



È vietata la riproduzione di questo documento senza la preventiva autorizzazione di MM Spa

Milano



Comune di Milano

FSC

Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

# PROLUNGAMENTO M5 A MONZA

CUP B94D17000000001

PPM\_CDM\_01

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

### Relazione tecnica impianti e attrezzaggio deposito

|   |              |  |  |  |                  |                  |
|---|--------------|--|--|--|------------------|------------------|
| <br>Dott. Ing. FRANCESCO VENZA<br>IL DIRETTORE TECNICO<br>DOTT. ING. FRANCESCO VENZA<br>Ordine degli Ingegneri di Milano n° 14647 |              | <br>Dott. Ing. BRANCA MASSIMILIANO<br>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTERAZIONE FRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE<br>DOTT. ING. MASSIMILIANO BRANCA<br>Ordine degli Ingegneri di Milano n° A18828 |  | <br>Dott. Ing. BRAMANI MARCO<br>IL PROGETTISTA RESPONSABILE Sett. A. Sett. a) civile e ambientale b) Industriale c) dell'informazione<br>DOTT. ING. MARCO BRAMANI<br>Ordine degli Ingegneri di Milano n° 14647 |                  |                  |
| 2   | Luglio 2018  | Progetto di fattibilità tecnico ed economica   |  |  |                  | M. Guzzi         |
| A   | 29/06/2018   | Aggiornamento generale   | <br>M. Bramani<br>E. Ferrari<br>S. Palella<br>C. Pizzetti<br>P. Fugazza<br>G. Bonaccorsi<br>E. Maistro<br>E. Melzi | M. Bramani   | M. Branca        | M. Guzzi         |
| 1   | Gennaio 2018 | Progetto di fattibilità tecnica ed economica – Fase 1  |  |  |                  | M. Guzzi         |
| 0   | 30/11/2017   | EMMISSIONE   | M. Bramani<br>E. Ferrari<br>S. Palella<br>C. Pizzetti<br>P. Fugazza<br>G. Bonaccorsi<br>E. Maistro<br>E. Melzi     | M. Bramani   | M. Branca        | M. Guzzi         |
| <b>Aggorn.</b>  | <b>Data</b>  | <b>Descrizione</b>   | <b>Redatto</b>   | <b>Verificato</b>  | <b>Acquisito</b> | <b>Approvato</b> |

COLLABORAZIONE ALLA PROGETTAZIONE:

CODIFICA DOCUMENTO

Commessa

Lotto

Fase

Categoria

Opera

Progressivo

DM

0

P

G

RE

0024

PAGINE TOTALI 137



## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUZIONE</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>2. SISTEMA DI SEGNALAMENTO ED AUTOMAZIONE</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>2.1. Stato di fatto</b> .....   | <b>10</b> |
| 2.1.1. <i>Introduzione</i> .....   | 10        |
| 2.1.2. <i>Dispositivo Automatico Protezione Treni (ATP)</i> .....  | 10        |
| 2.1.3. <i>Controllo Automatico del Movimento dei Treni (ATO)</i> .....   | 11        |
| 2.1.4. <i>Sorveglianza dell'Esercizio (ATS)</i> .....  | 12        |
| 2.1.5. <i>Architettura generale del sistema</i> .....  | 12        |
| 2.1.5.1. <i>Descrizione del sistema ATC di bordo</i> .....   | 13        |
| 2.1.5.2. <i>Descrizione del sistema ATC di terra</i> .....   | 16        |
| 2.1.5.3. <i>Descrizione del sistema ATC centrale</i> .....   | 17        |
| 2.1.6. <i>Funzioni dell'ATC in caso di particolari scenari di emergenza</i> .....  | 18        |
| 2.1.6.1. <i>Attivazione del sensore di fumo/fuoco in stazione</i> .....  | 19        |
| 2.1.6.2. <i>Attivazione del sensore di fumo/fuoco (o attivazione del pulsante di emergenza incendio) a bordo di un treno</i> ..... | 19        |
| 2.1.6.3. <i>Attivazione della maniglia di fermata di emergenza del veicolo</i> .....   | 19        |
| 2.1.6.4. <i>Attivazione della maniglia di emergenza sblocco porte del veicolo</i> .....  | 19        |
| 2.1.6.5. <i>Apertura non programmata della porta di veicolo (perdita di controllo di porte chiuse)</i> .....                       | 20        |
| 2.1.6.6. <i>Attivazione del dispositivo di veicolo rilevamento ostacoli</i> .....  | 20        |
| 2.1.6.7. <i>Attivazione del sistema antintrusione nelle aree a movimentazione automatica (pozzi e porte di banchina)</i> .....     | 20        |
| 2.1.6.8. <i>Attivazione pulsanti arresto emergenza di banchina (STES o PES)</i> .....  | 21        |
| 2.1.6.9. <i>Attivazione PEL</i> .....  | 21        |
| 2.1.6.10. <i>Attivazione PED</i> .....   | 21        |
| <b>2.2. Estensione del sistema per il prolungamento</b> .....  | <b>21</b> |
| <b>3. PORTE AUTOMATICHE DI BANCHINA</b> .....  | <b>24</b> |
| <b>3.1. Stato di fatto</b> .....   | <b>24</b> |
| 3.1.1. <i>Introduzione</i> .....   | 24        |
| 3.1.2. <i>Descrizione funzionale</i> .....   | 24        |
| 3.1.2.1. <i>Funzionamento in situazione normale</i> .....  | 24        |
| 3.1.2.2. <i>Funzionamento in situazione degradata</i> .....  | 25        |
| 3.1.3. <i>Prestazioni relative agli aspetti antincendio</i> .....  | 26        |
| <b>3.2. Estensione del sistema per il prolungamento</b> .....  | <b>27</b> |
| <b>4. IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONE</b> .....  | <b>28</b> |
| <b>4.1. Introduzione</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>4.2. Rete di trasmissione dati e rete cavi interstazionali in fibra ottica</b> .....  | <b>29</b> |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.1. Stato di fatto .....                                   | 29        |
| 4.2.2. Estensione dell'impianto per il prolungamento .....    | 30        |
| <b>4.3. Sistema di informazione visiva ai passeggeri.....</b> | <b>31</b> |
| 4.3.1. Stato di fatto .....                                   | 31        |
| 4.3.2. Estensione del sistema per il prolungamento .....      | 31        |
| <b>4.4. Impianto Diffusione Sonora .....</b>                  | <b>32</b> |
| 4.4.1. Stato di fatto .....                                   | 32        |
| 4.4.2. Estensione dell'impianto per il prolungamento .....    | 33        |
| <b>4.5. Sistema Radio.....</b>                                | <b>34</b> |
| 4.5.1. Stato di fatto .....                                   | 34        |
| 4.5.1.1. Rete Radio TETRA.....                                | 34        |
| 4.5.1.2. Rete radio WiFi .....                                | 35        |
| 4.5.2. Estensione del sistema per il prolungamento .....      | 36        |
| 4.5.2.1. Rete Radio TETRA.....                                | 36        |
| 4.5.2.2. Rete Radio WiFi .....                                | 36        |
| 4.5.2.3. Rete Radio DMR .....                                 | 37        |
| <b>4.6. Impianto TVCC.....</b>                                | <b>37</b> |
| 4.6.1. Stato di fatto .....                                   | 37        |
| 4.6.2. Estensione dell'impianto per il prolungamento .....    | 38        |
| <b>4.7. Impianto Rete Oraria .....</b>                        | <b>39</b> |
| 4.7.1. Stato di fatto .....                                   | 39        |
| 4.7.2. Estensione dell'impianto per il prolungamento .....    | 39        |
| <b>4.8. Reti telefoniche.....</b>                             | <b>40</b> |
| 4.8.1. Stato di fatto .....                                   | 40        |
| 4.8.1.1. Rete di telefonia amministrativa .....               | 40        |
| 4.8.1.2. Rete telefonica di linea .....                       | 40        |
| 4.8.1.3. Rete citofonica di Info-SOS .....                    | 40        |
| 4.8.2. Estensione delle reti per il prolungamento.....        | 41        |
| 4.8.2.1. Rete di telefonia amministrativa .....               | 41        |
| 4.8.2.2. Rete telefonica di linea.....                        | 41        |
| 4.8.2.3. Rete citofonica di Info-SOS .....                    | 42        |
| <b>4.9. Sistema integrato di bordo.....</b>                   | <b>43</b> |
| 4.9.1. Stato di fatto .....                                   | 43        |
| 4.9.2. Estensione del sistema per il prolungamento .....      | 44        |
| <b>4.10. Sistema di registrazione audio .....</b>             | <b>44</b> |
| 4.10.1. Stato di fatto .....                                  | 44        |
| 4.10.2. Estensione del sistema per il prolungamento .....     | 45        |
| <b>4.11. Sistema Posto Centrale Integrato.....</b>            | <b>45</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| 4.11.1. Stato di fatto .....   | 45        |
| 4.11.1.1. Postazione TLC.....  | 46        |
| 4.11.1.2. Postazione Radio .....   | 47        |
| 4.11.2. Estensione del sistema per il prolungamento .....                                    | 47        |
| <b>4.12. Sistema di indirizzamento dinamico per l'evacuazione in galleria .....</b>          | <b>48</b> |
| <b>5. SISTEMA DI TELECOMANDO E TELECONTROLLO (SCADA) .....</b>                               | <b>49</b> |
| <b>5.1. Stato di fatto .....</b>   | <b>49</b> |
| 5.1.1. Introduzione.....   | 49        |
| 5.1.2. Funzionalità del sistema.....   | 49        |
| 5.1.2.1. Supervisione e controllo attraverso i PLC IA e ITA .....                            | 50        |
| 5.1.2.2. Supervisione e controllo attraverso il PLC Civile.....                              | 50        |
| 5.1.2.3. Supervisione e controllo attraverso le interfacce con i sottosistemi ATC e TLC..... | 51        |
| 5.1.3. Interfaccia Operatore .....   | 51        |
| 5.1.4. Architettura del sottosistema.....  | 52        |
| <b>5.2. Estensione del sistema per il prolungamento .....</b>                                | <b>53</b> |
| <b>6. IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA.....</b>   | <b>55</b> |
| <b>6.1. Sistema Media Tensione .....</b>   | <b>55</b> |
| 6.1.1. Stazioni non sede di sottostazione .....  | 56        |
| 6.1.2. Stazioni sede di sottostazione.....   | 57        |
| 6.1.3. Deposito .....  | 57        |
| <b>6.2. Sistema di Trazione.....</b>   | <b>58</b> |
| 6.2.1. Rete elettrica di trazione della tratta di linea in servizio.....                     | 58        |
| 6.2.2. Rete elettrica di trazione prevista per il prolungamento in fase di progetto.....     | 60        |
| <b>6.3. PAG (Pulsante di Apertura generale).....</b>   | <b>65</b> |
| <b>6.4. Sistema di disalimentazione elettrica di trazione .....</b>                          | <b>65</b> |
| <b>7. LINEA DI CONTATTO.....</b>   | <b>67</b> |
| 7.1. Introduzione.....   | 67        |
| 7.2. Caratteristiche generali .....  | 67        |
| 7.3. Componenti del sottosistema Terza Rotaia .....  | 69        |
| 7.3.1. Fissaggio di connessione del conduttore.....  | 69        |
| 7.3.2. Ancoraggio .....  | 69        |
| 7.3.3. Terminale cavi (Alimentazione).....   | 69        |
| 7.3.4. Rampe di Terza Rotaia .....   | 69        |
| 7.3.5. Giunti di dilatazione.....  | 70        |
| 7.3.6. Isolatore di supporto.....  | 70        |
| 7.3.7. Sistema di protezione.....  | 70        |
| 7.4. Layout terza rotaia nelle zone scambio .....  | 71        |
| 7.5. Layout terza rotaia in DEPOSITO .....   | 71        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>8. IMPIANTI ELETTRICI DI STAZIONE, DI LINEA E di deposito .....</b>      | <b>72</b> |
| <b>8.1. Impianti elettrici di stazione .....</b>                            | <b>72</b> |
| 8.1.1. Alimentazioni .....  | 72        |
| 8.1.2. Quadri elettrici di distribuzione .....                              | 73        |
| 8.1.2.1. Quadro generale .....  | 73        |
| 8.1.2.2. Quadro di emergenza o di Assoluta Continuità .....                 | 74        |
| 8.1.2.3. Caratteristiche elettriche quadri .....                            | 74        |
| 8.1.2.4. Caratteristiche costruttive quadri .....                           | 75        |
| 8.1.2.5. Interruttori automatici .....                                      | 75        |
| 8.1.2.6. Strumenti di misura .....  | 75        |
| 8.1.2.7. Relè voltmetrici .....   | 75        |
| 8.1.2.8. Neutro e messa a terra .....                                       | 76        |
| 8.1.2.9. Coordinamento delle protezioni .....                               | 76        |
| 8.1.3. Gruppi statici di continuità .....                                   | 76        |
| 8.1.4. Impianto di illuminazione .....                                      | 77        |
| 8.1.4.1. Impianto di illuminazione di stazione .....                        | 77        |
| 8.1.5. Impianto FM e prese .....  | 78        |
| 8.1.6. Impianto di terra di stazione .....                                  | 79        |
| 8.1.7. Portoni motorizzati e serrande .....                                 | 79        |
| 8.1.8. Riscaldamento scale fisse esterne .....                              | 79        |
| 8.1.9. Impianto di rilevazione degli incendi .....                          | 80        |
| 8.1.10. Impianto antintrusione .....  | 80        |
| 8.1.11. Impianto controllo accessi .....                                    | 81        |
| 8.1.12. Cavi .....  | 81        |
| 8.1.13. Grado di protezione degli impianti contro gli agenti esterni .....  | 82        |
| <b>8.2. Impianti Elettrici di linea .....</b>                               | <b>82</b> |
| 8.2.1. Alimentazioni .....  | 82        |
| 8.2.2. Quadri elettrici di distribuzione .....                              | 82        |
| 8.2.2.1. Sistema di commutazione impianto d'illuminazione di galleria ..... | 82        |
| 8.2.3. Impianto di illuminazione di galleria .....                          | 83        |
| 8.2.3.1. Impianto luce di sicurezza – normalmente acceso .....              | 83        |
| 8.2.3.2. Impianto luce sussidiaria – normalmente spento .....               | 83        |
| 8.2.3.3. Impianto luce del pozzo .....                                      | 84        |
| 8.2.4. Impianto Fm e prese .....  | 84        |
| 8.2.5. Impianto di terra di galleria .....                                  | 84        |
| 8.2.6. Impianto di terra comune esterna .....                               | 84        |
| 8.2.7. Impianto controllo temperatura in galleria .....                     | 85        |
| 8.2.7.1. Architettura dell'impianto .....                                   | 85        |
| 8.2.7.2. Prestazioni .....  | 85        |



|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 8.2.8.      | Impianto rilevazione incendi pozzi .....                                     | 86        |
| 8.2.9.      | Impianto antintrusione .....   | 86        |
| 8.2.10.     | Cavi .....   | 86        |
| 8.2.11.     | Grado di protezione degli impianti contro gli agenti esterni .....           | 86        |
| <b>8.3.</b> | <b>Impianti Elettrici di deposito .....</b>                                  | <b>87</b> |
| 8.3.1.      | Alimentazioni .....  | 87        |
| 8.3.2.      | Quadri elettrici di distribuzione .....                                      | 87        |
| 8.3.2.1.    | Quadro generale .....  | 87        |
| 8.3.2.2.    | Quadro di emergenza .....  | 87        |
| 8.3.3.      | Gruppi statici di continuità .....   | 88        |
| 8.3.4.      | Impianto di illuminazione .....  | 88        |
| 8.3.4.1.    | Impianto di illuminazione aree ricovero treni, locali tecnici, servizi ..... | 88        |
| 8.3.4.2.    | Impianto di illuminazione fosse .....  | 88        |
| 8.3.4.3.    | Impianto di illuminazione uffici .....                                       | 88        |
| 8.3.4.4.    | Caratteristiche impianti di illuminazione di deposito .....                  | 88        |
| 8.3.5.      | Impianto FM e prese .....  | 89        |
| 8.3.6.      | Impianto di terra di deposito .....  | 90        |
| 8.3.7.      | Impianto di rilevazione degli incendi .....                                  | 90        |
| 8.3.8.      | Impianto antintrusione .....   | 90        |
| 8.3.9.      | Impianto controllo accessi .....   | 91        |
| 8.3.10.     | Cavi .....   | 91        |
| 8.3.11.     | Grado di protezione degli impianti contro gli agenti esterni .....           | 92        |
| <b>9.</b>   | <b>IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO DI STAZIONE E DI DEPOSITO .....</b>              | <b>93</b> |
| <b>9.1.</b> | <b>Scale mobili di stazione .....</b>  | <b>93</b> |
| 9.1.1.      | Normativa .....  | 93        |
| 9.1.2.      | Caratteristiche geometriche .....  | 93        |
| 9.1.3.      | Caratteristiche funzionali .....   | 94        |
| 9.1.4.      | Caratteristiche ambientali .....   | 94        |
| 9.1.5.      | Gradini .....  | 94        |
| 9.1.6.      | Dotazioni particolari di impianto .....                                      | 95        |
| 9.1.7.      | Sicurezza utenti .....   | 95        |
| 9.1.8.      | Vita tecnica media .....   | 95        |
| 9.1.9.      | Attrezzaggio stazione tipica .....   | 96        |
| <b>9.2.</b> | <b>Ascensori di stazione .....</b>   | <b>96</b> |
| 9.2.1.      | Normativa .....  | 96        |
| 9.2.2.      | Caratteristiche funzionali .....   | 97        |
| 9.2.3.      | Cabina .....   | 97        |
| 9.2.3.1.    | Illuminazione di cabina .....  | 99        |



|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| 9.2.4.      | Armadio M.R.L. ....   | 99         |
| 9.2.5.      | Azionamento elettrico M.R.L. ....                                   | 99         |
| 9.2.6.      | Caratteristiche particolari di impianto ....                        | 100        |
| 9.2.7.      | Attrezzaggio della stazione tipologica ....                         | 100        |
| 9.2.8.      | Ascensori di emergenza ....   | 100        |
| <b>9.3.</b> | <b>Ascensori di deposito</b> .....                                  | <b>101</b> |
| 9.3.1.      | Normativa ....  | 101        |
| 9.3.2.      | Caratteristiche funzionali ....                                     | 101        |
| 9.3.3.      | Cabina ....   | 102        |
| 9.3.3.1.    | Illuminazione di cabina ....  | 103        |
| 9.3.4.      | Armadio M.R.L. ....   | 103        |
| 9.3.5.      | Azionamento elettrico M.R.L. ....                                   | 104        |
| 9.3.6.      | Azionamento oleodinamico del montacarichi ....                      | 104        |
| 9.3.7.      | Attrezzaggio tipologico del deposito ....                           | 105        |
| <b>10.</b>  | <b>IMPIANTI DI CONTROLLO VIAGGIATORI</b> .....                      | <b>106</b> |
| 10.1.       | Generalità.....   | 106        |
| 10.2.       | Barriera ingresso uscita PI/U.....                                  | 106        |
| 10.3.       | Barriera ingresso uscita PHH.....                                   | 106        |
| 10.4.       | Apparati di ricarica dei documenti.....                             | 107        |
| 10.5.       | Concentratore di stazione.....                                      | 107        |
| 10.6.       | Attrezzaggio della stazione tipologica.....                         | 108        |
| <b>11.</b>  | <b>IMPIANTI MECCANICI DI LINEA, DI STAZIONE E DI DEPOSITO</b> ..... | <b>109</b> |
| 11.1.       | Impianti meccanici di linea.....                                    | 109        |
| 11.1.1.     | Impianto di sollevamento acque chiare.....                          | 109        |
| 11.1.2.     | Impianto antincendio con manichette.....                            | 109        |
| 11.1.3.     | Impianto di ventilazione di galleria.....                           | 110        |
| 11.1.4.     | Pozzi di aerazione naturale.....                                    | 112        |
| 11.2.       | Impianti meccanici di stazione.....                                 | 113        |
| 11.2.1.     | Impianti idrico-sanitari.....                                       | 113        |
| 11.2.1.1.   | Impianti idrici.....  | 113        |
| 11.2.1.2.   | Servizi igienici di tipo tradizionali.....                          | 113        |
| 11.2.1.3.   | Bagni automatici.....   | 113        |
| 11.2.1.4.   | Rete di scarico delle acque bianche ed acque nere.....              | 114        |
| 11.2.1.5.   | Impianto di sollevamento acque bianche ed acque nere.....           | 114        |
| 11.2.1.6.   | Collegamento alla fognature urbana.....                             | 114        |
| 11.2.2.     | Impianti antincendio.....   | 115        |
| 11.2.2.1.   | Impianto antincendio con manichette ed estintori.....               | 115        |
| 11.2.2.2.   | Impianto antincendio sprinkler.....                                 | 116        |



|   |            |
|---|------------|
| 11.2.3. <i>Impianto di condizionamento e aspirazione</i> .....  | 117        |
| 11.2.3.1. <i>Impianto di condizionamento locali tecnologici</i> .....   | 117        |
| 11.2.3.2. <i>Impianto di condizionamento banchine</i> .....   | 118        |
| 11.2.3.3. <i>Impianto di aspirazione</i> .....  | 118        |
| 11.2.3.4. <i>Scenario di incendio in locale tecnologico</i> .....   | 119        |
| 11.2.4. <i>Impianto di ventilazione di stazione</i> .....   | 119        |
| 11.2.4.1. <i>Camera di ventilazione di stazione</i> .....   | 119        |
| 11.2.4.2. <i>Caratteristiche della camera di ventilazione di stazione</i> .....   | 119        |
| 11.2.4.1. <i>Ventilazione dei locali tecnici e dei locali commerciali di pertinenza delle stazioni</i> .....              | 120        |
| <b>11.3. <i>Modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione di stazione e galleria</i> .....</b>                 | <b>120</b> |
| 11.3.1. <i>Normativa di riferimento</i> .....   | 120        |
| 11.3.2. <i>Ventilazione di stazione e galleria in normale esercizio</i> .....   | 122        |
| 11.3.3. <i>Ventilazione di stazione e galleria in emergenza incendio</i> .....  | 123        |
| 11.3.3.1. <i>Scenario di incendio in linea o treno incendiato in linea</i> .....  | 123        |
| 11.3.3.2. <i>Scenario di treno incendiato fermo in stazione</i> .....   | 124        |
| 11.3.3.3. <i>Scenario di incendio in ambiente di stazione (aree aperte al pubblico)</i> .....                             | 124        |
| 11.3.3.4. <i>Scenario di incendio in locale tecnologico / in un locale commerciale di pertinenza della stazione</i> ..... | 124        |
| <b>11.4. <i>Impianti meccanici di deposito</i>.....</b>   | <b>124</b> |
| 11.4.1. <i>Impianto idrico-sanitario</i> .....  | 125        |
| 11.4.2. <i>Impianto antincendio idranti ed estintori</i> .....  | 125        |
| 11.4.3. <i>Impianto antincendio sprinkler</i> .....   | 127        |
| 11.4.4. <i>Impianto antincendio "water mist"</i> .....  | 127        |
| 11.4.5. <i>Impianto aria compressa</i> .....  | 128        |
| 11.4.6. <i>Impianti di condizionamento</i> .....  | 129        |
| 11.4.6.1. <i>Centrale termica</i> .....   | 129        |
| 11.4.6.2. <i>Edifici di tipo civile</i> .....   | 131        |
| 11.4.6.3. <i>Edifici di tipo industriale</i> .....  | 132        |
| 11.4.7. <i>Impianto gas</i> .....   | 133        |
| <b>11.5. <i>Quadri elettrici e linee di alimentazione</i>.....</b>  | <b>133</b> |
| <b>12. <i>ATTREZZAGGIO DEPOSITO</i> .....</b>   | <b>135</b> |





## 1. INTRODUZIONE

---

La tratta da Bignami a Monza Brianza si configura come il prolungamento dei precedenti Lotti già messi in servizio da Garibaldi – Bignami e da San Siro - Garibaldi.

La scelta quindi degli standard impiantistici e di armamento ha necessariamente dovuto tener conto di quanto già previsto nella linea in esercizio.

Tale necessità sussiste in particolare per quanto riguarda gli impianti più legati al Sistema e cioè: Segnalamento/Automazione, Telecomunicazioni e SCADA. Infatti tali impianti dovranno essere necessariamente realizzati in modo da garantire la compatibilità funzionale con quelli della prima tratta.

Per quanto riguarda le altre tipologie di impianti sono state mantenute simili le funzionalità generali e gli standard dei vari sistemi ove ritenuto opportuno; alcune scelte o soluzioni differenti sono state viceversa introdotte per tenere conto dell'evoluzione tecnologica, dell'esperienza derivata dalla messa in servizio dei due lotti già aperti all'esercizio commerciale e di eventuali aggiornamenti normativi.

A tal proposito si segnala in particolare che il presente progetto tiene conto, come riferimento per gli aspetti impiantistici legati alla prevenzione incendi, della "Regola Tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione ed esercizio delle metropolitane" allegata al Decreto del Ministero dell'Interno del 21 ottobre 2015.



## **2. SISTEMA DI SEGNALAMENTO ED AUTOMAZIONE**

---

### **2.1. STATO DI FATTO**

#### **2.1.1. INTRODUZIONE**

Il sistema ATC della Linea 5 di Milano è un sistema di segnalamento ad automazione integrale di tipo a blocco automatico a sezioni di linea fisse: un treno può avvicinarsi al treno che lo precede fino al limite del Circuito di Binario occupato dal treno che lo precede (più un margine dipendente da numerosi fattori, fra cui la velocità dei treni e le caratteristiche del tracciato).

I circuiti di binario sono del tipo in audiofrequenza senza giunti dielettrici (salvo che per i circuiti di stazione e per altri casi particolari), con rilevamento della posizione del treno tramite shunt elettrico e trasmissione continua dei dati vitali di tracciato in formato digitale da terra a bordo dei veicoli tramite accoppiamento induttivo.

La funzionalità completa del sistema ATC è data da tre funzioni primarie:

- ATP - dispositivo automatico protezione treni;
- ATO - controllo automatico del movimento dei treni;
- ATS - sorveglianza dell'esercizio.

La funzione di protezione treni (ATP) è realizzata con Livello di Integrità della Sicurezza SIL 4.

In condizioni operative normali le suddette funzioni sono eseguite in automatico.

In condizioni operative anormali, includendo certi modi di guasto, dove le condizioni prevalenti esistono al di fuori dello scopo di controllo dell'ATC, queste funzioni richiedono un intervento manuale regolato da procedure operative.

La logica vitale di controllo dei treni (ATP), realizzata con sistemi a microprocessore interfacciati con il campo tramite relè vitali, è di tipo distribuito e risiede negli apparati collocati nelle Sale Tecniche (SER) presenti nelle stazioni di:

- Bignami;
- Istria;
- Garibaldi;
- Monumentale;
- Tre Torri;
- S. Siro.

Tali sale tecniche sono interfacciate fra di loro e con il Posto Centrale tramite una rete in fibra ottica dedicata sulla quale sono scambiati dati non vitali relativi alla gestione dei treni (ATS e ATO).

#### **2.1.2. DISPOSITIVO AUTOMATICO PROTEZIONE TRENI (ATP)**

I dispositivi automatici protezione treni (ATP) supportano il funzionamento sicuro del sistema basandosi su principi fail-safe.

L'ATP impedisce ai treni di funzionare in modo non sicuro. Ciò include:

- imposizione di un distanziamento di sicurezza fra i treni,



- prevenzione di itinerari incompatibili,
- reazione di sicurezza in caso di rilevamento intrusioni,
- rispetto della velocità di sicurezza imposta dalle caratteristiche del veicolo e dalla geometria del tracciato,
- incarrozzamento e discesa dei passeggeri in maniera sicura tramite il controllo delle porte della banchina e del veicolo,
- supervisione vitale della funzione di recupero treni in avaria.

La funzione ATP è realizzata separatamente dalle altre funzioni non collegate alla sicurezza, sia a bordo, sia nei sottosistemi ATC di terra.

In corrispondenza delle zone scambio, l'ATP assicura che il movimento del treno sia ammesso solo quando è disponibile un percorso libero e univocamente definito tramite l'interlocking, e gli scambi sono bloccati nella posizione richiesta.

Prima di consentire qualsiasi percorso di ingresso nell'area di una stazione con banchine dotate di porte scorrevoli, l'ATP di terra verifica che le porte siano chiuse e bloccate.

L'ATP monitora costantemente lo stato di chiusura delle porte di accesso / uscita di emergenza alle aree di guida automatica. In caso di rilevamento di una apertura indebita i treni vengono immediatamente arrestati nell'area interessata.

Le porte della banchina e del veicolo sono aperte in automatico dai sottosistemi ATC di terra e di bordo collegati alla sicurezza (sono controllate e sbloccate da ATP ed azionate da ATO).

### **2.1.3. CONTROLLO AUTOMATICO DEL MOVIMENTO DEI TRENI (ATO)**

Le funzioni di controllo automatico del movimento dei treni (ATO) prevedono il controllo di ogni singolo treno, in movimento o in sosta, che opera all'interno della curva velocità/spazio di sicurezza, imposta dalla funzione ATP. Queste funzioni comprendono, ma non sono limitate a:

- controllo movimento (entro i limiti dell'ATP);
- modifiche delle prestazioni del veicolo;
- programmazione fermate in stazione;
- selezione itinerario (avvio automatico dell'itinerario);
- prove e diagnostica alla partenza, disponibilità del treno all'esercizio;
- identificazione veicolo;
- monitoraggio condizioni veicolo;
- avvio del processo di accoppiamento automatico;
- controllo durata della sosta;
- richiesta chiusura porte treno e banchina;
- supporto informazioni ai passeggeri;
- recupero automatico di un treno in avaria.

La funzione ATO è implementata nei sistemi ATC di bordo e di terra. Le funzioni ATO non fanno riferimento alla sicurezza, anche se rientrano nella gestione di alcuni scenari di emergenza di sistema (es. incendio treno in linea).



#### **2.1.4. SORVEGLIANZA DELL'ESERCIZIO (ATS)**

La sorveglianza dell'esercizio (ATS) prevede il controllo della marcia di treni multipli (arrivo e partenza dei treni da tutte le stazioni), nell'intento di soddisfare complessivamente i requisiti di orario e prestazioni del sistema. Le funzioni del sistema ATS comprendono, ma non si limitano a:

- operazioni automatiche di smistamento dei treni;
- instradamento automatico e definizione punti di normale fermata;
- regolazione programmata della circolazione dei veicoli;
- strategie di risoluzione dei conflitti orario/prestazioni;
- algoritmi regolarizzazione della marcia in linea;
- regolazione durata della sosta;
- limiti di velocità per zona;
- gestione inibizione uscita dei treni;
- visualizzazione grafica ed interfaccia operatore;
- registrazione treni in servizio (train logging), registrazione eventi, allarmi;
- supporto informazioni ai passeggeri.

La funzione ATS è implementata in modo preponderante nel sistema centrale ATC, con anche una capacità di funzionamento limitata gestita dal sistema ATC di terra in caso di fallimento del comando dall'ATC centrale all'ATC di terra.

ATS è un sottosistema non collegato alla sicurezza, anche se le sue funzionalità rientrano nella gestione di alcuni scenari di emergenza di sistema (es. incendio treno in linea).

#### **2.1.5. ARCHITETTURA GENERALE DEL SISTEMA**

L'apparecchiatura del sistema ATC è suddivisa in quattro categorie principali:

- di bordo - dispositivi ed unità a bordo del veicolo;
- di terra - dispositivi in campo, apparecchiature periferiche di segnalamento nelle sale tecniche di stazione (SER);
- di centro - apparecchiatura centrale, collocata all'interno delle sale apparati e di controllo di Bignami;
- di comunicazione - dispositivi usati per consentire le comunicazioni tra i sistemi di terra, di bordo e della centrale.

Ciascuna delle suddette categorie comprende le interfacce con tutti i sottosistemi circostanti. Fondamentalmente, il "contesto", in cui l'ATC è integrato, è formato dai seguenti elementi:

- Treni (materiale rotabile), che a sua volta comprende:
  - interfacce con il sistema TLC di bordo (OBS) che contiene il sistema trasmissione dati via Radio e il sistema informativo passeggeri (PIS);
  - Unità di Controllo Centrale (CCU), unità elettronica di bordo per il controllo di propulsione e frenatura;
  - Fili treno;
  - Consolle Guida di Emergenza (EDC);
- Sistema di Monitoraggio e Acquisizione Dati (SCADA);



- Operatori (esercizio commerciale e manutenzione);
- Sistema Informativo e Sicurezza Passeggeri (PSIS);
- Sistema Porte Scorrevoli di Banchina (PSDS);
- Rilevatori di intrusione.

L'elevata disponibilità del Sistema ATC è ottenuta tramite diversi tipi di ridondanza ed in particolare:

- ridondanza funzionale di tipo "hot stand-by" (trasferimento immediato ad un'unità integra, dotata di alimentazione, senza necessità di aggiornamento della base dati);
- ridondanza funzionale di tipo "warm stand-by" (trasferimento ritardato ad un'unità integra, dotata di alimentazione, ma con un certo tempo di ritardo necessario all'aggiornamento della base dati);
- ridondanza operativa (back up fornito da un sistema alternativo).

#### 2.1.5.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA ATC DI BORDO

Il sistema di Controllo Automatico dei Treni di Bordo (ATC) installato su ogni veicolo a 4 carrozze è costituito da due sistemi ATC di cabina identici in ridondanza tra loro. Ciascun sistema ATC di cabina (primario/di riserva) viene installato alle estremità del veicolo a 4 carrozze ed è formato da:

- un'unità MicroCab II;
- un'unità di visualizzazione aspetto segnali (ADU);
- interfacce con il sistema TLC di bordo (OBS) che contiene il Sistema trasmissione dati via Radio ed il sistema informativo passeggeri (PIS);
- interfacce con l'Unità di Controllo Centrale (CCU) tramite il Bus Multifunzionale del Veicolo (MVB);
- interfacce con vari componenti hardware per ricevere e trasmettere comandi e dati al sistema ATC di terra;
- interconnessioni via fili treno e con il Bus Multifunzionale del Veicolo (MVB).

Il MVB supporta l'interfaccia tra i dati sullo stato di funzionamento del veicolo (VHD) e la scatola nera del treno (TAD). Il sistema ATC possiede, inoltre, i collegamenti MVB verso l'OBS. Questi collegamenti sono usati per l'interfaccia del sistema informativo passeggeri (PIS) e per l'interfaccia per i dati trasmessi via radio. Le informazioni ricevute dal CCU/OBS sono inviate alla Centrale tramite il TWC (Train Wayside Communication) facente parte degli sistema ATC di terra.

L'apparecchiatura ATC di bordo funziona in uno dei cinque modi operativi in base alla posizione degli interruttori con chiave transfer switch e by-pass switch sul quadro di comando primario nel pannello di guida manuale. I modi operativi dell'ATC di Bordo possibili sono:

- Modo AUTO (Funzionamento senza conducente);
- Modo ATO/ATP (Manuale con supervisione ATO e ATP);
- Modo ATP (Manuale con supervisione ATP);
- BYPASS (Manuale senza supervisione ATP o ATO);
- Modo OFF/Locale.

Le funzioni eseguite dal sistema ATC di bordo si dividono in vitali e non vitali.

Il sottosistema dei dispositivi automatici di protezione dei treni (ATP) esegue le seguenti funzioni vitali:

- Determinazione velocità Veicolo e posizione;
- Ricezione e decodifica del limite di velocità;
- Protezione da Sovravelocità;



- Controllo frenatura e interruzione propulsione;
- Stazionamento;
- Operazione di recupero;
- Treno in Scorrimento;
- Operazioni di Sweep Train;
- Blocco/sblocco porte;
- Failover Automatico e Selezione Unità ATC (Primaria e Secondaria);
- Modi operativi AUTO, ATO+ATP, e ATP;
- Interfaccia consolle guida di emergenza;
- Controllo orientamento e direzione di marcia del veicolo;
- Identificazione permanente veicolo (numero memorizzato in maniera permanente nel veicolo, che lo identifica in modo esclusivo);
- Comando di Arresto d'Emergenza via Radio;
- Comunicazioni Radio;
- Parcheggio in Deposito;
- Operazione di lavaggio vetture.

Il sottosistema di sorveglianza dell'esercizio (ATO) esegue le seguenti funzioni non vitali nei modi AUTO e ATO+ATP:

- Regolazione della Velocità;
- Fermata Programmata;
- Controllo ciclo porte;
- Stati di Disponibilità Veicolo;
- Salto della fermata in stazione;
- Verifica sistema ATC di bordo prima della partenza;
- Modifica prestazioni.

Altre funzioni eseguite dai seguenti sottosistemi collegati con gli input dall'ATC sono:

- Interfaccia sistema trasmissione dati via radio (Data Radio): in AUTO, ATO/ATP, e ATP;
- Interfaccia tra i dati di funzionamento del veicolo (VHD) e i dati della scatola (TAD);
- Interfacce del sistema d'informazione ai passeggeri (PIS): automatica nei modi AUTO e ATO/ATP, azionata manualmente dal conducente in ATP.

#### 2.1.5.1.1. COMUNICAZIONE VITALE CON IL VEICOLO

Quando un veicolo percorre la linea principale e l'area del deposito dotata di circuiti di binario, ciascun circuito di binario trasmette continuamente i dati digitali vitali generati dal sistema di terra.

Il messaggio dati, generato dalle apparecchiature di controllo dei circuiti di binario (AF-902), è accoppiato ai binari tramite collegamenti a ciascun'estremità del circuito di binario. I dati digitali sono ricevuti da antenne di bordo di captazione segnali, posizionate a ciascuna estremità del veicolo, e successivamente decodificati dal sottosistema ATP di bordo. Ciascun circuito di binario trasmette i propri dati usando una frequenza portante diversa da quella dei circuiti adiacenti. Il sistema ATC di bordo sintonizza un filtro sulla frequenza corretta, permettendo alle apparecchiature di bordo di ricevere solo i dati del circuito di binario interessato.



È attiva una sola coppia di antenne di captazione segnali per volta. Nei modi AUTO e ATO/ATP, le antenne di captazione attive dipendono sia dall'orientamento del veicolo, sia dalla direzione di marcia. In altri modi ATP, l'estremità del veicolo che ha un segnale pilota modulato digitalmente determina le antenne di captazione attive.

Le informazioni del messaggio dal Circuito di Binario al treno comprendono:

- Identificativo di circuito di binario o Track Circuit ID comunica al veicolo quale circuito di binario il veicolo sta attraversando;
- Velocità di linea è il valore del limite di velocità di linea imposto temporaneamente all'interno del Limite d'Autorizzazione;
- Velocità di Traguardo è la velocità prescritta che il veicolo deve avere in corrispondenza di un traguardo;
- Distanza dall'ostacolo (Distanza da percorrere) rappresenta la distanza da percorrere dall'inizio del cdb su cui si trova il treno quando riceve il messaggio, fino all'ostacolo o Limite di Autorizzazione;
- Controllo di direzione comunica al veicolo la direzione di marcia ammessa;
- Prossima Frequenza Portante informa il veicolo su quale frequenza portante (su otto) è da aspettarsi nel circuito di binario successivo;
- Indicazione di Stazionamento dice al veicolo che si trova all'interno dei limiti della banchina di stazione utilizzabile da parte dei passeggeri;
- Controllo di Accoppiamento ordina al veicolo di muoversi alla velocità di accoppiamento e si usa durante le operazioni di recupero treni in avaria;
- Primario/Backup indica quale unità AF-902 è attiva.

L'ATC di bordo e di terra (in corrispondenza delle banchine di stazione) sono dotati anche di antenne e boe AFOIIC, che eseguono comunicazioni più rapide rispetto a quelle dei cdb per lo stazionamento del treno. L'AFOIIC è costituito da trasmettitori e ricevitori ad audiofrequenza funzionanti in base a due frequenze specifiche, usate a terra e a bordo per ottenere lo scambio vitale delle informazioni di stazionamento e "VZERO" (velocità zero).

Due boe AFOIIC di questo tipo sono usate in ogni stazione, all'estremità della banchina per ogni binario. A bordo, l'antenna di comunicazione TWC serve anche all'accoppiamento con le loop dell'AFOIIC.

L'ATP di bordo controlla il ricevitore AFOIIC per vedere se sta ricevendo informazioni da terra. In caso di risposta affermativa, lo stazionamento corretto è confermato. Occorrono meno di 2 secondi dal momento dell'allineamento corretto per confermare la ricezione del messaggio AFOIIC, ed ciò risulta molto più veloce rispetto alla comunicazione AF902 della stessa informazione.

Dopo lo stazionamento, quando il rilevamento di velocità è pari a zero, l'ATP di bordo trasmette a terra, tramite AFOIIC, una richiesta di apertura delle porte scorrevoli della banchina.

#### 2.1.5.1.2. COMUNICAZIONE NON VITALE AL VEICOLO

I dati non vitali sono trasmessi al veicolo in corrispondenza di banchine di stazione e di postazioni definite della linea tramite il Sistema di Comunicazione Terra-Treno (TWC).

Tale comunicazione non vitale con il veicolo sfrutta un loop induttivo di terra. Questo loop contiene trasposizioni che sono rilevate dall'ATO di bordo e supportano la precisione delle fermate programmate in stazione, mentre il veicolo si avvicina alla banchina. Inoltre, le trasposizioni sono disposte in modo tale da cancellare l'accoppiamento induttivo tra i loop ed i circuiti di binario associati.

Le antenne non vitali TWC sono generalmente posizionate in corrispondenza di ogni binario prospiciente alla banchina, in tutte le stazioni, tronchini terminali, e nell'area del deposito. In linea di principio, un'antenna TWC



non vitale è posta ovunque esista la necessità di fornire nuove informazioni di itinerario ad un treno od ottenere da quest'ultimo l'ID (identificativo) dell'itinerario, e ogni volta in cui sia necessaria una fermata precisa.

Dati non vitali limitati sono trasmessi al veicolo tra una stazione e l'altra lungo la linea tramite l'interfaccia radio disponibile per mezzo del sistema TLC di bordo. Gli allarmi di bordo sono trasmessi nel momento in cui si verificano e i rimanenti dati sullo stato di funzionamento sono disponibili tramite una richiesta via radio. Un sottogruppo delle richieste di comando TWC è disponibile tramite l'uso dell'interfaccia di trasmissione dati via radio, utilizzabile da un veicolo quando in transito da una stazione all'altra.

#### 2.1.5.2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA ATC DI TERRA

Le apparecchiature di comando del sistema di segnalamento di terra sono installate a terra e nelle sale tecniche di stazione (SER). Il sistema ATC di terra comprende le seguenti voci:

- circuiti di binario in audiofrequenza del tipo AF 902 in tutta la linea principale, nei tronchini terminali e nel deposito. Tali circuiti forniscono, sia il rilevamento del treno, sia la trasmissione monodirezionale di informazioni di segnalamento da terra ai veicoli in transito;
- gli elaboratori MICROLOK II: sistema informatico vitale basato su un microprocessore specificatamente progettato per eseguire le funzioni di sicurezza del transito dei veicoli pertinenti agli apparati di terra quali ad esempio:
  - logica di Interlocking per assicurare le funzioni di instradamento e di rilevamento del treno in sicurezza;
  - logica Vital Sequencing per prevenire rischi collegati a treni che accidentalmente perdano la loro capacità di shunt;
- circuiti di binario a corrente alternata all'interno delle aree degli scambi;
- il sistema ad audio frequenza AFOIIC per la comunicazione vitale tra treno e terra delle informazioni di stazionamento del treno in banchina;
- loop TWC nella linea principale, (presso le stazioni e nei tronchini terminali) e in binari designati nell'area del deposito, per fornire ai treni informazioni di comando ed instradamento e permettere il trasferimento di informazioni bidirezionali sulla condizione del veicolo e sullo stato degli allarmi;
- cartellonistica fissa per indicare visivamente ai conducenti e alle squadre di lavoro, l'inizio e la fine di tratte di linea temporaneamente adibite al funzionamento manuale o soggette a lavori di manutenzione. I segnali a terra sono posti in ogni punto rilevante per il segnalamento (che coincide normalmente con una delimitazione di circuito di binario);
- gli elaboratori NVLE che garantiscono monitoraggio e controllo locale e si interfacciano:
  - lato centro con i server ATS;
  - lato campo con sottosistemi locali quali l'Interlocking Microlok II, il TWC e le porte di banchina.
- casse di manovra per ogni scambio sulla linea principale, sui tronchini terminali e nel deposito per controllare la direzione dei movimenti del treno in tutte le aree controllate da un Interlocking;
- Sistema di Trasmissione Dati (DTS) che garantisce il collegamento ai fini del trasferimento di comandi e indicazioni tra ogni SER e gli apparati del Posto Centrale di Bignami;
- pulsanti STES (Station Emergency Stop) previsti a coppia per ogni banchina e dedicati all'arresto dei treni in caso di emergenza. Tali pulsanti sono ubicati in banchina in prossimità dei punti tecnologici e sono posti dietro una portella dotata di vetro infrangibile (tipo manichette idrante). La funzionalità di tali pulsanti è quella di agire sull'ATC di terra per fermare i veicoli nell'area di stazione su entrambi i binari.

Gli itinerari possono essere controllati dalla centrale nel modo Automatico Centrale e nel modo Manuale Centrale o dalle postazioni di terra nel modo locale. La posizione di tutti i treni sulla linea principale è monitorata automaticamente e visualizzata su schermi posizionati nella SER e presso la Centrale Operativa.





### 2.1.5.3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA ATC CENTRALE

A livello hardware il sistema ATC Centrale è formato essenzialmente da:

- una coppia di server configurati in maniera ridondante dedicati ad elaborare il software applicativo per il controllo centralizzato del traffico, installati rispettivamente nelle due sale apparati CC e CS del PCO di Bignami;
- quattro postazioni operatore (client) dedicate ad elaborare e visualizzare richieste ed indicazioni installate nella sala di controllo principale di Bignami:
  - due di tali postazioni, riservate agli operatori DCT/DCE, sono dotate di tre monitor da 19" e due monitor da 40" dedicati alla rappresentazione del quadro sinottico (Train Descriptor) dell'intera linea;
  - una di tali postazioni, riservata al DS, è dotata di due monitor da 19" e due monitor da 40" dedicati alla rappresentazione del quadro sinottico (Train Descriptor) dell'intera linea;
  - l'ultima di tali postazioni è riservata al manutentore ed è dotata di soli due monitor da 19";
- una coppia di monitor da 40", riservata all'operatore DCV della sala di controllo principale di Bignami, dedicata alla rappresentazione del quadro sinottico (Train Descriptor) dell'intera linea;
- due postazioni operatore (client) dedicate ad elaborare e visualizzare richieste ed indicazioni installate nella sala di soccorso di Bignami:
  - una di tali postazioni è dotata di tre monitor da 19" e due monitor da 40" dedicati alla rappresentazione del quadro sinottico (Train Descriptor) dell'intera linea;
  - l'altra è riservata è invece dotata di soli due monitor da 19";
- switch del sistema di trasmissione dati dedicato al collegamento degli apparati di Posto Centrale con le SER;
- router di interfaccia tra il sistema di trasmissione dati dedicato al sistema ATC e la rete dati multiservizio degli impianti di Telecomunicazione ai fini dell'interfacciamento tra sottosistema ATC ed altri sottosistemi (quali SCADA, Sincronizzazione oraria, radio TETRA, ecc...);
- sistema dedicato alla gestione dei quadri sinottici (Train Descriptor) rappresentati sui monitor da 40" della sala di controllo principale sopra descritti e costituito da:
  - due workstation dotate schede grafiche dedicate a gestire rispettivamente i monitor che rappresentano la tratta Bignami – Garibaldi e la tratta Garibaldi – San Siro;
  - estensori video a fibra ottica che garantiscono la trasmissione/ricezione dei segnali DVI in uscita dalle workstation verso i monitor da 40";
- stampanti di rete Laser previste sia nella sala di controllo principale che in quella di soccorso.

Il sistema Centrale non è vitale. Pertanto, le funzioni ATS eseguite dal sistema Centrale non sono vitali.

#### 2.1.5.3.1. FUNZIONI OPERATIVE

Tutti i treni che operano nel territorio automatizzato funzionano sotto la supervisione del sistema ATC Centrale e della funzione di Regolazione della circolazione Veicoli. Tutte le posizioni e movimenti del treno sono controllate automaticamente per stabilire se i treni stanno funzionando in orario o entro limiti accettabili definiti dai parametri operativi configurabili e dall'orario di esercizio.

La funzione Regolazione Veicoli dell'ATC centrale, infatti, fornisce la maggior parte delle funzioni di sistema necessarie a monitorare e controllare in automatico il movimento dei treni programmati in automatico. Tale funzione fornisce anche un certo controllo automatico dei treni speciali non originariamente programmati in servizio, durante le normali condizioni di esercizio e un controllo automatico di tutti i treni automatici che si trovano in condizioni anormali o di emergenza. Questa funzione esegue il monitoraggio di tutti i treni nelle sezioni automatizzate del sistema.



L'operatore del sistema ATC centrale può sovrintendere e rispondere in ogni momento a condizioni di allarme, scavalcando le funzioni automatiche fornite dalla funzione di Regolazione Veicoli.

La Regolazione Veicoli mantiene un piano che è rivisto periodicamente in risposta a variazioni delle condizioni di esercizio per mantenere i propri dati necessari per controllare i treni in maniera automatica.

Il comportamento della funzione Regolazione Veicoli in presenza di problemi del sistema è regolato da parametri operativi MINOR\_DELAY e MAJOR\_DELAY. Tali parametri definiscono due possibili scenari di ritardo:

- Problema di entità minore - Quando lo scostamento dal programma è inferiore a MAJOR\_DELAY, ma maggiore o uguale a MINOR\_DELAY, la funzione Regolazione Veicoli effettua automaticamente delle regolazioni per provare a ridurre o ad eliminare gli effetti del ritardo nel tempo.
- Problema di entità grave - Quando lo scostamento dalla tabella è superiore o pari a MAJOR\_DELAY, la funzione Regolazione Veicoli emette un allarme critico per avvisare l'operatore della condizione. La funzione Regolazione Veicoli non cercherà di effettuare correzioni per eventi così non tipici. Questi eventi sono considerati così gravi da rendere probabilmente insufficiente il solo intervento automatico da parte della funzione Regolazione Veicoli per correggere la situazione. Generalmente, tali condizioni richiedono l'intervento dell'operatore.

#### 2.1.5.3.2. RIDONDANZA

Il sistema ATC Centrale è progettato e analizzato per minimizzare i guasti. L'hardware per il recupero da guasti prevede dei server ridondanti, dei processori per comunicazioni ridondanti, delle workstation distribuite, una LAN Ethernet ridondante.

Il Sistema ATC Centrale è esteso alla Centrale operativa e alla Centrale operativa di emergenza in modo tale che un disastro che provochi un arresto completo dell'apparecchiatura della Centrale operativa permetta di continuare a far funzionare il sistema dalla postazione di comando della Centrale operativa di emergenza.

In caso di mancanza di comunicazione tra il centro e la sala tecnica di apparecchiature di segnalamento di terra, le seguenti funzioni ATS saranno eseguite dalle apparecchiature ATC di terra:

- auto instradamento ed arresto alle fermate,
- controllo del tempo di sosta alle stazioni, come da ultimo aggiornamento da operazione locale di emergenza, tramite l'apparato centrale a itinerari via unità di comando locale.

#### 2.1.6. FUNZIONI DELL'ATC IN CASO DI PARTICOLARI SCENARI DI EMERGENZA

La funzione Regolazione Veicoli è in grado di rilevare le condizioni anomale / di emergenza e fornisce una risposta in modo automatico. Ogni volta in cui un treno automatico è pronto a lasciare una postazione (banchina o rimessa), per dirigersi verso un'altra postazione, la funzione Regolazione Veicoli esegue un controllo delle condizioni anormali. Lo scopo finale di tale controllo è prevenire la possibilità di un indebito arresto di un treno passeggeri sulla linea.

La filosofia alla base del sistema privilegia una sosta più lunga del treno in prossimità di una banchina, ove si possono adottare strategie più sicure per i passeggeri, piuttosto che far sostare un treno in linea, prima della banchina successiva.

Si riportano di seguito le principali condizioni anomale e i principi su cui si basa la conseguente reazione automatica del sistema<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Le reazioni del sistema descritte nel seguito sono riferite alla situazione di galleria a singola canna e doppio binario, in quanto tipica del prolungamento oggetto del presente progetto. Nelle tratte di linea a doppia canna singolo binario possono essere previsti comportamenti lievemente differenti in relazione alla segregazione fisica presente fra binario pari e binario dispari.



#### 2.1.6.1. *ATTIVAZIONE DEL SENSORE DI FUMO/FUOCO IN STAZIONE*

- Entrambe le banchine della stazione interessata dall'evento sono poste automaticamente FUORI SERVIZIO;
- I treni diretti alla stazione fuori servizio sono trattenuti in banchina con le porte aperte alle stazioni precedenti su entrambi i binari;
- I treni diretti alla stazione fuori servizio che hanno già lasciato le banchine delle stazioni precedenti raggiungeranno la stazione in emergenza e la supereranno senza effettuare fermata;
- I treni che, al momento della rilevazione dell'allarme di incendio, sono già fermi nella stazione A completano la sosta e lasciano la banchina.

#### 2.1.6.2. *ATTIVAZIONE DEL SENSORE DI FUMO/FUOCO (O ATTIVAZIONE DEL PULSANTE DI EMERGENZA INCENDIO) A BORDO DI UN TRENO*

- Se il treno con sensore di fumo/fuoco a bordo attivo è in movimento lungo la linea, continua la propria marcia fino a raggiungere la prima stazione sul proprio percorso, dove effettua la fermata e rimane con le porte aperte;
- Se tale treno è in sosta rimane fermo in banchina con le porte aperte;
- I treni presenti nelle tratte limitrofe e che sono diretti verso il treno allarmato sullo stesso binario o sul binario opposto (tratte a singola canna doppio binario) sono gestiti cercando di evitare l'avvicinamento al treno allarmato: se possibile vengono arrestati e trattenuti nelle stazioni adiacenti alla tratta interessata dall'emergenza.

#### 2.1.6.3. *ATTIVAZIONE DELLA MANIGLIA DI FERMATA DI EMERGENZA DEL VEICOLO*

- Se il treno su cui è attivata la maniglia di fermata di emergenza è in movimento lungo la linea, continua la propria marcia fino a raggiungere la prima stazione sul proprio percorso dove effettua la fermata e rimane fermo con le porte aperte;
- Se tale treno è in fase di sosta, viene inibita la partenza e rimane fermo con le porte aperte;
- Se tale treno sta partendo dalla stazione, allora applica una frenatura di emergenza in modo da rimanere allineato con almeno con una porta di veicolo alle porte di banchina;
- I treni presenti sullo stesso binario nelle tratte limitrofe e che sono diretti verso il treno allarmato sullo stesso binario o sul binario opposto (tratte a singola canna doppio binario) sono gestiti cercando di evitare l'avvicinamento al treno allarmato: se possibile vengono arrestati e trattenuti nelle stazioni adiacenti alla tratta interessata dall'emergenza.

#### 2.1.6.4. *ATTIVAZIONE DELLA MANIGLIA DI EMERGENZA SBLOCCO PORTE DEL VEICOLO*

- Se il treno su cui è attivata la maniglia di sblocco porte è in movimento lungo la linea, continua la propria marcia fino a raggiungere la prima stazione sul proprio percorso, dove effettua la fermata e rimane con le porte aperte;
- Se tale treno è in fase di sosta, viene inibita la partenza e rimane con le porte aperte;
- Se tale treno sta partendo dalla stazione, allora applica una frenatura di emergenza in modo da rimanere allineato con almeno con una porta di veicolo;



- Se tale treno è fermo lungo linea a causa di una fermata anomala l'attivazione della maniglia di emergenza sblocca porte inibisce il movimento del treno ed è rilasciato il blocco delle porte, che possono essere aperte manualmente dai passeggeri facendo scorrere lateralmente le ante;
- I treni presenti nelle tratte limitrofe e che sono diretti verso il treno allarmato sullo stesso binario o sul binario opposto (tratte a singola canna doppio binario) sono gestiti cercando di evitare l'avvicinamento al treno allarmato: se possibile vengono arrestati e trattenuti nelle stazioni adiacenti alla tratta interessata dall'emergenza.

#### 2.1.6.5. *APERTURA NON PROGRAMMATA DELLA PORTA DI VEICOLO (PERDITA DI CONTROLLO DI PORTE CHIUSE)*

- Se il treno su cui è rilevata la perdita di controllo porte chiuse è in movimento lungo la linea, si arresta applicando una frenatura di emergenza;
- Se tale treno è in procinto di partire da una stazione, la rilevazione della perdita di controllo porte chiuse inibisce il movimento del treno;
- Se tale treno è fermo lungo linea a causa di un arresto anomalo, la rilevazione della perdita di controllo porte chiuse inibisce il movimento del treno;
- Se tale treno è fermo lungo linea in attesa della liberazione di un itinerario, si veda il caso di treno in movimento;
- I treni presenti nelle tratte limitrofe e che sono diretti verso il treno allarmato sullo stesso binario o sul binario opposto (tratte a singola canna doppio binario) sono gestiti cercando di evitare l'avvicinamento al treno allarmato: se possibile vengono arrestati e trattenuti nelle stazioni adiacenti alla tratta interessata dall'emergenza.

#### 2.1.6.6. *ATTIVAZIONE DEL DISPOSITIVO DI VEICOLO RILEVAMENTO OSTACOLI*

- Il treno su cui è rilevata l'attivazione del dispositivo di rilevamento ostacoli si arresta applicando una frenatura di emergenza
- I treni presenti nelle tratte limitrofe e che sono diretti verso il treno allarmato sullo stesso binario o sul binario opposto (tratte a singola canna doppio binario) sono gestiti cercando di evitare l'avvicinamento al treno allarmato: se possibile vengono arrestati e trattenuti nelle stazioni adiacenti alla tratta interessata dall'emergenza.

#### 2.1.6.7. *ATTIVAZIONE DEL SISTEMA ANTINTRUSIONE NELLE AREE A MOVIMENTAZIONE AUTOMATICA (POZZI E PORTE DI BANCHINA)*

- Tutti i veicoli presenti nella tratta interessata vengono arrestati tramite azzeramento in sicurezza dei limiti di marcia consentiti (control lines);
- I veicoli in fase di sosta o in arrivo nella/e stazione/i adiacente/i diretti verso la zona di caduta delle control lines vengono trattenuti in banchina con le porte aperte.



#### 2.1.6.8. ATTIVAZIONE PULSANTI ARRESTO EMERGENZA DI BANCHINA (STES O PES)

In banchina di stazione sono previsti due coppie di pulsanti per la disalimentazione elettrica e l'arresto dei treni in emergenza (PES) e per l'arresto di emergenza dei treni (STES).

A fronte dell'attivazione di uno dei due pulsanti sopra descritti la reazione del sistema di segnalamento è la seguente (il PES agisce anche sul sistema di alimentazione elettrica, disalimentando la tratta interessata, mentre lo STES solo sul segnalamento):

- I veicoli presenti nell'area di banchina più un margine di sicurezza (in genere 50 m) sono arrestati con frenatura di emergenza (se già fermi non ripartono);
- I veicoli in fase di sosta nella/e stazione/i adiacente/i diretti verso la zona di caduta delle control lines vengono trattenuti in banchina con le porte aperte; lo stesso vale per i treni in arrivo alle stazioni e diretti alla zona interessata dall'evento;
- Veicoli diretti alla zona dove sono cadute le control lines che hanno eventualmente già lasciato la/e banchina/e delle stazioni adiacente/i si fermano prima di entrare nella zona di banchina.

#### 2.1.6.9. ATTIVAZIONE PEL

Lungo linea sono previsti pulsanti di disalimentazione elettrica (PEL).

All'attivazione di un PEL la reazione del sistema di segnalamento è la seguente:

- I veicoli in marcia lungo linea in una tratta disalimentata continuano la propria marcia per inerzia cercando di raggiungere la stazione successiva;
- I veicoli in fase di sosta nelle stazioni adiacenti diretti verso la zona disalimentata vengono trattenuti in banchina con le porte aperte; lo stesso vale per i treni in arrivo alle stazioni e diretti alla zona interessata dall'evento;
- I veicoli diretti alla zona disalimentata che hanno eventualmente già lasciato le banchine delle stazioni adiacenti continuano la propria marcia fino a raggiungere la tratta disalimentata.

#### 2.1.6.10. ATTIVAZIONE PED

Presso il deposito sono previsti pulsanti di disalimentazione elettrica (PED). La reazione del sistema segnalamento a fronte della pressione dei PEL prevede l'arresto con frenatura di emergenza dei treni presenti nell'area interessata.

## 2.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO

L'estensione del sistema di segnalamento e automazione della tratta esistente all'intero prolungamento fino alla stazione Monza Brianza dovrà essere necessariamente realizzata in modo da garantire la compatibilità funzionale con il sistema e con i veicoli ad oggi circolanti lungo la tratta Bignami – San Siro e pertanto è stata prevista l'adozione degli stessi standard tecnologici e delle stesse funzionalità del sistema esistente.

In particolare, il sottosistema ATC continuerà ad essere costituito da tre funzioni primarie:

- ATP - dispositivo automatico protezione treni;



- ATO - controllo automatico del movimento dei treni;
- ATS - sorveglianza dell'esercizio;

implementate grazie ad apparati installati rispettivamente:

- lungo linea ed all'interno delle sale tecniche (SER): ATC di terra;
- a bordo dei veicoli: ATC di Bordo;
- al posto centrale: ATC di Centro.

Relativamente all'ATC di terra, per l'estensione a Monza è prevista:

- l'installazione di tutti gli enti lungo linea ed all'interno del Deposito (circuiti di binario, casse di manovra, dispositivi di comunicazione terra – bordo, ecc...);
- l'installazione di tutte le apparecchiature necessarie alla gestione di tutti gli enti di linea ed all'implementazione delle logiche vitali di controllo in sicurezza dei treni (quali ad esempio il Microlock) e non vitali (elaboratore NVLE, sistema TWC), sempre di tipo distribuito, all'interno delle Sale Tecniche (SER) previste nelle stazioni di:
  - Testi-Gorki;
  - Cinisello – Monza;
  - Campania;
  - Monza FS;
  - Parco Villa Reale;
  - Monza Brianza;
- l'installazione di tutte le apparecchiature necessarie alla gestione di tutti gli enti di Deposito ed all'implementazione delle logiche vitali relative ai movimenti interni dell'area di rimessaggio automatica.

Relativamente all'ATC di bordo, per ciascuno dei nuovi veicoli previsti a progetto al fine di garantire il cadenzamento desiderato nella nuova configurazione San Siro – Monza Brianza è previsto l'attrezzaggio con una coppia di sistemi in ridondanza dotati di caratteristiche del tutto analoghe a quelli ad oggi presenti sui veicoli in servizio.

Per quanto concerne l'ATC di centro, per l'estensione a Monza sono previsti:

- l'adeguamento dei server ATS nonché delle postazioni operatore Client situate a Bignami, al fine di garantire la gestione del nuovo tratto di linea e del nuovo deposito attraverso la stessa interfaccia grafica e con le medesime funzionalità ad oggi garantite per la tratta in esercizio;
- la creazione, presso il nuovo Deposito, di una nuova Sala di controllo di PCO dotata di:
  - tutte le postazioni aggiuntive necessarie per gli operatori DCT/DCE, DCV e DS dedicate alla gestione dell'intera Linea;
  - di una postazione dedicata alla gestione del Deposito.

In linea di massima verrà previsto lo stesso numero di postazioni ad oggi esistente presso la sala di controllo di Bignami oltre ad una postazione DCT/DCE aggiuntiva, con caratteristiche analoghe alle altre ma dedicata alla gestione del Deposito;

- la creazione di una postazione operatore dedicata alla gestione della movimentazione manuale dei veicoli per l'ingresso all'officina. Tale postazione verrà installata in un locale in posizione rialzata e dotato di adeguata visibilità verso il piazzale.
- la trasformazione dell'attuale Sala di controllo PCO, situata a Bignami, in "Sala di controllo di soccorso PCS".



E' infine previsto l'adeguamento del sistema di trasmissione dati su fibra ottica monomodale dedicato al segnalamento affinché, per la trasmissione di dati non vitali relativi alla gestione dei treni (ATS e ATO), tutte le nuove SER siano interconnesse tra loro, con le sale apparati CC e CS del Posto Centrale di Bignami, con la nuova sala operativa situata presso il Deposito di Monza Casignolo e con la nuova postazione operatore prevista presso il Deposito per la gestione della movimentazione manuale dei veicoli per l'ingresso all'officina.



## 3. PORTE AUTOMATICHE DI BANCHINA

### 3.1. STATO DI FATTO

#### 3.1.1. INTRODUZIONE

Il sottosistema Porte Automatiche di Banchina (PAB) è composto dalle seguenti componenti fondamentali:

- Porte scorrevoli automatiche (ASD);
- Porte per uscita di emergenza (EED);
- Pannelli fissi trasparenti (FP);
- Porte di Fine Banchina (PED);
- Scatole con morsettiere di interfaccia;
- Pannello comandi locale (LCP).

Il sottosistema PAB è installato tra il binario e la banchina passeggeri ed è deputato a svolgere le due seguenti funzioni principali:

- impedire l'accesso non autorizzato ai binari e più in generale alle aree di circolazione automatica dei treni;
- separazione aeraulica tra la banchina di stazione e la linea.

Il sottosistema PAB è dotato di un sistema di monitoraggio della banchina (circuiti di sicurezza) per confermare che tutte le porte (scorrevoli e di soccorso) siano chiuse e bloccate, ed è anche dotato di un sistema per il rilevamento di eventuali ostacoli.

Il principale sottosistema con il quale si interfacciano le porte di banchina è il sistema di Segnalamento Automazione.

In ciascuna delle due banchine di ogni stazione sono installate:

- 8 porte scorrevoli automatiche;
- 27 porte per uscita di emergenza (EED);

in modo tale da consentire il servizio di un treno a 4 casse.

#### 3.1.2. DESCRIZIONE FUNZIONALE

##### 3.1.2.1. FUNZIONAMENTO IN SITUAZIONE NORMALE

La posizione iniziale del sottosistema PAB è con tutte le porte scorrevoli e a battente chiuse e bloccate.

Il circuito di sicurezza resta aperto finché c'è almeno una porta scorrevole o una porta a battente di emergenza che non è chiusa/bloccata. Finché il circuito di sicurezza è aperto, l'informazione "Tutte le porte chiuse e bloccate" non viene inviata al sottosistema di segnalamento. La conseguenza diretta di questo stato è il divieto per il treno di entrare in stazione o di partire dalla stazione.

Quando il treno viene fermato in corrispondenza della banchina in posizione corretta (sosta non sfalsata), il sottosistema di segnalamento invia l'ordine di apertura e l'autorizzazione di apertura al pannello delle interfacce del sottosistema. Lo stato di questi 2 segnali determina a sua volta l'invio di un ordine "consenso





apertura” e di un ordine “comando di apertura” verso le Door Control Unit (DCU) delle porte scorrevoli causando così:

- l'apertura delle porte scorrevoli;
- l'illuminazione degli indicatori di apertura di ogni porta scorrevole;
- l'apertura del circuito di sicurezza e quindi:
  - l'interruzione dell'invio al sottosistema segnalamento dell'informazione “Tutte le porte chiuse e bloccate”;
  - lo spegnimento dell'indicatore “Tutte le porte chiuse e bloccate” sul Pannello di Comando Locale.

Fintanto che il circuito di sicurezza è aperto e quindi l'informazione “Tutte le porte chiuse e bloccate” non viene inviata al sottosistema ATC, il treno non deve e non può partire in quanto le porte di banchina non soddisfano le condizioni di sicurezza necessarie per la partenza.

Per consentire la partenza del treno, il sottosistema ATC rimuove il comando di apertura (il consenso di apertura rimane presente). Ciò determina l'arresto dei comandi “Consenso apertura” e “Comando apertura” verso le DCU delle porte scorrevoli causando così:

- la chiusura ed il blocco delle porte scorrevoli;
- il lampeggio durante la chiusura delle porte dell'indicatore di chiusura situato al di sopra di ogni porta;
- la chiusura del circuito di sicurezza Porte di Banchina e quindi:
  - l'invio al sottosistema segnalamento dell'informazione “Tutte le porte chiuse e bloccate”;
  - l'accensione dell'indicatore “Tutte le porte chiuse e bloccate” sul Pannello di Comando Locale.

Il treno può quindi partire poiché le porte di banchina soddisfano le condizioni di sicurezza necessarie alla partenza.

La forza e l'energia cinetica di chiusura sono opportunamente regolate al fine di rispettare la normativa applicabile.

Ogni Porta scorrevole può rilevare un ostacolo durante la sua corsa in apertura e in chiusura. La rilevazione d'ostacolo in chiusura provoca una riapertura parziale e subito dopo rende meccanicamente libera la Porta scorrevole per un tempo regolabile al fine di consentire la rimozione dell'ostacolo.

Alla fine del periodo in cui la porta si trova meccanicamente libera, la porta effettua un nuovo tentativo di chiusura/apertura.

Dopo 3 rilevazioni d'ostacolo, la porta resta libera fino alla comparsa di un ordine di chiusura, nel qual caso la porta si richiude, o fino a quando non venga chiusa manualmente.

Quando la Porta Scorrevole resta libera in seguito ad una rilevazione d'ostacolo, viene inviata un'informazione “Rilevazione Ostacolo” al sistema di supervisione delle PAB (MMS).

### 3.1.2.2. *FUNZIONAMENTO IN SITUAZIONE DEGRADATA*

In caso di mancata chiusura di una porta scorrevole durante un ciclo di chiusura delle porte di banchina, il circuito di sicurezza non è chiuso. Il treno pertanto non può partire finché la porta è aperta.

Un addetto (personale autorizzato) in stazione può allora:

- utilizzare il dispositivo di controllo Locale per chiudere la porta scorrevole forzando localmente un ordine di chiusura, e successivamente isolarla;
- oppure, chiudere la porta manualmente e successivamente isolarla.

Se la porta guasta non può essere richiusa manualmente, deve essere presa in consegna e monitorata fino alla scomparsa dell'anomalia.



In caso di mancata apertura automatica di una porta scorrevole, i passeggeri dal treno possono accedere alla banchina sbloccando manualmente la porta scorrevole tramite la maniglia di sblocco manuale (presente solo dal lato treno).

In caso di mancata chiusura o mancata apertura delle porte scorrevoli in seguito ad un guasto di comando, un agente in stazione (personale autorizzato) può utilizzare il Pannello di Controllo Locale presente sulla banchina per effettuare le seguenti operazioni:

- annullare i comandi automatici;
- aprire e chiudere le porte scorrevoli con un ordine generato dal Pannello di Controllo Locale.

Per l'evacuazione del treno i passeggeri dal treno possono accedere alla banchina sbloccando manualmente la Porta Scorrevole tramite la maniglia di sblocco manuale (presente solo dal lato treno).

In questo scenario di degrado il circuito di sicurezza funziona normalmente per indicare all'ATC l'informazione "Tutte le porte chiuse e bloccate".

In caso di arresto sfalsato del treno, gli utenti possono abbandonare il treno utilizzando le Porte a Battente di Sicurezza (EED) situate tra le porte scorrevoli. Una Porta a Battente di Sicurezza è una porta a battente il cui sblocco è possibile azionando un dispositivo tipo maniglione antipanico accessibile esclusivamente dal lato treno.

Lo stato chiusa/bloccata delle Porte a Battente di Sicurezza è controllato dal circuito di sicurezza.

Le Porte a Battente di Sicurezza sono munite di un dispositivo di richiamo che consente una richiusura automatica dopo l'utilizzo.

Nel caso in cui il circuito di sicurezza resti aperto, impedendo la partenza del treno o l'arrivo del treno in stazione, un agente in stazione (personale autorizzato) potrà utilizzare il Pannello di Controllo locale presente sulla banchina per bypassare il circuito di sicurezza.

Tale operazione va eseguita sotto il diretto controllo dell'agente che effettua il bypass del circuito di sicurezza, per garantire le condizioni di sicurezza necessarie alla partenza o all'arrivo del treno.

### **3.1.3. PRESTAZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI ANTINCENDIO**

Il Sistema porte di banchina, pur non costituendo parte attiva nella gestione delle emergenze incendio, ne risulta indirettamente coinvolto in quanto – soprattutto per gli scenari di treno incendiato in linea – costituisce una barriera che separa aerologicamente la galleria dalla banchina di stazione.

La separazione è da intendersi come sostanziale sbarramento aerologico e non in termini di prestazione REI.

Al fine di mantenere tale funzionalità durante le emergenze incendio in linea, i sistemi attualmente in servizio sulla tratta in esercizio sono costruiti con materiali incombustibili e sono stati verificati per resistere (in termini di mantenimento dell'integrità strutturale e della funzione di separazione aerologica) almeno per tutto il tempo di esodo, tenendo conto delle temperature prevedibili negli scenari di treno incendiato in linea più gravosi da questo punto di vista.



### 3.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO

In ciascuna delle 11 nuove stazioni previste per il prolungamento è prevista l'installazione di 2 facciate di porte di banchina (una per banchina). Queste dovranno essere necessariamente realizzate in modo da garantire:

- la compatibilità funzionale ai fini dell'interfacciamento con il sistema ATC;
- la compatibilità "meccanico/funzionale" con i veicoli ad oggi circolanti lungo la tratta Bignami – San Siro;
- l'uniformità delle segnalazioni visive e acustiche ad ausilio dei passeggeri rispetto a quanto presente nelle stazioni esistenti;
- prestazioni analoghe dal punto di vista della resistenza (intesa come mantenimento dell'integrità strutturale e della funzionalità di sostanziale separazione aeraulica fra galleria e banchina) negli scenari di incendio in linea.

e pertanto è stata prevista l'adozione degli stessi standard tecnologici del sistema esistente.

In particolare, per ogni banchina di ogni nuova stazione saranno installate:

- 8 porte scorrevoli automatiche;
- 27 porte per uscita di emergenza (EED);

in modo tale da consentire il servizio di un treno a 4 casse.

Ogni sottosistema di stazione sarà essenzialmente costituito dalle seguenti componenti fondamentali:

- Porte scorrevoli automatiche (ASD);
- Porte per uscita di emergenza (EED);
- Pannelli fissi trasparenti (FP);
- Porte di Fine Banchina (PED);
- Scatole con morsettiere di interfaccia;
- Pannello comandi locale (LCP);

e sarà interfacciato con il sottosistema di segnalamento (ATC) ai fini della gestione delle logiche e dei consensi di apertura/chiusura porte.



## 4. IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONE

### 4.1. INTRODUZIONE

Gli impianti di Telecomunicazione (TLC) della Linea 5 hanno il compito principale di fornire tutte le infrastrutture di trasmissione, dislocate sia a terra che a bordo, per la comunicazione bidirezionale di informazione (Audio, Video, Dati ecc...):

- tra i passeggeri/steward e gli operatori della sala di controllo;
- tra gli apparati dislocati in linea e nelle stazioni e la sala di controllo ai fini della sorveglianza dell'intero sistema di trasporto.

Gli impianti ad oggi in esercizio sulla tratta esistente Bignami – San Siro sono di seguito elencati e verranno descritti più in dettaglio nei paragrafi seguenti della presente relazione:

- Rete di trasmissione dati e rete cavi interstazionali in fibra ottica, le quali costituiscono l'infrastruttura per la trasmissione dei dati relativi agli impianti di TLC e SCADA (voce, video, dati, segnali di controllo, ecc...) tra le diverse stazioni della Linea ed il Posto Centrale Operativo;
- Sistema di Informazione Passeggeri (PID), il quale garantisce la comunicazione al pubblico di informazioni visive attraverso pannelli luminosi collocati nelle stazioni ed a bordo dei treni;
- Impianto di Diffusione Sonora, che consente la diffusione di annunci audio dal vivo e pre-registrati nelle aree di stazione, lungo tutta la via di corsa (in galleria ed all'aperto), nelle aree di manutenzione (deposito) ed a bordo dei treni;
- Sistema Radio (RADIO) costituito da:
  - una rete TETRA di tipo cellulare dedicata alle comunicazioni di servizio;
  - una rete Wi-Fi dedicata fondamentalmente alla trasmissione in tempo reale al Posto Centrale delle immagini riprese dalle telecamere di bordo treno;
- Sistema di videosorveglianza (TVCC), che permette agli operatori di Posto Centrale di monitorare quanto accade nelle diverse stazioni della linea, a bordo treno e presso il deposito esistente di Bignami;
- Impianto Rete Oraria, che ha fondamentalmente lo scopo di sincronizzare con un unico riferimento temporale tutti gli orologi previsti nelle stazioni, al deposito di Bignami e presso il PCO;
- Rete Telefonica, che è costituita dai tre seguenti sottoimpianti:
  - la rete telefonica amministrativa, che consente le comunicazioni di servizio tra il Posto Centrale Operativo e i locali tecnici delle stazioni e del deposito;
  - la rete telefonica di linea, che consente le comunicazioni di servizio (anche di estrema emergenza) tra il Posto Centrale Operativo e i telefoni magnetofonici dislocati lungo la linea;
  - la rete citofonica di INFO-SOS, che consente le comunicazioni informative o di emergenza tra i passeggeri in stazione o a bordo treno ed il Posto Centrale Operativo. Attraverso tale rete è anche possibile per gli operatori di PCO l'ascolto ambientale di ciò che avviene nelle stazioni e a bordo dei treni, in prossimità degli apparecchi citofonici;
- Sistema Integrato di bordo (OBS), il quale è costituito da vari apparati installati a bordo treno, che garantiscono le comunicazioni e l'informazione ai passeggeri del treno;
- Sistema di registrazione audio che consente la memorizzazione delle comunicazioni ricevute o effettuate dagli operatori di PCO che rivestono importanza ai fini dell'esercizio e della sicurezza;



- Sistema Posto Centrale Integrato che permette la gestione dei sistemi di telecomunicazione della linea metropolitana, in particolare dell'impianto diffusione sonora, dei pannelli informativi (display di banchina), dell'impianto TVCC e della rete citofonica di INFO-SOS per la comunicazione con i passeggeri.

Nell'ambito del presente progetto di fattibilità tecnica ed economica relativo al prolungamento della linea 5 a Monza è prevista:

- l'estensione di ciascuno dei sottosistemi sopra elencati al fine di garantire, secondo gli standard esistenti, le medesime funzionalità ad oggi previste per la gestione della linea in esercizio, tenendo altresì conto:
  - di alcuni ammodernamenti tecnologici relativi all'impianto TVCC ed in particolare alla tecnologia delle telecamere;
  - di quanto previsto per gli impianti di Telecomunicazione dal recente Decreto Ministeriale del 21 ottobre 2015 "*Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane*";
  - dello spostamento della sala di controllo principale presso il nuovo Deposito di Monza Casignolo;
- l'introduzione di un nuovo sistema di indirizzamento dinamico per l'evacuazione in galleria al fine di ottemperare a quanto richiesto al punto VII.5.5 del Decreto Ministeriale del 21 ottobre 2015.

Nei seguenti paragrafi, per ciascuno degli impianti di Telecomunicazione, è descritto in estrema sintesi:

- lo stato di fatto;
- gli interventi previsti nel progetto per l'estensione a Monza della linea.

## **4.2. RETE DI TRASMISSIONE DATI E RETE CAVI INTERSTAZIONALI IN FIBRA OTTICA**

### **4.2.1. STATO DI FATTO**

La rete di trasmissione realizza il trasporto delle informazioni (voce, dati, segnali di controllo) tra le varie località della linea metropolitana (Stazioni, deposito di Bignami, Centro di Controllo e Centro di Soccorso situati presso il Deposito di Bignami) utilizzando tecniche di trasmissione digitale a pacchetto su fibra ottica.

La topologia di rete implementata ha una struttura ad anello al fine di prevenire le interruzioni ed incrementare l'affidabilità delle comunicazioni: qualsiasi guasto singolo ad un apparato di comunicazione non influisce sulle normali comunicazioni tra CC, CS e le stazioni della Metropolitana.

Il sistema di comunicazione è basato su Switch IP (Layer 3), è composto da un centro operativo, da un centro di emergenza, da un deposito e da 19 stazioni, interconnessi da ring ottici Gigabit Ethernet che distribuiscono, tramite gli switch di tipo L3, tutti i servizi di comunicazione da e nelle stazioni tramite interfacce Ethernet in rame 10/100 Mbit/s.

Ogni nodo della rete è costituito da apparati che effettuano switching di livello 3 e gestiscono una dorsale ridondata in fibra ottica con distribuzione ad anello; in ogni stazione e nel deposito sono presenti più switch di accesso alla rete per motivi di ridondanza fisica e funzionale, ciascuno dei quali dotato di 24 o 48 porte Ethernet 10/100 Mbit/s per il collegamento delle utenze di rete.

I collegamenti tra i nodi adiacenti sono di tipo Gigabit Ethernet, con capacità trasmissiva di 1 GBit/s per ogni anello, su fibra ottica monomodale, mentre i link alle apparecchiature connesse localmente sono di tipo Ethernet/Fast Ethernet 10BaseT o 100BaseTX, con capacità trasmissiva di 10 e 100 Mbit/s rispettivamente.



L'architettura prevede due nodi principali di capacità maggiore di quelli situati nelle stazioni-Deposito uno dei quali è situato nel CC (Posto Centrale di Controllo) e l'altro al CS (Posto Centrale di Soccorso). Ciascuno di questi nodi è costituito da uno switch L3, completamente ridondato sia in termini di CPU che di alimentazione.

Al fine di aumentare l'affidabilità generale del sistema ogni singolo nodo (centro o stazione) è interconnesso con gli altri nodi tramite due anelli distinti.

A livello fisico il percorso dei cavi in fibra che costituiscono ciascuno degli anelli è ridondato tramite l'installazione in galleria di un cavo in F.O. nella polifora del binario dispari ed uno nella polifora del binario pari.

Allo scopo di evitare in stazione problemi legati ad eventi distruttivi che interromperebbero entrambi i cavi e dunque comprometterebbero la resilienza del sistema di comunicazione, il cavo di sinistra è terminato nelle stazioni dispari ed il cavo di destra sulle stazioni pari; la richiusura degli anelli è effettuata tramite spezzoni di cavo che collegano il penultimo nodo con l'ultimo nodo dell'anello consentendo dunque di richiudere il centro CC con il centro CS e viceversa.

Con la configurazione di rete sopradescritta, si ottengono i seguenti vantaggi:

- Ridondanza di accesso:
  - le utenze di rete che dispongono di due porte di accesso vengono collegate su differenti switch di stazione;
  - le utenze di rete che dispongono di una sola porta di rete (ad esempio citofoni IP, Telefoni, Encoder per TVCC, ecc...) sono distribuite seguendo dei precisi criteri di ridondanza funzionale sui due switch;
- Ridondanza di anello: gli switch di ogni stazione sono connessi su due anelli separati;
- Ridondanza di cavo: i cavi in fibra sono due e uniscono tutti gli switch dei nodi dispari al centro CC (trincea di sinistra) e dei nodi pari al centro CS (trincea di destra). Tali nodi sono connessi in modo tale che la tranciatura di uno dei due cavi non compromette il funzionamento del sistema ed inoltre, grazie alla soluzione adottata di richiusura dell'anello, la presenza di un evento distruttivo di una stazione non compromette l'intero sistema di comunicazione della metropolitana.

#### **4.2.2. ESTENSIONE DELL'IMPIANTO PER IL PROLUNGAMENTO**

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista l'estensione della rete cavi in fibra ottica esistente tramite la posa di due cavi da 100 fibre ottiche monomodali, posati rispettivamente all'interno di ognuna delle due polifore di linea. Tali cavi verranno attestati:

- alternativamente in ogni stazione passante secondo gli standard esistenti;
- entrambi presso il Deposito e presso la futura stazione capolinea di Monza – Brianza.

Ove necessario verranno previsti dei cavi tra stazioni adiacenti al fine di garantire i necessari collegamenti tra queste ultime per l'eventuale:

- richiusura degli anelli logici della rete di trasmissione dati;
- collegamento tra SER adiacenti.

Per quanto concerne l'estensione della rete di trasmissione dati esistente è prevista la realizzazione di nuove coppie di anelli ottici, realizzati con collegamenti Gigabit Ethernet, che interconnettono le nuove stazioni ed il nuovo Deposito di Monza con i nodi di rete di Posto Centrale esistenti, situati nelle sale apparati di Bignami. Questi ultimi verranno opportunamente adeguati al fine di garantire la gestione dei nuovi anelli ottici aggiuntivi.

È inoltre previsto l'adeguamento del sistema di Network Management al fine di garantire il monitoraggio dell'intera rete dati nella nuova configurazione prevista.



## **4.3. SISTEMA DI INFORMAZIONE VISIVA AI PASSEGGERI**

### **4.3.1. STATO DI FATTO**

Lo scopo dell'impianto di Informazioni su Display al Pubblico è principalmente quello di visualizzare ai passeggeri presenti in banchina messaggi di carattere informativo inerenti il servizio dei veicoli in circolazione.

La diffusione dei messaggi nelle stazioni avviene o in maniera automatica o su comando operatore.

I messaggi inoltrati in maniera automatica sono costantemente inviati ai cartelli dal sistema integrato di centro e riguardano destinazione e tempi di attesa dei treni in arrivo in ogni singola stazione.

I messaggi diffusi su comando operatore, che hanno generalmente carattere estemporaneo di servizio o emergenza, sono generati e inoltrati manualmente, attraverso le postazioni operatore del Sistema Integrato di Posto Centrale disponibili presso il Centro di Controllo ed il Centro di Soccorso di Bignami, oppure tramite l'utilizzo della postazione degradata DMT (Degraded Mode Terminal) nel caso il Sistema Integrato di Posto Centrale sia fuori servizio.

Infine, oltre ai messaggi informativi, i cartelli indicatori di banchina forniscono ai passeggeri l'informazione oraria costantemente aggiornata, grazie ad una parte del display dedicata a tale scopo ed interconnessa alla centrale oraria di stazione.

L'architettura hardware del di tale impianto è costituita fondamentalmente da due elementi:

- il Centro, costituito dalla postazione DMT;
- la Periferia, formata da due display a LED per ciascuna stazione, installati uno per ciascuna banchina.

Il collegamento tra la periferia, localizzata nelle stazioni, e il centro è basato su protocollo TCP/IP ed è assicurato dalla rete Gigabit Ethernet descritta al capitolo precedente della presente relazione.

Come descritto nell'introduzione, anche a bordo treno sono presenti dei Pannelli a led per l'informazione al pubblico. A livello architetturale tali pannelli sono tuttavia considerati parte del sistema di bordo (OBS) e pertanto si rimanda ai paragrafi successivi per la loro descrizione.

### **4.3.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO**

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista l'estensione del sistema esistente mediante l'installazione di un pannello informativo presso l'asse di ciascuna banchina delle nuove stazioni. Tali pannelli verranno collegati agli switch di stazione del sistema di trasmissione al fine di garantirne il collegamento con gli apparati di Posto Centrale dedicati alla gestione delle informazioni. Questi ultimi, ovvero i server del sistema di Posto Centrale Integrato (descritto nel seguito) situati a Bignami, le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato ed il DMT, dovranno essere adeguati al fine di garantire la gestione delle nuove periferiche di stazione.

Per quanto concerne le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato ed il DMT si precisa che è prevista l'installazione di nuove workstation presso la sala di controllo principale realizzata presso il Deposito di Monza Casignolo. Tali nuove postazioni saranno collegate ai server di Posto Centrale mediante la rete di trasmissione dati.



## 4.4. IMPIANTO DIFFUSIONE SONORA

### 4.4.1. STATO DI FATTO

L'impianto di diffusione sonora ha lo scopo di diffondere annunci audio nelle zone aperte al pubblico e nelle zone di servizio della Linea 5 della Metropolitana di Milano.

Tali annunci possono essere sia preregistrati che dal vivo e sono inoltrabili sia su comando operatore che in modalità automatica con fini di informazione al pubblico, comunicazioni di servizio al personale, messaggi di emergenza al pubblico e al personale.

Le aree in cui è possibile diffondere gli annunci sono:

- le zone aperte al pubblico delle stazioni della linea quali mezzanino, banchine di attesa, atrio, scale ed ascensori;
- i locali tecnici delle stazioni e del deposito di Bignami;
- la via di corsa corrispondente alle gallerie;
- le aree di manutenzione del deposito di Bignami.

Il sistema di diffusione sonora in oggetto è basato su un'architettura distribuita costituita da:

- una Centrale di Controllo (denominata CC) situata presso il Deposito di Bignami costituita da:
  - un audio server, che consente la gestione dal Posto Centrale di ciascuna centrale audio prevista in periferia (19 stazioni + Deposito di Bignami);
  - le postazioni operatore del sistema integrato di Posto Centrale, dalle quale possono essere inviati, verso la periferia, gli annunci dal vivo o pre-registrati;
  - la postazione degradata DMT (Degraded Mode Terminal) dalla quale possono essere inviati, verso la periferia, gli annunci dal vivo o pre-registrati, nel caso il Sistema Integrato di Posto Centrale sia fuori servizio;
- una Centrale di Soccorso (denominata CS), situata anch'essa nel deposito Bignami che garantisce tutte le principali funzionalità della Centrale di Controllo nel caso che, in condizioni di emergenza, quest'ultima non sia disponibile, costituita da:
  - un audio server, che consente la gestione dal Posto Centrale di ciascuna centrale audio prevista in periferia (19 stazioni + Deposito);
  - le postazioni operatore del sistema integrato di Posto Centrale, dalla quale possono essere inviati, verso la periferia, gli annunci dal vivo o pre-registrati;
- la periferia, costituita dall'insieme delle aree in cui avviene la diffusione sonora dei messaggi provenienti dal centro e dalle relative apparecchiature periferiche di sistema (centrale audio di stazione) dislocate in appositi rack nei locali di servizio di ciascuna stazione e nel deposito quali:
  - network controller: unità che gestisce il sistema audio di stazione;
  - interfacce Cobranet: che consentono l'interconnessione del sistema audio di stazione con i Server Audio di CC e CS attraverso la rete di trasmissione IP;
  - postazione microfonica locale;
  - altoparlanti;
  - microfoni;
  - unità di miscelazione;
  - amplificatori;
  - circuiti di monitoraggio per la supervisione del sistema.





#### 4.4.2. ESTENSIONE DELL'IMPIANTO PER IL PROLUNGAMENTO

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista l'estensione del sistema esistente mediante l'installazione di una centrale audio, completa ovviamente della rete di diffusori dedicata alla sonorizzazione delle aree di pertinenza (aree aperte al pubblico, locali tecnici, tratte di linea), presso ogni nuova stazione e presso il nuovo deposito di Monza Casignolo.

Tali centrali verranno collegate agli switch di stazione/deposito del sistema di trasmissione al fine di garantirne il collegamento con gli apparati di Posto Centrale dedicati alla gestione dei messaggi audio live o pre-registrati. Questi ultimi, ovvero i server audio dell'impianto di diffusione sonora situati a Bignami, le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato (descritto nel seguito) ed il DMT, dovranno essere adeguati al fine di garantire la gestione delle nuove periferiche di stazione.

Per quanto concerne le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato ed il DMT si precisa che è prevista l'installazione di nuove workstation presso la sala di controllo principale realizzata nel nuovo Deposito di Monza Casignolo. Tali nuove postazioni saranno collegate ai server di Posto Centrale mediante la rete di trasmissione dati. La remotizzazione delle postazioni microfoniche rispetto alla posizione dei server audio comporta l'adozione di consolle direttamente connesse alla rete trasmissiva e quindi differenti da quelle attualmente presenti presso le sale di controllo esistenti di Bignami che prevedono il collegamento diretto dei segnali audio analogici in ingresso agli audio server.

Oltre agli adeguamenti sopra descritti, i quali garantiscono la completa estensione delle funzionalità ad oggi disponibili per la tratta Bignami – San Siro alla nuova tratta, è necessario che quanto previsto per l'impianto di diffusione sonora del prolungamento soddisfi i seguenti requisiti del recente DM 21 ottobre 2015 relativamente ai sistemi di allarme vocale:

- *“Tutti gli ambienti accessibili al pubblico devono essere serviti da un sistema di allarme vocale per scopi di emergenza realizzato a regola d'arte, anche impiegabile per le comunicazioni di servizio e/o informative.*
- *I sistemi di allarme vocale progettati in accordo alla norma UNI ISO 7240-19 si ritengono conformi alla regola dell'arte.*
- *Per l'impianto devono, comunque, essere garantite:*
  - *la continuità di esercizio, in assenza di incendio, in tutte le aree anche in caso guasto di uno qualunque dei suoi componenti, ivi compreso il sistema di generazione dei messaggi vocali;*
  - *il comportamento in caso di incendio in conformità a quanto previsto al punto VII.2;*
  - *l'utilizzo sia da parte dell'addetto di stazione che dalla sala operativa del Gestore;*
  - *l'emaneazione di messaggi di emergenza multilingua preregistrati per le diverse situazioni incidentali da predisporre in fase di elaborazione del piano di emergenza interno”.*

A tal fine è previsto:

- tutti gli apparati del prolungamento costituenti l'impianto siano certificati secondo le diverse parti applicabili della norma EN 54;
- per ogni nuova centrale audio di stazione sia installato un caricabatteria certificato EN54-4 dotato di batterie dimensionate al fine di garantire i requisiti di autonomia previsti dalla norma UNI ISO 7240-19;
- in aggiunta alle postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato (descritto nel seguito) ed il DMT venga installata presso la nuova sala di controllo una postazione operatore di estrema emergenza certificata EN 54-16 in grado di collegarsi, indipendentemente dal funzionamento degli audio server, con le centrali audio di stazione, garantendo così che l'intera catena di apparati costituenti l'impianto di diffusione sonora, inclusa quindi la postazione di emergenza di posto centrale sia costituita da apparati certificati EN 54.



## 4.5. SISTEMA RADIO

### 4.5.1. STATO DI FATTO

#### 4.5.1.1. RETE RADIO TETRA

La rete radiomobile TETRA (TERrestrial Trunked Radio) presente lungo la tratta in esercizio della Linea 5 è dedicata a garantire le comunicazioni audio di servizio tra le seguenti tipologie di apparati:

- terminali radio portatili;
- postazioni operatore di Posto Centrale CC e CS (Dispatcher TETRA);
- terminali radio veicolari.

Tale rete è un sistema digitale conforme agli standard ETSI in cui la copertura geografica di una specifica area è determinata dalla parziale sovrapposizione delle aree di copertura fornite dalle Stazioni Radio Base (BS).

Nel caso della Linea 5 la rete è costituita essenzialmente da un nodo di switching di tipo SCN-Plus (Switching Control Node), situato presso la sala apparati CC di Bignami e da 19 stazioni radio base per la radiocopertura delle stazioni, del deposito esistente, delle gallerie e dei manufatti intertratta. Delle 19 radio base, 18 sono situate nelle sale apparati di ogni stazione ed una presso il deposito di Bignami.

Presso il Centro di Soccorso è presente un altro nodo di switching "specchio" di quello principale che garantisce l'operatività del sistema radio TETRA anche nel caso di completa indisponibilità della sala di operativa principale.

Di seguito vengono elencate le principali caratteristiche tecniche del sistema ad oggi in esercizio:

- ogni Base Station è interconnessa ai nodi di switching di posto centrale attraverso la rete di trasmissione IP;
- il segnale radio è propagato in galleria attraverso l'utilizzo di cavo fessurato;
- ogni Base station è equipaggiata con due ricetrasmittitori (portanti F1+F2 o F3+F4 o F5+F6) con uno schema di copertura studiato in modo da garantire la ridondanza di copertura e minimizzare le interferenze;
- al Centro di Controllo sono presenti quattro postazioni operatore (Dispatcher TETRA) collegate all'SCN mediante un Control Room Server;
- al Centro di Soccorso sono presenti due postazioni operatore (Dispatcher TETRA) collegate all'SCN mediante un Control Room Server.

La copertura di ogni singola tratta è completamente sovrapposta. Con questo tipo di configurazione, la potenza del segnale irradiata nel cavo fessurato permette di sopperire al guasto di una Base Station.

Per esempio, in caso di guasto della Base Station posizionata presso la stazione di Zara, il cavo fessurato irradia le frequenze delle Base Station di Isola fino a metà della tratta e quelle di Marche nella seconda metà, non causando perdite di copertura.

Nel funzionamento normale della rete TETRA la situazione è la seguente:

- l'SCN-Plus principale (CC) gestisce tutte le BS collocate in ogni stazione;
- tutte le postazioni operatore di dispaccio del Posto Centrale sono collegate allo SCN-Plus principale (CC);
- registratore vocale collegato alle postazioni operatori attive;
- SCN-Plus secondario (CS) attivo ma senza BS in carico e pronto a subentrare al primario in caso di fault di quest'ultimo.



La rete radio TETRA, che garantisce le comunicazioni radio lungo la linea metropolitana, risulta inoltre interconnessa, tramite due gateway connessi ai due nodi di switching della rete TETRA, alla rete radio di superficie dei Vigili del Fuoco.

Al fine di riportare il segnale radio di superficie in metropolitana sono utilizzate due stazioni radio Simulcast (VHF) con antenne installate all'esterno del deposito esistente di Bignami. Sia i gateway che le stazioni radio Simulcast sono posizionate presso le sale CC e CS del deposito di Bignami.

Per consentire le operazioni delle squadre dei VV.F. all'interno delle strutture della linea metropolitana, sono a disposizione set di radio portatili Atex in appositi vani/armadi (esclusivamente riservati ai VVF) posizionati ad ogni accesso dei VV.F. (ovvero nelle stazioni e nei pozzi di ventilazione), che vengono prelevati dalle squadre all'occorrenza di un evento. Tali radio sono alloggiare in apposite apparecchiature che mantengono la carica delle batterie al massimo livello.

Questa connessione consente quindi l'integrazione del canale isofrequenziale 70 MHz in uso ai VV.F. con la rete TETRA rendendo possibile la creazione di gruppi che includano il canale analogico. Ad esempio è possibile creare due gruppi di lavoro ad uso dei vigili del fuoco:

- un gruppo (VVF-1) che comprende tutte le radio TETRA messe a disposizione dei Vigili del Fuoco agli ingressi della metropolitana;
- un gruppo (VVF-2) che comprende le radio del gruppo VVF-1 più il canale isofrequenziale utilizzato in superficie.

#### 4.5.1.2. RETE RADIO WIFI

La rete WiFi consente la trasmissione di dati tra bordo treno e linea con una banda molto maggiore rispetto a quella garantita dal TETRA, permettendo così la trasmissione in tempo reale al Posto Centrale delle immagini riprese dalle telecamere di bordo treno.

Tale rete prevede il posizionamento, lungo la linea metropolitana, di Access Box in grado di irradiare il segnale radio su tratti di circa 150 metri, a monte e a valle di essi.

Ogni Box prevede le seguenti connessioni punto-punto al più vicino locale tecnico di stazione:

- alimentazione 230 Vac;
- fibra ottica multimodale.

Nei locali tecnici di ogni stazione della metropolitana sono installati armadi di switching, connessi tra di loro da una dorsale in fibra ottica monomodale. Tale dorsale raggiunge anche un armadio di switching posizionato al PCO per rendere disponibile, al centro, i dati provenienti dai veicoli.

Ogni veicolo è equipaggiato da un client del sistema radio WiFi connesso agli altri apparati di bordo tramite una rete LAN locale.

La topologia di rete utilizzata è:

- per quanto riguarda l'interconnessione degli switch di stazione, ad anello in fibra ottica monomodale;
- per quanto riguarda le connessioni tra ciascuno switch di stazione e gli switch di access box posizionati lungo il tunnel, a stella in fibra ottica multimodale.

Il numero di Access Box afferenti a ciascuno switch di stazione varia, in funzione della lunghezza e della curvatura/pendenza del tratto da coprire in galleria.

La conversione elettrico ottica necessaria per questi collegamenti è realizzata attraverso dei media converter collocati con lo switch di stazione, installati in numero pari al numero di access box da connettere allo switch centro stella in stazione.

I controllori di Access Point sono collocati al Posto Centrale e dialogano con gli Access Box tramite la rete di back-bone Gigabit Ethernet. Tale apparato permette una gestione ottimizzata e molto veloce delle procedure di roaming nel passaggio da una zona di copertura di un Access Point al successivo.



Essendo i controllori di Access Point un punto di concentrazione del traffico, questi sono stati ridondati (Configurazione 1+1) in modo da non bloccare l'intera rete in caso di guasto.

Il controllo di accesso e l'autenticazione dei dispositivi di bordo viene realizzato tramite l'AAA server (Authentication, Authorization, Accounting), posizionato nel posto centrale.

Nel posto centrale sono altresì collocati un server di supervisione per la gestione e configurazione della rete wireless centralizzata, denominato WCS, ed un server di supervisione per la gestione e configurazione dell'intera infrastruttura wired.

#### **4.5.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO**

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista, oltre all'estensione delle reti radio TETRA e WiFi esistenti, la realizzazione di una nuova rete radio a standard DMR dedicata ai Vigili del Fuoco secondo quanto prescritto dal recente DM 21 ottobre 2015.

##### **4.5.2.1. RETE RADIO TETRA**

Per l'estensione della rete radio TETRA è prevista, secondo gli standard esistenti, l'installazione di una radio base presso ciascuna delle nuove stazioni. È inoltre prevista l'installazione di una radio base presso il deposito di Monza Chignolo.

Le nuove radio basi verranno collegate, mediante dei multiplatori di segnali TDM E1 in pacchetti IP, agli switch di stazione/deposito del sistema di trasmissione al fine di garantirne il collegamento con gli SCN di Posto Centrale situati a Bignami, i quali dovranno essere opportunamente adeguati al fine di garantire la gestione delle nuove radio basi previste a progetto.

È inoltre prevista l'installazione di postazioni operatore (dispatcher) aggiuntive presso la nuova sala di controllo del Deposito. A tal fine dovrà essere previsto un CRS dedicato presso il nuovo deposito il quale garantire il collegamento e l'interfaccia delle nuove postazioni agli SCN esistenti.

Per quanto concerne il sistema radiante è prevista la posa di cavo fessurato:

- lungo ogni tratta interstazionale, attestato ad entrambe le stazioni adiacenti in modo da garantire la stessa ridondanza di radiocopertura prevista per la tratta in esercizio in caso di guasto di una BS;
- all'interno di ogni manufatto intertratta;
- all'interno delle aree tecniche di stazione.

Nelle aree aperte al pubblico ed al deposito la copertura radio verrà invece garantita attraverso delle antenne omnidirezionali.

##### **4.5.2.2. RETE RADIO WIFI**

Per l'estensione della rete radio WiFi è prevista, secondo gli standard esistenti, l'installazione di Wireless Access Box lungo linea con un passo indicativo di circa 300 m. È inoltre prevista l'installazione di diversi Wireless Access Box dedicati a garantire la copertura WiFi delle aree del nuovo deposito di Monza Chignolo in cui è prevista la presenza di veicoli.

I nuovi Access Box verranno collegati attraverso dei link Ethernet su fibra ottica multimodale a degli switch dedicati previsti in ogni nuova stazione e presso il nuovo deposito di Monza. Tali switch saranno collegati tra loro e con gli switch di posto centrale attraverso degli anelli realizzati in fibra ottica monomodale messi a disposizione dalla rete cavi interstazionale.

Al posto centrale è inoltre previsto l'adeguamento degli apparati esistenti al fine di garantire la gestione dei nuovi access box. In particolare saranno previsti degli switch e dei Wireless Access Controller aggiuntivi nonché l'adeguamento degli altri server esistenti dedicati a gestire la configurazione ed il monitoraggio della rete e l'autenticazione degli accessi.



#### 4.5.2.3. RETE RADIO DMR

Come sopra anticipato, tra i requisiti relativi ai sistemi di comunicazione previsti dal recente DM del 21 ottobre 2015 sono presenti anche i seguenti:

- *“le comunicazioni all'interno dell'intera infrastruttura dovranno avvenire ... mediante apparati di telecomunicazioni che dovranno essere conformi alle reti radio e agli apparati radio già in dotazione al C.N.VV.F. e che dovranno essere realizzati in tecnologia mista analogico-digitale secondo lo standard DMR (Standard ETSI TS-102-361 e TS-102-398). La rete radio dovrà operare nella gamma di frequenza UHF 410-450 MHz”;*
- *“Dovrà inoltre essere realizzato un sistema di telecontrollo delle reti radio in metropolitana attraverso un sistema che permetta la gestione delle comunicazioni VF e che dovrà essere installato presso la Sala Operativa del Comando Provinciale VF”.*

A tal fine è pertanto prevista nel presente progetto di fattibilità la realizzazione di una rete radio Simulcast DMR a servizio dei Vigili del Fuoco e dedicata a garantire la copertura dell'intero prolungamento compreso tra le stazioni di Bignami e Monza - Brianza.

Tale sistema, ai fini dell'irradiazione del segnale RF all'interno dell'infrastruttura metropolitana, condividerà lo stesso sistema radiante previsto per la rete radio Tetra in considerazione del fatto è operante nella banda 410-430MHz, sarà essenzialmente composto da:

- una stazione radio base master presso il posto centrale di Bignami;
- una stazione radio base satellite per ogni stazione della metropolitana;
- due stazioni radio gateway, situate una presso una delle stazioni della metropolitana ed una presso il comando dei VVF, complete di antenne direttive installate all'esterno e dedicate al collegamento radio punto-punto tra la rete DMR della metropolitana ed il Comando Provinciale VVF. Nel caso in cui tali stazioni non siano in visibilità diretta è prevista l'installazione di un ripetitore radio da posizionare in un sito che sia in visibilità con entrambi i siti. Tramite tale collegamento verranno trasmesse al comando le fonie ed i dati di segnalazioni e telecontrollo delle stazioni radiobase costituenti la rete DMR;
- dispatcher DMR presso il Comando Provinciale VVF;
- due postazioni di Network management (una presso la nuova sala di controllo della metropolitana prevista presso il Deposito ed una presso il comando dei VVF);
- un sistema di branching in ogni stazione ai fini della condivisione del sistema radiante con la rete radio Tetra.

La stazione radio master comunicherà con le stazioni radio satellite mediante la rete di trasmissione dati IP descritta nei paragrafi precedenti.

Anche per la rete DMR, analogamente a quanto previsto per il TETRA, in caso di guasto di una radio base la copertura verrà garantita da quelle adiacenti. È inoltre previsto che in caso di guasto della radio base Master una di quelle satellite possa subentrare nella gestione dell'intera rete DMR.

## 4.6. IMPIANTO TVCC

### 4.6.1. STATO DI FATTO

L'impianto TVCC della linea 5 è basato su un'architettura di tipo client/server distribuito su IP, con la parte centrale di controllo e visualizzazione delle immagini costituita dai decoder video, dalle postazioni operatore del sistema di posto centrale integrato, dai monitors di visualizzazione e dalla postazione DMT (utilizzabile in caso di indisponibilità del sistema di posto centrale integrato), localizzati nel centro di controllo e nella centrale di soccorso di Bignami.



La parte periferica è costituita, per ogni stazione, da:

- videocamere analogiche distribuite in tutte le aree aperte al pubblico delle stazioni;
- encoder video dedicati alla codifica dei flussi video in stream IP;
- dai registratori dedicati alla memorizzazione delle immagini riprese da ogni telecamera;
- una postazione operatore locale installata all'interno del locale TLC.

La parte centrale del sistema, si compone, oltre alle postazioni del sistema di posto centrale integrato descritto nel seguito, di:

- due video server in configurazione ridondata (back up caldo), uno nella centrale di controllo e uno nella centrale di soccorso e che a livello hardware coincidono con i server del sistema di Posto Centrale Integrato. Tali server interfacciano e gestiscono sia gli apparati centrali (decoder video associati ai monitor del videowall), sia quelli periferici installati nelle stazioni realizzando, con la mediazione della rete trasmissiva di tipo IP, la funzione di matrice di connessione;
- decoder i quali hanno il compito di ritrasformare le frame IP ricevute in segnali riproducibili dai monitor posti nel centro di controllo e nella centrale di soccorso;
- postazione DMT;

interconnessi tra loro e con gli apparati di stazione mediante la rete di trasmissione dati descritta nei paragrafi precedenti.

Le funzioni svolte dai server video sono le seguenti:

- selezione manuale e/o automatica (su evento particolare di allarme) della telecamera e del monitor di destinazione su cui visualizzare le immagini provenienti dalla sorgente selezionata;
- selezione e programmazione di sequenze video;
- raccolta degli allarmi provenienti dagli apparati centrali e periferici del sistema di video sorveglianza.

#### **4.6.2. ESTENSIONE DELL'IMPIANTO PER IL PROLUNGAMENTO**

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista l'estensione del sistema esistente mediante la realizzazione un nuovo impianto periferico presso ogni nuova stazione e presso il nuovo deposito di Monza Casignolo.

Rispetto a quanto previsto nelle stazioni della tratta in esercizio, considerato quanto avvenuto negli ultimi anni per il mercato della videosorveglianza relativamente alla sempre maggiore diffusione di telecamere IP native, è prevista l'adozione di tale tipologia di telecamere in luogo di quelle analogiche.

Pertanto, ogni impianto di stazione/deposito sarà costituito da:

- telecamere IP fisse;
- telecamere IP brandeggiabili per il solo deposito;
- network video recorder dedicati alla registrazione di tutti i flussi video;
- una postazione operatore locale installata all'interno del locale TLC.

Tutti gli apparati sopra elencati saranno collegati agli switch di stazione/deposito del sistema di trasmissione dati prevedendo, ove necessario per le telecamere più distanti, degli switch distribuiti nei locali tecnici delle stazioni collegati attraverso link in fibra multimodale agli switch principali di stazione/Deposito. Attraverso la rete di trasmissione sarà inoltre garantito il collegamento con gli apparati di Posto Centrale situati a Bignami.

Questi ultimi, ovvero i video server, le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato (descritto nel seguito) ed il DMT, dovranno essere adeguati al fine di garantire la gestione delle nuove periferiche di stazione.



Per quanto concerne le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato, il DMT ed il videowall (gestione/decodifica flussi video e monitor) si precisa che è prevista l'installazione di nuovi apparati presso la sala di controllo principale realizzata nel nuovo Deposito di Monza Casignolo. Tali apparati saranno collegati ai server di Posto Centrale di Bignami mediante la rete di trasmissione dati.

## **4.7. IMPIANTO RETE ORARIA**

### **4.7.1. STATO DI FATTO**

L'impianto Rete Oraria, oltre a fornire tramite i propri orologi l'informazione oraria ai passeggeri, ha lo scopo di essere il riferimento temporale di tutti gli apparati che necessitano della sincronizzazione, garantendo un'unica base dei tempi per l'intera infrastruttura metropolitana e quindi la corretta identificazione temporale degli eventi, siano essi singoli o correlati.

L'architettura hardware dell'impianto è costituita fondamentalmente da due livelli:

- centro: formato dall'insieme degli elementi di ricezione satellitare e invio del segnale orario (Master Time Center, MTC) verso tutti gli elementi che richiedono la sincronizzazione oraria in centro e in periferia;
- periferia, formata dagli:
  - elementi di ricezione e distribuzione locale del segnale orario (Network Master Clock server, NMC) proveniente dal centro;
  - orologi di stazione installati:
    - al mezzanino;
    - nei PID presenti in ogni banchina.

Il collegamento tra la periferia (stazioni) e il centro (centrale di controllo e centrale di soccorso), è basato su TCP/IP ed è assicurato dalla rete Gigabit Ethernet descritta nei capitoli precedenti della presente relazione.

### **4.7.2. ESTENSIONE DELL'IMPIANTO PER IL PROLUNGAMENTO**

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista l'estensione del sistema esistente mediante la realizzazione un nuovo impianto periferico presso ogni nuova stazione e presso il nuovo deposito di Monza Casignolo.

In particolare, in ogni nuova stazione/deposito sarà installato un server di sincronizzazione oraria collegato agli switch di stazione/deposito il quale distribuirà il sincronismo:

- ad un orologio led previsto al piano mezzanino di ogni stazione;
- agli orologi previsti all'interno dei pannelli informativi di banchina;
- agli orologi previsti nella nuova sala operativa e nella sala operatore area manuale del deposito di Monza;
- a tutti gli impianti di stazione/deposito.



## 4.8. RETI TELEFONICHE

### 4.8.1. STATO DI FATTO

#### 4.8.1.1. RETE DI TELEFONIA AMMINISTRATIVA

La rete telefonica amministrativa consente sia di effettuare chiamate tra utenti interni al sistema di telefonia della metropolitana che tra questi ed altri utenti della rete PSTN esterna oltre che con gli utenti del sistema Radio TETRA.

Tale rete è fondamentalmente costituita da:

- telefoni IP installati nei locali tecnici delle stazioni;
- telefoni digitali da tavolo per le sale di controllo e per il deposito;
- PABX in configurazione ridondata, installati uno al CC e uno al CS.

Analogamente agli altri sottosistemi sopra descritti nei precedenti capitoli della presente relazione l'interconnessione tra i telefoni IP delle stazioni e i PABX di posto centrale sfrutta come supporto trasmissivo la rete di trasmissione IP.

#### 4.8.1.2. RETE TELEFONICA DI LINEA

La rete telefonica di Linea consente la gestione delle comunicazioni telefoniche lungo la linea della metropolitana tra un operatore del centro CC o del centro CS di Bignami e:

- il personale che, per esigenze di servizio, dalla galleria debba colloquiare con l'operatore di centro;
- i passeggeri che, nel caso di un'evacuazione non assistita debbano comunicare con l'operatore di centro.

L'impianto di telefonia di Linea consente di fornire una modalità di comunicazione particolarmente affidabile in quanto utilizza telefoni magnetofonici installati lungo linea per il colloquio con il Posto di Controllo della Centrale di Controllo o il Posto di controllo della Centrale di Soccorso, a seconda di quale dei due risulti effettivamente connesso alla linea di collegamento dei telefoni.

Un centralino gestisce tutte le chiamate ed è provvisto di un telefono digitale che funge da posto operatore delle chiamate.

Il centralino è alloggiato nel CC mentre al CS è installato un telefono magnetofonico con funzione di posto operatore nel caso la centrale di CC sia fuori servizio.

La rete della telefonia di Linea, per seguire criteri di massima sicurezza della raggiungibilità dell'operatore di centro da parte del personale situato lungo la galleria, è completamente separata da quella degli altri sistemi di telecomunicazione ed inoltre ha la specificità di non dover alimentare i telefoni magnetofonici lungo la linea.

Il sistema di alimentazione è necessario solamente per alimentare le schede elettroniche installate sulla centrale magnetofonica ed il posto operatore del Centro di Controllo. I telefoni installati lungo linea invece non necessitano di alcuna alimentazione, così come il telefono da tavolo (posto operatore) della centrale di Soccorso che consente quindi, in qualunque condizione di malfunzionamento e di mancanza totale di alimentazione, di comunicare con chiunque in linea.

Quindi, anche alla presenza di anomalie gravi di funzionamento degli altri sistemi di comunicazione, in sistema consente, alle persone lungo la linea, di comunicare con la centrale di controllo o di soccorso.

#### 4.8.1.3. RETE CITOFONICA DI INFO-SOS

La rete citofonica di Info-SOS consente le comunicazioni informative o di emergenza tra i passeggeri in stazione o a bordo treno ed il Posto Centrale Operativo. Attraverso tale rete è anche possibile per gli operatori





di PCO l'ascolto ambientale di ciò che avviene nelle stazioni e a bordo dei treni, in prossimità degli apparecchi citofonici.

Il colloquio tra il centro CC, il centro CS dipende da quale dei due centri risulti operativo.

I telefoni ECP sono gestiti da un server installato nelle sale apparati dei due centri (in doppio per ragioni di ridondanza). Tali server possono essere interrogati dal sistema di posto centrale integrato al fine di gestire le richieste di chiamata.

Gli ECP utilizzati in stazione hanno la caratteristica di essere di tipo IP e, come detto, sono gestiti da un server dedicato che, realizza, tra l'altro, l'instradamento delle chiamate VoIP provenienti da questi ultimi, verso le postazioni operatore VoIP della telefonia di Emergenza dei centri di controllo CC-CS di Bignami.

I telefoni ECP sono installati sulle banchine delle stazioni, negli ascensori e in zone particolarmente significative delle stazioni stesse.

Come descritto nell'introduzione, anche a bordo treno sono presenti dei citofoni di Info-SOS. A livello architeturale tali ECP fanno parte del sistema di bordo (OBS) e pertanto si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione per la loro descrizione.

## **4.8.2. ESTENSIONE DELLE RETI PER IL PROLUNGAMENTO**

### *4.8.2.1. RETE DI TELEFONIA AMMINISTRATIVA*

Per l'estensione della rete telefonica amministrativa è prevista, secondo gli standard esistenti, l'installazione di telefoni VoIP installati a parete all'interno dei locali tecnici di ogni nuova stazione e del Deposito nonché presso gli uffici, le sale riunioni e la nuova sala operativa previste presso il deposito di Monza Chignolo.

Tutti i telefoni saranno collegati agli switch di stazione/deposito del sistema di trasmissione dati prevedendo, ove necessario per i telefoni più distanti, dei link in fibra multimodale. Attraverso la rete di trasmissione sarà inoltre garantito il collegamento con gli apparati di Posto Centrale situati a Bignami.

Questi ultimi, ovvero i pabx ed il sistema di gestione e configurazione della rete telefonica, dovranno essere adeguati al fine di garantire la gestione di tutti i nuovi telefoni previsti per il prolungamento.

### *4.8.2.2. RETE TELEFONICA DI LINEA*

Ai fini dell'estensione della rete telefonica di linea alla tratta oggetto di prolungamento è prevista la realizzazione di quattro nuove dorsali a partire dal posto centrale esistente di Bignami ed estese fino all'asta di manovra del futuro capolinea di Monza-Brianza.

Le dorsali saranno realizzate sfruttando due cavi telefonici ad una quarta posati rispettivamente all'interno delle due polifore di galleria. Ogni cavo garantirà quindi la realizzazione di due dorsali previste su ciascun lato della galleria. A tali dorsali saranno alternativamente collegati i telefoni magnetofonici previsti:

- su ciascun lato della galleria con passo indicativamente pari a 250 m;
- all'interno di ciascun manufatto.

I telefoni posati lungo il binario pari e quelli posati lungo il binario dispari dovranno essere posizionati in modo alternato garantendo così un passo di posizionamento indicativamente pari a 125 m considerando entrambi i lati della galleria.

Considerato che la sala operativa normalmente presenziata sarà quella del nuovo deposito di Monza Casignolo e pertanto la postazione telefonica attiva attualmente esistente presso la sala di controllo di Bignami non sarà più presenziata, è prevista la sostituzione della centrale magnetofonica esistente con una centrale completamente ridondata che garantisca:

- la conversione in flussi VoIP di ciascuna dorsale magnetofonica (sia nuova che esistente) al fine di consentire l'istadamento delle chiamate verso i terminali VoIP della rete citofonica di Info-SOS previsti presso la nuova sala operativa di posto centrale;



- in caso di guasto multiplo, il re-indirizzamento di ogni dorsale (sia nuova che esistente) su un telefono magnetofonico da tavolo, di caratteristiche analoghe a quello attualmente previsto presso la sala di controllo di soccorso di Bignami, da posizionare presso l'attuale sala di controllo di Bignami (che è previsto diventi la futura sala operativa di soccorso).

#### 4.8.2.3. RETE CITOFOONICA DI INFO-SOS

Per l'estensione della rete citofonica di Info-SOS è prevista, secondo gli standard esistenti, l'installazione di citofoni presso le banchine, gli ascensori e nelle zone particolarmente significative di ogni nuova stazione.

Tutti i citofoni saranno collegati agli switch di stazione del sistema di trasmissione dati prevedendo, ove necessario per i citofoni più distanti, dei link in fibra multimodale. Attraverso la rete di trasmissione sarà inoltre garantito il collegamento con gli apparati di Posto Centrale situati a Bignami.

Questi ultimi, ovvero gli IPBX, le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato (descritto nel seguito), i telefoni VoIP da tavolo ed il DMT, dovranno essere adeguati al fine di garantire la gestione delle nuove periferiche di stazione.

Per quanto concerne le postazioni operatore del sistema di Posto Centrale Integrato, i telefoni VoIP da tavolo ed il DMT si precisa che è prevista l'installazione di nuovi apparati presso la sala di controllo principale realizzata nel nuovo Deposito di Monza Casignolo. Tali apparati saranno collegati ai server IPBX di Posto Centrale di Bignami mediante la rete di trasmissione dati.

Oltre agli adeguamenti sopra descritti, i quali garantiscono la completa estensione delle funzionalità ad oggi disponibili per la tratta Bignami – San Siro alla nuova tratta, è necessario che quanto previsto per la rete citofonica del prolungamento soddisfi i seguenti requisiti del recente DM 21 ottobre 2015 relativamente ai sistemi di comunicazione:

- *“le comunicazioni all'interno dell'intera infrastruttura dovranno avvenire ... mediante un sistema di telefoni fissi o di citofoni di emergenza da installare: nelle stazioni, nelle gallerie (qualunque sia la loro posizione rispetto al piano di riferimento) e nelle uscite di sicurezza. Il sistema dovrà garantire una comunicazione punto-punto con la centrale operativa del Gestore”;*
- *“La comunicazione dovrà avere le seguenti caratteristiche:*
  - *l'operatore della Centrale Operativa che raccoglie la chiamata deve essere in grado di riconoscere univocamente la posizione del chiamante e anche senza l'ausilio di TVCC;*
  - *l'operatore della Centrale Operativa che raccoglie la chiamata deve essere in grado di effettuare, a richiesta del chiamante, una interconnessione con la Rete Telefonica Generale (PSTN) in modo da instradare la chiamata verso la rete telefonica nazionale ed in particolare verso il numero di emergenza 115”.*

A tal fine è previsto che nelle gallerie e nei manufatti intertratta, in aggiunta ai telefonici magnetofonici descritti nel paragrafo precedente della presente specifica e previsti dagli standard della rete metropolitana di Milano (i quali garantiranno le comunicazioni con il posto centrale di soccorso anche in caso di completa assenza di alimentazione ma non permetteranno di “riconoscere univocamente la posizione del chiamante” in quanto più telefoni sono installati a bus su una stessa coppia), vengano installati dei citofoni a vivavoce stagni con lo stesso passo di posizionamento dei magnetofonici ma in posizione alternata rispetto a questi ultimi.

Tali citofoni dovranno essere collegati, mediante eventuali ATA (Analog Telephone Adapter) della stessa tipologia utilizzata per i dispositivi di teleallarme degli ascensori, agli switch delle stazioni adiacenti. Attraverso la rete di trasmissione dati i citofoni di galleria saranno collegati agli IPBX del Posto Centrale di Bignami che garantiranno l'instradamento delle chiamate verso le postazioni VoIP delle sale di controllo.



## 4.9. SISTEMA INTEGRATO DI BORDO

### 4.9.1. STATO DI FATTO

Il sistema integrato di bordo è composto da un insieme di dispositivi necessari a realizzare le seguenti funzionalità inerenti la sicurezza e la diffusione delle informazioni ai passeggeri:

- Comunicazione audio bidirezionale tra postazione centrale operatore e i passeggeri;
- Ascolto ambientale di un'area di un treno da parte di un operatore del PCO;
- Diffusione sonora ai passeggeri di uno o più treni di messaggi live da un operatore del PCO;
- Diffusione sonora ai passeggeri di uno o più treni di messaggi pre-registrati a bordo su richiesta di operatore di posto centrale;
- Diffusione sonora ai passeggeri di messaggi audio pre-registrati, attivati dall'ATC;
- Indicazione ai passeggeri sul lato di apertura porte del veicolo;
- Diffusione sonora ai passeggeri di messaggi da un operatore a bordo treno;
- Comunicazione audio bidirezionale, in situazioni di emergenza, tra operatore PCO ed un eventuale operatore a bordo treno (Steward), attraverso le console di bordo;
- Comunicazione audio bi-direzionale tra due operatori a bordo treno posizionati su due treni agganciati attraverso le console di bordo;
- Video sorveglianza a bordo treno con invio live, su richiesta, d'immagini all'operatore del PCO;
- Registrazione video di quanto ripreso dalle telecamere di bordo attraverso il DVR installato a bordo treno;
- Visualizzazione sui Pannelli Indicatori Luminosi di messaggi preregistrati attivati dall'ATC di bordo;
- Visualizzazione sui Pannelli Indicatori Luminosi di messaggi live inviati da un operatore del PCO;
- Gestione della comunicazione tra i sistemi di guida automatica di bordo e del PCO;
- Raccolta dati di diagnostica degli apparati di bordo e comunicazione verso il PCO.

L'architettura del sistema di bordo è incentrata sulla Control Unit, che è un dispositivo in grado di gestire tutte le periferiche del sistema, selezionare gli apparati interessati per svolgere la funzionalità richiesta e veicolare, se necessario, la comunicazione voce o dati sugli apparati radio Tetra e WiFi di bordo.

I componenti del sistema di bordo sono:

- Unità di controllo CU – WINN (2 per treno);
- Tastiera (per ogni CU) per funzioni di emergenza gestite da operatori a bordo;
- Radio Tetra (per ogni CU) per tutte le comunicazioni dati/voce tra PCO e bordo;
- Citofoni di Info-SOS e microfono per ascolto ambientale (2 per cassa, 8 per treno);
- Amplificatori per la diffusione sonora a bordo treno (1 per ogni CU);
- Altoparlanti per diffusione a bordo treno (4 per cassa, 16 per treno);
- Mobile Access Router (MAR) per l'interconnessione WiFi con gli access point installati lungo linea;
- Switch Ethernet 8 porte elettriche per il collegamento CU, MAR, DVR, Display (1 per cassa, 4 per treno);
- 2 Display a led esterni (Cassa "A" e Cassa "B");
- 8 Display a led interni (2 per cassa);



- 8 telecamere (2 per cassa);
- 1 DVR.

Nella figura sottostante sono riportate le varie connessioni tra le CU e gli altri apparati costituenti il sistema di bordo sopra elencati.

#### **4.9.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO**

Per ciascuno dei nuovi veicoli previsti a progetto al fine di garantire il cadenzamento desiderato nella nuova configurazione San Siro – Monza Brianza è prevista la realizzazione di un sistema integrato di bordo dotato di caratteristiche del tutto analoghe a quello ad oggi presente sui veicoli in servizio a meno di quanto concerne le caratteristiche tecniche di alcuni apparati quali telecamere e videoregistratore.

E' stata infatti prevista, analogamente a quanto previsto per gli impianti TVCC di stazione, l'adozione di telecamere IP e di un Network Video Recorder in luogo delle telecamere analogiche e del DVR.

### **4.10. SISTEMA DI REGISTRAZIONE AUDIO**

#### **4.10.1. STATO DI FATTO**

Il sistema di registrazione audio è costituito da due distinti sottosistemi di registrazione:

- uno digitale, dedicato alle comunicazioni della telefonia di Emergenza (ECP di terra e di Bordo) e all'audio sorveglianza;
- uno analogico dedicato alla registrazione delle conversazioni radio degli operatori di centro e agli annunci "Live" diffusi in stazione e/o a bordo treno.

Entrambi i sottosistemi di registrazione sono ridondati e non sono gestiti dal sistema integrato di posto centrale. Quest'ultimo ne rileva soltanto l'allarmistica.

Il sottosistema analogico è composto da una coppia di registratori e da due postazioni di riascolto ubicate nella sala apparati della centrale di controllo e nella centrale di soccorso.

Il sottosistema di registrazione digitale invece è realizzato dal server di gestione della telefonia di emergenza. Questo sistema infatti, oltre a gestire le funzioni di telefonia, provvede anche alla registrazione di tutte le conversazioni gestite.

Le sorgenti audio che vengono registrate dai due sottosistemi sopra descritti sono le seguenti:

- Sorgenti analogiche:
  - gli annunci dal vivo diffusi attraverso l'impianto di diffusione sonora;
  - le chiamate effettuate dal sistema telefonico di linea (telefoni magnetofonici);
  - le comunicazioni radio che coinvolgono gli operatori di Posto Centrale (Dispatcher TETRA).
- Sorgenti digitali:
  - le chiamate di Info-SOS effettuate dalle stazioni tramite gli ECP;
  - le chiamate di Info-SOS effettuate da bordo treno tramite gli ECP;
  - tutti gli ascolti audio effettuati dagli operatori mediante i microfoni degli ECP.

La telefonia amministrativa non è soggetta a registrazione.



#### **4.10.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO**

Con l'estensione a Monza della linea 5 il sistema di registrazione esistente verrà adeguato al fine di garantire la registrazione delle stesse tipologie di sorgenti audio ad oggi gestite tenendo conto delle modifiche previste per i diversi impianti di telecomunicazione descritte nei paragrafi precedenti della presente specifica ed in particolare della creazione di una nuova sala operativa presso il deposito di Monza Casignolo.

### **4.11. SISTEMA POSTO CENTRALE INTEGRATO**

#### **4.11.1. STATO DI FATTO**

Il sistema di Posto Centrale Integrato garantisce la gestione dei sistemi di telecomunicazione della linea 5, attraverso un'unica interfaccia operatore integrata. In particolare gli impianti gestiti sono il sistema di annunci sonori al pubblico, il sistema di comunicazioni visive (display di stazione), il sistema di video sorveglianza ed il sistema telefonico di emergenza per la comunicazione con i passeggeri.

Strutturalmente il software è organizzato in diversi programmi che comunicano fra di loro per gestire l'interazione funzionale dei sottosistemi (sistema integrato): l'eventuale blocco di uno di questi programmi comporta la caduta di una sola delle funzionalità.

Non fa parte del Posto Centrale Integrato il sistema Radio TETRA che è gestito da una propria postazione, installata in ogni banco operatore. Tuttavia il Posto Centrale Integrato comunica con il sistema Radio per la gestione delle comunicazioni di bordo.

In caso di malfunzionamento del server del sistema Posto Centrale Integrato (che è comunque ridondato), gli operatori dispongono delle funzioni dei singoli sottosistemi tramite le postazioni degradate DMT, degraded mode terminal, installate nelle sala controllo di Bignami.

Tutti gli operatori delle sale di controllo di Bignami sono dotati di:

- una postazione del sistema di Posto Centrale Integrato per la gestione delle principali funzionalità del sistema di telecomunicazioni (nel seguito Postazione TLC) costituito da un PC e da uno o più monitor sulla base del profilo operatore (DCT/DCE, DS o DCV). In particolare, l'operatore DCV ha a disposizione, per questa postazione, quattro monitor su cui visualizzare contemporaneamente diverse pagine grafiche del software, più un monitor da 40" per la visualizzazione delle immagini del sistema di videosorveglianza. Gli operatori DCT, DCE e DS, invece, hanno un solo monitor da 19" dove visualizzare una sola pagina grafica a scelta, ma in ogni caso gli applicativi di controllo sono sempre attivi e riportano evidenza di eventi eccezionali (allarmi, chiamate di emergenza etc);
- una postazione per le comunicazioni radio (nel seguito Dispatcher o Postazione Radio), facente parte del sistema radio TETRA;
- una console microfonica che l'operatore utilizza per gli annunci sonori "live" in stazione o in galleria, facente parte del sistema di diffusione sonora descritto nei paragrafi precedenti;
- un telefono utilizzato per rispondere alle chiamate di emergenza e informative sia da bordo treno che dalle stazioni, facente parte della rete citofonica di Info-SOS descritta nei paragrafi precedenti della presente specifica.

Oltre a quanto sopra descritto, presso la sala di controllo è presente un telefono connesso al sistema di telefoni di linea ovvero relativo ai telefoni magnetofonici stagni presenti lungo linea. Questo sistema non è integrato nelle funzioni del software di posto centrale che ne rileva solo l'allarmistica.

A livello hardware il sistema è costituito fondamentalmente da:

- una coppia di server collocati nelle sale tecniche delle centrali di controllo e di soccorso all'interno di armadi rack standard, direttamente collegati tra loro oltre che al sistema di trasmissione ed in grado di garantire la completa funzionalità del sistema in caso di guasto di uno dei server;



- postazioni operatore dotate di singolo monitor da 19" a servizio delle postazioni DCT/DCE, DS e di una postazione aggiuntiva, normalmente non utilizzata, situate nella sala di controllo di Bignami;
- postazione operatore dotata di quattro monitor da 19" ed un monitor da 40" a servizio della postazione DCV situata nella sala di controllo di Bignami;
- postazione operatore dotata di singolo monitor da 19" a servizio della postazione DCT/DCE, situata nella sala di controllo di soccorso di Bignami;
- postazione operatore dotata di singolo monitor da 19" ed un monitor da 40" a servizio della postazione DCE/DCV situata nella sala di controllo di soccorso di Bignami;
- un PC industriale con la funzione di decoder collegato ad un sottoinsieme dei monitor costituenti il Videowall presente in sala controllo il quale garantisce la visualizzazione dei flussi video provenienti dal bordo treno codificati dal DVR di bordo; tale decoder garantisce inoltre la visualizzazione delle immagini provenienti da bordo su tutti i monitor operatore delle postazioni situate sia nella sala di controllo che in quella di emergenza;
- un DMT situato nella sala apparati CC di Bignami dedicato alla visualizzazione delle immagini provenienti da bordo treno in caso di indisponibilità del sistema di Posto Centrale Integrato.

#### 4.11.1.1. POSTAZIONE TLC

La filosofia di gestione dei sistemi operata dal software è orientata alle *funzioni* di questi piuttosto che alle *posizioni* dei vari apparati nelle stazioni; il software è organizzato in pagine grafiche che mettono a disposizione dell'operatore le azioni che egli normalmente compie nella gestione quotidiana con i sottosistemi, ovvero: videosorveglianza, avvisi al pubblico (sonori e visivi), chiamate di emergenza e allarmi funzionali. Non ci sono, cioè, pagine relative ad una sola stazione ma le schermate riportano le funzioni principali con le varie opzioni per selezionare le azioni su una o più stazioni o treni.

La postazione TLC prevede le seguenti pagine grafiche:

- Videosorveglianza: permette all'operatore di selezionare una telecamera di stazione o bordo treno e visualizzare la stessa sul videowall della sala operativa, sul monitor a disposizione del DCV o su un riquadro della pagina grafica stessa visualizzata sul monitor da 19";
- Avvisi al pubblico, che permette all'operatore di:
  - inoltrare messaggi audio in stazione, in galleria o sui treni. Le aree in cui è possibile diffondere annunci audio sono divise in cinque zone diverse per ogni stazione: Atrio, Locali tecnici, Galleria (tratto adiacente), Banchina pari, Banchina dispari. E' possibile gestire l'invio dei messaggi live a combinazioni di zone. Da questa postazione non possono essere inviati messaggi live a bordo treno, per questo scopo l'operatore utilizzerà la postazione radio;
  - gestire i display di stazione presenti su tutte le banchine che danno informazioni ai passeggeri sulle partenze e gli arrivi. L'operatore ha la possibilità di inviare messaggi di testo ai display di stazione e a bordo treno scegliendoli da un database di messaggi preregistrati o inserendo un testo ex-novo;
- Comunicazione con i passeggeri e Audiosorveglianza: consente all'operatore di gestire le chiamate con i passeggeri (chiamate di emergenza e informative) in stazione e a bordo treno. All'occorrenza di una chiamata (emergenza o informativa) da una stazione o da un treno, il sistema avverte l'operatore con una finestra in "pop-up" e con un messaggio sonoro; contemporaneamente sul videowall appare l'immagine del telefono da cui proviene la chiamata (tutti i citofoni di emergenza sono inquadrati da una telecamera dedicata nonché associati ad una telecamera incassata a parete che consente di inquadrare chiaramente il volto del chiamante). L'operatore può scegliere di accettare o rifiutare la chiamata, in ogni caso questa scompare dalla lista delle chiamate pendenti. Una volta che l'operatore ha accettato la chiamata, il suo telefono dedicato (facente parte del sistema citofonico di Info-SOS) squillerà e la comunicazione viene instaurata. Al termine della chiamata l'operatore riaggancia il telefono. Il sistema di gestione della telefonia di emergenza permette anche di svolgere la funzione di Audiosorveglianza. L'operatore ha a disposizione, sulla pagina grafica della gestione del sistema ECP



la possibilità di attivare il microfono dei telefoni di bordo e dei citofoni di stazione. In tal modo egli può ascoltare le conversazioni nell'intorno dell'apparato;

- Allarmi funzionali: in cui sono evidenziati all'operatore gli Allarmi funzionali di sistema, egli ha cioè evidenza delle funzioni del sistema che non sono disponibili in seguito ad allarme di dispositivo.

#### 4.11.1.2. *POSTAZIONE RADIO*

É la postazione, parte integrante del sistema Radio TETRA, che gestisce le comunicazioni voce via radio. É composta da un PC con monitor e tastiera dedicati, una console DAC (Digital Audio Console) connessa al sistema radio, una cuffia con microfono (cuffia telefonica) e un pedale PTT. Essa utilizza il software nativo del sistema TETRA per gestire tutte le comunicazioni radio. Le operazioni in condizioni di normale funzionamento prevedono l'utilizzo di questa postazione per le comunicazioni voce degli operatori via radio con il personale di servizio e per fare annunci sonori a bordo treno. É prevista la possibilità di effettuare annunci a tutti i treni.

#### **4.11.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO**

Per ciò che concerne le sale apparati e di controllo relative agli apparati di posto centrale di comando e controllo della linea M5, la situazione attuale è la seguente:

- "Sala apparati PCO" dove sono contenuti gli armadi tecnici contenenti gli apparati di centro (Server, ...) normalmente attivi: Bignami – Locale 1;
- "Sala di controllo PCO" dove sono presenti le postazioni normalmente utilizzate dal personale di esercizio: Bignami – Locale 2;
- "Sala di controllo PCS" dove sono presenti le postazioni utilizzate dal personale in caso di indisponibilità della sala apparati o della sala di controllo di PCO: Bignami – Locale 3;
- "Sala apparati PCS" dove sono presenti gli armadi tecnici contenenti gli apparati di centro (Server,...) in stand-by: Bignami – Locale 3 (ovvero lo stesso locale dove sono situate le postazioni di PCS).

Come anticipato nei paragrafi precedenti, con la creazione del nuovo Deposito di Monza Casignolo è prevista:

- la creazione di una nuova Sala di controllo di PCO (normalmente utilizzata dal personale dell'Esercente) presso il nuovo Deposito;
- la conseguente trasformazione dell'attuale Sala di controllo di PCO situata a Bignami in "Sala di controllo PCS";
- il mantenimento delle Sale apparati PCO e Sala apparati PCS a Bignami (Sala di soccorso che a questo punto non conterrebbe più le postazioni operatore di riserva).

Presso il nuovo deposito è inoltre prevista la predisposizione di due sale apparati (in edifici distinti) all'interno delle quali verranno installati gli apparati di centrale degli impianti di telecomunicazione dedicati al deposito stesso e di dimensioni tali da garantire, nelle future fasi progettuali, la possibilità di spostare tutti gli apparati delle sale PCO e soccorso di Bignami presso il nuovo deposito e/o di gestire la creazione di possibili sale apparati e sale di controllo provvisorie per le attività di messa in servizio della linea.

Pertanto, ai fini del prolungamento a Monza il sistema di Posto Centrale Integrato esistente verrà adeguato prevedendo fondamentalmente:

- tutte le postazioni aggiuntive necessarie per gli operatori DCT/DCE, DCV e DS che dovranno essere installate nella nuova sala di controllo del deposito di Monza Casignolo; in linea di massima verrà previsto lo stesso numero di postazioni ad oggi esistente presso la sala di controllo di Bignami oltre ad una postazione DCT/DCE aggiuntiva, con caratteristiche analoghe alle altre ma dedicata alla gestione del Deposito;
- l'adeguamento degli apparati esistenti del Posto Centrale di Bignami (in particolare server, client e decoder) al fine di garantire:



- o la gestione di tutti gli apparati periferici relativi alle nuove stazioni, ai nuovi tratti di galleria ed al nuovo deposito di Monza Casignolo (telecamere, zone di sonorizzazione, PID, citofoni info SOS di stazione);
- o la gestione di tutti gli apparati periferici relativi ai sistemi TLC di bordo dei nuovi veicoli;
- o la gestione dei nuovi citofoni di galleria non previsti nella tratta attualmente in esercizio;
- o la gestione delle dorsali magnetofoniche, di cui è prevista la conversione in flussi VoIP, attualmente non gestite dal sistema di Posto Centrale Integrato;

attraverso la stessa interfaccia grafica e con le medesime funzionalità ad oggi garantite per la tratta in esercizio.

#### **4.12. SISTEMA DI INDIRIZZAMENTO DINAMICO PER L'EVACUAZIONE IN GALLERIA**

Come sopra anticipato, tale sistema, non presente nella tratta in esercizio, è stato previsto nell'ambito del presente prolungamento al fine di ottemperare a quanto richiesto al punto VII.5.5 del Decreto Ministeriale del 21 ottobre 2015 di seguito riportato per comodità di riferimento *“Nelle sedi sotterranee deve essere installato un sistema di illuminazione dinamico, progettato, realizzato e gestito a regola d'arte, che consenta di guidare gli utenti nella giusta direzione, eventualmente in abbinamento ad un sistema sonoro”*.

Il sistema previsto a progetto è essenzialmente costituito da dei display led verdi installati ogni 25 m sulle pareti della galleria lungo entrambe le banchinette di ogni tratta interstazionale. Tali display garantiscono la visualizzazione di un simbolo a freccia orientato verso la stazione a monte o quella a valle di ogni tratta interstazionale sulla base della direzione di evacuazione prescelta, la quale a sua volta dipende dalla strategia di ventilazione selezionata. A tal proposito è stato previsto un interfacciamento con il sistema di Telecomando e Telecomando il quale, una volta selezionata la strategia prescelta da parte degli operatori di Posto Centrale, comunica ai display quale delle due direzioni deve essere visualizzata.

I display sono inoltre dotati, sulla parte inferiore, di una striscia di LED bianchi dedicati ad illuminare il camminamento, la cui accensione è anch'essa comandabile da remoto.

I display di ogni tratta previsti lungo ciascuna banchinetta sono:

- collegati tra loro in daisy chain attraverso un link Ethernet che origina sugli switch della rete di trasmissione dati multiservizio della stazione a monte e termina su quelli della stazione a valle, garantendo così il funzionamento del sistema ed in particolare la ricezione del segnale di comando dai server SCADA di Posto Centrale anche in caso di indisponibilità di una delle due stazioni o di interruzione della dorsale di collegamento;
- alimentati a quinconce dalla stazione a monte e da quella valle garantendo così, in caso di mancanza di alimentazione da una delle due stazioni, l'attivazione di un display ogni 50 m (distanza pari alla lunghezza dei veicoli);
- diagnosticati singolarmente al fine di segnalare al Posto Centrale eventuali guasti.

Presso la nuova sala di controllo del deposito di Monza Casignolo è prevista inoltre una postazione operatore (DMT) dedicata a tale sistema utilizzabile per il comando e la gestione dei pannelli in caso di malfunzionamento dell'interfacciamento con il sistema SCADA.





## 5. SISTEMA DI TELECOMANDO E TELECONTROLLO (SCADA)

### 5.1. STATO DI FATTO

#### 5.1.1. INTRODUZIONE

Il sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) effettua l'acquisizione, la raccolta e l'elaborazione dei dati provenienti dai Posti Periferici della metropolitana Linea 5, tratta San Siro -Bignami (19 stazioni ed 1 deposito di Bignami), centralizzando tutte le informazioni relative agli impianti controllati presso il Centro di Controllo (CC) ed il Centro di Soccorso (CS) situati presso Bignami.

Il sistema SCADA consente quindi:

- il monitoraggio e la supervisione delle apparecchiature periferiche, fornendo agli operatori tutte le informazioni di stato e di allarme;
- l'invio di comandi necessari alla gestione delle apparecchiature stesse.

Gli enti periferici tele-gestibili attraverso il sottosistema SCADA sono relativi ai sottosistemi di:

- Impianti alimentazione elettrica di sistema (Quadri MT, Quadri CC, Quadri BT, UPS, Sistemi protettivi, Caricabatteria, Sezionatori di Stazione e di Linea, Luci di stazione e di galleria, ecc...);
- Impianti tecnologici ausiliari (scale mobili ed ascensori);
- Impianti Meccanici (impianti ventilazione stazioni/gallerie, impianti di emergenza incendio, aggotamento delle acque, ecc...).

Il sottosistema SCADA visualizza in formato grafico tutte le informazioni raccolte dal campo ed invia i comandi stabiliti dall'operatore.

Tale sottosistema è inoltre in grado di proporre autonomamente sequenze di macrocomandi in funzione delle condizioni di impianto e relativi ad esempio:

- alla riconfigurazione della rete di alimentazione elettrica MT nel caso in cui si verifichi un guasto;
- alla disalimentazione rapida di un tratto di linea compreso tra due Sottostazioni Elettriche; ciò consente ad un operatore una reazione più tempestiva nel disalimentare il tratto di linea interessato ad esempio nel caso in cui un passeggero di un treno fermo in linea aprisse una porta del treno stesso;
- alla proposta, nei confronti dell'operatore, della strategia di ventilazione più opportuna in funzione degli diversi scenari di incendio possibili, in stazione ed in linea.

Si precisa tuttavia che lo SCADA non prende mai decisioni autonome e quindi non invia mai comandi in automatico a fronte degli eventi rilevati: è infatti sempre richiesto un intervento dell'operatore, anche solo di semplice conferma, per avviare le sequenze di comandi proposte.

#### 5.1.2. FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA

Al fine di descrivere le funzionalità del sottosistema SCADA è significativo considerare le interfacce di quest'ultimo nei confronti:

- degli altri sottosistemi presso il Centro di Controllo;
- dei quadri a cui sono collegati gli enti di campo monitorati e comandati dagli apparati SCADA periferici localizzati presso le stazioni lungo la linea: Armadio IA (Impianti Alimentazione), ITA (Impianti Tecnologici Ausiliari) e PLC civile, relativo agli impianti meccanici.



#### 5.1.2.1. SUPERVISIONE E CONTROLLO ATTRAVERSO I PLC IA E ITA

Il PLC IA (Impianti Alimentazione) controlla la catena della trasformazione e distribuzione dell'energia sia di trazione sia in bassa tensione e si interfaccia con i quadri delle centraline antincendio, della centralina luci e della centralina antintrusione.

Il PLC ITA (Impianti Tecnologici Ausiliari) controlla invece le utenze in bassa tensione delle scale mobili ed ascensori.

Ciascun passaggio della trasformazione/distribuzione è monitorato e comandato da un quadro a cui corrisponde la lettera di prefisso funzionale.

Nelle stazioni senza SSE, mancando il trasformatore, il raddrizzatore ed il Quadro in Corrente Continua dedicati alla trazione, lo SCADA telegestisce solo il quadro di media tensione, il trasformatore per le utenze non di trazione con uscita a 400Vac, la distribuzione BT, le centraline degli impianti di rivelazione incendi, antintrusione ed illuminazione e gli impianti di movimentazione.

La gestione degli impianti di alimentazione elettrica comprende:

- la verifica costante dello stato di funzionamento degli impianti attraverso teleallarmi, tele-segnalazioni e tele-misure;
- la modifica dello stato operativo tramite l'inoltro di telecomandi;
- la riconfigurazione telecomandata da operatore, secondo scenari predefiniti, delle reti di alimentazione elettrica in caso di avaria o manutenzione in modo da garantire per quanto possibile la continuità del servizio: in base alla tipologia di guasto ed al tratto della rete dove è avvenuto il problema, automaticamente (senza intervento dell'operatore) lo SCADA propone la riconfigurazione più idonea per alimentare nuovamente il tratto di rete interessato. L'operatore conferma esplicitamente la strategia proposta (attraverso l'ausilio di un help contestuale che lo informa sulle conseguenze dell'attuazione) o decide di scegliere una nuova strategia manualmente;
- la disalimentazione rapida di un tratto di linea compreso tra due Sottostazioni Elettriche; ciò consente ad un operatore una reazione tempestiva nel disalimentare un tratto di linea nel caso in cui, ad esempio, un passeggero di un treno fermo in linea aprisse una porta del treno stesso.

Le interfacce fisiche con le quali gli armadi IA ed ITA acquisiscono dati dal campo sono di tipo hardwired (contatti cablati) e di tipo seriale (RS485 multidrop).

Gli armadi IA ed ITA si interfacciano al Centro attraverso interfacce fisiche Ethernet sfruttando la rete di trasmissione dati degli impianti di Telecomunicazione.

#### 5.1.2.2. SUPERVISIONE E CONTROLLO ATTRAVERSO IL PLC CIVILE

In ciascuna stazione relativamente agli impianti meccanici sono presenti diversi controllori, ciascuno dedicato alla gestione dei seguenti impianti:

- ventilazione di stazione;
- ventilazione di galleria;
- ventilazione normale banchine;
- pompe d'aggottamento;
- UTA;
- condizionamento;
- porte di accesso alle stazioni.

Tali controllori sono collegati, tramite rete di campo, al PLC concentratore di stazione delle Opere Civili il quale è previsto in configurazione ridondata sia per quanto riguarda CPU, alimentatori e moduli di collegamento con la rete di campo sia per quanto concerne l'interconnessione con due differenti switch della rete di trasmissione



dati previsti all'interno dell'armadio fornito dal sistema di Telecomunicazioni nella sala tecnica di ciascuna stazione.

Con questa architettura lo SCADA consente:

- l'invio di comandi singoli da indirizzare verso gli apparati controllati;
- la ricezione al Posto centrale di tutte le informazioni di stato degli apparati di campo interfacciati;
- l'invio, ai controllori interessati, dei macrocomandi necessari per l'avvio dello scenario di ventilazione d'emergenza proposto automaticamente da SCADA all'operatore di PCO.

Riguardo alla ventilazione d'emergenza il sottosistema SCADA mette a disposizione dell'operatore (che li dovrà poi avviare con un comando di conferma) alcuni scenari operativi predefiniti tramite i quali dal centro sarà possibile inviare richieste di attuazione ai PLC concentratore delle Opere Civili di tutte le stazioni interessate dallo specifico scenario di ventilazione.

Nell'evenienza:

- che il Posto Centrale SCADA sia indisponibile (evento molto remoto in quanto sono previste due coppie di server localizzate in sale apparati distinte e diverse postazioni client distribuite nelle due sale CC e CS);
- che i PLC periferici non siano raggiungibili dal Centro (evento molto remoto in quanto, come sopra specificato, ciascun PLC concentratore di stazione delle Opere Civili è previsto in configurazione ridondata sia per quanto riguarda CPU, alimentatori e moduli di collegamento con la rete di campo CONTROLNET sia per quanto concerne l'interconnessione con i due switch della rete di trasmissione dati);

è comunque possibile attivare le strategie di ventilazione direttamente da qualsiasi stazione (indipendentemente dalla strategia da effettuarsi) tramite gli appositi pannelli locali disponibili direttamente sui quadri di stazione.

#### 5.1.2.3. SUPERVISIONE E CONTROLLO ATTRAVERSO LE INTERFACCE CON I SOTTOSISTEMI ATC E TLC

Il sottosistema SCADA gestisce infine le seguenti interfacce:

- con sistema di segnalamento per:
  - la diagnostica e gli allarmi delle apparecchiature di bordo;
  - la diagnostica non vitale delle porte di banchina;
  - lo stato di alimentazione delle tratte elettriche in cui è divisa la linea di trazione;
- con gli impianti di telecomunicazione:
  - per la visualizzazione automatica della telecamera relativa in caso di:
    - allarme incendio in stazione;
    - emergenza scale mobili in stazione;
  - per la gestione dell'interblocco con l'impianto TVCC relativo all'avvio delle scale mobili.

La modalità di interfacciamento con gli impianti ATC e TLC è realizzata direttamente al PCO tramite collegamento Ethernet e protocollo TCP/IP.

### 5.1.3. INTERFACCIA OPERATORE

Dal punto di vista utente, il sistema SCADA presenta nell'interfaccia utente indicazioni grafiche (con colori differenti e/o lampeggianti eventualmente accompagnate da segnalazioni acustiche) di immediata comprensione. In particolare, l'operatore SCADA ha sulla postazione di lavoro un aggiornamento immediato delle informazioni secondo tre livelli:



- pagine riassuntive che permettono all'operatore SCADA di avere una visione generale dello stato del sistema e che contengono informazioni relative alle funzioni supervisionate con rappresentazioni grafiche che includono:
  - indicazioni generali, aggiornate dinamicamente, su ogni categoria di funzioni supervisionate (sottostazioni, linea di contatto, distribuzione dell'alimentazione di stazione, funzioni di galleria e di stazione, sistema di telecomunicazioni);
  - allarmi attivi di tutti i sottosistemi controllati;
- pagine dettagliate che prevedono in forma grafica per ogni categoria di impianto indicazioni sulle funzioni controllate e sulla diagnosi. Esse contengono inoltre una reportistica sulle condizioni di esercizio, sugli allarmi e su tutte le informazioni aggiuntive previste dal sistema. Le pagine dettagliate sono selezionate dalle corrispondenti pagine riassuntive generali;
- pannelli di dettaglio che prevedono in forma grafica per ogni dispositivo di impianto indicazioni sulle funzioni controllate e sulla relativa diagnostica. Tali pannelli di dettaglio sono usati per le richieste di controllo/comando remoto e si aprono effettuando il puntamento del mouse sul simbolo del dispositivo corrispondente.

Nel dettaglio il sottosistema SCADA è dotato di una interfaccia grafica così composta:

- un sinottico generale: rappresenta schematicamente la linea evidenziando le stazioni e le SSE. Con opportune visualizzazioni e colorazioni sono indicate le informazioni significative che permettono di dedurre lo stato di normale funzionamento, la presenza di anomalie o allarmi e lo stato di esclusione dei telecomandi ove presenti. Da questo si possono attivare sinottici più dettagliati;
- un sinottico per ognuna delle singole stazioni: rappresenta lo stato funzionale di tutti gli enti centralizzati della stazione con simboli grafici semplificati. Da questo si può accedere ai sinottici di dettaglio;
- sinottici di dettaglio: uno per ogni utenza od ente centralizzato, includono le condizioni di stati ed allarmi delle apparecchiature costituenti oltre a permetterne il controllo, ove previsto.

Il livello di dettaglio degli oggetti grafici rappresentati è funzione della tipologia degli elementi visualizzati (sintetico per rappresentazioni aggregate e più dettagliato per rappresentazione specifica di singoli elementi).

#### **5.1.4. ARCHITETTURA DEL SOTTOSISTEMA**

Dal punto di vista architettonico lo SCADA consiste in un sistema geograficamente distribuito composto da:

- un Posto Centrale nel quale sono presenti i server e le workstation degli operatori;
- una serie di armadi localizzati presso le stazioni.

La comunicazione tra il Posto Centrale e i vari siti avviene attraverso la rete di trasmissione dati degli impianti di Telecomunicazione.

Lo SCADA è di fatto costituito da due distinti sottosistemi:

- sottosistema di livello 1: costituito da una serie di PLC per la gestione degli impianti disposti lungo la tratta:
  - 1 PLC per la gestione degli impianti IA;
  - 1 PLC per la gestione degli impianti ITA;
  - 1 PLC concentratore completamente ridondato per la gestione degli impianti meccanici;
- sottosistema di livello 2: situato nel PCO di Bignami e costituito da:
  - una coppia di server "SCADA" in modalità hot stand-by e dedicati alla gestione dati, trasmissione verso le postazioni client e storicizzazione nel Database storico; uno dei due server della coppia è installato nella sala apparati CC mentre l'altro nella sala apparati CS;



- due coppie di server "Communication" dedicati all'acquisizione dati dal campo e relativa trasmissione ai Server elaborativi SCADA. Per ogni coppia è presente un server nella sala apparati CC ed uno nella sala apparati CS;
- quattro postazioni operatore situate nella sala di controllo principale che si differenziano per il numero di monitor gestiti:
  - DCT/DCE 1 (SCADA): PC con la possibilità di pilotare due monitor, di cui uno, da 40", dedicato alla gestione degli impianti ausiliari e di alimentazione elettrica del sistema e l'altro, da 19", dedicato alla diagnostica delle apparecchiature dei sottosistemi presenti a bordo del veicolo;
  - DCT/DCE 2 (ATC): PC con le stesse caratteristiche del PC dell'Operatore DCT/DCE 1(SCADA) per la gestione degli impianti ausiliari e di alimentazione;
  - DCV/DCE (Telecomunicazioni): PC che garantisce la visualizzazione degli impianti ausiliari e di alimentazione;
  - DS (Supervisore): PC che garantisce la visualizzazione degli impianti ausiliari e di alimentazione;
- due postazioni operatore situate nella sala di soccorso:
  - DCE: PC che garantisce la visualizzazione degli impianti ausiliari e di alimentazione;
  - Veicolo: PC che garantisce la visualizzazione della diagnostica del veicolo.
- stampanti laser e ad aghi;

I due livelli di automazione comunicano tramite la rete di comunicazione dati su supporto in fibra ottica.

L'interfacciamento con gli impianti controllati avviene prevalentemente attraverso I/O di tipo digitale. Ciò significa che i telecontrolli sono prelevati attraverso contatti liberi da tensione, resi disponibili dall'impianto controllato, mentre i comandi si concretizzano attraverso la chiusura, per un tempo determinato e regolabile, di contatti liberi da tensione forniti dall'impianto periferico SCADA.

Per quanto riguarda le misure analogiche, queste sono lette attraverso il protocollo seriale ModBus da dispositivi "intelligenti" di campo.

## 5.2. ESTENSIONE DEL SISTEMA PER IL PROLUNGAMENTO

Per il prolungamento della Linea 5 a Monza è prevista l'estensione del sistema esistente mediante l'installazione di PLC, bus di campo ed unità di I/O dedicati alla gestione degli impianti di Alimentazione (IA), degli impianti Tecnologici Ausiliari (ITA) e degli impianti Civili presso ogni nuova stazione e presso il nuovo deposito di Monza Casignolo, secondo la medesima architettura e perimetro di competenze ad oggi esistente nella tratta in esercizio.

Tali PLC verranno collegati agli switch di stazione/deposito del sistema di trasmissione al fine di garantirne il collegamento con gli apparati di Posto Centrale dedicati alla gestione (Server) dell'intero sistema SCADA ed all'interfaccia utente (Client) per gli operatori. Questi ultimi, ovvero i server Database e Communication nonché le postazioni operatore Client situate a Bignami, dovranno essere adeguati al fine di garantire la gestione:

- di tutti gli impianti dei nuovi posti periferici (11 stazioni ed il deposito di Monza Casignolo) attraverso la stessa interfaccia grafica e con le medesime funzionalità ad oggi garantite per la tratta in esercizio;
- dei display del sistema di indirizzamento dinamico per l'evacuazione in galleria previsti nell'ambito del presente prolungamento.

Si precisa inoltre che, analogamente a quanto previsto per le postazioni operatore del sistema di posto centrale integrato degli impianti di Telecomunicazione, anche per il sistema SCADA devono essere previste tutte le postazioni Client aggiuntive necessarie per gli operatori DCT/DCE, DCV e DS che dovranno essere installate nella nuova sala di controllo del deposito di Monza Casignolo; in linea di massima verrà previsto lo stesso



numero di postazioni ad oggi esistente presso la sala di controllo di Bignami oltre ad una postazione DCT/DCE aggiuntiva, con caratteristiche analoghe alle altre ma dedicata alla gestione del Deposito.



## 6. IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA

---

Il sistema di alimentazione del prolungamento a Monza della Linea 5 è stato studiato al fine di soddisfare i principi di affidabilità, disponibilità, manutenibilità e sicurezza e di risultare coerente – nelle funzionalità e nella filosofia di gestione – rispetto a quanto previsto per la tratta di Linea 5 in esercizio (tratta San Siro - Bignami), in modo da presentarsi omogeneo, dal punto di vista delle funzionalità, per il futuro Esercente ed in particolare per gli operatori di Posto Centrale (dal quale sarà possibile telecontrollare e telecomandare il sistema di alimentazione stesso).

### 6.1. SISTEMA MEDIA TENSIONE

L'energia in media tensione da rete pubblica per il prolungamento della Linea 5 della Metropolitana di Milano dall'attuale asta di manovra di Bignami alla stazione di Monza-Brianza sarà prelevata tramite 4 nuovi punti di consegna in MT, preliminarmente individuati presso le seguenti Sottostazioni Elettriche di Conversione (nel seguito SSE), situate nelle omonime stazioni:

- SSE Testi Gorki
- SSE Deposito
- SSE Parco Villa Reale
- SSE Monza-Brianza

Tali allacciamenti affiancano a quelli già previsti nella tratta in esercizio della linea:

- SSE S.Siro Harar Dessiè
- SSE Lotto
- SSE Gerusalemme
- SSE Garibaldi
- SSE Istria
- SSE Bignami

Come per la tratta in esercizio, gli allacciamenti si attestano su una doppia dorsale di media tensione, realizzata in cunicolo separato (per la tratta in esercizio Garibaldi – San Siro in gallerie separate), che collega tutte le utenze elettriche della Metropolitana Linea 5. In particolare le utenze MT del sistema media tensione sono costituite da:

- cabine MT/bt di stazione (CdS);
- cabine MT/bt di sottostazione (SSE).

La sopraccitata doppia dorsale si allaccia, in corrispondenza della stazione Bignami, alla doppia dorsale prevista per la tratta in esercizio San Siro – Bignami.

In normali condizioni di funzionamento tutti i punti di alimentazione forniscono l'energia occorrente all'intero sistema evitando, attraverso opportuni interblocchi, il parallelo tra essi. In mancanza di una delle alimentazioni la normale continuità di esercizio all'intero sistema è garantita dai punti di alimentazione rimasti in servizio.

Per la tratta in esercizio in ciascuna stazione non sede di sottostazione elettrica sono realizzate due distinte cabine MT/bt, denominate CdS1 e CdS2.

Per la tratta Garibaldi – Bignami (in esercizio) nelle stazioni sede di sottostazione la cabina di stazione CdS1 è sostituita dalla cabina di sottostazione, denominata SSE, che contiene sia le apparecchiature per l'alimentazione dei carichi di stazione sia le apparecchiature per l'alimentazione della trazione. Viceversa per la tratta San Siro - Garibaldi (in esercizio) nelle stazioni sede di sottostazione la cabina di stazione CdS1 è costituita da un locale separato dalla SSE e contiene le sole apparecchiature relative all'alimentazione dei



carichi di stazione. Le SSE, in locale separato dalle due CdS, contengono quindi solo le apparecchiature relative all'alimentazione della trazione e due partenze in MT che collegano la sbarra di SSE alle due CdS di stazione.

Per il prolungamento in fase di progetto è prevista l'estensione dello standard adottato nella tratta San Siro – Garibaldi, che permette di gestire in maniera più flessibile gli scenari di guasto o di funzionamento degradato (ad esempio per gli interventi di manutenzione).

In ogni stazione, con o senza SSE, l'alimentazione delle cabine MT/bt, una in funzione e l'altra in riserva, è prelevata in configurazione entra-esce dalle due dorsali di media tensione.

Come per la tratta in esercizio, questo sistema di distribuzione permette ad ogni utenza MT di essere comunque alimentata da una fonte di alimentazione distinta e di provenienza diversa, permettendo così, unitamente agli apprestamenti previsti per la parte di alimentazione elettrica BT di stazione (commutazioni e UPS), di realizzare la sorgente di alimentazione "*di sicurezza*" prescritta al capo "VII.2. Alimentazione dei servizi di emergenza" del DM 21 ottobre 2015. Infatti la CdS 2 è alimentata da una rete MT proprietaria del sistema metropolitano distinta da quella primaria (cui è attestata la CdS 1) ed è collocata in un locale tecnico ubicato in un compartimento antincendio distinto da quello della CdS 1.

Si veda a proposito quanto riportato anche nel paragrafo 6.1 della presente relazione.

Va inoltre sottolineato come la fonte normale (CdS 1) e la fonte "*di sicurezza*" (CdS 2) siano a loro volta dotate di ridondanza intrinseca, essendo la rete MT primaria e la rete MT secondaria riconfigurabili a fronte dei principali scenari di guasto prevedibili, ed in particolare:

- mancanza tensione o guasto alle apparecchiature di un punto di consegna MT;
- perdita totale in caso di guasti gravi, per esempio incendio non controllato in una cabina di stazione o in una SSE;
- guasto di un cavo di interconnessione tra le cabine;
- blocco o guasto degli interruttori di interconnessione dei quadri MT delle cabine di stazione o cabine di sottostazione.

In tutte le riconfigurazioni della rete MT opportuni interblocchi sui singoli quadri e interruttori MT di interconnessione delle stazioni e delle sottostazioni impediscono il parallelo tra gli allacciamenti all'Ente Fornitore.

Pertanto gli scenari che saranno sviluppati nelle future fasi di progetto per il dimensionamento delle dorsali MT sono i seguenti:

- condizione di normale funzionamento;
- sistema degradato per il verificarsi di una sola delle seguenti anomalie:
  - fuori servizio di uno dei punti di consegna dell'Ente Fornitore;
  - fuori servizio di una delle SSE;
  - guasto ad una delle dorsali di Media Tensione componenti l'anello;

guasto ad uno degli interruttori di interconnessione della rete MT in una delle due cabine MT/bt di ciascuna stazione.

### **6.1.1. STAZIONI NON SEDE DI SOTTOSTAZIONE**

Come per la tratta in esercizio, per la tratta in esercizio in ogni stazione, non sede di sottostazione, sono realizzate due distinte cabine MT/BT (CdS1 e CdS2), posizionate in locali separati compartimentati in maniera coerente con il DM 21 ottobre 2015 e le norme applicabili, ed equipaggiate ciascuna con:

- un quadro di media tensione contenente due interruttori di interconnessione con le protezioni delle linee in arrivo e partenza e un interruttore destinato alla protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- un trasformatore servizi ausiliari MT/bt, che alimenta le utenze BT di stazione e di linea;

E' inoltre previsto un quadro sinottico di comando e controllo locale, posizionato nel locale quadri BT.





### 6.1.2. STAZIONI SEDE DI SOTTOSTAZIONE

Come per la tratta in esercizio San Siro – Garibaldi, in ciascuna stazione sede di sottostazione, sono realizzate due distinte cabine MT/bt (CdS1 e CdS2) più la SSE.

Ciascuna delle due cabine CdS1 e CdS2 è equipaggiata con:

- un quadro di media tensione contenente due interruttori di interconnessione con le protezioni delle linee in arrivo e partenza, un interruttore per l'interconnessione con la SSE ed un interruttore destinato alla protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- un trasformatore servizi ausiliari MT/bt, che alimenta le utenze BT di stazione e di linea;

E' inoltre previsto un quadro sinottico di comando e controllo locale, posizionato nel locale quadri BT.

La SSE è equipaggiata con:

- un quadro di media tensione suddiviso in due sezioni, ciascuna con propria sbarra principale e congiunte tramite un interruttore di manovra sezionatore motorizzato sottocarico:
  - una sezione contenente un interruttore di interconnessione con il punto di fornitura MT (ove previsto), due interruttori di interconnessione con la CdS1 e la CdS2,
  - una sezione con un interruttore destinato alla protezione del trasformatore di trazione;
- un trasformatore di trazione, che alimenta la sezione di alimentazione e protezione della linea di trazione a 750 V<sub>cc</sub> nominali;

E' inoltre previsto un quadro sinottico di comando e controllo locale, posizionato nel locale della SSE stessa.

Nelle SSE di linea i servizi ausiliari di SSE sono derivati dal QGBT di stazione.

### 6.1.3. DEPOSITO

Per l'alimentazione elettrica delle utenze di Deposito è prevista la costruzione di due distinte cabine MT/bt (CdS1 e CdS2) una di riserva all'altra, della SSE e di un Gruppo Elettrogeno con annesso locale ad hoc.

Le due cabine sono derivate con due linee distinte, una di riserva all'altra, dalle sbarre principali MT della SSE di Deposito e sono quindi normalmente alimentate dall'arrivo MT previsto presso tale SSE.

In caso di mancanza tensione nella CdS di Deposito attiva nel normale funzionamento (CdS 1), l'altra (CdS 2) è in grado di alimentare tutte le utenze di deposito. A tal proposito sul QGBT di Deposito è previsto un opportuno sistema di commutazione automatica fra le due linee in arrivo dalla CdS 1 e dalla CdS 2.

In caso di perdita completa dell'arrivo MT di deposito o di fuori servizio del Quadro Media Tensione di SSE, le utenze privilegiate di deposito possono essere alimentate tramite l'intervento del Gruppo Elettrogeno, collegato con apposito interruttore (opportunamente interbloccato rispetto a quelli provenienti dalla CdS 1 e dalla CdS 2) al QGBT di Deposito.

Ciascuna delle due cabine CdS1 e CdS2 di Deposito è equipaggiata con:

- un quadro di media tensione contenente un interruttore di interconnessione con le protezioni della linea in arrivo dalla SSE e un interruttore destinato alla protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- un trasformatore servizi ausiliari MT/bt, che alimenta le utenze BT del deposito;

E' inoltre previsto un quadro sinottico, posizionato nel locale quadri BT.

La SSE di Deposito è equipaggiata con:

- un quadro di media tensione suddiviso in due sezioni, ciascuna con propria sbarra principale e congiunte tramite un interruttore di manovra sezionatore motorizzato sottocarico:
  - una sezione contenente un interruttore di interconnessione con il punto di fornitura MT, due interruttori di interconnessione con la CdS1 e la CdS2 della Stazione Campania, due interruttori di interconnessione con la CdS1 e la CdS2 di Deposito,
  - una sezione contenente un interruttore destinato alla protezione del trasformatore di trazione di linea, un interruttore destinato alla protezione del trasformatore di trazione di Deposito ed un interruttore destinato alla protezione del trasformatore dei servizi ausiliari di SSE;



- un trasformatore di trazione, che alimenta la sezione di alimentazione e protezione della linea di trazione a 750 V<sub>cc</sub> nominali;
  - un trasformatore dei servizi ausiliari di SSE;
- E' inoltre previsto un quadro sinottico, posizionato nel locale SSE stesso.

## 6.2. SISTEMA DI TRAZIONE

L'architettura del sistema di alimentazione della trazione elettrica previsto per il prolungamento a Monza Brianza della Linea 5 di Milano tiene conto della tipologia di sistema di alimentazione che caratterizza il tratto esistente, del quale il nuovo tratto di linea si configura come naturale estensione. Le scelte di base effettuate tengono pertanto in conto dell'opportunità di mantenere il più possibile gli stessi standard esistenti, soprattutto dal punto di vista della gestione e della manutenzione.

Il posizionamento delle SSE tiene inoltre conto dei vincoli dettati dal tracciato e dalle opere civili, in particolare dalle esigenze di costruzione delle stazioni.

Il nuovo tratto di linea ha un'estensione di circa 12,6 km con 11 stazioni.

La potenzialità del sistema di segnalamento della Linea 5 di Milano permette di raggiungere un cadenzamento in linea pari a 75 s. Ai capilinea tale cadenzamento è raggiungibile con opportune configurazioni del piano ferro, del posizionamento delle ultime stazioni terminali e dell'asta di manovra.

Per permettere di sfruttare a pieno le sopraccitate potenzialità, in caso di necessità di esercizio particolari che prevedano un cadenzamento di circa 75 s per l'intero prolungamento (es. eventi particolari al parco di Monza, quali ad esempio eventi sportivi presso l'Autodromo) e/o in ottica di possibili ulteriori espansioni del sistema, il sistema di alimentazione elettrica è dimensionato per l'intero prolungamento per poter sostenere i seguenti livelli di cadenzamento:

- tutte le SSE in servizio: 75 s
- una qualsiasi SSE fuori servizio: 120 s.

Tali prestazioni risultano inoltre coerenti con il dimensionamento del sistema di alimentazione elettrica di trazione della parte di linea già in esercizio e tengono conto delle caratteristiche dei veicoli già in servizio.

### 6.2.1. RETE ELETTRICA DI TRAZIONE DELLA TRATTA DI LINEA IN SERVIZIO

Il sistema di trazione elettrica della Linea 5 prevede l'alimentazione della linea di contatto tramite SSE.

La struttura del sistema di alimentazione della trazione è tipo "bilaterale", pertanto la linea è suddivisa in più tratte alimentate in parallelo da due SSE contigue.

Le sottostazioni, a valle del trasformatore di trazione, sono equipaggiate con:

- un gruppo raddrizzatore per l'alimentazione del sistema di trazione lato cc;
- un quadro di corrente continua con interruttori extrarapidi di alimentazione e protezione della linea di trazione a 750 V<sub>cc</sub> nominali;
- un armadio di sezionatori di prima e seconda fila;
- feeder per l'alimentazione della terza rotaia della linea di trazione più l'alimentazione della tratta tampone.

Le principali caratteristiche delle SSE della tratta Garibaldi F.S. - Bignami sono le seguenti:

- Tensione nominale: 750 V



- Tensione a vuoto 800 V
- Potenza Nominale 2500 kW
- Corrente nominale 3333 A
- Resistenza interna 4,9 mΩ
- Numero di gruppi raddrizzatori: 1
- Classe di servizio V della tabella A.1 della norma CEI-EN 50329 (CEI 9-23 – Edizione Seconda, Allegato A), corrispondente ad un ciclo di prova che prevede un sovraccarico (rispetto alla Corrente di Base) del 50% per 2h e del 100% per 1 minuto

Per la tratta S.Siro – Monumentale sono previste SSE di potenza maggiore, le cui caratteristiche sono riportate di seguito:

- Tensione nominale 750 V
- Tensione a vuoto 800 V
- Potenza Nominale 3000 kW
- Corrente nominale 4000 A
- Resistenza interna 4,9 mΩ
- Numero di gruppi raddrizzatori: 1
- Classe di servizio V della tabella A.1 della norma CEI-EN 50329 (CEI 9-23 – Edizione Seconda, Allegato A), corrispondente ad un ciclo di prova che prevede un sovraccarico (rispetto alla Corrente di Base) del 50% per 2h e del 100% per 1 minuto.

I binari di linea fungono da ritorno per la corrente di trazione e sono pertanto collegati ai negativi delle SSE, in corrispondenza delle SSE medesime. La terra di trazione, costituita dai binari come sopra descritto, è isolata dalla terra di galleria/stazione (sono comunque presenti i limitatori di tensione secondo EN 50122), ad eccezione del Deposito, dove i binari sono collegati francamente a terra per ragioni di sicurezza degli addetti alla manutenzione.

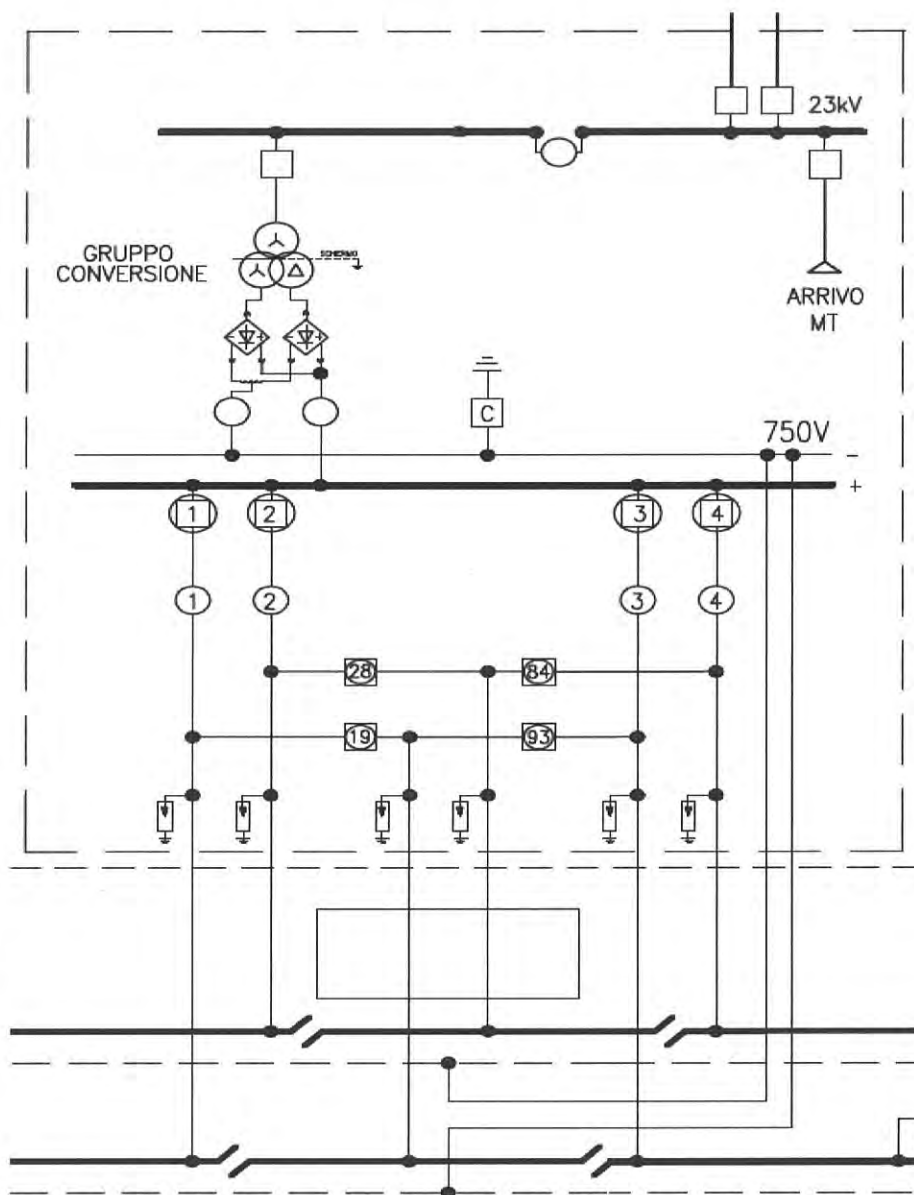
Gli interruttori extrarapidi sono dotati di uno sganciatore automatico che comanda l'apertura dell'interruttore in caso di rilevazione di guasto in linea (es.cto.cto.).

Tutti gli interruttori extrarapidi che alimentano la stessa linea sono correlati tra loro dal Circuito di Scattato.

Il Circuito di Scattato ha la funzione, in caso di guasto in linea, di interbloccare le aperture degli interruttori extrarapidi che si trovano in parallelo sulla stessa linea.

In corrispondenza di ciascuna SSE è presente un tratto neutro. Tenendo normalmente chiusi i sezionatori di seconda fila si alimenta il tratto neutro e la tratta a monte e a valle.

Lo schema unifilare delle SSE tipologico è il seguente (C = Limitatore di tensione):



*Schema Tipico SSE*

### 6.2.2. RETE ELETTRICA DI TRAZIONE PREVISTA PER IL PROLUNGAMENTO IN FASE DI PROGETTO

Al fine del raggiungimento delle prestazioni indicate sopra, è stato ipotizzato che sulla tratta in fase di progetto siano previste **6 nuove SSE**.

Viene mantenuto invariato il sistema di alimentazione bilaterale delle tratte elettriche di linea.

Una delle 6 sottostazioni linea è ubicata presso il Deposito di nuova costruzione ed è equipaggiata con:

- due trasformatori di gruppo, di cui uno dedicato alla linea ed uno al deposito;
- due gruppi raddrizzatori, di cui uno dedicato alla linea ed uno al deposito;



- un quadro di corrente continua con interruttori extrarapidi di alimentazione e protezione della linea di trazione a 750 Vcc nominali;
- un armadio di sezionatori di prima e seconda fila;
- feeder per l'alimentazione della terza rotaia della linea di trazione più l'alimentazione della tratta tampone.

Le principali caratteristiche delle SSE previste per il prolungamento in progetto sono riportate di seguito:

- Tensione nominale 750 V
- Tensione a vuoto 800 V
- Potenza Nominale 3000 kW
- Corrente nominale 4000 A
- Resistenza interna 4,9 mΩ
- Numero di gruppi raddrizzatori: 1
- Classe di servizio V della tabella A.1 della norma CEI-EN 50329 (CEI 9-23 – Edizione Seconda, Allegato A), corrispondente ad un ciclo di prova che prevede un sovraccarico (rispetto alla Corrente di Base) del 50% per 2h e del 100% per 1 minuto

La tabella seguente riassume la progressiva delle SSE esistenti (in carattere blu) e riporta la progressiva prevista per le SSE di nuova costruzione (in carattere verde):

| Progressive SSE [m] |       | Potenza SSE [kW] |
|---------------------|-------|------------------|
| Inizio linea        | 3511  | -                |
| S.Siro Harar        | 3661  | 3000             |
| S.Siro Trotter      | 4512  | 3000             |
| Lotto               | 5779  | 3000             |
| Gerusalemme         | 8263  | 3000             |
| Monumentale         | 9718  | 3000             |
| Garibaldi           | 10320 | 2500             |
| Zara                | 11800 | 2500             |
| Istria              | 12837 | 2500             |
| Bicocca             | 14384 | 2500             |
| Bignami SSE         | 16055 | 2500             |



| Progressive SSE [m] |          | Potenza SSE [kW] |
|---------------------|----------|------------------|
| Testi/Gorki         | 17151    | 3000             |
| Matteotti           | 19692    | 3000             |
| Deposito            | 21382    | 3000             |
| Marsala             | 23127    | 3000             |
| Parco Villa Reale   | 25842    | 3000             |
| Monza Brianza       | 28499    | 3000             |
| Fine linea          | 28663,84 | -                |

- (1) In occasione del progetto del Secondo Lotto della Linea 5 di Milano (Garibaldi – San Siro), in corrispondenza del confine con il Primo Lotto (Bignami – Garibaldi) è stato introdotto un salto di progressiva di 10.000 m. Per semplicità nella presente relazione le progressive della tratta fra Garibaldi e Monza-Brianza sono incrementate pertanto di +10.000 m.

Tutte le SSE di nuova costruzione sono posizionate all'interno dei manufatti di stazioni omonimi, ad eccezione di quella di Deposito, che si trova in un apposito edificio del Deposito di Monza Casignola.

Di seguito, invece, sono riportate le distanze fra le SSE:

| Distanze SSE [m]                  |        |
|-----------------------------------|--------|
| Fra Inizio linea e S.Siro Harar   | 150,0  |
| Fra S.Siro Harar e S.Siro Trotter | 851,2  |
| Fra S.Siro Trotter e Lotto        | 1266,7 |
| Fra Lotto e Gerusalemme           | 2483,9 |
| Fra Gerusalemme e Monumentale     | 1455,4 |
| Fra Monumentale e Garibaldi       | 601,6  |
| Fra Garibaldi e Zara              | 1479,7 |
| Fra Zara e Istria                 | 1037,1 |
| Fra Istria e Bicocca              | 1547,1 |
| Fra Bicocca e Bignami SSE         | 1671,1 |

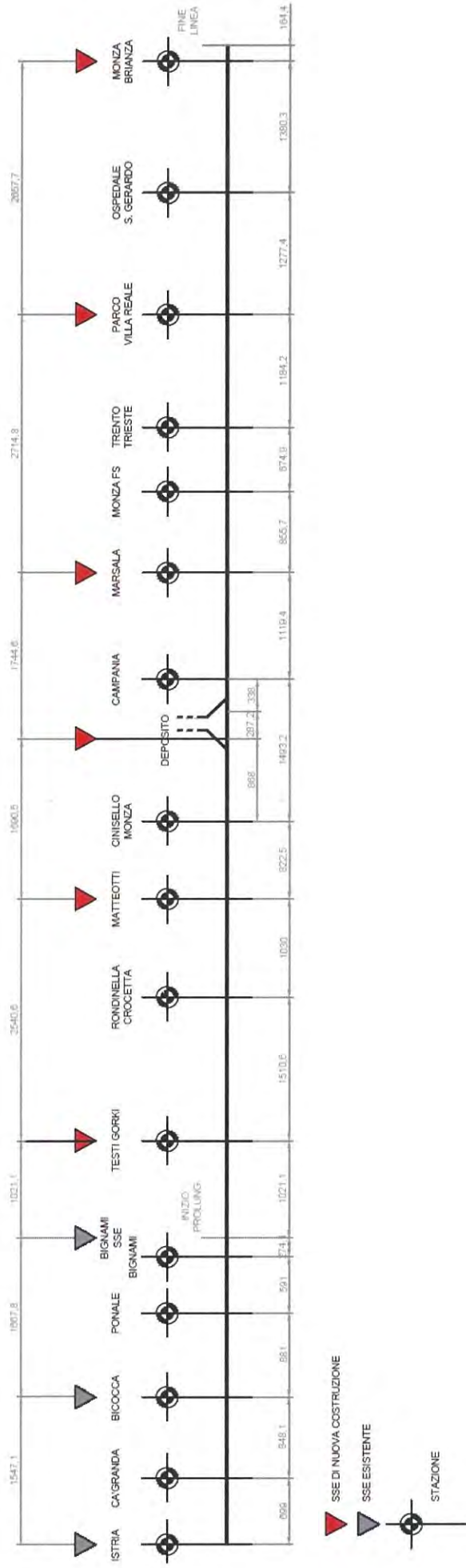


| Distanze SSE [m]                      |        |
|---------------------------------------|--------|
| Fra Bignami SSE e Testi/Gorki         | 1039,9 |
| Fra Testi/Gorki e Matteotti           | 2355   |
| Fra Matteotti e Raccordo Deposito 1   | 1857,3 |
| Fra Raccordo Deposito 1 e Marsala     | 1828,7 |
| Fra Marsala e Parco Villa Reale       | 2840   |
| Fra Parco Villa Reale e Monza Brianza | 2650   |
| Fra Monza Brianza e Fine linea        | 164,4  |

Nella figura che segue è riportato uno schema della linea sul quale sono riassunte, per la tratta di nuova costruzione e per la parte di linea esistente considerata ai fini dei calcoli della presente relazione, le progressive e le interdistanze relative alle stazioni, alle sottostazioni ed ai punti particolari della linea.

Nella tratta di linea dalla SSE di Parco Villa Reale alla SSE di Monza Brianza il circuito di ritorno è stato rinforzato con l'introduzione di due cavi da 400 mm<sup>2</sup> in rame per ciascun binario.

I cavi sono collegati al binario ogni 600 m circa; inoltre è previsto un collegamento di parallelo tra il binario pari e il binario dispari in corrispondenza dei punti in cui i cavi di rinforzo sono collegati al binario.



**Schema della linea con ubicazione SSE**





### **6.3. PAG (PULSANTE DI APERTURA GENERALE)**

In prossimità della zona di accesso ai locali tecnici (SSE e Cabina di Stazione), in analogia a quanto realizzato nelle tratte in servizio e coerentemente con le richieste del DM 21 ottobre 2015 (Capo VII.4), è installato il pulsante per l'apertura generale (PAG).

Il pulsante è adibito al personale di servizio ed alle squadre di intervento di soccorso, per eseguire localmente la disalimentazione della Sottostazione elettrica o della Cabina di Stazione, nei casi di intervento a seguito di evento incidentale.

Il pulsante agisce direttamente solo sulla parte elettrica del sistema, e non sulla circolazione dei treni, in quanto garantisce l'assenza di tensioni (in alternata ed in continua) superiori ai livelli di sicurezza per le persone, effettuando la disalimentazione elettrica di tutti gli apparati installati nel locale, a meno dell'illuminazione di sicurezza, dell'impianto di rilevazione incendi (se presente) e di quanto qui sotto riportato:

- teste di cavo dello scomparto arrivo Ente Fornitore del quadro MT (ove presenti);
- teste di cavo degli scomparti alimentazione terza rotaia del quadro c.c.

Non vengono disalimentati gli UPS di SCADA, di ATC e TLC che si trovano in altro locale separato per consentire la trasmissione dei segnali di emergenza al PCO ed evitare l'arresto incontrollato dei treni.

L'attivazione del pulsante, per esempio di Sottostazione, agisce pertanto sugli interruttori del quadro MT, sugli interruttori del quadro in c.c., sugli interruttori di interconnessione dei quadri MT delle SSE o CdS adiacenti.

L'attivazione del pulsante impedisce qualsiasi comando remoto di alimentazione delle zone interessate dalla disalimentazione. La segnalazione di intervento viene inviata al Posto Centrale attraverso il sistema SCADA.

### **6.4. SISTEMA DI DISALIMENTAZIONE ELETTRICA DI TRAZIONE**

Come richiesto dal D.M. 21 ottobre 2015 (Capo VII.4) e coerentemente con le tratte di linea in esercizio è previsto l'impianto di emergenza per togliere tensione alla linea di contatto a terza rotaia.

Tale impianto è essenzialmente costituito da maniglie per la disalimentazione elettrica della linea di contatto a terza rotaia (750 V<sub>cc</sub>), installate su entrambi i lati della galleria.

Le maniglie di disalimentazione sono collocate come di seguito elencato:

- in stazione (PES) sono ubicate in prossimità di ogni idrante in banchina all'inizio dei percorsi protetti;
- in linea (PEL) sono ubicate:
  - in prossimità di ogni idrante, nei pressi dei pozzi di accesso di emergenza alle gallerie;
  - con passo di circa 50 m nelle tratte comprese fra i pozzi e le stazioni;
- nei pressi di tutti i punti di accesso alle aree in tensione del deposito (PED).

La maniglia deve essere azionata prima di procedere all'uso degli idranti.

L'attivazione del PES:

- provoca l'apertura degli interruttori extrarapidi delle due SSE adiacenti di entrambi i binari, per disalimentare la terza rotaia nelle tratte di linea comprese tra le due SSE adiacenti rispetto al punto nel quale il PES è stato attivato;



- provoca l'apertura dei sezionatori motorizzati della tratta neutra delle due SSE adiacenti rispetto al punto nel quale il PES è stato attivato;
- agisce sull'ATC per fermare i veicoli nell'area di stazione (nel circuito di binario di stazione ed entro 50m. prima e dopo ogni stazione su entrambi i binari), se presenti, o evitare che i veicoli entrino in stazione.

L'attivazione del PEL:

- provoca l'apertura degli interruttori extrarapidi delle due SSE adiacenti di entrambi i binari per disalimentare la terza rotaia nelle tratte di linea comprese tra le due SSE adiacenti rispetto al punto nel quale il PEL è stato attivato;
- provoca l'apertura dei sezionatori motorizzati della tratta neutra delle due SSE adiacenti rispetto al punto nel quale il PES è stato attivato.

L'attivazione del PED:

- provoca l'apertura degli interruttori extrarapidi della SSE Deposito per disalimentare la terza rotaia nelle sezioni interessate;
- agisce sugli apparati ATC per bloccare istantaneamente la circolazione dei treni nelle sezioni previste.

L'attivazione della maniglia impedirà qualsiasi comando remoto di alimentazione della terza rotaia e di ripristino della circolazione automatica dei treni.

La segnalazione della disalimentazione di una tratta a seguito di azionamento di una maniglia sarà inviata al Posto Centrale con un segnale di attivazione circuito di emergenza in SSE e da qui attraverso SCADA.

Inoltre presso il Posto Centrale, nella Sala di Controllo e nella Sala di Soccorso, sono installati i pulsanti per la disalimentazione elettrica generale. Questi sono a disposizione del personale di Posto Centrale per eseguire un comando di disalimentazione generale della terza rotaia (Linea o Deposito).

L'attivazione del pulsante di emergenza di Linea (PEPC-L) agirà su tutti gli interruttori extrarapidi di SSE di linea, per la disalimentazione generale della terza rotaia su tutta la linea.

L'attivazione del pulsante di emergenza di Deposito (PEPC-D) agirà sugli interruttori extrarapidi di SSE di Deposito che alimentano il Deposito, per la disalimentazione generale della terza rotaia su tutto il Deposito.

I comandi PEPC non intervengono direttamente sulla circolazione (quindi non si effettua un blocco generale della circolazione dei treni), ma pongono il sistema in condizione di disalimentazione complessiva della terza rotaia, impedendo qualsiasi comando remoto di alimentazione della terza rotaia e di ripristino della circolazione dei treni.

Il comando del pulsante di emergenza verrà attuato dal personale di Posto Centrale qualora le estreme condizioni di criticità del sistema richiedano un generale impedimento alla circolazione dei treni. Una volta attivati, i pulsanti risulteranno bloccati nella posizione azionata, impedendo qualsiasi comando remoto di alimentazione della terza rotaia e di ripristino della circolazione dei treni, e potranno essere riportati nella posizione normale solo inserendo la chiave in carico ai Dirigenti di Posto Centrale.

Al Posto Centrale è disponibile all'operatore SCADA anche un macro-comando per la disalimentazione rapida della terza rotaia, la cui descrizione è riportata nella relazione del sottosistema SCADA.



## **7. LINEA DI CONTATTO**

---

### **7.1. INTRODUZIONE**

L'elettrificazione con terza rotaia del prolungamento, oggetto del presente capitolo, si sviluppa dalla fine dell'asta di manovra della Stazione Bignami M5 fino a raggiungere la fine dell'asta di manovra della nuova stazione "Monza Brianza", per uno sviluppo complessivo di circa 12.6 km di linea a doppio binario.

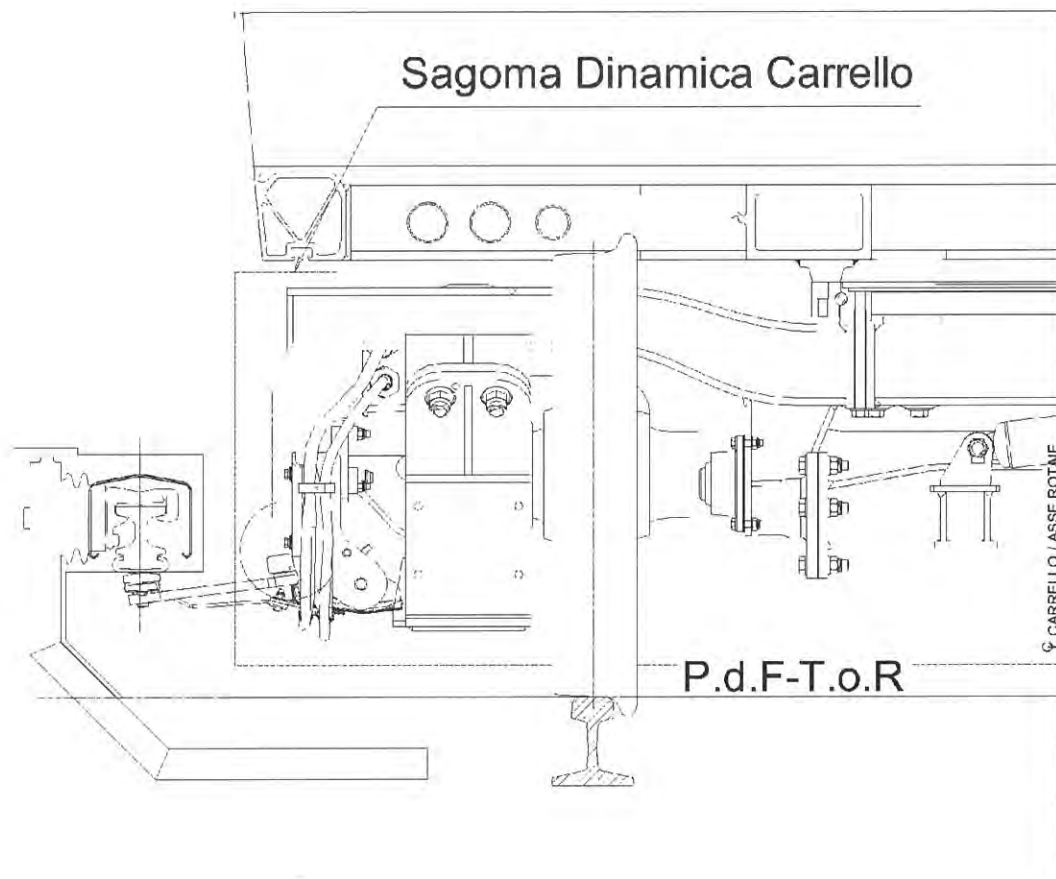
Tra le Stazioni Cinisello-Monza e Campania sono posizionati i raccordi al Deposito la cui elettrificazione avrà le stesse caratteristiche della linea di corsa. Il sistema a terza rotaia deve poter garantire la corretta captazione del materiale rotabile circolante sulla linea M5 di Milano, pertanto deve essere compatibile con le caratteristiche dell'impianto attualmente in esercizio.

Nel prosieguo della Relazione, pertanto, si fa riferimento al materiale attualmente montato in linea, salvo che per alcune specificità applicabili in particolare al prolungamento in fase di progetto (es. tratte all'aperto e interfaccia con armamento su ballast).

### **7.2. CARATTERISTICHE GENERALI**

Il sistema a terza rotaia alimenta i veicoli in linea ed è costituito da una barra conduttrice, protetta da copertura isolante, installata a fianco dei binari di corsa.

L'energia per la trazione ai veicoli è trasmessa dalla superficie di contatto della barra conduttrice, orientata verso il basso, ai panto-pattini del veicolo spinti verso la barra tramite un sistema di molle.



La barra conduttrice è costituita da un corpo in alluminio ed è coperta di uno strato di contatto in acciaio inossidabile su cui scorre il pattino del treno.

La barra conduttrice è progettata con i seguenti dati nominali

- corrente nominale di 2670 A;
- aumento termico di 45°C;
- tensione nominale 750 V DC (+20% / -33%);
- tensione transitoria fino a 3000 V.

I tratti di terza rotaia collegati tra loro da speciali giunti a sovrapposizione sono lunghi circa 15 m.

La terza rotaia è sostenuta da appositi supporti, con interasse standard di circa 5m, adeguatamente isolati da terra.

Per compensare la dilatazione termica della barra conduttrice, sono installati dei giunti di dilatazione secondo una distanza calcolata e dipendente dalla temperatura ambiente e dall'aumento termico.

Una struttura di ancoraggio, in seguito denominata "punto fisso", è montata ad una distanza media tra due giunti di dilatazione allo scopo di evitare lo scorrimento unidirezionale della barra conduttrice, dovuto alla dilatazione termica.

Il progetto del sottosistema Terza Rotaia della Linea 5 di Milano è conforma ai requisiti della norma CEI 9-14.



Per agevolare un ingaggio dolce e senza urti dei panto-pattini dei convogli sulla barra conduttrice, alle estremità di quest'ultima sono installate rampe di diversa fattura (par. 7.3.4), compatibilmente con le velocità di percorrenza. Le estremità di cui sopra sono conseguenza delle necessarie interruzioni della terza rotaia, dovute a scambi, tratti disalimentati o dovunque sia necessario.

## **7.3. COMPONENTI DEL SOTTOSISTEMA TERZA ROTAIA**

### **7.3.1. FISSAGGIO DI CONNESSIONE DEL CONDUTTORE**

Le terze rotaie sono progettate per il collegamento ai bordi mediante bulloni e piastre a sovrapposizione in alluminio (*stessa lega d'alluminio del conduttore e direzionabili*), utilizzando sistemi di fissaggio atti a garantire un elevato livello di affidabilità. I sistemi di fissaggio sono realizzati in acciaio al carbonio zincato. Le parti non protette dopo l'installazione sono trattate con vernice idonea per evitare qualsiasi tipo di corrosione.

I conduttori sono fissati alle piastre a sovrapposizione, con il gambo del conduttore nel mezzo, ottenendo così una giunzione a sovrapposizione precisa e rigida.

Le piastre a sovrapposizione sono progettate per condurre in modo continuo 2670 A con un aumento massimo di temperatura di 18°C rispetto alla temperatura ambiente.

I supporti della terza rotaia sono installati accanto alla sovrapposizione ad una distanza tale da impedire l'interferenza tra supporto e giunzione.

### **7.3.2. ANCORAGGIO**

L'ancoraggio, o "punto fisso", è installato tra due giunti di dilatazione, in posizione pressoché baricentrica e idonea alla capacità di espansione della sezione di dilatazione relativa alla barra conduttrice.

L'ancoraggio montato è progettato per fissare, rispetto alla guida, il punto mediano tra i segmenti di dilatazione ed è necessario per ciascun segmento di terza rotaia. Il progetto di ancoraggio si basa sullo stesso profilo delle piastre a sovrapposizione in alluminio ed ha il vantaggio di un'ottima aderenza al conduttore, senza rischio di corrosione.

### **7.3.3. TERMINALE CAVI (ALIMENTAZIONE)**

I punti di alimentazione (*terminali cavi/alimentatori*) sono posizionati lungo la terza rotaia in conformità ai piani di alimentazione.

I punti standard di alimentazione si compongono di due blocchi in alluminio uniti al conduttore per la connessione dei capicorda per cavi. I due set in alluminio sono saldamente fissati alla terza rotaia. Un blocco in alluminio è lo stesso utilizzato per giunti a sovrapposizione e l'altro è una piastra a estrusione specifica per il fissaggio dei capicorda per cavi e composta della stessa lega per le sovrapposizioni.

Per evitare qualsiasi contatto con i componenti di alimentazione, si utilizza una copertura speciale sagomata in materiale idoneo e analogo a quello descritto al par. 7.3.7.

### **7.3.4. RAMPE DI TERZA ROTAIA**

Le rampe del conduttore sono realizzate con la stessa barra conduttrice utilizzata per la via di corsa e sono disponibili in due categorie:

- Alta velocità, utilizzata tipicamente sulla linea principale (pendenza 1/50);



- Bassa velocità, impiegata tipicamente in area deposito/stazione e nelle comunicazioni ove necessario (pendenza 1/30);

Le rampe sono costruite con un pezzo di conduttore, modificato per ottenere il profilo richiesto e supportato da due isolatori. Sono connesse alla barra conduttrice a fine segmento, analogamente alla giunzione dei singoli tratti di terza rotaia.

La costruzione è eseguita con particolare attenzione per garantire la pendenza della rampa in conformità alla documentazione progettuale.

Le rampe sono installate in corrispondenza di tutte le interruzioni della barra conduttrice, in particolare sulle zone scambi e nelle zone di sezionamento a "spazio d'aria".

### **7.3.5. GIUNTI DI DILATAZIONE**

I giunti di dilatazione per gli impianti di terza rotaia sono progettati per conformarsi alla dilatazione e alla contrazione termica dei conduttori dovute alle variazioni di temperatura ambiente, all'aumento termico del conduttore causato dal carico elettrico.

Il giunto di dilatazione supporta il pattino di contatto durante il passaggio del veicolo, minimizzando l'arco elettrico che si verifica tipicamente in questi punti di transizione. Il montaggio dei giunti di dilatazione permette una corsa di 150 mm e un'interruzione di servizio se si raggiunge la temperatura minima prevista. Il progetto di dilatazione soddisfa gli stessi requisiti elettrici e meccanici di equilibrio del sistema.

Un collegamento di rame a lamina progettato per portare 3000 A assicura la continuità elettrica. La resistenza elettrica della derivazione in rame del giunto di espansione è inferiore a  $45\mu\Omega$ . La derivazione del giunto di dilatazione ha una protezione speciale in materiale idoneo e analogo a quello descritto al par. 7.3.7.

Il giunto di dilatazione, lungo circa 4m, è fissato ad una distanza calcolata in dipendenza della temperatura ambiente e dell'aumento termico (*definito durante la fase di progettazione dei dettagli*) ed è collegato ai segmenti della terza rotaia con l'ausilio di giunti a sovrapposizione standard.

È collocato esattamente tra i due supporti della terza rotaia installati ad una distanza di 2,80 m. I supporti successivi si possono posizionare a distanze standard (senza superare i 5 metri).

### **7.3.6. ISOLATORE DI SUPPORTO**

Gli isolatori e le loro mensole di supporto sono progettati per isolare adeguatamente i conduttori da terra in tutte le specifiche condizioni ambientali e di servizio.

L'isolatore montato è progettato per supportare ed isolare il conduttore in funzione.

Il montaggio consiste in un isolatore che sostiene il conduttore, mentre la mensola collega l'isolatore al sistema di armamento previsto.

Per il prolungamento oggetto della presente relazione sono previsti armamenti di tipo "Milano Modificato", "Milano Massivo" e su ballast.

### **7.3.7. SISTEMA DI PROTEZIONE**

I conduttori sono utilizzati con una speciale copertura di protezione per minimizzare il rischio di shock elettrico dovuto a contatto accidentale e per proteggere da detriti.



La copertura protettiva è composta da adeguato materiale, con caratteristiche di resistenza al fuoco in galleria e di resistenza agli agenti climatici nei tratti all'aperto.

Tali materiali si adottano anche per i sistemi di protezione di collegamenti degli alimentatori, dei punti fissi e dei giunti di dilatazione.

#### **7.4. LAYOUT TERZA ROTAIA NELLE ZONE SCAMBIO**

Ogni scambio della linea deve essere elettrificato utilizzando segmenti di terza rotaia in tensione preceduti da rampe di invito. Non è infatti possibile, per un sistema a terza rotaia con captazione dal basso, prevedere la continuità meccanica della barra conduttrice nelle zone scambio, per via delle interferenze con pattini e sagoma del treno.

Le rampe hanno lo scopo di intercettare il captatore di corrente nella sua posizione di riposo e portarlo gradatamente (a seconda dell'inclinazione della rampa) alla posizione di lavoro. Il loro utilizzo è quindi fondamentale per l'elettrificazione dello scambio in cui sono previsti sezionamenti di terza rotaia. Il presente progetto, in analogia a quanto previsto per la tratta in servizio, prevede le seguenti tipologie di rampe:

- ad alta velocità;
- a bassa velocità;
- speciali a bassa velocità.

Le rampe ad alta velocità permettono il transito del treno alla massima velocità ammessa per tale linea (80 km/h) mentre quelle a bassa velocità consentono il passaggio a 40 km/h.

Le rampe speciali a bassa velocità permettono invece il transito del treno alla velocità di 15 km/h e sono utilizzate in condizioni particolari e qualora fosse necessario ridurre al minimo i gap di captazione dei treni che percorrono lo scambio.

Per quanto riguarda la captazione nelle zone scambio, il capolinea di Monza Brianza ed il capolinea intermedio di Cinisello-Monza sono stati studiati con un interasse binari e con una geometria degli scambi che ne rende possibile la percorrenza mantenendo continuità del contatto dei pattini (almeno un pattino in tensione) sia per i percorsi in retto tracciato sia per quelli in deviata con le velocità necessarie per garantire le prestazioni di inversione dichiarate nella Relazione Generale. L'effettiva configurazione della barra conduttrice e delle rampe di terza rotaia sarà approfondita per ogni singola zona scambio nelle successive fasi progettuali.

Per quanto riguarda le comunicazioni semplici di servizio non percorse nel normale esercizio, tenendo conto degli stretti vincoli imposti dalla galleria TBM, sono previste soluzioni in linea con quanto attualmente in esercizio nella tratta Garibaldi-Bignami, che presenta il medesimo interasse binari. Nelle successive fasi progettuali sarà definita la configurazione della barra conduttrice e delle rampe di terza rotaia che ottimizzerà per ciascuna singola zona scambio la continuità di captazione.

#### **7.5. LAYOUT TERZA ROTAIA IN DEPOSITO**

L'elettrificazione del Deposito, i cui raccordi si diramano dalla linea tra le Stazioni Cinisello-Monza e Campania, ha le stesse caratteristiche della linea di corsa, con la particolarità di armamento su ballast, ove necessario, e l'utilizzo di protezioni isolanti in materiale adatto a sopportare gli agenti atmosferici.

Il Deposito è interamente elettrificato, ad eccezione dei binari di officina/manutenzione.



## 8. IMPIANTI ELETTRICI DI STAZIONE, DI LINEA E DI DEPOSITO

### 8.1. IMPIANTI ELETTRICI DI STAZIONE

Coerentemente rispetto a quanto prescritto dal DM 21 ottobre 2015, gli impianti elettrici previsti per il prolungamento a Monza – Brianza della Linea 5 di Milano sono progettati in conformità alla legge n. 186 del 1° marzo 1968 (sulla base della valutazione dei rischi condotta anche ai sensi dell'art. 80 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, e successive modificazioni) e rispettano i seguenti principi di base:

- non costituire causa di innesco di incendio o di esplosione;
- non costituire causa di propagazione degli incendi;
- non costituire pericolo per le persone a causa di produzione di fumi e gas tossici in caso di incendio;
- garantire l'indipendenza elettrica e la continuità di esercizio degli impianti di sicurezza;
- garantire la sicurezza dei soccorritori.

#### 8.1.1. ALIMENTAZIONI

Tutte le utenze di stazione saranno derivate dai quadri elettrici generali e di emergenza delle stazioni. I quadri elettrici generali sono alimentati da tre fonti di energia distinte che, opportunamente articolate, consentono di alimentare i carichi normali e, con fonte di alimentazione "di sicurezza", i servizi di emergenza, così come definiti al Capo VII.2 della Regola Tecnica allegata al DM 21 ottobre 2015.

Tali fonti di alimentazione, per ogni stazione della linea, sono rappresentate da N° 2 cabine elettriche (CdS 1 e CdS 2) dimensionate entrambe per alimentare i carichi di stazione e delle gallerie adiacenti e da due gruppi statici di continuità (UPS).

Tale scelta progettuale, coerente rispetto a quanto previsto nella tratta in esercizio (ed in particolare nella tratta San Siro – Garibaldi), consente di alimentare tutti i carichi di stazione:

- da una fonte normale: la CdS1;
- da una fonte di alimentazione "di sicurezza" in grado di alimentare il carico in caso di guasto dell'alimentazione normale entro 120 s: la CdS 2.

Coerentemente alle prescrizioni del DM 21 ottobre 2015, la CdS 2 è alimentata da una rete MT proprietaria del sistema metropolitano distinta da quella primaria (cui è attestata la CdS 1) ed è collocata in un locale tecnico ubicato in un compartimento antincendio distinto da quello della CdS 1.

In particolare sono alimentati dalla fonte "di sicurezza" i seguenti servizi di emergenza, definiti al Capo VII.2 della Regola Tecnica allegata al DM 21 ottobre 2015:

- a) illuminazione di sicurezza;
- b) allarme;
- c) impianti di rivelazione incendio;
- d) sistema di allarme vocale (diffusione sonora di annunci ai passeggeri);
- e) impianti di videosorveglianza;
- f) impianti citofonici;





- g) ascensori, limitatamente alle funzioni di emergenza (illuminazione interna, circuiti di allarme cabina, citofono, sistemi di riporto al piano della cabina eventualmente arrestatasi a metà corsa, ecc.);
- h) sistemi di telecomando e telecontrollo dei servizi di sicurezza (SCADA, Segnalamento e Telecomunicazioni);
- i) impianti di controllo dei fumi (ventilazione di emergenza di galleria, stazione e locali tecnici);
- j) ascensori (parte di potenza) che vengono mantenuti in esercizio nelle situazioni d'emergenza;
- k) scale mobili che vengono tenute in funzione ed utilizzate per l'esodo;
- l) impianti di estinzione degli incendi.

Va inoltre sottolineato come la fonte normale e la fonte "di sicurezza" siano a loro volta dotate di ridondanza intrinseca, essendo sia la rete MT primaria (che alimenta le CdS 1 di tutte le stazioni) sia la rete MT secondaria (che alimenta le CdS 2 di tutte le stazioni) riconfigurabili a fronte dei principali scenari di guasto prevedibili, ed in particolare:

- mancanza tensione o guasto alle apparecchiature di un punto di consegna MT;
- guasto di un cavo di interconnessione;
- guasto alle apparecchiature di sezionamento e protezione della rete MT.

A completamento di quanto indicato sopra, gli impianti di cui alle lettere a), b), c), d), e), f), g), h) sono anche alimentati dalla sezione di Assoluta Continuità del QGBT di stazione, ovvero tramite interposizione di UPS con autonomia 120 minuti. Tale aspetto permette di assolvere alle richieste specifiche del DM 21 ottobre 2015 per questi impianti secondo le quali:

- il tempo di passaggio dalla fonte normale alla fonte di sicurezza deve essere inferiore a 0,5 s;
- l'autonomia prevista (120 minuti) deve essere garantita anche in caso di completo fuori servizio di tutti gli allacciamenti alla media tensione e alla bassa tensione, e quindi mediante fonti di energia locali.

## **8.1.2. QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE**

I quadri di distribuzione, relativamente a quanto concerne gli impianti di forza motrice e luce per le stazioni, saranno due per ciascuna stazione. Il primo quadro viene denominato Quadro Generale (Q.G.) e il secondo viene denominato Quadro di Emergenza (Q.E.).

### *8.1.2.1. QUADRO GENERALE*

Il Quadro Generale sarà composto da più scomparti alimentati ognuno da n.2 cavi di pari sezione, uno derivato dalla CdS 1 ed uno derivato dalla CdS 2.

Ogni scomparto sarà costituito da più pannelli di contenimento degli interruttori di alimentazione degli impianti FM e luce delle stazioni e gallerie.

Le due alimentazioni in ingresso saranno correlate da una logica di commutazione automatica che presiederà alla selezione della fonte di energia al quadro.

Gli impianti FM alimentati dal quadro generale saranno indicativamente i seguenti:

- prese di F.M. dislocate in stazione (aree aperte al pubblico e locali tecnici e di servizio) ed in galleria;
- porte motorizzate di ingresso al piano mezzanino della stazione;



- impianti di riscaldamento delle scale fisse esterne;
- impianti di sollevamento;
- impianti di ventilazione di stazione e di galleria;
- ecc..

Gli impianti luce alimentati dal quadro generale saranno indicativamente i seguenti:

- impianto di illuminazione "normale" di stazione.

#### 8.1.2.2. *QUADRO DI EMERGENZA O DI ASSOLUTA CONTINUITÀ*

Il quadro di Emergenza sarà composto da più scomparti ognuno normalmente alimentato da un cavo proveniente da un UPS con autonomia 120 minuti, a sua volta alimentato dalle sbarre principali del Quadro Generale sezione "normale" tramite due partenze distinte (una per l'alimentazione normale dell'UPS e una per la linea del ramo di by-pass interno dell'UPS). Un'ulteriore cavo proveniente dalle sbarre principali del Quadro Generale sezione "normale" permetterà l'alimentazione del Quadro di emergenza in caso di completo fuori servizio per guasto o manutenzione dell'UPS (linea di by-pass esterno).

Il quadro di Emergenza comprenderà gli interruttori di alimentazione dei seguenti impianti:

- Impianto di illuminazione "di sicurezza" di stazione;
- impianti di rivelazione incendio e relativi sistema di allarme;
- sistema di allarme vocale (diffusione sonora di annunci ai passeggeri);
- impianti di videosorveglianza;
- impianti citofonici;
- ascensori, limitatamente alle funzioni di emergenza (illuminazione interna, circuiti di allarme cabina, citofono, sistemi di riporto al piano della cabina eventualmente arrestatasi a metà corsa, ecc.);
- sistemi di telecomando e telecontrollo dei servizi di sicurezza:
  - SCADA,
  - Telecomunicazioni,
  - Segnalamento.

#### 8.1.2.3. *CARATTERISTICHE ELETTRICHE QUADRI*

- |   |       |
|---|-------|
| • Tensione nominale:  | 690 V |
| • Tensione d'esercizio:   | 400 V |
| • Numero delle fasi:  | 3F+N  |
| • Frequenza nominale:   | 50Hz  |
| • Corrente nominale sbarre pannelli "Luce ed F.M." stazione e galleria: | 630A  |
| • Corrente di corto circuito simmetrico:                                | 25 kA |
| • Durata nominale del corto circuito:                                   | 1"    |
| • Grado di protezione sul fronte:                                       | IP 54 |
| • Grado di protezione a porta aperta:                                   | IP 20 |



- Accessibilità quadro: dal retro
- Forma di segregazione: 2

#### 8.1.2.4. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE QUADRI

I quadri elettrici saranno realizzati con montanti in profilati di acciaio e pannelli di chiusura in lamiera ribordata di spessore non inferiore a 20/10.

- Il quadro sarà chiuso su ogni lato con pannelli asportabili a mezzo di viti. Le porte saranno corredate di chiusura a chiave, il rivestimento frontale sarà costituito da cristallo temprato;
- le colonne saranno complete di golfari di sollevamento;
- tutte le apparecchiature saranno fissate su guide o su pannelli fissati su specifiche traverse di sostegno;
- sul pannello frontale saranno previste le feritoie per consentire il passaggio degli organi di comando e ogni apparecchiatura sarà contrassegnata con targhette identificatrici che ne identificano il servizio;
- le canaline asolate per il contenimento dei cablaggi interni del quadro dovranno essere autoestinguenti e non emettere gas tossici;
- le colonne saranno suddivise in scomparti predisposti per l'installazione di interruttori del tipo modulare o scatolato;
- per garantire una efficace resistenza alla corrosione, la struttura e i pannelli saranno opportunamente trattati e verniciati con polveri termoindurenti a base di resine epossidiche mescolate con resine poliesteri, con spessore minimo di 70 micron.

#### 8.1.2.5. INTERRUTTORI AUTOMATICI

Gli interruttori automatici da prevedere sui quadri elettrici generale e di emergenza dovranno essere forniti in conformità alle normative vigenti; saranno del tipo:

- automatici magnetotermici scatolati per il sezionamento delle dorsali di alimentazione delle sezioni del quadro generale e di emergenza;
- automatici magnetotermici differenziali scatolati per la protezione delle linee di alimentazione delle utenze in campo (in stazione ed in galleria) con assorbimenti di correnti elevate come ad esempio la ventilazione di galleria, di stazione ecc.;
- automatici magnetotermici differenziali modulari per la protezione dei cavi che alimentano le utenze in campo (di stazione e di galleria) ad esclusione di quelle citate al punto precedente.

#### 8.1.2.6. STRUMENTI DI MISURA

Per le misure di: A, V, W, Var, VA, Hz, kVA/h, kVar/h saranno installati su ogni scomparto dei quadri degli analizzatori di rete completamente programmabili, precisione V-I classe 0,5 e W-VA classe 1, ingressi 5 A – 400 V, alimentazione ausiliari 24 V e display LCD retroilluminato.

#### 8.1.2.7. RELÈ VOLTMETRICI

I relè voltmetrici, relativi alla logica di funzionamento delle telecommutazioni per mancanza di tensione e mancanza di fase e quelli relativi alle segnalazioni di mancanza di tensione, saranno montati sul fronte della portella.



#### 8.1.2.8. *NEUTRO E MESSA A TERRA*

Su ogni quadro dovrà essere prevista una sbarra comune di neutro, alla quale faranno capo i neutri di alimentazione ed i conduttori di neutro per le utenze. Detta sbarra sarà predisposta per la messa a terra, ma sarà isolata dal resto del quadro.

I quadri dovranno inoltre essere dotati di una sbarra per la messa a terra. Essa dovrà essere tale che, collegando questa a terra, a mezzo di apposito morsetto, sia assicurata la messa a terra di ogni parte metallica del quadro, anche nel caso di quadro realizzato in più parti.

#### 8.1.2.9. *COORDINAMENTO DELLE PROTEZIONI*

L'impianto elettrico di alimentazione delle utenze in campo sarà realizzato predisponendo a partire dai quadri elettrici b.t. a 0,4 kV della cabina elettrica di trasformazione media/bassa tensione, sui quadri elettrici generali (Q.G.) e (Q.E.) e sui quadri elettrici locali, dispositivi di sezionamento e di protezione in grado di garantire la selettività del sistema di alimentazione al fine di assicurare la massima continuità di servizio in caso di guasto per sovraccarico, per corto circuito e per guasto a terra (differenziale).

### **8.1.3. GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ**

In ogni stazione, per l'alimentazione di una parte delle utenze di stazione e delle gallerie adiacenti, considerate di primaria importanza per l'esercizio, ossia le utenze di "emergenza", saranno previsti due gruppi statici di continuità. Tali gruppi, alimenteranno il quadro di emergenza suddiviso in due sezioni distinte e saranno a loro volta alimentati dal quadro generale di stazione. Un gruppo di continuità alimenterà la sezione del quadro che alimenterà gli impianti luce e FM di emergenza, l'altro gruppo statico di continuità alimenterà la sezione del quadro che alimenterà gli impianti di segnalamento e di telecomando.

I gruppi statici di continuità previsti in ogni stazione per alimentare le utenze di emergenza avranno le seguenti potenze e autonomie:

- 60 kVA - 120 minuti, il gruppo statico che alimenterà gli impianti luce e FM "di sicurezza";
- 60 kVA - 120 minuti, il gruppo statico che alimenterà gli impianti di telecomando e di segnalamento.

L'effettiva taglia sarà affinata nelle successive fasi progettuali, una volta noti i carichi elettrici di dettaglio delle stazioni e dei carichi di galleria.

Ciascun gruppo statico sarà costituito dai seguenti elementi modulari:

- by-pass (automatico e manuale);
- batteria di accumulatori ermetici al piombo;
- inverter a ponte trifase a IGBT funzionante con regolazione PWM;
- raddrizzatore carica batteria trifase a tiristori o a IGBT.

Ciascun gruppo statico di continuità sarà alimentato dal quadro elettrico generale attraverso due linee distinte, una che alimenta l'ingresso normale ed uno che alimenta l'ingresso collegato alla linea di by-pass interno della macchina. Una terza linea fungerà da bypass esterno dell'UPS e sarà attestata dal QGBT di stazione alle sbarre principali del Quadro di Emergenza, tramite un interruttore interbloccato rispetto a quello di arrivo della linea proveniente dall'UPS e con commutazione automatica in caso di assenza tensione sulle sbarre.

Gli UPS e le batterie saranno ubicati in locale tecnico dedicato.

I gruppi statici saranno interfacciati con l'impianto di supervisione della linea.



## 8.1.4. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

### 8.1.4.1. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI STAZIONE

#### 8.1.4.1.1. AREE APERTE AL PUBBLICO

Nelle aree aperte al pubblico l'impianto d'illuminazione sarà realizzato con l'impiego di apparecchi illuminanti idonei per essere inseriti nelle finiture delle stazioni e precisamente:

- apparecchi illuminanti da incasso, con lampada integrata LED da 30 W, saranno impiegati sulle scale, nei corridoi, nelle zone delle banchine, dei mezzanini e dei piani intermedi che presentano il controsoffitto.

Coerentemente con le prescrizioni del DM 21 ottobre 2015 e della norma UNI-UNIFER 8097, l'impianto di illuminazione nelle aree aperte al pubblico sarà così articolato:

- impianto di illuminazione "normale"                      circa il 60% degli apparecchi illuminanti
- impianto di illuminazione "di sicurezza"                circa il 20% degli apparecchi illuminanti
- impianto di illuminazione "di sicurezza con apparecchi autoalimentati"                circa il 20% degli apparecchi illuminanti

Gli apparecchi illuminanti facenti parte dell'impianto "normale" saranno alimentati dal quadro generale di bassa di stazione e, quindi, presenteranno intrinsecamente una ridondanza di alimentazione fra una fonte normale (Cabina 1) ed una fonte di sicurezza (Cabina 2).

Gli apparecchi illuminanti facenti parte dell'impianto "di sicurezza" saranno alimentati dal quadro generale di bassa di stazione sezione di assoluta continuità, ovvero presenteranno alimentazione ridondata data da una fonte normale (Cabina 1) ed una fonte di sicurezza (Cabina 2), con tempo di commutazione < 0,5 s.

Gli apparecchi illuminanti facenti parte dell'impianto "di sicurezza con apparecchi autoalimentati" saranno alimentati dal quadro generale di bassa di stazione sezione di assoluta continuità, ovvero presenteranno alimentazione ridondata data da una fonte normale (Cabina 1) ed una fonte di sicurezza (Cabina 2), con tempo di commutazione < 0,5 s; in più tali apparecchi saranno corredati di gruppo batteria-inverter con autonomia di 120 minuti.

Gli apparecchi di illuminazione per tutti e tre gli impianti di stazione previsti saranno installati alternativamente e su almeno due circuiti separati.

Tali criteri garantiranno un livello di ridondanza e di disponibilità elevatissimo all'impianto di illuminazione e risponderanno pienamente alle richieste del DM 21 ottobre 2015.

Durante il normale esercizio tutti i tre gli impianti di illuminazione di stazione saranno contemporaneamente accesi.

Da standard metropolitano milanese, il livello di illuminamento medio previsto in normale esercizio è pari a circa 200 lux a quota pavimento (tale prestazione supera abbondantemente le richieste della norma UNI-UNIFER 8097).

L'impianto di illuminazione "di sicurezza" unitamente all'impianto di illuminazione "di sicurezza con batteria autonoma" sono progettati per garantire congiuntamente i seguenti livelli di illuminamento:

- gallerie di stazione (banchine), scale fisse, scale mobili e percorsi protetti: 10 lux;
- in tutti gli altri ambienti accessibili al pubblico: 5 lux.



Le uscite di sicurezza ed i percorsi di sfollamento saranno evidenziati da segnaletica di tipo luminoso mantenuta sempre accesa durante l'esercizio dell'attività, alimentata da alimentazione di sicurezza.

#### 8.1.4.1.2. LOCALI TECNICI E SOTTOBANCHINE

Nei locali tecnologici, servizi igienici, cantinati, sottobanchine e locali a disposizione, l'impianto di illuminazione sarà realizzato utilizzando apparecchi illuminanti con lampade led integrate da 20 W, 25 W, 50 W e 60 W.

Tutti gli apparecchi illuminanti saranno alimentati dal quadro di emergenza e, in ciascun locale, almeno uno/due di essi saranno dotati di gruppo batteria-inverter, con autonomia di 120 minuti. In tale senso tutti i corpi illuminanti fanno parte degli impianti di illuminazione di sicurezza previsti dal DM 21 ottobre 2015.

Da standard metropolitano milanese il livello di illuminamento medio in normale esercizio per i locali tecnici e di servizio sarà pari a circa 200 lux, a quota pavimento (tale prestazione supera abbondantemente le richieste della norma UNI-UNIFER 8097).

La porzione di impianto di illuminazione di sicurezza dotata di batteria autonoma garantirà un livello di illuminamento di almeno 2 lux.

Le uscite di sicurezza ed i percorsi di sfollamento saranno evidenziati da segnaletica di tipo luminoso mantenuta sempre accesa durante l'esercizio dell'attività, alimentata da alimentazione di sicurezza.

#### 8.1.5. IMPIANTO FM E PRESE

Saranno previste linee derivate dal quadro generale delle stazioni per l'alimentazione dell'impiantistica e dei gruppi prese FM disponibili per attività di manutenzione degli impianti e per la pulizia nelle stazioni. Le linee di alimentazione dell'impiantistica saranno relative ai seguenti impianti:

- impianti di ventilazione delle stazioni
- condizionamento / aspirazione delle stazioni
- pompe di sollevamento acque chiare e nere delle stazioni e delle gallerie
- porte motorizzate di accesso alle stazioni
- impianti speciali delle stazioni e delle gallerie
- ecc...

Ogni linea sarà protetta sul quadro generale delle stazioni mediante interruttore magnetotermico differenziale a taratura coordinata con la sezione della linea. A valle della linea saranno quindi presenti quadri locali dotati di apparecchiature di sezionamento e protezione delle utenze e del personale.

I gruppi prese FM di stazione saranno alimentati da più circuiti; ogni circuito alimenterà una certa quantità di gruppi prese predisposti in una zona delle stazioni, come ad esempio la zona locali tecnologici, la zona locali vari, la zona pubblica del mezzanino, la zona pubblica di ogni banchina.

I gruppi prese saranno composti da:

- n. 1 presa IEC 309 - 230 V - 16A - 2P + T, con interblocco meccanico e protezione magnetotermica da 16 A
- n. 1 presa IEC 309 - 400 V - 32 A 3P + T, con interblocco meccanico e protezione magnetotermica da 32 A
- n. 1 interruttore differenziale da 32 A – I<sub>dn</sub> 0,03 A collegato a monte delle protezioni magnetotermiche delle prese.



All'interno dei locali tecnici, dei corridoi e dei locali non aperti al pubblico saranno presenti dei gruppi prese costituiti da una presa bipolare bipasso 10-16 A entro scatola di protezione IP65.

#### **8.1.6. IMPIANTO DI TERRA DI STAZIONE**

L'impianto di terra di stazione sarà relativo al corpo stazione che sarà separato dalle gallerie adiacenti da due setti isolanti, uno per ciascuna galleria. L'impianto comprenderà il "dispersore di fatto" costituito dalla struttura in c.a. dotata di piastre di ferro saldate ai ferri di armatura per consentire il collegamento delle dorsali di terra della stazione dalle quali saranno derivati i conduttori per la messa a terra delle apparecchiature elettriche e delle parti metalliche.

L'impianto di terra di stazione comprenderà anche le maglie di terra realizzate in rame nudo, predisposte sotto la pavimentazione dei locali tecnologici, sotto i tornelli di ingresso/uscita in stazione.

#### **8.1.7. PORTONI MOTORIZZATI E SERRANDE**

I portoni di ingresso alle stazioni, le serrande esterne degli ascensori e delle scale mobili saranno motorizzate.

Tale soluzione consentirà al Posto Centrale di aprire e chiudere all'esercizio le stazioni, agendo sui comandi e controllando le operazioni attraverso le previste telecamere.

Le porte/serrande potranno essere azionate in chiusura ed apertura, sia manualmente, sia elettricamente.

A tal fine nelle immediate vicinanze di ciascuna porta/serranda sarà prevista l'installazione di:

- una cassetta elettrica con serratura a chiave contenente 2 pulsanti: uno di apertura e l'altro di chiusura ed un selettore a due posizioni (locale-remoto) che servirà per inibire i comandi dal Posto Centrale in caso di interventi per manutenzione al portone o alla serranda;
- un sistema di fotocellule che, in caso di loro interruzione, provvederà all'immediata apertura della porta/serranda;
- un comando di sblocco meccanico contenuta in apposita cassetta a chiave.

Gli impianti sono rispondenti alle norme e legislazione vigenti e in particolare, alla norma UNI EN 12453 "Porte e cancelli industriali, commerciali e da garage - Sicurezza in uso di porte motorizzate - Requisiti e metodi di prova".

La serranda prevista a protezione della porta al piano strada dell'ascensore esterno e quella inserita in corrispondenza della scala mobile esterna, saranno interfacciate con l'azionamento di detti impianti.

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.

#### **8.1.8. RISCALDAMENTO SCALE FISSE ESTERNE**

Al fine di impedire, durante la stagione invernale, la formazione di ghiaccio o l'accumulo di neve sui gradini delle scale esterne di accesso alle stazioni sarà installato un impianto di riscaldamento elettrico dei gradini utilizzando un cavo scaldante "autoregolante".

L'impianto sarà in sintesi costituito da un cavo derivato dal quadro generale che alimenterà un quadro locale posto nelle immediate vicinanze delle scale, dal cavo scaldante posato sotto i gradini delle scale e da un termostato esterno che consentirà l'accensione e lo spegnimento dell'impianto.

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.



### **8.1.9. IMPIANTO DI RILEVAZIONE DEGLI INCENDI**

Per la sorveglianza dei locali tecnologici, dei locali a disposizione e delle aree aperte al pubblico sarà previsto in ogni stazione un impianto di rivelazione incendi conforme al DM 20/12/2012. Tale impianto comprenderà rivelatori di fumo puntiformi, pulsanti manuali di attivazione allarme e dispositivi di segnalazione ottici-acustici.

L'impianto sarà costituito da una centrale di rilevamento automatico d'incendio che interroga ciclicamente tutti i propri dispositivi in modo da avere costantemente controllata qualsiasi variazione dello stato dei rivelatori. Questi ultimi saranno collegati alla centrale con linee chiuse ad anello sulla centrale stessa, in modo che eventuali guasti (interruzione del cavo o corto circuito) non causino la perdita di collegamento di tutti i rilevatori a valle del guasto.

L'impianto controllerà anche lo stato dei flussostati, pressostati dell'impianto sprinkler di stazione.

La centrale sarà dotata di autodiagnostica e sarà in grado di determinare eventuali situazioni anomale (guasto di circuiti principali, interruzione di qualche spira, ecc.).

Anche in caso di mancanza della rete di alimentazione, la centrale funzionerà regolarmente per almeno 24 ore a mezzo di proprie batterie.

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.

### **8.1.10. IMPIANTO ANTINTRUSIONE**

L'impianto antintrusione sarà realizzato in ogni stazione con lo scopo di controllare lo stato di apertura e di chiusura di porte, serrande, griglie di stazione e precisamente:

- le griglie di comunicazione della stazione, con l'esterno;
- i cancelli e le serrande manuali e motorizzate di chiusura degli ingressi alla stazione, dal piano mezzanino;
- le porte di comunicazione delle banchine di stazione con le banchinette di galleria.

L'impianto sarà costituito in sintesi da:

- contatti magnetici che saranno installati sulle porte, sulle griglie, ecc. dislocate in stazione ed nelle gallerie per il controllo dello stato di apertura e di chiusura;
- linee realizzate a loop chiuso, derivanti dalla centrale antintrusione, di alimentazione e di indirizzamento dei contatti magnetici dislocati in campo;
- centrale antintrusione ad indirizzamento, con le seguenti caratteristiche tecniche e costruttive:
- autoalimentata in caso di mancanza di tensione da batteria autonoma;
  - dotata di autodiagnostica e controllo continuo dello stato dei contatti magnetici dislocati in campo;
  - realizzata con terminale locale alfanumerico di manutenzione per l'indicazione degli eventuali eventi relativi alle apparecchiature in campo ed alla propria autodiagnostica;
  - contenuta in un armadio autoprotetto ubicato in locale tecnologico di ciascuna stazione.

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.





### 8.1.11. IMPIANTO CONTROLLO ACCESSI

Nelle stazioni sarà previsto un impianto per il controllo degli accessi alle porte di primo ingresso in stazione e alle porte di ingresso nei corridoi dei locali tecnologici ai vari piani delle stazioni, ai fini dell'utilizzo del personale dell'Esercente.

L'impianto sarà in sintesi costituito da:

- centralina a microspessore del tipo "attivo", con struttura modulare espandibile e comprensiva di:
  - equipaggiamento per gestire almeno 2 loop (disponibilità minima 64 punti singolarmente indirizzabili per ciascun loop);
  - test autodiagnostici verso le apparecchiature ed i loop in campo ed individuazione di eventuali anomalie;
  - quadro di contenimento predisposto per fissaggio a parete realizzato in lamiera verniciata spessore 20/10;
  - tastiera multifunzionale di configurazione;
  - test autodiagnostici delle apparecchiature e loop in campo e individuazione di eventuali anomalie dell'impianto;
  - alimentatore con batteria in tampone;
- apparecchiatura di "varco" in corrispondenza delle porte di ingresso da controllare costituita ciascuna da:
  - lettore di badge e tastiera alfanumerica;
  - pulsante apriporta con targhetta alfanumerica;
  - elettroserratura a 24Vcc a basso assorbimento sempre alimentata;
  - contatto di apertura porta;
- unità di gestione locale comprensiva alimentatore a 230 V.

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.

### 8.1.12. CAVI

I cavi impiegati in stazione ed in linea per la realizzazione degli impianti rispetteranno quanto previsto dal Decreto del Ministro dell'Interno del 21/10/2015 e dal Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE 305/11. In particolare i cavi saranno conformi alle prescrizioni previste, in materia di controllo del rischio di innesco e propagazione degli incendi, dalle norme tecniche vigenti per gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento.

I cavi utilizzati per l'alimentazione dei circuiti della sezione normale saranno di rispondenti alle norme CEI 20-22 parte III, CEI EN 50262 (CEI 20-35), CEI 20-37 e CEI 20-38, con tensione d'isolamento 0,6/1kV. Per quanto riguarda i circuiti di emergenza, i cavi dovranno rispondere alle norme CEI 20.22 III, CEI EN 50262 (CEI 20-35), CEI 20.45, CEI 20.37, EN 50200 (per cavi di diametro non superiore a 20 mm) o EN 50362 (per cavi di diametro superiore a 20 mm), con tensione d'isolamento 0,6/1kV.

Il percorso dei cavi nelle stazioni sarà in generale protetto da tubazioni, canaline a pavimento, pavimentazioni flottanti, con caratteristiche di resistenza al fuoco rispondenti al citato Decreto Ministeriale.



### **8.1.13. GRADO DI PROTEZIONE DEGLI IMPIANTI CONTRO GLI AGENTI ESTERNI**

Gli impianti elettrici di stazione, dovranno essere eseguiti con grado di protezione non inferiore IP55.

Particolare cura dovrà essere prestata nella scelta dei materiali e nell'esecuzione degli imbrocchi nelle cassette di derivazione e nell'allacciamento dei cavi alle morsettiere delle apparecchiature elettriche.

## **8.2. IMPIANTI ELETTRICI DI LINEA**

### **8.2.1. ALIMENTAZIONI**

Le utenze di galleria saranno alimentate da un "quadro di galleria" presente nella stazione adiacente. Tale quadro sarà alimentato dai quadri elettrici generali e di emergenza delle stazioni. Ogni tratta di galleria sarà suddivisa in due semi-tratte alimentate dalla stazione adiacente. Così come accade per le utenze di stazione, dal momento che i quadri elettrici generali sono alimentati da tre fonti di energia distinte, anche in questo caso si avranno diversi livelli di degrado a seguito di guasti o in occasione di interventi manutentivi.

Quanto sopra descritto si applica anche alle utenze dei pozzi di intertratta; ogni pozzo avrà il proprio quadro elettrico che verrà alimentato dalla stazione adiacente più vicina.

### **8.2.2. QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE**

Gli impianti di luce e forza motrice delle gallerie e dei pozzi saranno alimentati rispettivamente dal quadro di galleria, ubicato nella stazione adiacente alla tratta di galleria, e dal quadro del pozzo, che sarà posizionato nel pozzo stesso. I suddetti quadri saranno costituiti da due sezioni (normale ed emergenza), derivate dal Quadro Generale normale (Q.G.) e dal Quadro di Emergenza (Q.E.) della stazione adiacente.

Gli impianti FM alimentati dal quadro di galleria saranno:

- prese di F.M. dislocate in galleria;

Gli impianti luce alimentati da quadro di galleria saranno:

- illuminazione sussidiaria di galleria comprensivo degli apparecchi illuminanti normalmente spenti quando la linea è in esercizio;
- illuminazione "di Sicurezza" galleria con apparecchi illuminanti normalmente accesi quando la linea è in esercizio.

Gli impianti FM alimentati dal quadro di pozzo saranno;

- prese di F.M. dislocate in nel pozzo.

Infine gli impianti luce alimentati da quadro di pozzo saranno;

- impianti di illuminazione di pozzo.

Le caratteristiche elettriche, le caratteristiche costruttive e i componenti dei quadri saranno della stessa tipologia già descritta nel capitolo relativo ai quadri elettrici di stazione.

#### **8.2.2.1. SISTEMA DI COMMUTAZIONE IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE DI GALLERIA**

Nel Quadro di Galleria sarà previsto un sistema di commutazione automatica relativo agli impianti d'illuminazione di galleria. Più precisamente tale sistema permette l'accensione automatica dell'impianto



d'illuminazione sussidiaria (alimentato dalla sezione normale e normalmente spento) all'impianto "di sicurezza" (alimentato dalla sezione di emergenza e normalmente acceso) quando manca tensione a quest'ultimo. Inoltre l'impianto di illuminazione sussidiaria dovrà essere comandato anche indipendentemente dal sistema di commutazione per consentirne l'accensione per effettuare interventi di manutenzione agli impianti di galleria quando la linea non è in esercizio. Si veda a proposito anche quanto riportato nel successivo paragrafo.

### **8.2.3. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI GALLERIA**

Lungo le gallerie di linea saranno previsti due impianti di illuminazione elettricamente distinti:

- uno "sussidiario", alimentato dalla sezione normale del quadro di galleria e
- uno di "sicurezza", alimentato dalla sezione di emergenza del medesimo quadro elettrico.

Durante l'esercizio della linea, sarà normalmente acceso il circuito luce derivato dalla sezione di emergenza del quadro.

Come richiesto dal Decreto 21/10/2015, il circuito "sussidiario" entrerà automaticamente in funzione nel caso di mancanza di tensione al circuito luce "sicurezza".

Il circuito luce sussidiaria, normalmente spento, potrà essere attivato anche attraverso telecomando dal Posto Centrale di controllo, al fine di garantire un miglior illuminamento sulla "via di corsa" nel caso dovessero essere effettuati interventi manutentivi ed in caso di evacuazione di un treno in galleria.

#### *8.2.3.1. IMPIANTO LUCE DI SICUREZZA – NORMALMENTE ACCESO*

L'impianto luce "sicurezza" sarà realizzato con apparecchi illuminanti del tipo LED montati fissati a parete mediante staffatura e disposti su entrambi i lati di galleria a doppio binario e su un solo lato, nei tratti di galleria a singolo binario.

Gli apparecchi illuminanti saranno disposti ad una distanza l'uno dall'altro di 10 m e intercalati rispetto a quelli relativi al circuito luce "sussidiaria".

L'apparecchio illuminante sarà costituito da un corpo in acciaio inox IP 65, completo di schermo, reattore elettronico, fusibile, lampada LED 8 W alimentato con presa a spina IEC 309, IP 65, 2 P+T - 16 A, con di ghiera di chiusura.

L'impianto consentirà di raggiungere un livello di illuminamento di  $5 \div 20$  lux sul piano di camminamento della banchinetta di galleria.

#### *8.2.3.2. IMPIANTO LUCE SUSSIDIARIA – NORMALMENTE SPENTO*

L'impianto di luce "sussidiaria" sarà previsto per l'illuminazione della via di corsa e garantirà con l'impianto di illuminazione di emergenza acceso, un livello medio di illuminamento pari a circa 40-60 lux sulla via di corsa dei treni.

Gli apparecchi illuminanti, del tipo LED, saranno montati fissati a parete mediante staffatura e disposti su entrambi i lati di galleria a doppio binario e su un solo lato, nei tratti di galleria a singolo binario.

Gli apparecchi saranno disposti ad una distanza l'uno dall'altro di circa 10 metri e intercalati rispetto a quelli relativi al circuito luce "emergenza".

L'apparecchio illuminante sarà costituito da un corpo in acciaio inox IP 65, con lampada LED da 50 W alimentato con presa e spina IEC 309 con grado di protezione IP 65, 2 P+T - 16 A, provvista di ghiera di chiusura.

Un apparecchio illuminante dello stesso tipo, utilizzato per l'impianto luce "sussidiaria", sarà previsto anche in corrispondenza di ogni cassa di manovra.



#### 8.2.3.3. IMPIANTO LUCE DEL POZZO

L'impianto di illuminazione del pozzo sarà della stessa tipologia descritta per i locali tecnici e sottobanchine delle stazioni.

#### 8.2.4. IMPIANTO FM E PRESE

Saranno previste linee derivate dal quadro di galleria e quadro di pozzo per l'alimentazione dell'impiantistica e dei gruppi prese FM disponibili per attività di manutenzione degli impianti e per la pulizia nelle gallerie. Le linee di alimentazione dell'impiantistica saranno relative ai seguenti impianti:

- pompe di sollevamento acque chiare e nere delle gallerie
- impianti speciali delle gallerie
- ecc...

Ogni linea sarà protetta sul quadro generale delle stazioni mediante interruttore magnetotermico differenziale a taratura coordinata con la sezione della linea.

I gruppi prese FM di galleria saranno alimentati da più circuiti; ogni circuito alimenterà una certa quantità di gruppi prese dei due tronchi di galleria adiacenti le stazioni, la zona galleria binario pari e la zona galleria binario dispari.

I gruppi prese saranno composti da:

- n. 1 presa IEC 309 - 230 V - 16A - 2P + T, con interblocco meccanico e protezione magnetotermica da 16 A
- n. 1 presa IEC 309 - 400 V - 32 A 3P + T, con interblocco meccanico e protezione magnetotermica da 32 A
- n. 1 interruttore differenziale da 32 A – I<sub>dn</sub> 0,03 A collegato a monte delle protezioni magnetotermiche delle prese.

#### 8.2.5. IMPIANTO DI TERRA DI GALLERIA

L'impianto di terra di galleria sarà costituito da tronchi di galleria realizzati con l'inserimento di setti isolanti nelle strutture in c.a. delle gallerie per impedire il formarsi di un "conduttore equivalente" disposto in parallelo al circuito di ritorno della trazione in cui possano fluire correnti che possono causare fenomeni di corrosione. In ciascun tronco di galleria sarà realizzato il "dispersore di fatto" costituito dalle strutture in c.a., con la predisposizione di piastre di ferro saldate ai ferri di armatura per consentire il collegamento delle dorsali e dei conduttori di terra per la messa a terra delle apparecchiature elettriche e delle parti metalliche del tronco di galleria.

#### 8.2.6. IMPIANTO DI TERRA COMUNE ESTERNA

L'impianto "Terra Comune Esterna (T.C.E.)" sarà costituito da reti di terra della lunghezza (misurata lungo l'asse della galleria) di 15 m circa, realizzate con struttura a maglia. La maglia suddetta sarà posata sotto il manufatto di galleria nei tratti di galleria realizzati a cielo aperto; viceversa nei tratti di galleria realizzati a foro cieco con scudo meccanizzato, la rete di terra (delle medesime dimensioni) sarà realizzata in corrispondenza dei "manufatti speciali" (camere di ventilazione, accesso VV.F., ecc.) esistenti in galleria.



## 8.2.7. IMPIANTO CONTROLLO TEMPERATURA IN GALLERIA

Al fine di rilevare la presenza di temperature anomale (che superino prefissate soglie), conseguenti a fenomeni di incendio all'interno delle gallerie di linea (tratti di stazione compresi), coerentemente alle richieste del DM 21 ottobre 2015, nelle stesse sarà prevista l'installazione di un impianto per il controllo delle temperature composto da spire a fibra ottica (cavo-sensore) collegate a una centrale dotata di una sorgente di luce laser ed un sofisticato sistema di lettura, acquisizione ed elaborazione dei segnali.

### 8.2.7.1. ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO

L'impianto sarà costituito da un sistema comprendente in sintesi le seguenti apparecchiature/dispositivi:

- centrali di impianto di controllo temperature in galleria distribuite nelle stazioni e contenenti i dispositivi ottici per l'emissione del raggio laser, l'elaborazione ed il trattamento del segnale di ritorno, i dispositivi elettronici accessori, ecc.;
- computer di sottosistema (C.d.S.) per la gestione e controllo locale dell'impianto e per l'interfacciamento con il sistema di Supervisione di linea;
- loop (spire) per ciascuna centrale, ognuno costituito da cavi bifibra ottica multimodo (le due fibre sono una di riserva all'altra) inserite in un'unica guaina esterna a norme CEI 20-22 III, CEI 20-37, CEI 20-38. I cavi saranno fissati ad una fune in "parafil" idoneamente pendinata alla volta delle gallerie, superiormente ai binari di corsa.

La struttura a "loop" dei cavi sensori consentirà alle centrali del sistema di continuare ad effettuare le misure di temperatura (il cavo rotto viene misurato da ogni estremità fino al punto di rottura), segnalando un allarme di "rottura cavo".

### 8.2.7.2. PRESTAZIONI

Il sistema costituente l'impianto sarà in grado di garantire in sintesi le seguenti prestazioni:

- lunghezza massima di galleria "copribile" da ciascun cavo bifibra connesso alla centrale pari a circa 4 km di lunghezza totale di cavo sensore bifibra;
- cavo bifibra atto alla rivelazione incendio e rivestito di opportuna guaina isolante con funzionamento ottimale nel range di temperature indicativo 25°C - 70°C (omologato da prove in galleria e laboratorio). Guaina esterna in materiale non propagante la fiamma, autoestinguento ed a ridotta emissione di gas tossici ed opaci a norme CEI 20-22 III, 20-37 e 20-38;
- accuratezza misura (precisione):  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  nel range  $-5^{\circ}\text{C} \div 25^{\circ}\text{C}$ ;
- risoluzione di temperatura come da tabella nel seguito riportata;
- risoluzione spaziale  $\sim 1$  m;
- tempo di misura come da tabella nel seguito riportata;
- tempo di risposta del cavo a fibra ottica (costante di tempo): 60 s circa.

| <b>Tabella tempo di misura/risoluzione di temperatura per cavi sensori lunghi fino a 4 km in configurazione a loop (attenuazione &lt; 10 dB)</b> |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>Tempo di misura</b>   | <b>Risoluzione di temperatura</b> |
| 40 s   | 0,5°C                             |



|      |     |
|------|-----|
| 15 s | 1°C |
| 10 s | 2°C |

N.B.: Con “risoluzione di temperatura” si intende lo scarto quadratico medio della misura (il quale dipende sia dal tempo di misura sia dalla attenuazione del segnale lungo la fibra ottica).

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.

### **8.2.8. IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDI POZZI**

Similarmente a quanto descritto per i locali tecnici, i locali a disposizione e le aree aperte al pubblico delle stazioni, nei pozzi sarà presente un impianto di rilevazione incendi che presenterà le medesime caratteristiche e componenti già descritti nel capitolo dedicato alla rilevazione incendi di stazione.

### **8.2.9. IMPIANTO ANTINTRUSIONE**

L'impianto antintrusione sarà realizzato in ogni tratto di galleria adiacente alla stazione con lo scopo di controllare lo stato di apertura e di chiusura di porte, serrande, griglie di galleria e precisamente:

- le griglie di comunicazione delle gallerie, con l'esterno;
- le porte di chiusura delle “uscite di sicurezza” e degli accessi VV.F.

L'impianto sarà costituito da dispositivi già illustrati nel capitolo relativo all'impianto antintrusione di stazione e che quindi presenteranno le medesime caratteristiche.

L'impianto sarà interfacciato con l'impianto di supervisione di linea.

### **8.2.10. CAVI**

I materiali impiegati in galleria e nei pozzi per la realizzazione degli impianti rispetteranno riguardo la classe di reazione al fuoco, quanto previsto dal Decreto del Ministro dell'Interno del 21/10/2015 e dal Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE 305/11.

I cavi utilizzati per l'alimentazione dei circuiti della sezione normale saranno della stessa tipologia descritta nel capitolo dei cavi di Stazione.

In questo caso, il percorso dei cavi sarà in generale protetto in galleria da polifore o da passerelle chiuse con caratteristiche di resistenza al fuoco rispondenti al citato Decreto Ministeriale.

### **8.2.11. GRADO DI PROTEZIONE DEGLI IMPIANTI CONTRO GLI AGENTI ESTERNI**

Gli impianti elettrici di galleria e dei pozzi, dovranno essere eseguiti con grado di protezione non inferiore IP55 in quanto, in particolare modo quelli in galleria, sono soggetti a lavaggio eseguito con mezzi automatici.

Particolare cura dovrà essere prestata nella scelta dei materiali e nell'esecuzione degli imbrocchi nelle cassette di derivazione e nell'allacciamento dei cavi alle morsettiere delle apparecchiature elettriche.



## 8.3. IMPIANTI ELETTRICI DI DEPOSITO

### 8.3.1. ALIMENTAZIONI

Tutte le utenze del deposito saranno derivate dal quadro elettrico generale e di emergenza. Il quadro elettrico generali è alimentato da tre fonti di energia distinte che, opportunamente articolate, consentono di realizzare diversi livelli di degrado a seguito di guasti o in occasione di interventi manutentivi

Tali fonti di alimentazione, come per le stazioni, sono rappresentate da N° 2 cabine elettriche dimensionate entrambe per alimentare i carichi di deposito e da due gruppi statici di continuità, ognuno dei quali alimenterà impianti distinti, considerati di primaria importanza per l'esercizio.

### 8.3.2. QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE

I quadri di distribuzione, relativamente a quanto concerne gli impianti di forza motrice e luce per il deposito, saranno due similmente a quanto descritto per le stazioni. Il primo quadro viene denominato Quadro Generale (Q.G.) e il secondo viene denominato Quadro di Emergenza (Q.E.).

#### 8.3.2.1. QUADRO GENERALE

Il Quadro Generale sarà composto da più scomparti alimentati ognuno da n.2 cavi di pari sezione, derivati da ciascuna cabina 23/0,4kV.

Ogni scomparto sarà costituito da più pannelli di contenimento degli interruttori di alimentazione degli impianti FM e luce di deposito.

Le due alimentazioni in ingresso saranno correlate da una logica di commutazione che presiederà alla selezione della fonte di energia al quadro.

Gli impianti FM alimentati dal quadro generale saranno indicativamente i seguenti:

- prese di F.M. dislocate in deposito;
- impianti di sollevamento;
- attrezzature per la manutenzione dei treni;
- ecc..

Gli impianti luce alimentati dal quadro generale saranno indicativamente i seguenti:

- illuminazione di deposito, che alimenta circa il 80% degli apparecchi illuminanti.

#### 8.3.2.2. QUADRO DI EMERGENZA

Il quadro di Emergenza comprenderà gli interruttori di alimentazione dei seguenti impianti:

- illuminazione di "Emergenza" di deposito che alimenta circa il 20% degli apparecchi illuminanti; il 10% degli apparecchi illuminanti, oltre all'alimentazione sopra citata, saranno attrezzati con gruppo autonomo batteria-inverter (autonomia 90 minuti);
- sicurezza (antincendio, antintrusione e controllo accessi);
- telecomunicazioni;
- segnalamento/automazione;
- telecomando/supervisione;



- ecc..

Le caratteristiche elettriche, le caratteristiche costruttive e i componenti dei quadri saranno della stessa tipologia già descritta nel capitolo relativo ai quadri elettrici di stazione.

### 8.3.3. GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ

Nel deposito, per l'alimentazione di una parte delle utenze considerate di primaria importanza per l'esercizio, ossia le utenze di "emergenza", saranno previsti due gruppi statici di continuità. Tali gruppi, alimenteranno il quadro di emergenza suddiviso in due sezioni distinte e saranno a loro volta alimentati dal quadro generale di deposito. Pertanto, per le utenze prima citate, verrà garantita oltre alla alimentazione di "riserva", una ulteriore alimentazione di "emergenza". Un gruppo di continuità alimenterà la sezione del quadro che alimenterà gli impianti luce e FM di emergenza, l'altro gruppo statico di continuità alimenterà la sezione del quadro che alimenterà gli impianti di segnalamento e di telecomando.

I gruppi statici di continuità previsti nel deposito per alimentare le utenze di emergenza avranno le seguenti potenze e autonomie:

- 60 kVA - 120 minuti, il gruppo statico che alimenterà gli impianti luce e FM di emergenza;
- 60 kVA - 120 minuti, il gruppo statico che alimenterà gli impianti di telecomando e di segnalamento.

Il gruppo statico installato nel deposito presenterà le medesime caratteristiche, sistema di alimentazione e ubicazione descritti per gli stessi componenti previsti nelle stazioni. L'effettiva taglia sarà affinata nelle successive fasi progettuali, una volta noti i carichi elettrici di dettaglio del deposito.

### 8.3.4. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

#### 8.3.4.1. *IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE AREE RICOVERO TRENI, LOCALI TECNICI, SERVIZI*

Nelle aree di deposito adibite al ricovero dei treni, nei locali tecnici e nei servizi verranno installati dei corpi illuminanti LED di potenza differente in funzione della tipologia di locale (30W, 50W, 60W). I corpi illuminanti avranno un grado di protezione IP65 con corpo in policarbonato.

#### 8.3.4.2. *IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE FOSSE*

L'illuminazione delle fosse per la manutenzione dei treni avviene mediante lampade con corpo in lamiera di acciaio inox con lampade fluorescenti 1x58W T8, con grado di protezione IP65, dotate di diffusore in cristallo temperato opaco.

#### 8.3.4.3. *IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE UFFICI*

Negli uffici l'illuminazione è affidata a corpi illuminanti LED di diversa potenza (10W, 25W, 30W), con grado di protezione IP40, dotati di ottiche antiriflesso ed anti iridescente a bassissima luminanza, ottimali per il lavoro al videoterminale.

#### 8.3.4.4. *CARATTERISTICHE IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE DI DEPOSITO*

L'impianto di illuminazione è suddiviso come di seguito indicato:

- luce normale/riserva circa il 80% degli apparecchi illuminanti





- luce emergenza                      circa il 20% degli apparecchi illuminanti

Gli apparecchi illuminanti alimentati dal quadro di emergenza saranno corredati di gruppo batteria-inverter con autonomia di circa 120 minuti.

Tale criterio garantirà un limitato degrado delle prestazioni in caso di possibili disservizi, anche gravi, al sistema di alimentazione.

Gli apparecchi illuminanti alimentati dal quadro di emergenza saranno corredati di gruppo batteria-inverter con autonomia di circa 120 minuti.

Tale criterio garantirà un limitato degrado delle prestazioni in caso di possibili disservizi, anche gravi, al sistema di alimentazione.

Il livello di illuminamento medio previsto, al livello del pavimento sarà differente nei diversi locali, più precisamente:

- 100 lx nei corridoi e zone di circolazione;
- 200 lx nei bagni e spogliatoi;
- 200 lx nei locali tecnici;
- 500 lx nei locali quadri di controllo;
- 200 lx nel magazzino;
- 300/500 lx negli uffici, in base all'attività svolta nel singolo ufficio;
- 200 lx nella mensa;
- 500 lx nella cucina della mensa;
- 300 lx nell'officina e nei capannoni di servizio;
- 100 lx nelle fosse d'ispezione.

### **8.3.5. IMPIANTO FM E PRESE**

Saranno previste linee derivate dal quadro generale del deposito per l'alimentazione dell'impiantistica e dei gruppi prese FM disponibili per attività di manutenzione degli treni. Le linee di alimentazione dell'impiantistica saranno relative ai seguenti impianti:

- impianti di ventilazione delle stazioni
- condizionamento del deposito
- pompe di sollevamento acque chiare e nere del deposito
- porte motorizzate di accesso al deposito
- impianti speciali del deposito
- ecc...

Ogni linea sarà protetta sul quadro generale delle stazioni mediante interruttore magnetotermico differenziale a taratura coordinata con la sezione della linea. A valle della linea saranno quindi presenti quadri locali dotati di apparecchiature di sezionamento e protezione delle utenze e del personale.

I gruppi prese FM di deposito saranno alimentati da più circuiti; ogni circuito alimenterà una certa quantità di gruppi prese predisposti in una zona delle stazioni, come ad esempio la zona locali tecnologici, i locali a disposizione, le aree di ricovero die treni, le fosse di ispezione.

I gruppi prese saranno composti da:



- n. 1 presa IEC 309 - 230 V - 16A - 2P + T, con interblocco meccanico e protezione magnetotermica da 16 A
- n. 1 presa IEC 309 - 400 V - 32 A 3P + T, con interblocco meccanico e protezione magnetotermica da 32 A
- n. 1 interruttore differenziale da 32 A – I<sub>dn</sub> 0,03 A collegato a monte delle protezioni magnetotermiche delle prese.

Nelle fosse di ispezione dei treni saranno inoltre presenti ulteriori gruppi prese del seguente tipo:

- gruppo prese con n°1 presa IEC 309 – 24 V – 16 A dotati di trasformatore di isolamento, interblocco meccanico e fusibili di protezione;
- gruppo prese con n°1 presa IEC 309 – 48 V – 32 A dotati di trasformatore di isolamento, interblocco meccanico e fusibili di protezione.

### **8.3.6. IMPIANTO DI TERRA DI DEPOSITO**

L'impianto di terra di deposito sarà realizzato mediante un anello perimetrale realizzato con corda di rame nudo a diretto contatto con il terreno vegetale. Ogni edificio avrà poi a sua volta un anello di messa a terra connesso all'anello principale in almeno due punti. In corrispondenza dei locali tecnici, delle SSE e cabine di trasformazione verrà realizzata una maglia di terra collegata all'anello di edificio, connessa a sua volta ad una barra di messa a terra dove verranno connesse tutte le masse metalliche.

Infine, per limitare le correnti vaganti, l'impianto di terra del deposito dovrà essere isolato rispetto alla terra di trazione delle linee; la terra di trazione interna al deposito dovrà essere invece collegata alla terra di impianto per evitare possibili potenziali pericolosi.

### **8.3.7. IMPIANTO DI RILEVAZIONE DEGLI INCENDI**

Per la sorveglianza dei locali tecnologici, dei locali uffici e locali a disposizione sarà previsto un impianto di rivelazione incendi che utilizza rivelatori di fumo puntiformi, pulsanti manuali di attivazione allarme e dispositivi di segnalazione ottici-acustici.

Nelle aree di ricovero e manutenzione dei treni verranno adoperati dei rilevatori di fumo a raggi infrarossi composto da unità trasmittente e unità ricevente, dotati di elementi di indirizzamento.

L'impianto sarà costituito da una centrale di rilevamento automatico d'incendio che interroga ciclicamente tutti i propri dispositivi in modo da avere costantemente controllata qualsiasi variazione dello stato dei rivelatori. Questi ultimi saranno collegati alla centrale con linee chiuse ad anello sulla centrale stessa, in modo che eventuali guasti (interruzione del cavo o corto circuito) non causino la perdita di collegamento di tutti i rilevatori a valle del guasto.

L'impianto controllerà anche lo stato dei flussostati, pressostati dell'impianto sprinkler di stazione.

La centrale sarà dotata di autodiagnostica e sarà in grado di determinare eventuali situazioni anomale (guasto di circuiti principali, interruzione di qualche spira, ecc.).

Anche in caso di mancanza della rete di alimentazione, la centrale funzionerà regolarmente per almeno 24 ore a mezzo di proprie batterie.

### **8.3.8. IMPIANTO ANTINTRUSIONE**

L'impianto antintrusione nel deposito con lo scopo di controllare lo stato di apertura e di chiusura delle porte e serrande presenti nell'area.

L'impianto sarà costituito in sintesi da:



- contatti magnetici che saranno installati sulle porte, sulle griglie, ecc. dislocate in deposito per il controllo dello stato di apertura e di chiusura;
- linee realizzate a loop chiuso, derivanti dalla centrale antintrusione, di alimentazione e di indirizzamento dei contatti magnetici dislocati in campo;
- centrale antintrusione ad indirizzamento, con le seguenti caratteristiche tecniche e costruttive:
  - autoalimentata in caso di mancanza di tensione da batteria autonoma;
  - dotata di autodiagnostica e controllo continuo dello stato dei contatti magnetici dislocati in campo;
  - realizzata con terminale locale alfanumerico di manutenzione per l'indicazione degli eventuali eventi relativi alle apparecchiature in campo ed alla propria autodiagnostica;
  - contenuta in un armadio autoprotetto ubicato in locale tecnologico di ciascuna stazione.

### **8.3.9. IMPIANTO CONTROLLO ACCESSI**

Nel deposito sarà previsto un impianto per il controllo degli accessi alle porte di ingresso, alle porte dei locali tecnologici, alle porte in cui l'accesso sarà consentito solo ad alcune categorie di personale dell'Esercente.

L'impianto sarà in sintesi costituito da:

- centralina a microspessore del tipo "attivo", con struttura modulare espandibile e comprensiva di:
  - equipaggiamento per gestire almeno 2 loop (disponibilità minima 64 punti singolarmente indirizzabili per ciascun loop);
  - test autodiagnostici verso le apparecchiature ed i loop in campo ed individuazione di eventuali anomalie;
  - quadro di contenimento predisposto per fissaggio a parete realizzato in lamiera verniciata spessore 20/10;
  - tastiera multifunzionale di configurazione;
  - test autodiagnostici delle apparecchiature e loop in campo e individuazione di eventuali anomalie dell'impianto;
  - alimentatore con batteria in tampone;
- apparecchiatura di "varco" in corrispondenza delle porte di ingresso da controllare costituita ciascuna da:
  - lettore di badge e tastiera alfanumerica;
  - pulsante apriporta con targhetta alfanumerica;
  - elettroserratura a 24Vcc a basso assorbimento sempre alimentata;
  - contatto di apertura porta;
- unità di gestione locale comprensiva alimentatore a 230 V.

### **8.3.10. CAVI**

I cavi impiegati in stazione ed in linea per la realizzazione degli impianti rispetteranno quanto previsto dal Decreto del Ministro dell'Interno del 21/10/2015 e dal Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE 305/11. In particolare i cavi saranno conformi alle prescrizioni previste, in materia di controllo del



rischio di innesco e propagazione degli incendi, dalle norme tecniche vigenti per gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento.

I cavi utilizzati per l'alimentazione dei circuiti della sezione normale saranno di rispondenti alle norme CEI 20-22 parte III, CEI EN 50262 (CEI 20-35), CEI 20-37 e CEI 20-38, con tensione d'isolamento 0,6/1kV. Per quanto riguarda i circuiti di emergenza, i cavi dovranno rispondere alle norme CEI 20.22 III, CEI EN 50262 (CEI 20-35), CEI 20.45, CEI 20.37, EN 50200 (per cavi di diametro non superiore a 20 mm) o EN 50362 (per cavi di diametro superiore a 20 mm), con tensione d'isolamento 0,6/1kV.

Nelle sedi sotterranee e confinate i cavi saranno normalmente posati entro le polifore poste sotto le banchinette, che costituiscono compartimenti antincendio rispetto alla galleria, con grado di protezione almeno REI 60. Fanno eccezione gli stacchi alle singole apparecchiature, che potranno essere realizzati con la posa di cavi a vista o entro tubi protettivi.

### **8.3.11. GRADO DI PROTEZIONE DEGLI IMPIANTI CONTRO GLI AGENTI ESTERNI**

Gli impianti elettrici di deposito, dovranno essere eseguiti con grado di protezione dipendente dalla effettiva ubicazione. Nei locali ad uso ufficio, non inferiore a IP40, nei locali tecnici, nelle aree di ricovero dei treni e nelle aree di manutenzione non inferiore a IP65.

Particolare cura dovrà essere prestata nella scelta dei materiali e nell'esecuzione degli imbrocchi nelle cassette di derivazione e nell'allacciamento dei cavi alle morsettiere delle apparecchiature elettriche.



## 9. IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO DI STAZIONE E DI DEPOSITO

### 9.1. SCALE MOBILI DI STAZIONE

#### 9.1.1. NORMATIVA

Le scale mobili sono realizzate nel rispetto di quanto previsto dal D.M. 18/09/1975 "Norme Tecniche di sicurezza per la costruzione e l'esercizio delle scale mobili in servizio pubblico", per la parte dell'esercizio delle scale mobili, e successive integrazioni (Decreto Ministeriale 22/12/2017); per quanto riguarda la costruzione e l'installazione ci si riferisce alla Norma Europea EN 115 "Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di scale mobili e marciapiedi mobili", e la norma UNI 7744 "Norme sulle scale mobili nelle stazioni delle metropolitane".

Inoltre, è rispettato il Decreto 21/10/2015 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane" per ciò che attiene la fornitura e posa in opera di tutti i materiali componenti gli impianti in oggetto (cavi, cassette, supporti, apparecchiature, ecc.); tutti i materiali isolanti utilizzati sono certificati secondo la classe di reazione al fuoco.

#### 9.1.2. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Le scale presentano le sotto indicate caratteristiche:

| DIMENSIONI GEOMETRICHE DI RIFERIMENTO              | VALORE   |
|--|--|
| INCLINAZIONE                                       | 30°  |
| LARGHEZZA DEI GRADINI                              | Z=1000 mm  |
| INTERASSE CORRIMANI                                | $B \geq Z + 450$ mm  |
| LARGHEZZA FUORI TUTTO                              | < 1800 mm  |
| SENSO DI MARCIA                                    | reversibile  |
| VELOCITA' AL CARICO MAX. DI 150 daN<br>PER GRADINO | $V_n = 0,5$ m/s $\pm 5\%$  |
| SINCRONISMO VELOCITA' GRADINI<br>CORRIMANO         | $\pm 2\%$  |
| DISTANZA TRA ASSE CORRIMANO<br>E OSTACOLO FISSO    | $b_9 \geq 500$ mm  |
| ALTEZZA LIBERA SOPRA I GRADINI                     | $h_4 \geq 2300$ mm   |
| <b>RAGGI DI CURVATURA DELLE PISTE DEI GRADINI</b>  |  |
| PER LE SCALE DI DISLIVELLO $\leq 6$ m              | $R \geq 1000$ mm testata inferiore<br>$R \geq 1500$ mm testata superiore |
| PER LE SCALE DI DISLIVELLO $> 6$ m                 | $R \geq 1500$ mm testata inferiore<br>$R \geq 2000$ mm testata superiore |



### 9.1.3. CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Le scale mobili, previste installate nel prolungamento della Linea M5 sono caratterizzate dalle seguenti caratteristiche funzionali:

- Avviamento: da comando remoto di Posto centrale, dalla pulsantiera di servizio locale (manutenzione), dalle pedane poste alle testate inferiore e superiore.
- Funzionamento: continuo e discontinuo.
- Segnalazione di allarme, preallarme e blocco presso il sistema di supervisione
- Interfacciamento con il sistema di supervisione di linea.
- Scale mobili esterne: devono essere interfacciate con la propria serranda di chiusura. L'avvio della scala mobile, tramite apposito comando, deve essere possibile solo dopo aver effettuato la completa apertura della serranda.

### 9.1.4. CARATTERISTICHE AMBIENTALI

Le caratteristiche dell'ambiente in cui le scale mobili devono funzionare variano a seconda della collocazione, in particolare:

1. per le scale interne le caratteristiche ambientali sono:
  - variazione temperatura: da 0°C a 35° C;
  - umidità massima: 80%;
  - presenza di polveri e corpi estranei quali: mozziconi di sigarette, carta, ecc...
2. per le scale esterne, le caratteristiche ambientali sono:
  - variazioni di temperatura da -15°C a +40°C;
  - precipitazioni atmosferiche: 1100 mm/anno;
  - umidità media mensile: da 40% a 96%;
  - eventuale presenza di fango, neve, acqua e corpi estranei.

### 9.1.5. GRADINI

I gradini delle scale mobili devono essere formati da una struttura portante in lega leggera pressofusa ad alta resistenza ed inossidabile, con pedate e alzate scanalate.

L'alzata del gradino della scala mobile non deve superare i 21 cm; la profondità del gradino deve essere < 38 cm.

I gradini devono essere in grado di sopportare i seguenti carichi:

- Sul piano orizzontale ("pedata") un carico statico e uno dinamico come previsto ai punti 8.2.2.1 e 8.2.2.2 della norma EN 115 senza produrre:
  - deformazioni permanenti;
  - cedimento elastico superiore a 2 mm.
- Sul piano verticale ("alzata") un carico concentrato di 120 daN su una superficie circolare di 6 cm<sup>2</sup> senza produrre:
  - deformazioni permanenti;



- o cedimento elastico superiore a 2 mm.

#### **9.1.6. DOTAZIONI PARTICOLARI DI IMPIANTO**

Le scale mobili sono previste attrezzate di cassette contenenti i manipolatori di comando locale e di nastro estensibile (ad entrambe le estremità della scala) da impiegare nei casi di fuori servizio degli impianti medesimi.

Le scale mobili devono essere munite di dispositivo di avviamento automatico costituito da due coppie di fotocellule sensibili al transito dei passeggeri.

Le scale mobili devono essere dotate di un freno di servizio ed un freno di emergenza, entrambi del tipo ad accumulo di energia. Il freno di servizio deve essere montato sull'albero motore.

Nelle scale mobili di dislivello superiore a 7 m è prevista la realizzazione di un collegamento audio fra i vani delle due testate. La comunicazione, di tipo bidirezionale, deve avvenire mediante l'impiego di cuffie telefoniche portatili.

Le scale mobili che collegano il mezzanino con l'esterno sono protette da apposite coperture, dotate dell'impianto di riscaldamento dei gradini atto ad impedire la formazione del ghiaccio e con il traliccio di scala trattato con bagno di zincatura a caldo.

Tutte le scale mobili sono comandate a distanza (avvio, arresto, predisposizione salita/discesa, ecc..) dal Posto Centrale e sono direttamente interfacciate con l'impianto TVCC al fine di garantire che i comandi possano essere attuati solo in caso di effettiva selezione da parte dell'operatore della telecamera corrispondente.

#### **9.1.7. SICUREZZA UTENTI**

Ogni elemento della scala mobile, sia fisso sia in movimento che risulta a contatto con il pubblico, deve essere dotato di tutte le caratteristiche atte a non provocare danni alle cose ed alle persone.

In particolare, si indicano nel seguito le distanze ammesse:

- fra i gradini, per qualunque posizione reciproca:  $\leq 4$  mm;
- fra le pareti laterali dei gradini e gli zoccoli:  $\leq 4$  mm;
- somma dei due giochi fra i gradini e gli zoccoli:  $< 7$  mm;
- fra i pettini e le scanalature dei gradini, perpendicolarmente alle superfici: distanze Q e R  $\leq 3$  mm.

#### **9.1.8. VITA TECNICA MEDIA**

In relazione a quanto previsto dal D.M. del 2 gennaio 1985, per le scale mobili è prevista una vita tecnica media stimata dei componenti.

Nessun organo meccanico ed elettromeccanico deve avere una vita media, in condizioni normali di funzionamento, inferiore a 10 anni.

Per alcune parti fondamentali come traliccio, albero principale, alberi di trascinamento e rinvio, organo e motore elettrico di trazione deve essere garantita una vita tecnica minima di 30 anni.



### 9.1.9. ATTREZZAGGIO STAZIONE TIPICA

Per ogni stazione è tipicamente prevista la seguente fornitura di scale mobili:

- n° 4 scale mobili per il collegamento tra il piano banchine ed il piano ammezzato (2 per ogni banchina);
- n° 2 scale mobili per il collegamento del piano ammezzato al piano mezzanino;
- n°2 scale mobili per il collegamento del mezzanino al piano strada.

Per ogni scala mobile è previsto il quadro di scala posato a parete ed incassato in una nicchia in prossimità della testata, protetto da un armadio metallico di finitura. Per le scale con sbarco su strada il quadro di scala sarà posato on prossimità della testata inferiore.

## 9.2. ASCENSORI DI STAZIONE

### 9.2.1. NORMATIVA

Gli ascensori sono realizzati nel rispetto della normativa vigente, con particolare riferimento a:

- Direttiva 2014/33/UE del parlamento europeo e del consiglio del 26 febbraio 2014 per l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative agli ascensori e ai componenti di sicurezza per ascensori;
- Circolare 21 marzo 2016 (prot. n. 79499) - Disposizioni su requisiti e conformità strumenti di misura, ascensori e loro componenti di sicurezza, in riferimento alla direttiva 2014/33/EU;
- UNI EN 81-20 – Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori - Ascensori per il trasporto di persone e cose - Parte 20: Ascensori per persone e cose accompagnate da persone;
- UNI EN 81-50 – Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di ascensori - Verifiche e prove - Parte 50: Regole di progettazione, calcoli, verifiche e prove dei componenti degli ascensori;
- UNI EN 81-58 - Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori - Controlli e prove - Parte 58: Prove di resistenza al fuoco per le porte di piano;
- UNI EN 81-70 - Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori - Applicazioni particolari per ascensori per passeggeri e per merci - Parte 70: Accessibilità agli ascensori delle persone, compresi i disabili;
- UNI EN 81-71 – Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di ascensori – Applicazioni particolari per ascensori per trasporto di persone e merci – Parte 71: Ascensori resistenti ai vandali;
- UNI-7744 - Metropolitane - Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni - Direttive di progettazione

Inoltre è rispettato il DM 21/10/2015 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane” in particolare per quanto riguarda la necessità di prevedere per ciascuna banchina almeno un “ascensore di emergenza” – così come definito nel DM – per tutte le stazioni del prolungamento, in quanto sotterranee e con piano banchina ad una profondità superiore a 12 m.





### 9.2.2. CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Per tutte le stazioni del prolungamento della tratta M5, gli impianti ascensore sono previsti di tipo elettrico in configurazione MRL (Machine Roomless) ossia predisposti per installazione priva di locale macchine ascensori. Sono realizzati in configurazione sia doppia (per gli ascensori di collegamento del piano banchine con il piano mezzanino, nelle stazioni con banchina centrale) sia singola, ed in vano proprio e chiuso. La cabina di ogni ascensore dovrà permettere l'accesso, oltre ai portatori di handicap in sedia a rotelle, alle biciclette.

I parametri fondamentali che caratterizzano gli ascensori sono:

- portata 1000 kg;
- capienza 13 persone;
- velocità di salita e discesa 1,0 m/s.

Il funzionamento degli impianti ascensori, dedicati al servizio pubblico, è correlato all'esercizio della Linea 5 della Metropolitana di Milano e pertanto devono essere previsti in generale:

- attivazione all'inizio del servizio giornaliero;
- disattivazione alla fine del servizio giornaliero;
- durata del servizio giornaliero di circa 20 ore;
- impiego continuativo giornaliero suddiviso in due periodi di 2 ore ciascuno, uno al mattino ed uno alla sera;
- servizio intermittente giornaliero di 16 ore corrispondente ad un ciclo di corse dimezzato rispetto all'impiego continuativo.

Ciascun ascensore, adibito al trasporto di persone, ha una portata minima di 1000 kg ed una velocità di salita e discesa pari a 1,0 m/s.

### 9.2.3. CABINA

Le dimensioni orientative utili per ascensori con capienza 13 persone – 1000 kg sono:



| DIMENSIONI CABINA                     | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
|---------------------------------------|------------------|---------|
| LUNGHEZZA                             | Metri            | 2,10    |
| LARGHEZZA                             | Metri            | 1,40    |
| ALTEZZA                               | Metri            | 2,30    |
| DIMENSIONI PORTE DI PIANO E DI CABINA | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
| LARGHEZZA                             | Metri            | ≥ 1,000 |
| ALTEZZA                               | Metri            | ≥ 2,000 |
| DIMENSIONI BOTOLE DI SOCCORSO         | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
| LUNGHEZZA                             | Metri            | ≥ 0,600 |
| LARGHEZZA                             | Metri            | ≥ 0,500 |

Tutte le tipologie di cabina devono essere costruite in modo da rispondere ai requisiti tecnici ed architettonici necessari alla sicurezza ed al comfort dei passeggeri.

Le cabine degli ascensori, di sezione rettangolare, sono sostenute da un telaio o arcata portante in profilati d'acciaio calcolata per sostenere le sollecitazioni: delle guide, degli ammortizzatori, del contrappeso e delle funi.

Per gli ascensori installati nelle stazioni, le parti delle pareti di cabina e del vano corsa panoramiche, devono essere realizzate in vetro laminato resistente alle prove d'urto descritte nella Norma UNI 81-1. La panoramicità varia a seconda delle realizzazioni del vano corsa. A seconda delle soluzioni architettonico / funzionali, si riscontrano situazioni di totale trasparenza del vano corsa e della cabina, parziali pannellature vetrate sia per il vano corsa sia per il lato cabina corrispondente o solamente la porta di cabina e di piano.

Le pareti non panoramiche della cabina sono previste in acciaio inox a superficie semilucida.

Una parete della cabina è prevista attrezzata di specchio a tutta altezza. Lo specchio deve risultare infrangibile con caratteristiche analoghe ai vetri antisfondamento indicati al punto 5.14 della norma UNI EN 81-50.

Per ogni configurazione la cabina deve essere costruita prevedendo un'areazione di tipo naturale.

Il soffitto delle cabine è previsto munito di controcielo ad alveo, in acciaio o materiale ignifugo per il contenimento delle apparecchiature elettroniche e l'illuminazione previste.

All'interno delle varie tipologie di cabina tutte le apparecchiature di tipo elettrico sono raccolte nella pulsantiera "verticalizzata" unitamente ai dati di impianto più il mancorrente in acciaio inox fissato a parete.

Per tutti gli ascensori di stazione le porte, sia di piano sia di cabina, sono in cristallo del tipo a doppia anta con funzionamento a scorrimento orizzontale (telescopiche od opposte). Le porte di piano (al piano banchina) sono dotate di certificazione di reazione al fuoco non inferiore a REI 60 e con caratteristiche di tenuta al fumo in linea con quanto indicato nella norma UNI EN 81-58.



Sui bordi delle porte di piano devono essere applicate, a tutta altezza, delle "bande sensibili" munite di dispositivi a cellula fotoelettrica per comandare l'arresto rapido del moto di chiusura e l'apertura delle porte nel caso di imtempestiva manovra di chiusura o nel caso siano presenti eventuali ostacoli.

All'interno delle cabine ascensore ubicate nelle stazioni sono installati, oltre alla pulsantiera munita di tasti antivandalo e con indicazione Braille, il citofono, la telecamera ed il rilevatore di presenza persone.

#### 9.2.3.1. ILLUMINAZIONE DI CABINA

L'illuminazione della cabina è effettuata con corpi illuminanti in grado di assicurare un illuminamento minimo di 100 lux a quota pavimento.

L'impianto di illuminazione della cabina comprende la luce di sicurezza, costituita da un gruppo di alimentazione autonomo, il quale, in mancanza della tensione di rete, è in grado di garantire l'illuminazione all'interno della cabina per 180 minuti.

#### 9.2.4. ARMADIO M.R.L.

Ogni ascensore adibito al trasporto pubblico di persone, installato in Linea 5, è realizzato in configurazione M.R.L. (Machine Roomless) ossia privo di locale macchine ascensori e prevede, in alternativa, l'installazione di un armadio quadro elettrico di manovra ubicato in prossimità del vano (generalmente a fianco della porta di piano, al piano mezzanino) per l'alloggiamento degli apparati di funzionamento e gestione dell'impianto. L'armadio di servizio, di dimensioni ridotte, contiene interruttori di forza motrice e luce, elementi necessari alle operazioni di messa in servizio e diagnostica, regolazione dell'impianto e soccorso ai passeggeri in cabina.

#### 9.2.5. AZIONAMENTO ELETTRICO M.R.L.

Gli ascensori, come anticipato nei paragrafi precedenti, sono previsti con azionamento di tipo elettromeccanico a funi e sistema di controllo a frequenza e tensione variabile V3F. L'unità di trazione è costituita da un motore sincrono assiale a magneti permanenti, senza riduzione (gearless) installato, normalmente in prossimità della testata superiore del vano corsa. L'azionamento della cabina viene bilanciato da un contrappeso munito di guide e collegato alla cabina attraverso funi. Tutto il carico dell'ascensore grava, quindi, sulle guide di cabina e del contrappeso.

Il motore gearless e il controllo in frequenza della velocità, assicurato da un inverter, consentono:

- Silenziosità durante l'azionamento sia in cabina sia in stazione;
- Comfort di marcia;
- Rendimento del sistema ottimizzato con riduzione della potenza installata e della corrente assorbita e conseguente risparmio energetico;

La manovra di soccorso ai passeggeri si effettua dall'esterno del vano, agendo presso il quadro di comando di piano. Dai dispositivi presenti al suo interno è possibile effettuare una manovra ausiliaria elettrica in tutti i casi in cui sia intervenuto uno dei contatti di sicurezza che la manovra stessa può escludere. Dal quadro di manovra di piano è possibile comandare una manovra automatica per portare la cabina al livello di un piano e aprire le porte in assenza di corrente di rete oppure a seguito di un guasto ai teleruttori, all'inverter o alla scheda di governo a microprocessore.

In questa condizione lo spostamento della cabina avviene a velocità ridotta, in salita oppure in discesa, sino al raggiungimento del piano prescelto per lo sbarco dei passeggeri.

Le operazioni di manutenzione al motore di azionamento della cabina si effettuano dall'interno del vano, posizionandosi sul tetto di cabina.



Il controllo e la stabilità della posizione della cabina sono garantiti da un sistema di blocco meccanico sulle guide.

### 9.2.6. CARATTERISTICHE PARTICOLARI DI IMPIANTO

Ogni impianto ascensore installato in ambito metropolitano è dotato di alcune caratteristiche particolari quali:

- sensore per il rilevamento di persone o cose all'interno della cabina;
- telecamera interna alla cabina posata nel celino del controsoffitto;
- citofono di comunicazione tra utente e Posto Centrale interfacciato alla telecamera fornendo una modalità videocitofonica;
- diffusione sonora in cabina derivata dall'impianto di stazione;
- citofono di servizio ad uso manutenzione e collegamento tra armadio quadro elettrico di controllo, fondo fossa, interno e tetto di cabina;
- indicazione sonora del piano raggiunto tramite suono (gong) all'esterno di cabina e messaggio a voce sintetizzata (bilingue) per l'interno cabina;
- per gli ascensori con sbarco al piano superficie è prevista l'interfaccia con la serranda di chiusura della porta di piano.

Sopra ogni porta di piano è inoltre previsto un cartello luminoso di "fuori servizio" e analogamente alla pulsantiera di cabina, anche la pulsantiera di piano deve presentare le caratteristiche antivandalo e di utilità per i non vedenti.

Ogni ascensore prima di entrare in servizio esegue una "corsa di prova".

### 9.2.7. ATTREZZAGGIO DELLA STAZIONE TIPOLOGICA

Nella definizione dello standard da attuarsi sugli impianti di controllo sollevamenti previsti per la Linea 5, si è scelto di descriverne le caratteristiche e l'applicazione riferita alla stazione Testi-Gorki, definita come tipologica.

In questa stazione, è prevista la seguente fornitura di ascensori:

- N°2 ascensori "di emergenza" per il collegamento del piano banchine al piano ammezzato (locali tecnici) e al piano mezzanino – totali n°3 fermate – posizionati ognuno su una banchina, caratterizzata da ingressi su un solo lato; lo sbarco al piano ammezzato per l'accesso ai locali tecnici sarà abilitato solamente mediante l'uso di chiave/badge dal personale preposto;
- N°2 ascensori per il collegamento dal piano mezzanino al piano strada, con ingressi su singolo lato o sbarchi opposti (180°).

In tutti i casi gli sbarchi degli ascensori sono posizionati nei percorsi protetti e possono continuare a funzionare anche in caso di emergenza. A tale scopo essi sono dotati alimentati di alimentazione "di sicurezza" come descritto al paragrafo 8.1.1.

### 9.2.8. ASCENSORI DI EMERGENZA

Coerentemente alle richieste del DM 12 ottobre 2015 in tutte le stazioni i due ascensori per il collegamento del piano banchine al piano ammezzato (locali tecnici) e al piano mezzanino sono del tipo "di emergenza", secondo la definizione riportata nel DM stesso.



Tali ascensori sono quindi utilizzabili in condizioni di esercizio ordinario ed in condizioni di soccorso.

Si riportano di seguito le caratteristiche principali:

- dimensioni interne minime della cabina e dell'accesso non devono essere inferiori ai seguenti valori: larghezza 1,10 m profondità 2,10 m altezza interna di cabina 2,15 m (le dimensioni indicate al paragrafo 9.2.3 sono coerenti con tale prescrizione);
- ad ogni piano inferiore a quello di attestazione, l'ascensore sbarca in un filtro a prova di fumo con caratteristiche coerenti con gli scenari d'incendio previsti ed in comunicazione, tramite porte a chiusura automatica in caso d'incendio, con un percorso protetto che conduca all'aperto;
- le dimensioni del locale filtro consentono il trasporto di lettighe;
- alimentazione elettrica di potenza dal QGBT di stazione, quindi tramite una fonte di alimentazione normale (Cabina 1) e da una fonte di alimentazione "di sicurezza" (Cabina 2);
- alimentazione elettrica delle funzioni di emergenza (illuminazione interna, circuiti di allarme cabina, citofono, sistemi di riporto al piano della cabina eventualmente arrestatasi a meta' corsa, ecc.) dalla sezione di Assoluta Continuità del QGBT di stazione;
- per tutti le restanti caratteristiche tecniche e funzionali, l'ascensore rispetta quanto previsto, per gli ascensori antincendio, nella norma UNI EN 81-72 e nel decreto ministeriale 15 settembre 2005.

## 9.3. ASCENSORI DI DEPOSITO

### 9.3.1. NORMATIVA

La normativa prevista per gli ascensori di deposito è la medesima già descritta nel Capitolo 9.2.1.

### 9.3.2. CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Gli impianti ascensore del deposito M5 per il trasporto persone sono previsti di tipo elettrico in configurazione MRL (Machine Roomless) ossia predisposti per installazione priva di locale macchine ascensori. La cabina di ogni ascensore dovrà permettere l'accesso ai portatori di handicap in sedia a rotelle.

I parametri fondamentali che caratterizzano gli ascensori sono:

- portata 1000 kg;
- capienza 13 persone;
- velocità di salita e discesa 1,0 m/s.

Gli impianti montacarichi per il trasporto di persone e cose sono previsti di tipo oleodinamico con locale macchine, all'interno del quale verranno installate le componenti necessarie al funzionamento.

I parametri fondamentali che caratterizzano i montacarichi sono:

- portata 2000 kg;
- capienza 26 persone;
- velocità di salita e discesa 0,63 m/s.



### 9.3.3. CABINA

Le dimensioni orientative utili per ascensori con capienza 13 persone – 1000 kg sono:

| DIMENSIONI CABINA                     | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
|---------------------------------------|------------------|---------|
| LUNGHEZZA                             | Metri            | 2,10    |
| LARGHEZZA                             | Metri            | 1,40    |
| ALTEZZA                               | Metri            | 2,30    |
| DIMENSIONI PORTE DI PIANO E DI CABINA | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
| LARGHEZZA                             | Metri            | ≥ 1,000 |
| ALTEZZA                               | Metri            | ≥ 2,000 |
| DIMENSIONI BOTOLE DI SOCCORSO         | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
| LUNGHEZZA                             | Metri            | ≥ 0,600 |
| LARGHEZZA                             | Metri            | ≥ 0,500 |

Le dimensioni orientative utili per ascensori montacarichi con capienza 26 persone – 2000 kg sono:

| DIMENSIONI CABINA                     | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
|---------------------------------------|------------------|---------|
| LUNGHEZZA                             | Metri            | 2,10    |
| LARGHEZZA                             | Metri            | 2,00    |
| ALTEZZA                               | Metri            | 2,20    |
| DIMENSIONI PORTE DI PIANO E DI CABINA | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
| LARGHEZZA                             | Metri            | ≥ 1,400 |
| ALTEZZA                               | Metri            | ≥ 2,100 |
| DIMENSIONI BOTOLE DI SOCCORSO         | UNITA' DI MISURA | VALORE  |
| LUNGHEZZA                             | Metri            | ≥ 0,600 |
| LARGHEZZA                             | Metri            | ≥ 0,500 |



Tutte le tipologie di cabina devono essere costruite in modo da rispondere ai requisiti tecnici ed architettonici necessari alla sicurezza ed al comfort degli utilizzatori.

La cabina del montacarichi, di sezione rettangolare, sarà sostenuta da un telaio o arcata portante in profilati d'acciaio calcolata per sostenere le sollecitazioni: delle guide, degli ammortizzatori, dei pistoni e delle funi (se indiretto).

Per gli ascensori installati nel deposito, le parti delle pareti di cabina sono previste in acciaio inox a superficie semilucida.

Una parete della cabina è prevista attrezzata di specchio a tutta altezza. Lo specchio deve risultare infrangibile con caratteristiche analoghe ai vetri antisfondamento indicati al punto 5.14 della norma UNI EN 81-50.

Per ogni configurazione la cabina deve essere costruita prevedendo un'areazione di tipo naturale.

Il soffitto delle cabine è previsto munito di controcielino ad alveo, in acciaio o materiale ignifugo per il contenimento delle apparecchiature elettroniche e l'illuminazione previste.

All'interno delle varie tipologie di cabina tutte le apparecchiature di tipo elettrico sono raccolte nella pulsantiera "verticalizzata" unitamente ai dati di impianto più il mancorrente in acciaio inox fissato a parete.

Sui bordi delle porte di piano devono essere applicate, a tutta altezza, delle "bande sensibili" munite di dispositivi a cellula fotoelettrica per comandare l'arresto rapido del moto di chiusura e l'apertura delle porte nel caso di impestiva manovra di chiusura o nel caso siano presenti eventuali ostacoli.

All'interno delle cabine ascensore sono installati, oltre alla pulsantiera munita di tasti antivandalo e con indicazione Braille, il citofono, la telecamera ed il rilevatore di presenza persone.

Il montacarichi ad azionamento oleodinamico, previsto nel deposito presenta anch'esso la cabina di sezione rettangolare, sostenuta da un telaio o arcata portante in profilati d'acciaio calcolata per sostenere le sollecitazioni: delle guide, degli ammortizzatori e dei due pistoni previsti. Le pareti dovranno essere in acciaio inox a superficie semilucida. La cabina dovrà essere costruita prevedendo un'areazione di tipo naturale.

#### 9.3.3.1. ILLUMINAZIONE DI CABINA

L'illuminazione della cabina è effettuata con corpi illuminanti in grado di assicurare un illuminamento minimo di 100 lux a quota pavimento.

L'impianto di illuminazione della cabina comprende la luce di sicurezza, costituita da un gruppo di alimentazione autonomo, il quale, in mancanza della tensione di rete, è in grado di garantire l'illuminazione all'interno della cabina per 180 minuti.

#### 9.3.4. ARMADIO M.R.L.

Ogni ascensore è realizzato in configurazione M.R.L. (Machine Roomless) ossia privo di locale macchine ascensori e prevede, in alternativa, l'installazione di un armadio quadro elettrico di manovra ubicato in prossimità del vano (generalmente a fianco della porta di piano, al piano più alto) per l'alloggiamento degli apparati di funzionamento e gestione dell'impianto. L'armadio di servizio, di dimensioni ridotte, contiene interruttori di forza motrice e luce, elementi necessari alle operazioni di messa in servizio e diagnostica, regolazione dell'impianto e soccorso ai passeggeri in cabina.



### 9.3.5. AZIONAMENTO ELETTRICO M.R.L.

Gli ascensori sono previsti con azionamento di tipo elettromeccanico a funi e sistema di controllo a frequenza e tensione variabile V3F. L'unità di trazione è costituita da un motore sincrono assiale a magneti permanenti, senza riduzione (gearless) installato, normalmente in prossimità della testata superiore del vano corsa. L'azionamento della cabina viene bilanciato da un contrappeso munito di guide e collegato alla cabina attraverso funi. Tutto il carico dell'ascensore grava, quindi, sulle guide di cabina e del contrappeso.

Il motore gearless e il controllo in frequenza della velocità, assicurato da un inverter, consentono:

- Silenziosità durante l'azionamento sia in cabina sia in stazione;
- Comfort di marcia;
- Rendimento del sistema ottimizzato con riduzione della potenza installata e della corrente assorbita e conseguente risparmio energetico;

La manovra di soccorso ai passeggeri si effettua dall'esterno del vano, agendo presso il quadro di comando di piano. Dai dispositivi presenti al suo interno è possibile effettuare una manovra ausiliaria elettrica in tutti i casi in cui sia intervenuto uno dei contatti di sicurezza che la manovra stessa può escludere. Dal quadro di manovra di piano è possibile comandare una manovra automatica per portare la cabina al livello di un piano e aprire le porte in assenza di corrente di rete oppure a seguito di un guasto ai teleruttori, all'inverter o alla scheda di governo a microprocessore.

In questa condizione lo spostamento della cabina avviene a velocità ridotta, in salita oppure in discesa, sino al raggiungimento del piano prescelto per lo sbarco dei passeggeri.

Le operazioni di manutenzione al motore di azionamento della cabina si effettuano dall'interno del vano, posizionandosi sul tetto di cabina.

Il controllo e la stabilità della posizione della cabina sono garantiti da un sistema di blocco meccanico sulle guide.

### 9.3.6. AZIONAMENTO OLEODINAMICO DEL MONTACARICHI

Diversamente da quanto indicato per gli ascensori di deposito per il trasporto persone, il montacarichi è previsto ad azionamento oleodinamico. Questa soluzione comporta l'utilizzo di un locale macchine ascensori adiacente al vano corsa.

All'interno del locale è prevista installata la seguente apparecchiatura:

- Centralina oleodinamica completa di:
  - cassone serbatoio, di dimensioni sufficienti per contenere le apparecchiature e l'intero volume di olio del circuito;
  - il gruppo motore elettrico pompa a vite, del tipo sommerso;
  - il gruppo elettrovalvole per il controllo della discesa e della salita della cabina;
  - il regolatore di deflusso dell'olio per l'esecuzione della manovra manuale di discesa della cabina;
  - il comando manuale della manovra di discesa della cabina;
  - la pompa a mano per l'esecuzione della manovra manuale di salita della cabina.
  - Il circuito di contenimento e distribuzione olio costituito da tubazioni di mandata fra centralina e cilindro, realizzate in acciaio;
- Quadro elettrico di comando e controllo dell'impianto, costituito da:





- un armadio metallico, costruito con lamiera di acciaio, chiuso sul fronte da antine doppie incernierate e bloccate con serratura al cui interno sono montate tutte le necessarie apparecchiature elettriche ed elettroniche, dimensionate e montate in modo razionale, considerando che l'accessibilità del quadro sarà soltanto dal fronte;
- Cassone in acciaio di con tenimento dei dispositivi di soccorso utenti (imbragatura, TIRFOR, funi, ecc..).

All'ingresso del locale macchine, del montacarichi e in prossimità dell'armadio MRL di ciascun ascensore di stazione, è previsto un quadretto elettrico di sezionamento (la cui fornitura è a carico degli impianti elettrici), dal quale si dipartono le linee di alimentazione dell'ascensore, quali:

- un cavo tripolare di F.M. 400 V + 10% - 50 Hz;
- un cavo bipolare di emergenza 230 V + 10% - 50 Hz,

ed altre linee (di fornitura a carico degli impianti elettrici) quali:

- un cavo bipolare per il circuito luce del locale macchine montacarichi e del vano di corsa (per gli ascensori MRL elettrici, il circuito luce è dedicato all'illuminazione dell'interno dell'armadio MRL e del vano corsa);
- un cavo quadripolare per le prese di F.M. ubicate nel locale macchine ascensori (del montacarichi) o all'interno dell'armadio MRL.

In considerazione della portata del montacarichi, per l'azionamento della cabina è prevista l'installazione, nel vano corsa di un doppio gruppo cilindro - pistone.

Ogni cilindro deve essere in acciaio e protetto elettricamente per tutta la lunghezza da una camicia isolante resistente a urti ed abrasioni. Sono ammessi solo cilindri del tipo a doppia parete al fine di impedire svuotamenti rapidi e provocare la caduta libera della cabina.

### **9.3.7. ATTREZZAGGIO TIPOLOGICO DEL DEPOSITO**

Per il collegamento tra i diversi livelli di cui fa parte il deposito M5, saranno presenti:

- ascensori per il trasporto delle persone ai diversi livelli del deposito, caratterizzata da ingressi su un solo lato o su lati opposti (180°); lo sbarco ai piani per l'accesso ai locali tecnici sarà abilitato solamente mediante l'uso di chiave/badge dal personale preposto;
- ascensori montacarichi per il trasporto di persone e cose tra i diversi livelli del deposito, con sbarchi da un solo lato o su lati opposti (180°); lo sbarco ai piani per l'accesso ai locali tecnici sarà abilitato solamente mediante l'uso di chiave/badge dal personale preposto.



## **10. IMPIANTI DI CONTROLLO VIAGGIATORI**

---

### **10.1. GENERALITÀ**

Per il prolungamento della Linea 5 dalla fermata Testi-Gorki al nuovo capolinea Monza-Brianza è prevista l'estensione del sistema di controllo viaggiatori SBME (Sistema di Bigliettazione Magnetico Elettronica), in linea con quanto già predisposto presso le altre Linee di metropolitana della città di Milano, e nel caso specifico nella tratta in servizio della Linea M5 Lilla.

Nei paragrafi seguenti sono descritti i principali componenti di un impianto tipico di stazione, mentre nel paragrafo 10.6 è descritto l'attrezzaggio previsto per la stazione tipologica.

### **10.2. BARRIERA INGRESSO USCITA PI/U**

Le porte/varchi ad ante vetrate di ingresso e uscita PI/U sono realizzati con struttura acciaio inox 20/10, con ante in cristallo temprato ad azionamento opposto ed a scomparsa per evacuazione in emergenza o mancanza tensione.

Le dimensioni in larghezza per le porte PI/PU sono di 33,5 cm per il cassonetto e di 60 cm per il passaggio dell'utente (coerentemente alle richieste del DM 21 ottobre 2015).

Le ante sono governate da un'unità a microprocessore che comanda, tra l'altro, i pittogrammi a LED (verde / rosso), le fotocellule e i contatori di passaggi.

I varchi saranno dotati di ante vetrate mobili a scomparsa e porzioni di vetrate fisse in corrispondenza dei cassonetti, l'altezza delle vetrate dovrà essere di 1,70m dal piano di calpestio.

Inoltre è previsto il varco di servizio a comando solo manuale (ad esempio per il transito delle macchine per pulizia).

Il numero dei varchi è stato inoltre verificato dal punto di vista dell'esodo tenendo conto delle richieste del Decreto 21/10/2015.

### **10.3. BARRIERA INGRESSO USCITA PHH**

Le porte/varchi ad ante vetrate di ingresso e uscita PHH per disabili sono realizzati con struttura acciaio inox 20/10, con ante in cristallo temprato ad azionamento opposto ed a scomparsa per evacuazione in emergenza o mancanza tensione.

Le dimensioni in larghezza per le porte PHH sono di 48,5 cm per il cassonetto e di 90 cm per il passaggio degli utenti in sedia a rotelle (coerentemente alle richieste del DM 21 ottobre 2015).

Le ante sono governate dalla stessa unità a microprocessore che comanda le porte PI/U.

Anche in questo caso i varchi saranno dotati di ante vetrate mobili a scomparsa e porzioni di vetrate fisse in corrispondenza dei cassonetti e l'altezza delle vetrate dovrà essere di 1,70 m dal piano di calpestio.

Per ogni linea di varco sarà presente una porta PHH per permettere l'accesso alle persone diversamente abili.



## 10.4. APPARATI DI RICARICA DEI DOCUMENTI

Il sistema SBME prevede un controllo utenza per quanto attiene la verifica ed il rilascio dei documenti di viaggio.

All'esterno della zona di barriera delle porte è prevista l'installazione di distributori automatici di biglietti (DAB) dotati di accettatore banconote, di lettore di bancomat/carte di credito, di accettatore monete e di rendiresto monete, con possibilità di pentimento (e restituzione del denaro) prima dell'emissione del titolo di viaggio, ed emettono biglietti cartacei multitariffa, da convalidare all'ingresso e uscita.

Per l'integrazione di tariffa, a seguito di percorrenze differenti da quanto stabilito inizialmente nel titolo di viaggio, è prevista l'installazione all'interno della barriera di stazione di macchine addizionali di tariffa (MAT).

La struttura degli armadi degli apparati di ricarica documenti è in lamiera inox verniciata, con caratteristiche antivandaliche e antieffrazione. Il sistema prevede, oltre alle funzioni utente, anche le funzioni di supporto alle attività di scarico denaro e ricarica rendiresto, quali stampa di report, password di accesso, ecc...

## 10.5. CONCENTRATORE DI STAZIONE

Nel locale Concentratori SBME di ogni stazione del prolungamento della Linea 5 sono previste installate le varie apparecchiature d'impianto: quadro elettrico, concentratore dati, apparati per rete di connessione, ecc...per la gestione locale dell'impianto e la remotizzazione degli stati.

La rete di connessione dati col Posto Centrale è realizzata con delle fibre ottiche, del tipo monomodale, spillate dai cavi ottici installati lungo la linea per il collegamento delle stazioni con il Posto Centrale.

In generale i dati da acquisire per i dispositivi d'impianto sono:

- Stato operativo e diagnostico;
- Modalità di funzionamento;
- Codici di dettaglio per allarmi attivi;
- Versione del software / firmware e parametri;
- Diagnostica dei componenti elettronici e meccanici

L'inoltro di comandi automatici o da operatore di Posto Centrale sono:

- Fuori servizio / rientro in servizio;
- Blocco o apertura (es. porte / varchi);
- Modifiche delle modalità di funzionamento

Le funzionalità di Supervisione sono da garantire per le seguenti apparecchiature:

- Apparati di vendita (DAB e MAT), validazione titoli e varchi di stazione;
- Sottosistemi di codifica / emissione dei titoli di viaggio;
- Apparecchiature accessorie (UPS, centraline orarie);
- Segnali di allarme / emergenza (pulsanti di emergenza, apertura porte di servizio, maniglie antipánico).



## 10.6. ATTREZZAGGIO DELLA STAZIONE TIPOLOGICA

Nella definizione dello standard da attuarsi sugli impianti di controllo viaggiatori previsti per la Linea 5, si è scelto di descriverne le caratteristiche e l'applicazione riferita alla stazione Testi-Gorki, definita come tipologica.

In questa stazione è prevista una barriera di porte / varchi ad ante vetrate (con ante a tipologia alta) disposte in linea e posizionate al piano mezzanino.

Le tipologie e le quantità di porte / varchi previsti sono indicate nel seguito:

- n° 10 Porte di Ingresso/uscita (PI/U) complete, ciascuna, di due convalidatrici magnetico elettroniche (CNV-ME) una per ogni senso di marcia;
- n° 1 Porta per disabili alta (PHH) completa di due convalidatrici magnetico elettroniche (CNV-ME) una per ogni senso di marcia;
- n° 1 Porta di servizio (PS) completa di sblocco elettrico.

Oltre alle porte sopra elencate, il sistema SBME prevede, sempre al piano mezzanino, la posa degli apparati di ricarica documenti nella seguente quantità e tipologia:

- n° 4 DAB (Distributore Automatico di Biglietti) ubicate all'esterno della barriera;
- n° 2 MAT (Macchina Addizionatrice di Tariffa) ubicate all'interno della barriera.

Nei locali tecnici sarà inoltre installato il Concentratore di stazione cui faranno capo tutti gli apparati del sistema di controllo viaggiatori della stazione. Tale concentratore sarà inoltre interfacciato con il Posto Centrale, come da standard milanese.

Coerentemente alle richieste del DM 21 ottobre 2015:

- i tornelli o varchi automatici si aprono automaticamente in caso di disalimentazione;
- è prevista la possibilità di apertura automatica e permanente delle linee di controllo in caso di incendio al fine di consentire l'esodo delle persone presenti all'interno della stazione.



## **11. IMPIANTI MECCANICI DI LINEA, DI STAZIONE E DI DEPOSITO**

### **11.1. IMPIANTI MECCANICI DI LINEA**

Gli impianti meccanici previsti nella galleria di linea sono i seguenti:

- Impianto di sollevamento acque chiare;
- Impianto antincendio con manichette;
- Impianto di ventilazione di galleria.

#### **11.1.1. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO ACQUE CHIARE**

La raccolta delle acque della galleria è relativa a:

- acque meteoriche provenienti dalle griglie dei manufatti di linea;
- eventuali infiltrazioni d'acqua, provenienti dalla struttura di galleria;
- acque derivanti dall'attivazione degli impianti antincendio.

Tutte le suddette acque sono classificate come "acque chiare".

Il sistema di raccolta delle acque è costituito in sintesi da:

- un sistema di drenaggio (tubazioni e pozzetti) previsti nell'ambito del progetto dell'armamento e delle strutture;
- vasche di aggotamento ricavate nei punti di minimo altimetrico della linea, o ubicate in corrispondenza dei tratti di linea in cui il treno esce allo scoperto;
- elettropompe di sollevamento acque posizionate nella vasca di aggotamento;
- Q.E. di comando e controllo per la gestione delle pompe di sollevamento acque.

Nei punti di minima dei tratti in galleria si prevede generalmente una vasca di aggotamento avente volume d'invaso  $\geq 100$  m<sup>3</sup> utili di invaso, mentre nelle vasche di aggotamento il volume d'invaso è previsto per eventi meteorici con un tempo di ritorno di 100 anni.

Le strutture sono del tipo antifessurazione e protette mediante pitturazione con resine epossidiche.

Per ogni vasca di aggotamento il sollevamento delle acque avviene mediante 3 elettropompe sommerse, 2 previste per il funzionamento normale, la terza di riserva, ma il funzionamento è ciclico sulle 3 pompe, in modo tale che tutte e 3 abbiano un ciclo di funzionamento analogo.

Dalla vasca di aggotamento le pompe sommerse condurranno le acque alla cameretta dei pezzi speciali di raccordo alla fognatura urbana.

#### **11.1.2. IMPIANTO ANTINCENDIO CON MANICHETTE**

L'impianto antincendio con manichette, sarà previsto come richiesto dal D.M. 21-10-2015 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane" e come prevede il D.M. 20/12/ 2012 «Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi»



Le principali norme tecniche previste per la suddetta tipologia d'impianto sono la norma UNI 10.779:2014 e la norma UNI EN 12.845:2015; il livello di pericolosità previsto per l'impianto antincendio idranti è pari a 3.

L'impianto antincendio idranti di ciascuna tratta di galleria della linea, ha origine dalla centrale antincendio della stazione descritto nel paragrafo 11.2.2.

L'impianto antincendio di galleria, parte dalle testate delle stazioni e si sviluppa lungo ciascuna banchina di linea ed è composto dalle seguenti opere:

- Le tubazioni di collegamento tra i vari elementi, in acciaio zincato serie media, secondo norme UNI EN 10255:2007, con giunzioni a vite e manicotto per diametri < 3", mentre per diametri superiori a 3" le tubazioni si possono collegare o con giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari.
- I gruppi prese idranti di galleria composti da rubinetti idranti 2 x UNI 45, ciascun gruppo posto ad una distanza di 50 m dal seguente e comunque in prossimità dello sbarco dei pozzi di accesso di emergenza;
- Cassetta in acciaio zincato sp. 8/10 verniciata RAL 3000 di dimensioni di  $\approx 600 \times 500 \times 200$  mm completa di manichetta e lancia, fissata a muro ed in adiacenza delle prese idranti;

Tutte le tubazioni in acciaio zincato, i raccordi ed i supporti relativi, siano essi in vista o murati, dovranno essere protetti mediante il seguente ciclo di verniciatura:

- pulitura e sgrassaggio delle superfici;
- stesura di una mano di primer epossidico al fosfato di zinco, spessore  $\geq 25$  micron;
- stesura di una mano di smalto sintetico alchidico RAL 3000 spessore  $\geq 25$  micron.

In alternativa alla tipologia di tubazioni in acciaio zincato ed alla finitura sopra prevista, si possono utilizzare tubazioni preverniciate ed appositi pezzi speciali quali curve, tee, etc, con testa scanalata per l'innesto di giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari.

I gruppi prese idranti di galleria devono essere posti in vicinanza degli interruttori di emergenza elettrica, per la toltensione alla linea di contatto.

La distanza dei punti d'installazione delle prese idranti in galleria deve essere di 50 m, mentre il primo punto antincendio dista dalla testata di stazione 25 m.

Gruppi prese idranti devono essere previsti anche in corrispondenza dello sbarco dei pozzi di accesso di emergenza.

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere montate in modo da avere lo spazio necessario per consentirne l'agevole manutenzione e l'eventuale smontaggio e rimontaggio.

Le varie tipologie di profilati per il sostegno delle tubazioni, saranno complete dei vari accessori per il fissaggio alle strutture quali: mensole prefabbricate, squadrette, angolari, connettori piatti, piastre di base, elementi snodati, di vario spessore, barre filettate, tasselli ad espansione, bullonerie e ferramenta varia, provvisti di fori per l'inserimento degli elementi di montaggio, per la costruzione di strutture portanti.

Le tubazioni saranno contenute da collari in acciaio zincato, completi di viti ed accessori per l'inserimento ai sostegni di cui sopra, inoltre le tubazioni non dovranno trasmettere rumori o vibrazioni alle strutture circostanti.

### **11.1.3. IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI GALLERIA**

L'impianto di ventilazione deve essere progettato, in condizioni di normale esercizio, per apportare un opportuno ricambio dell'aria all'interno della galleria sia per garantire condizioni di temperatura e umidità accettabili per il benessere dei passeggeri, sia per smaltire la potenza termica generata da tutte le fonti di calore interne al sistema.



La configurazione adottata per il prolungamento da Bignami a Monza Brianza, in analogia a quanto previsto nella tratta già operativa, prevede che la camera di ventilazione di galleria sia integrata nel manufatto di stazione e che aspiri/immetta fumi/aria fresca lungo la via di corsa dei treni. La separazione aeraulica tra la galleria di stazione e la stazione stessa, qualora richiesta dallo scenario di incendio in essere, è garantita dalla presenza delle porte di banchina coadiuvata dagli impianti di ventilazione di galleria e stazione.

Nella seguente figura è riportato lo schema di funzionamento del sistema di ventilazione:



Si rimanda al seguente paragrafo 11.3 per le modalità di attivazione delle camere di ventilazione prevista nel normale esercizio e nelle situazioni di emergenza.

Il prolungamento in oggetto comprende tratti particolari, elencati di seguito, che richiedono dimensionamenti ed apparecchiature ad hoc per il sistema di ventilazione:

- porzione di galleria tra le stazioni Cinisello-Monza e la tratta all'aperto, in cui è prevista anche una zona per lo stazionamento/rimessaggio dei treni;
- porzione di galleria tra la tratta all'aperto e la stazione Campania;
- tratta finale della linea dal camerone scambi in ingresso alla stazione capolinea di Monza Brianza fino all'asta di manovra (compresa).

Tali zone sono caratterizzate da sezioni di dimensioni e proporzioni diverse rispetto alla galleria TBM, che costituisce lo standard per il resto del prolungamento in fase di progetto, o da configurazioni particolari dal punto di vista aeraulico che richiedono pertanto valutazioni opportune in riferimento alla gestione dei fumi.

In particolare, a livello preliminare, date le lunghezze in gioco e la disponibilità in termini di spazio, si prevede l'installazione di:

- 2 coppie di jet fan per la tratta tra Cinisello Monza e il tratto all'aperto;
- 4 coppie di jet fan tra il tratto all'aperto e la stazione Campania;
- 2 coppie di jet fan nella galleria di collegamento con il deposito.

Per la parte terminale del prolungamento, come meglio specificato al paragrafo successivo, è previsto un camino di aerazione naturale al termine dell'asta di manovra, che permetterà la gestione dei fumi con le camere di ventilazione di galleria anche in questa porzione particolare di linea.

Si evidenzia infine che ciascuna camera di ventilazione è attrezzata con ventilatori che garantiscono nel complesso il 100% della portata nominale della camera stessa. La ridondanza per la gestione delle emergenze incendio anche con un ventilatore o una camera di ventilazione eventualmente fuori servizio per guasto o manutenzione è ottenuta tramite la possibilità (gestita da SCADA) di utilizzo di una o più camere di ventilazione di galleria adiacenti a quella affetta dal possibile guasto o in manutenzione.

#### 11.1.3.1. Caratteristiche della camera di ventilazione di galleria



Il dimensionamento preliminare secondo i criteri sopraccitati ha portato alla scelta di un'unica tipologia di camera di ventilazione con portata totale di 166,66 m<sup>3</sup>/s ( 600.000 m<sup>3</sup>/h).

Ogni camera di ventilazione di galleria è dotata delle seguenti apparecchiature principali:

- N° 2 ventilatori assiali completamente reversibili da 83,33 m<sup>3</sup>/s ciascuno (300.000 m<sup>3</sup>/h cad.) del tipo antistallo;
- N° 2 serrande motorizzate (N° 1 per ciascun ventilatore);
- N° 1 silenziatore acustico a setti posizionato tra il ventilatore e la griglia esterna;
- N° 1 silenziatore acustico a setti posizionato tra il ventilatore e la galleria;
- N° 1 quadro elettrico di comando e controllo dotato di inverter.

Tutte le apparecchiature saranno adatte per un utilizzo a 400°C per 2 ore (ventilatori e serrande motorizzate).

Durante l'emergenza incendio di un treno fermo in galleria è previsto l'utilizzo di tutti i ventilatori al 100% della loro portata totale.

In caso di funzionamento in esercizio normale saranno garantiti 50 dBA ad 1 m dalla griglia al piano strada con 2 ventilatori operanti al 25% della loro portata totale.

I ventilatori saranno conformi alla norma UNI EN 12101-3:2015 "Sistemi di controllo di fumo e calore – Specifiche per gli evacuatori forzati di fumo e calore".

La camera di ventilazione sarà dotata, oltre che di alimentazione normale, anche di una alimentazione di sicurezza realizzata secondo le norme tecniche di riferimento, in grado di alimentare il carico, in caso di guasto dell'alimentazione normale.

È prevista l'installazione di inverter per poter regolare la portata d'aria che i ventilatori dovranno fornire nelle diverse condizioni di esercizio normale, emergenza incendio e manutenzione.

L'impianto elettrico sarà dimensionato in modo tale da garantire una rapida messa a regime del sistema di ventilazione sia partendo da fermo sia dovendo arrestare e invertire alcuni ventilatori.

#### **11.1.4. POZZI DI AERAZIONE NATURALE**

Tenuto conto della sezione tipologica di galleria prevista per il prolungamento in fase di progetto, è stato valutato che il rapporto di bloccaggio, definito come il rapporto tra la sezione del treno e la sezione di galleria, non sia tale da dover prevedere apprestamenti particolari per ciascuna tratta compresa fra due stazioni per lo sfogo dell'incremento di pressione dovuta all'effetto pistone.

È viceversa stato valutato l'inserimento di pozzi di aerazione naturale per garantire il ricambio d'aria di galleria e per garantire ovunque la possibilità di gestione dei fumi prodotti da eventuali incendi in linea.

In analogia a quanto adottato nella tratta precedente, sono previsti dei pozzi passivi di ventilazione naturale a circa metà tratta tra due stazioni. Tali pozzi sono integrati nei manufatti adibiti a uscita di sicurezza e accesso per i Vigili del Fuoco. In caso di emergenza incendio, una serranda interromperà il flusso d'aria e i canali resteranno disponibili per l'alaggio dei materiali da parte dei VV.F., oltre che per garantire l'aerazione del filtro a prova di fumo previsto a protezione del vano scale dell'uscita di sicurezza.

In aggiunta ai pozzi appena citati, è prevista la realizzazione di un pozzo di aerazione naturale all'estremità del tronchino di fine linea, in modo da poter garantire i ricambi d'aria necessari e gestire un eventuale incendio anche in quella particolare zona. Tale pozzo integrerà, così come quelli intertratta, la funzione di uscita di sicurezza e di accesso VV.F..





## 11.2. IMPIANTI MECCANICI DI STAZIONE

Gli impianti meccanici previsti in ciascuna stazione sono i seguenti:

- Impianto idrico sanitari;
- Impianti antincendio;
- Impianto di condizionamento e aspirazione;
- Impianto di ventilazione.

### 11.2.1. IMPIANTI IDRICO-SANITARI

#### 11.2.1.1. IMPIANTI IDRICI

L'impianto idrico ha origine nel locale contatore acqua, nel quale vengono poste le saracinesche d'intercettazione ed il contatore. Tale locale è collocato preferibilmente prima della barriera d'ingresso (zona non pagante) in modo da non obbligare l'addetto del Servizio Idrico Integrato ad oltrepassare le suddette per la verifica dei consumi idrici; in alternativa il contatore dell'acqua sarà previsto in apposita cameretta a quota strada.

Dal locale centrale idrica si diramano le varie tubazioni che vanno ad alimentare le seguenti utenze:

- servizi igienici e WC automatici;
- vasca antincendio;
- rubinetti di lavaggio ubicati dentro le cassette antincendio, in apposito vano;
- rubinetti di lavaggio dislocati in alcuni locali tecnici;
- reintegro serbatoio di alimentazione gruppo frigorifero in mancanza dell'acqua di pozzo.

Le tubazioni di collegamento tra i vari elementi sono in acciaio zincato serie media, secondo norme UNI EN 10255:2007, con giunzioni a vite e manicotto per diametri < 3", mentre per diametri superiori a 3" le tubazioni si possono collegare o con giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari.

#### 11.2.1.2. SERVIZI IGIENICI DI TIPO TRADIZIONALI

In ogni stazione sono previsti spogliatoi per uomini e per donne, ciascuno comprendente bagno, lavabo e doccia, oltre ai servizi igienici per il personale tecnico.

Tutte le apparecchiature sanitarie saranno dotate di acqua calda e fredda; l'acqua calda sarà prodotta localmente da boiler elettrici.

#### 11.2.1.3. BAGNI AUTOMATICI

In ogni stazione è prevista una dotazione di WC automatici ciascuna comprendente:

- N° 1 w.c. di tipo normale (vano utente di circa 1,2 x 1,2 m);
- N° 1 w.c. per portatori di handicap (vano utente di 1,8 x 1,8 m).

Per tali servizi, sono previste le seguenti dotazioni:

- vano tecnico per l'alloggiamento delle apparecchiature elettriche, idrauliche e pneumatiche;
- piastra-gettoniera di comando con modalità operative;



- dotazioni sanitarie composte da tazza in acciaio inox, erogatore automatico di carta, gruppo lavello con distribuzione automatica d'acqua, sapone e getto d'aria calda per l'asciugatura mani, specchio, cestino portarifiuti, maniglioni e corrimano di sostegno, mensola portaoggetti, gancio appendiabiti;
- impianto automatico di lavaggio e di disinfezione;
- pulsante di emergenza, che provoca l'apertura immediata della porta, la messa in funzione dell'avvisatore ottico/acustico ed il blocco di qualsiasi operazione automatica della toilette;
- quadro elettrico di alimentazione con controllore tipo PLC e segnalazioni di allarme da riportare a distanza;
- ventilatori e griglie d'aerazione per ricambio d'aria (15 vol/h nel servizio igienico e di 6 vol/h nell'antibagno).

#### 11.2.1.4. *RETE DI SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE ED ACQUE NERE*

La rete di scarico delle acque bianche, comprende le utenze dell'impianto antincendio, la condensa prodotta dai ventilconvettori e dalle griglie di raccolta acque meteoriche provenienti dall'esterno; la rete ha come punto terminale la vasca di aggotamento.

Le apparecchiature sanitarie ed i w.c. automatici, sono collegati alla rete di scarico delle acque nere, la quale ha termine nel sollevatore acque nere.

Le tubazioni se poste all'interno dei sottofondi sono in polietilene, mentre quando sono in vista o nei controsoffitti, sono in ghisa centrifugata.

#### 11.2.1.5. *IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO ACQUE BIANCHE ED ACQUE NERE*

In ogni stazione si prevede generalmente una vasca di  $\geq 100 \text{ m}^3$  utili di invaso, queste sono realizzate in modo da impedire ogni fuoriuscita di esalazioni o vapori; pertanto tutti i chiusini di copertura e gli ingressi in vasca di tubazioni o cavi elettrici sono a tenuta stagna. La ventilazione naturale delle vasche viene effettuata mediante una tubazione apposita comunicante direttamente con l'esterno.

Le strutture sono del tipo antifessurazione e protette mediante pitturazione con resine epossidiche.

Per ogni vasca di aggotamento il sollevamento delle acque avviene mediante 3 elettropompe sommerse, 2 previste per il funzionamento normale, la terza di riserva, ma il funzionamento è ciclico sulle 3 pompe, in modo tale che tutte e 3 abbiano un ciclo di funzionamento analogo.

Per ogni stazione si prevede un serbatoio di contenimento delle acque nere, questo è dotato di due elettropompe (una di riserva all'altra).

Dalla vasca di aggotamento e dal sollevatore acque nere le pompe sommerse condurranno le acque alla cameretta dei pezzi speciali di raccordo alla fognatura urbana.

#### 11.2.1.6. *COLLEGAMENTO ALLA FOGNATURE URBANA*

In ogni stazione si prevede una cameretta contenete i pezzi speciali di raccordo alla fognatura, questi sono dedicati uno alla rete di scarico delle acque bianche ed uno alla rete di scarico delle acque nere, in quanto nei comuni in cui si prevede la stazione, le reti fognarie esterne possono essere suddivise in bianche e nere.



## 11.2.2. IMPIANTI ANTINCENDIO

### 11.2.2.1. IMPIANTO ANTINCENDIO CON MANICHETTE ED ESTINTORI

L'impianto antincendio con manichette, sarà previsto come richiesto dal D.M. 21-10-2015 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane" e come prevede il D.M. 20/12/ 2012 «Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi»

Le principali norme tecniche previste per la suddetta tipologia d'impianto sono la norma UNI 10.779:2014 e la norma UNI EN 12.845:2015; il livello di pericolosità previsto per l'impianto antincendio idranti è pari a 3.

La rete antincendio di stazione è composta dalle seguenti opere:

- Le tubazioni di collegamento tra i vari elementi, in acciaio zincato serie media, secondo norme UNI EN 10255:2007, con giunzioni a vite e manicotto per diametri < 3", mentre per diametri superiori a 3" le tubazioni si possono collegare o con giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari;
- Cassette antincendio posizionate in modo tale da coprire i vari ambiti delle aree aperte al pubblico, costituite da N° 1 rubinetto idrante UNI 45, manichetta e lancia, analoghe alla tipologia esistente nelle stazioni in esercizio; in particolare saranno previsti almeno 2 idranti DN 45 per ciascuna banchina;

L'impianto antincendio sarà alimentato idraulicamente dalla vasca antincendio di accumulo, mediante un apposito gruppo antincendio eseguito secondo norma UNI EN 12.845:2015 ed è costituito da 2 elettropompe principali ed una di servizio (per il mantenimento della pressione ad impianto fermo), le quali garantiranno la continua pressione all'impianto.

Il Q.E. della pompa N° 1 è alimentato dalla linea elettrica normale derivata dalla cabina 1 della stazione, mentre il Q.E. della pompa N° 2 è derivata dalla cabina 2 della stazione che ha una dorsale di alimentazione diversa dalla cabina 1, al fine di prevedere una fonte normale ed una di sicurezza.

Dal locale centrale antincendio la tubazione antincendio si dirama per andare ad alimentare le cassette antincendio di stazione e di galleria, sulla tubazione di partenza, sarà posizionata la valvola d'intercettazione generale.

L'impianto è dotato anche di un gruppo attacco autopompa costituito da n 2 rubinetti femmina UNI 70 con volantino di manovra e valvola di sicurezza inseriti sulla tubazione principale a mezzo pezzo speciale, completo di tappi con catenella, ubicato in apposita cassetta esterna alla stazione ed in posizione segnalata.

All'ingresso di ogni stazione un idrante con flangia di attacco DN 100, conforme alla norma UNI 14384, allacciato alla rete idrica comunale e con portata pari ad almeno 500 l/min, segnalato e protetto.

Tutte le tubazioni in acciaio zincato, i raccordi ed i supporti relativi, siano essi in vista o murati, dovranno essere protetti mediante il seguente ciclo di verniciatura:

- pulitura e sgrassaggio delle superfici;
- stesura di una mano di primer epossidico al fosfato di zinco, spessore  $\geq 25$  micron;
- stesura di una mano di smalto sintetico alchidico RAL 3000 spessore  $\geq 25$  micron.

In alternativa alla tipologia di tubazioni in acciaio zincato ed alla finitura sopra prevista, si possono utilizzare tubazioni preverniciate ed appositi pezzi speciali quali curve, tee, etc, con testa scanalata per l'innesto di giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari.

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere montate in modo da avere lo spazio necessario per consentirne l'agevole manutenzione e l'eventuale smontaggio e rimontaggio.



Le varie tipologie di profilati per il sostegno delle tubazioni, saranno complete dei vari accessori per il fissaggio alle strutture quali: mensole prefabbricate, squadrette, angolari, connettori piatti, piastre di base, elementi snodati, di vario spessore, barre filettate, tasselli ad espansione, bullonerie e ferramenta varia, provvisti di fori per l'inserimento degli elementi di montaggio, per la costruzione di strutture portanti.

Le tubazioni saranno contenute da collari in acciaio zincato, completi di viti ed accessori per l'inserimento ai sostegni di cui sopra, inoltre le tubazioni non dovranno trasmettere rumori o vibrazioni alle strutture circostanti.

Nei locali tecnici ed in alcuni ambiti della stazione, sono previsti estintori portatili con carica nominale minima pari a 6 kg con capacità estinguente non inferiore a 34A 144B C; in particolare tali estintori saranno previsti almeno:

- all'esterno di ogni locale tecnico o gruppo di locali tecnici nelle immediate vicinanze dell'accesso;
- almeno due per ciascuna banchina nella galleria di stazione;
- nell'atrio in numero di uno per ogni 200 m<sup>2</sup> di superficie;
- nei locali commerciali di pertinenza delle stazioni, ove previsti, (un estintore ogni 100 m<sup>2</sup> e comunque almeno uno per ogni singola attività / deposito).

#### 11.2.2.2. *IMPIANTO ANTINCENDIO SPRINKLER*

L'impianto antincendio sprinkler, sarà previsto come richiesto dal D.M. 21-10-2015 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane" e come prevede il D.M. 20/12/2012 «Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi».

Le aree di copertura sono:

- I vani motore delle scale mobili;
- Le aree di sosta dei treni in banchina di stazione;
- Le aree di soste dei treni in linea (tronchini, aste di manovra, ecc...);
- Le attività commerciali di pertinenza, compreso anche area esterna per una fascia di profondità pari a 4 m.

Le principali norme tecniche previste per la suddetta tipologia d'impianto sono la norma UNI EN 12.845:2015; il livello di pericolosità previsto per l'impianto antincendio sprinkler è "OH3".

L'impianto antincendio sprinkler, sarà alimentato idraulicamente dalla vasca antincendio di accumulo, mediante un apposito antincendio eseguito secondo norma UNI EN 12.845:2015 ed è costituito da 2 elettropompe principali ed una di servizio (per il mantenimento della pressione ad impianto fermo), le quali garantiranno la continua pressione all'impianto.

Il Q.E. della pompa N° 1 è alimentato dalla linea elettrica normale derivata dalla cabina 1 della stazione, mentre il Q.E. della pompa N° 2 è derivata dalla cabina 2 della stazione che ha una dorsale di alimentazione diversa dalla cabina 1, al fine di prevedere una doppia alimentazione elettrica.

Dal locale centrale antincendio le tubazioni antincendio a protezione dei vari ambiti si diramano per andare ad alimentare le testine sprinkler; ogni zona protetta sarà dotata di apposita valvola antincendio.

L'impianto è dotato anche di un gruppo attacco autopompa costituito da n 2 rubinetti femmina UNI 70 con volantino di manovra e valvola di sicurezza inseriti sulla tubazione principale a mezzo pezzo speciale, completo di tappi con catenella, ubicato in apposita cassetta esterna alla stazione ed in posizione segnalata.

La rete antincendio sprinkler di stazione è composto dalle seguenti opere:



- Valvole antincendio;;
- tubazioni di collegamento tra i vari elementi, in acciaio zincato serie media, secondo norme UNI EN 10255:2007, con giunzioni a vite e manicotto per diametri < 3", mentre per diametri superiori a 3" le tubazioni si possono collegare o con giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari.
- Ugelli per la distribuzione dell'acqua;

Tutte le tubazioni in acciaio zincato, i raccordi ed i supporti relativi, siano essi in vista o murati, dovranno essere protetti mediante il seguente ciclo di verniciatura:

- pulitura e sgrassaggio delle superfici;
- stesura di una mano di primer epossidico al fosfato di zinco, spessore  $\geq 25$  micron;
- stesura di una mano di smalto sintetico alchidico RAL 3000 spessore  $\geq 25$  micron.

In alternativa alla tipologia di tubazioni in acciaio zincato ed alla finitura sopra prevista, si possono utilizzare tubazioni preverniciate ed appositi pezzi speciali quali curve, tee, etc, con testa scanalata per l'innesto di giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari.

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere montate in modo da avere lo spazio necessario per consentirne l'agevole manutenzione e l'eventuale smontaggio e rimontaggio.

Le varie tipologie di profilati per il sostegno delle tubazioni, saranno complete dei vari accessori per il fissaggio alla strutture quali: mensole prefabbricate, squadrette, angolari, connettori piatti, piastre di base, elementi snodati, di vario spessore, barre filettate, tasselli ad espansione, bullonerie e ferramenta varia, provvisti di fori per l'inserimento degli elementi di montaggio, per la costruzione di strutture portanti.

Le tubazioni saranno contenute da collari in acciaio zincato, completi di viti ed accessori per l'inserimento ai sostegni di cui sopra, inoltre le tubazioni non dovranno trasmettere rumori o vibrazioni alle strutture circostanti.

### **11.2.3. IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO E ASPIRAZIONE**

L'impianto di condizionamento della stazione è costituito da una centrale frigorifera composta da un gruppo frigorifero a recupero totale atto alla produzione di acqua refrigerata, con condensatori raffreddati ad aria posizionati in apposito locale dotato di prese per la mandata e l'espulsione dell'aria. Il gruppo frigorifero è dotato anche di condensatori per il recupero totale del calore di condensazione.

Dal collettore di distribuzione dell'acqua refrigerata e calda posto all'interno del locale centrale frigorifera, partono le tubazioni di alimentazione delle batterie delle UTA dei locali tecnologici e delle banchine.

Le pompe di circolazione dell'acqua calda e refrigerata, sono dotate di inverter.

Un Q.E. di comando e controllo alimenta le varie utenze dell'impianto e gestisce le strumentazioni poste in campo.

#### *11.2.3.1. IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNOLOGICI*

I locali tecnologici di stazione, sono dotati di un impianto di condizionamento, in quanto le apparecchiature elettriche installate all'interno dei locali, hanno una dissipazione di calore variabile da locale a locale.

L'impianto di condizionamento in sintesi è costituito da:

- Una UTA per il trattamento dell'aria; filtrazione e trattamento termico;



- Canali di distribuzione dell'aria in acciaio zincato a norma UNI EN 12101-7:2011 e con esecuzione secondo la norma UNI EN 13501-4 + A1 2009, del capitolo 7.2 ;
- Ventilconvettori alimentati ad acqua refrigerata, con lo scopo di asportare il calore residuo non asportato dalla ventilazione;
- Strumentazione a bordo delle apparecchiature e nei locali, per la gestione dei dati.

La portata di aria esterna per ciascun locale deve essere minimo di 2 volumi/h, in modo tale da avere un ricambio dell'aria interna.

L'aria esterna viene prelevata da apposito condotto in lamiera zincata, a quota di circa 6 m dal suolo, possibilmente in corrispondenza dell'ascensore esterno o tramite apposito condotto dedicato, la quantità prevista deve essere minimo di 2 vol./h.

L'aria in sovrappressione all'interno dei locali, uscirà verso i corridoi attraverso le griglie di transito e, raggiungerà l'esterno attraverso o il pozzo di stazione o le scale.

La regolazione della temperatura dell'aria primaria di ventilazione viene gestita da una sonda a canale che tramite il sistema di controllo e gestione dell'impianto di condizionamento, comanda le valvole a tre vie, poste sulle batterie dell'UTA.

In ogni locale tecnologico i ventilconvettori sono alimentati ad acqua refrigerata, mediante tubazioni in acciaio nero e coibentate con isolante di tipo elastomerico.

Il funzionamento dei ventilconvettori sarà regolato tramite le sonde di temperatura installate nei locali.

#### 11.2.3.2. *IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO BANCHINE*

Il piano banchine è dotato di un impianto di condizionamento, in quanto le apparecchiature elettriche (lampade per l'illuminazione) ed il pubblico, hanno una dissipazione di calore variabile in funzione del traffico degli utenti nell'arco della giornata.

- L'impianto di condizionamento in sintesi è costituito da:
- Una UTA per il trattamento dell'aria; filtrazione e trattamento termico;
- Canali di distribuzione dell'aria in acciaio zincato e con esecuzione secondo la norma UNI EN 13501-4 + A1 2009, del capitolo 7.2;
- Strumentazione a bordo delle apparecchiature e nei locali, per la gestione dei dati.

La portata di aria esterna sarà variabile in funzione della temperatura interna e delle persone presenti, garantendo un minimo di 0,5 vol./h, in modo tale da avere un ricambio dell'aria interna.

L'aria esterna viene prelevata da apposito condotto in lamiera zincata, a quota di circa 6 m dal suolo, possibilmente in corrispondenza dell'ascensore esterno o tramite apposito condotto dedicato, la quantità prevista deve essere minimo di 0,5volumi/h.

L'aria in sovrappressione uscirà verso i corridoi e le scale di accesso al piano banchine.

La regolazione della temperatura dell'aria primaria di ventilazione viene gestita da una sonda a canale che tramite il sistema di controllo e gestione dell'impianto di condizionamento, comanda le valvole a tre vie, poste sulle batterie dell'UTA.

#### 11.2.3.3. *IMPIANTO DI ASPIRAZIONE*

Nei bagni e nell'immondezzaio nonché nel locale macchine ascensore saranno previsti degli aspiratori per garantire un opportuno ricambio d'aria.



#### 11.2.3.4. *SCENARIO DI INCENDIO IN LOCALE TECNOLOGICO*

Nel caso si verificasse un incendio all'interno di uno dei locali tecnologici, sarà prevista la possibilità di estrarre i fumi sfruttando le condotte dell'impianto di condizionamento tramite un ventilatore di emergenza e serrande, il cui intervento sarà opportunamente configurato e interfacciato con il sistema di rilevazione incendi. Le condotte di aerazione, le serrande e il ventilatore di emergenza seguiranno gli standard di riferimento per la componentistica degli impianti di evacuazione di fumo e calore e avranno specifiche tecniche adatte alla temperatura dei fumi stimate.

### 11.2.4. IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI STAZIONE

#### 11.2.4.1. *CAMERA DI VENTILAZIONE DI STAZIONE*

L'impianto di ventilazione di emergenza in stazione è analogo al sistema installato sulla tratta Garibaldi – San Siro. Esso è costituito da canalizzazioni poste nel controsoffitto di ciascuna banchina e da un sistema di serrande che permette di incanalare l'intero flusso sulla banchina desiderata.

La filosofia progettuale ipotizzata nel presente documento risulta identica rispetto a quanto previsto nella tratta San Siro – Garibaldi, anche per quanto riguarda le ridondanze previste. In particolare, l'impianto è dimensionato con un grado di ridondanza pari ad "1 su 2", ovvero con due ventilatori ciascuno di elaborare da solo la portata per cui sono dimensionate le canalizzazioni di ciascuna banchina.

A livello operativo si potranno utilizzare entrambi i ventilatori al 50% della loro potenza nominale indirizzando tutta la portata sulle canalizzazioni relative alla sola banchina in emergenza oppure potranno essere utilizzati entrambi i ventilatori al 100% della potenza nominale indirizzando la portata su entrambe le banchine di stazione. Nel primo caso, un guasto ad uno dei due ventilatori verrà compensato portando al 100% la portata del ventilatore rimanente; nella seconda soluzione, in caso di avaria di un ventilatore, l'altra macchina si troverà già a regime al 100% della portata e verrà chiusa la serranda relativa alla canalizzazione sulla banchina non affetta dall'emergenza in modo da ottenere comunque una portata pari al 100% della capacità di un ventilatore sulla banchina adiacente al treno in emergenza.

Si rimanda al seguente paragrafo 11.3 per le modalità di attivazione delle camere di ventilazione prevista nel normale esercizio e nelle situazioni di emergenza.

#### 11.2.4.2. *CARATTERISTICHE DELLA CAMERA DI VENTILAZIONE DI STAZIONE*

Il dimensionamento preliminare secondo i criteri sopraccitati ha portato alla scelta di un'unica tipologia di camera di ventilazione di stazione con le seguenti specifiche:

- N°2 ventilatori assiali completamente reversibili da 27 m<sup>3</sup>/s (circa 100.000 m<sup>3</sup>/h) cadauno;
- N°2 serrande motorizzate (1 per ciascun ventilatore);
- N°1 silenziatore acustico a setti;
- N°1 quadro elettrico di comando e controllo inverter

Tutte le apparecchiature saranno adatte per un utilizzo a 400°C per 2 ore (ventilatori e serrande motorizzate).

In caso di emergenza incendio di un treno fermo in stazione, sono previste serrande motorizzate per indirizzare l'aria verso la banchina interessata dall'evento.

Durante l'emergenza è previsto l'utilizzo di entrambi i ventilatori al 50% della loro portata totale: in questo modo in caso di avaria di uno dei 2 ventilatori è possibile garantire comunque la portata di progetto.

In caso di funzionamento in esercizio normale saranno garantiti 50 dBA ad 1 m dalla griglia al piano strada con 2 ventilatori operanti al 25% della loro portata totale.



I ventilatori saranno conformi alla norma UNI EN 12101-3:2015 "Sistemi di controllo di fumo e calore – Specifiche per gli evacuatori forzati di fumo e calore".

Le condotte di estrazione fumi in banchina, dotate di specifiche tecniche adatte alle temperature dei fumi stimate, saranno conformi alla norma UNI EN 12101-7:2011 "Sistemi di controllo di fumo e calore – Condotte per il controllo dei fumi".

Le serrande di estrazione fumi, dotate di specifiche tecniche adatte alle temperature dei fumi stimate, saranno conformi alla norma UNI EN 12101-8:2011 "Sistemi di controllo di fumo e calore – Serrande per il controllo dei fumi".

La camera di ventilazione sarà dotata, oltre che di alimentazione normale, anche di una alimentazione di sicurezza realizzata secondo le norme tecniche di riferimento, in grado di alimentare il carico, in caso di guasto dell'alimentazione normale.

È prevista l'installazione di inverter per poter regolare la portata d'aria che i ventilatori dovranno fornire nelle diverse condizioni di esercizio normale, emergenza incendio e manutenzione.

L'impianto elettrico sarà dimensionato in modo tale da garantire una rapida messa a regime del sistema di ventilazione sia partendo da fermo sia dovendo arrestare e invertire alcuni ventilatori.

#### 11.2.4.1. VENTILAZIONE DEI LOCALI TECNICI E DEI LOCALI COMMERCIALI DI PERTINENZA DELLE STAZIONI

Per la gestione e l'evacuazione dei fumi prodotti da eventuali incendi nei locali tecnici e nei locali commerciali di pertinenza delle stazioni (in particolare per quello previsto presso la stazione Monza FS) è prevista la realizzazione di sistemi di canalizzazione e di ventilatori che saranno opportunamente dimensionati nelle successive fasi progettuali.

Le canalizzazioni potranno essere in parte o in toto comuni con l'impianto di condizionamento; in questa ipotesi saranno previste opportune serrande, il cui intervento sarà opportunamente configurato e interfacciato con il sistema di rilevazione incendi.

Le condotte di aerazione, le serrande e il ventilatore di emergenza seguiranno le norme di prodotto di riferimento per la componentistica relativa agli impianti di evacuazione di fumo e calore e avranno specifiche tecniche adatte alla temperatura dei fumi stimata (ove non esplicitamente prescritta dalla regola tecnica).

### 11.3. MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE DI STAZIONE E GALLERIA

L'impianto di ventilazione di emergenza del prolungamento a Monza della Linea 5 è stato studiato al fine di soddisfare i principi di sicurezza prescritti per legge e di risultare coerente nelle funzionalità e nella filosofia progettuale rispetto a quanto previsto per la tratta di Linea 5 in esercizio (tratta San Siro – Bignami). Nel presente capitolo sono riportati i principali riferimenti normativi e una descrizione della configurazione e delle modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione di emergenza di stazione e di galleria.

#### 11.3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Con l'emanazione del DPR 151 del 01 agosto 2011 le metropolitane sono diventate attività soggetta a CPI dei Vigili del Fuoco.





La Regola Tecnica di prevenzione incendi per le metropolitane è stata successivamente emanata con il Decreto del Ministero dell'Interno del 21 ottobre 2015, il quale indica anche gli obiettivi da perseguire nella progettazione, nella messa in servizio e nell'esercizio:

- a) *minimizzare la probabilità di insorgenza degli incendi e nel caso in cui un incendio si sviluppi comunque sul treno, sulla sede, ed in particolare in galleria e nelle aree di stazione, limitarne la sua propagazione;*
- b) *assicurare la possibilità che gli occupanti possano lasciare indenni, in modo autonomo, i luoghi in cui si è sviluppato l'incendio, nell'ambito delle procedure di emergenza, o che gli stessi possano essere soccorsi in altro modo;*
- c) *garantire la stabilità delle strutture portanti;*
- d) *limitare la propagazione di un incendio ad attività contigue;*
- e) *garantire la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza.*

Il sopraccitato DM indica in particolare che la Regola Tecnica ad esso allegata si applica "...alle metropolitane nuove e nel caso di interventi di ampliamento o modifica di metropolitane, successivi alla data di entrata in vigore del presente decreto, limitatamente alle parti interessate dall'intervento..." e, quindi, si applica appieno al prolungamento a Monza-Brianza della Linea 5 di Milano oggetto della presente relazione.

Si riportano nel seguito gli estratti salienti della Regola Tecnica ai fini del dimensionamento degli impianti di ventilazione.

#### *(Capo I – Generalità)*

##### *I.1. Premesse.*

*...Tenuto conto che, ai fini della sicurezza antincendio, va sempre perseguito l'obiettivo di condurre il treno in stazione, gli scenari d'incendio di riferimento più importanti, ma non esclusivi, sono:*

- *scenario 1): l'incendio a bordo di un treno in stazione;*
- *scenario 2): l'incendio a bordo di un treno fermo in galleria;*
- *scenario 3): l'incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica;*
- *scenario 4): l'incendio in un locale tecnico.*

*La potenza d'incendio, e quindi la curva naturale d'incendio, da assumere come base per i calcoli dei parametri dell'incendio quali profili di temperatura, altezza delle fiamme e portata dei fumi sarà stimata, per gli scenari di incendio 1) e 2), sulla base delle caratteristiche di combustibilità dei materiali che costituiscono i vagoni dei convogli. Nel caso in cui risulti una potenza totale inferiore a 7000 kW sarà comunque assunto un incendio di progetto minimo pari a 7000 kW su cui basare ogni calcolo dei parametri dell'incendio. La potenza va intesa come potenza totale di picco, espressa con una funzione temporale quadratica con coefficiente  $\alpha$  pari a 0,014, corrispondente al raggiungimento della potenza di 1000 kW in 270 secondi.*

#### *(Capo V - Impianti di ventilazione di emergenza)*

##### *(Capo V.1. Criteri generali)*

*...Gli impianti di ventilazione di emergenza costituiscono un elemento fondamentale per la sicurezza nelle metropolitane e devono essere progettati e realizzati secondo la regola dell'arte, al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:*

*... in caso di incendio a bordo di un convoglio che perde mobilità all'interno di una galleria (riferimento allo scenario di incendio 2), assicurare che le persone possano evacuare il convoglio usando la galleria come percorso di sfollamento fino alla stazione più vicina o ad una uscita di sicurezza. La velocità*



dell'aria nella galleria dovrà essere sufficiente a contrastare i fenomeni espansivi dei fumi dell'incendio in senso contrario a quello dell'aria fresca immessa in galleria (backlayering) e comunque non potrà essere inferiore a 1,5 m/s; in ogni caso non si deve verificare, in galleria, lo stato critico per la sicurezza umana per tutto il tempo necessario al raggiungimento delle uscite di sicurezza di cui al capo IV.5, tenendo altresì conto delle difficoltà di sbarco e della ridotta mobilità degli occupanti sulla banchina di servizio;

... in caso di incendio a bordo di un treno che è fermo in stazione (riferimento allo scenario di incendio 1), assicurare che le persone possano evacuare il convoglio percorrendo il tratto di banchina di lunghezza definita al capo IV.2, fino ad entrare nei percorsi protetti; in ogni caso non si deve verificare lo stato critico per la sicurezza umana almeno per i primi dieci minuti dall'apertura delle porte del convoglio; controllare la velocità dell'aria nelle prime fasi dell'incendio (fase di crescita) al fine di agevolare l'evacuazione degli utenti in galleria;

...Per gallerie di sedi sotterranee di lunghezza inferiore o pari a 300 m non è necessario l'impianto di ventilazione di emergenza.

(Capo V.4 Tipologia dei ventilatori)

La scelta dei ventilatori di estrazione degli impianti di ventilazione dovrà essere effettuata con riferimento alla temperatura dei fumi, corrette in funzione delle perdite e delle eventuali miscele con aria ambiente, che possono svilupparsi nello scenario di incendio preso a riferimento. Per gli impianti dedicati all'estrazione di fumi da incendio la classe dei ventilatori non dovrà essere inferiore ad F400/90 minuti.

(Capo IV.4. Percorsi di sfollamento)

...Il tratto protetto del percorso di sfollamento, che inizia immediatamente a valle delle uscite dalla galleria di stazione, dovrà essere progettato per garantire le condizioni sostenibili per la vita umana...

(Capo I.2. Termini, definizioni e tolleranze dimensionali)

...Stato critico per la sicurezza della vita umana: ciascuna delle condizioni limite alle quali può essere esposta una persona in metropolitana in caso di incendio. La verifica progettuale consiste nell'impedire che si manifestino, mediante misure di prevenzione e protezione dagli incendi, condizioni più gravose di ciascuno dei limiti sotto indicati: l'esposizione delle persone ad un flusso termico radiante pari a 2,5 kW/m<sup>2</sup> determinato da stratificazioni di fumo caldo; l'esposizione delle persone a temperature di 60° C per tempi superiori a dieci minuti; una visibilità, riferita alla percezione delle uscite dalla galleria di stazione, pari a 15 m misurata ad un'altezza di 1,8 m dal piano di calpestio; un livello medio della FED (Fractional Effective Dose) non superiore a 0,3, calcolata considerando solo il contributo dell'ossido di carbonio.

...Condizioni sostenibili per la vita umana: condizioni sostenibili per un tempo indefinito alle quali può essere esposta una persona in un percorso di sfollamento protetto. La verifica progettuale consiste nell'impedire che si manifestino, mediante misure di prevenzione e protezione dagli incendi, condizioni più gravose di ciascuno dei limiti sotto indicati: una temperatura media dell'aria non superiore a 40° C; una visibilità, riferita alla percezione della segnaletica di emergenza, non inferiore a 30 m misurata ad un'altezza di 1,8 m dal piano di calpestio; un livello medio della FED (Fractional Effective Dose) non superiore a 0,1, calcolata considerando solo il contributo dell'ossido di carbonio.

### **11.3.2. VENTILAZIONE DI STAZIONE E GALLERIA IN NORMALE ESERCIZIO**

In caso di normale funzionamento, la richiesta di ricambio d'aria nella galleria può essere assolta grazie al ricircolo naturale di aria attraverso le aperture verso l'esterno coadiuvato dall'effetto del movimento dei treni in galleria. In caso tale ricircolo non fosse sufficiente, è possibile attivare parzialmente le camere di ventilazione di galleria, eventualmente solo nelle ore in cui non vi è traffico di treni, al fine di garantire il lavaggio dei volumi che costituiscono il sistema.

Valutazioni più approfondite sulla scelta della strategia di ventilazione ottimale durante il normale funzionamento verranno effettuate nelle successive fasi progettuali.



Non è previsto alcun utilizzo della ventilazione di emergenza in stazione durante il normale funzionamento, in quanto il ricambio di aria negli ambienti di stazione è normalmente garantito dall'impianto di condizionamento. D'altra parte, la camera di stazione può essere attivata, se necessario, in caso di avaria del sistema di condizionamento per garantire il ricambio d'aria in banchina.

### 11.3.3. VENTILAZIONE DI STAZIONE E GALLERIA IN EMERGENZA INCENDIO

Durante le emergenze incendio, gli impianti di ventilazione sono impiegati per la gestione dei fumi prodotti, con il doppio obiettivo di rendere sicure le vie di esodo e le vie di accesso dei soccorritori e permettere l'evacuazione dei prodotti della combustione dagli ambienti sotterranei.

I principali scenari presi a riferimento per il dimensionamento degli impianti, come previsto dal D.M. 21 ottobre 2015, sono quelli di:

- treno incendiato in galleria
- treno incendiato fermo in stazione
- incendio in un'area aperta al pubblico di stazione
- incendio in un locale tecnico / in un locale di pertinenza della stazione

La presente relazione preliminare tratta principalmente i primi due scenari; le modalità di funzionamento nei restanti scenari saranno approfondite nelle successive fasi progettuali.

#### 11.3.3.1. SCENARIO DI INCENDIO IN LINEA O TRENO INCENDIATO IN LINEA

Durante le emergenze incendio in linea il sistema di ventilazione deve creare in breve tempo le condizioni ideali per consentire l'allontanamento dei passeggeri. In riferimento al D.M. 21 ottobre 2015, l'obiettivo primario è quindi quello di assicurare che le persone possano evacuare il convoglio percorrendo il tratto di banchina fino ad entrare nei percorsi protetti garantendo il non raggiungimento dello stato critico per la sicurezza umana (visibilità, concentrazione di monossido di carbonio, temperatura, radiazione termica). Il Sistema è inoltre progettato per permettere l'intervento delle squadre di soccorso in sicurezza.

Nello scenario caratterizzato da treno fermo in galleria, l'impianto di ventilazione sarà attivato secondo la logica push-pull, rappresentata nella seguente figura. In particolare è prevista l'attivazione di una delle due camere di ventilazione limitrofe alla tratta interessata in estrazione e dell'altra in immissione.

Nelle tratte particolari della linea saranno valutate nelle successive fasi progettuali strategie ad hoc, con utilizzo anche dei jet fan previsti. Tali acceleratori verranno utilizzati per convogliare i fumi nella direzione desiderata anche nei tratti più svantaggiati dal punto di vista aeraulico.



**Schema di funzionamento di tipo push-pull, ventilazione di galleria**

La strategia prevista unitamente al dimensionamento delle camere di ventilazione permettono il superamento della velocità critica nella tratta in emergenza e quindi la creazione di un percorso privo di fumi per i passeggeri. Il dimensionamento delle camere di ventilazione rende possibile il raggiungimento della velocità critica in entrambi i sensi in cui è possibile indirizzare l'aria. E' quindi possibile, in funzione delle informazioni a disposizione del "Posto Centrale" (ad es. posizione del treno incendiato, posizione del focolaio rispetto alla lunghezza del treno), scegliere da quale delle due parti di galleria, rispetto alla



posizione dell'incendio, indirizzare i fumi e, di conseguenza indirizzare nella tratta complementare l'evacuazione. Nello sviluppo delle successive fasi progettuali verranno approfondite e definite le strategie da applicare caso per caso, tenendo conto di quelle già implementate nella tratta in esercizio, in modo da cercare di omogeneizzare il più possibile le procedure di gestione degli incendi.

#### 11.3.3.2. *SCENARIO DI TRENO INCENDIATO FERMO IN STAZIONE*

Nello scenario in cui il treno incendiato fosse fermo in stazione, i passeggeri, una volta sbarcati dal treno, saliranno lungo le scale e si porteranno all'esterno della stazione. In questo scenario le porte di banchina della stazione interessata dall'emergenza sono considerate aperte.

Il dimensionamento degli impianti di ventilazione di galleria e stazione prevede la possibilità di gestione e smaltimento dei fumi prodotti dall'incendio senza sostanziale interessamento degli ambienti di stazione anche alle massime potenze di incendio. Tale scopo è raggiunto abbinando una ventilazione di galleria trasversale con logica push-pull come descritto al paragrafo precedente e con camera di ventilazione di galleria della stazione interessata dall'incendio posta in estrazione, con l'attivazione della camera di ventilazione di stazione anch'essa in modalità estrazione.

Considerato il funzionamento combinato dell'impianto di ventilazione di galleria e dell'impianto di ventilazione di stazione, anche alla massima potenza di incendio – e, quindi, per un tempo teoricamente indefinito – dopo aver superato i varchi al piano banchine, i passeggeri saranno in una zona sicura (priva di fumo) e investiti da aria fresca richiamata dalle discenderie.

Infine, nel caso di raggiungimento di livelli di potenza di incendio significativi, è prevista l'attivazione automatica dell'impianto sprinkler installato in galleria nella tratta corrispondente alle banchine di stazione. Tale impianto contribuisce a contenere le temperature nell'area immediatamente adiacente all'incendio, preservando quindi le strutture (che comunque presentano grado di resistenza al fuoco coerente con quanto richiesto dal DM 21 ottobre 2015).

#### 11.3.3.3. *SCENARIO DI INCENDIO IN AMBIENTE DI STAZIONE (AREE APERTE AL PUBBLICO)*

Nel caso di incendio in ambiente di stazione, l'impianto di ventilazione sarà opportunamente configurato al fine di mantenere sgomberi da fumi i percorsi di esodo. La strategia di ventilazione per la gestione di questi scenari verrà approfondita nelle fasi progettuali successive.

#### 11.3.3.4. *SCENARIO DI INCENDIO IN LOCALE TECNOLOGICO / IN UN LOCALE COMMERCIALE DI PERTINENZA DELLA STAZIONE*

Nel caso si verificasse un incendio all'interno di uno dei locali tecnologici, sarà prevista la possibilità di estrarre i fumi sfruttando eventualmente le condotte dell'impianto di condizionamento tramite un ventilatore di emergenza e serrande, il cui intervento sarà opportunamente configurato e interfacciato con il sistema di rilevazione incendi.

## 11.4. IMPIANTI MECCANICI DI DEPOSITO

Il deposito sarà costituito da una serie di edifici ed aree esterne che a seconda della destinazione d'uso dovranno essere attrezzati con diverse tipologie di impianto.

In particolare nel deposito devono essere previsti:

- Impianto idrico;
- Impianto antincendio idranti interni agli edifici;
- Impianto antincendio idranti esterni agli edifici;



- Impianto antincendio sprinkler;
- Impianto antincendio Water Mist;
- Impianto antincendio con estintori;
- Impianto aria compressa;
- Impianto di condizionamento;
- Impianti di ventilazione servizi igienici;
- Impianto solare termico;
- Impianto gas metano.

#### **11.4.1. IMPIANTO IDRICO-SANITARIO**

La rete idrica del deposito, ha origine a valle del contatore dell'acqua del gestore del Servizio Idrico Integrato.

La rete idrica dal contatore deve essere condotta con un lay out ad anello sottostante la strada di accesso ai vari edifici; per ciascuno di essi deve essere previsto un pozzetto esterno all'edificio, dove è previsto un rubinetto d'intercettazione ed un riduttore di pressione.

La rete idrica alimenta tutte le apparecchiature igienico sanitarie dei servizi igienici ed una serie di prese dell'acqua, presenti nei diversi edifici previsti nel deposito.

La produzione dell'acqua calda sanitaria, avviene tramite un bollitore elettrico oppure attraverso bollitori, ciascuno con un doppio con scambiatore di calore, uno alimentato dall'impianto di produzione acqua calda dell'impianto solare termico e l'altro dalle caldaie, come fonte di produzione secondaria.

La rete di scarico dei servizi igienici deve essere condotta al pozzetto esterno dell'edificio, per poi essere collegata alla rete della fognatura delle acque nere del deposito.

#### **11.4.2. IMPIANTO ANTINCENDIO IDRANTI ED ESTINTORI**

La rete antincendio idranti del deposito parte dalla vasca antincendio prevista in c.a..

La capacità complessiva della vasca deve essere tale da tener conto delle utenze degli idranti (a colonna e a cassetta), con classe di rischio medio, e della rete antincendio sprinkler, con classe di pericolo OH3.

La vasca antincendio deve essere dotata di una tubazione di alimentazione e dalla predisposizione di tronchetti di tubazioni annegate nella struttura in c.a., al fine di evitare perdite dalla vasca stessa.

Alcune tubazioni uscenti dalla vasca vanno alle pompe antincendio e devono avere un diametro equivalente a quanto previsto su ciascuna pompa, mentre le restanti tubazioni servono come svuotamento e troppopieno della vasca antincendio; su ciascuna tubazione uscente deve essere previsto una flangia cieca.

Ciascuna rete antincendio è dotata di un apposito gruppo di pressurizzazione sottobattente, eseguito secondo la UNI EN 12845:2015 e composto da tre elettropompe: due principali ed una di compensazione.

Ciascuna elettropompa è comandata e controllata da un proprio Q.E.. Il Q.E. di una delle elettropompe primarie deve essere alimentato da una fonte elettrica "normale", mentre il Q.E. dell'altra elettropompa primaria deve essere alimentato da una fonte energetica di "riserva".



Dalla centrale antincendio usciranno due tubazioni, una dedicata alla rete antincendio ad idranti a colonna per la protezione esterna degli edifici, l'altra dedicata alla rete antincendio a cassette, per la protezione interna degli edifici.

Le tubazioni sono in acciaio zincato serie media, secondo norme UNI EN 10255:2007, oppure tubazioni preverniciate .

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere montate in modo di avere lo spazio necessario per consentirne l'agevole manutenzione e l'eventuale smontaggio e rimontaggio.

Le tubazioni interrato poste esternamente al cunicolo ed agli edifici, sono in PEAD per acqua potabile PE100 PN 25, rispondenti alla norma UNI 12201-1-2-3-4-5:2013, complete di raccorderia, pezzi speciali, giunzioni, guarnizioni e staffaggi.

La rete antincendio a protezione esterna degli edifici, alimenta gli idranti a colonna, posizionati nelle vicinanze degli edifici, al fine di garantire la protezione esterna di ciascun edificio.

Ogni postazione antincendio a protezione esterna degli edifici e del materiale rotabile, sarà dotata dei seguenti elementi;

- Idrante a colonna con N° 2 attacchi UNI 70;
- Cassetta in lamiera di acciaio inox AISI 304 con serratura di tipo piombabile;
- Manichetta UNI 70 da 30 m;
- Lancia frazionatrice a più effetti con attacco UNI 70 eseguita in lega leggera e rivestimento in gomma, con leva di comando;
- Chiave di manovra.

La rete antincendio a protezione interna degli edifici, su ogni ramo della tubazione in ingresso a ciascun edificio, deve essere prevista una valvola d'intercettazione generale, dotata di microswitch, che segnala lo stato di valvola non completamente aperta e lo invia alla centrale di rilevazione fumi.

Ogni postazione antincendio a protezione interna degli edifici, sarà dotata dei seguenti elementi;

- Rubinetto idrante UNI 45";
- Cassetta in lamiera di acciaio da incasso o esterna, con vetro safe crash;
- Manichetta UNI 45 da 20 m;
- Lancia frazionatrice a più effetti con attacco UNI 45; eseguita in lega leggera e rivestimento in gomma, con leva di comando;

La disposizione delle cassette all'interno degli edifici, deve prevista in modo tale che la copertura del raggio d'azione della manichetta copra le aree interne a ciascun edificio.

All'interno degli edifici del deposito, si devono prevedere estintori portatili di varie dimensioni e di diversa classificazione, a seconda delle varie tipologie delle classificazioni di materiale all'interno dei vari edifici.

Si prevedono le seguenti tipologie di estintori:

- Nei locali aperti al personale tecnico, estintori a polvere ABC polivalente (tipo 1-A) da 6 kg;
- Nei locali tecnici ove sono installate apparecchiature elettriche, estintori a CO<sub>2</sub> (tipo 10-B) da 5 kg;
- Nei locali tecnici ove sono installate apparecchiature elettriche, estintori a CO<sub>2</sub> (tipo 10-B) da 25 kg;



### 11.4.3. IMPIANTO ANTINCENDIO SPRINKLER

Per gli edifici adibiti ad uso magazzino, rimessa e manutenzione veicoli si prevede l'utilizzo di un impianto antincendio sprinkler ad umido per una classe di Pericolo Ordinario "OH3".

La rete antincendio sprinkler parte dalla vasca antincendio in comune con l'impianto antincendio idranti.

L'impianto è dotato di un apposito gruppo di pressurizzazione sottobattente, eseguito secondo la UNI EN 12845:2015 composto da tre elettropompe, due principali ed una di compensazione, ciascuna elettropompa è comandata e controllata da un proprio Q.E.; il Q.E. di una delle elettropompe primarie deve essere alimentato da una fonte elettrica "normale", mentre il Q.E. dell'altra elettropompa primaria deve essere alimentato da una fonte energetica di "riserva".

Dalla centrale antincendio parte la tubazione fino all'interno degli edifici, dove in posizione protetta deve essere prevista la stazione di controllo.

Gli allarmi elettrici derivati dal funzionamento delle elettropompe e dai dispositivi di prova devono essere riportati sulle centrali di rilevazione fumo e calore.

Le tubazioni saranno in acciaio zincato serie media, oppure tubazioni preverniciate ed appositi pezzi speciali quali curve, tee.

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere montate in modo di avere lo spazio necessario per consentirne l'agevole manutenzione e l'eventuale smontaggio e rimontaggio.

### 11.4.4. IMPIANTO ANTINCENDIO "WATER MIST"

L'impianto antincendio automatico Water Mist, sarà previsto a protezione dell'eventuale locale verniciatura", al fine di preservare le strutture in caso di incendio.

L'impianto antincendio automatico è alimentato da serbatoi in polietilene ad alta densità, collegati idraulicamente tra di loro nella parte inferiore e in grado di fornire la portata d'acqua necessaria all'impianto.

L'impianto, secondo quanto indicato dallo standard NFPA 750, è un sistema water mist ad alta pressione con scarica d'acqua in classe 1 (gocce inferiori a 200 micron per il 90% della quantità d'acqua scaricata). Tale sistema è dotato di particolari ugelli erogatori che nebulizzano l'acqua in gocce minutissime esercitando sul fuoco un'azione di spegnimento che risulta dalla combinazione di tre effetti principali:

- azione di raffreddamento: le particelle di acqua per effetto delle loro dimensioni sono soggette ad una rapida evaporazione con la conseguente sottrazione di un'elevata quantità di energia termica;
- azione di inertizzazione: il vapore acqueo, generato dall'evaporazione dell'acqua, si comporta come un vero e proprio gas inerte che partecipa al controllo ed alla soppressione dell'incendio;
- azione di schermatura: le particelle d'acqua nebulizzata, essendo in grado di assorbire l'energia radiante sprigionata dal fuoco, riducono sensibilmente la probabilità che i materiali ubicati nelle vicinanze della fiamma raggiungano la loro temperatura di innesco.

Le caratteristiche principali per l'adozione di questa tipologia d'impianto sono le seguenti:

- Miglior efficacia nel controllo e nella soppressione di un possibile incendio;
- Minor quantità d'acqua utilizzata (con conseguente minor aggravio sulle strutture esistenti);
- Ridotte dimensioni delle tubazioni di distribuzione;
- Maggior sicurezza per le persone, le apparecchiature (anche elettriche) e per l'ambiente.



L'impianto utilizza l'acqua come agente estinguente, inoltre, sia per questioni di compatibilità ambientale, sia per non ridurre la visibilità durante l'azione di scarica dell'impianto, non si impiegano additivi di alcun genere (come ad esempio, schiumogeni) anche se biodegradabili.

Il sistema di alimentazione idrica preleva acqua da serbatoi, il cui volume deve essere in grado di assicurare al sistema un'autonomia minima; comunque sono anche collegati ad una tubazione di reintegro proveniente dal circuito idrico dell'edificio. All'ingresso dei serbatoi è prevista una valvola a galleggiante che permetterà l'apertura e la chiusura in automatico della valvola di ingresso acqua.

Il sistema è alimentato da un gruppo di elettropompe ad alta pressione tali da garantire, nel complesso, la portata totale richiesta dall'impianto. Le unità sono dotate di un quadro elettrico di comando e controllo collegato ad una doppia alimentazione elettrica, una normale ed una di riserva.

Il sistema antincendio è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Gruppo di pressurizzazione con elettropompe ad alta pressione;
- Quadro elettrico di comando e controllo;
- Serbatoi di riserva idrica;
- Ugelli senza testina (sprinkler);
- Valvole di controllo e sezionamento;
- Tubazioni rigide e flessibili in acciaio inox.

L'agente estinguente (Acqua Nebulizzata Alta Pressione) è opportunamente diffusa, nel locale protetto, a mezzo di una idonea rete di tubazioni in acciaio inox AISI 316L certificate per l'impiego con le pressioni previste dall'impianto e da appositi ugelli erogatori anch'essi in acciaio AISI 316L.

La distribuzione delle tubazioni, deve essere studiata in funzione dell'interferenza con gli altri impianti e finiture presenti nel volume protetto.

Il sistema di estinzione si attiva in modo automatico mediante il collegamento trasversale con l'impianto di rilevazione fumi, a sua volta collegato al quadro elettrico di comando e controllo dell'impianto water mist per permettere l'apertura della valvola solenoide posta a monte delle testine di erogazione.

Le normative di riferimento, per la progettazione, l'installazione ed il collaudo del sistema sono quella europea UNI CEN/TS 14972 "Installazioni fisse antincendio – Sistemi ad acqua nebulizzata – Progettazione e installazione" e quella americana NFPA 750 "Standard on water mist fire protection systems".

#### **11.4.5. IMPIANTO ARIA COMPRESSA**

Per alcuni edifici del deposito (officina, lavaggio rimessa, etc) è previsto un impianto ad aria compressa.

Le tubazioni uscenti dalla centrale di produzione aria compressa, sono in acciaio zincato serie media, secondo norme UNI EN 10255:2007.

In alternativa alla tipologia di tubazioni suddette, si possono utilizzare le seguenti tipologie di tubazioni:

- Tubazioni in acciaio nero preverniciate, complete di appositi pezzi speciali quali curve, tee, etc, con testa scanalata per l'innesto di giunti meccanici tipo "Victaulic" o similari;
- Tubazioni in alluminio preverniciate, complete di appositi pezzi speciali quali curve, tee, etc, con testa liscia per l'innesto di appositi giunti meccanici.

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere montate in modo di avere lo spazio necessario per consentirne l'agevole manutenzione e l'eventuale smontaggio e rimontaggio.





Nei suddetti fabbricati, devono essere previste prese di allacciamento configurate con le seguenti apparecchiature;

- N° 1 Valvola a sfera da ¾";
- N° 1 filtro;
- N° 1 riduttore di pressione;
- N° 1 lubrificatore;
- N° 1 tronchetto a "Y";
- N° 1 attacco da ½" completo di attacco rapido;
- N° 1 attacco da 1/8" completo di attacco rapido.

La disposizione delle prese all'interno degli edifici, deve prevista sia in modo uniforme che nelle zone di lavorazione; per l'edificio rimessa le prese sono previste al di sotto delle banchine, solo nelle testate ed in corrispondenza dei pozzetti di presa dell'acqua.

Nei punti più bassi della rete di distribuzione, saranno poste valvole a sfera per lo scarico della condensa.

## **11.4.6. IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO**

### *11.4.6.1. CENTRALE TERMICA*

Il calore necessario al riscaldamento dei nuovi fabbricati del deposito, sarà prodotto da un impianto termico installato nell'edificio centrale termica.

L'impianto di riscaldamento è di tipo centralizzato; il fluido termovettore utilizzato è acqua surriscaldata a 130° sul circuito primario, dalla centrale termica alle sottostazioni di scambio termico e distribuzione di ogni fabbricato.

La rete di distribuzione del fluido termovettore sarà realizzata mediante tubazioni in cunicolo e nel sottosuolo.

E' prevista l'installazione di tre generatori di calore, due ad olio diatermico, adibiti alla produzione di acqua surriscaldata, che alimenta le sottocentrali poste nei vari fabbricati, il terzo con funzionamento esclusivamente estivo, per la produzione del calore necessario agli scambiatori ad accumulo per la produzione di acqua calda sanitaria.

Nella stagione invernale, la terza caldaia non sarà in funzione e in sostituzione vi sarà uno scambiatore di calore a fascio tubiero ausiliario, posto nell'edificio centrale termica stesso ed alimentato ad acqua surriscaldata.

In questo modo si evita il funzionamento estivo dei primi due generatori di calore con elevata potenzialità con un conseguente risparmio energetico.

I generatori avranno un elevato rendimento, oltre il 94% per un carico termico superiore al 30% e la produzione di gas combustibili sarà a basso tenore di NOx.

Tutti i generatori sono alimentati con gas metano di rete e saranno dotati di tutti gli organi e le apparecchiature di regolazione e sicurezza ai sensi delle normative vigenti.

I generatori funzioneranno in cascata, in modo da adeguare la potenza termica erogata all'andamento del fabbisogno termico effettivo dei singoli fabbricati e alla temperatura esterna.

Un apposito sistema di regolazione gestirà la cascata delle caldaie e il funzionamento in funzione della temperatura esterna rilevata da apposita sonda esterna.



All'esterno dell'edificio, dentro apposito armadio in acciaio inox, saranno posti i gruppi di riduzione della pressione del gas, da media a bassa pressione.

Lo scarico dei fumi avviene mediante tre canne fumarie indipendenti in acciaio inox a doppia parete con intercapedine coibentata, dotate di tutti gli accessori di legge quali portelli, presa fumi, termometro ecc..

Nell'edificio centrale termica troveranno posto le seguenti apparecchiature:

- i gruppi produzione di calore già descritti;
- le pompe ed i collettori di mandata e ritorno;
- il gruppo di trattamento acqua;
- il gruppo di espansione del circuito acqua surriscaldato;
- il gruppo di espansione del circuito dell'olio diatermico;
- lo scambiatore di calore ausiliario;
- i quadri elettrici di comando e controllo;
- il serbatoio di stoccaggio dell'olio diatermico;
- quant'altro necessario alla realizzazione "a regola d'arte" degli impianti di cui trattasi.

La rete idraulica collegante tutte le apparecchiature, sarà in acciaio nero, serie media secondo le norme UNI 8863, con giunzioni a flangia o saldate di testa.

Le tubazioni dovranno essere marcate su tutta la loro lunghezza ad intervallo di circa 1,5 m e presentare i seguenti contrassegni: origine, lettera "M" per la serie media, certificazione IGQ 8701 a garanzia della qualità.

Le tubazioni dovranno essere posate, in generale, in spazi che ne permettano il montaggio, la verniciatura e la posa del relativo isolamento termico.

Le tubazioni orizzontali dovranno avere pendenza idonea a permettere lo sfogo dell'aria e lo svuotamento del circuito.

La rete gas deriverà dalla rete comunale, nel presente capitolato si considera l'impianto a valle dei gruppi di riduzione posti all'esterno dell'edificio centrale termica; per il tratto di tubazione a monte, interrato e fino all'allacciamento alla rete comunale si fa riferimento al Capitolato tecnico dell'Impianto idrico e sottoservizi.

La rete del gas, a valle dei gruppi di riduzione, sarà posata a vista con tubazioni in acciaio zincato, secondo norme UNI-8863 - 68C e 6363-84 serie media, con giunzioni a vite e manicotto, le tubazioni dovranno essere marcate su tutta la loro lunghezza ad intervallo di circa 1,5 m e presentare i seguenti contrassegni: origine, lettera "M" per la serie media, certificazione IGQ 8701 a garanzia della qualità.

Tutte le tubazioni in acciaio nero dovranno essere verniciate con mano di fondo. In centrale termica le tubazioni saranno isolate termicamente con coppelle in lana di vetro, spessore minimo di 6 cm; qualora commercialmente, per i diversi diametri, non si trovassero coppelle dello spessore suddetto, si provvederà a posare un doppio isolamento in lastre fino a raggiungere lo spessore indicato.

L'isolamento delle valvole, pezzi speciali etc., sarà effettuato mediante scatole metalliche smontabili per consentire la manutenzione delle parti. L'isolamento sarà fissato all'interno delle scatole mediante clips in lamiera zincata; eventuali vuoti creati tra il materiale isolante e pezzi speciali, sarà realizzato con lo stesso materiale ma del tipo a lastre.

L'isolamento ed i pezzi speciali, saranno fissati mediante fascette metalliche o filo di ferro zincato, quindi rivestite di lamierino di alluminio spessore 6/10 mm, opportunamente calandrato e fissato mediante appositi rivetti.



#### 11.4.6.2. EDIFICI DI TIPO CIVILE

Gli impianti di condizionamento previsti per ciascun edificio del deposito sono di diversa tipologia a seconda della destinazione d'uso dei locali, delle tipologie di lavorazioni ed della presenza (fissa o saltuaria) del personale e della normative vigenti.

Gli impianti di condizionamento degli edifici di tipo civile che presentano ampi volumi devono garantire condizioni di microclima confortevole e devono essere igienicamente conformi all'uso per cui sono destinati.

La tipologia degli impianti di condizionamento prevista per questa categoria di edifici è ad aria primaria e ventilconvettori, con parti di impianto di condizionamento di tipo autonomo per locali ove si deve prevedere la ridondanza d'impianto.

La centrale di condizionamento deve essere ubicata in copertura, dove troveranno collocazione la/le unità di trattamento dell'aria (UTA) e la/le pompa/e di calore con condensazione ad aria, per la produzione di acqua refrigerata/calda ai fini del condizionamento estivo ed invernale.

Per il riscaldamento invernale, la produzione di acqua calda avviene tramite lo scambiatore di calore di ciascun edificio, questo scambia con acqua surriscaldata proveniente dalla centrale termica producendo acqua calda per il circuito secondario, andando ad alimentare le batterie delle apparecchiature o i radiatori.

In ogni locale interessato dall'impianto l'aria trattata sarà immessa mediante canalizzazione in lamiera zincata e coibentata dotata di bocchette di distribuzione corredate di serranda di regolazione.

Su ogni porta di ogni locale o su una parete del locale confinante con il corridoio ove è prevista l'immissione di aria primaria, è prevista una griglia di transito, sia all'interno che all'esterno del locale stesso.

L'aria in sovrappressione in uscita dai locali, transita nei corridoi e viene principalmente ripresa dalle zone dei servizi igienici o nei corridoi di transito, i quali sono in depressione rispetto alle zone uffici.

I canali devono avere lo spessore proporzionale alle varie dimensioni dei tronchi, i tronchi con lato maggiore di 460 mm devono essere rinforzati mediante nervature ortogonali al flusso dell'aria, devono essere a perfetta tenuta d'aria e quindi essere sigillati nelle giunzioni e nei raccordi.

In ogni tronco principale della rete devono essere previsti fori con chiusura ermetica per permettere la misurazione delle portate d'aria. I giunti, i raccordi ed i rinforzi delle canalizzazioni devono essere eseguiti secondo le indicazioni della normativa e legislazione vigenti.

Il dimensionamento ed il posizionamento degli elementi terminali per la diffusione dell'aria primaria, devono garantire una velocità nella zona occupata ad 1,5 m dal piano di calpestio di 0,1-0,15 m/s

I gruppi refrigeratori a pompa di calore, con condensatore ad aria, produrranno acqua refrigerata a 7°C/12°C e, attraverso il collettore di distribuzione, alimenteranno i vari circuiti dei ventilconvettori.

Le pompe di calore possono essere sostituite da gruppi frigoriferi per la produzione contemporanea di acqua calda e refrigerata; in questo caso anche lo schema idraulico di alimentazione dei ventilconvettori, da 2 tubi deve essere modificato a 4 tubi.

La rete idraulica collegante tutte le apparecchiature (gruppo frigorifero, ventilconvettori, pompe, collettori, etc.) deve essere in acciaio nero, serie media secondo le norme UNI EN 10255/2007, .

Le tubazioni devono essere posate, in generale, in spazi che ne permettano il montaggio, la verniciatura e la posa del relativo isolamento termico. Le tubazioni orizzontali devono avere pendenza idonea a permettere lo sfogo dell'aria e lo svuotamento del circuito.

In alternativa alla tipologia delle suddette tubazioni, al fine di evitare la verniciatura in opera, si possono utilizzare le tubazioni in acciaio nero preverniciate.

Tutte le tubazioni in acciaio nero dovranno essere verniciate con due mani di antiruggine ed opportunamente coibentate, in modo da evitare formazione di condensa.



Ogni ventilconvettore sarà regolato da termostato ambiente agente sul motore del ventilconvettore, mentre il controllo dell'umidità relativa, per la zona uffici, sarà effettuato tramite un umidostato ambiente posto in un "locale pilota".

I ventilconvettori saranno il più possibile silenziosi e posizionati in alto a soffitto e, se mascherati da finitura, devono presentare comunque facile accessibilità per le operazioni di manutenzione e la sostituzione dei filtri; per tutti i ventilconvettori si deve prevedere la rete di scarico della condensa.

La gestione degli input di funzionamento degli impianti di condizionamento (valori di temperatura, valori di umidità, etc), sarà gestita da un PLC posto nel Quadro Elettrico degli impianti di condizionamento.

Le condizioni termiche interne ai locali saranno gestite da regolatori programmabili i quali, ricevuti gli input dalle sonde dovranno regolare la velocità dei ventilatori dei ventilconvettori.

La temperatura di mandata sarà controllata da una sonda di temperatura/umidità a canale e varierà la temperatura di mandata dell'aria nei vari periodi dell'anno, a seconda delle temperature dell'aria esterne o in ingresso nelle UTA, dopo la fase di recupero ed in funzione della temperatura dell'aria in mandata, durante il periodo di funzionamento.

Tutti i regolatori saranno collegati mediante un "bus di linea" o idoneo sistema equivalente, in modo tale che tutti i dati di temperatura, umidità, funzionamento macchine saranno visibili dal PLC dell'impianto. I dati di progetto impostati nel sistema potranno essere variati dal PLC locale, così come la temperatura interna potrà essere impostata fissa anche senza la presenza di persone.

Negli edifici di tipo civile caratterizzati da spazi di volume contenuto la tipologia di condizionamento prevista è quella ad impianti autonomi con macchine tipo mono o multi split system (ad espansione diretta).

Il ricambio dell'aria esterna deve essere prevista mediante un aspiratore canalizzato.

Per le aree di stazionamento e manutenzione treni all'interno degli edifici, è prevista una ventilazione naturale, nel caso all'interno di questi vi fossero locali adibiti a lavorazioni specifiche o con permanenza di persone, deve essere previsto un impianto di ventilazione meccanizzato dimensionato per un ricambio pari a 2 vol./h. Tale impianto può essere collegato all'impianto di aspirazione dei servizi igienici, per i quali è previsto un impianto di aspirazione pari a 4 vol/h.

#### 11.4.6.3. EDIFICI DI TIPO INDUSTRIALE

Gli impianti di riscaldamento previsti per ciascun edificio del deposito sono di diversa tipologia a seconda della destinazione d'uso dei locali, delle tipologie di lavorazioni ed della presenza (fissa o saltuaria) del personale e della normative vigenti.

Gli impianti di riscaldamento degli edifici di tipo industriale che presentano ampi volumi devono garantire condizioni di microclima confortevole e devono essere igienicamente conformi all'uso per cui sono destinati.

La tipologia degli impianti di riscaldamento prevista per questa categoria di edifici è con aerotermi o piastre radianti a seconda dell'architettura interna.

La sottocentrale di riscaldamento deve essere ubicata in apposito locale al piano interrato di ciascun fabbricato, dove troveranno collocazione le pompe di circolazione ed il collettore di distribuzione.

La rete idraulica collegante tutte le apparecchiature (aerotermi, piastre radianti, pompe, collettori, etc.) deve essere in acciaio nero, serie media secondo le norme UNI EN 10255/2007, .

Le tubazioni devono essere posate, in generale, in spazi che ne permettano il montaggio, la verniciatura e la posa del relativo isolamento termico. Le tubazioni orizzontali devono avere pendenza idonea a permettere lo sfogo dell'aria e lo svuotamento del circuito.

In alternativa alla tipologia delle suddette tubazioni, al fine di evitare la verniciatura in opera, si possono utilizzare le tubazioni in acciaio nero preverniciate.



Tutte le tubazioni in acciaio nero dovranno essere verniciate con due mani di antiruggine ed opportunamente coibentate, in modo da evitare formazione di condensa.

Ogni zona dell'edificio sarà regolato da termostato ambiente agente sui motori degli aerotermini o pompe di circolazione delle piastre radianti.

La gestione degli input di funzionamento degli impianti di riscaldamento (valori di temperatura, valori di umidità, etc), sarà gestita da un PLC posto nel Quadro Elettrico degli impianti di riscaldamento.

Tutti i regolatori saranno collegati mediante un "bus di linea" o idoneo sistema equivalente, in modo tale che tutti i dati di temperatura, umidità, funzionamento macchine saranno visibili dal PLC dell'impianto. I dati di progetto impostati nel sistema potranno essere variati dal PLC locale, così come la temperatura interna potrà essere impostata fissa anche senza la presenza di persone.

Per le aree di stazionamento e manutenzione treni all'interno degli edifici, è prevista una ventilazione naturale, nel caso all'interno di questi vi fossero locali adibiti a lavorazioni specifiche o con permanenza di persone, deve essere previsto un impianto di ventilazione meccanizzato dimensionato per un ricambio pari a 2 vol./h. Tale impianto può essere collegato all'impianto di aspirazione dei servizi igienici, per i quali è previsto un impianto di aspirazione pari a 4 vol/h.

#### **11.4.7. IMPIANTO GAS**

All'interno del deposito è prevista la rete di distribuzione del gas metano secondo la normativa e la legislazione vigenti

Sono previste due reti di distribuzione, una per le utenze industriali che alimenterà la centrale termica dei forni di verniciatura e una per le utenze civili che alimenterà la centrale termica e la cucina.

Ogni singola utenza sarà alimentata, a partire dal proprio contatore, da tubazione indipendente, che sarà in PEAD nei tratti interrati ed in acciaio zincato nei tratti esterni a vista.

Ogni singolo allacciamento dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte e nell'osservanza più scrupolosa delle normative in vigore in materia di sicurezza.

#### **11.5. QUADRI ELETTRICI E LINEE DI ALIMENTAZIONE**

Gli impianti meccanici sono alimentati da appositi quadri elettrici suddivisi in una o più sezioni a seconda delle apparecchiature previste. Ciascuna sezione presenta il/i sezionatore/i generale/i, gli interruttori di protezione delle linee di alimentazione delle utenze e l'inverter (ove necessario).

I quadri devono essere realizzati in lamiera di acciaio verniciata con spessore di 20/10, grado di protezione IP 55 e dotati di portelle di chiusura trasparenti.

In una di queste sezioni, qualora l'impianto ne sia previsto, sarà ubicato il PLC per la gestione dell'impianto, le morsettiere, l'alimentatore 230/24V ed i relè d'interfaccia con l'impianto di telecomando e telecomando.

Le caratteristiche della carpenteria e delle apparecchiature da prevedere sul quadro elettrico, quali strumenti di misura, morsettiere, interruttori, sezionatori, ecc. dovranno essere conformi a quanto previsto dalla normativa vigente.

I cavi di alimentazione e di comando e controllo devono collegare il quadro elettrico di gestione dell'impianto alle apparecchiature in campo.

I cavi sono posati entro le vie cavi (passerelle portacavi, tubazioni, canaline a pavimento, polifore, ecc.) appositamente predisposte. Dove le vie cavi summenzionate non sono previste, saranno intubati in tubazioni in materiale metallico.



I cavi di potenza che alimentano le utenze degli impianti meccanici a partire dal proprio quadro elettrico sono sezionati con appositi sezionatori nelle vicinanze delle utenze stesse per garantire sicurezza al personale della manutenzione durante gli interventi.



## 12. ATTREZZAGGIO DEPOSITO

L'attrezzaggio descritto nel seguito tratta i principali impianti speciali, macchinari e attrezzature previste presso il deposito officina.

Il set di apparecchiature di seguito riportato è da intendersi come preliminare e verrà confermato / messo a punto nello sviluppo della presente fase di studio di fattibilità tecnica ed economica e/o nelle successive fasi progettuali.

Ciò premesso, si riporta nel seguito l'elenco delle principali attrezzature previste, con una breve descrizione della collocazione, delle funzionalità e delle caratteristiche salienti.

| Attrezzatura                                    | Collocazione all'interno del deposito                                      | Principali funzionalità e caratteristiche  |
|---|--|--|
| N.1 Impianto di lavaggio                        | ED.4 Tunnel<br>Lavaggio e pulizia interna rotabili                         | Lavaggio esterno veicoli (n° 1 binario) e pulizia interna veicoli (n° 2 binari).   |
| N. 1 Impianto di soffiatura sottocassa          | ED.6 Soffiatura sottocassa   | Pulizia carrelli e parti sottocassa.   |
| N.1 Silo sabbia                                 | ED.4 Tunnel<br>Lavaggio e pulizia interna rotabili                         | Serbatoio di stoccaggio della sabbia per le sabbie dei rotabili, completo di sistemi di rifornimento ad aria compressa.  |
| N.2 Impianti sollevamento a scomparsa per treni | ED.3 Capannone Officina  | Sollevamento veicoli passeggeri tramite appoggio su casse e/o su carrelli.<br><br>L'impianto è costituito da 16 colonne fisse (per il sollevamento con appoggio sulle casse) + 10 coppie di colonne fisse (per il sollevamento con appoggio sui carrelli) a scomparsa sottopavimento in posizione di riposo. Un pulpito permette il comando centralizzato e sincronizzato delle colonne di sollevamento.<br><br>Tramite questo impianto è possibile effettuare le operazioni di composizione/scomposizione dei veicoli, livellamento casse, smontaggio, calaggio e sfilamento carrelli, ecc... |
| N.1 Impianto mobile sollevamento veicolo        | ED.5 Rimessa veicoli di servizio e magazzino stoccaggio materiali di linea | Sollevamento veicoli di servizio e passeggeri (tramite trasporto, all'occorrenza, nell'edificio N.3) tramite appoggio su casse.<br><br>L'impianto è costituito da 16 colonne mobili (per il sollevamento con appoggio sulle casse). Un pulpito permette il comando centralizzato e sincronizzato delle colonne di sollevamento.<br><br>Tramite questo impianto è possibile effettuare le operazioni di manutenzione sui veicoli di servizio e le principali operazioni di manutenzione sui veicoli passeggeri che prevedono il sollevamento.   |
| N. 1 Tornio in fossa                            | ED.3 Capannone Officina  | Tornitura delle ruote dei veicoli passeggeri e dei mezzi di servizio con ripristino del profilo nominale. L'impianto è costituito da un tornio a controllo numerico alloggiato in una fossa sotto il binario predestinato per queste   |



| Attrezzatura  | Collocazione all'interno del deposito                                      | Principali funzionalità e caratteristiche  |
|---|--|--|
|   |  | operazioni dell'ED.3 del Deposito. In corrispondenza del tornio le rotaie sono retrattili a scomparsa per permettere la tornitura.   |
| N.2 Tavole Rotanti elettriche                             | ED.3 Capannone Officina  | Rotazione dei carrelli.<br>L'impianto è costituito da tavole rotanti motorizzate in grado di ruotare i carrelli una volta smontati dai treni. Le tavole sono montate sui binari che ospitano anche gli impianti di sollevamento a scomparsa.   |
| N. 2 Locotrattori pesanti Diesel                          | ED.5 Rimessa veicoli di servizio e magazzino stoccaggio materiali di linea | Ciascun locotratore è in grado di eseguire le seguenti attività: <ul style="list-style-type: none"> <li>- manutenzione in linea;</li> <li>- recupero treni in avaria;</li> <li>- recupero treni sviati, tramite attrezzatura di re-railing (a bordo del locotratore).</li> </ul> A tale scopo ciascun locotratore è dotato delle seguenti funzionalità e dei seguenti accessori: <ul style="list-style-type: none"> <li>- N.2 accoppiatori compatibili con quello automatico dei veicoli passeggeri;</li> <li>- N. 2 accoppiatori di tipo camionistico;</li> <li>- Cassone per trasporto attrezzature;</li> <li>- N.1 gru;</li> <li>- Accessori da applicare alla gru per manutenzione: <ul style="list-style-type: none"> <li>o cestello solleva persone;</li> <li>o decespugliatore.</li> </ul> </li> <li>- Spalaneve (da applicare se necessario).</li> </ul> I due locotrattori previsti nel presente progetto si affiancano ai due locotrattori già presenti in Linea 5 a Milano. |
| N. 3 Carri merce (di cui uno piano ribaltabile)           | ED.5 Rimessa veicoli di servizio e magazzino stoccaggio materiali di linea | I carri merce sono pensati per operare in accoppiata con i locomotori per il trasporto di merci ed attrezzature.   |
| N.1 Impianto di rifornimento gasolio                      | Piazzale (area limitrofa a ED.5)   | Impianto fisso esterno di rifornimento gasolio con colonnina e tettoia.  |
| N. 1 Cabina di Verniciatura<br>N. 1 Cabina di Asciugatura | ED.3 Capannone Officina  | Operazioni di verniciatura su parti meccaniche dei rotabili e dei mezzi di servizio.   |
| N. 2 Veicolo strada rotaia a batteria                     | ED.3 Capannone Officina  | Movimentazione veicoli nell'area non elettrificata del deposito (ED.3 Capannone officina + pettine di ingresso antistante).  |





| <b>Attrezzatura</b>  | <b>Collocazione all'interno del deposito</b>   | <b>Principali funzionalità e caratteristiche</b>  |
|--|--|---|
|  |  | Uno dei due veicoli è dedicato al binario con tornio in fossa.  |
| Mezzi per trasporto materiali in officina (transpallet, carrelli elevatori, impilatori da magazzino, piattaforme elevabili, ecc...)                                  | ED.3 Capannone Officina  | Operazioni di manutenzione e trasporto materiali in officina.   |
| N. 3 Carroponti  | ED.3 Capannone Officina e ED.5 Rimessa veicoli di servizio e magazzino stoccaggio materiali di linea | Sollevamento materiali vari per operazioni di manutenzione.   |
| N. 2 Passerelle di accesso all'imperiale dei veicoli   | ED.3 Capannone Officina  | Operazioni di manutenzione delle apparecchiature sull'imperiale dei veicoli.<br><br>L'impianto è costituito da passerelle fisse sostenute da una struttura in acciaio accessibili tramite scale fisse. L'accesso alle passerelle è ammesso solo a treno presente per motivi antinfortunistici. Ciascuna struttura è dotata di un piccolo paranco scorrevole che permette il trasporto e il calaggio a terra delle apparecchiature smontate. |
| Scaffalature per Officina  | ED.3 Capannone Officina  | Magazzino componenti, materiali, parti di scorta e attrezzature per manutenzione linea e veicoli.   |
| Attrezzature varie di officina (torni, fresatrici, trapani, segatrici, mole, saldatrici, banchi e attrezzature per meccanici e per elettricisti/elettronici, ecc...) | ED.3 Capannone Officina e ED.5 Rimessa veicoli di servizio e magazzino stoccaggio materiali di linea | Piccole operazioni meccaniche, elettriche ed elettroniche.  |

