



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



# PROLUNGAMENTO M5 A MONZA

CUP B94D17000000001

PPM\_CDM-01

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

# Prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza

 IL DIRETTORE TECNICO, DOTT. ING. FRANCESCO VENZA Ordine degli Ingegneri di Milano n° 14647		 IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE PER LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE DOTT. ING. MASSIMILIANO BRANCA Ordine degli Ingegneri di Milano n° A18828		 IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE A SETTORI a) b) c) DOTT. ING. CALOGERO NAPOLI n° A 18828 Ordine degli Ingegneri di Varese n° A2745		
2	Luglio 2018	Progetto di fattibilità tecnica ed economica				
0	1506/2018	EMISSIONE	Branca	Napoli	Branca	Guzzi
<b>Aggiorn.</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
	<b>DM</b>	<b>0</b>	<b>P</b>	<b>G</b>	<b>SI</b>	<b>0090</b>

PAGINE TOTALI 20



De ind. 6/10/2018 N. 10/11  
L. 10/11/2018 N. 10/11  
L. 10/11/2018 N. 10/11



## INDICE

<b>1. SCOPO E APPLICABILITA'</b> .....	<b>5</b>
<b>2. IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Localizzazione del cantiere</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2. Descrizione sintetica dell'opera</b> .....	<b>6</b>
2.2.1. <i>Metodi costruttivi</i> .....	7
2.2.1.1. Metodo del cielo aperto .....	7
2.2.1.2. Metodo del foro cieco .....	8
2.2.2. <i>Bonifica da ordigni bellici</i> .....	9
2.2.3. <i>Sottoservizi e viabilità</i> .....	9
2.2.3.1. Sottoservizi .....	9
2.2.3.2. Viabilità, sistemazioni superficiali e verde.....	10
2.2.4. <i>Cantierizzazione</i> .....	10
2.2.4.1. Cantiere TBM .....	10
2.2.4.2. Successione e ubicazione dei cantieri.....	12
<b>3. INDIVIDUAZIONE, ANALISI E VALUTAZIONE DEI RISCHI IN RIFERIMENTO ALL'AREA, ALL'ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI E ALLE LAVORAZIONI INTERFERENTI</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1. Rischi intrinseci alle aree di cantiere</b> .....	<b>13</b>
3.1.1. <i>Orografia ed urbanistica</i> .....	13
3.1.2. <i>Interferenze con linee e reti di servizi</i> .....	13
3.1.3. <i>Agenti inquinanti</i> .....	13
3.1.4. <i>Interferenze con Ditte esterne all'appalto principale</i> .....	14
<b>3.2. Rischi trasmessi all'ambiente circostante</b> .....	<b>14</b>
3.2.1. <i>Emissione di polveri</i> .....	14
3.2.2. <i>Emissione di rumore</i> .....	15
3.2.3. <i>Interferenze con fabbricati ed attività nelle aree adiacenti</i> .....	15
<b>4. SCELTE PROGETTUALI ED ORGANIZZATIVE, PROCEDURE E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE, IN RIFERIMENTO ALL'AREA DI CANTIERE, ALL'ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E ALLE LAVORAZIONI</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1. Rischi intrinseci alle aree di cantiere</b> .....	<b>16</b>
4.1.1. <i>Orografia ed urbanistica</i> .....	16
4.1.2. <i>Interferenze con linee e reti di servizi</i> .....	16
4.1.2.1. Linee elettriche .....	16
4.1.2.2. Reti di distribuzione gas.....	17
4.1.2.3. Reti di distribuzione acqua.....	18
4.1.2.4. Reti fognarie .....	18
4.1.3. <i>Agenti inquinanti</i> .....	19



4.1.4. <i>Interferenze con Ditte esterne all'appalto principale</i> .....	19
<b>4.2. <i>Rischi trasmessi all'ambiente circostante</i></b> .....	<b>19</b>
4.2.1. <i>Emissione di polveri</i> .....	19
4.2.2. <i>Emissione di rumore</i> .....	19
<b>5. STIMA SOMMARIA DEI COSTI DELLA SICUREZZA</b> .....	<b>20</b>



## **1. SCOPO E APPLICABILITA'**

---

Il presente documento definisce le prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e della sicurezza dei luoghi di lavoro per la redazione dei piani di sicurezza nell'ambito della costruzione del prolungamento della linea M5 di Milano da Bignami a Monza.



## 2. IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA

---

### 2.1. LOCALIZZAZIONE DEL CANTIERE

Ubicazione cantieri:	le aree di cantiere sono ubicate in corrispondenza delle stazioni, dei manufatti di linea, delle gallerie scavate a cielo aperto, delle trincee, del deposito.  Le aree dei cantieri logistici e a servizio delle TBM sono ubicate nei pressi del deposito di Monza Casignolo
Comuni interessati:	Comuni di Milano, Sesto San Giovanni, Cinisello Balsamo, Monza

### 2.2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA

La linea metropolitana 5 ("M5") è una metropolitana ad automatismo integrale, ovvero un sistema che conserva le caratteristiche fondamentali della metropolitana classica, ma con standard di tracciato, di dimensioni dei treni, di impianti di automazione, ecc., tali da consentire significative economie di costruzione e di esercizio.

La tratta San Siro–Bignami è attualmente in esercizio.

Il prolungamento della linea da Bignami a Monza si sviluppa quasi interamente in sotterraneo all'interno dei Comuni di Milano, Sesto San Giovanni, Cinisello Balsamo e Monza.

Dopo la stazione di Bignami, che costituisce l'attuale capolinea nord della linea, il prolungamento si sviluppa in sotterraneo lungo viale F. Testi (stazioni Testi Gorky, Crocetta-Rondinella), la SS 36 (stazione Matteotti) e raggiunge il nodo di Monza Bettola (stazione Cinisello-Monza).

Successivamente la linea sale in superficie, scavalca su viadotto la A52, dove, a nord di quest'ultima è previsto il deposito-officina Monza Casignolo. Poi la linea torna in sotterraneo e prevede 7 stazioni all'interno dell'abitato del Comune di Monza (stazioni Campania, Marsala, Monza FS, Trento e Trieste, Parco-Villa Reale, Ospedale San Gerardo e infine Monza Brianza)

La lunghezza del prolungamento è di circa 13 km e comprende 11 stazioni e un deposito con funzione di ricovero e manutenzione del materiale rotabile.

Unitamente ai 12,6 km della linea già in esercizio (fra le stazioni San Siro e Bignami), comprendente 19 stazioni, con tale prolungamento si ha uno sviluppo complessivo della linea di circa 26 km e 31 stazioni.

I punti salienti della linea sono i seguenti:

- la stazione Testi Gorky, lungo viale Fulvio Testi in Comune di Cinisello Balsamo, in corrispondenza del complesso scolastico interno al Parco Nord Milano, di interscambio con la linea tranviaria 31 Milano – Cinisello;
- la stazione Rondinella – Crocetta, lungo viale Fulvio Testi in Comune di Cinisello Balsamo e in prossimità di Sesto San Giovanni, al servizio di ambedue i Comuni;
- il nodo di Bettola, ove la stazione Cinisello-Monza interscambia con l'omonima stazione della linea metropolitana n. 1. Tale area si configura quale uno dei principali interscambi gomma-ferro del nord Milano allacciando direttamente le corrispondenti stazioni metropolitane M1-M5



“Cinisello-Monza” con la grande viabilità rappresentata da A4 Torino-Milano-Trieste, A52 Tangenziale Nord Milano e SS.36 Superstrada Valassina. Integrata con l’interscambio, dotato anche di terminale autolinee, è la prevista estensione del Centro Commerciale Auchan di Cinisello Balsamo;

- la stazione Monza FS interscambia con l’omonima stazione ferroviaria nonché con diverse linee su gomma che servono la stazione stessa;
- la stazione Parco – Villa Reale, ubicata in prossimità della Villa Reale, a servizio del Parco e dell’autodromo nazionale, sede anche del Gran Premio d’Italia di Formula 1;
- la stazione San Gerardo, a servizio dell’omonimo ospedale;
- la stazione Monza – Brianza, a servizio del Polo Istituzionale di Monza e della Brianza, comprendente, oltreché l’omonima Provincia, anche nuovi insediamenti residenziali e commerciali, in parte già realizzati. Tale area sarà dotata anche di un ulteriore parcheggio di interscambio per intercettare il traffico proveniente dalla Brianza.

L’intera linea è realizzata prevalentemente in galleria a doppio binario scavata con lo scudo meccanizzato. Le dimensioni fondamentali della galleria sono (vedere disegno n. DM-0031):

- diametro interno 9,00 m
- larghezza (sul raggio) della fascia indisponibile per tenere conto degli errori di tracciato della TBM 100 mm
- altezza del P.F. dal fondo del rivestimento della galleria 3,00 m
- altezza della chiave del rivestimento della galleria dal P.F. 6,00 m

Ricorrono anche tratte di linea in galleria a doppio binario scavata a cielo aperto (cfr. disegno n. DM-0032), in trincea e su ponte.

L’alimentazione dei treni avviene tramite linea di contatto a terza rotaia.

## 2.2.1. METODI COSTRUTTIVI

### 2.2.1.1. METODO DEL CIELO APERTO

Lungo il prolungamento della linea le tecnologie realizzative con il metodo *a cielo aperto* vengono applicate per le stazioni, i manufatti e alcune tratte di galleria.

I manufatti con funzione di pozzo di accesso alle gallerie sono principalmente ubicati in corrispondenza di aree non interessate dalla circolazione stradale.

Con il presente metodo in area urbana, previa bonifica dei sottoservizi e dove comunque non vi è possibilità di eseguire le opere mediante scavi in trincea, le strutture definitive vengono realizzate secondo due principali sistemi “bottom-up” e “top-down”, all’interno di uno scavo le cui opere di contenimento sono costituite da paratie in c.a. (diaframmi) considerate come strutture definitive e contrastate:

- in fase di costruzione da uno o più ordini di tiranti provvisionali (in funzione dell’altezza totale di scavo);
- in fase definitiva dalle solette interne dei manufatti (soletta di fondo, soletta di copertura, eventuali solette intermedie).

Nel caso in cui il battente idraulico, in fase di costruzione, è rilevante e non consente l’impiego di sistemi quali il well-point, lo scavo è protetto da sottostante tampone di terreno generalmente realizzato con jet-grouting massivo.



#### 2.2.1.1.1. SISTEMA "BOTTOM-UP"

In questo metodo le fasi di esecuzione dell'opera sono le seguenti:

- eventuale sbancamento fino a quota di imposta della paratia in c.a.;
- esecuzione delle paratie perimetrali, previa formazione da piano campagna delle corree di guida, con funzione anche di appendimento nei casi del successivo transito delle frese (in questo caso nella zona di attraversamento l'armatura della paratia è prevista in vetroresina);
- scavo tra le paratie ed esecuzione puntellazioni/tesatura dei tiranti, all'interno del quale viene eseguito il tampone di fondo, costituito da jet-grouting massivo o da miscele cementizie e cementizie integrate, di altezza tale da contrastare la sottospinta idraulica;
- approfondimento dello scavo fino al solettone di fondo;
- getto delle strutture (solettone di fondo, contropareti, elementi portanti verticali, orizzontamenti), previa posa del manto impermeabilizzante;
- formazione della copertura ed impermeabilizzazione della stessa previa formazione del massetto di pendenza, creando un isolamento sull'intero perimetro della struttura;
- rinterri e ripristini superficiali;
- completamento delle opere interne.

In questo sistema le paratie risultano soggette:

- nelle fasi transitorie sia alle pressioni idrostatiche dovute alla falda di riferimento sia alle pressioni efficaci del terreno e del sisma;
- in fase definitiva alle sole pressioni efficaci del terreno e del sisma in quanto le pressioni idrostatiche della falda di progetto sono attribuite alle contropareti.

#### 2.2.1.1.2. SISTEMA "TOP-DOWN"

In questo sistema si prevede invece di realizzare in anticipo la copertura (poggiante sulle paratie perimetrali) o porzioni di essa, poi l'impermeabilizzazione della stessa, rinterri e ripristini superficiali immediatamente dopo la realizzazione delle paratie; le restanti lavorazioni restano inalterate ma realizzate sotto copertura.

In questo sistema le paratie risultano soggette:

- nelle fasi transitorie sia alle pressioni idrostatiche dovute alla falda di riferimento sia alle pressioni efficaci del terreno e del sisma che a quelle gravanti sulla copertura realizzata in anticipo;
- in fase definitiva alle sole pressioni efficaci del terreno e del sisma in quanto le pressioni idrostatiche della falda di progetto sono attribuite alle contropareti.

#### 2.2.1.2. METODO DEL FORO CIECO

Questo metodo è adottato laddove non sussistono, in superficie, possibilità alternative di intervento causa la limitatezza di spazio e il conseguente disagio dell'occupazione stradale, la presenza di edificato o altri particolari vincoli nelle aree sovrastanti la galleria; le gallerie a foro cieco vengono realizzate secondo due principali sistemi: "meccanizzato" e "tradizionale".

##### 2.2.1.2.1. SISTEMA MECCANIZZATO-TBM

Le caratteristiche di tracciato del prolungamento della linea M5 (notevole sviluppo delle gallerie, scavo in falda, numerose interferenze con fabbricati) e la natura del terreno (materiale sciolto quali sabbie e ghiaie) hanno portato all'adozione della tecnologia dello scavo meccanizzato con fresa scudata per la realizzazione della quasi totalità del prolungamento.

Tale tipologia di scavo fornisce infatti una sufficiente garanzia di sicurezza in fase esecutiva anche in presenza di acqua e consente, generalmente, la realizzazione della galleria senza preventivi interventi di consolidamento del terreno.



Il sistema prevede l'impiego:

- di una fresa scudata a piena sezione, con sostegno del fronte (a fanghi o a pressione di terra bilanciata);
- la messa in opera di un rivestimento impermeabile costituito da anelli in conci prefabbricati di calcestruzzo.

Si utilizzerà una fresa scudata tipo EPB (Earth Pressure Balance).

## **2.2.2. BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI**

Per "ordigni bellici" si intendono, salvo eccezioni esplicitamente indicate: mine, bombe, proiettili o altri ordigni esplosivi in genere, nonché masse ferrose e residuati bellici di qualsiasi natura.

Il termine "lavori di bonifica" si riferisce all'insieme di tutte le azioni da intraprendere per l'eliminazione, mediante asportazione e allontanamento, oppure la neutralizzazione, mediante brillamento, di tutti gli ordigni bellici dalla zona di bonifica.

Tali lavori sono propedeutici alle lavorazioni da effettuare a cielo aperto.

Lungo il prolungamento M5 la bonifica da ordigni bellici sarà effettuata in tutte le porzioni di territorio topografico interessate dai manufatti scavati a cielo aperto, nell'area del deposito e in quelle di cantiere.

Per le misure preventive e protettive relative alla sicurezza si rimanda al documento DM-0091 "Valutazione del rischio dovuto alla presenza di ordigni bellici inesplosi".

## **2.2.3. SOTTOSERVIZI E VIABILITÀ**

Il prolungamento della linea M5 a Monza presenta un'alternanza di strutture realizzate a cielo aperto (stazioni e manufatti tecnologici lungo linea) ed a foro cieco (gallerie di linea).

Trattandosi di una linea che attraversa zone a diversa densità abitativa, la rilevanza e la criticità degli interventi sulla viabilità, sulle sistemazioni superficiali e sui servizi del sottosuolo variano da tratta a tratta.

Mentre la realizzazione delle strutture a foro cieco non comporta problemi di viabilità e sottoservizi, la costruzione dei manufatti a cielo aperto, in aree fortemente antropizzate, richiede, in generale, la modifica della rete dei sottoservizi esistenti e crea un considerevole impatto temporaneo sulla viabilità esistente.

Esaminando il tracciato della linea M5 si può osservare che le opere da realizzare producono differenti impatti sulla circolazione.

In generale, comunque, la realizzazione delle stazioni a cielo aperto comporta quasi sempre una temporanea modifica viabilistica: in alcuni casi una semplice riduzione di carreggiata, in altri la realizzazione di percorsi alternativi.

### **2.2.3.1. SOTTOSERVIZI**

In generale, in corrispondenza delle strutture da realizzare a cielo aperto, si prevede la generale bonifica dei servizi del sottosuolo e la razionalizzazione delle reti presenti.

Gli spostamenti verranno concordati con le varie Aziende esercenti, al fine di recepire le esigenze delle stesse e di acquisire il loro benessere in merito al progetto.

Si provvederà, ove necessario, all'ammodernamento dei servizi interessati dai lavori.



La sistemazione dei sottoservizi comprende opere edili e opere impiantistiche di tipo speciale per ciascun servizio. In linea di massima, la realizzazione delle opere edili sarà affidata all'Appaltatore mentre le opere impiantistiche saranno realizzate dalle stesse Aziende che gestiscono i vari servizi.

#### 2.2.3.2. VIABILITÀ, SISTEMAZIONI SUPERFICIALI E VERDE

Al termine dei lavori di costruzione dei manufatti, generalmente si procederà con il ripristino della situazione preesistente.

In casi particolari, ad esempio in corrispondenza delle emergenze in superficie delle stazioni (scale, ascensori, ecc.), il ripristino prevede una modifica, per lo più puntuale, degli assi viari esistenti. In altri casi, l'intervento è tale da costituire un'operazione di miglioramento della zona di ubicazione della stazione o addirittura di riqualificazione urbana.

In linea di massima le soluzioni, gli standard ed i materiali per le viabilità e le sistemazioni superficiali sono quelli già in uso presso i Comuni interessati dagli interventi.

#### 2.2.4. CANTIERIZZAZIONE

Un'opera di grandi dimensioni che investe aree centrali densamente abitate, per quanto realizzata completamente in sotterraneo implica situazioni di impatto sull'ambiente urbano, in fase di esecuzione dei lavori, quali: generazione di traffico pesante indotto, necessità di dover spostare sottoservizi preesistenti o di dover rispettare le presenze archeologiche, occupazione e alterazione di spazi di superficie e disturbi alla viabilità e alla circolazione.

A queste azioni compromissorie di varia natura che innegabilmente i "lavori in corso" vengono a determinare, devono corrispondere opportuni accorgimenti e interventi che limitino gli effetti negativi delle azioni di disturbo prodotte.

I principali provvedimenti che vengono adottati sono:

- il contenimento dei tempi di costruzione, attraverso l'adozione di idonee tecniche esecutive e di una razionale e coordinata organizzazione del lavoro;
- la limitazione degli spazi superficiali coinvolti, attraverso una attenta valutazione della localizzazione e delle prerogative dimensionali dei cantieri e delle correlate azioni di disturbo prodotte.

Al fine di sottrarre alla viabilità la minor quantità possibile di spazi da destinare ai cantieri, la tecnologia adottata per la costruzione della galleria di linea prevede l'utilizzo di due scudi meccanizzati che percorrono le tratte dalla stazione Cinisello-Monza a Bignami e dal deposito Monza Casignolo alla stazione terminale di Monza. Relativamente ai manufatti (manufatti tecnologici, stazioni o gallerie a cielo aperto) che interferiscono con viabilità importanti, si anticipano, parzialmente o interamente, le coperture.

Si illustrano di seguito i cantieri di lunga durata in corrispondenza delle opere da realizzare.

##### 2.2.4.1. CANTIERE TBM

I cantieri TBM rappresentano la parte più importante di tutto il sistema cantieristico. Il montaggio e l'estrazione delle TBM richiedono una tecnologia avanzata, l'impiego di mezzi specifici ed un'area di manovra e di servizio adeguata ai volumi importanti da movimentare.

Una perfetta pianificazione della sequenza delle fasi di lavoro sarà necessaria, sia per ragioni programmatiche e temporali ma soprattutto in termini di sicurezza.

I cantieri TBM, infatti, presentano caratteristiche importanti sia sotto il profilo delle lavorazioni che sotto il profilo del controllo e della sicurezza.



Proprio per la particolare organizzazione di cui necessita il cantiere TBM, esso è dotato, per tutte le evenienze, con particolare riferimento alla sicurezza delle maestranze, di:

- sistemi antincendio;
- collegamenti immediati con l'esterno via binario di servizio;
- comunicazioni continue tra gli operatori e l'esterno;
- impiego di eventuali camere iperbariche di superficie oltre alla camera iperbarica di cui è dotata la singola TBM.

Le maestranze che accedono ai cantieri TBM sono personale specializzato che ha già maturato esperienze simili e che sono comunque preventivamente formati ed informati sulle tipologie di lavorazione e sulle misure messe in atto in termini di sicurezza.

Le attrezzature esterne installate in superficie e nelle immediate vicinanze degli imbocchi delle gallerie sono necessarie per garantire la corretta alimentazione dall'esterno dei materiali che le TBM utilizzano durante le fasi di scavo e posa del rivestimento prefabbricato.

Il collegamento tra l'esterno e la TBM sarà effettuato con l'utilizzo di "un treno di servizio" che trasporterà sul fronte di avanzamento le maestranze ed i materiali necessari all'esecuzione dell'opera.

Il treno di servizio sarà trainato da un locomotore dotato di marmitta catalitica che provvederà alla riduzione ed al controllo delle emissioni dei gas di scarico.

In prossimità del portale sarà installato un sistema di ventilazione capace di addurre, in pressione, una sufficiente quantità di aria fresca al fronte che sarà in grado di diluire i gas di scarico dei locomotori entro i limiti di legge.

Opportune aree in superficie saranno adibite allo stoccaggio dei conci prefabbricati.

Un carroponete, installato in superficie ed in corrispondenza del portale di partenza, trasferirà l'anello prefabbricato sulle piattine ferroviarie dedicate.

Il trasferimento del materiale scavato dalla TBM all'esterno avverrà mediante l'impiego di un sistema a nastro trasportatore che seguirà ed avanzerà trainato dalla TBM.

Lo scavo verrà conferito in un deposito temporaneo capace di contenere, dove lo spazio è sufficiente, la produzione di almeno 3 giorni di scavo.

Le lavorazioni di carico e trasferimento del materiale al deposito definitivo sarà effettuato mediante l'utilizzo di escavatori e camion. Tale servizio, per mitigare il rumore nelle ore notturne, sarà svolto solamente nelle ore diurne (ore 6,00 ÷ 22,00).

Ulteriori impianti necessari al funzionamento della TBM, non meno importanti di quelli già descritti sono:

- impianti di produzione aria compressa con relativo collegamento alla macchina mediante tubazioni dedicate;
- sistema di raffreddamento del circuito oleodinamico della TBM con relative tubazioni di collegamento;
- sistema di trasferimento di eventuali acque di lavoro dallo scudo all'esterno mediante una pompa installata sul back-up della macchina ed una tubazione relativa.

Tutte queste tubazioni saranno montate su un lato della galleria e sostenute da supporti metallici collegati al rivestimento prefabbricato mediante bulloni.

Un impianto, dotato anche di una filtro-prensa, sarà adibito al trattamento di tutte le acque industriali e meteoriche del cantiere prima della immissione in fognatura dopo la verifica dei valori limite di legge.

Un sistema di distribuzione elettrica in media tensione sarà collegato alla rete pubblica e sarà capace di trasferire/ trasformare l'energia elettrica ai vari punti necessari al funzionamento di tutto il sistema Cantiere TBM

Lungo il prolungamento sono previsti 4 cantieri TBM, 2 con funzione di introduzione della TBM e 2 con funzione di estrazione.



I 2 cantieri principali, necessari per l'operatività degli scudi meccanizzati (TBM) con i quali vengono scavate la maggior parte delle gallerie del prolungamento, sono ubicati:

- nell'area verde compresa fra le vie Bettola e Ciro Menotti, in Comune di Cinisello Balsamo, a nord della stazione M1 di Monza-Bettola;
- nell'area verde compresa fra via Campania e il futuro deposito, in Comune di Monza.

Tali localizzazioni sono dettate non soltanto dalla disponibilità di aree, ma anche dalla relativa vicinanza della grande viabilità (SS 36, autostrade A4 e A52). Si tratta infatti di cantieri destinati a generare la quantità di gran lunga maggiore di trasporti, sia per lo smarino delle gallerie, sia per l'approvvigionamento degli elementi prefabbricati (conci) del rivestimento delle gallerie.

In questi cantieri troveranno posto anche gli alloggiamenti e i servizi per il personale addetto alle TBM.

Questi cantieri permarranno per l'intera durata dei lavori (circa 5,5 anni).

#### 2.2.4.2. *SUCCESSIONE E UBICAZIONE DEI CANTIERI*

La metodologia dell'avanzamento degli scavi con scudo meccanizzato comporta una organizzazione dei lavori che consenta agli scudi di transitare in corrispondenza dei manufatti tecnologici e delle stazioni:

- "a pieno", cioè con le paratie di testata di tali opere già realizzate (verranno poi forate dalla TBM, in quanto armate con armatura in vetro resina nell'area di attraversamento);
- "a vuoto", cioè all'interno delle opere già in parte realizzate (almeno paratie perimetrali e solettone di fondo). Allo scopo sono stati previsti i necessari franchi per consentire il transito della TBM all'interno dei manufatti e delle stazioni.

Ne consegue che le aree di cantiere necessarie per la realizzazione delle stazioni e dei manufatti saranno allestite tenendo conto della programmazione temporale di avanzamento dei lavori di linea.

Ciò implica che le stazioni più prossime ai cantieri di partenza della TBM dovranno essere anticipate debitamente per consentire il transito dello scudo al loro interno. Seguirà poi l'apertura dei restanti cantieri nelle aree più lontane dalla partenza degli scudi.

Come detto i cantieri di partenza delle 2 TBM sono collocati circa a metà del prolungamento della linea; le 2 TBM avanzeranno verso nord e verso sud e saranno estratte rispettivamente in prossimità della stazione terminale di Monza-Brianza e della stazione di Bignami.

Con riferimento a tale logica realizzativa le stazioni Campania, Marsala, Monza FS a nord, Matteotti e Rondinella-Crocetta a sud, saranno anticipate rispetto alle restanti stazioni del prolungamento.

Per alcune stazioni, al fine di limitare l'intralcio alla circolazione in superficie, si prevedrà la realizzazione per fasi successive.



### **3. INDIVIDUAZIONE, ANALISI E VALUTAZIONE DEI RISCHI IN RIFERIMENTO ALL'AREA, ALL'ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI E ALLE LAVORAZIONI INTERFERENTI**

#### **3.1. RISCHI INTRINSECI ALLE AREE DI CANTIERE**

##### **3.1.1. OROGRAFIA ED URBANISTICA**

Le aree sulle quali saranno realizzati gli interventi si presentano pianeggianti ed interessate da una elevata intensità di insediamenti residenziali in ambito urbano.

Le interferenze che si riscontrano sono determinate principalmente dalla presenza di:

- marciapiedi o percorsi destinati ai pedoni;
- itinerari o percorsi ciclabili;
- strade urbane a percorribilità lenta;
- strade urbane a percorribilità veloce e strade extraurbane;
- passi carrai ed ingressi ad edifici / unità immobiliari residenziali e commerciali;
- accessi ad insediamenti produttivi / complessi commerciali;
- accessi a scuole, ospedali, cimiteri, stadi, servizi pubblici, etc..

L'intensità del traffico veicolare e di pedoni è molto rilevante, pertanto la salvaguardia dell'incolumità di cose e/o persone poste in vicinanza delle aree di cantiere rappresenta un obiettivo primario, da perseguire parimenti all'obiettivo di tutela dell'incolumità fisica degli operatori di cantiere.

Il progetto della cantierizzazione si prefigge di minimizzare l'impatto del cantiere sulla viabilità urbana, in modo da garantire la percorribilità delle attuali direttrici di traffico e di quelle che saranno identificate per deviare temporaneamente il traffico veicolare e transito pedonale.

##### **3.1.2. INTERFERENZE CON LINEE E RETI DI SERVIZI**

La risoluzione delle interferenze comprende opere edili e opere impiantistiche di tipo speciale. In linea di massima, la realizzazione delle opere edili sarà affidata all'Appaltatore mentre le opere impiantistiche saranno realizzate dalle stesse Aziende che gestiscono i vari servizi.

##### **3.1.3. AGENTI INQUINANTI**

L'ambiente circostante i cantieri è, come detto, soggetto a traffico veicolare intenso e le concentrazioni di polveri sottili a Milano rilevate in continuo dalle centraline delle ARPA Lombardia nell'Area Milano-Como Sempione-Meratese evidenziano sistematici superamenti dei valori di allarme di 50 ug/m<sup>3</sup>.

Nei periodi dell'anno contraddistinti da situazioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo degli inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera possono determinarsi eventi acuti di inquinamento, anche prolungati per settimane, ai quali corrispondono concentrazioni di sicuro interesse per la salute degli individui.



Il fattore dominante che determina la variabilità temporale e spaziale delle concentrazioni di Pm è la meteorologia. L'assenza di vento e di eventi piovosi, lunghi periodi di tempo stabile e sereno con continue inversioni notturne sono condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Le condizioni più critiche si registrano, quindi, nei mesi autunnali e invernali, caratterizzati da condizioni di tempo stabile e molto nebbioso, calme di vento e assenza di precipitazioni.

A questi dati di fondo si aggiungeranno le emissioni dovute alle lavorazioni di cantiere.

### **3.1.4. INTERFERENZE CON DITTE ESTERNE ALL'APPALTO PRINCIPALE**

Le aree in cui si svolgeranno i lavori possono essere interessate dalla presenza di più imprese o lavoratori autonomi, incaricati da altri enti o dal Committente stesso, per la risoluzione di interferenze o per la manutenzione di sottoservizi non interferenti o per il monitoraggio di edifici limitrofi.

## **3.2. RISCHI TRASMESSI ALL'AMBIENTE CIRCOSTANTE**

### **3.2.1. EMISSIONE DI POLVERI**

Le attività di cantiere determinano inevitabilmente impatti sulla componente atmosfera associati alle emissioni di sostanze inquinanti nell'aria.

Gli inquinanti immessi nell'ambiente possono essere sostanzialmente ricondotti a due tipologie:

- emissioni di motori, ossia quelle causate dai processi di combustione e di abrasione dei motori (diesel, benzina, gas) dei macchinari operanti all'interno del cantiere normalmente composte da polveri, NOx, COV, COI, CO2;
- emissioni diverse, ossia determinate dai processi di lavoro meccanici (fisici) e termico-chimici che comportano la formazione, lo sprigionamento e il risollevarimento di polveri, polvere fine, fumo e sostanze gassose.

I fenomeni che durante le attività di cantiere potrebbero, se non adeguatamente controllati, determinare significative emissioni di polveri sono i seguenti:

- presenza e movimentazione di mezzi di cantiere lungo piste e piazzali di cantiere, pavimentate e non;
- trasporto dei materiali;
- movimenti terra;
- stoccaggio dei materiali;
- impianti di recupero inerti;
- impianti di betonaggio;
- realizzazioni di paratie e micropali;
- demolizioni (scapitozza tura teste diaframmi, demolizione cordoli guida, ec.);
- scavo delle gallerie a foro cieco con TBM;
- emissioni da macchinari e attrezzature;
- posa armamento.



### **3.2.2. EMISSIONE DI RUMORE**

Le macchine e attrezzature utilizzate nelle lavorazioni, anche nell'ambito delle prescrizioni normative, sono rumorose, con livelli di pressione sonora in corrispondenza degli operatori variabili in un "range" di 80+90 dBA.

Quasi tutte le sorgenti di rumore sono inoltre caratterizzate da componenti tonali e alcune fasi di attività determinano eventi di rumore di natura impulsiva (carico/scarico materiali, demolizioni con martelli pneumatici, ecc.); esiste inoltre un problema di contemporaneità nell'esecuzione delle lavorazioni tra cantieri limitrofi e di tempi di utilizzo delle macchine e attrezzature impiegate nella singola area di cantiere.

Gli interventi possibili sono:

- barriere antirumore lungo il perimetro di recinzione. Queste barriere, rese necessarie per la fase di massimo impatto (scavo di paratie), determinano un miglioramento della "performance" ambientale del cantiere nelle successive fasi di attività caratterizzate da un minore carico di rumore;
- localizzazione di barriere mobili per schermatura delle emissioni di rumore dei motori.
- insonorizzazione dei dissabbiatori con interventi di rivestimento laterale dell'impianto con pannellature fonoassorbenti.

### **3.2.3. INTERFERENZE CON FABBRICATI ED ATTIVITÀ NELLE AREE ADIACENTI**

Le aree adiacenti ai cantieri, sono fortemente urbanizzate, con presenza capillare di edifici sia di civile abitazione sia destinati ad attività produttive.

Considerata la separazione del cantiere con recinzioni e barriere, dalle aree adiacenti costruite ed abitate, si possono considerare ridotti al minimo i rischi causati da investimenti e collisioni di terzi con mezzi d'opera, salvo per le immissioni nella viabilità come descritto in precedenza.

Sono possibili perturbazioni nel sottosuolo dovute:

- all'avanzamento delle frese (vibrazioni, detensionamento dell'ammasso);
- alla perforazione dei diaframmi (vibrazioni, detensionamento dell'ammasso);
- alla perforazione per i tiranti (vibrazioni, asportazione di materiale);
- alla tesatura dei tiranti;
- alle demolizioni in genere (vibrazioni).



## **4. SCELTE PROGETTUALI ED ORGANIZZATIVE, PROCEDURE E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE, IN RIFERIMENTO ALL'AREA DI CANTIERE, ALL'ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E ALLE LAVORAZIONI**

---

### **4.1. RISCHI INTRINSECI ALLE AREE DI CANTIERE**

#### **4.1.1. OROGRAFIA ED URBANISTICA**

Si riportano di seguito le principali procedure e misure di sicurezza preventive e protettive da adottare in cantiere:

- recintare le aree ove saranno svolte le lavorazioni e deviare il transito dei pedoni anche tramite la presenza di movieri del traffico pedonale;
- utilizzare recinzioni ed apprestamenti di sicurezza che non presentino parti sporgenti e taglienti, in modo da evitare possibili contusioni, perforazioni e ferite di taglio per contatto accidentale;
- rispettare gli schemi segnaletici di allestimento cantiere e cartellonistica in sede stradale e sui marciapiede;
- segregare completamente l'area di cantiere e delimitare i varchi di accesso con cancelli che dovranno essere chiusi dopo averli utilizzati;
- realizzare passaggi pedonali e carrabili provvisori secondo le norme di sicurezza vigenti;
- dotare i mezzi dei dispositivi di segnalazione acustica e visiva;
- fare uso di movieri a terra per la regolazione del traffico veicolare e pedonale, anche tramite il supporto della Polizia Urbana in caso di trasporti di carichi eccezionali;
- fare uso degli indumenti ad alta visibilità ogni qual volta si svolgano lavorazioni, anche per regolare il traffico, in sede stradale e sui marciapiedi;
- tenere in buone condizioni di praticabilità strade e marciapiedi fuori dalle aree di cantiere (limitrofi al cantiere).

#### **4.1.2. INTERFERENZE CON LINEE E RETI DI SERVIZI**

##### **4.1.2.1. LINEE ELETTRICHE**

Deve essere effettuata una ricognizione dei luoghi interessati dai lavori al fine di individuare la presenza di linee elettriche aeree o interrate e segnalarle con nastro bicolore e/o cartellonistica; devono conseguentemente essere stabilite idonee precauzioni atte ad evitare possibili contatti diretti o indiretti con elementi in tensione

Si riportano di seguito le principali procedure e misure di sicurezza preventive e protettive da adottare in cantiere:



- deve essere definito ed individuato il "posto di lavoro" ed i suoi accessi con precisione, specie nei dintorni di linee aeree a conduttori nudi in tensione;
- devono essere esposti idonei segnali indicanti il rischio di elettrocuzione;
- devono essere mantenute la distanza di sicurezza indicate dalla normativa tecnica vigente, mediante opportuni segnali visibili e sotto il controllo del preposto di cantiere, tenendo conto:
  - ✓ dell'oscillazione dei carichi,
  - ✓ dell'uso dei mezzi di trasporto e di sollevamento,
  - ✓ dell'equipaggiamento da impiegare,
  - ✓ del fatto che le persone che operano sono "persone comuni" cioè prive di conoscenze nel settore elettrico, nonostante siano informate e formate per le attività che svolgono e sui rischi presenti nelle aree di lavoro di loro competenza,

Le operazioni di montaggio e smontaggio di strutture metalliche in prossimità di linee elettriche sotto tensione devono essere evitate; è sempre necessario far provvedere a chi esercisce le suddette linee all'isolamento e protezione delle medesime od alla temporanea messa fuori servizio.

In presenza di cavi elettrici in tensione interrati o in cunicolo devono essere fornite precise informazioni e istruzioni che coinvolgano il personale di cantiere e tutti i fornitori al fine di evitare l'esecuzione di scavi o la semplice infissione di elementi nel terreno in prossimità dei cavi stessi.

Qualora vengano eseguiti lavori di scavo che interferiscono con le linee in tensione, le operazioni devono essere eseguite previa disattivazione delle linee fino alla intercettazione e messa in sicurezza dell'elettrodotto.

Qualora nonostante le precauzioni messe in atto, si verificano situazioni di contatti diretti con elementi sotto tensione si deve intervenire tempestivamente con procedure ben definite, note al personale di cantiere, al fine di evitare il protrarsi o l'aggravamento della situazione, in particolare:

- nel caso di contatto con linee elettriche aeree esterne o interrate con macchine o attrezzature mobili, il personale a terra deve evitare di avvicinarsi al mezzo meccanico ed avvisare da posizione sicura il manovratore affinché inverta la manovra per riportarsi a distanza di sicurezza. Nell'impossibilità da parte di quest'ultimo di compiere tale inversione è necessario intervenire con un altro mezzo meccanico azionato da cabina di manovra evitando il contatto diretto con il terreno o con altre strutture o parti di macchine;
- nel caso di contatto diretto o indiretto con linee elettriche da parte di lavoratori ove non risulti possibile preventivamente e tempestivamente togliere tensione, si deve procedere a provocare il distacco della parte del corpo in contatto con l'elemento in tensione, utilizzando idonei dispositivi di protezione individuale ed attrezzi isolanti che devono risultare facilmente reperibili (calzature, guanti isolanti, fioretti).

#### 4.1.2.2. *RETI DI DISTRIBUZIONE GAS*

Deve essere accertata la presenza di elementi di reti di distribuzione di gas che possono interferire con il cantiere; nel qual caso devono essere avvertiti tempestivamente gli esercenti di tali reti al fine di concordare le misure essenziali di sicurezza da prendere durante i lavori.

In particolare è necessario preventivamente rilevare e segnalare in superficie il percorso e la profondità degli elementi, eseguendo dei sondaggi, e stabilire modalità di esecuzione dei lavori tali da evitare l'insorgenza di situazioni pericolose sia per i lavori da eseguire sia per l'esercizio delle reti.

Nel caso di lavori di scavo che interferiscono con tali reti è necessario prevedere sistemi di protezione e sostegno delle tubazioni messe a nudo, nonché la segnalazione con nastro bicolore e/o cartellonistica, al fine di evitare il danneggiamento delle medesime ed i rischi conseguenti.



Accertata la presenza di reti di gas che interferiscono con i lavori è necessario procedere con cautela nei lavori di scavo, limitando vibrazioni e scuotimenti del terreno e procedendo per strati successivi, evitando affondi che provochino il franamento del contorno.

Durante l'esecuzione dei lavori è necessario verificare, anche strumentalmente, l'eventuale presenza di fughe di gas. Verificandosi fughe di gas è necessario sospendere immediatamente i lavori ed allontanare i lavoratori dalla zona di pericolo. Deve inoltre essere immediatamente contattato l'ente esercente tale rete per l'immediata sospensione dell'erogazione. La zona deve comunque essere subito isolata al fine di evitare incendi e/o esplosioni.

#### 4.1.2.3. *RETI DI DISTRIBUZIONE ACQUA*

Deve essere accertata la presenza di elementi di reti di distribuzione di acqua e, se del caso, deve essere provveduto a rilevare e segnalare in superficie il percorso e la profondità. Nel caso di lavori di scavo che possono interferire con le reti suddette o attraversarle è necessario prevedere sistemi di segnalazione in superficie, di protezione e di sostegno delle tubazioni, al fine di evitare il danneggiamento ed i rischi che ne derivano.

In presenza di reti di acqua che interferiscono con i lavori di scavo è necessario procedere con cautela, limitando le azioni di disturbo al contorno delle reti medesime (vibrazioni, scuotimenti, franamenti).

Qualora i lavori interferiscono direttamente con le suddette reti è necessario mettere a nudo ed in sicurezza le tubazioni, procedendo manualmente e sotto la diretta sorveglianza di un preposto.

Nel caso di rottura delle condutture di acqua è necessario contattare immediatamente l'ente esercente tale rete per sospendere l'erogazione.

Nel contempo si deve provvedere all'allontanamento dei lavoratori dagli scavi e ad attivare i mezzi di esondazione (pompe) che devono risultare disponibili e facilmente reperibili.

#### 4.1.2.4. *RETI FOGNARIE*

Deve essere accertata la presenza di reti fognarie sia attive sia non più utilizzate. Se tali reti interferiscono con le attività di cantiere, il percorso e la profondità devono essere rilevati e segnalati in superficie.

Durante i lavori di scavo, la presenza, anche al contorno, di reti fognarie deve essere nota, poiché costituisce sempre una variabile importante rispetto alla consistenza e stabilità delle pareti di scavo sia per la presenza di terreni di reinterro, sia per la possibile formazione di improvvisi vuoti nel terreno (tipici nel caso di vetuste fognature dismesse), sia per la presenza di possibili infiltrazioni o inondazioni d'acqua dovute a fessurazione o cedimento delle pareti qualora limitrofe ai lavori di sterro.

Nei lavori di scavo da eseguire in prossimità di reti fognarie si deve sempre procedere con cautela; le pareti di scavo e le armature in corrispondenza di tali reti devono essere tenute sotto controllo da parte di un preposto.

Quando la distanza tra lo scavo aperto e la rete fognaria preesistente non consente di garantire la stabilità della interposta parete è necessario mettere a nudo la condotta e proteggerla contro i danneggiamenti.

In presenza di incidenti che provocano la rottura della rete fognaria e conseguente fuoriuscita dei liquami è necessario sospendere i lavori ed allontanare i lavoratori dalla zona interessata.

Completati gli interventi di riparazione della rete fognaria è necessario bonificare il sito prima di riprendere le attività.



#### **4.1.3. AGENTI INQUINANTI**

In condizioni climatiche particolari e nei periodi in cui le polveri sottili non vengono disperse, è necessario prevedere l'impiego di mascherine per tutto il personale operante in superficie.

#### **4.1.4. INTERFERENZE CON DITTE ESTERNE ALL'APPALTO PRINCIPALE**

La presenza di attività interferenti con i lavori andrà coordinata in corso d'opera per quanto attiene a tempi, percorsi, aree di lavoro, impianti di cantiere, ecc..

Qualora si dovessero verificare interferenze si terranno riunioni di coordinamento dedicate tra i responsabili di tutte le Ditte interessate.

### **4.2. RISCHI TRASMESSI ALL'AMBIENTE CIRCOSTANTE**

#### **4.2.1. EMISSIONE DI POLVERI**

Si riportano di seguito le principali misure per la limitazione della emissione di polveri:

- evitare movimentazioni in presenza di velocità del vento elevata;
- bagnatura delle strade e dei piazzali non pavimentati;
- pulizia delle strade e lavaggio pneumatici;
- stoccaggio dei materiali con impiego di sistemi di protezione dal vento;
- scelta e corretta manutenzione dei macchinari;
- bagnatura dei materiali soggetti a demolizione.

#### **4.2.2. EMISSIONE DI RUMORE**

Si riportano di seguito i principali interventi da adottare in cantiere per la mitigazione delle emissioni rumorose:

- barriere antirumore lungo il perimetro di recinzione; queste, necessarie per le attività più rumorose quali lo scavo delle paratie, determinano un miglioramento della "performance" ambientale durante le attività caratterizzate da un minore carico di rumore;
- barriere mobili per schermatura delle emissioni di rumore dei motori;
- insonorizzazione dei dissabbiatori con interventi di rivestimento laterale dell'impianto con pannellature fonoassorbenti;

Oltre agli interventi "strutturali" dovranno essere seguite regole comportamentali atte a limitare le emissioni o almeno il disturbo arrecato all'ambiente esterno:

- evitare comportamenti/azioni inutilmente disturbanti da parte degli operatori;
- evitare l'uso di avvisatori acustici se non espressamente prescritti dalla normativa;
- non tenere i motori o le attrezzature inutilmente accese;
- evitare di far cadere i materiali dall'alto.



## 5. STIMA SOMMARIA DEI COSTI DELLA SICUREZZA

Si riporta nella seguente tabella la stima sommaria degli oneri della sicurezza, valutata facendo riferimento a interventi analoghi di recente realizzazione.

<b>Opere</b>	<b>Importo oneri (€)</b>
Bonifiche	87.000,00
Rustici	21.130.000,00
Sottoservizi	720.000,00
Viabilità, sistemazioni superficiali, verde	1.050.000,00
Armamento	2.980.000,00
Finiture	2.142.000,00
Impianti – Alimentazione, linea di contatto	2.873.000,00
Impianti – Elettrici, comando scambi, tlc.	12.242.000,00
Impianti – Sollevamento, meccanici, speciali	2.808.000,00
<b>Totale</b>	<b>46.032.000,00</b>