funzionale
  - Diagnostica
  - Emergenze
  - Dati contenuti in memoria
- Gestione dell'impianto semaforico, o di una maglia d'impianti (regolatori slave), mediante un algoritmo di controllo personalizzabile, che generi in tempo reale ed in modo dinamico i tempi di verde per la gestione di ciascun flusso in funzione dell'andamento del traffico e delle sue variazioni.
- Gestione dell'impianto semaforico con modalità personalizzabili secondo un flow chart definibile da utente.
- Capacità di generare (regolatore master) e /o ricevere (regolatore slave) comandi, tramite linea seriale, in funzione di condizioni rilevate sull'impianto o di comandi inviati dall'operatore.
- Monitoraggio di tutte le lampade delle lanterne semaforiche per verificarne la corretta funzionalità e segnalare la bruciatura di una singola lampada.

- Raccolta e archiviazione dati traffico volumetrici.
- Archiviazione dati storici di funzionamento.
- Archiviazione dati inerenti allarmi insorti, comprendenti oltre a quelli identificanti l'allarme vero e proprio almeno i seguenti ulteriori dati:
  - data;
  - valore tensione di rete;
  - valore temperatura interna al regolatore;
  - stato dei registri interni del regolatore.

Il regolatore semaforico sarà strutturato per poter gestire almeno:

- 40 Gruppi semaforici (120 uscite di potenza);
- 30 Uscite digitali a relè;
- 72 Ingressi digitali;
- 16 Programmi selezionabili da remoto o da tabella oraria con datario settimanale e annuale.

In considerazione della particolare importanza rivestita dalla sicurezza in un impianto semaforico, il regolatore sarà equipaggiato con una serie di circuiti di controllo strutturati in modo ridondante e su Hardware differenziati, costituiti da microprocessori indipendenti da quello di gestione e sensori di tensione e di corrente su tutte le uscite

In particolare i sensori di tensione sulle luci verdi saranno raddoppiati per garantire le condizioni di sicurezza sulla lettura dello stato della luce.

I controlli standard di cui l'apparecchiatura dovrà essere dotata sono:

- controllo su tutte le uscite della corretta corrispondenza al diagramma programmato;
- controllo sull'accensione delle luci verdi secondo una matrice di compatibilità programmabile;

- controllo dell'intertempo fra le luci verdi (Intergreen Time Control) secondo una matrice di compatibilità programmabile;
- controllo sui tempi minimi di accensione delle luci verdi;
- controllo sul corretto spegnimento delle luci rosse secondo una matrice di compatibilità programmabile;
- controllo amperometrico per il rilevamento della bruciatura delle lampade rosse;
- controllo di "watch-dog" sui microprocessori;
- controllo incrociato di corretto funzionamento fra i microprocessori.

L'intervento di detti controlli porrà l'impianto in condizioni d'emergenza (Lampeggio), sezionando inoltre l'alimentazione alle lampade verdi e rosse.

Oltre ai controlli d'emergenza l'apparecchiatura effettuerà anche i seguenti controlli e/o azioni:

- azione di filtro secondo una matrice di compatibilità programmabile, atta ad impedire che la CPU possa trasferire comandi incompatibili ai moduli di I/O;
- controllo amperometrico con auto apprendimento del carico presente su tutte le uscite per rilevare e segnalare la bruciatura di una singola lampada.

Nel regolatore saranno residenti una serie di controlli diagnostici operanti, sia in modo on-line sia off-line, allo scopo di facilitare l'intervento manutentivo per l'identificazione delle parti in avaria nel regolatore stesso e sull'impianto, quali ad esempio:

- memorie;
- porte seriali;
- uscite;
- ingressi.

La diagnostica consentirà inoltre di accedere ai registri interni di macchina per esaminare in dettaglio le condizioni registrate negli ultimi 100 ms prima dell'insorgere di una condizione d'emergenza.

Il regolatore sarà equipaggiato con un pannello di visualizzazione e programmazione che può essere posto anche in una postazione distante dal regolatore stesso, dotato di:

- display di tipo LCD da almeno 80 caratteri per la visualizzazione dello stato funzionale, dei messaggi d'allarme e diagnostica;
- tastiera personalizzata per la gestione e la programmazione.

L'interfaccia uomo macchina sarà particolarmente curata sia per gli aspetti diagnostici sia per quelli di programmazione. Infatti sul pannello dovranno essere visualizzati in chiaro i messaggi indicanti lo stato funzionale del regolatore, le condizioni di allarme i risultati dei test diagnostici e i dati di programmazione del regolatore.

Il software di base dovrà essere strutturato per consentire una facile soluzione delle necessità richieste dagli incroci più semplici e dovrà consentire di risolvere facilmente anche le situazioni più complesse sino ad arrivare alla generazione in tempo reale dei tempi di verde in funzione dell'andamento del traffico.

La programmazione del regolatore dovrà poter essere realizzata tramite pannello residente o tramite PC con un software dedicato operante sotto sistema operativo WINDOWS, che consenta, sul PC medesimo, anche la prova dei programmi realizzati, con visualizzazione dell'accensione delle lanterne semaforiche e possibilità d'immissione tramite tastiera, di comandi interattivi per la simulazione degli eventi esterni.

La funzione di Upload e Download dei programmi dovrà essere realizzata senza interruzione del servizio.



I dati di programmazione del regolatore dovranno essere sottoposti a password per motivi di sicurezza e dovranno essere residenti su memorie di tipo EPROM FLASH per il mantenimento delle informazioni senza batterie di back-up.

Il software di programmazione dovrà consentire inoltre il colloquio con la CPU del regolatore per effettuare il prelievo dei file di archivio dati contenuti nella memoria del regolatore.

Il regolatore dovrà essere completamente modulare secondo il formato EUROSTANDARD.

I moduli base costituenti l'apparecchiatura dovranno essere:

- MODULO Alimentatore
- MODULO Alimentatore circuiti aux
- MODULO Unità centrale
- MODULO Pannello di comando
- MODULO Interfaccia di I/O (12 Uscite + 4 Ingressi + Sensori corrente e tensione)
- MODULO GPS per Sincronizzazione Orologio da sistema satellitare
- MODULO Interfaccia remota

In fine, il regolatore avrà almeno le seguenti caratteristiche tecniche generali:

- Tensione di alimentazione 230 V -20% +15%
- Potenza max. installabile su ogni uscita 800 W
- Protezione uscite fusibili da 4A tipo EF Insensibilità ai buchi di tensione fino a 100 ms
- Temperatura di funzionamento -20°C ÷ +70°C

Il regolatore sarà contenuto in armadio stradale in poliestere caricato e stampato a caldo, Grado di Protezione: IP55.

#### 4.2.2 *Lanterne Semaforiche*

Le lanterne semaforiche si suddividono in:

- Lanterne semaforiche normali: sono le lanterne veicolari “a luce piena” destinate all’uso generico;
- lanterne semaforiche di corsia: sono normali lanterne veicolari con una freccia indicante la direzione dei veicoli cui si riferiscono; tali lanterne quindi possiedono una freccia verde, una gialla e una rossa;
- lanterne per i mezzi di servizio pubblico (conosciute come “barra tram”): il giallo è costituito da un triangolo giallo su fondo nero, mentre il rosso è una barra bianca orizzontale e il verde una barra bianca verticale, con a fianco una barra bianca obliqua nel caso di percorso con svolte;
- lanterne pedonali: assumono il medesimo aspetto di quelle veicolari, con la differenza del disegno di una silhouette rappresentante un pedone fermo per le luci gialla e rossa e un pedone in movimento per la luce verde; la durata della luce gialla, deve essere sufficiente ai pedoni per completare l’attraversamento, prima che inizi il tempo del verde veicolare in conflitto con essi; questo significa che il giallo pedonale non potrà essere contemporaneo al veicolare, come avveniva in passato, ma il tempo di verde pedonale dovrà essere ridotto, per consentire poi un tempo di giallo adeguato allo sgombero dei pedoni.

Le lanterne semaforiche avranno le lampade a LED.

Le lanterne semaforiche avranno almeno caratteristiche specificate di seguito.

- Costruzione modulare ad elementi componibili D.200 e D.300 mm;
- Sportelli ad innesto rapido e dispositivo di chiusura con rotazione 90° ,completi di lente in policarbonato;

- Visiere paraluce ad innesto rapido con inserti a rotazione differenziata anticaduta accidentale;
- Attacchi per supporti a palo D.102 (gomito con tronchetto e paletta) e/o a richiesta per "Band-it", sospensione palo sbraccio o su fune.

Le lanterne semaforiche saranno realizzate in polycarbonato colorato in pasta all'origine in colore verde assimilabile al RAL 6009, stabilizzato U.V.

Le lenti saranno realizzate in polycarbonato colorato in pasta all'origine nei colori rosso-giallo-verde con caratteristiche cromatiche secondo norma EN 12368.

Le connessioni elettriche saranno realizzate con cavi unipolari aventi sezione 1,5 mm<sup>2</sup> a marchio IMQ, in numero di uno per ciascun portalampade più uno per la connessione comune.

Le lanterne avranno grado di protezione IP55 con certificato di conformità CESI o altro laboratorio ufficialmente riconosciuto.

Le lanterne saranno a doppio isolamento, classe "II" secondo norme CEI.

La lanterna semaforica dovrà possedere l'omologazione rilasciata dal Ministero dei Lavori Pubblici.

I pannelli di contrasto per le lanterne semaforiche veicolari montate al di sopra della carreggiata devono essere in alluminio a fondo nero con bordo bianco secondo la fig. Il 462 Art. 168 del D.P.R. 495 al 16/12/92 nelle seguenti dimensioni:

- 600x900 mm. atto a contenere lanterna veicolare 3x210 mm;
- 700x1000 mm atto a contenere lanterna veicolare 2x210 mm + 1x300 mm;
- 900x1350 mm atto a contenere lanterna veicolare 3x300 mm oppure 2x210mm +1x300 mm;

I pannelli di contrasto devono essere di alluminio 15/10 verniciato a fondo nero con vernici epossidiche a forno.

#### 4.2.3 Sostegni

Le paline semaforiche avranno le seguenti caratteristiche:

- Esecuzione in acciaio S235jo a sezione tonda, fabbricati in unico pezzo con saldatura continua longitudinale sull'intera lunghezza secondo norme EN 10025.
- zincatura a caldo per immersione secondo norme EN 40.5;
- diametro 102 mm;
- spessore minimo 2,5 mm;
- altezza 3600 mm;
- foro ingresso cavi e bullone di messa a terra.

Le paline poste a distanza minore di 3m rispetto all'asse del binario, dovranno essere in vetroresina, al fine del rispetto della norma EN 50122-1.

Le paline dovranno essere dotate di supporti in polycarbonato per il montaggio di un massimo di quattro lanterne, completi di morsettiera con almeno 14 morsetti facilmente ispezionabile e accessibile.

I pali a sbraccio saranno calcolati, secondo norme vigenti, per sopportare oltre ai carichi propri del palo anche le necessarie lanterne semaforiche montate sullo sbraccio e complete del relativo pannello di contrasto, in condizioni di vento avente una velocità massima di 145 km/h.

I pali avranno le seguenti caratteristiche costruttive:

- realizzazione in 2 pezzi da assemblare al montaggio mediante giunto meccanico e bulloni di bloccaggio;
- esecuzione rastremata a sezione circolare in tronchi di tubo imbutiti di acciaio S235jr, fra di loro saldati secondo metodo omologato R.I.N.A e norme ANSI/AWS D1.1;
- spessore minimo della parte diritta 4 mm;

- spessore minimo dello sbraccio 3,2 mm;
- zincatura a caldo per immersione secondo norme EN 40.5;
- foro ingresso cavi e bullone di messa a terra;
- cava dotata di portella di ispezione e morsettiera composta da almeno 10 morsetti realizzata ad un'altezza di 1000 mm da terra.

#### 4.2.4 Pulsante di chiamata Pedonale

Il contenitore del pulsante di chiamata pedonale dovrà essere in polycarbonato con resistenza meccanica sufficiente a ridurre eventuali danni provocati da atti vandalici. Rispondente ad un grado di protezione minimo IP 55.

Il frontale del pulsante porterà in modo indelebile la scritta "CHIAMATA. PEDONALE".

Il pulsante sarà realizzato con doppio contatto, bloccato sul frontale in modo da non essere asportabile.

Il pulsante sarà stampato in un unico blocco con il contenitore con la possibilità di fissaggio al palo tramite bulloni, o band-it.

Il pulsante sarà dotato di spia luminosa realizzata con una finestrella trasparente, posta sotto il pulsante, ed illuminata a LED ad alta luminosità, situati su un circuito stampato.

#### 4.2.5 Messa a terra

Gli impianti semaforici prevedono la messa a terra dei sostegni e delle altre parti metalliche, collegati mediante conduttore tipo N07V-K 450/750V con sezione di 16 mm<sup>2</sup>, ad una dorsale di terra non inferiore ai 35 mm<sup>2</sup> del tipo nudo cordato e/o a puntazze di terra dedicate.

Le connessioni tra conduttori e dorsale saranno realizzate mediante morsetti.

La resistenza dell'impianto di messa a terra dovrà avere un valore inferiore a 20  $\Omega$  (norma CEI 64/8).

Si evidenzia che le paline poste a distanza minore di 3 m rispetto all'asse del binario devono essere in materiale isolante (vetroresina) o in metallo se collegate al diodo di sgancio della rotaia.

Quanto sopra decade se per le protezioni contro contatti indiretti si utilizzano sistemi in bassissima tensione (detti anche di categoria 0 se  $\leq 50\text{Vac}$ ) tipo SELV cioè una alimentazione da fonte autonoma (batteria) o trasformatore a doppio isolamento di sicurezza. In questi sistemi non deve assolutamente esistere il collegamento verso terra.

#### 4.2.6 Cavi

I cavi per gli impianti semaforici dovranno essere del tipo per energia e segnalazioni – Isolanti in gomma etilenpropilenica, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi.